

등록화학물질 위해성평가(안)

2-에톡시에틸아세테이트 (2-Ethoxyethyl Acetate)

CAS No. 111-15-9

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 노출 저감 대책 수립이 필요하다.

이를 위해, 우리나라에서는 2015년부터 유럽연합의 신화학물질관리제도(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, 노출 가능성을 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 주로 활용하였다. 보고서 작성을 위해 화학물질등록 시 기업체에서 제출한 위해성자료(Chemical Safety Report, CSR)와 국내·외 논문 및 국외 보고서의 연구 결과를 참고하였다. 본 보고서에 기술된 연구 결과 중 평가대상물질을 직접 제조하거나 이를 활용하여 다른 화학물질을 합성하는 과정에서 발생할 수 있는 작업자 노출은 모델만을 적용한 보수적인 예측 결과이므로 작업환경 내 실제 노출환경과는 다를 수 있음을 미리 밝혀 둔다.

국립환경과학원에서는 본 보고서(안)과 관련하여 앞으로 새로운 사용 용도가 추가되거나 평가에 영향을 미치는 신뢰성이 높은 신규 자료가 있으면 평가내용을 정기적으로 수정해 나갈 계획이다. 따라서 불가피하게 관련 내용을 인용하고자 하는 경우에는 미리 국립환경과학원 위해성평가연구과에 연락하여 협의해 주시기를 당부 드리는 바이다.

〈목 차〉

1장. 일반물질정보	1
1절. 화학물질의 식별정보	1
2절. 순도, 불순물 등	1
3절. 물리화학적 특성	2
4절. 분류	3
1. 물리적 위험성	3
2. 환경 유해성	3
3. 인체건강 유해성	3
2장. 노출평가를 위한 일반 정보	4
1절. 제조 (생산)	4
2절. 사용 (용도)	5
3절. 배출 및 폐기	10
4절. 관리법규	11
1. 국내 규제현황	11
2. 국외 규제현황	12
3장. 인체위해성평가	13
1절. 유해성 확인	13
1. 독성동태, 대사 및 분포	13
2. 급성독성	18
3. 자극성/부식성	21
4. 과민성	22

5. 반복투여독성	23
6. 생식 및 발달독성	25
7. 신경독성	27
8. 유전독성 (변이원성)	28
9. 면역독성	29
10. 발암성	29
11. 역학연구	29
2절. 노출량-반응 평가	30
1. 독성참고치	30
2. 발암잠재력	32
3절. 인체노출평가	33
1. 작업자 노출	33
2. 소비자 노출	40
3. 일반인(환경을 통한 간접 노출)	41
4절. 인체위해도 결정	43
1. 작업자	43
2. 소비자	44
3. 일반인 (환경을 통한 간접노출)	44
4장. 생태위해성평가	46
1절. 생태영향평가	46
1. 수생태계	46
2. 육상생태계	52
3. 생물축적성	52

2절. 예측무영향농도(PNEC) 산정	53
1. 담수	53
2. 저질	54
3. 토양	54
3절. 환경노출평가	55
1. 환경거동	55
2. 환경매체농도	58
4절. 생태위해도 결정	60
5장. 종합결론	61
1절. 인체위해성평가 결과	61
1. 작업자	61
2. 소비자	61
3. 일반인(환경을 통한 간접노출)	61
2절. 생태위해성평가 결과	62
1. 담수	62
2. 토양	62
3. 저질	62
3절. 위해저감방안	64
6장. 참고문헌	65

〈표 목차〉

표 1-1. 2-EEA의 식별정보	1
표 1-2. 2-EEA의 물리화학적 특성	2
표 1-3. 2-EEA의 물리적 위험성	3
표 1-4. 2-EEA의 인체건강 유해성	3
표 2-1. 2-EEA의 제조·수입 현황	4
표 2-2. 2-EEA의 용도별 현황(2016)	7
표 2-3. 2-EEA의 업종별 현황(2016)	8
표 2-4. 2-EEA의 배출량 및 이동량	10
표 2-5. 2-EEA의 국내 규제현황	11
표 2-6. 2-EEA의 국외 규제현황	12
표 3-1. 2-EEA의 급성독성	20
표 3-2. 2-EEA의 반복투여독성	24
표 3-3. 2-EEA의 생식 및 발달독성	27
표 3-4. 2-EEA의 경구 독성참고치의 산출	30
표 3-5. 2-EEA의 경피 독성참고치의 산출	31
표 3-6. 2-EEA의 흡입 독성참고치의 산출	32
표 3-7. 2-EEA의 경로별 독성참고치	32
표 3-8. 2-EEA 사용 작업환경 노출 시나리오	34
표 3-9. 우레탄 방수 작업 중 2-EEA의 전문 작업자 흡입 노출농도	39
표 3-10. 우레탄 방수용 도료 제품 내 2-EEA 함유량 분석결과	40
표 3-11. 전국 규모 대기 중 2-EEA의 예측환경농도(PEC)	41

표 3-12. 국지적 규모 대기 중 2-EEA의 예측환경농도(PEC)	42
표 3-13. 주요지점 현장 대기측정농도	42
표 3-14. 작업자에 대한 2-EEA의 위해도	43
표 3-15. 우레탄 방수 작업 중 2-EEA의 전문 작업자 흡입 유해지수	44
표 3-16. 공기 호흡으로 인한 위해도	45
표 4-1. 2-EEA의 조류생장저해 시험 결과	47
표 4-2. 2-EEA의 수서무척추동물 독성시험 결과	49
표 4-3. 2-EEA의 어류독성시험 결과	51
표 4-4. 2-EEA의 물농축성 시험결과	52
표 4-5. 2-EEA의 수생환경에 대한 독성자료 요약	53
표 4-6. 저질환경에 대한 예측무영향농도	54
표 4-7. 토양환경에 대한 예측무영향농도	54
표 4-8. 2-EEA의 환경 중 분포	56
표 4-9. 2-EEA의 생분해성 시험결과 요약	57
표 4-10. 전국 규모의 예측환경농도	58
표 4-11. 국지적 규모의 예측환경농도	58
표 4-12. 2-EEA의 수질 모니터링 분석 결과	59
표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 전국 규모 생태위해도	60
표 4-14. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도	60
표 5-1. 위해성평가 결과 종합	63

<그림 목차>

그림 2-1. 2-EEA의 용도 현황	5
그림 2-2. 2-EEA의 연도별 국내 취급량 현황	9
그림 3-1. 2-EEA의 대사패턴	16
그림 3-2. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업 환경 예측 농도(보호구 미착용) ..	37
그림 3-3. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업 환경 예측 농도(보호구 착용)	38

<부 록>

표 1. 2-EEA의 물성정보	72
표 2. 2-EEA의 노출 시나리오에 따른 배출정보	73

위해성평가 종합결론

- 화학물질명 : 2-에톡시에틸아세테이트(2-Ethoxyethyl Acetate)
- CAS 번호 : 111-15-9
- KE 번호 : KE-13668
- IUPAC 명 : 2-Ethoxyethyl Acetate

- 인체위해성평가 결과

평가대상	결 론	결과 요약
작업자	추가 정보 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 모델을 활용한 평가 결과, 흡입노출에 대한 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가됨. • 모델을 활용한 평가 결과, 일부 공정에서 경피 노출량이 유해지수 1을 초과 하였으므로, 작업 시 개인보호구 착용, 배기조건 개선, 작업시간 축소 등을 권장하며, 피부 노출과 관련한 추가 자료 생산을 통한 재평가 필요함. • 2-EEA가 포함된 우레탄 방수도료를 사용하는 전문작업자의 경우, 흡입을 통한 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.
소비자	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> • 우레탄 방수도료 제품을 사용하는 소비자의 경우 전문 작업자에 비해 노출 빈도가 적고 제품 사용 시간이 상대적으로 짧아, 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가됨.
일반인 (환경을 통한 간접노출)	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> • 모델 및 현장 모니터링을 통해 공기 중 2-EEA의 농도를 평가한 결과, 공기 호흡을 통한 위해우려 가능성은 낮은 것으로 평가됨.

● 생태위해성평가 결과

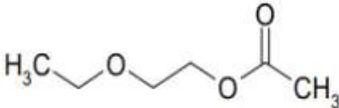
평가 대상		결 론	결과 요약
수생태계	담수생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> 모델 및 현장 모니터링을 통해 담수 내 2-EEA의 농도를 평가한 결과 모두 위해우려 가능성이 낮은 것으로 확인됨.
	저서생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> 모델을 통해 저질 내 2-EEA의 농도를 평가한 결과 위해우려 가능성이 낮은 것으로 확인됨.
육상생태계	토양생물	현시점에서 추가 위해저감 조치 필요하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> 모델을 통해 토양 내 2-EEA의 농도를 평가한 결과 위해우려 가능성이 낮은 것으로 확인됨.

1장. 일반물질정보

1절. 화학물질의 식별정보

2-에톡시에틸아세테이트(이하 2-EEA)와 관련된 일반물질 정보는 아래의 표 1-1과 같다.

표 1-1. 2-EEA의 식별정보

화학물질명	2-Ethoxyethyl acetate
IUPAC명	2-Ethoxyethyl acetate
CAS No.	111-15-9
KE No.	KE-13668
분자식	C ₆ H ₁₂ O ₃
분자량	132.1 g/mol
구조식	
동의어	2-Ethoxyethyl acetate; Ethylene glycol monoethyl ether acetate; Cellosolve acetate; Oxitol acetate; Ethoxyethyl acetate; Oxytol acetate; 1-Acetoxy-2-ethoxyethane; Ethylglycol acetate; Ethyl cellosolve acetate;

2절. 순도, 불순물 등

화학물질 등록을 위해 제출한 자료에 따르면, 2-EEA의 순도는 99 % 이상이며, 불순물로 확인된 물질은 없다. 다만, 국외 보고서에서는 2-EEA의 순도

는 99 % 이상이며, 불순물로서 0.5 % 미만의 ethyleneglycol diacetate 또는 2-ethoxyethanol, 0.1 % 미만의 2-ethoxyethanolformate나 수분, 0.05 % 미만의 ethyleneglycol monoacetate 등이 포함될 수 있는 것으로 기술하고 있다 (EC, 2008).

3절. 물리화학적 특성

2-EEA의 물리화학적 특성은 표 1-2와 같다.

표 1-2. 2-EEA의 물리화학적 특성

특성	특성	비고
외관	표준온도 및 압력에서 무색의 액체	EC, 2008
녹는점/어는점	< -62 °C	Kirk-Othmer, 1980
끓는점	156 °C	Kirk-Othmer, 1980
밀도	0.9730 g/cm ³ (20 °C)	Kirk-Othmer, 1980
증기압	270 Pa (20 °C)	Kirk-Othmer, 1980
물 용해도	229 g/L (20 °C)	Kirk-Othmer, 1980
옥탄올-물 분배계수	log Kow 0.24	Huls, 1989
점도	-	-
입도분석	-	-
해리상수	-	-
인화성	Flash point: 51 °C (closed cup)	Chemsafe, 1996
폭발성	폭발성 아님 (분자 내 폭발성과 관련 있는 화학그룹이 없는 물질)	Chemsafe, 1996
산화성	산화성 아님 (분자 내 산화성과 관련 있는 화학그룹이 없는 물질)	Chemsafe, 1996

4절. 분류

1. 물리적 위험성

2-EEA의 물리적 위험성은 표 1-3과 같다.

표 1-3. 2-EEA의 물리적 위험성

유해성 항목	구분	특성	비고
인화성	구분 3	인화점 51 °C	Chemsafe, 1996

2. 환경 유해성

해당물질은 환경 유해성 물질로 분류되지 않는다.

3. 인체건강 유해성

2-EEA와 관련된 인체건강 유해성은 표 1-4와 같다.

표 1-4. 2-EEA의 인체건강 유해성

유해성 항목	구분	구분근거	비고
급성독성(흡입)	4	4h-LC ₅₀ : 11.7 mg/L	NICNAS, 2018
생식독성	1B	- 반복투여독성(마우스) NOAEL = 500 mg/kg bw/day 증상: 용량에 비례하여 고환 무게 감소 및 고환 위축 - 최기형성(랫드) NOAEC < 130 ppm 증상: 태아 체중 감소 및 심장 기형, 골격 변형	Nagano et al. 1979 cited in US EPA, 2010 Nelson et al., 1984

2장. 노출평가를 위한 일반 정보

1절. 제조 (생산)

2-EEA는 주로 용제로 사용되며, glycol ethers 그룹에 속하는 물질이다. 2-EEA는 2-Ethoxyethanol(2-EE), 산 무수물(acid anhydride) 또는 염소이온(chloride) 및 산 촉매를 사용하는 표준 에스테르화(esterification) 기술에 의해 제조된다. 2-EE의 제조 공정은 에탄올과 에틸렌옥사이드(ethylene oxide)의 반응을 포함하고 있다(Kirk-Othmer, 1980). 유럽연합에서는 1996년 이후 2-EEA의 생산을 중단하여 현재 제조되지 않는 것으로 보고되었다(EC, 2008).

2018년 국내 화학물질 등록을 위해 제출된 자료에 따르면 2-EEA는 국내에서도 제조되지 않으며 전량 수입하여 사용하는 것으로 나타났다.

화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률 시행으로 2018년 기준 국내에 등록된 2-EEA의 제조·수입량은 2,355 톤이며, 전량 수입하는 것으로 확인되었다(표 2-1).

표 2-1. 2-EEA의 제조·수입 현황

(단위 : 톤/년)

물질명	제조	수입	합계	비고
2-EEA	-	2,355	2,355	'18년 업체등록자료

2절. 사용 (용도)

2-EEA는 주로 화학 산업의 니트로셀룰로오스와 수지의 용제 및 산업용 페인트, 라카(lacquers), 바니쉬의 혼합제, 식물 및 가죽 처리제로 사용되는 것으로 알려져 있으며, 화학 산업에서 중간체로도 사용되는 것으로 보고되고 있다. 2018년 기준으로 국내에 등록된 자료에 따르면 수입된 2-EEA의 98%는 용제로, 2%는 점도 조절제로 사용하는 것으로 나타났다(그림 2-1). 2-EEA의 하위사용자에 대한 조사 결과, 선박 및 자동차용 도료의 용제, 산업용 잉크, 에폭시 수지 제조, 방수 바닥제, 산업용 접착제로 사용되는 것으로 확인되었다.

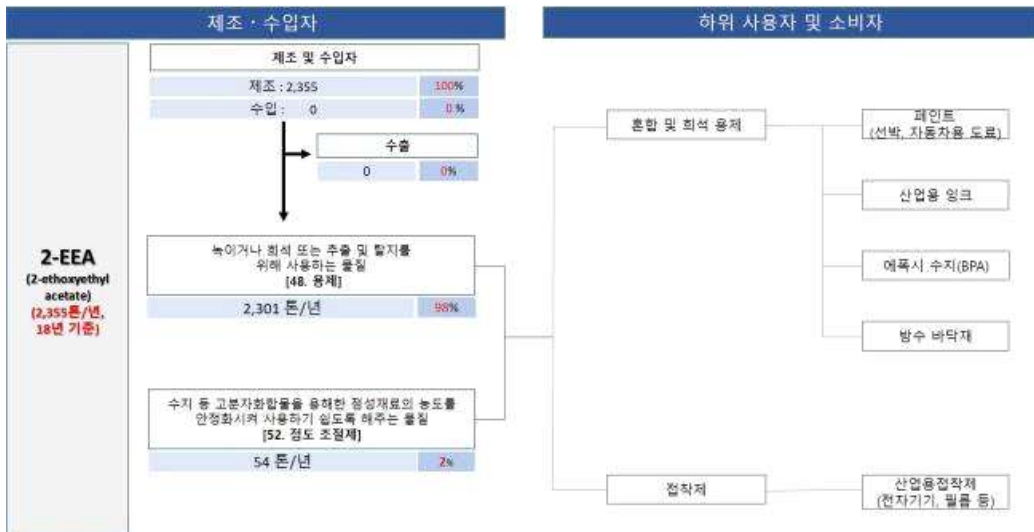


그림 2-1. 2-EEA의 용도 현황

유럽의 경우, 과거 2-EEA가 개인용 페인트, 금속 표면 처리, 건축, 목재 및 가구 산업과 같은 광범위한 응용 분야에 사용된 것으로 조사되었으나, 최근의 용도 정보는 확인되지 않는다. 2-EEA는 1996년 유럽 내에서 생산이 중단되었으며, 2002년에 마지막으로 수입되어 현재는 제조 또는 수입되지 않는다(EC, 2008). International Uniform Chemical Information Database(IUCLID) 자료에 따르면 1996년 유럽에서 세척 및 세정제, 소독제 및 용제에 2-EEA가

사용되는 것으로 나타났으며, 1990년 International Programme on Chemical Safety(IPCS)의 Environmental Health Criteria(EHC) 자료에서는 2-EEA가 염료용 용제로써 페인트, 라카(lacquers), 식품 접촉 플라스틱, 수지 용제, 표면 코팅 및 실크 스크린 인쇄용 잉크 등 다양한 제품에 사용되는 것으로 확인되었다.

Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals (1994)의 자료에 따르면, 2-EEA는 냄새가 적은 cyanoacrylate 접착제에 사용되는 2-ethoxyethyl cyanoacrylate 제조 과정에서 중간체 용도로 사용된다. 2-ethoxyethyl cyanoacrylate는 2-ethoxyacetic acid, cyanogen chloride, formaldehyde를 이용하여 제조된다(EC, 2008).

1998년 Oxygenated Solvents Producers Association (OSPA)에서 2-EEA를 포함한 글리콜 에테르 용제(glycol ether solvents)의 최종 사용 용도를 모니터링하였으며, 유통업체 및 사용업체에서는 2-EEA가 소비자 제품, 가정용품, 화장품 및 노출이 관리되지 않는 기타 용도에 사용되지 않도록 하였다.

European Council of the Paint, Printing Ink and Artists' Colours Industry (CEPE)에서는 인쇄 잉크 및 관련 제품에 대한 금지 목록(Exclusion List)을 만들었으며, 2-EEA도 이 목록에 포함되어 인쇄 잉크 및 프린터 관련 제품에 대한 원재료로의 사용이 금지되었다. 이 목록은 인쇄 잉크 및 관련 제품의 생산 및 마케팅에 있어 건강 및 안전 문제를 기반으로 하고 있다.

2016년 국내 화학물질통계조사 자료에 따르면 2-EEA를 취급하는 사업체에서 용제, 접착제 및 결합제, 중간체 등 총 18 가지의 용도로 사용하는 것으로 확인되었다(표 2-2).

표 2-2. 2-EEA의 용도별 현황(2016)

용도	제조	수입	구매	사용	판매	수출
[1]흡수 및 흡착제 (Absorbents and Adsorbents)	0	0	5	5	0	0
[2]접착제/결합제 (Adhesive, Binding agents)	454	2	493	486	518	0
[9]세정 및 세척제 (Cleaning/ Washing agents)	0	0	13	13	0	0
[10]착색제 (Colouring agents)	0	0	66	63	1	1
[11]착화(錯化)제 (Complexing agents)	0	0	2	2	0	0
[13]건축용 물질 및 첨가제 (Construction materials additives)	46	0	122	122	68	2
[14]부식방지제 (Corrosion inhibitors)	0	6	28	34	12	0
[17]전기도금제 (Electroplating agents)	0	0	1	0	0	1
[20]충진제(Fillers)	0	0	58	69	0	0
[30]유압유 및 첨가제 (Hydraulic fluids and additives)	0	0	1	1	0	0
[32]절연제 (Insulating materials)	0	2	2	3	2	0
[33]중간체(Intermediates)	0	0	535	440	101	0
[42]사진현상재료 등 광화학물 (Photochemicals)	0	0	0	0	2	0
[48]용제(Solvents)	0	2,363	4,225	2,100	4,383	52
[50]계면활성제/표면활성제 (Surface-active agents)	0	0	34	34	0	0
[51]탄닌제(Tanning agents)	0	0	15	15	0	0
[52]점도조정제 (Viscosity adjusters)	0	0	1	1	2	0
[55]기타(Others)	194	183	1,550	1,209	1,495	135
총 합계	694	2,556	7,153	4,599	6,584	191

2-EEA는 화학물질 및 화학제품 제조업, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업, 창고 및 운송관련 서비스업, 1차 금속 제조업 등에서 주로 사용되며(표 2-3), 2-EEA 취급사업장 수는 1998년 62개 업체에서 2016년 785개 업체로 증가하였다. 수입량은 1998년 92,080 톤에서 2016년 2,556 톤으로 매우 감소하였으며, 국내 사용량도 104,653 톤에서 4,599 톤으로 크게 감소되었다(그림 2-2).

표 2-3. 2-EEA의 업종별 현황(2016)

업종	제조	수입	구매	사용	판매	수출
1차 금속 제조업	0	0	312	311	0	0
가구 제조업	0	0	19	19	0	0
가죽, 가방 및 신발 제조업	0	0	15	15	0	0
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	0	0	36	34	1	0
금속 광업	0	0	2	2	0	0
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	0	0	172	172	0	0
기타 기계 및 장비 제조업	0	0	25	25	2	0
기타 운송장비 제조업	0	0	1	1	0	0
기타 제품 제조업	0	0	3	3	0	0
도매 및 상품중개업	0	1,898	310	7	2,138	36
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	0	0	3	3	0	0
비금속 광물제품 제조업	0	0	2	1	0	0
비금속광물 광업; 연료용 제외	0	0	130	1	128	0
섬유제품 제조업; 의복제외	0	0	1	0	0	0
수리업	0	0	94	54	0	0
인쇄 및 기록매체 복제업	0	0	7	7	0	0

업종	제조	수입	구매	사용	판매	수출
자동차 및 트레일러 제조업	0	0	58	54	0	0
전기장비 제조업	0	0	2	2	0	0
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	0	472	868	885	472	0
창고 및 운송관련 서비스업	0	183	2,222	414	1,792	27
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	0	0	18	18	4	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	0	0	15	15	0	0
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	694	2	2,838	2,556	2,047	128
총 합계	694	2,556	7,153	4,599	6,584	191

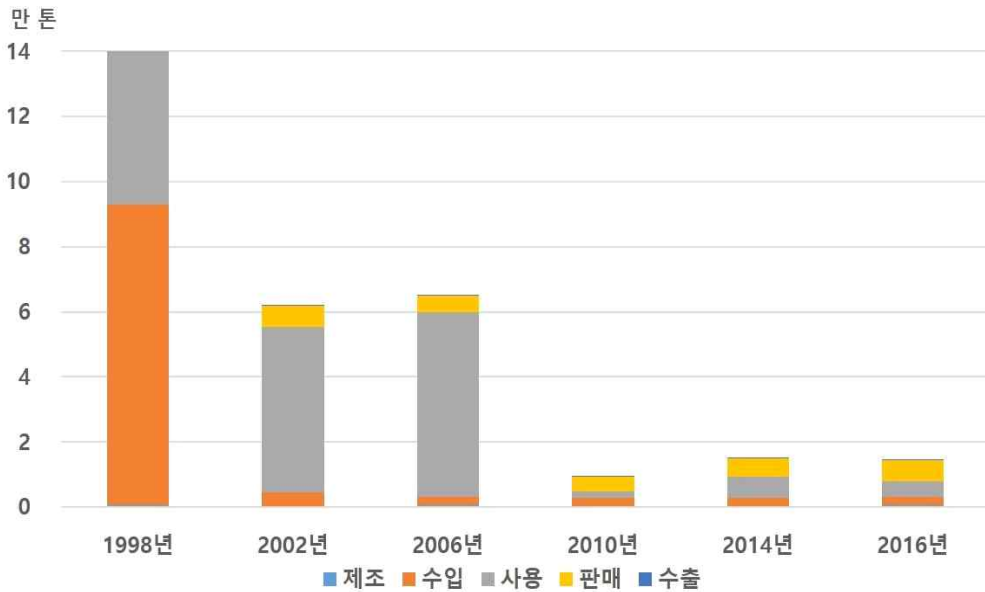


그림 2-2. 2-EEA의 연도별 국내 취급량 현황

3절. 배출 및 폐기

화학물질 등록자료 및 국내 화학물질 배출·이동량 통계조사 결과에 따르면, 2-EEA는 소비자 용도로 사용되지 않으므로 소비자 이용으로 인한 일반 폐기는 없으며, 지정폐기물로 취급되어 산업적인 폐기만 이루어진다. 용제로 사용된 2-EEA는 폐기물 위탁처리업체로 이동된 후 소각된다. 2-EEA의 연간 배출량 및 이동량은 표 2-4와 같다.

표 2-4. 2-EEA의 배출량 및 이동량

년도	배출 업체수	배출량 (kg/년)			이동량 (kg/년)		
		대기	수계	소계	폐수	폐기물	소계
2008	53	123,533	0	123,533	5,593	152,576	158,170
2009	44	81,713	0	81,713	313	114,808	115,121
2010	42	55,660	0	55,660	18	117,985	118,004
2011	42	62,915	0	62,915	19	70,726	70,746
2012	42	65,065	0	65,065	59	57,416	57,475
2013	38	63,233	0	63,233	67	63,570	63,637
2014	34	32,620	0	32,620	68	59,893	59,961
2015	28	20,897	0	20,897	98	40,619	40,717
2016	30	15,226	0	15,226	77	37,958	38,034
2017	29	21,040	0	21,040	86	37,077	37,163
2018	27	14,781	0	14,781	66	44,893	44,958

4절. 관리법규

1. 국내 규제현황

2-EEA는 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률에서 유독물질로 지정되어 있으며, 산업안전보건법상 작업환경측정대상물질, 관리대상유해물질, 특수건강진단대상물질, 특별관리물질, 노출기준설정물질 등으로 지정되어 현행법상 해당 물질에 대한 위해성을 관리받고 있다(표 2-5).

표 2-5. 2-EEA의 국내 규제현황

부처	법률	구분	주요내용
환경부	화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률	중점관리물질	<ul style="list-style-type: none"> 중점관리물질의 지정 - CMR 물질
		유독물질 [2020-1-984]	<ul style="list-style-type: none"> 유독물질의 지정고시 - 아세트산 2-에톡시에틸(Ethylene glycol monoethyl ether acetate; 2-Ethoxyethyl acetate; 111-15-9) 및 이를 0.3% 이상 함유한 혼합물
	화학물질관리법	유해화학물질	
	폐기물관리법	지정폐기물	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물관리법 시행령 제3조 - 폐유독물질
	환경기술 및 환경산업 지원법	환경표지대상제품 사용금지물질	<ul style="list-style-type: none"> 환경표지대상제품 및 인증기준 - 팔기구용 잉크 및 수정액 등 사용금지 구성성분
고용노동부	산업안전보건법	관리대상유해물질 및 특별관리물질	<ul style="list-style-type: none"> 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제72조 - 사업장에 밀폐설비나 국소 배기장치 설치
		작업환경측정대상 유해인자	<ul style="list-style-type: none"> 산업안전보건법 시행규칙 제186조제1항 - 정기적으로 작업환경 측정 실시
		특수건강진단대상 유해인자	<ul style="list-style-type: none"> 산업안전보건법 시행규칙 제201조 - 정기적으로 근로자 특수건강진단 실시
		노출기준설정물질	<ul style="list-style-type: none"> 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준 - 작업장 내 노출기준 준수 시간가중평균노출기준(TWA): 5 ppm
식약처	화장품법	화장품에 사용할 수 없는 원료	<ul style="list-style-type: none"> 화장품 안전기준 등에 관한 규정
소방청	위험물 안전관리법	4류 제2석유류 (비수용성)	<ul style="list-style-type: none"> 위험물안전관리법 시행령 제2조 및 제3조 - 지정수량: 1000 L

2. 국외 규제현황

2-EEA는 유럽, 미국, 캐나다, ASEAN 등의 국가에서 규제를 받고 있다(표 2-6). EU REACH에서는 본 평가물질을 SVHC(Substance of Very High Concern) 후보물질로 규제하고 있으며, 유럽 노출기준 제정 위원회(European Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, SCOEL)은 2-EEA에 대한 시간가중평균노출기준을 2 ppm으로 권고하고 있다(NICNAS, 2018).

미국 EPA에서는 Toxic Substance Control Act 하에 해당 물질을 Significant New Use Rule(SNUR) 대상물질로 선정하였다. SNUR 물질로 선정된 경우, 허가된 용도 외에 신규사용 목적으로 제조 또는 수입 시 90일 전 사전 신고를 마쳐야 한다. 미국 산업안전보건청(OSHA), 산업보건연구원(NIOSH), 산업위생전문가협의회(ACGIH)에서는 2-EEA에 대한 작업환경노출기준을 마련하였다. OSHA의 경우 시간가중평균노출기준 TWA 100 ppm, NIOSH에서는 TWA 0.5 ppm, ACGIH에서는 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-EEA의 국외 규제현황

구 분	주요내용
유럽	<ul style="list-style-type: none"> - SVHC 후보물질 - 작업환경 노출기준(8hr-TWA): 2 ppm - 1996년 유럽 내 생산이 중단되었으며, 2002년 수입도 중단되어 현재 유럽에서 생산 또는 수입되지 않음
미국	<ul style="list-style-type: none"> - SNUR(Final Significant New Use Rule) 대상물질로서 허가(등록)된 용도 외에 신규사용 목적으로 제조 또는 수입시 90일 전 사전 신고 - 작업환경 노출기준 NIOSH(TWA 0.5 ppm), ACGIH(TWA 5 ppm), OSHA(TWA 100 ppm)

3장. 인체위해성평가

1절. 유해성 확인

1. 독성동태, 대사 및 분포

가. 흡수

인체

인체 복부 표피가 장착된 유리 확산 셀 챔버에 수용액을 사용하여 측정된 *in vitro* 피부투과 연구에서 2-EE와 2-EEA의 투과속도는 모두 0.80 mg/cm²/h로 일치하였고 이때 두 물질의 투과계수는 각각 8.4 cm/h×10⁴, 8.1 cm/h×10⁴로 유사하였다(Dugard et al., 1984). 동일한 조건에서 수용액으로 생리식염수를 사용했을 때 2-EEA의 흡수속도와 투과계수는 1.41 mg/cm²/h와 1.45 cm/h로 측정되었다(Barber et al., 1992). 이와 같은 결과는 2-EEA의 피부흡수 가능성을 나타낸다.

인체에서의 흡입 노출 연구를 위해 운동상태와 휴식상태의 조건에서 2-EEA를 노출하였다. 30 또는 60 W 상당의 자전거 에르고미터 운동조건에서 공기 중 28 mg/m³의 2-EEA에 노출되었고 휴식 조건에서는 14, 28, 50 mg/m³(2.6, 5.1, 9.1 mL/m³)의 2-EEA에 노출되었다. 폐 환기율을 토대로 운동 조건 하의 2-EEA의 흡수율은 약 70%, 휴식 조건 하의 흡수율은 53-62%로 추정되었고 이를 통해 흡수량과 노출 농도가 비례함을 알 수 있었다(Groeseneken et al., 1987a).

공기 중 평균 2.8 mL/m³의 2-EE와 2.7 mL/m³의 2-EEA에 노출된 페인트 제조 종사자 12명을 대상으로 뇨 중 2-Ethoxyacetic acid의 배설량 측정을 통한 노출패턴 연구가 수행되었다. 그 결과 개별 작업자에게서 포집된 공기 중 2-EEA 및 2-EE의 농도와 뇨 중 2-Ethoxyacetic acid의 농도는 유의적인 상관성을 나타내지 않았으며, 문헌의 저자들은 이러한 현상의 원인으로 에틸렌글리콜류의 피부를 통한 흡수 가능성을 제시하고 있다. 이를 토대로 공기 중 에틸렌글리콜류의 대부분은 호흡이 아닌 피부를 통해 흡수됨을 추정할 수 있다(Angerer et al. 1990).

