

# 등록화학물질 위해성평가(안)

2-에톡시에탄올 (2-Ethoxyethanol)

CAS No. 110-80-5

2022



**국립환경과학원**  
National Institute of Environmental Research

## 서 문

우리나라는 화학 산업 비중이 높고 화학물질 취급량이 많아 유해화학물질에 노출될 가능성이 높은 환경에 놓여 있다. 따라서 국내에 유통 중인 유해화학물질로 인한 위해를 사전에 예방하기 위해서는 제도에 근거한 체계적인 위해성평가와 효과적인 노출저감 대책 수립이 필요하다.

이를 위해, 우리나라에서는 2015년부터 유럽연합(European Union, EU)의 신화학물질관리제도(Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals, REACH)를 모델로 하여 한국형 제도인 「화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률」(이하, 화평법)을 제정하여 시행하고 있다. 특히 화평법 제24조에서는 연간 10톤 이상 제조·수입되는 등록화학물질 중 유해성심사결과를 기초로 환경부장관이 위해성평가를 수행하도록 하고 있다.

본 보고서(안)는 화평법 제24조에 따라 등록·심사가 완료된 화학물질 가운데 유해성, 배출량, 노출가능성을 종합적으로 고려하여 우선적으로 선정된 물질을 대상으로 위해성평가를 수행한 결과이다.

위해성평가 방법은 기본적으로 국립환경과학원 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」을 준용하여 수행하였다. 이외에 독성자료에 대한 신뢰도 평가, 노출량-반응평가에 활용되는 불확실성계수 사용 등 세부적인 사항들은 국립환경과학원에서 발행된 ‘위해성에 관한 자료작성지침’을 활용하였다. 보고서 작성을 위해 화학물질등록 시 기업체에서 제출한 위해성자료(Chemical Safety Report, CSR)와 국내·외 논문 및 국외 보고서의 연구결과를 참고하였다.

국립환경과학원에서는 본 보고서(안)과 관련하여 앞으로 새로운 사용용도가 추가되거나 평가에 영향을 미치는 신뢰성이 높은 신규 자료가 있을 경우 평가내용을 정기적으로 수정해 나갈 계획으로 있다.

보고서(안)은 현재 관련 전문가 및 이해당사자들을 대상으로 심층 검토 중에 있으므로 불가피하게 관련 내용을 인용하고자 하는 경우에는 미리 국립환경과학원 위해성평가연구과에 연락하여 협의해 주시기를 당부 드리는 바이다.

# 〈목 차〉

<b>1장. 일반물질정보</b> .....	<b>1</b>
1절. 화학물질의 식별정보 .....	1
2절. 순도, 불순물 등 .....	1
3절. 물리화학적 특성 .....	2
4절. 분류 .....	3
1. 물리적 위험성 .....	3
2. 환경유해성 .....	3
3. 인체건강유해성 .....	3
<b>2장. 노출평가를 위한 일반 정보</b> .....	<b>4</b>
1절. 제조 (생산) .....	4
2절. 사용 (용도) .....	5
3절. 배출 및 폐기 .....	9
4절. 관리법규 .....	10
1. 국내 규제현황 .....	10
2. 국외 규제현황 .....	11
<b>3장. 인체위해성평가</b> .....	<b>12</b>
1절. 유해성 확인 .....	12
1. 독성동태, 대사 및 분포 .....	12
2. 급성독성 .....	18
3. 자극성/부식성 .....	21
4. 과민성 .....	22

5. 반복투여독성 .....	23
6. 생식 및 발달독성 .....	26
7. 신경독성 .....	31
8. 유전독성 (변이원성) .....	31
9. 면역독성 .....	32
10. 발암성 .....	33
11. 역학연구 .....	34
2절. 노출량-반응 평가 .....	35
1. 독성참고치 .....	35
2. 발암잠재력 .....	38
3절. 인체노출평가 .....	39
1. 작업자 노출 .....	39
2. 소비자 노출 .....	46
3. 일반인(환경을 통한 간접 노출) .....	47
4절. 인체위해도 결정 .....	50
1. 작업자 .....	50
2. 소비자 .....	51
3. 일반인 (환경을 통한 간접노출) .....	52
<b>4장. 생태위해성평가 .....</b>	<b>53</b>
1절. 생태영향평가 .....	53
1. 수생태계 .....	53
2. 육상생태계 .....	59
3. 생물축적성 .....	59

2절. 예측무영향농도(PNEC) 산정 .....	60
1. 담수 .....	60
2. 저질 .....	61
3. 토양 .....	61
3절. 환경노출평가 .....	62
1. 환경거동 .....	62
2. 환경매체농도 .....	65
4절. 생태위해도 결정 .....	69
<b>5장. 종합결론 .....</b>	<b>72</b>
1절. 인체위해성평가 결과 .....	72
1. 작업자 .....	72
2. 소비자 .....	72
3. 일반인(환경에 의한 간접 노출) .....	72
2절. 생태위해성평가 결과 .....	73
1. 담수 .....	73
2. 저질 .....	73
3. 토양 .....	73
3절. 위해저감방안 .....	75
<b>6장. 참고문헌 .....</b>	<b>76</b>

## <표 목차>

표 1-1. 2-EE의 식별정보 .....	1
표 1-2. 2-EE의 물리화학적 특성 .....	2
표 1-3. 2-EE의 물리적 위험성 .....	3
표 1-4. 2-EE의 인체건강 유해성 .....	3
표 2-1. 2-EE의 제조·수입 현황 .....	4
표 2-2. 2-EE의 용도별 현황(2016) .....	6
표 2-3. 2-EE의 업종별 현황(2016) .....	7
표 2-4. 2-EE의 배출량 및 이동량 .....	9
표 2-5. 2-EE의 국내 규제현황 .....	10
표 2-6. 2-EE의 국외 규제현황 .....	11
표 3-1. 인체에서 측정된 2-EE의 흡수율 시험결과 .....	13
표 3-2. 동물에서 측정된 2-EE의 흡수율 시험결과 .....	14
표 3-3. 2-EE의 급성독성 .....	20
표 3-4. 2-EE에 대한 반복경구투여독성 시험결과 .....	24
표 3-5. 2-EE에 대한 생식 및 발달독성시험 결과 .....	29
표 3-6. 2-EE의 경구 독성참고치의 산출 .....	36
표 3-7. 2-EE의 경피 독성참고치의 산출 .....	36
표 3-8. 2-EE의 흡입 독성참고치의 산출 .....	37
표 3-9. 2-EE의 경로별 독성참고치 .....	37
표 3-10. 2-EE 사용 작업환경 노출 시나리오 .....	40
표 3-11. 우레탄 방수 작업 중 2-EE의 전문 작업자 흡입 노출농도 .....	45

표 3-12. 우레탄 방수용 도료 제품 내 2-EE 함유량 분석결과 .....	46
표 3-13. 전국 규모의 예측환경농도(PEC) .....	47
표 3-14. 국지적 규모의 대기 예측환경농도(PEC) .....	48
표 3-15. 사업장 주변 현장 대기측정농도 .....	49
표 3-16. 2-EE 제조 작업자에 대한 위해도 .....	50
표 3-17. 우레탄 방수 작업 중 2-EE의 전문 작업자 흡입 유해지수 .....	51
표 3-18. 공기 호흡으로 인한 위해도 .....	52
표 4-1. 2-EE에 대한 담수조류성장저해 급/만성독성값 .....	53
표 4-2. 2-EE에 대한 수서무척추동물 급성독성값 .....	55
표 4-3. 2-EE에 대한 수서무척추동물 만성독성값 .....	56
표 4-4. 2-EE에 대한 어류 급성독성값 .....	58
표 4-5. 수생환경 예측무영향농도 (PNEC) 도출을 위한 시험 결과 값 .....	60
표 4-6. 침전물 예측무영향농도 .....	61
표 4-7. 육생환경 예측무영향농도 .....	61
표 4-8. 2-EE의 생분해성 시험결과 요약 .....	64
표 4-9. 전국 규모의 예측환경농도(PEC) .....	65
표 4-10. 국지적 규모의 예측환경농도(PEC) .....	65
표 4-11. 2-EE의 수질 모니터링 분석 결과 .....	68
표 4-12. 모델추정치에 의한 매체별 전국 규모 생태위해도 .....	69
표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도 .....	69
표 5-1. 위해성평가 결과 종합 .....	74

## <그림 목차>

그림 2-1. 2-EE의 용도 현황 .....	5
그림 2-2. 2-EE의 연도별 국내 취급량 현황 .....	8
그림 3-1. 2-EE의 대사패턴 .....	15
그림 3-2. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업자 노출 농도(보호구 미착용) ..	43
그림 3-3. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업자 노출 농도(보호구 착용) ..	44

## <부 록>

표 1. 2-EE의 물성정보 .....	84
표 2. 2-EE의 노출 시나리오에 따른 배출정보 .....	85

## 위해성평가 종합결론

- 화학물질명 : 2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol)
- CAS 번호 : 110-80-5
- KE 번호 : KE-13667
- IUPAC 명 : 2-Ethoxyethanol

● 인체위해성평가 결과

평가대상	결 론	결과 요약
작업자	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조 작업자의 경우 흡입 및 피부 노출에 대한 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가됨.</li> <li>• 모델을 통한 흡입 및 피부 노출량을 예측한 결과, 일부 공정에서 노출참고치를 초과할 수 있는 것으로 나타났으나, 사업장에서 제시한 저감대책에 따라 적절한 개인보호구(호흡용 보호구 및 장갑 등)를 착용한 경우, 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.</li> <li>• 2-EE가 포함된 우레탄 방수도료를 사용하는 전문작업자의 경우, 흡입을 통한 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.</li> </ul>
소비자	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우레탄 방수도료 제품을 사용하는 소비자의 경우 전문 작업자에 비해 노출 빈도가 적고 제품 사용 시간 상대적으로 짧아, 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.</li> </ul>
일반인 (환경매체를 통한 간접노출)	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델 및 현장 모니터링을 통해 공기 중 2-EE의 농도를 평가한 결과 공기 호흡을 통한 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가됨.</li> </ul>

● 생태위해성평가 결과

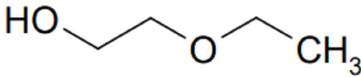
평가대상		결론	결과 요약
수생태계	담수생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델 및 현장 모니터링을 통해 담수 내 2-EE의 농도를 평가한 결과 모두 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.</li> </ul>
	저서생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델을 통해 저질 내 2-EE의 농도를 평가한 결과 일부 사업장 주변에서 높게 예측되었으나, 환경 배출현황 조사 및 사업장 주변 모니터링을 통해 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.</li> </ul>
육상생태계	토양생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델을 통해 토양 내 2-EE의 농도를 평가한 결과 위해우려 가능성이 낮은 것으로 확인됨.</li> </ul>

## 1장. 일반물질정보

### 1절. 화학물질의 식별정보

2-에톡시에탄올(이하 2-EE)과 관련된 일반물질 정보는 아래의 표 1-1과 같다.

표 1-1. 2-EE의 식별정보

화학물질명	2-(2-Ethoxyethanol)ethanol
IUPAC명	2-Ethoxyethanol
CAS No.	110-80-5
KE No.	KE-13667
분자식	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>
분자량	90.1 g/mol
구조식	
동의어	Glycol ethyl ether; Cellosolve; Ethylene glycol monoethyl ether

### 2절. 순도, 불순물 등

화학물질 등록 시 제출한 자료에 따르면, 2-EE의 순도는 99% 이상이며 불순물 및 부산물로는 0.4% 정도의 2-(2-Ethoxyethanol)ethanol 및 0.1% 정도의 물 등으로 알려져 있다.

### 3절. 물리화학적 특성

2-EE의 물리화학적 특성은 표 1-2와 같다.

표 1-2. 2-EE의 물리화학적 특성

특성	값	비고
외관	표준온도 및 압력에서 무색의 액체	EC, 2007
녹는점/어는점	< -80°C	Ullmann, 1978
끓는점	132~137°C	Ullmann, 1978
상대밀도	0.930 g/cm <sup>3</sup> (20°C)	Ullmann, 1978
증기압	530 Pa (20°C)	Kirk-Othmer, 1980
물 용해도	850 g/L (30°C)	한국고분자시험연구소, 2017
옥탄올-물 분배계수	log K <sub>ow</sub> = -0.43	Dearden and Bresnen, 1988
점도	-	-
입도분석	-	-
해리상수	-	-
인화성	인화점: 40°C	Chemsafe, 1996
폭발성	폭발성과 관련된 작용기를 포함하지 않음	Chemsafe, 1996
산화성	산화성과 관련된 작용기를 포함하지 않음	Chemsafe, 1996

## 4절. 분류

### 1. 물리적 위험성

2-EE는 인화성물질(구분3)로 분류된다(표 1-3).

표 1-3. 2-EE의 물리적 위험성

유해성 항목	구분	특성	비고
인화성	구분 3	인화점 40℃	Chemsafe, 1996

### 2. 환경유해성

해당물질은 환경유해성에 분류되지 않는다.

### 3. 인체건강유해성

2-EE와 관련된 인체건강 유해성은 표 1-4와 같다.

표 1-4. 2-EE의 인체건강 유해성

유해성 항목	구분	구분근거	참고자료
급성독성(경구)	4	LD <sub>50</sub> =1,400 mg/kg(기니피그)	Smyth et al., 1941
		LD <sub>50</sub> =2,300mg/kg(랫드)	Cheever et al., 1984
급성독성(흡입)	4	4h-LC <sub>50</sub> =15.2 mg/L(랫드)	Carpenter et al., 1956
		8h-LC <sub>50</sub> =7.36 mg/L(랫드)	Pozzani et al., 1959
생식독성	1B	- 생식독성(랫드) NOAEL = 109 mg/kg bw/day 증상: 고환 크기 및 부고환 중량 감소, 고환 변성, 비정상적인 정자 형태, 정액 감소	NTP, 1993
		- 생식독성(마우스) NOAEL = 800 mg/kg bw/day 증상: 한배새끼의 생존 감소, 고환 손상	Lamb et al., 1985

## 2장. 노출평가를 위한 일반 정보

### 1절. 제조 (생산)

2-EE는 에탄올(ethanol)과 에틸렌 옥사이드(ethylene oxide)의 축매에 의한 반응 생성물이다(Kirk-Othmer, 1980). 축매는 에탄올과 함께 사전 배치로 구성되고, 에탄올 공정에서 파이프 반응기로 공급된다. 이어지는 공정에서 혼합기에 에틸렌 옥사이드가 투입된다. 혼합물을 반응 온도까지 예열한 후, 파이프 반응기로 이동하여 150~200 °C 및 15 bar의 범위에서 반응이 일어난다. 이때 반응은 과량의 에탄올 존재 하에서 일어난다. 이러한 조건에서 액상의 반응 속도는 매우 빠르기 때문에 에틸렌 옥사이드의 농도도 매우 빠른 속도로 감소한다. 마지막으로, 탱크 반응기에서 완전한 반응이 일어날 수 있도록 충분한 반응시간을 제공한다. 2-EE 반응기의 생성물은 알코올 제거 칼럼으로 공급되고, 잔류 에탄올은 혼합물에서 제거된다. 에탄올은 파이프 반응기로 다시 재순환된다. EU에서는 비교적 덜 위험한 물질로의 지속적인 대체로 인하여 1996년 이후로는 EU 내에서 제조되지 않는 것으로 보고되고 있다.

2018년 물질 등록 시 제출된 자료에 따르면, 2-EE는 국내에서 일부 제조되며, 대부분은 수입하여 사용하는 것으로 나타났다(표 2-1).

표 2-1. 2-EE의 제조·수입 현황

(단위 : 톤/년)

물질 명	제조	수입	합계	비 고
2-EE	59	683	742	‘18년 업체등록자료

## 2절. 사용 (용도)

유럽의 경우 2-EE는 화학 산업에서 중간체나 용제로 주로 사용되며, 페인트나 라카, 바니쉬 등에 일부 사용되는 것으로 확인되었다(EC, 2007). 대부분 산업적 용도로 사용되고 있으며, 일부 소비자 용도로 페인트, 도료 등에서 용제로 사용되는 것으로 조사되었다. 과거에는 항공 연료나 활주로 청소를 위한 부동액 첨가제로도 사용되었으나, 현재에는 사용되지 않고 있다.

국내의 경우 2-EE는 대부분 도료 및 잉크의 희석용 용제로 사용되며, 일부는 합성 섬유(아크릴 섬유)의 중간체로도 사용되고 있다(그림 2-1). 대부분 산업적 용도로 사용되고, 일부 자동차 및 선박 도장용으로 표면처리를 위해 전문작업자 용도로 사용되는 것으로 조사되었다. 소비자 용도로 우레탄 방수 도료 등에도 일부 함유되어 있는 것으로 확인되었다.

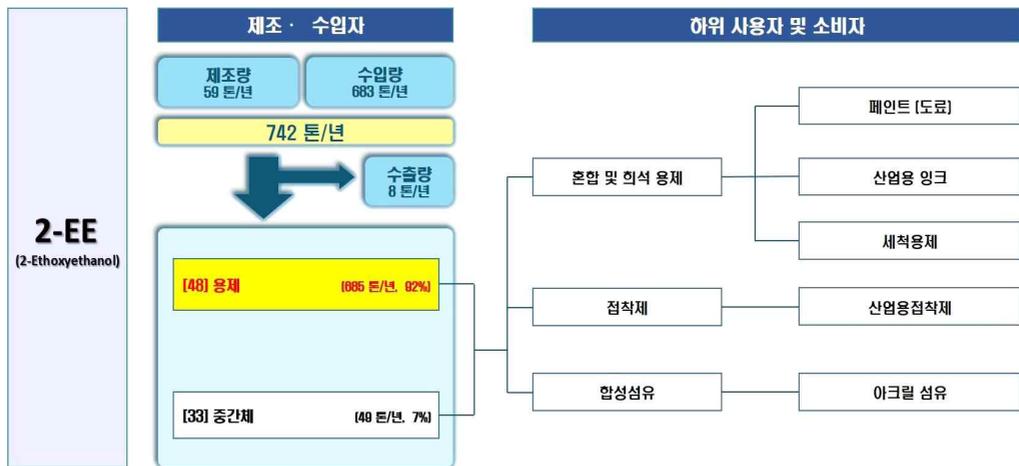


그림 2-1. 2-EE의 용도 현황

화학물질안전원에서 집계한 '16년 화학물질통계조사 자료에 의하면, 2-EE를 취급하는 사업장에서는 주로 용제, 실험실용 물질, 계면활성제, 기타 등 총 24가지의 용도로 사용하는 것으로 조사되었다(표 2-2).