이처럼 2-EEA의 주요 노출경로와 이에 따른 노출량이 다소 차이가 있다는 연구결과가 보고되어 있다. 요약하면, 호흡기를 통한 노출을 평가하기 위한 통제된 실험조건 하에서는 공기 중 2-EEA의 농도와 2-Ethoxyacetic acid의 뇨 배설량 간 상관관계가 관찰되었지만 복수의 경로를 통한 노출이 가능한 산업현장에서는 이전의 연구에서 관찰되었던 상관관계가 성립되지 않았다. 또한 산업현장에서 수행된 추적연구에서 공기 중 2-EEA의 농도에 비해 작업자의 뇨를 통한 2-Ethoxyacetic acid의 배설량이 호흡기 노출연구에 비해 크게 증가한 것으로 평가되었다. 이와 같은 현상과 작업환경을 근거로 Angerer et al. (1990)은 피부를 통한 2-EEA의 노출 가능성을 제시하였다. 다만 2-Ethylethoxy acetate의 노출 후 소변을 통해 배설되는 2-Ethoxyacetic acid의 반감기는 24시간 정도로, 글리콜류의 배출에 소요되는 시간이 상당히 긴 것을 고려하면 두 연구 모두 충분한 배설 동태를 규명하지 못했을 가능성이 존재한다. 특히, 통제된 노출환경이 아닌 작업환경에서의 노출을 평가한 Angerer et al. (1990) 연구의 경우 과거의 노출에 의해 체내에 누적된 글리콜류의 배설이 반영되었을 수 있다.

종합하면, 2-EEA는 호흡기와 피부를 통한 노출이 모두 가능할 것으로 판단된다. 다만, 노출경로에 따른 내적 노출량과 노출환경에 대한 영향은 추후 검토가 필요하다.

동물

랫드의 피부에 2-EEA 원액을 8시간 동안 노출한 결과 2.47 mm/h의 투과계수와 2.41 mg/cm²/h의 투과속도가 확인되었다(Barber et al., 1992). 비글 사체에서 박리된 흉부 피부에 방사성동위원소로 표지된 ¹⁴C-2-EEA 0.3 mL을 노출한 결과, 노출 시작 직후 투과까지 1.6시간의 지연시간이 관찰되었으며 총 7시간의 결과를 통해 흡수속도가 측정되었다. 측정된 경피 흡수속도는 279.7 nmol/cm²/min (2.22 mg/cm²/h)이었다(Guest et al., 1984). 개의 흉부 피부에 40 μCi의 방사성동위원소로 표지된 2-EEA 15 mL이 포함된 흡수셀을 이용하여 30분, 60분 간 경피 노출 시킨 결과 각각 219.3 nmol/cm²/min (1.74 mg/cm²/h), 109.6 nmol/cm²/min (0.87 mg/cm²/h)의 경피흡수속도가 측정

되었다. 동일한 연구에서 2-EEA를 10분 간 흡입시킨 경우, 호기량의 약 68%가 흡수되는 것으로 산출되었다(Guest et al., 1984).

나. 분포

2-EEA의 조직분포 연구는 구체적으로 보고된 바 없다. 2-EEA는 체내 흡수과정에서 신속하게 2-EE로 대사되므로 2-EEA는 조직으로 분포되지 않는다. 인체에서 2-EE의 분포연구는 현재까지 보고된 바 없으며, 동물에서의 조직분포 연구는 제한적인 수준에서 보고되어 있다. 모체로부터 태자로의 분포를 규명하기 위해 2-EE를 임신한 SD랫드에 흡입 노출한 후 수행된 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

2-EEA가 인체와 동물에 노출되는 경우, 점막의 carboxylesterase와 혈장 중의 esterase에 의해 신속하게 2-EE로 대사되는 것으로 보고되어 있다(Guest et al., 1984; Stott and McKenna, 1985; Groeseneken et al., 1987a, 1987b). 이후 2-EE는 alcohol dehydrogenase를 통해 중간체인 2-Ethoxyacetaldehyde로 산화됨과 동시에 aldehyde dehydrogenases를 통해 주요 활성 대사물인 2-Ethoxyacetic acid로 빠르게 변환된다. 설치류의 경우 2-Ethoxyacetic acid가 glycine과 포함되거나 산소 탈알킬화반응이 일어날 수 있으며, 일부는 이산화탄소로 대사될 수 있다. 현재까지 밝혀진 2-EE의 대사경로는 그림 3-1과 같다(WHO, 2009).

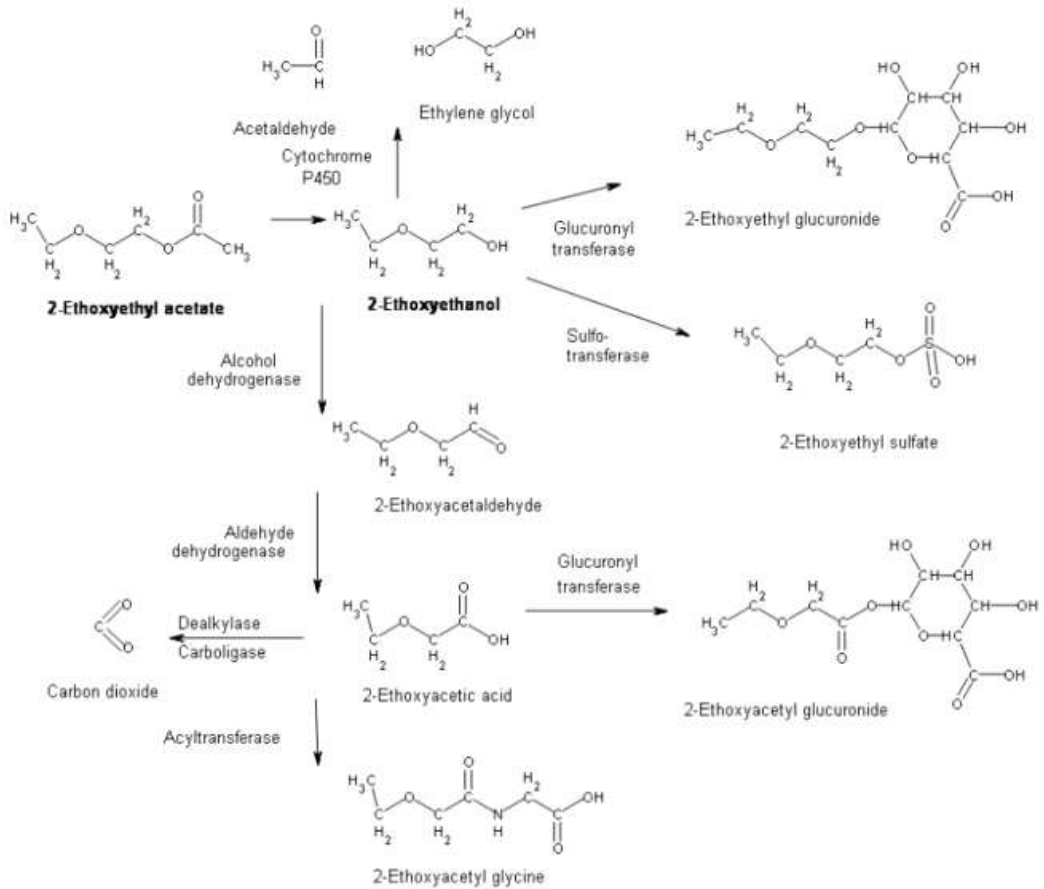


그림 3-1. 2-EEA의 대사패턴

인체

인체에서 2-EEA는 체내 esterase에 의해 신속하게 2-EE로 대사된다. 이후 2-EE는 산화대사를 거쳐 2-Ethoxyacetic acid로 변환되고 이 대사체가 주로 뇨를 통해 배설되는 것으로 보고되었다(Groeseneken et al., 1987a; 1988).

동물

비글과 랫드에서도 2-EEA는 체내 esterase에 의해 신속하게 2-EE로 대사된다. 이후 2-EE는 alcohol dehydrogenase에 의해 2-Ethoxyacetic acid로 전환되고 마이크로솜에서 산화 대사되어 ethylene glycol로 대사된다. 또한

2-Ethoxyacetic acid 일부는 glycine과 포함체를 이루어 배설된다. 또한 생성된 2-Ethoxyacetic acid와 Ethylene glycol은 이산화탄소로 대사되어 호기로 배출되며, 주 대사체인 2-Ethoxyacetic acid와 Ethylene glycol, Ethylene glycol glycine 포함체는 뇨를 통해 배설된다(Groeseneken et al., 1988). 설치류에서 2-Ethoxyacetic acid는 glycine에 포함되는 2상 대사를 거치지만 이 과정은 인체에서는 보고된 바 없다(Keneddy et al., 1993).

라. 배출

인체

인체에서의 2-EEA의 흡입 노출 연구를 위해 운동상태와 휴식상태의 조건에서 2-EEA에 노출된 결과 대사되지 않고 호기를 통해 배출된 2-EEA의 양은 총 흡수량의 0.5% 미만이었다. 노출되는 동안 호기를 통해 배설된 2-EE의 양은 2-EEA의 노출 농도에 비례했다. 이러한 결과들을 통해 휴식 조건에서 2-EEA의 가수분해를 통해 생성된 2-EE의 반감기는 8-11분으로 산출되었다(Groeseneken et al., 1987a). 인체에 노출된 2-EEA는 뇨중 2-Ethoxyacetic acid의 형태로 배설 되었으며, 노출되는 2-EE의 몰수와 배설되는 2-Ethoxyacetic acid의 몰수가 동일하였다(Groeseneken et al., 1986a, 1986b, 1987b).

인체에서 2-EEA에 4시간의 호흡 노출이 완료된 이후 3-4시간이 경과한 시점에 2-Ethoxyacetic acid의 뇨를 통한 배설속도는 최대로 측정되었다. 이후 배설속도는 감소하다가 다시 증가하여 첫 번째 최대배설속도 도달시점의 약 3시간 이후 두 번째 최대배설속도에 도달한 후 약 23.6시간의 반감기를 나타내며 배설되었다. 2-Ethoxyacetic acid의 뇨 배설속도가 감소한 후 다시 증가하는 현상은 운동 중 2-EEA에 노출되는 경우에 관찰되었으며, 모화합물 혹은 대사체의 특정 조직으로의 분포 후 재분배로 인한 현상으로 추정되지만 원인 규명을 위한 추가적인 연구는 현재까지 보고된 바 없다. 동일한 연구에서, 체내로 흡수된 2-EEA의 22.2 %가 2-Ethoxyacetic acid 형태로 뇨를 통해 배설되었다. 이는 2-EE에 노출되었을 경우 2-Ethoxyacetic acid로서의 배설률과 동등한 수준이며, 이를 통해 인체에 노출된 2-EEA는 전량 2-EE로

대사됨을 추정할 수 있다(Groeseneken et al., 1987b).

동물

비글에 방사성 동위원소로 표지된 ^{14}C -2-EEA를 정맥, 경피, 흡입으로 각각 노출 시키고 독성동태를 확인하는 연구가 수행되었다(Guest et al., 1984). 2-EEA 1 mg/kg bw을 정맥투여한 후 4시간 내에 투여량의 20 %, 24시간 내에 61 %에 해당하는 방사능량이 뇨를 통해 배설되었으며, 이산화탄소 혹은 그 외 휘발성 물질로서의 배설량은 매우 미미한 수준이었다. 흡수셀을 통해 2-EEA를 경피노출 시키는 경우, 뇨를 통한 배설패턴은 정맥투여 시와 유사하게 관찰되었다. 호흡을 통한 노출의 경우, 노출 직후 호기 중 2-EEA의 농도는 빠른 속도로 감소하였다. 이는 호흡을 통한 2-EEA의 빠른 소실을 의미한다.

2. 급성독성

가. 경구

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 급성 경구독성 자료는 확인되지 않았다.

동물

Truhaut et al. (1979)는 2-EEA를 위관투여한 수컷과 암컷 랫드에서 각각 3,900, 2,900 mg/kg bw의 LD_{50} 을 보고하였다. 그러나 노출농도와 노출에 따른 사망 개체수 등 구체적인 정보는 기술되어 있지 않았다. 랫드와 기니피그를 이용한 Smyth et al. (1941)의 연구에서 2-EEA의 LD_{50} 은 각각 5,100 mg/kg bw, 1,910 mg/kg bw로 보고되었다.

나. 경피

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 급성 경피독성 자료는 확인되지 않았다.

동물

Truhaut et al. (1979)는 Draize test를 변형한 시험법(Dutertre-Catella et al., 1978)을 이용하여 토끼를 이용한 급성 경피독성 시험을 시행하였고 10,500 mg/kg bw의 LD₅₀과 독성 증상을 보고하였다. 2-EEA의 노출농도는 19,500, 24,350, 29,250, 48,750 mg/kg bw이었다. 24시간 동안 노출시킨 후 혈뇨, 적혈구 감소와 같은 임상 징후와 섬유아세포 염증성 변화 등 조직학적 변화를 관찰하였으나, 노출에 따른 사망 개체수에 대한 정보는 기술되어 있지 않았다. 현재까지 2-EEA의 급성 경피독성값은 10,300 mg/kg bw에서 18,800 mg/kg bw의 범위에 있는 것으로 보고되고 있다(Carpenter, 1947; NIOSH, 2014)

다. 흡입

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 급성 흡입독성 자료는 확인되지 않았다.

동물

NICNAS (2018)은 Shell Chemical의 연구결과를 인용하여 랫드에서의 8h-LC₅₀을 8,250 mg/m³으로 보고하였다. 이를 4시간에 해당하는 LC₅₀으로 환산하면 11,667 mg/m³로 환산된다.

Truhaut et al. (1979)은 랫드와 토끼를 이용하여 급성 흡입독성 시험을 시행하였다. 2,000 ppm의 증기를 4시간 동안 노출한 후 2주간 독성 영향을 관찰한 결과, 토끼에서 약간의 혈뇨가 관찰되었으나 회복되었다. 랫드에서의 독성 반응은 나타나지 않았다.

표 3-1. 2-EEA의 급성독성

노출경로	주요 영향 농도	노출기간	노출농도	시험방법	비고
경구	LD ₅₀ (rat) = 3,900 mg/kg bw (수컷) LD ₅₀ (rat) = 2,900 mg/kg bw (암컷)	단회	-	-	Truhaut et al., 1979
	LD ₅₀ (rat) = 5,100 mg/kg bw (수컷) LD ₅₀ (guinea pig) = 1,910 mg/kg bw	단회	-	-	Smyth et al. (1941) cited in Johnson et al., 2002
경피	LD ₅₀ (rabbit) = 10,500 mg/kg bw	단회	19,500, 24,350, 29,250, 48,750 mg/kg bw	-	Truhaut et al., 1979
	LD ₅₀ (rabbit) = 10,300 mg/kg bw LD ₅₀ (guinea pig) = 18,800 mg/kg bw	-	-	-	Carpenter (1947) cited in NIOSH, 2014
흡입	LC ₅₀ (rat) = 8,250 mg/m ³	8시간	-	-	Shell Chemical Co. (Undated) cited in NICNAS, 2018
	LC ₀ (rat) = 2,000 ppm LC ₀ (rabbit) = 2,000 ppm	4시간	2,000 ppm	-	Truhaut et al., 1979

3. 자극성/부식성

가. 피부 자극성/부식성

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 피부 자극성/부식성 자료는 확인되지 않았다.