표 2-2. 2-EE의 용도별 현황(2016)

용도	제조	수입	구매	사용	판매	수출
[1]흡수 및 흡착제 (Absorbents and Adsorbents)	0.00	0.00	0.00	0.00	10.91	0.00
[2]접착제/결합제 (Adhesive, Binding agents)	1.90	0.03	34.22	31.34	2.62	1.26
[4]응축방지제 (Anti-condensation agents)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[7]정전기 방지제 (Anti-static agents)	0.00	0.00	3.82	3.82	0.09	1.25
[9]세정 및 세척제 (Cleaning/ Washing agents)	0.00	0.00	395.37	17.05	396.85	4.40
[10]착색제(Colouring agents)	0.00	0.00	14.64	13.79	2.57	0.06
[11]착화(錯化)제 (Complexing agents)	0.00	0.00	4.59	4.66	0.00	0.00
[13]건축용 물질 및 첨가제 (Construction materials additives)	0.00	0.00	0.01	0.00	1.86	0.00
[14]부식방지제 (Corrosion inhibitors)	0.00	0.00	18.12	21.38	0.00	0.00
[17]전기도금제 (Electroplating agents)	0.00	0.00	0.13	0.13	0.00	0.00
[20]충전제(Fillers)	0.00	0.00	0.46	0.39	0.00	0.07
[32]절연제(Insulating materials)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[33]중간체(Intermediates)	0.00	0.10	5.70	4.79	0.03	0.00
[34]실험실용 물질 (Laboratory chemicals)	0.00	0.19	40.33	39.49	39.49	0.02
[38]산화제(Oxidizing agents)	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00
[42]사진현상재료 등 광화학물 (Photochemicals)	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00
[45]복사용 물질 (Reprographic agents)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[46]반도체용 물질 (Semiconductors)	0.00	0.02	3.73	0.87	3.14	0.00
[48]용제(Solvents)	529.27	524.76	1526.97	856.35	1856.86	2.09
[49]안정제(Stabilizers)	0.00	0.00	0.12	0.12	0.00	0.00
[50]계면활성제/표면활성제 (Surface-active agents)	0.00	0.00	84.12	37.19	16.67	29.92
[51]탄닌제(Tanning agents)	0.00	0.00	0.23	0.22	0.00	0.00
[52]점도조정제 (Viscosity adjusters)	0.00	0.00	2.59	3.06	0.61	0.00
[55]기타(Others)	23.90	196.55	181.74	159.85	374.09	17.63
<b>총 합계</b>	<b>555.07</b>	<b>721.67</b>	<b>2316.97</b>	<b>1194.57</b>	<b>2705.82</b>	<b>56.70</b>

표 2-3. 2-EE의 업종별 현황(2016)

업종	제조	수입	구매	사용	판매	수출
1차 금속 제조업	0.000	0.000	18.197	20.966	0.282	0.067
가죽, 가방 및 신발 제조업	0.000	0.000	73.972	73.322	0.000	0.000
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	0.000	1.944	24.717	23.463	0.203	1.257
금속 광업	0.000	0.000	0.410	0.410	0.000	0.000
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	0.000	0.000	12.813	12.864	0.000	0.000
기타 기계 및 장비 제조업	0.000	0.000	7.676	6.463	0.000	1.455
기타 운송장비 제조업	0.000	0.000	0.686	0.426	0.000	0.000
기타 제품 제조업	0.000	0.000	0.920	0.968	0.000	0.000
도매 및 상품중개업	0.000	580.677	372.064	0.000	1034.502	2.032
비금속 광물제품 제조업	0.000	0.000	33.944	33.152	0.000	0.000
비금속광물 광업;연료용 제외	0.000	0.000	68.638	0.000	76.641	0.000
섬유제품 제조업; 의복제외	0.000	0.000	0.064	0.061	0.000	0.000
소매업; 자동차 제외	0.000	0.000	0.588	0.637	0.000	0.000
수리업	0.000	0.000	0.731	0.709	0.000	0.000
식료품 제조업	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	0.000	0.000	5.438	5.186	0.000	0.000
의료용 물질 및 의약품 제조업	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
의복, 의복액세서리 및 모피 제품 제조업	0.000	0.000	0.017	0.017	0.000	0.000
인쇄 및 기록매체 복제업	0.000	0.000	38.278	40.437	0.000	0.000
자동차 및 부품 판매업	0.000	0.000	0.014	0.016	0.000	0.000
자동차 및 트레일러 제조업	0.000	0.033	6.616	6.643	0.000	0.000
전기장비 제조업	0.000	0.000	18.838	17.825	0.000	0.000
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	0.000	115.324	18.237	3.235	130.300	0.000
창고 및 운송관련 서비스업	0.000	23.454	1065.949	270.677	863.518	0.000
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	0.000	0.000	0.012	0.011	0.000	0.000
항공 운송업	0.000	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	555.065	0.235	547.919	676.862	600.370	51.889
<b>합계</b>	<b>555.065</b>	<b>721.673</b>	<b>2316.740</b>	<b>1194.353</b>	<b>2705.817</b>	<b>56.701</b>

또한 2-EE는 화학물질 및 화학제품 제조업, 창고 및 운송관련 서비스업, 가죽, 가방 및 신발 제조업, 인쇄 및 기록매체 복제업, 비금속 광물제품 제조업, 고무제품 및 플라스틱제품 제조업, 1차 금속 제조업 등에서 주로 사용되는 것으로 조사되었다(표 2-3). 2-EE 취급사업장 수는 1998년 93개 업체에서 2016년에는 334개 업체로 증가하였으나, 수입량은 33,162톤에서 722톤으로 크게 감소하였다(그림 2-2). 그에 따라 2-EE의 국내 사용량도 1998년 33,950톤에서 2016년 1,194톤으로 크게 줄어든 것으로 조사되었다.

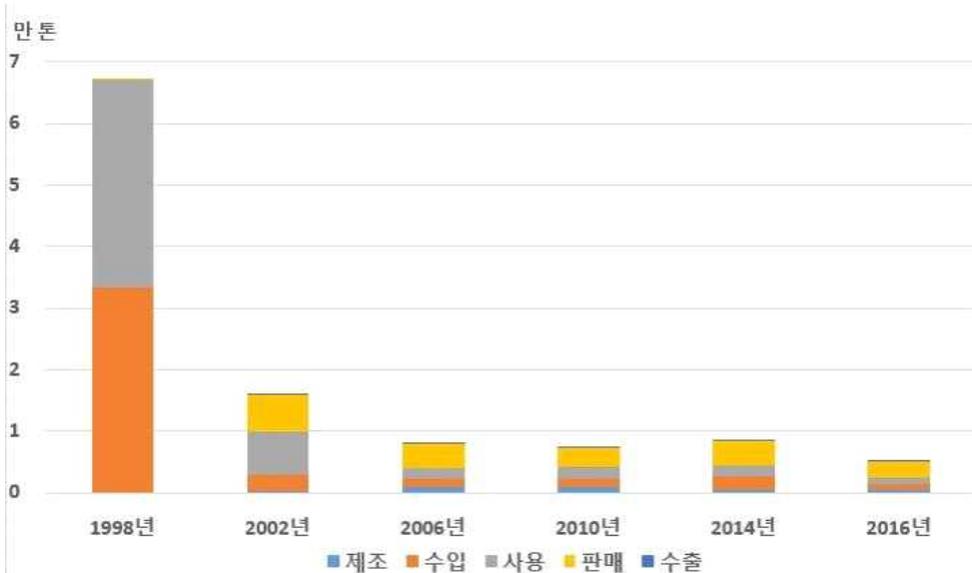


그림 2-2. 2-EE의 연도별 국내 취급량 현황

### 3절. 배출 및 폐기

화학물질 등록 시 업체에서 제출한 자료에 따르면 2-EE는 주로 산업적 용도로만 사용되는 것으로 확인되었다. 따라서 2-EE의 환경 중 배출은 대부분 사업장에서 발생하며, 일상생활에서의 소비자 이용으로 인한 환경으로의 배출은 거의 일어나지 않을 것으로 판단된다. 사업장에서 용제나 중간체로 사용되고 남은 2-EE는 지정폐기물로 취급되며, 폐기물 위탁처리업체로 이동하여 소각된다. 화학물질 배출·이동량 통계조사 결과에 따른 2-EE의 연간 배출량 및 이동량은 표 2-4와 같다.

표 2-4. 2-EE의 배출량 및 이동량

년도	배출 업체수	배출량 (kg/년)			이동량 (kg/년)		
		대기	수계	소계	폐수	폐기물	소계
2008	21	35,496	0	35,496	0	35,000	35,000
2009	17	19,198	0	19,198	0	7,751	7,751
2010	17	19,786	0	19,786	265	15,441	15,706
2011	20	10,755	0	10,755	353	19,552	19,905
2012	23	7,805	0	7,805	509	27,422	27,931
2013	20	7,097	0	7,097	338	16,734	17,072
2014	21	7,490	0	7,490	238	19,717	19,955
2015	18	9,345	0	9,345	172	12,081	12,252
2016	17	3,802	0	3,802	122	21,148	21,270
2017	14	2,370	0	2,370	119	4,089	4,208
2018	12	2,949	0	2,949	118	19,719	19,837

## 4절. 관리법규

### 1. 국내 규제현황

2-EE는 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률상 기존화학물질 및 유독물질이며, 산업안전보건법상 작업환경측정대상물질, 관리대상유해물질, 특수건강진단대상물질, 특별관리물질, 노출기준물질 등으로 지정되어 현행법상 해당 물질에 대한 위해성을 관리받고 있다(표 2-5).

표 2-5. 2-EE의 국내 규제현황

부처	법규명	구분	주요내용
환경부	화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률	중점관리물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>중점관리물질의 지정</li> <li>- CMR 물질</li> </ul>
		유독물질 [2014-1-696]	<ul style="list-style-type: none"> <li>유독물질의 지정고시</li> <li>- 2-에톡시에탄올[2-Ethoxyethanol; 110-80-5] 및 이를 0.3% 이상 함유한 혼합물</li> </ul>
	화학물질관리법	유해화학물질	
	폐기물관리법	지정폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물관리법 시행령 제3조</li> <li>- 폐유독물질</li> </ul>
	환경기술 및 환경산업 지원법	환경표지대상제품 사용금지물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경표지대상제품 및 인증기준</li> <li>- 필기구용 잉크 및 수정액 등 사용금지 구성성분</li> </ul>
고용노동부	산업안전보건법	관리대상유해물질 및 특별관리물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업안전보건 기준에 관한 규칙 제72조</li> <li>- 사업장에 밀폐설비나 국소 배기장치 설치</li> </ul>
		작업환경측정대상 유해인자	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업안전보건법 시행규칙 제186조제1항</li> <li>- 정기적으로 작업환경 측정 실시</li> </ul>
		특수건강진단대상 유해인자	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업안전보건법 시행규칙 제201조</li> <li>- 정기적으로 근로자 특수건강진단 실시</li> </ul>
		노출기준설정물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>화학물질 및 물리적 인자의 노출기준</li> <li>- 작업장 내 노출기준 준수</li> <li>시간가중평균노출기준(TWA): 5 ppm</li> </ul>
식약처	화장품법	화장품에 사용할 수 없는 원료	<ul style="list-style-type: none"> <li>화장품 안전기준 등에 관한 규정</li> </ul>
소방청	위험물 안전관리법	4류 제2석유류 (비수용성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험물안전관리법 시행령 제2조 및 제3조</li> <li>- 지정수량: 1000 L</li> </ul>

## 2. 국외 규제현황

2-EE는 유럽, 미국, 캐나다, ASEAN 등의 국가에서 규제를 받고 있다. EU REACH에서는 본 평가물질을 SVHC 후보 물질로 규제하고 있으며, 국가별로 상이한 작업환경노출기준을 적용하고 있다. 핀란드에서는 2-EE의 작업환경노출기준을 7.5 mg/m<sup>3</sup>로 설정하고 있으며, 그리스의 경우에는 74 mg/m<sup>3</sup>을 적용하고 있다. 미국 EPA에서는 Toxic Substance Control Act 하에 해당 물질을 Significant New Use Rule(SNUR) 대상물질로 선정하였다(표 2-6). SNUR 물질로 선정된 경우, 허가된 용도 외에 신규사용 목적으로 제조 또는 수입시 90일 전 사전 신고를 마쳐야 한다. 미국 산업안전보건청(OSHA), 산업안전보건연구원(NIOSH), 산업위생전문가협회(ACGIH), Cal-OSHA에서는 2-EE에 대한 작업환경기준을 마련하였으며, OSHA의 경우 TWA 200 ppm, 미국 ACGIH는 TWA 값이 5 ppm이다. 또한, ASEAN 국가에서는 본 물질을 화장품 제품 내 배합 금지 물질로 선정하여 이에 대한 위해성을 관리하고 있다.

표 2-6. 2-EE의 국외 규제현황

구 분	주요내용
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SVHC 후보물질</li> <li>- 작업환경노출기준(8h-TWA 7.5~74 mg/m<sup>3</sup>)</li> <li>- 1996년 유럽 내 생산이 중단되었으며, 2002년 수입도 중단되어 현재 유럽에서 생산 또는 수입되지 않음</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SNUR(Final Significant New Use Rule) 대상물질로서 허가(등록)된 용도 외에 신규사용 목적으로 제조 또는 수입시 90일전 사전 신고</li> <li>- 작업환경노출기준(8h-TWA 0.5~200 ppm) NIOSH(TWA 0.5 ppm), ACGIH(TWA 5 ppm), OSHA(TWA 100 ppm)</li> </ul>

### 3장. 인체위해성평가

#### 1절. 유해성 확인

##### 1. 독성동태, 대사 및 분포

###### 가. 흡수

2-EE의 주요 노출경로는 흡입과 피부를 통한 노출로 보고되어 있으며, 독성동태 연구는 인체와 동물을 대상으로 다수 수행된 바 있다. 아래에 구체적인 내용을 서술하였다.

###### 인체

인체에서의 2-EE의 흡입 노출 연구를 위해 10명의 남성에게 휴식 시 10 ~ 40 mg/m<sup>3</sup>의 2-EE를 4시간 동안 노출하였으며, 활동(자전거 에르고미터로 30 또는 60와트 상당) 중에는 20 mg/m<sup>3</sup>의 2-EE를 노출하였다. 그 결과 체내 체류, 공기 중으로의 배설속도, 호기로 배설된 2-EE 농도와 폐 환기 속도를 측정하여 확인된 흡입속도가 모두 노출 시작 후 신속하게 정상상태에 도달하였다. 휴식시에는 흡입된 증기의 64%가 잔존하는 것으로 확인되었다. (Groeseneken et al., 1986a).

2-EE의 피부를 통한 인체 흡수를 연구하기 위해 5명에게 증기와 액체형태의 2-EE를 노출시켰다. 증기 형태로 3,700 mg/m<sup>3</sup>의 2-EE를 45분간 1,000 cm<sup>2</sup>의 손과 팔뚝 부위에, 액체의 형태로 2-EE 원액을 27 cm<sup>2</sup>의 팔뚝 부위에 15분간 노출하였다. 2-EE의 피부 흡수량은 요를 통해 배설되는 대사체인 Ethoxyacetic acid의 양을 측정하여 평가하였다. 이로부터 산출된 투과속도는 증기와 액체에서 각각 19±6 mg/cm<sup>2</sup>/h, 0.7±0.3 mg/cm<sup>2</sup>/h로 보고되었다. 피부와 흡입 노출실험을 합쳐 진행된 연구에서, 전신 노출을 가정한다면 피부 흡수율은 대략 42%로 추정된다(Kezic et al., 1997). 확산 챔버를 이용하여 인간의 피부를 통해 다양한 에틸렌글리콜류의 *in vitro* 피부투과율을 측정하였고 2-EE의 투과속도는 시험조건에 따라 0.8-1.6 mg/cm<sup>2</sup>/h로 평가되었다 (Dugard et al., 1984; Barber et al., 1992).

아래에 현재까지 보고된 인체에서 2-EE의 흡수율을 요약하였다.

표 3-1. 인체에서 측정된 2-EE의 흡수율 시험결과

경로	흡수율	주요내용	비고
경구	30%	대사체의 요 배설량을 통해 흡수율 추정	Jönsson et al., 1982
경피	42%	증기 노출을 통해 추정된 흡수율	Kezic et al., 1997
흡입	64%	폐 환기율을 통해 추정(pulmonary retention)	Groeseneken et al., 1986a
	23%	대사체의 요 배설량을 통해 흡수율 추정	Groeseneken et al., 1986b

### 동물

흡입노출 연구에서 1,690 mg/m<sup>3</sup> (420 ppm)의 2-EE를 암컷 SD 랫드에 2시간 동안 노출 시켰을 때, 혈액 중 2-EE의 농도는 120 µg/mL로 측정되었으며, 이를 통해 2-EE는 흡입에 의해 전신 순환계로 흡수됨을 확인할 수 있다 (Romer et al., 1985). 수컷 F344/N 랫드에 20 mg/m<sup>3</sup> (5 ppm)와 185 mg/m<sup>3</sup> (46 ppm)의 <sup>14</sup>C-2-EE를 각각 5시간 40분, 6시간 동안 비부(nose-only) 노출 시킨 경우 체내 흡수량은 노출량의 28~29%로 산출되었고 해당 노출조건에서 흡수량은 노출량과 선형적인 관계를 나타내었다(Kennedy et al., 1993).

수컷 F344/N 랫드에 음용수 중 220~1,940 ppm으로 함유된 <sup>14</sup>C-2-EE를 경구 노출 시킨 연구에서 2-EE의 경구흡수율은 투여량의 60~90%로 산출되었고, 복부 피부에 40~360 mg/kg의 <sup>14</sup>C-2-EE를 주입하고(면적 9.4 cm<sup>2</sup>) 사체에 잔존 하는 방사성량을 측정한 결과, 2-EE의 경피흡수율은 투여량의 약 20~27%로 평가되었다(Sabourin et al., 1992).

표 3-2. 동물에서 측정된 2-EE의 흡수율 시험결과

경로	종	흡수율	주요내용	비고
경구	랫드 (F344/N)	60-90%	Glycol ether가 50~70%는 요, 10~20%는 이산화탄소의 형태로 호기 배설	Medinsky et al., 1990
	랫드 (Sprague -Dawley)	76-80%	2-Ethoxyacetic acid의 형태로 44%, N-Ethoxy acetyl glycine 형태로 30%	Cheever et al., 1984
	랫드 (Wistar)	36.8%	2-Ethoxyacetic acid의 요 배설을 근거	Groeseneken et al., 1988
	랫드 (Albino)	30%	2-Ethoxyacetic acid와 N-Ethoxyacetyl glycine의 요 배설을 근거	Jönsson et al., 1982
경피	랫드 (F344/N)	20-27%	2-EE의 진피 흡수량	Sabourin et al., 1992
흡입	랫드 (F344/N)	28-29%	요와 대변에서의 <sup>14</sup> C, 호기 된 <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> 와 사체에 남은 <sup>14</sup> C의 총량	Kennedy et al., 1993

## 나. 분포

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 분포 자료는 확인되지 않았다.

### 동물

동물에서 2-EE의 조직분포 연구는 제한적인 수준에서 보고되어 있다. 모체로부터 태자로의 분포를 규명하기 위해 2-EE를 임신한 SD 랫드에 흡입노출 시킨 연구에서 태자 중 2-EE와 대사체 2-Ethoxyacetic acid의 농도는 각각 모체의 혈중농도에 비해 각각 12~36%와 40% 높게 측정되었다(Gargas et al., 2000).

## 다. 대사

인체와 실험동물에서 2-EE는 alcohol dehydrogenase를 통해 중간체인 2-Ethoxyacetaldehyde로 산화됨과 동시에 aldehyde dehydrogenases를 통해 주요 활성 대사체인 2-Ethoxyacetic acid로 빠르게 변환된다. 설치류의 경우

2-Ethoxyacetic acid이 glycine과 포함되거나 산소 탈알킬화반응이 일어날 수 있으며, 일부는 이산화탄소로 대사될 수 있다. 현재까지 밝혀진 2-EE의 대사경로는 그림 3-1과 같다(WHO, 2009).

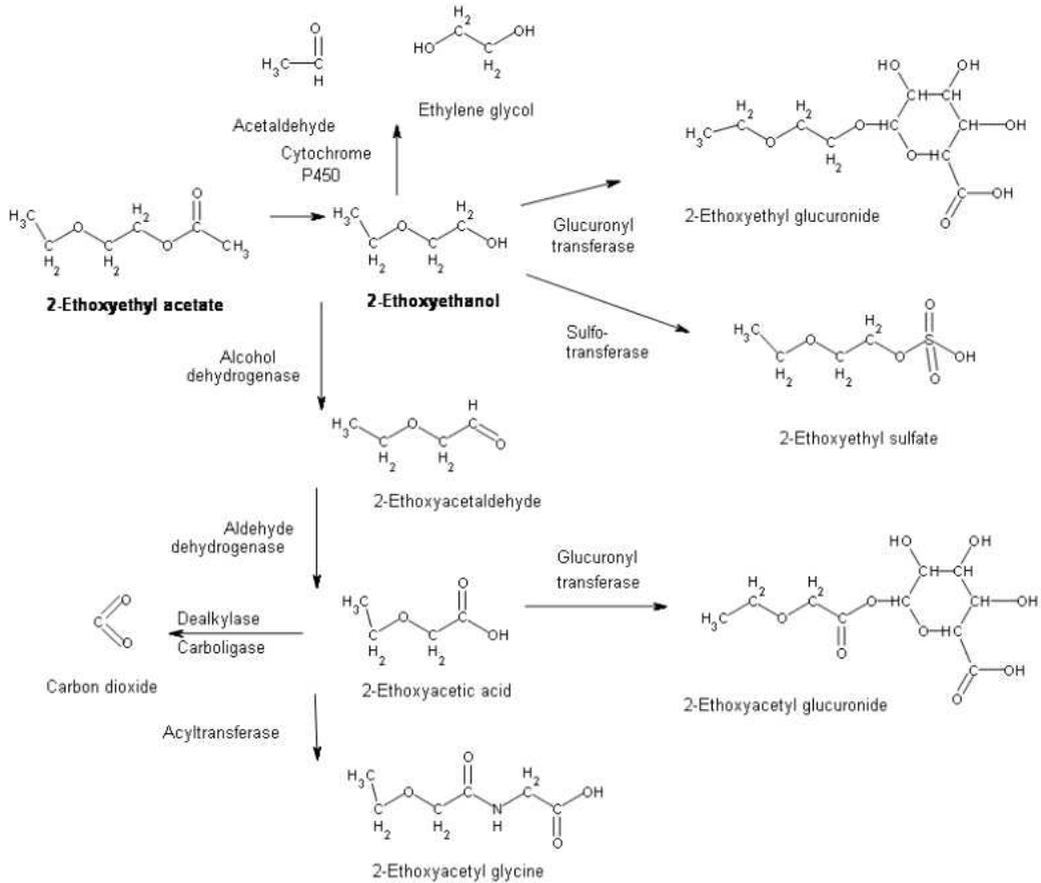


그림 3-1. 2-EE의 대사패턴

## 인체

인체에 2-EE가 노출되는 경우, 산화대사를 거쳐 2-Ethoxyacetic acid가 생성되고 이 대사체가 주로 요로 배설되는 것으로 보고되었다(Groeseneken et al., 1988).

## 동물

랫드에 2-EE가 노출되는 경우, alcohol dehydrogenase에 의해 2-Ethoxyacetic acid로 전환되고 마이크로솜에 의해 산화대사되어 ethylene glycol로 대사된다. 또한 2-Ethoxyacetic acid 일부는 glycine과 포함체를 이루어 배설된다. 또한 생성된 2-Ethoxyacetic acid와 Ethylene glycol은 이산화탄소로 대사 후 호기로 배설되며, 주 대사체인 2-Ethoxyacetic acid와 ethylene glycol, ethylene glycol glycine 포함체는 요를 통해 배설된다(Groeseneken et al., 1988). 설치류에서 2-Ethoxyacetic acid는 glycine에 포함되는 2상대사를 거치지만 이 과정은 인체에서는 보고된 바 없다(Keneddy et al., 1993).