동물

Zissu (1995)는 EEC 시험법과 Draize test에 따라 토끼에서 2-EEA의 피부 자극성을 평가하였다. EEC에 따른 시험에서는 3마리, Draize test에서는 6마리의 토끼를 사용하였다. 피부 노출은 EEC 시험법에서 4시간, Draize test에서 24시간이었다. 2-EEA는 EEC의 시험규정에 따라서는 피부 자극성이 없는 물질로 분류되었으나, Draize test의 판정 규정에 따랐을 때의 자극성지수 (Primary Irritation Index, PII)는 1.9로 약한 피부 자극성 물질로 분류되었다. Zissu (1995)는 작업장에서의 인체 노출시나리오를 고려하면 Draize test에서의 24시간 경피 노출이 현실적이지 않다는 점을 들어, EEC 시험법에 의한 결과를 더욱 신뢰하였다. 해당 자료를 토대로 2-EEA는 피부 자극성이 거의 없는 것으로 나타났다.

Truhaut et al. (1979)의 토끼를 이용한 피부 자극성 시험에서 2-EEA 노출 24시간 후 6마리 토끼 중 2마리에서 경미한 홍반이 발생했으나 72시간 후에는 완전히 회복되었다. 2-EEA에 의한 주요 피부 자극 지수를 0.08로 보고하였고, 피부 자극성이 없다고 제시하였다.

나. 눈 자극성/부식성

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 눈 자극성/부식성 자료는 확인되지 않았다.

동물

Kennah et al. (1989)는 2-EEA의 눈 자극성을 Draize test를 통해 평가하였다. 100 % 시험물질에 의한 Draize score는 15로 DeSousa et al. (1984)의 분류에 따라 자극성이 없는 물질로 분류 되었다. 해당 분류에서는 Draize score 0~15를 자극성 없음, > 15~25를 약한 자극성으로 분류하고 있으며, 15는 그 경계선에 있어 매우 약한 수준의 자극성을 보일 것으로 나타났다. 2-EEA에 대한 구체적인 시험 정보는 확인할 수 없었다.

Truhaut et al. (1979)의 토끼를 이용한 눈 자극성 시험에서도 2-EEA는 자극성이 없는 것으로 나타났다.

4. 과민성

가. 피부 과민성

인체

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

동물

2-EEA의 피부 과민성 영향은 국내 GLP 기관에서 Guinea pig Maximization Test를 통해 평가되었다(KCL, 2018a). 암컷 guinea pig 30마리에 유도노출 및 유발노출 후 24시간, 48시간째 각각 일반 증상 및 피부반응 정도를 관찰하였다. 일반적인 독성증상 및 과민성 반응은 모두 나타나지 않았다.

Zissu (1995)는 30마리의 guinea pig를 대상으로 Magnusson 및 Kligman의 Guinea Pig Maximization Test를 수행하였고, 2-EEA의 피부 과민성을 음성으로 보고했다.

나. 호흡기 과민성

현재까지 2-EEA의 호흡기 과민성 자료는 확인할 수 없었다.

5. 반복투여독성

가. 경구

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 경구 반복투여독성 자료는 확인되지 않았다.

동물

2-EEA의 반복투여독성 영향은 국내 GLP 기관에서 평가되었다(KCL, 2018b). 암컷 및 수컷 랫드를 이용하여 100, 300, 1,000 mg/kg bw/day의 용량으로 28일 동안 매일 경구투여 하였으며 14일의 회복 기간을 두었다. 혈액학/혈액생화학적 검사결과, 백혈구, 림프구, 적혈구, 헤모글로빈, 헤마토크릿, 혈소판 등의 수치 감소와 망상적혈구, 담즙산의 수치 증가가 관찰되었으나 회복기간 동안 회복되었다. 장기중량 측정결과, 수컷 1,000 mg/kg bw/day 투여군의 양측 고환 및 부고환 중량과 암컷 및 수컷 1,000 mg/kg bw/day 투여군의 흉선 중량이 감소하였다. 회복군에서 흉선 중량은 회복된 반면, 고환 및 부고환의 중량은 회복되지 않았다. 수컷 1,000 mg/kg bw/day 노출군 및 회복군에서 양측 고환의 위축 및 변성이 확인되었다. 암컷 및 수컷 1,000 mg/kg bw/day 노출군에서 흉선 위축 소견이 관찰되었으나, 이는 회복하는 경향을 나타냈다. 결국, 1,000 mg/kg bw/day 투여 수컷에서 고환 위축 및 변성이 확인되어 수컷의 NOAEL을 300 mg/kg bw/day, 암컷의 NOAEL을 1,000 mg/kg bw/day로 결정하였다.

Nagano et al. (1979)은 500, 1,000, 2,000, 4,000 mg/kg bw/day의 2-EEA를 주 5일, 5주간 노출한 마우스에서 고환 위축 및 백혈구 감소 등의 독성영향을 근거로 500 mg/kg bw/day의 NOAEL을 결정하였다. 1주 7일 투여로 환산할 경우 357 mg/kg bw/day에 해당하였다. 원자료 등 구체적인 시험정보가 부족하나 EPA 보고서에서는 해당 결과를 통해 독성참고치를 산출하였다(US EPA, 2010).

나. 경피

현재까지 2-EEA의 경피 반복투여독성 자료는 확인되지 않았다.

다. 흡입

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 흡입 반복투여독성 자료는 확인되지 않았다.

동물

Truhaut et al. (1979)는 아만성 흡입노출 시험을 통해 200 ppm의 LOAEC을 제시하였다. 10개월 동안 흡입노출한 랫드와 토끼에서 간의 중량변화, 혈뇨, 혈류학적, 혈액학적 변화는 관찰되지 않았으며, 신장 상피세포의 변성만 관찰되었다. 이 결과는 단일농도(200 ppm)에서의 시험결과로 용량 의존성을 확인하기에는 불충분하였다.

표 3-2. 2-EEA의 반복투여독성

노출경로	노출농도	노출기간	노출농도	시험방법	비고
경구	NOAEL(rat) = 300 mg/kg bw/day(수컷) NOAEL(rat) = 1,000 mg/kg bw/day(암컷)	28일	100, 300, 1,000 mg/kg bw/day	-	KCL, 2018b
	NOAEL(mouse) = 500 mg/kg bw/day(수컷)	5주	500, 1,000, 2,000, 4,000 mg/kg bw/day	-	Nagano et al. (1979) cited in US EPA, 2010
흡입	LOAEC(rat) = 200 ppm	10개월	200 ppm	-	Truhaut et al., 1979
	LOAEC(rabbit) = 200 ppm	10개월	200 ppm	-	

6. 생식 및 발달독성

가. 생식독성

인체

2-EEA 평균 0.51 ppm (0.15~3.03 ppm), 8시간 TWA 2.8 mg/m³ (0.8~16.65 mg/m³)에 노출된 52명의 LCD 공장의 여성 근로자 및 노출되지 않은 55명의 근로자를 대상으로 월경주기의 지속 시간, 생리 기간 또는 양에 대해 연구한 결과, 2-EEA 노출에 따른 영향은 관찰되지 않았다(Chia et al., 1997).

동물

Nagano et al. (1979)의 연구에서는 수컷 마우스를 대상으로 500, 1,000, 2,000, 4,000 mg/kg bw/day의 농도로 각각 5마리씩 2-EEA를 5일/주, 5주간 경구 투여한 후 백혈구 및 적혈구 수, 고환의 무게와 조직병리학적 변화 등을 관찰하였다. 대조군과 비교하여 1,000 mg/kg bw/day 이상의 농도에서는 투여 용량에 비례하여 고환의 무게가 감소하는 것으로 나타났으며, 2,000 mg/kg bw/day 이상에서는 백혈구의 수가, 4,000 mg/kg bw/day에서는 헤마토크릿이 통계적으로 유의하게 감소되는 것으로 확인되었다. 이러한 연구 결과는 2-EEA가 생식독성 물질인 것을 의미하며, 2-EEA에 대한 NOAEL을 500 mg/kg bw/day로 결정하였다.

나. 발달독성 (최기형성)

인체

현재까지 인체에 대한 2-EEA의 발달독성(최기형성) 자료는 확인되지 않았다.

동물

Nelson et al. (1984)은 2-EEA 증기를 임신 7-15일이 경과 된 랫드에 0, 130, 390, 600 ppm 농도로 7시간/일 전신 흡입노출 하였다. OECD TG 414

시험방법과 유사한 방법으로 수행되었으며, 시험물질의 챔버 내 농도는 IR과 가스크로마토그래피를 통해 확인하였다. 130 ppm 이상의 농도에서 배자 흡수, 성장지연, 내장기형 등이 확인되었으며, 이를 근거로 NOAEC는 < 130 ppm으로 결정되었다.

Tyl et al. (1988)은 2-EEA 증기 (0, 50, 100, 200, 300 ppm)를 랫드와 토끼에 임신 6-15일 동안 6시간/일 전신 흡입노출 하였다. 랫드와 토끼의 태자 모두 100 ppm 이상의 농도 노출군에서 내장 변이가 발생하였으며, 랫드의 경우 50 ppm 이상 농도 노출군에서는 골화 감소가 확인되었다. 50 ppm 노출군에서 다른 태자 독성은 나타나지 않았으므로 저자는 랫드의 발달독성에 대한 NOAEL 값을 50 ppm으로 결정하였으나, EPA (2010)는 골화 감소 또한 발달 지연의 주요 지표라 할 수 있으므로 해당 연구에서 랫드의 LOAEL 값을 50 ppm으로, 토끼의 NOAEL 값을 50 ppm으로 보고하였다.

Imperial Chemical Industries (1983a)에서는 100, 200, 450 ppm의 2-EEA 증기를 발생시켜 임신 6-18일이 경과 된 8마리의 토끼에 각각 6시간/일 노출시켰다. 챔버 내 실제 농도는 111, 224, 420 ppm으로 분석되었으며, 450 ppm의 농도에 노출된 토끼에서 자궁 내 태자사망률이 증가하고 태자 체중이 유의적으로 감소하는 등 발달독성이 관찰되었다. 또 다른 실험(Imperial Chemical Industries, 1983b; Doe, 1984)에서는 25, 100, 400 ppm의 2-EEA 증기를 발생시켜 임신 6-18일이 경과 된 8마리의 토끼에 각각 6시간/일 노출시켰다. 챔버 내 실제 농도는 25, 99, 412 ppm으로 분석되었다. 100 ppm 이상의 농도에서 태자의 골격 결손 및 이상이 발생하였으며, NOAEC를 25 ppm으로 결정하였다. 모체에 대한 NOAEC는 100 ppm이었다.

표 3-3. 2-EEA의 생식 및 발달독성

노출 경로	노출농도	노출기간	노출농도	시험 방법	비고
경구	NOAEL(mouse) = 500 mg/kg bw/day(수컷)	5일/주, 5주	500, 1,000, 2,000, 4,000 mg/kg bw/day	-	Nagano et al. (1979) cited in US EPA, 2010
흡입	LOAEC(rat) = 130 ppm (암컷)	7시간/일, 임신 7~15일	0, 130, 390, 600 ppm	-	Nelson et al., 1984
	NOAEC(rabbit) = 50 ppm (암컷)	6시간/일, 임신 6~18일	50, 100, 200, 300 ppm	-	Tyl et al., 1988
	NOAEC(rat) = 50 ppm (암컷)	6시간/일, 임신 6~15일	50, 100, 200, 300 ppm	-	
	NOAEC(rabbit) = 224 ppm (암컷)	6시간/일, 임신 6~18일	111, 224, 420 ppm	-	Imperial Chemical Industries (1983a) cited in Johnson, 2002
	NOAEC(rabbit) = 25 ppm (암컷)	6시간/일, 임신 6~18일	25, 99, 412 ppm	-	Imperial Chemical Industries (1983b) cited in Johnson, 2002 Doe, 1984

7. 신경독성

현재까지 2-EEA에 대한 신경독성 자료는 확인되지 않았다.

8. 유전독성 (변이원성)

2-EEA에 대한 시험관 내(*in vitro*) 및 생체 내(*in vivo*) 시험 결과에서는 2-EEA의 유전독성이 음성인 것으로 확인되었다.

가. 시험관 내(*in vitro*) 시험

2-EEA의 시험관 내 변이원성은 OECD TG 471에 따라 국내 GLP 기관에서 평가되었다(KCL, 2017a). 살모넬라 균주 4종과 대장균주 1종에 대해 2-EEA를 각각 0.062, 0.185, 0.556, 1.667, 5 μ g/plate 농도로 처리한 결과, 대사활성계 유무와 관계없이 모든 균주에서 음성대조군과 비교하여 양성으로 판단할 만한 복귀집락 수의 증가가 관찰되지 않았으며, 복귀돌연변이를 유발하지 않는 것으로 판단하였다. 또한 Slesinski et al. (1988)는 *Salmonella typhimurium* TA98, TA100, TA102, TA104, TA1535, TA1537, TA1538을 이용하여 수행한 Ames 시험에서 2-EEA가 유전적 변이를 유발하지 않았으며, Chinese hamster ovary(CHO) 세포를 이용한 자매염색분체교환(sister chromatid exchange) 결과도 음성으로 나타났다고 보고하였다. 다만, CHO 세포에 대한 염색체 이상시험(clastogenicity test)에서는 대사활성 유무에 따라 양성 또는 약한 양성인 것으로 확인되었다.

나. 생체 내(*in vivo*) 시험

2-EEA의 생체 내 유전독성은 OECD TG 474에 따라 국내 GLP 기관에서 평가되었다(KCL, 2017b). 약 8주령의 수컷 마우스에 2-EEA를 각각 500, 1,000, 2,000 mg/kg bw의 농도로 경구투여 하였고, 투여 후 18~24시간에 골수세포를 채취하여 소핵유발빈도와 세포독성을 평가하였다. 개체 당 약 4,000개의 다염성적혈구에서의 소핵형성 비율을 확인한 결과 대조군과 노출군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 세포독성의 지표인 500개의 적혈구 중 다염성적혈구의 비율도 대조군과 노출군 간의 유의적 차이가 확인되지 않아, 골수세포의 증식억제는 없는 것으로 판단되었다.

또한, Sohnlein et al. (1993)의 연구에서는 2-EEA가 포함된 glycol ether

혼합물을 취급하는 도료(vernish) 생산 작업자를 대상으로 자매염색분체교환 및 소핵형성을 평가하였다. 도료 생산 작업자의 경우, 0.55~20.34 mg/m³의 2-EEA에 노출되는 것으로 확인되었으며, 연령과 흡연 습관을 고려하여 15명의 대조군과 비교하였을 때, 도료 생산 작업자 총 19명에게서 자매염색분체교환 및 소핵형성이 증가하지 않는 것으로 확인되었다.

9. 면역독성

현재까지 2-EEA에 대한 면역독성 자료는 확인되지 않았다.

10. 발암성

현재까지 2-EEA에 대한 발암성 자료는 확인되지 않았다.

11. 역학연구

2-EEA가 포함된 도료를 사용하는 조선소 남성 근로자 집단으로부터 혈액학적 파라미터에 미치는 2-EEA의 영향을 조사하였다(Kim et al., 1999). 노출된 근로자는 근무 장소에 따라 고농도 노출군(n=27) 또는 저농도 노출군(n=30)으로 구분하였으며, 사무실 근무자로 구성된 대조군(n=41)과 비교하였다. 고농도 노출군에서 평균 8시간 TWA 수준의 2-EEA 노출 농도(TLV-TWA 5 ppm (27 mg/m³))는 3.03 ppm (16.65 mg/m³), 최대 18.27 ppm (100.4 mg/m³)이었으며, 저농도 노출군에서는 1.76 ppm (9.6 mg/m³), 최대 8.12 ppm (44.6 mg/m³)이었다. 노출군에서 백혈구와 과립구의 농도는 감소하였고, 고농도 노출군에서는 평균혈구용적이 증가하였다. 그러나 두 노출군의 근로자들은 다른 용매(톨루엔, 크실렌, 메틸 이소부틸 케톤)에도 고농도 수준으로 노출되었기 때문에 결과의 신뢰도에 대한 검토가 필요하다.

2절. 노출량-반응 평가

1. 독성참고치

2-EEA에 대해 수집된 유해성 자료에 대해 노출 경로별 시험기간, 독성값, 신뢰도, 보수성 등을 검토하였으며, 최종 용량-반응 자료로 KCL (2018b)의 연구를 선정하였다. 암컷 및 수컷 랫드를 이용하여 100, 300, 1,000 mg/kg의 용량으로 28일 동안 매일 경구투여 하였으며, 14일의 회복기간을 두었다. 그 결과, 고환 및 부고환의 중량이 감소하고 고환의 위축 및 변성이 확인되었다. 수컷에서 더 민감한 독성 반응이 관찰되어 300 mg/kg/day의 NOAEL을 최종 용량-반응 자료로 선정하였다.

경구 독성참고치를 산출하기 위해 최종 선정한 용량기술자 NOAEL 300 mg/kg/day를 적절한 시작점으로 보정하였다. 생체이용률은 랫드와 인간 모두 흡수율 50 %로 보수적으로 적용하였다($300 \text{ mg/kg/day} \times 50 \% / 50 \% = 300 \text{ mg/kg/day}$). 불확실성 계수를 일반인 600(중간 10(2.5×4), 종내 10(일반인), 노출기간 6(아급성-만성))을 적용하여 일반인의 경구 독성참고치 0.500 mg/kg/day을 산출하였다(표 3-4).

표 3-4. 2-EEA의 경구 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아급성 28일, NOAEL		300	mg/kg/day
시작점 보정	생체이용률 (랫드의 경구 흡수율 50%/인간의 경구 흡수율 50%)		300	mg/kg/day
평가계수 적용	일반인	중간(2.5x4), 종내(10), 노출기간(6)	0.500	mg/kg/day
	작업자	-		

경피 독성참고치를 산출하기 위해 최종 선정한 용량기술자 NOAEL 300 mg/kg/day를 적절한 시작점으로 보정하였다. 명확한 경피흡수율 자료가 없으므로 경구흡수율과 동일하게 적용하였다($300 \text{ mg/kg/day} \times 50 \% / 50 \% = 300$

mg/kg/day). 불확실성 계수는 일반인 600(종간 10(2.5×4), 종내 10(일반인), 노출기간 6(아급성-만성)), 작업자 300(종간 10(2.5×4), 종내 5(작업자), 노출기간 6(아급성-만성))을 적용하여 경피 독성참고치로 일반인 0.500 mg/kg/day, 작업자 1.000 mg/kg/day를 산출하였다(표 3-5).

표 3-5. 2-EEA의 경피 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아급성 28일, NOAEL		300	mg/kg/day
시작점 보정	생체이용률 (랫드의 경구 흡수율 50 %/인간의 경피 흡수율 50 %)		300	mg/kg/day
평가계수 적용	일반인	종간(2.5x4), 종내(10), 노출기간(6)	0.500	mg/kg/day
	작업자	종간(2.5x4), 종내(5), 노출기간(6)	1.000	

2-EEA에 대한 경구독성 NOAEL 300 mg/kg을 독성종말점으로 하여 흡입 독성에 대한 독성참고치를 산출하였다. 랫드에 대한 경구흡수율은 50 %, 인간의 흡입에 의한 생체이용률은 100 %로 보수적으로 설정하였고, 랫드와 인간의 호흡량을 보정하였다(일반인: $300 \text{ mg/kg/day} \times 50 \% / 100 \% \times 1/1.15 \text{ m}^3/\text{kg}=130.4 \text{ mg/m}^3$). 불확실성 계수는 일반인 150(종간 2.5(남아있는 불확실성), 종내 10(일반인), 노출기간 6(아급성-만성))을 적용하여 흡입 독성참고치로 일반인 0.870 mg/m³를 산출하였다(표 3-6).

표 3-6. 2-EEA의 흡입 독성참고치의 산출

구분	내용		값	
독성 종말점	아급성 28일, NOAEL		300	mg/kg/day
시작점 보정	생체이용률 (랫드의 경구 흡수율 50 %/인간의 흡입 생체이용률 100 %) 호흡량(1.15 m ³ /kg) 보정		130.4	mg/m ³
평가계수 적용	일반인	중간(2.5), 종내(10), 노출기간(6)	0.869	mg/m ³
	작업자	-	-	

표 3-7은 2-EEA의 위해도 산정을 위해 노출대상 및 경로별 최종 선정된 독성참고치를 나타낸다. 작업자의 흡입 독성참고치의 경우 우리나라 고용노동부에서 고시하고 있는 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」(고용노동부 고시 제2020-48호)에 따라 27.5 mg/m³(5 ppm)으로 선정하였다.

표 3-7. 2-EEA의 경로별 독성참고치

노출대상	경구 (mg/kg-d)	경피 (mg/kg-d)	흡입 (mg/m ³)	비 고
일반인	0.500	0.500	0.869	
작업자	-	1.000	27.5*	* 국내 작업환경노출기준

* 고용노동부고시 제2020-48호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 8 hr-TWA

2. 발암잠재력

2-EEA는 발암성을 판단하기에는 활용 가능한 근거자료가 부족함에 따라, 현재 국제기관 International Agency for Research on Cancer(IARC), National Toxicology Program(NTP), US EPA에서 모두 발암성 등급과 관련된 정보를 확인할 수 없었다.

3절. 인체노출평가

1. 작업자 노출

가. 제조 작업자

모델을 이용한 노출량 예측

2-EEA 제조 및 수입 사업장을 대상으로 ECETOC TRA 모델을 이용하여 작업환경에서의 작업자 노출 농도(흡입 및 경피)를 예측하였다. 작업환경에서의 노출 농도를 산출하기 위하여 2-EEA 등록을 위해 제출된 화학물질안전성보고서(CSR) 상 작업환경 시나리오 조건을 사용하였다. 2-EEA의 취급 용도 및 공정 범주에 따라 총 21개의 노출 시나리오로 구분하였으며, 각각의 시나리오에 대해 표 3-8과 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 0.00331~231 mg/m³로, 경피 노출 농도는 0.0206~64.3 mg/kg/day로 예측되었다. 반면, 2-EEA 취급 사업장에서 제시한 저감방안에 따라 개인 보호구를 착용하였을 때, 그림 3-3과 같이 경로별 노출량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이때, 작업자의 만성 흡입 노출농도는 0.000166~11.6 mg/m³, 만성 경피 노출농도는 0.00206~6.43 mg/kg/day로 예측되었다.

표 3-8. 2-EEA 사용 작업환경 노출 시나리오

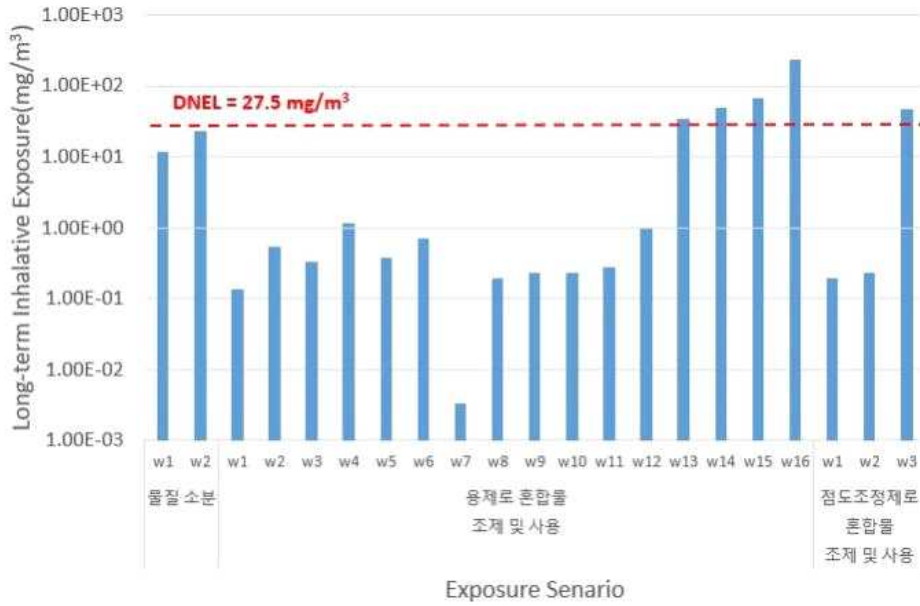
용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
물질소분	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	1~4시간	실외	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	비고정형 저장용기에 저장 또는 저장용기로부터 이송, 운반	PROC 8a	액체	1~4시간	실외	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
용제로 혼합물 조제 및 사용	고정형 저장시설에 저장 또는 저장시설로부터 이송, 운반	PROC 8b	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	5~25%	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	15분~1시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	밀폐된 회분 공정	PROC 3	액체	15분미만	실외	No	5~25%	장갑 APF 20

표 3-8. 2-EEA 사용 작업환경 노출 시나리오 (계속)

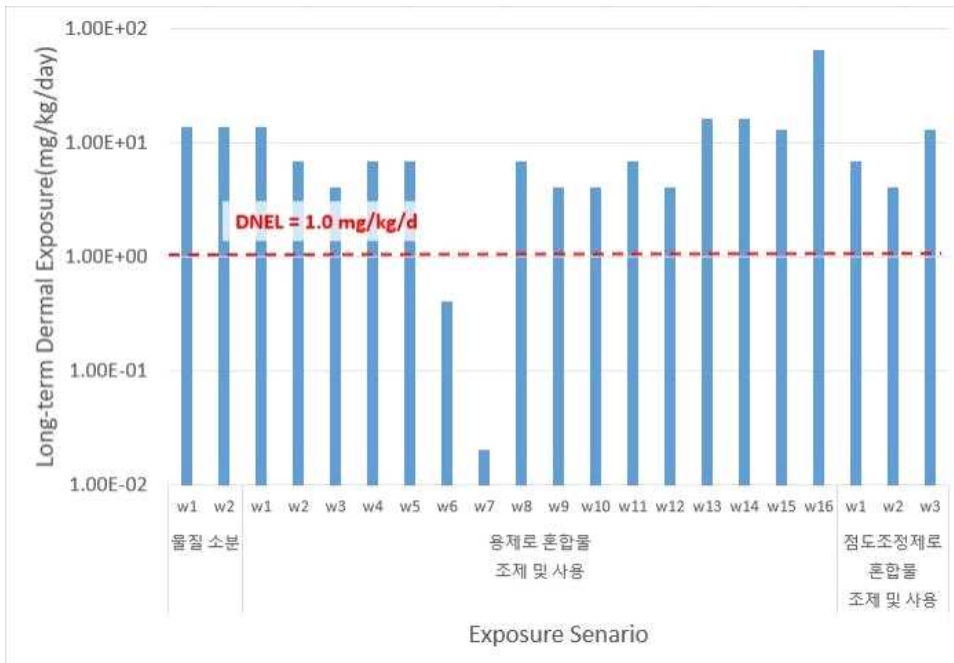
용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
용제로 혼합물 조제 및 사용	노출 우려가 거의 없는 밀폐된 연속 공정	PROC 1	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	95%	5~25%	장갑 APF 10
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	5~25%	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	5~25%	장갑 APF 20
	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있는 실내	90%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	1~4시간	국소배기장치가 있는 실내	90%	5~25%	장갑 APF 20
	롤러 및 브러시 작업	PROC 10	액체	1~4시간	실외	95%	5~25%	장갑 APF 10
	롤러 및 브러시 작업	PROC 10	액체	1~4시간	실내	95%	5~25%	장갑 APF 10

표 3-8. 2-EEA 사용 작업환경 노출 시나리오 (계속)

용도	시나리오	공정 범주	물성	작업 시간	배기조건	호흡용 보호구	혼합물 조성	피부용 보호구
용제로 혼합물 조제 및 사용	비산업적 스프레이 작업	PROC 11	액체	>4시간	국소배기장치가 있는 실내	95%	5~25%	장갑 APF 10
	비산업적 스프레이 작업	PROC 11	액체	>4시간	실외	95%	5~25%	장갑 APF 10
점도조정제로 혼합물 조제 및 사용	간헐적인 노출이 있는 회분 또는 합성 공정	PROC 4	액체	15분미만	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	혼합물 아님	장갑 APF 20
	지정된 주입 라인에서 소형용기에 주입하는 공정	PROC 9	액체	15분~1시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	5~25%	장갑 APF 20
	비산업적 스프레이 작업	PROC 11	액체	>4시간	국소배기장치가 있으며, 환기가 좋은 실내	95%	5~25%	장갑 APF 10

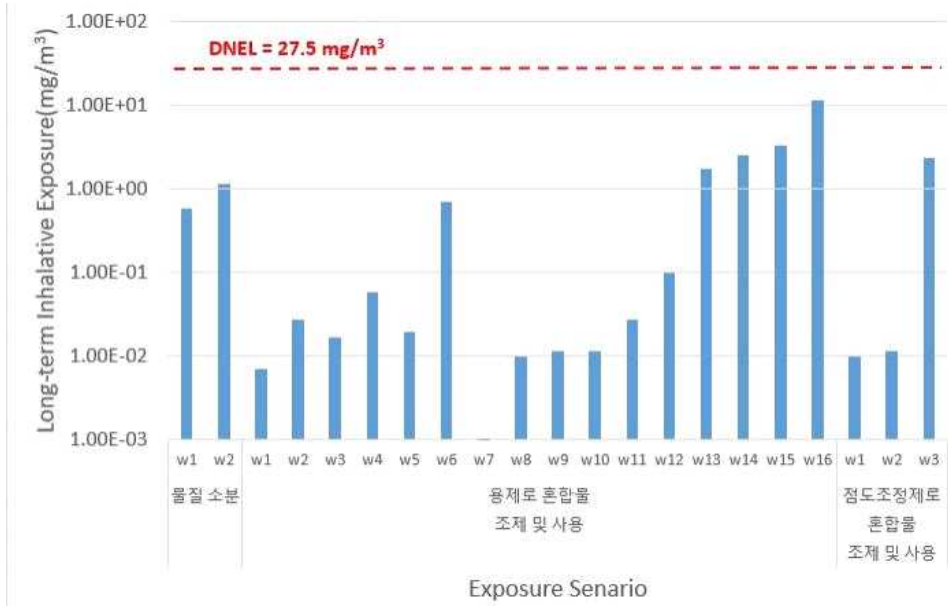


(a) 만성 흡입 노출

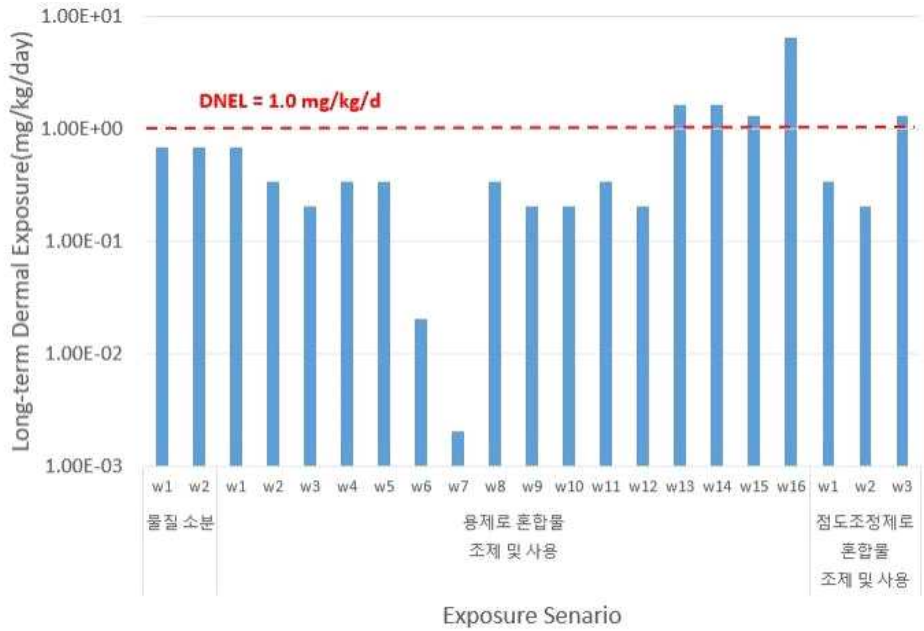


(b) 만성 경피 노출

그림 3-2. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업 환경 예측 농도(보호구 미착용)



(a) 만성 흡입 노출



(b) 만성 경피 노출

그림 3-3. ECETOC TRA 모델에 의한 사업장 작업 환경 예측 농도(보호구 착용)

나. 전문 작업자

2-EEA는 우레탄 방수 도료에 함유되어 있어 방수작업 중 흡입 경로를 통해 전문 작업자에게 노출될 수 있다. 방수작업 중 전문 작업자에 대한 2-EEA의 노출평가를 위해 일반적인 우레탄 방수작업 절차와 동일하게 작업을 수행하면서 작업자에 대한 노출농도를 측정하였다(국립환경과학원, 2020). 우레탄 방수작업이 이루어지는 시간 중 개인 호흡기 부근과 작업 공간 내 고정된 장소에서 각각 공기 중 2-EEA의 농도를 측정하였다. 우레탄 방수작업은 일반적으로 페인트의 접착성 및 내구성을 올리기 위한 사전작업인 하도와 페인트를 칠하는 본 작업인 중도, 마감 및 보호 작업인 상도 순으로 이루어진다. 방수작업 중 하도 및 중도 작업에서는 2-EEA가 검출되지 않았으나, 상도 작업 중 채집된 시료에서는 2-EEA가 0.411~0.808 mg/m³의 농도로 검출되었다(표 3-9).