## 라. 배출

### 인체

인체를 대상으로 한 연구에서 2-EE를 휴식상태와 운동상태 중 다양한 농도로 흡입 노출시킨 결과, 2-EE가 호기를 통해 그대로 배설되는 양은 전체 흡수량의 0.4 % 이하로 관찰되었다(Groeseneken et al., 1986a). 이 연구에서 42시간(4시간 노출 및 노출 후 38시간) 동안 2-Ethoxyacetic acid의 요배설을 측정하였다. 2-Ethoxyacetic acid의 배설속도는 노출 완료 후 3~4시간 후에 최대에 도달하고 이후 지수적으로 감소하였다. 노출된 2-EE의 약 23%가 2-Ethoxyacetic acid 형태로 요에서 검출되었으며, 노출 후 모든 시간에서 2-Ethoxyacetic acid 배설은 2-EE의 투여량에 비례하였다. 노출 농도 범위 내에서 노출량 증가에 따른 배설의 포화현상은 관찰되지 않았다(Groeseneken et al., 1986b).

휴식 상태의 남성에게 2-EE를 노출시킨 후 얻은 데이터를 분석한 결과,

2-Ethoxyacetic acid의 반감기는  $42.0 \pm 4.7$ 시간으로 랫드에 비해 6배 더 높은 것으로 계산되었으며, 평균적으로 48시간 후에 흡입된 2-EE의 23%가 2-Ethoxyacetic acid의 형태로 요 배설되는 것으로 관찰되었다(Groeseneken et al., 1986a). 2-Ethoxyacetic acid의 총 회수율은 42시간 반감기를 이용한 외삽법을 사용한 결과 30~35%로 추정되었다(Groeseneken et al., 1988).

니스 생산 공장과 도자기 산업 종사자 17인을 대상으로 주중에 2-EE 또는 2-Ethoxyethyl acetate(2-EEA)에 노출된 후 노출이 중단되는 주말 전후로 요 중 2-Ethoxyacetic acid의 농도를 측정하였다(Soehnlein et al., 1993). 금요일과 월요일에 채취한 요 중 2-Ethoxyacetic acid 농도의 중앙값은 각각 29.8, 10.7 mg/L로 측정되었다. 이를 근거로 산출된 2-Ethoxyacetic acid 반감기의 중간값은 57시간으로 산출되었으며, 이는 Groeseneken et al.(1986b)의 연구에 의해 보고되었던 21~24시간에 비해 다소 높은 것으로 나타났다.

## 동물

동물을 대상으로 한 연구에서는 수컷 랫드에 2-EE를 0.5~100 mg/kg의 용량으로 단회 경구로 투여하였을 경우 2-Ethoxyacetic acid의 평균 반감기는 7.2시간으로 산출되었다(Groeseneken et al., 1988). 2-Ethoxyacetic acid는 glycine 포함체(평균 27 %)의 형태로 일부분 배설되었고 포함률은 노출량에 관계없이 일정하였다. 다만, 2-Ethoxyacetic acid 형태의 요 배설물은 인체와 다르게 2-EE의 노출량이 증가함에 따라 증가하는 것이 관찰되었으며, 이는 또 다른 대사경로의 존재를 시사한다.

알비노 랫드에 47, 465 mg/kg의 2-EE를 경구 노출시켰을 경우 24시간 동안 2-Ethoxyacetic acid와 *N*-Ethoxyacetyl glycine의 요 배설량은 노출량의 30%로 평가되었다(Jönsson et al., 1982). 수컷 F344/N 랫드에 음용수 중 220~1,940 ppm으로 함유된  $^{14}\text{C}$ -2-EE를 경구로 노출시킨 연구에서는 노출에 의한 체내 방사능이 72시간 이후 대부분 사라졌다. 투여된 방사능의 50~70%는 요로 배설되었으며, 10~20%는 이산화탄소의 형태로 호기로 배설되었다. 대사되지 않은 2-EE의 배설량은 미미한 수준이었다(Medinsky et al., 1990).

랫드에 2-EE를 경구 또는 흡입 노출 시켰을 경우 주 대사체의 44%인

2-Ethoxyacetic acid와 30%인 *N*-Ethoxyacetyl glycine은 요로 배설되었다. 그 외 대사체는 변을 통해 배설(투여량의 3~4.5%)되거나 노출 후 96시간 이후 사체에 잔존 하였다(투여량의 2~4.6%). 방사능 표지를 통해 계산된 생물학적 반감기는 9.9~12.5시간으로 산출되었다(Cheever et al., 1984).

수컷 F344/N 랫드의 복부 피부에 40~360 mg/kg으로 투여된 <sup>14</sup>C-2-EE(면적 9.4 cm<sup>2</sup>) 중 대부분은 요를 통해 배설되었다. 노출량의 44~47%는 대사 배기 케이지에서 휘발성의 <sup>14</sup>C로 수거되었고 이는 피부 노출과정 중 휘발된 <sup>14</sup>C으로 추정된다. 투여량의 일부(0.3-2%)는 투여 72시간 후에도 투여 부위에 잔존하였다(Sabourin et al., 1992).

수컷 F344/N 랫드에 20 mg/m<sup>3</sup>(5 ppm)와 185 mg/m<sup>3</sup>(46 ppm)의 <sup>14</sup>C-2-EE를 각각 5시간 40분, 6시간 동안 흡입 노출 시켰을 때, 체내 흡수량(요와 대변에서의 <sup>14</sup>C, 호기 된 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>와 사체에 남은 <sup>14</sup>C의 총량으로 정의)의 22%는 노출 중, 16%는 노출 이후 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>의 형태로 호기되었다. 체내 흡수량의 46%는 노출 후 최대 66시간 동안 요를 통해 배설되었고 체내 흡수량의 약 10 %는 사체에 잔존하였다(Kennedy et al., 1993).

## 2. 급성독성

### 가. 경구

#### 인체

2-EE가 포함된 독성물질을 경구 복용한 사례가 보고되었다(Bonitenko, 1990; Fucik, 1969). 경구 복용량은 50~200 ml이며 이를 단위체중 당 용량으로 환산하면 1~30 mg/kg bw이다. 총 10건 중 1건은 사망하였으며, 2건의 사례에서는 2번(복용 직후, 3-18시간의 지연시간 이후)에 걸쳐 위장관, 중추신경계, 폐, 심장 부위에서 심각한 독성영향이 확인되었다.

#### 동물

Smyth et al. (1941)은 2-EE에 대한 급성 경구독성 LD<sub>50</sub>를 보고하였다. 암

컷 및 수컷 10마리의 기니피그에 1,220~1,600 mg/kg의 2-EE를 경구로 투여하였을 때, LD<sub>50</sub>은 1,400 mg/kg으로 나타났다.

Cheever et al. (1984)는 다양한 농도의 2-EE를 랫드에 위관투여한 후, probit 방법으로 2,300 mg/kg의 LD<sub>50</sub>을 산출하였다. 해당 결과는 2-EE의 대사 및 배설을 위한 사전 연구 결과였기 때문에, 독성 증상 등 구체적인 정보는 확인되지 않았다.

## 나. 경피

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 급성 경피독성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

### 동물

동물에 대한 2-EE의 급성 경피독성 LD<sub>50</sub>은 3,311 ~ 4,576 mg/kg으로 나타났다. Carpenter et al. (1956)은 토끼에서의 급성 경피독성 LD<sub>50</sub>을 3,311 mg/kg으로 보고하였다. 구체적인 시험 정보는 확인되지 않았다.

## 다. 흡입

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 급성 흡입독성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

### 동물

Carpenter et al. (1956)은 랫드에 상용 용매로서의 2-EE인 Cellosolve를 노출 한 결과, 급성 흡입독성에 대한 LC<sub>50</sub>을 4시간 노출 시 4,000 ppm(15.2 mg/L), 8시간 노출 시 2,000 ppm(7.6 mg/L)으로 보고하였다. 2,000 ppm 4시간 노출 시 암컷 및 수컷 모두에서 사망개체가 없었고, 8시간 노출 시 암컷 및 수컷 모두에서 6마리 중 3마리가 사망하였다. 4,000 ppm 4시간 노출 시 수컷에서는 6마리 중 3마리가 사망하였고, 8시간 노출 시 암컷과 수컷 모두

에서 6마리 전 개체가 사망하였다. Pozzani et al. (1959)는 랫드에 대하여 증기 상태로 2-EE의 급성 흡입독성을 평가하였으며, 8시간 노출 시 LC<sub>50</sub>은 7.36 mg/L로 계산되었다. 다만 구체적인 시험 정보는 확인되지 않았다.

표 3-3. 2-EE의 급성독성

노출 경로	노출 농도	노출 기간	독성값	비고
경구	1,220~1,600 mg/kg	단회	LD <sub>50</sub> (기니피그) = 1,400 mg/kg bw/d	Smyth et al., 1941
	250, 500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 mg/kg	단회	LD <sub>50</sub> (랫드, 수컷) = 2,300 mg/kg bw/d	Cheever et al., 1984
경피	2,083~5,264 mg/kg bw	단회	LD <sub>50</sub> (토끼) = 3,311 mg/kg bw/d	Carpenter et al., 1956
흡입	2,000, 4,000 ppm	4시간	LC <sub>50</sub> (랫드) = 15.2 mg/L	Carpenter et al., 1956
		8시간	LC <sub>50</sub> (랫드) = 7.6 mg/L	
	4.01~13.5 mg/L	8시간	LC <sub>50</sub> (랫드) = 7.36 mg/L	Pozzani et al., 1959

### 3. 자극성/부식성

#### 가. 피부 자극성/부식성

##### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 피부 자극성/부식성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

##### 동물

Jacobs et al. (1987)은 5~6마리의 토끼를 이용하여 2-EE에 대한 피부 자극성 평가를 수행하였다. European Economic Community (EEC)의 시험규정 83/467/EEC에 따라 2-EE의 농도를 5, 10, 25, 50, 100%로 설정한 후 0.5 mL을 주입하여 4시간 동안 피부 자극성을 관찰한 결과, 가장 높은 농도에서도 피부 자극성이 나타나지 않았다.

#### 나. 눈 자극성/부식성

##### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 눈 자극성/부식성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

##### 동물

Weil and Scala (1971)는 2-EE의 눈 자극성/부식성을 평가하기 위하여 토끼 수컷 6마리를 이용하여 Draize 시험법을 수행하였다. 2-EE을 0.1 mL 단회 점적한 후 1, 24, 72시간 및 7일 동안 관찰하면서 Draize 방법에 따라 채점하였으며 각막의 판누스(pannus), 원추각막, 각막상피의 붕괴 등 손상은 점수화에 포함하지 않았다. 이 시험에서 2-EE는 약한 수준의 일시적인 자극성을 유발하였으며, 관찰된 가역성 병변 외의 이상은 기록되지 않았다.

## 4. 과민성

### 가. 피부 과민성

#### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 피부 과민성 자료는 확인되지 않았다.

#### 동물

Zissu (1995)는 2-EE의 피부 과민성을 평가하기 위하여 기니피그 최대화 시험을 수행하였다. 기니피크 30마리(대조군 10마리, 처리군 20마리)에 10% 농도로 유발 첩포 시험을 진행한 뒤, 첩포 제거 후 24 및 48시간째에 피부 반응 정도를 관찰하였다. Magnusson-kligman 법으로 점수화한 결과 2-EE의 피부과민성은 음성으로 확인되었다.

Hüls (1992)는 식염수에 10% 농도로 희석한 2-EE를 피내주사하고, 10% sodium lauryl sulfate로 전처리한 국소 부위에 100% 2-EE로 유도 및 유발 시험을 수행하여 OECD 기준에 따라 Magnusson-kligman 법으로 점수화한 결과, 피부 과민성이 확인되지 않았다고 보고하였다(EC, 2007)

### 나. 호흡기 과민성

현재까지 2-EE의 호흡기 과민성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

## 5. 반복투여독성

### 가. 경구

#### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 반복경구독성 자료는 확인되지 않았다.

#### 동물

Stenger et al. (1971)은 암수 각 5마리씩의 랫드와 암수 각각 3마리씩의 비글에 0, 46, 93 mg/kg bw/day 의 2-EE를 경구투여하여 독성영향을 관찰하였다. 또한 추가 노출군을 구성하여 13주 중 8주 동안은 93, 186 mg/kg bw/day 농도를 투여한 뒤, 남은 5주 동안에는 370, 741 mg/kg bw/day 농도를 투여하였다. 랫드의 경우 186 mg/kg bw/day 처리군에서 헤모글로빈 농도, 적혈구 수 및 적혈구 용적률 값이 감소하였고, 고환의 간질 부분의 간헐적인 부종과 함께 정자 감소증이 확인되었다. 741 mg/kg bw/day 노출군에서도 비슷한 고환의 이상이 발견되었다. 비글 또한 186 mg/kg bw/day 노출군에서 노출 후 5, 9, 13주 시점에서 헤모글로빈 수준과 적혈구 용적률 값이 감소하였으며, 수컷 개체 전체에서 정자 형성 문제가 확인되었다. 수컷과 암컷 개체 일부에서는 신장의 병변이 발견되었다. 또한 랫드와 비글에서 공통적으로 비장에서 혈철소 축적과 혈구세포 생성부위의 분리가 확인되었다. 위 결과에 따라, NOAEL 값은 랫드와 비글 모두에서 93 mg/kg bw/day로 확인되었다(EC, 2007)(표 3-4).

NTP (1993)에서는 F344/N 랫드와 B6C3F1 마우스를 대상으로 음용수에 2-EE를 0, 1,250, 2,550, 5,000, 10,000, 20,000 ppm (마우스의 경우 40000 ppm 처리군 추가됨)농도로 첨가하여 경구투여하면서 13주 동안 독성영향을 관찰하였다. 랫드의 경우 10,000 ppm, 마우스의 경우 20,000 ppm 노출 시 용혈성 빈혈이 발생하였다. 수컷 랫드의 경우 5,000 ppm 이상에서 고환 위축, 2,500 ppm 이상에서 정액 감소 및 가슴샘 퇴화(수컷), 1,250 ppm 이상에서 체중 감소가 일어났다. 마우스의 경우에는 체중 감소, 쇠약을 포함하여 40,000 ppm에서 고환 위축이 일어났고, 20,000 ppm에서 고환 중량 감소, 정

자 이상 및 정액 감소가 나타났다. 암컷 랫드의 경우 혈액독성영향에 대한 NOAEL 값이 5,000 ppm (466 mg/kg bw/day)으로 확인되었으며, 암컷 마우스의 경우 부신 비대 및 지라 내 용혈 증가에 대한 NOAEL 값이 5,000 ppm (1,304 mg/kg bw/day)으로 확인되었다(EC, 2007)(표 3-4).

표 3-4. 2-EE에 대한 반복경구투여독성 시험결과

노출 경로	시험방법	증상	독성값	비고
	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: 랫드, 비글</li> <li>성별: 암컷, 수컷</li> <li>동물수: 5마리/군/성별(랫드) 3마리/군/성별(비글)</li> <li>노출기간: 13주</li> <li>노출농도: - 0, 46, 93 mg/kg bw/d (13주) - 93, 186 mg/kg bw/d (8주) 후 370, 741 mg/kg bw/d (3주)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 186 mg/kg bw/d: (랫드) 헤모글로빈 농도, 적혈구 수, 적혈구 용적률 감소 (비글) 노출 후 5, 9, 13주 시점에서 헤모글로빈 농도, 적혈구 용적률 감소, 정자형성 이상</li> <li>- 741 mg/kg bw/d: (랫드) 고환 이상</li> </ul>	NOAEL (랫드, 비글) = 93 mg/kg bw/d	Stenger et al., 1971
경구	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: F344/N 랫드, B6C3F1 마우스</li> <li>성별: 암컷, 수컷</li> <li>동물수: 10마리/군/성별</li> <li>노출기간: 13주</li> <li>노출농도: 1250, 2500, 5000, 10000, 20000, 40000 ppm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40000 ppm: (마우스, 수컷) 체중감소, 쇠약, 고환 위축</li> <li>- 20000 ppm: (마우스, 수컷) 고환 중량 감소, 정액 감소, 정자 이상</li> <li>- 10000 ppm: (랫드, 수컷) 고환의 크기, 상대적·절대적 중량 감소, 용혈성 빈혈</li> <li>- 5000 ppm: (랫드, 수컷) 고환 퇴화</li> <li>- 2500 ppm: (랫드, 수컷) 정액 감소, 가슴샘 퇴화</li> </ul>	NOAEL (랫드, 암컷) = 5000 ppm (466 mg/kg bw/d) NOAEL (마우스, 암컷) = 5000 ppm (1304 mg/kg bw/d)  NOAEL (랫드, 수컷) = 1250 ppm (109 mg/kg bw/d)	NTP, 1993

## 나. 경피

현재까지 2-EE에 대한 반복경피독성 자료는 확인되지 않았다.

## 다. 흡입

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 반복흡입독성 자료는 확인되지 않았다.

### 동물

Barbee et al. (1984)은 OECD 413과 유사한 방법으로 랫드와 토끼를 대상으로 아만성 흡입독성시험을 수행하였다. 암컷 및 수컷 랫드 각각 15마리씩 0, 25, 100, 400 ppm의 농도로 13주 동안 5일/주, 6시간/일으로 전신 흡입 노출시켰으며, 최고농도(400 ppm)에서 수컷은 뇌하수체 중량 감소, 암컷은 백혈구와 비장의 중량이 감소하였으나, 통계적으로 유의한 독성 영향은 나타나지 않아 NOAEC는 400 ppm으로 결정되었다. 반면, 암수 각각 10마리씩 토끼를 이용한 시험에서는 400 ppm에서 혈청 콜레스테롤의 감소를 포함하여 적혈구 용적과 수, 헤모글로빈 농도가 감소하였고 고환의 병변(10마리 중 3마리에서 정세관 상피 국소 변형)이 관찰되었다. 이 결과를 바탕으로 NOAEC는 100 ppm으로 결정되었다.

## 6. 생식 및 발달독성

### 가. 생식독성

#### 인체

일부 역학 연구에서 2-EE 및 2-EEA의 노출로 인하여 생식능력에 장애가 발생하는 사례들이 보고되고 있다. Ethylene glycol ether류에 대한 노출과 생식 기능 저하 사이의 연관성을 평가하기 위하여 생식 장애 클리닉에 처음 방문한 환자들을 대상으로 사례연구가 진행되었다(Veulemans, 1993). 이 연구에서는 정액 분석을 통해 불임 또는 난임으로 진단받은 환자 1,019명과 생식 능력이 정상인 475명에 대하여 수행되었다. Ethylene glycol ether류에 대한 노출은 2-methoxyethanol과 2-EE, 각각의 acetate 화합물의 대사산물인 methoxyacetic acid와 ethoxyacetic acid (EAA)의 소변 내 존재 유무로 평가하였다. 그 결과, EAA는 39명의 환자와 6개의 대조군에서 검출되었으며(오즈비 3.11,  $p=0.004$ ), 소변 내 EAA가 검출된 환자의 경우 용제(특히, 페인트 제품)를 취급하는 직업군과 긴밀하게 연관되어 있는 것으로 확인되었다. 또한 정자의 이상을 기준으로 환자군을 세분화한 결과, EAA가 검출된 환자의 경우 완전한 무정자증과 정자감소증과 유의한 연관성을 나타내었으나 EAA의 농도와는 상관성을 나타내지 않았다.

#### 동물

Stenger et al. (1971)의 랫드와 비글을 이용한 13주 동안의 반복투여독성 연구에서 생식기의 이상영향이 확인되었다. 186 mg/kg bw/day 처리군에서 고환의 간질 부분의 간헐적인 부종과 함께 정자 감소증이 확인되었다. 741 mg/kg bw/day 노출군에서도 비슷한 고환의 이상이 발견되었다. 비글 또한 186 mg/kg bw/day 노출군에서 노출 후 5, 9, 13주 시점에서 수컷 개체 전체에서 정자 형성 문제가 확인되었다. 위 결과에 따라, EC (2007)은 랫드와 비글 모두에서 생식독성에 대한 NOAEL 값을 93 mg/kg bw/day로 제시하였다(표 3-4).

NTP (1993)는 랫드와 마우스에 대한 2-EE의 반복투여시험 결과로부터 생

식독성 영향을 구체적으로 보고하고 있다. 시험방법이 공인된 생식독성시험 가이드라인을 준수하지는 않았으나, 반복 투여에 따른 생식기 이상이 지속적으로 확인되었다. F344 랫드에 2-EE를 0, 1,250, 2,500, 5,000, 10,000 ppm 농도로 음용수에 섞어 13주 동안 경구투여 하였을 때, 10,000 ppm에서 고환 크기가 감소하였고, 5,000 ppm 이상에서 부고환 중량 감소 및 고환 변성, 2,500 ppm 이상에서 비정상적인 정자 형태 및 정액 감소증이 관찰되었다. 이러한 결과로부터 NOAEL은 1,250 ppm으로 결정되었으며, 랫드의 체중 및 노출 기간, 섭취량 등을 고려하였을 때 109 mg/kg로 환산되었다. B6C3F1 마우스에 랫드와 동일한 방법으로 2-EE를 0, 1,250, 2,500, 5,000, 10,000, 20,000, 40,000 ppm 농도로 음용수에 섞어 13주 동안 경구투여 하였을 때, 40,000 ppm에서 체중 감소, 쇠약 증세, 고환 위축 및 정세관의 배아 상피 변성이 일어났고, 20,000 ppm 이상에서 고환 중량 감소, 비정상적인 정자 형성 및 정액 저하증이 나타났다. 마우스에 대한 NOAEL은 5,000 ppm으로 결정되었으며, 이를 환산하면 1,304 mg/kg이었다.