표 3-9. 우레탄 방수 작업 중 2-EEA의 전문 작업자 흡입 노출농도

시료 형태	작업 시간(min)	2-EEA 농도(mg/m ³)	비 고
개인별 측정(Personal)	48	0.808	2-EEA의 작업환경기준: 27.5 mg/m ³
지점별 측정 (Static point)	51	0.602	
	48	0.411	
	52	0.699	

* 정량한계 : 0.015 ppb

2. 소비자 노출

앞에서 언급한 바와 같이 2-EEA는 대부분 산업용 용제로 사용되고 있으며, 페인트나 잉크, 방수 도료, 접착제 등에 주로 포함될 수 있다. 이들 대부분의 제품은 산업용으로 사용되며, 일부 방수 도료의 경우에만 일반 소비자들이 구매하여 사용할 수 있는 것으로 확인되었다.

소비자 노출 가능성이 높은 제품은 2-EEA가 용매로 사용되고 있는 우레탄 방수용 도료가 이에 속하였다. 시중에서 유통되고 있는 우레탄 방수용 도료 제품들을 대상으로 함유량을 조사한 결과 7개 제품 가운데 2개 제품에서 2-EEA가 검출되었으며, 이 중 1개 제품에서 2-EEA가 최대 3 % 이상 포함하고 있는 것으로 확인되었다(표 3-10). 그러나 해당 제품은 이미 앞에서 기술된 전문작업자 노출평가에서 위해우려 가능성이 낮은 것으로 나타났으며, 소비자의 경우 전문 작업자에 비해 소비 빈도가 매우 낮을 것으로 판단되어 별도의 노출평가를 생략하였다.

표 3-10. 우레탄 방수용 도료 제품 내 2-EEA 함유량 분석결과

연번	제품명	2-EEA 농도(mg/kg)
1	우레탄 상도 A	불검출*
2	우레탄 상도 B	31,366
3	우레탄 상도 C	3
4	우레탄 상도 D	불검출
5	우레탄 주제	불검출
6	우레탄 경화제	불검출
7	우레탄 바니쉬	불검출

* 불검출: 0.05 mg/kg 미만

3. 일반인(환경을 통한 간접 노출)

가. 음용수 섭취

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

나. 식품 섭취

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

다. 공기 호흡

공기 호흡 노출 농도는 한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 이용하여 예측한 대기 중 2-EEA의 예측환경농도와 국내 주요지점(Hotspot)에 대한 모니터링 자료를 활용하여 흡입 노출농도를 산정하였다.

모델을 활용한 대기 중 2-EEA 예측환경농도

2018년 화학물질 등록 자료를 바탕으로 사업장에서 취급하고 있는 2-EEA의 양과 EU 배출계수를 활용하여 예측환경농도(Predicted environmental concentration, PEC)를 산출하였다. 2-EEA의 전국 규모 농도는 1.79E-07 mg/m³으로 예측되었으며(표 3-11), 12개 사업장에 대한 국지적 규모 농도는 최대 1.52E-05~4.50E-04 mg/m³으로 산출되었다(표 3-12).

표 3-11. 전국 규모 대기 중 2-EEA의 예측환경농도(PEC)

	대기 (mg/m ³)
예측농도	1.79E-07

표 3-12. 국지적 규모 대기 중 2-EEA의 예측환경농도(PEC)

사업장	대기 (mg/m ³)	사업장	대기 (mg/m ³)
1	2.24E-04	7	1.62E-05
2	1.06E-04	8	1.52E-05
3	2.85E-04	9	2.95E-05
4	2.26E-04	10	1.59E-05
5	3.20E-04	11	4.50E-04
6	1.88E-05	12	4.35E-04

주요 지점의 대기 중 2-EEA 측정농도

국립환경과학원에서 2020년 2-EEA 취급 주요지점(Hot spot)을 대상으로 대기 모니터링을 실시한 결과, 시흥에서 7.41E-04 mg/m³, 안산에서 1.25E-03 mg/m³ 농도로 검출되었다(국립환경과학원, 2020; 표 3-13). 또한, 유해대기오염물질(Hazardous Air Pollutants, HAPs) 모니터링 사업을 통해 주요 산업단지 및 도시지역에서의 2-EEA 농도를 조사한 결과, 서울에서 최대 0.7 ppb(3.82E-03 mg/m³)의 농도로 검출되었다(국립환경과학원, 2014, 2015, 2016).

표 3-13. 주요지점 현장 대기측정농도

모니터링 지역	대기 (mg/m ³)	모니터링 지역	대기 (mg/m ³)
당진	N.D.	인천	N.D.
진천	N.D.	시흥	7.41E-04
익산	N.D.	안산	1.25E-03
군산	N.D.	안성	N.D.

N.D. : 불검출(정량한계 : 0.015 ppb 미만)

4절. 인체위해도 결정

1. 작업자

가. 제조 작업자

흡입

ECETOC TRA 모델을 활용하여 흡입 경로를 통한 작업자의 위해도를 평가한 결과, 최대 노출농도는 11.6 mg/m³이고 유해지수는 0.42로 계산되었다(표 3-14). 이러한 결과는 사업자가 제출한 ‘화학물질의 위해성에 관한 자료’에서와 같이 각 공정 시나리오 별로 적절한 위해성 관리대책(작업조건, 보호구 착용 등)을 준수한다면(표 3-8) 흡입 노출에 의한 작업자의 위해 우려 가능성이 낮은 것으로 판단된다.

경피

ECETOC TRA 모델을 활용하여 작업자의 경피 노출량을 예측한 결과, 비산업적 스프레이 작업 공정에서 최대 6.43 mg/kg/day로 노출될 가능성이 있는 것으로 나타났으며(표 3-8, 그림 3-3), 유해지수는 6.43E+00으로 평가되었다(표 3-14). 해당 공정에서의 위해저감을 위해서는 고효율의 보호장갑(APF 10 → APF 20 이상)과 같은 개인보호장비를 착용하거나 작업시간 단축(4시간 이상 → 1시간 이하) 등이 필요할 것으로 판단된다. 예를 들어 용제 용도 중 비산업적 스프레이 작업 공정에서 작업시간과 보호장갑을 각각 1시간 이하, APF 20으로 적용하는 경우 유해지수가 6.43E-01로 저감되는 것으로 평가되었다.

표 3-14. 작업자에 대한 2-EEA의 위해도

노출 경로	독성 참고치	최대 노출농도	유해지수	비고
흡입*	27.5 mg/m ³	11.6 mg/m ³	4.22E-01	모델예측농도
경피	1 mg/kg/day	6.43 mg/kg/day	6.43E+00	모델예측농도

* 작업장 내 2-EEA의 노출허용기준: 5 ppm(27.5 mg/m³)(고용노동부 고시 제2020-48호)

나. 전문작업자

우레탄 방수 작업 중 2-EEA의 노출농도를 바탕으로 전문작업자의 유해지수를 산정하였다. 우레탄 방수 작업 중 전문작업자의 2-EEA의 공기 중 최대 노출농도는 0.808 mg/m³이었으며, 유해지수는 2.90E-02로 확인되었다(표 3-15). 즉, 전문작업자의 경우 방수작업 도중 2-EEA에 의한 위해 가능성은 낮은 것으로 판단된다.

표 3-15. 우레탄 방수 작업 중 2-EEA의 전문 작업자 흡입 유해지수

시료 형태	노출농도(mg/m ³)	유해지수	비 고
개인별 측정(Personal)	0.808	2.90E-02	작업환경노출기준: 27.5 mg/m ³
지점별 측정 (Static point)	0.602	2.20E-02	
	0.411	1.50E-02	
	0.699	2.50E-02	

2. 소비자

시중에 판매되고 있는 우레탄 방수용 도료의 경우, 일부 제품에 2-EEA가 포함되어 있으며, 소비자들이 쉽게 구입 및 사용이 가능하다. 그러나 소비자의 경우 전문작업자에 비해 상대적으로 사용 및 그에 따른 노출 빈도가 낮으므로, 위해우려 가능성은 낮은 것으로 판단된다.

3. 일반인 (환경을 통한 간접노출)

환경농도 예측모델(SimpleBox Korea v2.0)을 이용한 결과, 실외 공기호흡을 통해 일반인이 노출될 수 있는 2-EEA의 최대 농도는 4.50E-04 mg/m³로 예측되었다(국립환경과학원, 2021a). 이 중 취급량 또는 배출량이 많은 주요 사업장을 선정하여 인근에서 2-EEA의 현장 농도를 측정된 결과 최대 농도

는 1.25E-03 mg/m³로 확인되었다. 모델을 통한 예측농도 및 주요 지점에 대한 현장 측정농도를 바탕으로 인체노출량을 평가한 결과 모두 유해지수 1 미만으로 나타났으며, 따라서 공기 호흡으로 인한 일반인의 위해우려 가능성은 낮은 것으로 판단된다(표 3-16).

표 3-16. 공기 호흡으로 인한 위해도

노출 경로	독성 참고치	노출농도	유해지수	비고
흡입	8.69E-01 mg/m ³	(최소) 불검출	-	실측농도
		(평균) 2.49E-04 mg/m ³	2.87E-04	
		(최대) 1.25E-03 mg/m ³	1.44E-03	
		(최소) 1.52E-05 mg/m ³	1.75E-05	모델예측농도
		(평균) 1.58E-04 mg/m ³	1.82E-04	
		(최대) 4.50E-04 mg/m ³	5.18E-04	

4장. 생태위해성평가

1절. 생태영향평가

1. 수생태계

가. 조류

2-EEA에 대한 조류의 성장저해 시험결과는 표 4-1과 같다. NITE 유해성 보고서에서 2-EEA 물질에 대한 담수조류 성장저해에 대한 시험자료를 확인할 수 있다. 보고서에서 담수조류 시험법은 GLP 규정을 따랐으며, OECD Guideline 201에 따라 수행되었다. 시험종으로 *Selenastrum capricornutum*이 사용되었고, 72시간 노출에 대한 영향을 살펴보았다. 성장저해에 대한 종말점을 각각 EC₅₀ 및 NOEC으로 설정하여 EC₅₀과 NOEC 모두 1,000 mg/L 이상으로 평가하였다(環境省, 2002a).

담수조류에 대한 영향을 평가한 2-EEA의 다른 시험자료로 *Scenedesmus subspicatus*를 사용한 시험결과들이 있다. 독일 DIN 38412, L12 가이드라인에 따라 수행된 시험으로 24시간 동안 노출 시킨 후 흡수 억제(Assimilation inhibition) 영향을 살펴보았으며, 24h-EC₀을 10,000 mg/L로 평가하였다(Huls, 1987a). 또한 Huls (1988a)는 독일환경청 가이드라인(UBA-GL(1984))에 따라 *Scenedesmus subspicatus*를 72시간 동안 노출 시킨 후 성장저해에 대한 2-EEA의 EC₁₀을 1,000 mg/L로 산출하였다.

표 4-1. 2-EEA의 조류생장저해 시험 결과

방법	결과	비고
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Selenastrum capricornutum</i> 노출기간: 72시간 시험방법: OECD Guideline 201 및 GLP	72h-EC_{50} $\geq 1,000 \text{ mg/L}$	環境省, 2002a
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Selenastrum capricornutum</i> 노출기간: 72시간 시험방법: OECD Guideline 201 및 GLP	72h-NOEC $\geq 1,000 \text{ mg/L}$	環境省, 2002a
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Scenedesmus subspicatus</i> 노출기간: 24시간 시험방법: DIN 38412, L12	24h-EC_0 $> 10,000 \text{ mg/L}$	Huls, 1987a
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Scenedesmus subspicatus</i> 노출기간: 72시간 시험방법: UBA-GL(1984)	72h-EC_{10} $1,000 \text{ mg/L}$	Huls, 1988a

나. 수서무척추동물

급성독성

일본 NITE 보고서에서 *Daphnia magna*에 대한 2-EEA의 급성독성시험 자료를 확인할 수 있으며, 시험은 GLP 규정에 따라 OECD Guideline 202에 맞춰 수행되었다. 24시간 및 48시간의 노출 후 유영저해를 확인한 결과, 24시간에 대한 EC₅₀ 및 NOEC 값은 각각 253 mg/L 및 100 mg/L로 나타났으며, 48시간에 대한 EC₅₀ 및 NOEC 값은 각각 197 mg/L 및 100 mg/L로 확인되었다(環境省, 2002b).

Huls (1987b)는 DIN 38412, part 11 가이드라인에 따라 *Daphnia magna*를 대상으로 2-EEA의 급성독성시험을 수행하였다. 24시간 노출에 따른 EC₅₀은 354 mg/L로 확인되었다. *Hydra attenuata*에 대한 급성 독성시험에서는 92시간 MEC(Minimum toxic effect concentration)값이 584 mg/L로 나타났으며 (Johnson et al., 1984), EPA-660/3-75-009 가이드라인에 따라 수행된 *Aplexa hypnorum*에 대한 96시간 LC₅₀은 65.2 mg/L로 평가되었다(Holcombe et al., 1984).

만성독성

Huls (1988b)는 UBA proposal 가이드라인에 따라 *Daphnia magna*를 21일 동안 2-EEA에 노출한 후 번식률에 대한 영향을 관찰하였다. 100 mg/L의 농도에서 번식 억제율이 30%로 나타났으며, NOEC값은 30 mg/L로 확인되었다. OECD guideline 211에 따라 수행된 *Daphnia magna*의 만성시험에서도 NOEC 값이 유사하게 44.4 mg/L로 산출되었다(環境省, 2002c).