Lamb et al. (1985)은 노출군 당 암수 각각 20마리의 CD-1 마우스에 순도 99.4%의 2-EE를 0.5, 1.0, 2.0%(800, 1,500, 2,600 mg/kg bw/d)의 농도로 음용수에 섞어 투여한 뒤, 14주 간 지속적으로 번식능을 관찰하였다. 1.0% 이상 노출군에서 평균 한배새끼의 수가 감소하였으며, 한배 당 생존하여 태어나는 새끼의 수가 감소하였다. 생존한 새끼의 체중 또한 유의하게 감소하였다. 노출 후 개체를 부검한 결과 고환 중량이 감소하였으며 정자의 형태 이상이 관찰되었다. 또한 고환 위축과 함께 정자 생성의 감소 또한 확인되었다. 해당 결과를 바탕으로 NOAEL 값은 암컷과 수컷 모두에 대해 0.5% (800 mg/kg bw/d)로 제시되었다.

## 나. 발달독성 (최기형성)

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 발달독성 자료는 확인되지 않았다.

### 동물

Doe (1984)는 임신한 랫드와 토끼를 대상으로 노출농도당 24마리씩 증기 상태의 2-EE를 전신흡입 노출시켰다. 랫드의 경우 노출농도는 10, 50, 250 ppm이고, 하루 6시간씩 임신 6~15일 동안 노출시킨 후 임신 21일째에 시험을 종료하였다. 토끼의 경우 노출농도는 10, 50, 175 ppm이었으며, 하루 6시간씩 임신 6~18일 동안 노출시킨 후 29일째에 시험을 종료하였다. 흡입노출 챔버 내 시험물질의 농도는 infrared 분석을 통해 확인하였다. 그 결과, 250 ppm에서는 태자의 체중 감소, 골화 감소 및 골격 변형 증가가 관찰되었으며 모체의 경우 혈액학적 변화 발생, 착상전 유산이 확인되었다. 토끼에서는 175 ppm에서 심혈관 결함을 가진 태자 발생, 복벽 결함, 골격 변형을 증가 등이 확인되었다. 랫드와 토끼 두 종 모두 50 ppm 노출군에서 위와 비슷한 발생학적 이상이 일부 관찰됨에 따라, 두 종 모두 태자의 발달독성에 대한 NOAEC은 10 ppm으로 결정되었다.

Andrew and Hardin (1984)은 토끼와 랫드에 2-EE 증기를 하루 7시간 전신 흡입 노출시켰다. 토끼는 160, 617 ppm의 2-EE 증기에 각각 29마리씩 임신 1~18일 동안 노출되었으며, 30일째에 시험을 종결하였다. 모체에서의 독성(사망, 체중 감소)뿐만 아니라 617 ppm에서는 모든 배자가 사망하였고, 160 ppm에서는 태자 기형발생률 증가, 내장 이상, 골격 변형 등 발달독성 영향이 나타났다. 랫드의 경우 29~38마리를 임신 전 3주 동안 0, 150, 649 ppm의 2-EE에 노출시켰으며, 이후 임신 1~19일에 0, 202, 767 ppm에 노출시킨 뒤 21일째에 시험을 종결하였다. 임신 전 3주 동안의 전신흡입 노출은 체중 및 간 중량 감소를 유발하였고, 임신 기간 동안의 노출은 태자의 발달에 영향을 미쳤다. 767 ppm의 2-EE는 모든 태자가 사망하는 것으로 확인되었으며, 202 ppm의 농도에서는 심혈관 및 골격 결함 등 태자의 발달독성이 관찰되었고, 모체에 재흡수되는 한배새끼의 수 또한 증가하였다(표 3-5).

Hardin et al. (1984)은 2-EE 경피 노출 시 나타날 수 있는 발달독성에 대해 보고하였다. 2-EE를 930~1,255 mg/kg bw/day 농도로 18마리의 임신중인 랫드에 경피노출시킨 후 21차에 부검한 결과, 한배 당 사산되는 새끼의 수가 증가하였으며 체중증가량 또한 감소하였다. 자궁 중량 증가, 태자 기형 등이 확인되었으며 이러한 영향은 이전에 진행된 Hardin et al. (1982)의 연구와도 일관된 결과였다.

표 3-5. 2-EE에 대한 생식 및 발달독성시험 결과

시험방법	증상	독성값	비고
<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: F344/N 랫드, B6C3F1 마우스</li> <li>성별: 암컷, 수컷</li> <li>동물수: 10마리/군/성별</li> <li>노출기간: 13주</li> <li>노출경로: 경구(음용수)</li> <li>노출농도: 1250, 2500, 5000, 10000, 20000, 40000 ppm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40000 ppm: (마우스, 수컷) 체중감소, 쇠약, 고환 위축, 정세관 배아 상피 변성</li> <li>- 20000 ppm: (마우스, 수컷) 고환 중량 감소, 정액 감소, 정자 이상</li> <li>- 10000 ppm: (랫드, 수컷) 고환의 크기, 상대적·절대적 중량 감소, 용혈성 빈혈</li> <li>- 5000 ppm: (랫드, 수컷) 부고환 중량 감소, 고환 변성</li> <li>- 2500 ppm: (랫드, 수컷) 정액 감소, 가슴샘 퇴화</li> </ul>	<p>NOAEL (마우스, 수컷) = 5000 ppm (1304 mg/kg bw/d)</p> <p>NOAEL (랫드, 수컷) = 1250 ppm (109 mg/kg bw/d)</p>	NTP, 1993
<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: CD-1 마우스</li> <li>성별: 암컷, 수컷</li> <li>동물수: 20마리/군/성별</li> <li>노출기간: 14주</li> <li>노출경로: 경구(음용수)</li> <li>노출농도: 0.5, 1.0, 2.0 % (800, 1,500, 2,600 mg/kg bw/d)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- &gt;1.0 %: 평균 한배새끼의 수 감소, 한 배당 생존하는 새끼의 수 감소, 생존한 새끼의 체중 감소, (수컷) 고환의 상대적 중량 감소, 정자의 형태 이상, 고환 위축</li> </ul>	<p>NOAEL (암컷, 수컷) = 0.5 % (800 mg/kg bw/d)</p>	Lamb et al., 1985
<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: 랫드, 토끼</li> <li>성별: 암컷</li> <li>동물수: 24마리/군/성별</li> <li>노출기간: (랫드)임신 6~15일</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 250 ppm: (랫드) 모체의 혈액학적 변화 발생, 착상 전 유산 발생 태아의 체중 감소, 골화 감소 및 골격 변형 증가</li> </ul>	<p>NOAEC (랫드, 토끼) = 10 ppm</p>	Doe (1984)

<p>(마우스)임신 6~18일</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>노출농도: (랫드) 10, 50, 250 ppm (토끼) 10, 50, 175 ppm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 175 ppm: (토끼) 태자의 심혈관 결함 발생, 복벽 결함, 골격 변형 증가</li> <li>- 50 ppm: (랫드, 토끼): 태자의 골격계에서 발생학적 결함 증가</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: 토끼</li> <li>성별: 암컷(임신중)</li> <li>동물수:</li> <li>29마리/군/성별</li> <li>노출기간: 임신 후 1~19일</li> <li>노출농도: 160, 617 ppm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 617 ppm: 모든 배자 사망, 모체독성(사망, 체중감소)</li> <li>- 160 ppm: 태자 기형발생률 증가, 내장 이상, 골격 변형</li> </ul>	<p>독성값 제시되지 않음</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>시험종: 랫드</li> <li>성별: 암컷(임신중)</li> <li>동물수:</li> <li>29~38마리/군/성별</li> <li>노출기간: 임신 전 3주 임신 후 1~19일</li> <li>노출농도: 임신 전: 0, 150, 649 ppm 임신 후: 0, 202, 767 ppm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 767 ppm: 모든 태자 사망</li> <li>- 202 ppm: 태자 심혈관 및 골격 결함, 모체 재흡수 증가</li> </ul>	<p>독성값 제시되지 않음</p>	<p>Andrew and Hardin (1984)</p>

## 7. 신경독성

### 인체

인체에 대한 2-EE의 신경독성 영향에 대한 자료는 확인할 수 없었다.

### 동물

Nelson and Brightwell (1984)은 100 ppm의 2-EE 증기를 랫드에 전신흡입 노출 하였다. 임신 7~13일 혹은 14~20일 동안 하루에 7시간 노출하였으며 모체와 태자에서의 독성을 관찰하였다. 모체에서는 특이적인 독성 반응이 없었고, 출생 후 21일 개체에서는 운동성 저하, 뇌 내 신경전달물질 변화 등의 신경독성 영향이 일부 나타났으나 자세한 시험 정보는 확인되지 않았다.

## 8. 유전독성 (변이원성)

### 가. 시험관 내(*in vitro*)시험

2-EE은 모든 복귀돌연변이 시험에서 유전독성을 나타내지 않았다. 그러나 대사활성계가 결여된 시험계에서 염색체 이상 및 자매염색분체 교환의 빈도는 증가했다.

6개의 균주(*Salmonella typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537, TA1538, *Escherichia coli* WP2 uvrA)를 이용하여 S9 유/무에 따른 복귀돌연변이 영향을 확인하였다. 각 균주를 DMSO로 희석된 2-EE를 처리한 후 콜로니를 확인한 결과, 최대 100,000 µg/plate 까지도 세포독성 영향은 없었으며, 유전독성 또한 음성으로 나타났다(Shimizu et al., 1985; Union Carbide 1983; Zeiger and Haworth, 1985).

Hoflack et al. (1995)은 4개의 균주(*Salmonella typhimurium* TA97a, Ta98, TA100, TA102)를 이용하여 S9 유/무에 따른 복귀돌연변이 영향을 확인하였다. 2-EE는 최대 9 mg/plate의 농도까지 처리되었으며, 주요 대사체인 Ethoxyacetaldehyde에 대한 돌연변이원성도 최대 9 mg/plate의 농도까지 평가되었다. 두 물질 모두 세포독성 영향은 없었으며 결과는 음성으로 나타났다. 두 물질의 처리 농도나 시험결과에 대한 구체적인 정보는 확인되지 않

았다.

Galloway et al. (1987)은 Chinese Hamster ovary (CHO) 세포에 2-EE를 5.83~9.51, 11.6~20 mg/mL로 처리한 후 대사활성계 유/무에 따른 염색체 이상과 자매염색분체 교환을 확인하였으나, 모두 음성으로 확인되었으며 세포독성 또한 나타나지 않았다. UNION carbide (1984a, b)에서 진행된 자매염색분체 교환 시험에서는 대사활성계가 존재하지 않는 조건에서 3.17~9.51 mg/ml의 2-EE에 노출된 경우 자매염색분체 교환 빈도가 증가하는 것이 확인되었다. 그러나 UNION carbide (1984b)에서 CHO 세포의 HPRT 좌위를 활용하여 유전자 돌연변이시험을 수행한 결과, 대사활성계 유/무에 무관하게 (2-EE의 농도는 대사활성계 존재 하에서 최대 36 mg/ml, 대사활성계 존재하지 않는 조건에서 최대 32 mg/ml) 모두 음성으로 확인하였다.

## 나. 생체 내(*in vivo*)시험

UNION Carbide (1985)는 2-EE를 최대 2,125 mg/kg 만큼 마우스에 복강투여한 뒤, 골수세포에서 소핵시험을 수행하였으나 유의한 결과를 확인하지 못하였다. 최대 농도에서 세포독성이 확인되었으며, 개체 사망이나 다른 임상적 영향은 확인되지 않았다.

Elias et al. (1996)은 2-EE를 2,500, 4,000, 5,000, 6,000 mg/kg의 농도로 마우스에 복강 투여하여 소핵 시험을 수행하였다. 그 결과 세포독성 확인되었으나, 유전독성 영향은 음성으로 나타났다. Guzzie et al. (1986)은 복강 투여한 마우스의 골수세포를 이용한 소핵 시험을 수행하였으며, 유전독성 결과는 음성으로 나타났다.

## 9. 면역독성

현재까지 2-EE의 면역독성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

## 10. 발암성

### 인체

현재까지 인체에 대한 2-EE의 발암성 자료는 확인할 수 없다.

### 동물

Melnick (1984)은 노출군 당 암수 각각 50마리의 F344 랫드와 B6C3F1 마우스에 5회/주, 103주 동안 증류수를 용매로 0, 500, 1,000, 2,000 mg/kg 2-EE를 위관투여한 후 일주일간 증상을 관찰하였다. 혈액학 및 병리 증상에 대한 자료는 없었으며, 2,000 mg/kg 처리군에서 조기 사망한 수컷 랫드와 1,000 및 2,000 mg/kg 처리군의 마우스에서 고환위축이 일어났다. 2,000 mg/kg 처리군의 암컷과 수컷에서 위궤양이 발견되었으며, 각 처리군의 조기 사망이 위궤양 때문인 것으로 추정되었다. 2-EE 처리군과 대조군 간의 종양 발생률은 유의적인 차이가 없었으나, 이 연구 결과는 육안으로 관찰한 것으로 결과의 신뢰성이 낮은 것으로 판단된다.

Morris et al. (1942)은 암컷 및 수컷 랫드 각각 20마리를 대상으로 1.45%의 2-EE를 2년 동안 경구 투여하였다. 혈액학 및 병리 증상에 대한 자료는 없었으며, 수컷의 3분의 2는 고환 비대, 간질성 부종 및 정세관 위축을 보였다. 일부 랫드에서는 신장 병변이 보고되었으나, 대조군에 비해 종양의 비율이 뚜렷하게 증가하지는 않았다.

## 11. 역학연구

2-EE에 노출된 사람들을 대상으로 정자 분석을 통해 불임 또는 난임 진단을 받은 환자 1,019명과 정상적인 생식 능력이 있는 것으로 진단받은 475명에 대해 2-EE의 노출과 생식 기능 저하에 대한 연관성을 평가하였다 (Veulemans, 1993). 2-EE에 대한 노출은 소변 내 methoxyacetic acid와 ethoxyacetic acid의 농도로 평가하였다. Ethoxyacetic acid는 39명의 환자와 6명의 정상인에서 검출되었으며, ethoxyacetic acid가 검출된 환자들은 무정자증과 정자 감소증을 나타냈다.

## 2절. 노출량-반응 평가

### 1. 독성참고치

2-EE에 대해 수집된 유해성 자료에 대해 노출 경로별 시험기간, 독성값, 신뢰도, 보수성 등을 검토하였다. 최종 용량-반응 자료로 Stenger et al. (1971)의 연구(경구) 및 Barbee et al. (1984)의 연구(흡입)를 선정하였다. Stenger (1971)의 연구에서는 2-EE를 13주 동안 위관투여한 랫드에서 혈액계와 생식계에서의 독성 영향이 관찰되었다. 이때의 NOAEL은 93 mg/kg/day로 결정되었다. 이는 NTP (1993)에서의 연구(NOAEL=109 mg/kg/day)와 유사한 수준으로, 설정된 시험농도에서 NOAEL이 유사한 범위에 있어 연구결과의 신뢰성이 높고, 더욱 민감한 독성값을 나타냈으므로 최종 용량-반응 자료로 선정하였다. Barbee et al. (1984)의 연구에서는 2-EE를 13주 동안 전신흡입 노출한 토끼에서 혈액계와 생식계에서의 독성 영향이 관찰되었으며, 이때의 NOAEC는 100 ppm (390 mg/m<sup>3</sup>)으로 결정되었다. 해당 시험은 OECD TG 413에 준하여 수행되었으며, 상세한 정보를 제공하고 있어 신뢰도가 높은 것으로 판단하여 최종 용량-반응 자료로 선정하였다.

경구 독성참고치를 산출하기 위해 최종 선정한 용량기술자 NOAEL 93 mg/kg/day을 적절한 시작점으로 보정하였다. 경구 흡수율은 보수적으로 50%로 적용하였다(93 mg/kg/day × 50%/50%=93 mg/kg/day). 불확실성 계수를 일반인 200(중간 10(2.5×4), 종내 10(일반인), 노출기간 2(아만성-만성))으로 적용하여 경구 독성참고치로 일반인 0.465 mg/kg/day를 도출하였다(표 3-5).

경피 독성참고치를 산출하기 위해 최종 선정한 용량기술자 NOAEL 93 mg/kg/day을 적절한 시작점으로 보정하였다. 보수적인 흡수율 적용하여 경구흡수율 50%, 경피흡수율 50%를 적용하였다(93 mg/kg/day × 50%/50%=93 mg/kg/day). 불확실성 계수를 일반인 200(중간 10(2.5×4), 종내 10(일반인), 노출기간 2(아만성-만성)), 작업자 100(중간 10(2.5×4), 종내 5(작업자), 노출기간 2(아만성-만성))을 적용하여 경피독성 참고치로 일반인 0.465 mg/kg/day, 작업자 0.930 mg/kg/day를 도출하였다(표 3-6).

표 3-6. 2-EE의 경구 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아만성 90일, NOAEL		93	mg/kg/day
시작점 보정	랫드에서 경구 흡수율: 50% 인체에서 경구 흡수율: 50%		93	mg/kg/day
평가계수 적용	일반인	중간 다양성: 2.5 x 4 (랫드) 중내 다양성: 10 (일반인) 노출기간: 2 (아만성)	0.465	mg/kg/day
	작업자	-	-	

표 3-7. 2-EE의 경피 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아만성 90일, NOAEL		93	mg/kg/day
시작점 보정	랫드에서 경구 흡수율: 50% 인체에서 경피 흡수율: 50%		93	mg/kg/day
평가계수 적용	일반인	중간 다양성: 2.5 x 4 (랫드) 중내 다양성: 10 (일반인) 노출기간: 2 (아만성)	0.465	mg/kg/day
	작업자	중간 다양성: 2.5 x 4 (랫드) 중내 다양성: 5 (작업자) 노출기간: 2 (아만성)	0.930	

흡입 독성참고치를 산출하기 위해 최종 선정된 용량기술자 NOAEC 100 ppm (390 mg/m<sup>3</sup>)에 대해 적절한 시작점으로 보정하였다. 보수적인 흡입 흡수율 100%로 적용하였고, 토끼와 일반인 호흡량을 고려하였다(일반인: 390 mg/m<sup>3</sup> × 100%/100% × 6시간/24시간 × 5일/7일 = 69.64 mg/m<sup>3</sup>). 불확실성 계수를 일반인 50(중간 2.5, 중내 10(일반인), 노출기간 2(아만성-만성))을 적용하여 흡입독성 참고치로 일반인 0.358 ppm (1.39 mg/m<sup>3</sup>)을 도출하였다(표 3-7).

표 3-8. 2-EE의 흡입 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아만성 90일, NOAEC = 100 ppm		390	mg/m <sup>3</sup>
시작점 보정	토끼에서 흡입 흡수율: 100% 인체에서 흡입 흡수율: 100% 토끼 실제 노출지속시간: 6시간/일 일반인 표준 노출시간: 24시간/일 토끼 실제 노출지속일: 5일/주 일반인 표준 노출일: 7일/주 8시간 일반인의 호흡량: 6.7 m <sup>3</sup> /인		69.64 (일반인)	mg/m <sup>3</sup>
평가계수 적용	일반인	종간 다양성: 2.5 (남아 있는 불확실성) 종내 다양성: 10 (일반인) 노출기간: 2 (아만성)	1.39	mg/m <sup>3</sup>
	작업자	-	-	

표 3-8은 2-EE의 위해도 산정을 위해 노출대상 및 경로별 최종 선정한 독성참고치를 나타낸다. 작업자의 흡입 독성참고치의 경우 우리나라 고용노동부에서 고시하고 있는 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」(고용노동부 고시 제2020-48호)에 따라 18.7 mg/m<sup>3</sup>(5 ppm)으로 선정하였다.

표 3-9. 2-EE의 경로별 독성참고치

노출대상	경구 (mg/kg-d)	경피 (mg/kg-d)	흡입 (mg/m <sup>3</sup> )	비 고
일반인	0.465	0.465	1.39	
작업자	-	0.930	18.7*	* 국내 작업환경노출기준

## 2. 발암잠재력

2-EE은 발암성을 판단하기에는 활용 가능한 근거자료가 부족하며, 현재 국제기관인 International Agency for Research on Cancer (IARC), National Toxicology Program (NTP), US Environmental Protection Agency (EPA)에서 발암성 등급과 관련된 정보를 확인할 수 없다.

## 3절. 인체노출평가

### 1. 작업자 노출

#### 가. 제조 작업자

##### 모델을 이용한 노출량 예측

2-EE 제조 및 취급 사업장을 대상으로 ECETOC TRA 모델을 이용하여 작업환경에서의 작업자 노출 농도(흡입 및 경피)를 예측하였다. 작업환경에서의 노출 농도를 산출하기 위하여 2-EE 등록 시 제출된 화학물질안전성보고서(CSR) 상 작업환경 시나리오 조건을 사용하였다. 2-EE의 취급 용도 및 공정 범주에 따라 총 26개의 노출 시나리오로 구분하였으며, 각각의 시나리오에 대해 표 3-10와 같이 작업환경 조건을 설정하였다.

그림 3-2는 ECETOC TRA 모델을 통해 예측된 만성 흡입 및 경피 노출 농도를 보여주고 있다. 해당 농도는 개인 보호구를 착용하지 않았을 때의 작업자의 노출 농도를 의미한다. 개인 보호구 미착용 시 작업자의 흡입 노출농도는  $1.31E-02 \sim 6.57E+01$  mg/m<sup>3</sup>로, 경피 노출농도는  $1.31E-02 \sim 1.37E+01$  mg/kg/day로 예측되었다. 반면, 2-EE 취급 사업장에서 제시한 저감방안에 따라 개인보호구를 착용하였을 때, 그림 3-3과 같이 경로별 노출량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이때, 작업자의 만성 흡입 노출농도는  $6.57E-4 \sim 3.29E+00$  mg/m<sup>3</sup>, 만성 경피 노출농도는  $1.37E-03 \sim 6.86E-01$  mg/kg/day로 예측되었다.

표 3-10. 2-EE 사용 작업환경 노출 시나리오

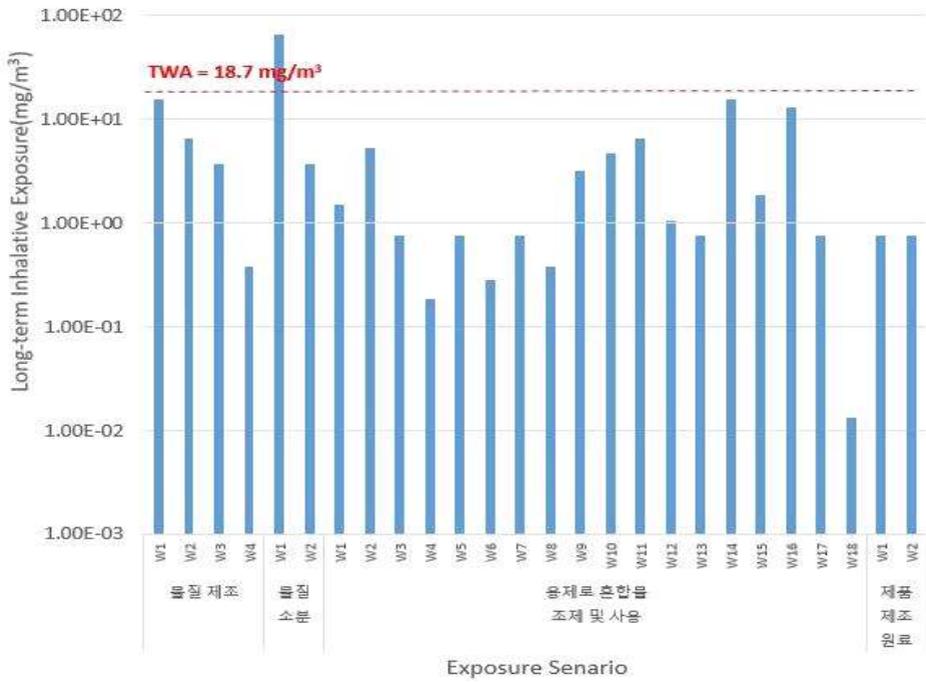
용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
물질제조	밀폐된 회분 공정(합성 또는 배합)	PROC 3	액체	4시간 이상	실외	95%	5~25%	장갑 APF 20
	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	15분 미만	실외	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 10
	소규모 연구소에서 실험실 시약으로 사용	PROC 15	액체	15분 미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	혼합물 아님	장갑 APF 10
물질소분	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	4시간 이상	실외	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	개방된 회분공정에서의 혼합 또는 분산 공정	PROC 5	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
용제로 혼합물 조제 및 사용	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 10
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	4시간 이상	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 10
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분 미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	1~5%	장갑 APF 20

표 3-8. 2-EE 사용 작업환경 노출 시나리오 (계속)

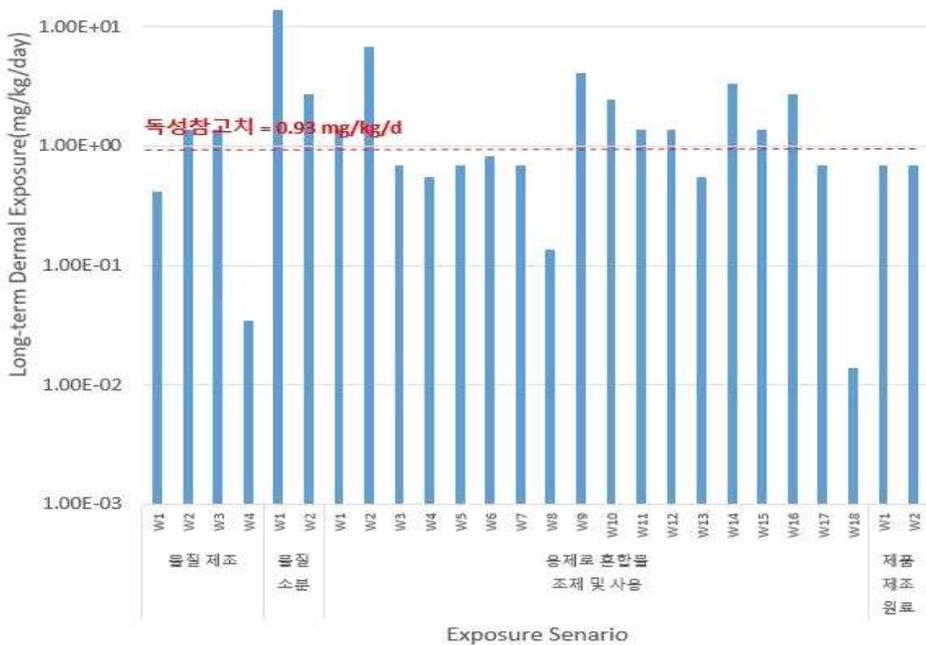
용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
용제로 혼합물 조제 및 사용	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	5~25%	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	1~5%	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	1~4시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	1~4시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	5~25%	장갑 APF 20
	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	15분미만	환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20

표 3-8. 2-EE 사용 작업환경 노출 시나리오 (계속)

용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
용제로 혼합물 조제 및 사용	비고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8a	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	1~5%	장갑 APF 20
	롤러 및 브러시 작업	PROC 10	액체	1~4시간	실외	95%	1~5%	장갑 APF 5
	개방된 회분공정에서의 혼합 또는 분산 공정	PROC 5	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	롤러 및 브러시 작업	PROC 10	액체	>4시간	실외	90%	1% 미만	장갑 APF 5
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	>4시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	1% 미만	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 밀폐된 연속 공정(운전자 설비 보수)	PROC 2	액체	15분미만	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	1% 미만	장갑 APF 10
제품 제조 원료	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20

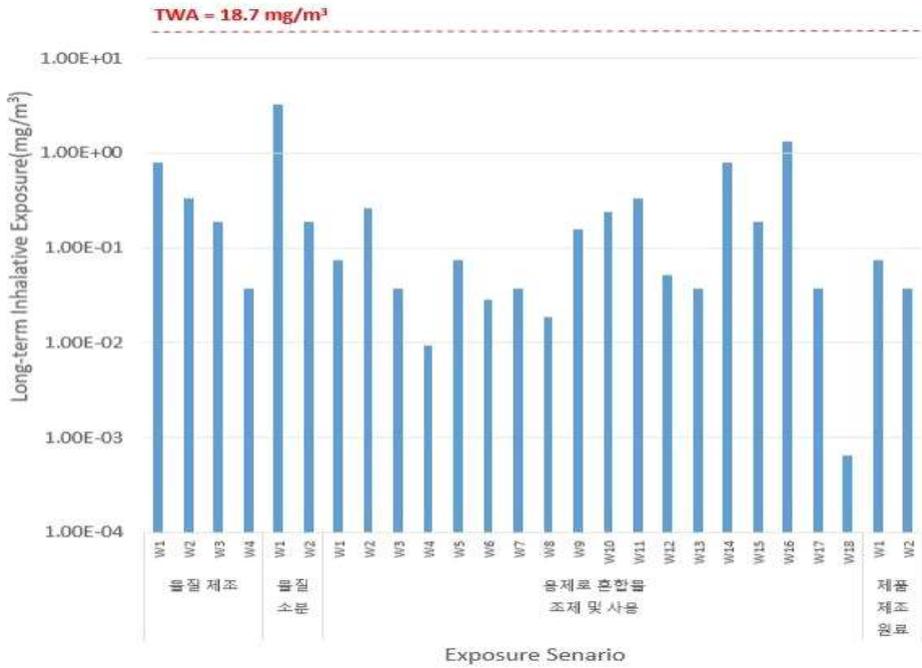


(a) 만성 흡입 노출

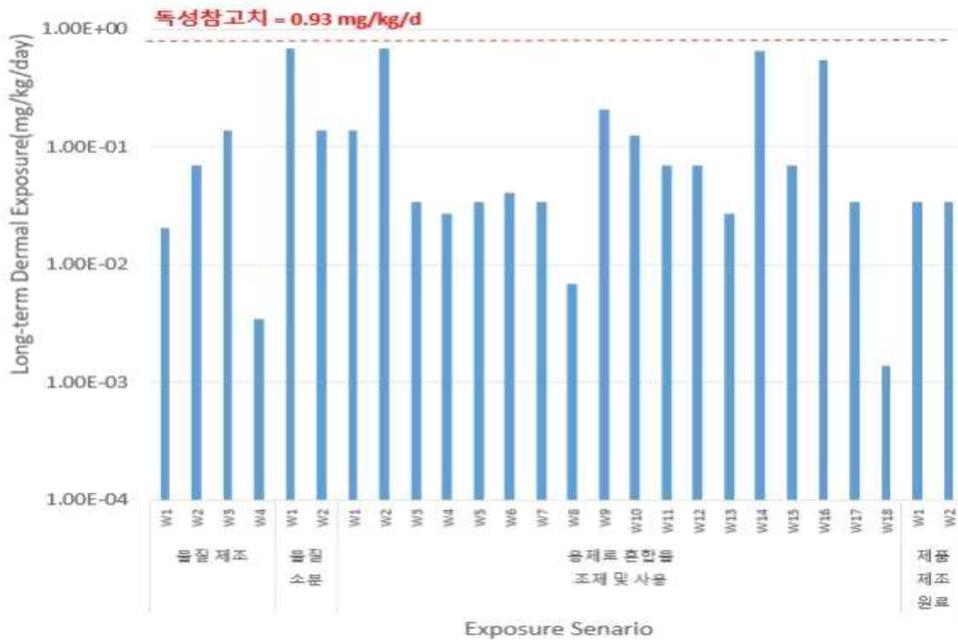


(b) 만성 경피 노출

그림 3-2. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업자 노출 농도(보호구 미착용)



(a) 만성 흡입 노출



(b) 만성 경피 노출

그림 3-3. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업자 노출 농도(보호구 착용)

## 나. 전문 작업자

전문 작업자의 우레탄 방수 도료 사용 환경을 가정하여, 방수작업 도중 흡입 노출될 수 있는 2-EE의 농도를 측정하였다. 일반적인 우레탄 방수작업과 동일하게 작업을 수행하면서 개인 호흡기 부근과 작업 공간 내 고정된 3개의 지점에서 각각 대기 중 2-EE를 채취하였다. 하도와 중도 작업 과정에서는 2-EE가 검출되지 않았으나, 상도 작업 중 채취한 시료에서는 2-EE가 1.50E-02~2.20E-02 mg/m<sup>3</sup>의 농도로 검출되었다(표 3-11).

표 3-11. 우레탄 방수 작업 중 2-EE의 전문 작업자 흡입 노출농도

시료 형태	작업 시간(min)	2-EE 농도(mg/m <sup>3</sup> )	비 고
개인별 측정 (Personal)	48	2.10E-02	2-EE의 작업환경기준: 18.7 mg/m <sup>3</sup>
지점별 측정 (Static point)	51	1.50E-02	
	48	2.20E-02	
	52	2.20E-02	

정량한계 : 0.145 ppb

## 2. 소비자 노출

시중에 판매되고 있는 우레탄 방수용 도료 제품들을 대상으로 2-EE의 함유량을 분석한 결과, 총 7개 제품 중 1개 제품에서 2-EE가 검출되었으며 함유량은 101 mg/kg으로 확인되었다. 해당 제품에 대한 노출평가는 전문 작업자에 대한 노출평가를 통해 진행되었으며, 일반 소비자의 경우 해당 제품의 사용 빈도가 상대적으로 낮을 것으로 예상되어 일반 소비자를 대상으로 한 노출평가는 생략하였다.

표 3-12. 우레탄 방수용 도료 제품 내 2-EE 함유량 분석결과

연번	제품명	2-EE 농도(mg/kg)
1	우레탄 상도 A	불검출
2	우레탄 상도 B	101
3	우레탄 상도 C	불검출
4	우레탄 상도 D	불검출
5	우레탄 주제	불검출
6	우레탄 경화제	불검출
7	우레탄 바니쉬	불검출

\* 불검출: 0.5 mg/kg 미만

### 3. 일반인(환경을 통한 간접 노출)

#### 가. 음용수 섭취

현재까지 음용수 중 2-EE의 농도를 측정한 사례가 보고된 바가 없으며, 음용수를 통해 2-EE에 노출될 가능성은 거의 없을 것으로 판단되나 지속적인 모니터링이 요구된다.

#### 나. 식품 섭취

현재까지 식품 중 2-EE의 농도를 측정한 사례가 보고된 바가 없으며, 식품을 통해 2-EE에 노출될 가능성은 거의 없을 것으로 판단되나 지속적인 모니터링이 요구된다.

#### 다. 공기 호흡

국내 환경에 적합하도록 주요 매개 변수들을 최적화한 한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))를 이용하여, 대기 중 2-EE의 전국 및 국지적 규모 농도를 예측하였다. 모델의 입력자료는 사업장의 2-EE 취급량 및 EU 배출계수 등을 활용하였다. 모델링 결과, 전국 규모의 예측환경농도(Predicted Environment Concentration, PEC)는  $7.92E-08 \text{ mg/m}^3$ 로 확인되었으며, 국지적 규모의 예측환경농도는  $7.92E-08 \sim 4.44E-04 \text{ mg/m}^3$ 로 나타났다(표 3-13, 14).

2-EE 취급 사업장 근처의 환경(대기) 노출 가능성이 큰 주요지점을 선별하여 현장 모니터링을 수행한 결과, 대부분 불검출되었으나 안산 지역 사업장의 경우  $8.51E-04 \text{ mg/m}^3$ 의 2-EE가 검출되었다(표 3-15).

표 3-13. 전국 규모의 예측환경농도(PEC)

	대기 ( $\text{mg/m}^3$ )
예측농도	7.92E-08

표 3-14. 국지적 규모의 대기 예측환경농도(PEC)

사업장	대기 중 농도 (mg/m <sup>3</sup> )	사업장	대기 중 농도 (mg/m <sup>3</sup> )
1	2.16E-05	41	2.84E-04
2	1.30E-04	42	4.08E-04
3	1.15E-07	43	1.78E-05
4	8.07E-06	44	2.67E-05
5	1.42E-04	45	1.33E-04
6	8.07E-06	46	1.78E-05
7	2.35E-04	47	8.88E-05
8	7.11E-05	48	2.67E-05
9	3.56E-05	49	1.78E-05
10	3.56E-05	50	1.78E-05
11	2.40E-05	51	2.14E-05
12	1.78E-05	52	3.55E-04
13	2.40E-05	53	1.78E-04
14	2.04E-04	54	1.78E-04
15	8.51E-06	55	1.07E-04
16	7.91E-05	56	1.78E-05
17	1.39E-05	57	7.11E-05
18	7.11E-05	58	6.92E-05
19	4.27E-05	59	1.07E-04
20	7.92E-08	60	8.88E-05
21	9.84E-06	61	4.44E-04
22	1.69E-05	62	2.11E-04
23	2.66E-04	63	6.22E-05
24	3.29E-04	64	6.22E-05
25	1.16E-05	65	6.22E-05
26	1.52E-05	66	3.56E-05
27	3.56E-05	67	7.18E-06
28	2.67E-05	68	7.18E-06
29	8.96E-06	69	7.18E-06
30	1.07E-04	70	7.18E-06
31	1.78E-05	71	2.74E-06
32	1.85E-06	72	7.18E-06
33	5.33E-05	73	7.18E-06
34	1.78E-05	74	8.07E-06
35	1.61E-04	75	7.92E-08
36	8.00E-05	76	7.92E-08
37	4.80E-05	77	7.92E-08
38	8.88E-05	78	1.34E-05
39	1.36E-04	79	3.56E-05
40	3.55E-04	80	1.15E-04

표 3-15. 사업장 주변 현장 대기측정농도

지역	대기 중 농도 (mg/m <sup>3</sup> )	지역	대기 중 농도 (mg/m <sup>3</sup> )
당진	N.D.	인천	N.D.
진천	N.D.	시흥	N.D.
익산	N.D.	안산	8.51E-04
군산	N.D.	안성	N.D.

N.D. : 불검출(정량한계 : 0.145 ppb 미만)

## 4절. 인체위해도 결정

### 1. 작업자

#### 가. 제조 작업자

##### 흡입

ECETOC TRA 모델을 사용하여 2-EE 취급 사업장 내 작업자의 흡입 노출 위해도를 평가한 결과, 유해지수는 모두 1 미만으로 확인되었다(표 3-16). 즉, 화학물질 등록시 제출된 ‘화학물질의 위해성에 관한 자료’에 명시된 바에 따라 각 공정 시나리오에 대한 적절한 위해성 관리 대책(작업조건, 보호구 착용 등)을 준수한다면 흡입 노출에 의한 작업자 위해 우려 가능성은 낮을 것으로 사료된다.

##### 경피

ECETOC TRA 모델을 이용하여 작업자의 경피 노출량을 예측한 결과, 모두 유해지수가 1 미만으로 확인되었다(표 3-16). 즉 화학물질 등록시 제출된 자료에서 명시된 바에 따라 작업시 각 공정 시나리오에 대한 적절한 위해성 관리 대책(작업조건, 보호구 착용 등)을 준수한다면 경피 노출에 의한 작업자 위해 우려 가능성은 낮을 것으로 사료된다.

표 3-16. 2-EE 제조 작업자에 대한 위해도

노출 경로	독성 참고치	노출농도	유해지수	비고
흡입*	18.7 mg/m <sup>3</sup>	(최소) 6.57E-04 mg/m <sup>3</sup>	3.51E-04	모델예측농도
		(최대) 3.29E+00 mg/m <sup>3</sup>	1.76E-01	
경피	0.93 mg/kg/day	(최소) 1.37E-03 mg/kg/day	1.47E-03	
		(최대) 6.86E-01 mg/kg/day	7.38E-01	

\* 작업장 내 2-EE의 노출허용기준: 5 ppm(18.7 mg/m<sup>3</sup>)(고용노동부 고시 제2018-62호)

## 나. 전문 작업자

우레탄 방수 도료의 전문적 사용 상황을 가정하여 측정된 실측값을 바탕으로, 우레탄 방수 전문 작업자에 대한 2-EE의 흡입 유해지수를 표 3-17과 같이 산정하였다. 모든 경우에 대해 유해지수는 1 미만이었으며, 따라서 2-EE가 함유된 우레탄 방수 도료 사용 시 전문 작업자에 대한 흡입 위해 우려 가능성은 낮을 것으로 사료된다.

표 3-17. 우레탄 방수 작업 중 2-EE의 전문 작업자 흡입 유해지수

시료 형태	2-EE 농도(mg/m <sup>3</sup> )	유해지수	비 고
개인별 측정(Personal)	2.10E-02	1.12E-03	현장 측정값 ( '20)
지점별 측정 (Static point)	1.50E-02	8.02E-04	
	2.20E-02	1.18E-03	
	2.00E-02	1.07E-03	

\* 검출한계 : 0.046 ppb

## 2. 소비자

2-EE는 대부분 산업적 용도로 사용되고 있으나, 소비자용으로 판매되는 일부 우레탄 방수용 도료 제품에 2-EE가 함유되었음이 확인되었다. 다만 용도의 특성상 전문 작업자에 비해 일반 소비자의 사용 빈도가 상대적으로 낮고, 그에 따라 노출 빈도도 낮을 것으로 예상되므로 소비자 노출 평가를 생략하였다.

### 3. 일반인 (환경을 통한 간접노출)

#### 가. 공기 호흡

한국형 환경예측모델(SimpleBox Korea)을 활용하여 얻은 예측환경농도와 배출 사업장 주변 주요 지점의 현장 측정농도를 바탕으로 2-EE의 공기 호흡으로 인한 인체 위해도를 평가하였다. 그 결과 유해지수가 모두 1 미만으로 확인되었다(표 3-18).

표 3-18. 공기 호흡으로 인한 위해도

노출 경로	독성 참고치	노출농도	유해지수	비고
흡입	1.39E-00 mg/m <sup>3</sup>	(최소) 불검출	0	실측농도
		(평균) 1.06E-04 mg/m <sup>3</sup>	7.63E-05	
		(최대) 8.51E-04 mg/m <sup>3</sup>	6.12E-04	
		(최소) 7.92E-08 mg/m <sup>3</sup>	5.70E-08	모델예측농도
		(평균) 7.86E-05 mg/m <sup>3</sup>	5.65E-05	
		(최대) 4.44E-04 mg/m <sup>3</sup>	3.19E-04	

## 4장. 생태위해성평가

### 1절. 생태영향평가

#### 1. 수생태계

##### 가. 조류

*Selenastrum capricornutum*을 OECD TG 201에 따라 0, 100 mg/L(설정농도)의 2-EE에 72시간 동안 노출시켜 성장저해율에 대한 EC<sub>50</sub> 및 NOEC를 관찰하였다(環境省, 2003a). 농도가 1개인 한계시험이었으며, EC<sub>50</sub>과 NOEC 모두 96.2 mg/L(측정농도)를 초과하는 것으로 확인되었다(표 4-1).