표 4-2. 2-EEA의 수서무척추동물(물벼룩) 독성시험 결과

방법	결과	비고
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Daphnia magna</i> (생후 24시간 이내) 노출기간: 48시간 시험방법: OECD Guideline 202 및 GLP 인증	24h-EC ₅₀ : 253 mg/L 24h-NOEC: 100 mg/L 48h-EC ₅₀ : 197 mg/L 48h-NOEC: 100 mg/L	環境省, 2002b
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 24시간 시험방법: DIN 38412, part 11	24h-EC ₅₀ 354 mg/L	Huls, 1987b
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Hydra attenuata</i> (adult& embryo) 노출기간: 92시간	92h-MEC 584 mg/L	Johnson, 1984
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Aplexa hypnorum</i> (adult) 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through) 시험방법: EPA-660/3-75-009	96h-LC ₅₀ 65.2 mg/L	Holcombe, 1984
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 21일 노출방법: 지수식(static) 시험방법: UBA proposal	21d-NOEC 30 mg/L	Huls, 1988b
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Daphnia magna</i> 노출기간: 21일 노출방법: 반지수식(semi-static) 시험방법: OECD Guideline 211	21d-NOEC 44.4 mg/L	環境省, 2002c

다. 어류

급성독성

어류 급성독성에 대한 LC₅₀ 값은 41 ~ 160 mg/L의 범위로 나타났으며, 이 중 노출 96시간에 대한 LC₅₀ 값은 41 ~ 52 mg/L의 범위로 확인되었다. Bailey et al. (1985)는 US EPA 가이드라인에 따라 *Lepomis macrochirus*에 대한 2-EEA의 급성독성시험을 수행하였으며, 지수식 및 유수식으로 구분하여 96시간 동안 노출시킨 후 치사 유무를 관찰하였다. 그 결과, 지수식으로 노출 시켰을 때에는 96시간-LC₅₀값이 52 mg/L으로 산출되었으며, 유수식으로 노출 시켰을 때에는 96시간-LC₅₀값이 41 mg/L로 도출되었다. *Pimephales promelas*를 대상으로 수행된 3개의 유수식 시험에서도 유사한 결과가 도출되었다. US EPA 가이드라인에 따라 수행된 Holcombe et al. (1984)의 시험에서는 96시간-LC₅₀값이 42.2 mg/L로 평가되었으며, Geiger et al.(1985)와 Broderius et al. (1995) 연구에서는 96시간-LC₅₀값이 각각 42.1 mg/L 및 42.8 mg/L로 확인되었다.

Holcombe et al. (1984) 연구에서는 *Ictalurus punctatus*를 대상으로도 어류 급성독성 시험을 수행하였다. 시험은 US EPA 가이드라인에 따라 수행되었으며, 노출방법은 유수식(flow-through), 시험기간은 96시간으로 설정하여 LC₅₀값을 44.8 mg/L로 도출하였다. 일본 환경성에는 *Oryzias latipes*를 대상으로 OECD Guideline 203에 따라 어류 급성독성 시험을 수행하였으며, 96시간 동안 시험물질을 노출시킨 결과, LC₅₀값을 42.3 mg/L로 평가하였다(環境省, 2002d).

그 밖에 APHA 가이드라인에 따라 수행된 *Carassius auratus* 종을 이용한 어류 급성독성 시험에서는 24시간 LC₅₀값이 160 mg/L로 나타났으나, 종말점에 대한 자세한 독성증상은 보고되지 않았다(Bridie et al., 1979).

만성독성

현재까지 2-EEA에 대한 어류 만성독성 자료는 확인되지 않았다.

표 4-3. 2-EEA의 어류독성시험 결과

방법	결과	비고
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Lepomis macrochirus</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 지수식(static) 시험방법: US EPA Guideline	96h-LC ₅₀ 52 mg/L	Bailey et al., 1985
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Lepomis macrochirus</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through) 시험방법: US EPA Guideline	96h-LC ₅₀ 41 mg/L	Bailey et al., 1985
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Pimephales promela</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through) 시험방법: US EPA Guideline	96h-LC ₅₀ 42.2 mg/L	Holcombe et al., 1984
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Pimephales promela</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through)	96h-LC ₅₀ 42.1 mg/L	Geiger et al., 1985
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Pimephales promela</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through)	96h-LC ₅₀ 42.8 mg/L	Broderius et al., 1995
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Ictalurus punctatus</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 유수식(flow-through) 시험방법: US EPA Guideline	96h-LC ₅₀ 44.8 mg/L	Holcombe et al., 1984
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Oryzias latipes</i> 노출기간: 96시간 노출방법: 반지수식(semi-static) 시험방법: OECD Guideline 203 및 GLP 인증	96h-LC ₅₀ 42.3 mg/L	環境省, 2002d
시험물질: 2-EEA 시험종: <i>Carassius auratus</i> 노출기간: 24시간 노출방법: 지수식(static) 시험방법: APHA No.231(1971)	24h-LC ₅₀ 160 mg/L	Bridie et al., 1979

2. 육상생태계

현재까지 2-EEA에 대한 육상생물 독성 자료는 확인되지 않았다.

3. 생물축적성

가. 생물농축성

2-EEA는 옥탄올-물 분배계수(log K_{ow})가 0.24로, 생물축적성이 있는 물질로 보기 어렵다. 2-EEA의 생물축적성을 시험적으로 판단하기에는 어려움에 따라, EU RAR 및 NITE 보고서에서는 log K_{ow} 값을 바탕으로 모델링을 활용하여 BCF 값을 산정하였다(표 4-4). EU RAR에서는 EU TGD 가이드라인에 따라 $[\log BCF = 0.85 \log K_{ow} - 0.70]$ 산정식을 활용하여 BCF 값을 0.32 L/kg으로 도출하였다(EC, 2008). NITE 보고서에서는 log K_{ow} 0.59 값을 활용하여 BCF 값을 3.16 L/kg으로 도출하였다(NITE, 2010). 산출된 BCF 값은 국제적으로 생물농축성 물질의 기준으로 사용되는 총 무게 기반 BCF 값인 2,000 혹은 5,000 이상보다 현저히 낮은 값이므로, 2-EEA의 생물축적에 의한 2차 독성(secondary poisoning)은 없을 것으로 사료된다.

표 4-4. 2-EEA의 물농축성 시험결과

방법	결과	비고
산정방법: EU TGD 산정식 [$\log BCF = 0.85 \log K_{ow} - 0.70$]	BCF 0.32 L/kg	EC, 2008
산정방법: log K_{ow} 값 0.59 이용	BCF 3.16 L/kg	NITE, 2010

나. 생물확장성

현재까지 2-EEA의 생물확장성에 대한 자료는 확인되지 않았다.

2절. 예측무영향농도(PNEC) 산정

1. 담수

2-EEA에 대한 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 자료를 확인할 수 있었다(표 4-5).

표 4-5. 2-EEA의 수생환경에 대한 독성자료 요약

구분	평가항목	생물 종	값 (mg/L)	
급성	조류	<i>Selenastrum cpricornutum</i>	EC ₅₀	≥ 1,000
	수서무척추동물	<i>Aplexa hypnorum</i>	LC ₅₀	65.2
	어류	<i>Lepomis macrochirus</i>	LC ₅₀	41
만성	조류	<i>Selenastrum cpricornutum</i>	NOEC	≥ 1,000
	수서무척추동물	<i>Daphnia magna</i>	NOEC	30

2-EEA에 대한 예측무영향농도는 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원 고시)에 따라 평가계수를 활용하여 산정하였다. 이용 가능한 독성자료는 만성독성 값 2개(영양단계 2개)로, 만성독성 값 중 낮은 값(NOEC 30 mg/L)에 평가계수 50을 적용하여 예측무영향농도를 산정하였다.

$$PNEC_{\text{water}} = \text{Lowest NOEC} \div \text{Assessment factor} = 30 \div 50 = 0.60 \text{ mg/L}$$

2. 저질

이용 가능한 침전물에 대한 독성자료의 부재로 평형분배방법으로 예측무영향농도를 산출하였다(EC, 2003). 표준 침전물의 경우 물 90 %(v/v, 밀도=1,000 kg/m³)와 고형분 10 %(v/v, 밀도=2,500 kg/m³)로 구성되어 있어서, 습윤중량 보정계수 4.6을 사용하여 건조 침전물의 무영향농도로 환산하였다. 2-EEA의 K_{oc} = 13.9 L/kg과 앞서 평가계수를 이용한 수생환경 예측무영향농도 0.60 mg/L를 적용하여 최종적으로 산출된 저질의 예측무영향농도는 2.99 mg/kg dw이다(표 4-6).

표 4-6. 저질환경에 대한 예측무영향농도

구분	산출 근거	값 (mg/kg dw)	비고
PNEC _{sediment}	$(0.783+0.0217 \times K_{oc}) \times PNEC_{water} \times 4.6$	2.99	평형분배방법

3. 토양

이용 가능한 육상환경에 대한 독성자료의 부재로 평형분배방법으로 예측무영향농도를 산출하였다(EC, 2003). 표준 토양의 경우 고형분 60% (v/v, 밀도=2,500 kg/m³)와 물 20 %(v/v, 밀도=1,000 kg/m³), 공기 20%(v/v)로 구성되어 있어서, 습윤중량 보정계수 1.13을 사용하여 건조 토양의 무영향농도로 환산하였다. 2-EEA의 K_{oc} = 13.9 L/kg과 앞서 평가계수를 이용한 수생환경 예측무영향농도 0.60 mg/L를 적용하여 최종적으로 산출된 토양의 예측무영향농도는 0.25 mg/kg dw이다(표 4-7).

표 4-7. 토양환경에 대한 예측무영향농도

구분	산출 근거	값 (mg/kg dw)	비고
PNEC _{soil}	$(0.1176+0.01764 \times K_{oc}) \times PNEC_{water} \times 1.13$	0.25	평형분배방법

3절. 환경노출평가

1. 환경거동

가. 배출

현재까지 자연적으로 2-EEA가 발생된다고 보고된 바는 없으며, 환경 중의 2-EEA는 제조 또는 취급하는 과정 중 사업장에서 유입된 것으로 판단된다. 2018년 기준 국내 2-EEA 배출 업체 수는 27개이며, 대기 배출량은 14,781 kg/년, 폐수 이동량은 66 kg/년, 폐기물 이동량은 총 44,893 kg/년으로 나타났다. 해당 물질을 취급하는 주요 업종으로는 화학물질 및 화학제품 제조업, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업, 1차 금속 제조업 등으로 확인되었다.

나. 분포

2-EEA의 물리화학적 특성 자료를 살펴보면, $\log K_{ow}$ 값은 0.24이며, 수용해도가 229 g/L로 물에 매우 잘 녹는 물질이다. 더욱이 해당 물질은 생분해성 연구로부터 이분해성 물질인 것으로 확인되었다. 또한 유기탄소-물 분배계수(K_{oc})는 13.9 L/kg로 토양/퇴적토에 흡착성이 낮은 물질로 평가된다.

2-EEA는 증기압이 270 Pa (20 °C), 헨리상수는 0.16 Pa · m³/mol로 높지만, 높은 수용성으로 인해 상당한 양의 2-EEA가 증발될 가능성은 낮다. 또한, 2-EEA의 유기물에 대한 낮은 흡착성으로 수중 생분해로 인해 제거될 가능성이 높아 수중의 현탁 물질 및 저질에 흡착되기 어렵다. EU RAR에서 검토한 자료에서는 EQC-model 1.0 level 1을 이용하여 2-EEA의 환경 중 분포를 예측하였고(표 4-8), 그 결과 수계에 94.8%가 존재하며, 5.2% 정도만 대기 중에 존재하고 토양 및 저질에는 거의 존재하지 않으리라고 예상하였다(EC, 2008).

표 4-8. 2-EEA의 환경 중 분포

구분	분포(%)	비고
Air	5.2	EQC-model 1.0 level 1 (EC, 2008)
Water	94.8	
Soil	0.01	
Sediment	0.01	

다. 분해

2-EEA는 쉽게 생분해되는 물질로 여겨진다. Huls (1995) 연구에서는 OECD Guideline 301E를 이용하여 2-EEA에 대한 이분해성을 평가하였다. 시험농도는 1,000 mg/L로 설정하였으며, 시험기간 14일 후 DOC(용존유기탄소)는 98% 감소하였다. 이는 OECD Guideline 기준에 부합하는 수치이며, 이에 따라 2-EEA를 이분해성으로 평가하였다. 通商産業省(1976) 연구에서는 호기성 조건 하에 생분해성 시험을 수행하였으며, 초기 농도는 100 mg/L로 설정한 후 2주간 분해성을 살펴보았다. 생분해성은 BOD(생화학적 산소요구량) 및 TOC(총유기탄소)를 측정하여 평가하였으며, 2주 후 BOD를 통해 측정된 생분해성은 87%, TOC를 통해 측정된 생분해성은 99%로 나타나 본 평가물질은 이분해성인 것으로 평가되었다. OECD Guideline 301A에 부합하는 방법으로 2-EEA의 생분해성을 평가한 연구(奥田あゆみ, 1991)에서는 초기 농도를 37 mg/L로 설정하여 2주간 분해영향을 살펴보았다. TOC를 바탕으로 평가한 생분해성은 51 ~ 100% 범위로 나타나 해당 연구에서는 2-EEA를 이분해성 물질로 평가하였다.

표 4-9. 2-EEA의 생분해성 시험결과 요약

방법	결과	비고
시험방법: OECD Guideline 301E 초기농도: 1,000 mg/L 노출기간: 14일 지표: DOC	이분해성 물질 98% 생분해 10일 창(10-day window) 만족	Huls, 1995
시험조건: 호기성 초기농도: 100 mg/L 노출기간: 2주 지표: BOD, TOC	이분해성 물질 BOD: 87% 생분해 TOC: 99% 생분해	通商産業省, 1976
시험방법: OECD Guideline 301A 초기농도: 37 mg/L 노출기간: 2주 지표: TOC	이분해성 물질 51~100% 생분해	奥田あゆみ, 1991
시험방법: OECD Guideline 302B 초기농도: 500 mg/L 노출기간: 9일 지표: DOC	본질적 분해성 물질 100% 생분해	Huls, 1995

라. 축적

2-EEA의 옥탄올-물 분배계수(log K_{ow})는 0.24로, 생물축적성이 있는 물질로 보기 어렵다. 2-EEA에 대하여 보고된 BCF 값은 0.32 L/kg(EC, 2008), 3.16 L/kg(NITE, 2010)이 있으며 해당 BCF 값은 국제적인 생물농축성 물질의 기준으로 사용되는 값인 2,000 혹은 5,000 이상보다 현저히 낮은 값으로, 2-EEA는 생물축적성을 나타내지 않는다. EC(2008)에 따르면 2-EEA의 계산된 K_{oc} 값은 13.9 L/kg이며 이는 물질이 토양 내 유기물에 축적되지 않음을 의미한다.

2. 환경매체농도

가. 매체별 모델추정 농도

한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 이용하여 2-EEA의 수계 및 저질, 토양 등 매체별 농도를 예측하였다(국립환경과학원, 2021a). 모델 구동을 위해 입력한 물성 및 배출 정보는 부록의 표 1, 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-EEA의 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 4-10. 전국 규모의 예측환경농도(PEC)

담수 (mg/L)	자연지 (mg/kg(d.w))	농경지 (mg/kg(d.w))	도시산업용지 (mg/kg(d.w))
1.02E-06	1.43E-06	1.04E-06	1.64E-06

표 4-11. 국지적 규모의 예측환경농도(PEC)

사업장	담수 (mg/L)	저질 (mg/kg(dw))	농경지 (mg/kg(dw))	목초지 (mg/kg(dw))
1	1.02E-06	5.10E-06	4.07E-04	4.07E-04
2	1.02E-06	5.10E-06	1.94E-04	1.94E-04
3	1.02E-06	5.10E-06	5.17E-04	5.18E-04
4	1.02E-06	5.10E-06	4.12E-04	4.12E-04
5	1.02E-06	5.10E-06	5.81E-04	5.81E-04
6	1.02E-06	5.10E-06	3.52E-05	3.52E-05
7	1.02E-06	5.10E-06	3.04E-05	3.04E-05
8	1.02E-06	5.10E-06	2.87E-05	2.88E-05
9	1.02E-06	5.10E-06	5.46E-05	5.47E-05
10	1.02E-06	5.10E-06	2.99E-05	2.99E-05
11	1.02E-06	5.10E-06	8.18E-04	8.18E-04
12	1.02E-06	5.10E-06	7.91E-04	7.91E-04

나. 담수

국내외 수계 중 2-EEA의 농도 현황을 조사한 사례는 없는 것으로 확인되었다. 국내 사업장별 2-EEA의 취급량 및 배출량 자료를 분석하여 모니터링 지점을 선정 후, 배출수 및 주변 하천에서의 2-EEA의 농도를 조사하였다. 시료는 2 계절(여름 및 가을)에 걸쳐 2회 채취하였으며, 2-EEA의 농도를 분석한 결과, 전 지점에서 검출되지 않았다(표 4-12). 또한, 2-EEA는 수계에서 쉽게 생분해되는 특성으로 인해 잔류하지 않을 것으로 판단된다.