Hüls (1987a, 1988a)는 DIN 38412 L12 및 UBA-GL (1984)에 따라 *Scenedesmus subspicatus*를 각각 2-EE에 노출시켰다. DIN 38412 L12에 따른 시험에서는 24시간 노출 후 동화 억제(assimilation inhibition) 영향을 관찰하였으며, EC<sub>0</sub>은 10 g/L를 초과하는 것으로 확인하였다. UBA-GL (1984)에 따른 시험에서는 72시간 노출 후 성장저해 영향을 관찰하였으며, EC<sub>0</sub>은 10 g/L을 초과하는 것으로 확인되었다(EC, 2007)(표 4-1).

표 4-1. 2-EE에 대한 담수조류성장저해 급/만성독성값

방법	결과	비고
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Selenastrum capricornutum</i> 노출기간: 72시간 시험방법: OECD TG 201	72h-NOEC > 96.2 mg/L (측정농도) 72h-EC <sub>50</sub> > 96.2 mg/L (측정농도)	環境省, 2003a
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Scenedesmus subspicatus</i> 노출기간: 24시간 시험방법: DIN 38412, L12	24h-EC <sub>0</sub> > 10 g/L (설정농도)	Hüls, 1987a
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Scenedesmus subspicatus</i> 노출기간: 72시간 시험방법: UBA-GL(1984)	72h-EC <sub>0</sub> > 1.0 g/L (설정농도)	Hüls, 1988a

## 나. 수서무척추동물 (물벼룩)

### 급성독성

環境省 (2003b)는 OECD TG 202에 따라 *Daphnia magna*를 대상으로 물벼룩 급성독성 시험을 수행하였다. 0, 100 mg/L (설정농도)의 2-EE에 반지수식으로 총 48시간 동안 노출하였다. 본 시험은 농도가 1개인 한계시험으로, 유영저해에 대한 EC<sub>50</sub> 및 NOEC 값을 89.5 mg/L (측정농도) 초과로 평가하였다.

*Daphnia magna*를 대상으로 한 Huls (1987b)의 시험에서는 DIN 38412, part 11 가이드라인에 따라 물벼룩에 대한 급성독성 시험을 수행하였다. 노출 24시간에 대한 EC<sub>50</sub>은 10 g/L를 초과하였다. *Daphnia magna*를 대상으로 수행된 다른 시험(Hermens et al., 1984)에서는 48시간동안 2-EE를 지수식 노출한 결과 유영저해에 대한 IC<sub>50</sub> 값을 7.7 g/L 로 평가하였다.

무척추동물 중 하나인 *Hydra attenuata*를 대상으로 급성독성 시험을 수행한 Johnson et al. (1984)의 시험에서는 시험종 대상을 성체(adult) 및 배아(embryo)로 구분하여 평가하였으며, 총 92시간 노출에 대한 MEC (Minimum toxic effect concentration) 값을 성체와 배아에 대하여 각각 28 g/L (27,900 mg/L) 및 5.6 g/L (5,580 mg/L)로 평가하였다.

표 4-2. 2-EE에 대한 수서무척추동물 급성독성값

방법	결과	비고
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 48시간 노출방법: 반 지수식(semi-static) 시험방법: OECD TG 202	48h-EC <sub>50</sub> > 89.5 mg/L 48h-NOEC > 89.5 mg/L	環境省, 2003b
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Ceriodaphnia dubia</i> 노출기간: 48시간 노출방법: 지수식(static)	48h-EC <sub>50</sub> 1,893 mg/L	Rose et al., 1998
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 24시간 시험방법: DIN 38412, part 11	24h-EC <sub>0</sub> > 10 g/L	Hüls, 1987b
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 48시간 노출방법: 지수식(static)	48h-EC <sub>50</sub> 7,669 mg/L	Hermens et al., 1984
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Hydra attenuata</i> (adult& embryo) 노출기간: 92시간	92h-MEC (adult) = 27,900 mg/L (embryo) = 5,580 mg/L	Johnson et al., 1984

### 만성독성

環境省 (2003c)는 OECD TG 211에 따라 *Daphnia magna*에 반지수식으로 2-EE를 21일 동안 노출시킨 후 생식능(reproduction)에 대한 영향을 관찰하였다. NOEC값은 97.0 mg/L 이상으로 확인되었다.

Hüls (1988b)는 UBA proposal 가이드라인에 따라 *Daphnia magna*를 총 21일간 2-EE에 노출시킨 결과, 생식능에 대한 NOEC 값을 0.1 g/L 이상으로 도출하였다.

표 4-3. 2-EE에 대한 수서무척추동물 만성독성값

방법	결과	비고
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 21일 노출방법: 반지수식(semi-static) 및 밀폐식 시험방법: OECD Guideline 211 및 GLP 인증	21d-NOEC ≥ 97.0 mg/L	環境省, 2003c
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 21일 시험방법: UBA proposal	21d-NOEC > 0.1 g/L	Hüls, 1988b

## 다. 어류

### 급성독성

일본 환경성(環境省, 2003d)에서는 OECD TG 203에 따라 *Oryzias latipes*를 이용하여 어류 급성독성을 평가하였다. 반지수식(semi-static)으로 96시간 노출시킨 후 2-EE의 96h-LC<sub>50</sub> 값은 94.7 mg/L 초과로 나타났다.

Bridie et al. (1979)는 APHA 시험방법에 따라 *Carassius auratus*를 이용하여 어류 급성독성 시험을 수행하였다. 2-EE에 24시간 동안 노출시킨 결과 LC<sub>50</sub> 값을 5.0 g/L 초과로 도출하였다. Dawson et al. (1975/77) 연구에서는 *Lepomis macrochirus* 종 및 *Menidia beryllina* 종을 대상으로 어류 급성독성 시험을 수행하였다. 노출기간을 총 96시간으로 설정하여 살펴본 LC<sub>50</sub> 값은 적용한 두 시험 모두에서 10 g/L 초과로 평가하였다. Huls (1982) 연구에서는 DIN 38412 방법에 따라 어류 급성독성 시험을 수행하였다. 시험종으로 *Leuciscus idus*를 사용하였으며, 노출 48시간에 대한 LC<sub>50</sub> 값을 10 g/L 초과로 평가하였다.

표 4-4. 2-EE에 대한 어류 급성독성값

방법	결과	비고
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Oryzias latipes</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 반지수식(semi-static) 시험방법: OECD Guideline 203 및 GLP 인증	96h-LC <sub>50</sub> > 94.7 mg/L	環境省, 2003d
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Carassius auratus</i> 노출기간: 24시간 시험방법: APHA(1971), No.231	24h-LC <sub>50</sub> > 5.0 g/L	Bridie et al., 1979
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Lepomis macrochirus</i> 노출기간: 96시간	96h-LC <sub>50</sub> > 10 g/L	Dawson et al., 1975/77
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Menidia beryllina</i> 노출기간: 96시간	96h-LC <sub>50</sub> > 10 g/L	Dawson et al., 1975/77
시험물질: 2-EE 시험종: <i>Leuciscus idus</i> 노출기간: 48시간 시험방법: DIN 38412	48h-LC <sub>50</sub> > 10 g/L	Huls, 1982

### 만성독성

현재까지 어류에 대한 신뢰성 있는 만성독성 자료는 확인되지 않았다.

## 2. 육상생태계

현재까지 육상생물에 대한 신뢰성 있는 독성 자료는 확인되지 않았다.

## 3. 생물축적성

### 가. 생물농축성

2-EE의 옥탄올-물 분배계수( $\log K_{ow}$ )는 -0.43으로, 생물농축 가능성이 낮은 것으로 판단되며, 계산을 통해 산출한  $K_{oc}$  값 역시 6.3 L/kg으로 생물농축 가능성이 낮음을 뒷받침하고 있다.

### 나. 생물확장성

2-EE는 생물농축성이 낮아 생물확장(Biomagnification)이 거의 일어나지 않을 것으로 판단된다.

## 2절. 예측무영향농도(PNEC) 산정

### 1. 담수

2-EE 물질의 수생환경 급/만성 독성자료 조사 결과, 급성자료의 경우 3개 영양단계(담수조류, 수서무척추동물, 어류)에 대한 자료를 확인할 수 있었고, 만성자료의 경우 2개 영양단계(담수조류, 수서무척추동물)에 대한 자료만 확인할 수 있었다.

표 4-5. 수생환경 예측무영향농도 (PNEC) 도출을 위한 시험 결과 값

구분	영양단계	생물종	값 (mg/L)	
급성	조류	<i>Selenastrum capricornutum</i>	EC <sub>50</sub>	> 96.2
	수서무척추동물	<i>Daphnia magna</i>	EC <sub>50</sub>	> 89.5
	어류	<i>Lepomis macrochirus</i>	LC <sub>50</sub>	> 94.7
만성	조류	<i>Selenastrum capricornutum</i>	NOEC	> 96.2
	수서무척추동물	<i>Daphnia magna</i>	NOEC	≥ 97.0

활용 가능한 만성독성 자료에서 가장 민감한 값은 담수조류 성장저해 시험의 NOEC 96.2 mg/L(측정농도)이다. 2개 영양단계에 대한 자료 확인이 가능하기 때문에 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원 고시 제2021-13호)에 따라 평가계수 50을 적용하게 된다. 이에 따라 2-EE에 대한 PNEC<sub>water</sub> 값을 1.924 mg/L로 산출하였다.

EC (2007)는 다양한 생물종을 대상으로 여러 시험농도에 2-EE 수생환경 영향을 확인하였으나, 특별한 독성영향은 확인되지 않았다고 보고하였다. 이러한 점을 고려하여 PNEC<sub>water</sub> 산출 시 수서무척추동물(*Daphnia magna*) 만성독성 시험에서 확인된 가장 보수적인 값 NOEC(21d) ≥ 100 mg/L을 활용하여, 최종적으로 PNEC<sub>water</sub> 를 ≥ 2.0 mg/L로 결정하였다.

최종적으로, 2-EE 보고서에서는 EC (2007)에서 제안한 PNEC<sub>water</sub> 보다 보수적인 PNEC<sub>water</sub> 1.924 mg/L를 활용하였다.

---


$$PNEC_{water} = \text{Lowest NOEC} \div \text{Assessment factor} = 96.2 \text{ mg/L} \div 50 = 1.924 \text{ mg/L}$$


---

## 2. 저질

이용 가능한 침전물에 대한 독성자료의 부재로 평형분배방법으로 예측무영향농도를 산출하였다(EC, 2003). 2-EE의  $K_{oc} = 6.3 \text{ L/kg}$ 과 앞서 평가계수를 이용한 수생환경 예측무영향농도  $1.924 \text{ mg/L}$ 를 적용하였다. 또한, 표준 침전물의 경우 물 90%(v/v, 밀도= $1,000 \text{ kg/m}^3$ )와 고형분 10%(v/v, 밀도= $2,500 \text{ kg/m}^3$ )로 구성되어 있어서, 습윤중량 보정계수 4.6을 사용하여 건조 침전물의 무영향농도로 환산하였다.

표 4-6. 침전물 예측무영향농도

구분	값	산출근거	비고
$PNEC_{\text{sediment}}(\text{mg/kg dw})$	8.14	$(0.783+0.0217 \times K_{oc}) \times PNEC_{\text{water}} \times 4.6$	평형분배방법

## 3. 토양

이용 가능한 육상환경에 대한 독성자료의 부재로 평형분배방법으로 예측무영향농도를 산출하였다(EC, 2003). 2-EE의  $K_{oc} = 6.3 \text{ L/kg}$ 과 앞서 평가계수를 이용한 수생환경 예측무영향농도  $1.924 \text{ mg/L}$ 를 적용하였다. 또한, 표준 토양의 경우 고형분 60% (v/v, 밀도= $2,500 \text{ kg/m}^3$ )와 물 20 % (v/v, 밀도= $1,000 \text{ kg/m}^3$ ), 공기 20%(v/v)로 구성되어 있어서, 습윤중량 보정계수 1.13을 사용하여 건조 토양의 무영향농도로 환산하였다.

표 4-7. 육상환경 예측무영향농도

구분	값	산출근거	비고
$PNEC_{\text{soil}}(\text{mg/kg dw})$	0.497	$(0.1176+0.01764 \times K_{oc}) \times PNEC_{\text{water}} \times 1.13$	평형분배방법

### 3절. 환경노출평가

#### 1. 환경거동

##### 가. 배출

EC (2007)은 2-EE이 생산, 처리(중간체 사용) 및 용매로 사용될 때 폐수 및 배기를 통해 환경으로 배출될 수 있음을 보고하였다.

##### 나. 분포

2-EE의  $\log K_{ow}$  값은 -0.43이며, 수용해도는 30°C에서 850 g/L로 물에 잘 녹는 물질이다. 또한, 2-EE의 증기압은 530 Pa (20°C), 헨리상수는 0.048 Pa · m<sup>3</sup>/mol 로, 표면수에서의 휘발은 무시할 수 있다(EC, 2007). 환경 분포를 평가하기 위한 level I fugacity 모델에서, 2-EE의 대다수(약 99.0%)가 수계 중에 분포할 것으로 나타났으나, 해당 물질은 생분해성이 높은 물질이므로 수계 중 잔류할 가능성이 낮다. EC (2007) 는 AOP 1.87 프로그램을 이용해 2-EE의 대기 반응에 의한 반감기를 추정하였으며, 반감기가 22.2 시간으로 산출되었다. 따라서, 대기 중으로 방출된 2-EE의 일부는 대기에서도 빠르게 분해될 것으로 예상된다. 이와 같이 환경 중에 2-EE이 배출된 경우에는 휘발에 의해 대기 중에서 분해될 가능성도 있지만, 주로 수중에서 생분해에 의해 빠르게 제거될 것으로 판단된다.

##### 다. 분해

2-EE의 가수분해에 대해 활용 가능한 실험 결과는 확인할 수 없었다. 그러나 EC (2007)에 언급된 Howard PH. (1993)에 따르면, 2-EE의 화학물질 구조상 가수분해가 일어나지 않을 것으로 예상되며, 알코올과 에테르 작용기에 대한 290 nm 파장 이상의 빛 흡수가 예상되지 않기 때문에 물에서의 광학적 분해도 일어나지 않을 것으로 판단된다.

Huls (1995a)는 OECD TG 301E를 이용하여 2-EE에 대한 이분해성을 평가하였으며, 노출기간은 14일을 두고 관찰하였다. 생분해성을 평가하기 위해 일정 노출기간이 지난 후 용존유기탄소를 측정한 결과, 용존유기탄소는 98%

감소하였고, 10일 창(10 day-window) 기준도 만족하여, 2-EE를 이분해성 물질로 평가하였다. Zahn and Wellens (1980) 연구에서도 2-EE를 대상으로 이분해성 시험을 수행하였다. 지수식 노출방법을 적용하였으며, 초기 노출농도는 1,000 mg/L로 설정하여 5일간 관찰하였다. 화학적 산소요구량을 기준으로 약 90% 이상 분해된 것을 확인하였다. 시험결과에 따라 2-EE 물질은 이분해성 물질인 것으로 판단하였다. Price et al. (1974) 연구에서는 APHA method 방법을 이용하여 이분해성 시험을 수행하였으며, 초기 노출농도는 3, 7, 10 mg/L로 설정한 후 20일간 관찰하였다. 생물학적 산소요구량을 기준으로 살펴보았을 때, 물질은 미생물에 의해 88% 분해되어 이분해성 물질임을 확인할 수 있다.

通商産業省 (1980) 연구에서는 호기성 조건 하에 생분해성 시험을 수행하였으며, 초기 농도는 100 mg/L로 설정한 후 2주간 분해성을 살펴보았다. 생분해성은 BOD를 측정하여 평가하였으며, 2주 후 생물학적 산소요구량을 통해 측정된 생분해성은 76%로 나타나 본 평가물질은 이분해성인 것으로 평가되었다.

2-EE는 증기압이 530 Pa로 비교적 높지만, 물에 잘 용해되는 성질을 가지고 있어서 증발될 가능성은 낮으며, 유기물에 대한 흡착성도 낮아 수중 생분해로 인해 제거될 가능성이 높은 것으로 평가되었다.

표 4-8. 2-EE의 생분해성 시험결과 요약

방법	결과	비고
시험방법: OECD Guideline 301E 노출기간: 14일 지표: DOC	이분해성 물질 100% 생분해 10일 창 만족	Huls, 1995a
초기농도: 1000 mg/L 노출방법: 지수식(static) 노출기간: 5일 지표: COD	이분해성 물질 90% 생분해	Zahn and Wellens, 1980
시험방법: APHA method 초기농도: 3, 7, 10 mg/L 노출기간: 20일 지표: BOD	이분해성 물질 88% 생분해	Price et al., 1974
시험조건: 호기성 초기농도: 100 mg/L 노출기간: 2주 지표: BOD	이분해성 물질 76%	通商産業省, 1980

## 라. 축적

2-EE의 생물축적성에 대한 활용 가능한 실험 결과는 확인할 수 없었다. EC (2007)에 따르면 2-EE는 옥탄올-물 분배계수(log  $K_{ow}$ )가 -0.43으로, 생물축적성이 있는 물질로 보기 어려우므로 축적에 의한 영향은 없을 것으로 판단된다.

## 2. 환경매체농도

### 가. 매체별 모델추정 농도

한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 이용하여, 2-EE의 수계 및 저질, 토양 등 매체별 농도를 예측하였다. 모델 구동을 위해 입력한 물질 및 배출 정보는 부록의 표 1과 2와 같으며, 전국 규모 및 국지적 규모의 매체별 예측농도는 표 4-10 및 4-11에 나타나 있다. 한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 통해 산출된 토양 및 저질에서의 2-EE의 농도는 습윤 중량을 기준으로 계산된 농도이다. 따라서, 모델 구동 결과에 매체별 습윤 보정계수(토양: 1.13, 저질: 4.6)를 고려하여 건조 중량 기준으로 전국 및 국지적 규모의 예측환경농도를 도출하였다.

표 4-9. 전국 규모의 예측환경농도(PEC)

담수 (mg/L)	자연지 (mg/kg(dw))	농경지 (mg/kg(dw))	도시산업용지 (mg/kg(dw))
6.14E-05	8.12E-07	7.09E-07	1.23E-04

표 4-10. 국지적 규모의 예측환경농도(PEC)

사업장	담수 (mg/L)	저질 (mg/kg(dw))	농경지 (mg/kg(dw))	목초지 (mg/kg(dw))
1	6.14E-05	9.45E-04	2.19E-04	2.74E-04
2	6.14E-05	9.45E-04	1.32E-03	1.65E-03
3	6.14E-05	9.45E-04	1.17E-06	1.26E-06
4	2.53E-03	7.70E-01	8.16E-05	1.02E-04
5	4.39E-02	1.29E+01	1.44E-03	1.80E-03
6	2.53E-03	7.70E-01	8.16E-05	1.02E-04
7	7.25E-02	1.31E+01	2.38E-03	2.98E-03
8	2.20E-02	6.83E+00	7.19E-04	9.02E-04
9	1.10E-02	3.42E+00	3.60E-04	4.51E-04
10	1.10E-02	3.42E+00	3.60E-04	4.51E-04
11	6.14E-05	9.45E-04	2.43E-04	3.05E-04
12	6.14E-05	9.45E-04	1.80E-04	2.26E-04

표 4-11. 국지적 규모의 예측환경농도(PEC) (계속)

사업장	담수 (mg/L)	저질 (mg/kg(dw))	농경지 (mg/kg(dw))	목초지 (mg/kg(dw))
13	6.14E-05	9.45E-04	2.43E-04	3.05E-04
14	6.14E-05	9.45E-04	2.07E-03	2.59E-03
15	6.14E-05	9.45E-04	8.61E-05	1.08E-04
16	6.14E-05	9.45E-04	8.00E-04	1.00E-03
17	6.14E-05	9.45E-04	1.41E-04	1.76E-04
18	6.14E-05	9.45E-04	7.19E-04	9.02E-04
19	6.14E-05	9.45E-04	4.32E-04	5.42E-04
20	6.14E-05	9.45E-04	8.12E-07	8.12E-07
21	6.14E-05	9.45E-04	9.96E-05	1.25E-04
22	6.14E-05	9.45E-04	1.71E-04	2.15E-04
23	6.14E-05	9.45E-04	2.70E-03	3.38E-03
24	6.14E-05	9.45E-04	3.32E-03	4.17E-03
25	6.14E-05	9.45E-04	1.17E-04	1.47E-04
26	6.14E-05	9.45E-04	1.53E-04	1.92E-04
27	6.14E-05	9.45E-04	3.60E-04	4.51E-04
28	6.14E-05	9.45E-04	2.70E-04	3.38E-04
29	6.14E-05	9.45E-04	9.06E-05	1.13E-04
30	6.14E-05	9.45E-04	1.08E-03	1.35E-03
31	6.14E-05	9.45E-04	1.80E-04	2.26E-04
32	6.14E-05	9.45E-04	1.88E-05	2.33E-05
33	6.14E-05	9.45E-04	5.40E-04	6.77E-04
34	6.14E-05	9.45E-04	1.80E-04	2.26E-04
35	6.14E-05	9.45E-04	1.63E-03	2.04E-03
36	6.14E-05	9.45E-04	8.09E-04	1.01E-03
37	1.49E-02	4.15E+00	4.86E-04	6.09E-04
38	2.75E-02	7.69E+00	8.99E-04	1.13E-03
39	4.20E-02	1.18E+01	1.37E-03	1.72E-03
40	1.10E-01	1.31E+01	3.59E-03	4.51E-03
41	8.76E-02	1.33E+01	2.87E-03	3.60E-03
42	1.26E-01	1.31E+01	4.13E-03	5.18E-03
43	5.54E-03	1.54E+00	1.80E-04	2.26E-04
44	8.28E-03	2.31E+00	2.70E-04	3.38E-04
45	4.11E-02	1.15E+01	1.35E-03	1.69E-03
46	5.54E-03	1.54E+00	1.80E-04	2.26E-04

표 4-11. 국지적 규모의 예측환경농도(PEC) (계속)

사업장	담수 (mg/L)	저질 (mg/kg(dw))	농경지 (mg/kg(dw))	목초지 (mg/kg(dw))
47	2.75E-02	7.69E+00	8.99E-04	1.13E-03
48	8.28E-03	2.31E+00	2.70E-04	3.38E-04
49	5.54E-03	1.54E+00	1.80E-04	2.26E-04
50	5.54E-03	1.54E+00	1.80E-04	2.26E-04
51	6.64E-03	1.85E+00	2.16E-04	2.71E-04
52	1.10E-01	1.31E+01	3.59E-03	4.51E-03
53	5.48E-02	1.28E+01	1.80E-03	2.25E-03
54	5.48E-02	1.28E+01	1.80E-03	2.25E-03
55	3.29E-02	9.23E+00	1.08E-03	1.35E-03
56	5.54E-03	1.54E+00	1.80E-04	2.26E-04
57	2.20E-02	6.15E+00	7.19E-04	9.02E-04
58	2.14E-02	1.20E+00	7.00E-04	8.78E-04
59	3.29E-02	9.23E+00	1.08E-03	1.35E-03
60	6.14E-05	9.45E-04	8.99E-04	1.13E-03
61	6.16E-01	1.33E+01	4.49E-03	5.63E-03
62	6.14E-05	9.45E-04	2.14E-03	2.68E-03
63	6.14E-05	9.45E-04	6.29E-04	7.89E-04
64	6.14E-05	9.45E-04	6.29E-04	7.89E-04
65	6.14E-05	9.45E-04	6.29E-04	7.89E-04
66	6.14E-05	9.45E-04	3.60E-04	4.51E-04
67	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
68	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
69	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
70	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
71	6.14E-05	9.45E-04	2.78E-05	3.46E-05
72	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
73	6.14E-05	9.45E-04	7.27E-05	9.09E-05
74	6.14E-05	9.45E-04	8.16E-05	1.02E-04
75	6.14E-05	9.45E-04	8.12E-07	8.12E-07
76	6.14E-05	9.45E-04	8.12E-07	8.12E-07
77	6.14E-05	9.45E-04	8.12E-07	8.12E-07
78	6.14E-05	9.45E-04	1.36E-04	1.70E-04
79	6.14E-05	9.45E-04	3.60E-04	4.51E-04
80	6.14E-05	9.45E-04	1.17E-03	1.46E-03

## 나. 수계

국내외 수계 중 2-EE의 농도 현황을 조사한 사례는 없는 것으로 확인되었으며, 수계에서 쉽게 생분해되는 특성으로 인해 잔류하지 않을 것으로 판단된다. 사업장별 2-EE의 취급량 및 배출량 자료에 대한 분석을 통하여 모니터링 지점을 선정된 후 배출수 및 주변 하천에서의 2-EE의 농도를 조사하였다. 시료는 2계절(여름 및 가을)에 걸쳐 2회 채취하였으며, 분석결과는 표 4-11에서 보는 바와 같이 전 지점에서 검출되지 않았다.

표 4-11. 2-EE의 수질 모니터링 분석 결과

모니터링 지점		농도(mg/L)	비 고
사업장 방류수	인천 서구	N.D.	조사 시기 (2020년 6월, 9월)
	경기 안산	N.D.	
	충북 진천	N.D.	
	전북 익산	N.D.	
하천수	인천 서구	N.D.	
	경기 안산	N.D.	
	경기 안성	N.D.	
	충남 당진1	N.D.	
	충남 당진2	N.D.	
	충북 진천	N.D.	
	전북 익산	N.D.	
	전북 군산1	N.D.	
전북 군산2	N.D.		

N.D. : 불검출(정량한계 : 0.366 mg/L 미만)

## 다. 토양

현재까지 환경매체 중 토양 내 2-EE의 농도를 보고한 사례는 없는 것으로 확인되었다.

## 4절. 생태위해도 결정

생태위해도를 평가하기 위하여 모델 및 모니터링 결과를 통해 도출한 예측환경농도(PEC)를 예측무영향농도(PNEC)로 나누어 유해지수를 산출하였다. 표 4-12 및 4-13는 각각 모델을 통해 산출된 매체별 전국 및 국지적 규모의 유해지수를 보여주고 있다. 전국 규모에 대한 매체별 생태위해도는 모두 1 미만으로 위해 우려가 낮은 수준으로 평가되었다. 국지적 규모의 경우, 환경으로의 배출량 정보가 없는 일부 사업장에서 배출량 산정을 위해 보수적인 EU 배출계수를 적용함에 따라 담수로의 배출량이 높게 산정되었으며, 그로 인해 모델로 예측된 2-EE의 담수 및 저질에서의 농도가 높게 산정되었고, 저질에 대한 유해지수도 1을 초과하는 것으로 예측되었다(표 4-11). 이러한 모델 예측 결과를 검증하기 위하여 해당 사업장 담당자 면담 및 사업장 주변에 대하여 2차레 모니터링을 수행하였다. 모니터링 결과, 2차레 모두 2-EE는 검출되지 않았으며, 실제 담수로 배출되는 양은 미미하고 생태에 대한 위해 우려도 낮은 것으로 판단되었다(표 4-11, 표 4-13).

표 4-12. 모델추정치에 의한 매체별 전국 규모 생태위해도

	담수	자연지	농경지	도시산업용지
유해지수	3.19E-05	1.63E-06	1.43E-06	2.47E-04

표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도

사업장	담수	저질	농경지	목초지
1	3.19E-05	1.16E-04	4.41E-04	5.52E-04
2	3.19E-05	1.16E-04	2.65E-03	3.32E-03
3	3.19E-05	1.16E-04	2.36E-06	2.54E-06
4	1.31E-03	9.46E-02	1.64E-04	2.06E-04
5	2.28E-02	1.59E+00	2.89E-03	3.63E-03
6	1.31E-03	9.46E-02	1.64E-04	2.06E-04
7	3.77E-02	1.61E+00	4.78E-03	5.99E-03
8	1.14E-02	8.40E-01	1.45E-03	1.81E-03
9	5.72E-03	4.20E-01	7.24E-04	9.08E-04
10	5.72E-03	4.20E-01	7.24E-04	9.08E-04
11	3.19E-05	1.16E-04	4.89E-04	6.13E-04
12	3.19E-05	1.16E-04	3.63E-04	4.55E-04

표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도(계속)

사업장	담수	저질	농경지	목초지
13	3.19E-05	1.16E-04	4.89E-04	6.13E-04
14	3.19E-05	1.16E-04	4.16E-03	5.21E-03
15	3.19E-05	1.16E-04	1.73E-04	2.17E-04
16	3.19E-05	1.16E-04	1.61E-03	2.02E-03
17	3.19E-05	1.16E-04	2.83E-04	3.55E-04
18	3.19E-05	1.16E-04	1.45E-03	1.81E-03
19	3.19E-05	1.16E-04	8.70E-04	1.09E-03
20	3.19E-05	1.16E-04	1.63E-06	1.63E-06
21	3.19E-05	1.16E-04	2.00E-04	2.51E-04
22	3.19E-05	1.16E-04	3.45E-04	4.32E-04
23	3.19E-05	1.16E-04	5.42E-03	6.80E-03
24	3.19E-05	1.16E-04	6.69E-03	8.39E-03
25	3.19E-05	1.16E-04	2.36E-04	2.96E-04
26	3.19E-05	1.16E-04	3.08E-04	3.86E-04
27	3.19E-05	1.16E-04	7.24E-04	9.08E-04
28	3.19E-05	1.16E-04	5.43E-04	6.81E-04
29	3.19E-05	1.16E-04	1.82E-04	2.28E-04
30	3.19E-05	1.16E-04	2.17E-03	2.72E-03
31	3.19E-05	1.16E-04	3.63E-04	4.54E-04
32	3.19E-05	1.16E-04	3.78E-05	4.70E-05
33	3.19E-05	1.16E-04	1.09E-03	1.36E-03
34	3.19E-05	1.16E-04	3.63E-04	4.54E-04
35	3.19E-05	1.16E-04	3.28E-03	4.11E-03
36	3.19E-05	1.16E-04	1.63E-03	2.04E-03
37	7.72E-03	5.10E-01	9.77E-04	1.22E-03
38	1.43E-02	9.44E-01	1.81E-03	2.27E-03
39	2.18E-02	1.44E+00	2.77E-03	3.47E-03
40	5.70E-02	1.61E+00	7.23E-03	9.07E-03
41	4.55E-02	1.63E+00	5.78E-03	7.25E-03
42	6.55E-02	1.61E+00	8.31E-03	1.04E-02
43	2.88E-03	1.89E-01	3.63E-04	4.54E-04
44	4.30E-03	2.83E-01	5.43E-04	6.81E-04
45	2.14E-02	1.42E+00	2.71E-03	3.40E-03
46	2.88E-03	1.89E-01	3.63E-04	4.54E-04
47	1.43E-02	9.44E-01	1.81E-03	2.27E-03
48	4.30E-03	2.83E-01	5.43E-04	6.81E-04
49	2.88E-03	1.89E-01	3.63E-04	4.54E-04
50	2.88E-03	1.89E-01	3.63E-04	4.54E-04
51	3.45E-03	2.27E-01	4.35E-04	5.45E-04
52	5.70E-02	1.61E+00	7.23E-03	9.07E-03
53	2.85E-02	1.57E+00	3.62E-03	4.53E-03

표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도(계속)

사업장	담수	저질	농경지	목초지
54	2.85E-02	1.57E+00	3.62E-03	4.53E-03
55	1.71E-02	1.13E+00	2.17E-03	2.72E-03
56	2.88E-03	1.89E-01	3.63E-04	4.54E-04
57	1.14E-02	7.56E-01	1.45E-03	1.81E-03
58	1.11E-02	1.47E-01	1.41E-03	1.77E-03
59	1.71E-02	1.13E+00	2.17E-03	2.72E-03
60	3.19E-05	1.16E-04	1.81E-03	2.27E-03
61	3.20E-01	1.63E+00	9.04E-03	1.13E-02
62	3.19E-05	1.16E-04	4.30E-03	5.39E-03
63	3.19E-05	1.16E-04	1.27E-03	1.59E-03
64	3.19E-05	1.16E-04	1.27E-03	1.59E-03
65	3.19E-05	1.16E-04	1.27E-03	1.59E-03
66	3.19E-05	1.16E-04	7.24E-04	9.08E-04
67	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
68	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
69	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
70	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
71	3.19E-05	1.16E-04	5.58E-05	6.96E-05
72	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
73	3.19E-05	1.16E-04	1.46E-04	1.83E-04
74	3.19E-05	1.16E-04	1.64E-04	2.06E-04
75	3.19E-05	1.16E-04	1.63E-06	1.63E-06
76	3.19E-05	1.16E-04	1.63E-06	1.63E-06
77	3.19E-05	1.16E-04	1.63E-06	1.63E-06
78	3.19E-05	1.16E-04	2.73E-04	3.42E-04
79	3.19E-05	1.16E-04	7.24E-04	9.08E-04
80	3.19E-05	1.16E-04	2.35E-03	2.95E-03

## 5장. 종합결론

### 1절. 인체위해성평가 결과

#### 1. 작업자

화학물질 등록 시 제출한 자료를 바탕으로, 작업자에 대한 노출평가모델 (ECETOC TRA)을 이용하여 인체위해성을 평가한 결과, 호흡용 보호구나 장갑 등 적절한 보호구를 착용한 경우 흡입 또는 피부 노출에 의한 인체위해도는 낮을 것으로 평가되었다. 다만, 물질을 소분하는 시나리오 중 이송 또는 운반하는 과정에서 2-EE가 흡입이나 피부를 통해 작업자에게 비교적 높은 농도로 노출될 수 있기 때문에 개인보호장비의 착용이 필요할 것으로 판단된다.

2-EE가 함유되어 있는 우레탄 방수 도료 제품을 사용하는 전문작업자의 경우에는 흡입 노출로 인한 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.

#### 2. 소비자

소비자의 경우 2-EE가 포함되어 있는 우레탄 방수용 도료 제품을 사용하는 동안 2-EE에 노출될 수 있다. 그러나 전문작업자에 비해 노출빈도, 노출시간이 상대적으로 낮아 노출량이 적고, 전문작업자에 대한 평가 결과 위해우려 가능성이 낮은 것으로 확인되었기 때문에 소비자에 대한 위해 가능성도 낮을 것으로 판단된다.

#### 3. 일반인(환경에 의한 간접 노출)

현장 모니터링 자료 및 화학물질 등록 시 제출한 자료를 기반으로 한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 활용해 환경매체(공기) 내 2-EE 농도를 예측하여 인체 위해성을 평가하였다. 그 결과, 유해지수 1미만으로 확인되었다. 따라서, 일반 대기 중 공기 호흡으로 인한 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가되었다.

일반인이 먹는물 또는 식품을 통해 2-EE에 노출될 가능성은 낮은 것으로 추정된다.

## 2절. 생태위해성평가 결과

### 1. 담수

모델을 통해 확인된 예측환경농도 및 현장 모니터링 자료를 이용하여 확인된 2-EE 농도를 바탕으로 담수생물에 대한 위해성을 평가 한 결과, 위해 우려 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.

### 2. 저질

모델을 통해 확인된 예측환경농도를 바탕으로 토양생물에 대한 위해성을 평가 한 결과, 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.

### 3. 토양

모델을 통해 확인된 예측환경농도를 바탕으로 저질생물에 대한 위해성을 평가 한 결과, 위해 우려 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.

표 5-1. 위해성평가 결과 종합

2-Ethoxyethanol				노출 경로		
대상 구분	노출 시나리오	세부 노출시나리오	경구	흡입	경피	
인 체 위 해 성	작업자 노출	물질의 제조	합성 및 저장, 이송, 운반	-	○	○
			실험실 시약으로 사용	-	○	○
		물질의 소분	저장 또는 이송, 운반	-	○	○
			혼합 또는 분산	-	○	○
		용제로 혼합물 조제 및 사용	회분 또는 합성 공정	-	○	○
			저장 또는 이송, 운반	-	○	○
			소형용기 주입 공정	-	○	○
			롤러 및 브러시 작업	-	○	○
			혼합 또는 분산	-	○	○
		밀폐된 연속 공정	-	○	○	
	제품의 제조 원료	회분 또는 합성 공정	-	○	○	
	전문작업자	우레탄 방수작업	-	○	-	
	소비자 노출	도료 사용	우레탄 방수작업	-	○	-
환경을 통한 간접노출	공기 호흡	일상 호흡	-	○	-	
생 태 위 해 성	수생태계	수생태	담수		○	
			저질		○	
	토양생태계	토양생태	목초지		○	
			농경지		○	
			자연지		○	
			도시산업용지		○	

○ : 위해 없음, × : 위해 우려, ✓ : 재검토필요, - : 평가 제외

### 3절. 위해저감방안

2-EE에 대한 인체 및 생태위해성평가 결과, 추가적인 위해저감대책이 필요하지 않을 것으로 판단된다.

작업자의 경우 일부 사업장에서 물질의 소분, 용제로 혼합물 조제 및 사용 중 흡입이나 피부 경로를 통해 2-EE에 높은 농도로 노출될 수 있으나 화학물질 등록 시 제출한 자료에서와 같이 적절한 개인보호장비를 착용하는 경우 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가되었다. 또한 2-EE가 함유된 도료 제품을 사용하는 소비자 및 실외 공기호흡을 통해 노출될 수 있는 일반인의 경우에도 위해우려 가능성이 매우 낮아 추가적인 위해저감대책이 필요 없을 것으로 평가되었다.

화학물질 등록 시 제출된 자료를 바탕으로 환경동태모델을 통해 환경매체별 농도를 산정하고, 주요 지점에 대한 환경 모니터링을 통해 매체별 농도를 검증한 결과, 수생태계 및 토양생태계 모두 위해우려 가능성이 낮으므로 평가되었으며, 추가적인 위해저감대책이 필요하지 않을 것으로 판단된다.

## 6장. 참고문헌

- 고용노동부 (2020). 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준 (고용노동부고시 제 2020-48호).
- 국립환경과학원 (2014). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(I).
- 국립환경과학원 (2015). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(II).
- 국립환경과학원 (2016). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(III).
- 국립환경과학원 (2021). 화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정, (국립환경과학원고시 제2021-13호).
- 한국고분자시험연구소 (2017). Ethylene glycol monoethyl ether 수용해도 시험 보고서. Study No. Koptri-179184.
- Andrew FD and Hardin BD (1984). Developmental effects after inhalation exposure of gravid rabbits and rats to ethylene glycol monoethyl ether. *Environmental Health Perspectives* 57: 13-23.
- Barbee SJ, Terrill JB, DeSousa DJ, Conaway CC (1984). Subchronic inhalation toxicology of ethylene glycol monoethyl ether in the rat and rabbit. *Environmental health perspectives* 57: 157-163.
- Barber ED, Teetsel NM, Kolberg KF, Guest D (1992). A comparative study of the rates of *in vitro* percutaneous skin absorption of eight chemicals using rat and human skin. *Fundam Appl Toxicol* 19: 493-497.
- Bonitenko I, Kutsenko SA, Kuposov ES, Bonitenko E (1990). Acute poisoning with ethylene glycol esters. *Klinicheskaja meditsina* 68(5): 126-130.
- Bridie AL, Wolff CJM, Winter M (1979). The acute toxicity of some petrochemicals to goldfish. *Water Res.* 13: 623-626.
- Carpenter CP, Keck GA, Nair JH, Pozzani UC, Smyth HF, Weil CS (1956). The toxicity of butyl cellosolve solvent. *Ama Arch Ind Health* 14(2): 114-131.
- Cheever KL, Plotnick HB, Richards DE, Weigel WW (1984). Metabolism and excretion of 2-ethoxyethanol in the adult male rat. *Environmental health perspectives* 57: 241-248.

- Chemsafe (1996). National database for safety data of the Physikalisch-technische Bundesanstalt Braunschweig, established by expert judgement.
- Dawson GW, Jennings AL, Drozdowski D, Rider E (1975/77). The acute toxicity of 47 industrial chemicals to fish and saltwater fishes. *J. Hazard. Mater.* 1: 303-318.
- Dearden JC and Bresnen GM (1988). The measurement of partition coefficients. *Quantitative Structure-Activity Relationships* 7(3): 133-144.
- Doe JE (1984). Further studies on the toxicology of the glycol ethers with emphasis on rapid screening and hazard assessment. *Environmental health perspectives* 57: 199-206.
- Dugard PH, Walker M, Mawdsley SJ, Scott RC (1984). Absorption of some glycol ethers through human skin *in vitro*. *Environ Health Perspect* 57: 193-197.
- EC (2007). European Union Risk Assessment Report. 2-Ethoxyethanol (CAS No. 110-80-5).
- Elias Z, Daniere MC, Marande AM, Poirot O, Terzetti F, Schneider O (1996). Genotoxic and/or epigenetic effects of some glycol ethers: results of different short-term tests. *Occup Hyg* 2: 187-212.
- Fucik J (1969) Poisoning by ethylene glycol monoethyl ether. *Prac. Lek.* 21: 116-118.
- Galloway SM, Armstrong MJ, Reuben C, Colman S, Brown B, Cannon C, Rimpo J (1987). Chromosome aberrations and sister chromatid exchanges in Chinese hamster ovary cells: evaluations of 108 chemicals. *Environmental and molecular mutagenesis* 10(S10): 1-35.
- Gargas ML, Tyler TR, Sweeney LM, Corley RA, Weitz KK, Mast TJ, Paustenbach DJ, Hays SM (2000). A toxicokinetic study of inhaled ethylene glycol ethyl ether acetate and validation of a physiologically based pharmacokinetic model for rat and human. *Toxicology and applied*

pharmacology 165(1): 63-73.

Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R (1986a). Respiratory uptake and elimination of ethylene glycol monoethyl ether after experimental human exposure. *Occupational and Environmental Medicine* 43(8): 544-549.

Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R (1986b). Urinary excretion of ethoxyacetic acid after experimental human exposure to ethylene glycol monoethyl ether. *Occupational and Environmental Medicine* 43(9): 615-619.

Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R, Van Vlem E (1988). Comparative urinary excretion of ethoxyacetic acid in man and rat after single low doses of ethylene glycol monoethyl ether. *Toxicology letters* 41(1): 57-68.

Guzzie PJ, Slesinski RS, Hengler WC, Tyler TR (1986). Assessment of 2-ethoxyethanol for genotoxicity using a battery of in vitro and in vivo test systems. *Environmental mutagenesis* 8.

Howard PH (1993). *Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals*, Lewis Publishers, Michigan, USA.

Hardin BD, Goad PT, Burg JR (1984). Developmental toxicity of four glycol ethers applied cutaneously to rats. *Environmental Health Perspectives* 57: 69-74.

Hardin BD, Niemeier RW, Smith R J, Kuczuk MH, Mathinos PR, Weaver TF (1982). Teratogenicity of 2-ethoxyethanol by dermal application. *Drug and Chemical Toxicology* 5(3): 277-294.

Hermens J, Canton H, Janssen P, de Jong R (1984). Quantitative structure-activity relationships and toxicity studies of mixtures of chemicals with anaesthetic potency: Acute lethal and sublethal toxicity to *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicol* 5: 143-154.

Hoflack JC, Lambolez L, Elias Z, Vasseur P (1995). Mutagenicity of ethylene glycol ethers and of their metabolites in *Salmonella typhimurium* his<sup>-</sup>. *Mutation Research* 341: 281-287.

- Hüls AG (1982). Fischtest DIN 38 412, Teil 15, Ethylglykol. Unveröffentlichter Bericht der Hüls, A.G. vom 02.02.1982.
- Hüls AG (1987a). Assimilations test nach DIN-Entwurf 38412, Teil 12, Ethylglycol (assimilation inhibition test). Res. rept. N° A 104, 24.12.1987 (unpubl.).
- Hüls AG (1987b). Daphnien test DIN 38412, Teil 11; Ethylglycol. Res. rept. N° D 308, 24.12.1987 (unpubl.).
- Hüls AG (1988a). Algenwachstums-Hemmtest nach UBA (Verfahrensvorschlag Stand Februar 1984), Ethylglycol. Res. rept. N° AW 142, 21.06.1988 (unpubl.).
- Hüls AG (1988b). Verlängerter Toxizitätstest bei Daphnia magna nach UBA (Verfahrensvorschlag Stand Februar 1984), Ethylglycol (daphnia, prolonged toxicity test). Res. rept. N° DL 104, 10.03.1988 (unpubl.).
- Hüls AG (1992). Prüfinstitut für Toxikologie. Prüfung auf Sensibilisierung der Haut von Ethylglykol am Meerschweinchen (Maximierungstest nach Magnusson und Kligman). Abschlussbericht Nr. HS-92/0068 vom 12.11.1992.
- Hüls AG (1995a). Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit von Ethylglykol nach der EG Richtlinie 84/449/EWG C.3. Unveröffentlichter Bericht der Hüls AG vom 01.03.1995.
- Hurt ME and Zenick H (1986). Decreasing Epididymal Sperm Reserves Enhances the Detection of Ethoxyethanol-Induced Spermatotoxicity. *Toxicological Sciences* 7(2): 348-353.
- Jacobs G, Martens M, Mosselmans G (1987). Proposal of limit concentrations for skin irritation within the context of a new EEC Directive on the classification and labelling of preparations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 7: 370-378.
- Johnson EM, Gabel BEG, Larson J (1984). Developmental toxicity and structure/activity correlates of glycols and glycol ethers. *Environmental Health Perspectives* 57: 135-139.

- Jönsson AK, Pedersen J, Steen G (1982). Ethoxyacetic Acid and N-Ethoxyacetyl glycine: Metabolites of Ethoxyethanol (Ethylcellosolve) in Rats. *Acta pharmacologica et toxicologica* 50(5): 358-362.
- Kennedy CH, Bechtold WE, Chang IY, Henderson RF (1993). Effect of dose on the disposition of 2-ethoxyethanol after inhalation by F344/N rats. *Fundamental and Applied Toxicology* 21(4): 486-491.
- Kežić S, Mahieu K, Monster AC, de Wolff FA (1997). Dermal absorption of vaporous and liquid 2-methoxyethanol and 2-ethoxyethanol in volunteers. *Occupational and environmental medicine* 54(1): 38-43.
- Kirk-Othmer (1980). *Encyclopedia of chemical technology*, 3rd ed., vol 11; John Wiley & Sons, Inc. 1980.
- Lamb JC, Gulati DK, Russell VS, Hommel L, Sabharwal PS (1984). Reproductive toxicity of ethylene glycol monoethyl ether tested by continuous breeding of CD-1 mice *Environ. Health Perspect.* 57, 85-90
- Medinsky MA, Singh G, Bechtold WE, Bond JA, Sabourin PJ, Birnbaum LS, Henderson RF (1990). Disposition of three glycol ethers administered in drinking water to male F344N rats. *Toxicology and applied pharmacology* 102(3): 443-455.
- Melnick RL (1984). Toxicities of ethylene glycol and ethylene glycol monoethyl ether in Fischer 344/N rats and B6C3F1 mice. *Environmental Health Perspectives* 57: 147-155.
- Morris HJ, Nelson AA, Calvery HO (1942). Observations on the chronic toxicities of propylene glycol, ethylene glycol, diethylene glycol, ethylene glycol mono-ethyl-ether, and diethylene glycol mono-ethyl-ether. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 74(3): 266-273.
- Nelson BK and Brightwell WS (1984). Behavioural teratology of ethylene glycol monomethyl and monoethyl ethers. *Environ Health Perspect* 57: 43-46.
- NTP (1993). Toxicity studies of ethylene glycol ethers-2 methoxyethanol,

- 2-ethoxyethanol, 2-butoxyethanol administered in drinking water to F344N rats and B6C3F1 mice (No. 26). Technical Report Series.
- Oudiz D, Zenick H (1986). In vivo and in vitro evaluations of spermatotoxicity induced by 2-ethoxyethanol treatment. *Toxicology and applied pharmacology* 84(3): 576-583.
- Pozzani UC, Weil CS, Carpenter CP (1959). The toxicological basis of threshold limit values: 5. The experimental inhalation of vapor mixtures by rats, with notes upon the relationship between single dose inhalation and single dose oral data. *American Industrial Hygiene Association Journal* 20(5): 364-369.
- Price KS, Waggy GT, Conway RA (1974). Brine shrimp bioassay and seawater BOD of petrochemicals. *J. Water Pollut. Control Fed.* 46: 63 -77.
- Römer KG, Balge F, Freundt KJ (1985). Ethanol-induced accumulation of ethylene glycol monoalkyl ethers in rats. *Drug and chemical toxicology* 8(4): 255-264.
- Rose RM, Warne MSJ, Lim RP (1998). Quantitative structure-activity relationships and volume fraction analysis for nonpolar narcotic chemicals to the Australian cladoceran ceriodaphnia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34: 248-252.
- Sabourin PJ, Medinsky MA, Thurmond F, Birnbaum LS, Henderson RF (1992). Effect of dose on the disposition of methoxyethanol, ethoxyethanol, and butoxyethanol administered dermally to male F344N rats. *Fundamental and Applied Toxicology* 19(1): 124-132.
- Schuler RL, Hardin BD, Niemeier RW, Booth G, Hazelden K, Piccirillo V, Smith K (1984). Results of testing fifteen glycol ethers in a short-term in vivo reproductive toxicity assay. *Environmental health perspectives* 57: 141-146.
- Shimizu H, Suzuki Y, Takemura N, Goto S, Matsushita H (1985). The results of microbial mutation test for forty-three industrial chemicals. *Jpn J Health*

27: 400-419.

Smyth Jr HF, Seaton J, Fischer L (1941). The single dose toxicity of some glycols and derivatives. *J Ind Hyg Toxicol* 23: 259-268.

Soehnlein B, Schaller KH, Angerer J (1993). Occupational glycol ether exposure: examinations to the evaluation of a limit value for biological monitoring of 2-ethoxyethanol and 2-ethoxyethyl acetate. *International Conference on Monitoring of Toxic Chemicals and Biomarkers* 1716: 476-481.

Stenger EG, Aeppli L, Müller D, Peheim E, Thomann P (1971). Toxicology of ethyleneglycol-monoethyl ether. *Arzneimittel-Forschung* 21(6): 880.

Ullmann (1978). *Enzyklopädie der technischen Chemie*, 4th ed. Vol. 16; Verlag Chemie Weinheim, 1978.

UNION Carbide (1983): Bushy Run Research Center project report 46-112: cellosolve acetate salmonella/microsome (ames) bacterial mutagenicity assay, 1-8

UNION Carbide (1984a): Bushy Run Research Center project report 47-118: Cellosolve solvent in vitro genotoxicity studies

UNION Carbide (1984b): Bushy Run Research Center project report 47-30: cellosolve solvent in vitro mutagenesis studies: CHO/HGPRT gene mutation test

UNION Carbide (1985): Bushy Run Research Center project report 48-153: cellosolve acetate in vivo mouse micronucleus study, 1-13

Veulemans H, Steeno O, Masschelein R, Groeseneken D (1993). Exposure to ethylene glycol ethers and spermatogenic disorders in man: a case-control study. *Brit J Indust Med* 50: 71-78.

Weil CS and Scala RA (1971). Study of intra- and interlaboratory variability in the results of rabbit eye and skin irritation tests. *Toxicol Appl Pharmacol* 19: 276-360.

Wier PJ, Lewis SC, Traul KA (1987). A comparison of developmental toxicity

evident at term to postnatal growth and survival using ethylene glycol monoethyl ether, ethylene glycol monobutyl ether, and ethanol. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis* 7(1): 55-64.

WHO (2009). Selected alkoxyethanols: 2-Ethoxyethanol and 2-propoxyethanol. Concise International Chemical Assessment Document 67.

Zahn R and Wellens H (1980). PRUEFUNG DER BIOLOGISCHEN ABBAUBARKEIT IM STANDVERSUCH. *Z. Wasser Abwasser Forsch.* 13(1): 1-7.

Zeiger and Haworth (1985): Tests with preincubation modification of the Salmonella/microsome assay, *Progress in Mutation Res* 5: 187-199

Zissu D (1995). Experimental study of cutaneous tolerance to glycol ethers. *Contact Dermatitis* 32(2): 74-77.

通商産業省(1980). 通商産業公報(1980年12月25日), 製品評価技術基盤機構, 化学物質管理情報(<http://www.safe.nite.go.jp>から引用).

環境省 (2003a). 2-エトキシエタノールの藻類(*Selenastrum capricornutum*)に対する生長阻害試験(三菱化学安全科学研究所, 試験番号:A020369-1, 2003年3月31日).

環境省 (2003b). 2-エトキシエタノールのオオミジンコ(*Daphnia magna*)に対する急性遊泳阻害試験(三菱化学安全科学研究所, 試験番号:A020369-2, 2003年4月20日).

環境省 (2003c). 2-エトキシエタノールのオオミジンコ(*Daphnia magna*)に対する繁殖阻害試験(三菱化学安全科学研究所, 試験番号: A020369-3, 2003年7月31日).

環境省 (2003d). 2-エトキシエタノールのヒメダカ(*Oryzias latipes*)に対する急性毒性試験(三菱化学安全科学研究所, 試験番号:A020369-4, 2003年3月31日).

## 부록 (Appendix)

표 1. 2-EE의 물성정보

항목	값
분자량(g/mol)	90.1
녹는점(°C)	-80
옥탄올/물 분배계수	0.372
증기압(Pa)	5.30E+02
증기압 측정온도(°C)	20
물용해도(mg/L)	8.50E+05
물용해도 측정온도(°C)	30
생분해도	readily biodegradable
유기탄소 분배계수(L/kg)	6.3
STP 사용여부	No

표 2. 2-EE의 노출 시나리오에 따른 배출정보

노출 시나리오	Site No.	취급특성			국지적 배출량 (톤/년)		
		계	취급량(톤)	조업일수(일)	대기	수질	토양
ES1	1	59.000	59.000	40	0.024	0.000	0.000
ES2	2	386.400	355.400	250	0.147	0.000	0.000
	3		31.000	26	0.000	0.000	0.000
ES3	4	684.801	0.900	18	0.009	0.018	0.000
	5		16.000	19	0.160	0.320	0.000
	6		0.900	18	0.009	0.018	0.000
	7		26.440	31	0.264	0.529	0.000
	8		8.000	18	0.080	0.160	0.000
	9		4.000	18	0.040	0.080	0.000
	10		4.000	18	0.040	0.080	0.000
	11		2.700	210	0.002	0.000	0.000
	12		2.000	210	0.001	0.000	0.000
	13		2.700	210	0.002	0.000	0.000
	14		23.000	210	0.014	0.000	0.000
	15		0.950	250	0.002	0.000	0.000
	16		8.900	250	0.018	0.000	0.000
	17		1.560	250	0.003	0.000	0.000
	18		8.000	250	0.016	0.000	0.000
	19		4.806	250	0.010	0.000	0.000
	20		18.000	120	0.000	0.000	0.000
	21		1.100	1	0.001	0.000	0.000
	22		1.900	250	0.001	0.000	0.000
	23		30.000	250	0.018	0.000	0.000
	24		37.000	250	0.022	0.000	0.000
	25		1.300	250	0.001	0.000	0.000
	26		1.700	250	0.001	0.000	0.000
	27		4.000	250	0.002	0.000	0.000
	28		3.000	250	0.002	0.000	0.000
	29		1.000	250	0.001	0.000	0.000
	30		12.000	250	0.007	0.000	0.000
	31		2.000	250	0.001	0.000	0.000
	32		0.200	250	0.000	0.000	0.000
	33		6.000	250	0.004	0.000	0.000
	34		2.000	250	0.001	0.000	0.000
	35		18.135	250	0.011	0.000	0.000
	36		9.000	250	0.005	0.000	0.000
	37		5.400	20	0.005	0.108	0.000
	38		10.000	20	0.010	0.200	0.000
	39		15.300	20	0.015	0.306	0.000
	40		40.000	47	0.040	0.800	0.000

표 2. 2-EE의 노출 시나리오에 따른 배출정보(계속)

노출 시나리오	Site No.	취급특성			국지적 배출량 (톤/년)		
		계	취급량(톤)	조업일수(일)	대기	수질	토양
ES3	41	684.801	31.970	37	0.032	0.639	0.000
	42		46.000	54	0.046	0.920	0.000
	43		2.000	20	0.002	0.040	0.000
	44		3.000	20	0.003	0.060	0.000
	45		15.000	20	0.015	0.300	0.000
	46		2.000	20	0.002	0.040	0.000
	47		10.000	20	0.010	0.200	0.000
	48		3.000	20	0.003	0.060	0.000
	49		2.000	20	0.002	0.040	0.000
	50		2.000	20	0.002	0.040	0.000
	51		2.400	20	0.002	0.048	0.000
	52		40.000	47	0.040	0.800	0.000
	53		20.000	24	0.020	0.400	0.000
	54		20.000	24	0.020	0.400	0.000
	55		12.000	20	0.012	0.240	0.000
	56		2.000	20	0.002	0.040	0.000
	57		8.000	20	0.008	0.160	0.000
	58		7.790	100	0.008	0.156	0.000
	59		12.000	20	0.012	0.240	0.000
	60		10.000	250	0.006	0.000	0.000
	61		10.000	260	0.500	4.500	4.500
	62		4.750	90	0.238	0.000	0.000
	63		7.000	100	0.070	0.000	0.000
	64		7.000	100	0.070	0.000	0.000
65	7.000	100	0.070	0.000	0.000		
66	4.000	100	0.040	0.000	0.000		
67	8.000	150	0.008	0.000	0.000		
68	8.000	150	0.008	0.000	0.000		
69	8.000	150	0.008	0.000	0.000		
70	8.000	150	0.008	0.000	0.000		
71	3.000	150	0.003	0.000	0.000		
72	8.000	300	0.003	0.000	0.000		
73	8.000	300	0.003	0.000	0.000		
74	9.000	300	0.004	0.000	0.000		
ES4	75	49.004	1.500	240	0.000	0.000	0.000
	76		16.000	240	0.000	0.000	0.000
	77		13.000	240	0.000	0.000	0.000
	78		1.504	10	0.003	0.000	0.000
	79		4.000	10	0.003	0.000	0.000
	80		13.000	10	0.026	0.000	0.000

## 주요 용어

1. 위해성평가(Risk assessment) : 유해성이 있는 화학물질이 사람과 환경에 노출되는 경우 사람의 건강이나 환경에 미치는 결과를 예측하기 위해 체계적으로 검토하고 평가하는 것을 의미함
2. 유해성확인(Hazard identification) : 화학물질의 특성, 유해성 및 작용기 등에 대한 연구자료를 바탕으로 화학물질이 사람의 건강이나 환경에 좋지 아니한 영향을 미치는 것을 규명하고 그 증거의 확실성을 검증하는 것을 의미함
3. 노출평가(Exposure assessment) : 환경 중 화학물질의 정성 및 정량 분석 자료를 근거로 화학물질이 인체 또는 기타 수용체 내부로 들어오는 노출 수준을 추정하는 것을 의미함
4. 노출계수(Exposure assessment) : 노출평가 시 화학물질의 노출량 결정과 관련된 계수를 의미함
5. 노출경로(Exposure pathway) : 화학물질이 배출원으로부터 사람 또는 환경에 노출될 때까지의 이동 매개체와 그 경로를 의미함
6. 생체지표(Biomarker) : 화학물질의 노출과 관련하여 생체 내에서 측정된 화학물질을 말하거나, 화학물질의 대사체 또는 그 화학물질이 특정 분자나 세포와 작용하여 생성된 화학물질을 의미함
7. 노출량-반응 평가(Dose-response assessment) : 화학물질의 노출수준과 이에 따른 사람 및 환경에 미치는 영향과의 상관성을 규명하는 것을 의미함
8. 생물농축(Bioconcentration) : 생물의 조직 내 화학물질의 농도가 환경매체 내에서의 농도에 비해 상대적으로 증가하는 것을 말하며, 그 농도비로 표시한 것을 생물농축계수라 함
9. 생물확장(Biomagnification) : 화학물질이 생태계의 먹이 연쇄를 통해 그 물질의 농도가 포식자로 갈수록 증가하는 것을 의미함
10. 평가계수(Assessment Factor) : 화학물질 독성에 대한 동물실험 결과를 인체 외삽하거나 민감 대상까지 적용하기 위한 임의적 보정의 값을 의미함

11. 독성참고치(Reference Dose, RfD) : 식품 및 환경매체 등을 통하여 화학물질이 인체에 유입되었을 경우 유해한 영향이 나타나지 않는다고 판단되는 노출량을 의미함. 내용일일섭취량(TDI: Tolerable Daily Intake), 일일섭취허용량(ADI: Acceptable Daily Intake), 잠정주간섭취허용량(PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake) 또는 흡입독성참고치(RfC: Reference Concentration) 값도 충분한 검토를 거쳐 RfD와 동일한 개념으로 사용함
12. 무영향수준(Drived No Effect Levels, DNEL) : 화학물질이 인체에 일정기준 이상 노출되어서는 안 되는 수준을 의미함
13. 예측무영향농도(Predicted No Effect Concentration, PNEC) : 인간 이외의 생태계에 서식하는 생물에게 유해한 영향이 나타나지 않는다고 예측되는 환경 중 농도를 의미함
14. 예측환경농도(Predicted Environment Concentration, PEC) : 예측모델에 의해 추정된 환경 중 화학물질의 농도를 의미함
15. 반수영향농도(Effective Concentration 50%, EC<sub>50</sub>) : 일정 시험기간 동안 통계적으로 시험생물 수의 50%가 독성영향을 받는 농도를 의미함
16. 반수치사농도(Lethal Concentration 50%, LC<sub>50</sub>) : 일정 시험기간 동안 통계적으로 시험생물 수의 50%가 죽는 수용액상의 시험물질 농도를 의미함
17. 무영향관찰용량/농도(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL/ No Observed Adverse Effect Concentration, NOAEC) : 만성독성 등 노출량-반응시험에서 노출집단과 적절한 무처리 집단 간 악영향의 빈도나 심각성이 통계적으로 또는 생물학적으로 유의한 차이가 없는 노출량 혹은 노출농도를 의미함. 다만, 이러한 노출량에서 어떤 영향이 일어날 수도 있으나 특정 악영향과 직접적으로 관련성이 없으면 악영향으로 간주되지 않음
18. 최소영향관찰용량/농도(Lowest Observed Adverse Effect Level, LOAEL / Lowest Observed Adverse Effect Concentration, LOAEC) : 노출량-반응시험에서 노출집단과 적절한 무처리 집단 간 악영향의 빈도나 심각성이 통계적으로 또는 생물학적으로 유의성 있는 증가를 보이는 노출량 중 처음으로 관찰되기 시작하는 가장 최소 노출량을 의미함

19. 유해지수(Hazard quotient, HQ) : 화학물질의 위해도를 표현하기 위해 인체 노출량을 RfD로 나누거나 PEC을 PNEC으로 나눈 수치를 의미함
20. QSAR(Qualitative or Quantitative Structure-Activity Relationship) : 유해성 시험을 하지 않고도 물질의 분자 또는 분자 구조의 연관성을 비교하여 유해성을 예측하기 위해 개발된 프로그램을 의미함
21. Read-across : 유해성 자료 등 정보가 있는 물질과 대상 물질을 비교하여 유해성을 도출하는 방법을 의미함