표 4-12. 2-EEA의 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. 정량한계(0.048 mg/L 미만)

다. 토양

현재까지 국내에서 토양 내 2-EEA의 농도를 측정하여 보고한 사례는 확인되지 않았다.

4절. 생태위해도 결정

생태위해도를 평가하기 위하여 모델을 통해 도출한 예측환경농도(PEC) 및 실측 결과를 예측무영향농도(PNEC)로 나누어 유해지수를 산출하였다. 표 4-13 및 4-14는 각각 매체별 전국 및 국지적 규모의 유해지수를 보여주고 있다. 전국 및 국지적 규모에 상관없이 매체별 유해지수가 모두 1미만으로 위해도가 낮은 수준으로 평가되었다. 또한 2-EEA를 취급하는 주요 사업장의 배출수와 주변 하천에서 2-EEA가 검출되지 않은 것으로 보아(표 4-12) 2-EEA에 의한 생태위해 가능성은 낮을 것으로 판단된다.

표 4-13. 모델추정치에 의한 매체별 전국 규모 생태위해도

	담수	자연지	농경지	도시산업용지
유해지수	1.70E-06	5.72E-06	4.16E-06	6.57E-06

표 4-14. 모델추정치에 의한 매체별 국지적 규모 생태위해도

사업장	담수	저질	농경지	목초지
1	1.70E-06	1.71E-06	1.63E-03	1.63E-03
2	1.70E-06	1.71E-06	7.75E-04	7.75E-04
3	1.70E-06	1.71E-06	2.07E-03	2.07E-03
4	1.70E-06	1.71E-06	1.65E-03	1.65E-03
5	1.70E-06	1.71E-06	2.32E-03	2.33E-03
6	1.70E-06	1.71E-06	1.41E-04	1.41E-04
7	1.70E-06	1.71E-06	1.22E-04	1.22E-04
8	1.70E-06	1.71E-06	1.15E-04	1.15E-04
9	1.70E-06	1.71E-06	2.19E-04	2.19E-04
10	1.70E-06	1.71E-06	1.20E-04	1.20E-04
11	1.70E-06	1.71E-06	3.27E-03	3.27E-03
12	1.70E-06	1.71E-06	3.16E-03	3.17E-03

5장. 종합결론

1절. 인체위해성평가 결과

1. 작업자

화학물질 등록 시 제출한 자료 내 노출 시나리오를 바탕으로 ECETOC TRA 모델을 이용하여 작업자의 인체위해성을 평가한 결과, 흡입에 의한 인체위해도는 낮을 것으로 나타났으나, 일부 공정(롤러 및 브러시, 스프레이 작업)에서 피부 노출에 의한 위해우려 가능성이 있을 것으로 예측되었다. 피부 노출을 통한 위해도를 저감시키기 위해서는 작업시간 축소, 개인보호장비(고성능 장갑 등) 착용이 필요할 것으로 판단된다. 다만, 피부 노출량은 모델을 통해 보수적으로 예측한 값이기 때문에 실제 노출량에 비해 과대 평가되었을 가능성이 있으며, 향후 현장 노출량 측정 등 추가적인 자료 조사가 필요할 것으로 사료된다. 우레탄 방수용 도료를 사용하는 전문작업자의 경우에는 2-EEA로 인한 위해우려 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.

2. 소비자

소비자의 경우 2-EEA가 포함되어 있는 우레탄 방수용 도료 제품을 사용하는 동안 2-EEA에 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(환경을 통한 간접노출)

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

2절. 생태위해성평가 결과

1. 담수

한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 통해 확인된 예측환경농도 및 현장 모니터링 자료(주요지점 인근 담수 시료 채취)를 이용하여 담수 환경의 위해성을 평가 한 결과, 위해우려 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

2. 토양

한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 통해 확인된 예측환경농도를 바탕으로 토양 환경의 위해성을 평가한 결과, 위해 우려 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

3. 저질

한국형 다매체동태모델(SimpleBox Korea(v2.0))을 통해 확인된 예측환경농도를 바탕으로 저질 환경의 위해성을 평가한 결과, 위해 우려 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

표 5-1. 위해성평가 결과 종합

2-Ethoxyethyl acetate			노출 경로			
대상 구분	노출 시나리오	세부 노출시나리오	경구	흡입	경피	
인체위해성	작업자 노출	물질 소분	-	○	○	
		용제로 혼합물 조제 및 사용	저장 또는 이송, 운반	-	○	○
			밀폐된 회분 공정	-	○	○
			소형용기 주입 공정	-	○	○
			회분 또는 합성 공정	-	○	○
			롤러 및 브러시, 스프레이 작업	-	○	✓
	점도조정제로 혼합물 조제 및 사용	소형용기 주입 공정	-	○	○	
		회분 또는 합성 공정	-	○	○	
		스프레이 작업	-	○	✓	
	전문작업자	우레탄 방수작업	-	○	-	
소비자 노출	도료 사용	우레탄 방수작업	-	○	-	
환경을 통한 간접노출	공기 호흡	일상 호흡	-	○	-	

생태위해성	수생태계	수생태	담수	○
			저질	○
	토양생태계	토양생태	목초지	○
			농경지	○
			자연지	○
			도시산업용지	○

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

3절. 위해저감방안

2-EEA에 대한 인체 및 생태위해성평가 결과, 추가적인 위해저감대책이 필요하지 않을 것으로 판단된다. 그러나 모델을 이용하여 작업장 노출량을 평가한 결과, 일부 사업장에서 롤러 및 브러시, 스프레이 공정 중 피부 노출에 의한 작업자의 위해우려 가능성이 있는 것으로 예측되었다. 모델을 통해 예측된 피부 노출량은 보수적인 상황을 가정하여 추정된 값으로 실제 노출량이 과대 평가되었을 가능성이 높으며, 향후 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단된다. 또한 작업시간 축소 및 고효율 개인보호구(장갑) 착용 등을 통해 피부 노출량을 감소시켜 위해도를 저감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

6장. 참고문헌

- 국립환경과학원 (2014). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(I).
- 국립환경과학원 (2015). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(II).
- 국립환경과학원 (2016). 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(III).
- 국립환경과학원 (2020). 등록화학물질의 위해성평가 및 평가체계 고도화(I).
- 국립환경과학원 (2021a). 화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침.
- 국립환경과학원 (2021b). 화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정, (국립환경과학원고시 제2021-13호).
- 고용노동부 (2020). 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준 (고용노동부고시 제 2020-48호).
- Angerer J, Lichterbeck E, Begerow J, Jekel S, Lehnert G (1990). Occupational chronic exposure to organic solvents. Glycoether exposure during the production of varnishes. *Int Arch Occup Environm Health* 62: 123-126.
- Ashford' s Dictionary of Industrial Chemicals (1994). RD Ashford. Wavelength Publications Limited.
- Bailey HC, Liu DH, Javitz HA (1985). Time/toxicity relationships in short-term static, dynamic, and plug-flow bioassays. In *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Eighth Symposium*. ASTM International.
- Barber ED, Teetsel NM, Kolberg KF, Guest D (1992). A comparative study of in vitro percutaneous skin absorption of eight chemicals using rat and human skin. *Fundam Appl Toxicol* 19: 493-497.
- Bridié AL, Wolff CJM, Winter M (1979). The acute toxicity of some petrochemicals to goldfish. *Water Res* 13: 623-626.
- Broderius SJ, Kahl MD, Hoglund MD (1995). Use of joint toxic response to define the primary mode of toxic action for diverse industrial organic chemicals. *Environ Toxicol Chem* 14: 1591-1605.
- Carpenter CP (1947). Cellosolve acetate. *J Am Med Ass* 135: 880.
- Chemsafe (1996). National database for safety data of the Physikalisch-technische Bundesanstalt Braunschweig, established by expert judgement.

- Chia SE, Foo SC, Khoo NY, Jeyaratnam J (1997). Menstrual patterns of workers exposed to low levels of 2-ethoxyethylacetate (EGEEA). *Am J Ind Med* 31: 148-152.
- DeSousa DJ, Rouse AA, Smolon WJ (1984). Statistical consequences of reducing the number of rabbits utilized in eye irritation testing: Data on 67 petrochemicals. *Toxicology and Applied Pharmacology* 76(2): 234-242.
- Doe JE (1984). Ethylene glycol monoethyl ether and ethylene glycol monoethyl ether acetate teratology studies. *Environ Health Perspect* 57: 33-41.
- 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.
- Dutertre-Catella H, Phu-Lich N, Truhaut R (1978). Methodology for the evaluation of cutaneous toxicity. I. Percutaneous toxicity-irritation tests. *Food Cosmet Toxicol* 16(2): 177-181.
- EC (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of the Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances. Parts 2. European Chemicals Bureau.
- EC (2011). ANNEX XV dossier: Proporsal for identification of a substance as a category 1A or 1B CMR, PBT, vPvB or a substance of an equivalent level of concern. Substance Name: 2-ethoxyethyl acetate (2-EEA).
- EC (2008). Risk Assessment Report 2-ETHOXYETHYL ACETATE. Italy.
- 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: 63-73.
- Geiger DL, Northcott CE, Call DJ, Brooke LT (1985). Acute toxicities of organic chemicals to fathead minnows (*Pimephales promelas*). Vol. II. University of Wisconsin-Superior. Center for Lake Superior Environmental Studies, Superior, WI.

- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R (1986a). Respiratory uptake and elimination of ethylene glycol monoethyl ether after experimental human exposure. *Br J Ind Med* 43: 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 (1987a). Pulmonary absorption and elimination of ethylene glycol monoethyl ether acetate in man. *British Journal of Industrial Medicine* 44: 309-316.
- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R, Van Vlem E (1987b). Ethoxyacetic acid: a metabolite of ethylene glycol monoethyl ether acetate in man. *British Journal of Industrial Medicine* 44: 488-493.
- 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.
- Guest D, Hamilton ML, Deisinger PJ, DiVincenzo GD (1984). Pulmonary and percutaneous absorption of 2-propoxyethyl acetate and 2-ethoxyethyl acetate in beagle dogs. *Environmental health perspectives* 57: 177-183.
- Gulati DK, Barnes LH, Russell S, Poonacha KB (1985). Ethylene glycol monoethyl ether acetate: reproduction and fertility assessment in cd-1 mice when administered in drinking water. Research Triangle Park, NC.
- Holcombe GW, Phipps GL, Knuth ML, Felhaber T (1984). The acute toxicity of selected substituted phenols, benzenes and benzoic acid esters to fathead minnows *Pimephales promelas*. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological* 35(4): 367-381.
- Huls AG (1987a). Assimilationstest nach DIN-Entwurf 38412, Teil 12, Ethylglykolacetat. Res. rept. N° A, 103, 24.12.1987 (unpubl.)
- Huls AG (1987b). Daphnientest DIN 38412, Teil 11, Ethylglykolacetat. Res. rept. N° D 307, 24.12.1987 (unpubl.)
- Huls AG (1988a). Algenwachstums-Hemmtest nach UBA (Verfahrensvorschlag Stand Februar 1984), Ethylglykolacetat. Res. rept. N° AW 141, 22.03.1988

(unpubl.)

Huls AG (1988b). Verlängerter Toxizitätstest bei *Daphnia magna* nach UBA (Verfahrensvorschlag Stand Februar 1984), Ethylglycolacetat. Res. rept. N° DL 105/3, 19.08.1988 (unpubl.)

Huls AG (1989). Verteilungskoeffizient n-Octanol-Wasser für „Altstoffe“; Test report from 10.01.1989.

Huls AG (1995). Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit von Ethylglykolacetat nach der EG Richtlinie 84/449/EWG C.3. Unveröffentlichter Bericht der Hüls AG vom 01.03.1995.

Imperial Chemical Industries PLC (1983a). Ethylene glycol monoethyl ether acetate: probe inhalation teratogenicity study in rabbits. Report No. CTL/T/2043. EPA Document No. 88920005030.

Imperial Chemical Industries PLC (1983b). Ethylene glycol monoethyl ether acetate: Inhalation teratogenicity study in rabbits. Report No. CTL/P/840. EPA Document No. 88920010644.

Johnson EM, Gabel BE, Larson J (1984). Developmental toxicity and structure/activity correlates of glycols and glycol ethers. *Environmental health perspectives* 57: 135-139.

Johnson W (2002). Final report on the safety assessment of ethoxyethanol and ethoxyethanol acetate. *International Journal of Toxicology* 21(1): 9-62.

Kennah HE, Hignet S, Laux PE, Dorko JD, Barrow CS (1989). An objective procedure for quantitating eye irritation based upon changes of corneal thickness. *Fundam Appl Toxicol* 12: 258-268.

KCL (2017a). Test no. GT17-00234.

KCL (2018a). Test no. GT17-00289.

KCL (2018b). Test no. GT17-00287.

Kennedy Jr GL and Graepel GJ (1991). Acute toxicity in the rat following either oral or inhalation exposure. *Toxicology letters* 56(3): 317-326.

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 : official journal of the Society of Toxicology* 21(4): 486-491.

- Kim Y, Lee N, Sakai T, Kim KS, Yang JS, Park S, Lee CR, Cheong HK, Moon Y (1999). Evaluation of exposure to ethylene glycol monoethyl ether acetates and their possible haematological effects on shipyard painters. *Occup Environ Med* 56: 378-382.
- Kirk-Othmer (1980). *Encyclopedia of chemical technology*, 3rd ed., vol 11; John Wiley & Sons, Inc.
- Nagano K, Nakayama E, Koyano M, Oobayashi H, Adachi H, Yamada T, (1979). Testicular atrophy of mice induced by ethylene glycol mono alkyl ethers. *Jap J Ind Health* 21: 29-35.
- Nelson BK, Setzer JV, Brightwell WS, Mathinos PR, Kuczuk MH, Weaver TE, Goad PT (1984). Comparative inhalation teratogenicity of glycol ether solvents and an amino derivative in rats. *Environmental Health Perspectives* 57: 261-271.
- NICNAS (2018). Inventory Multi-tiered Assessment and Prioritisation (IMAP): Alkoxyethanols (C1-C2) and their acetates: Human health tier II assessment.
- NIOSH (2014). NIOSH skin notation profiles: 2-ethoxyethyl acetate. By Hudson NL, Dotson GS. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2014-141.
- NITE (2010). Summary of Initial Risk Assessment Report. 2-Ethoxyethyl acetate(CAS No. 111-15-9).
- Price KS, Waggy GT, Conway RA (1974). Brine shrimp bioassay and seawater BOD of petrochemicals. *Journal (Water Pollution Control Federation)* 46(1): 63-77.
- Slesinski RS, Guzzie PJ, Tyler TR (1988). Cytotoxicity and genotoxic potential of ethylene glycol monoethyl ether acetate in a battery of short term test systems. *Environ Mol Mutagen* 11: 97.
- Smyth HF, Seaton J, Fischer L (1941). The single dose toxicity of some glycols and derivatives. *J Ind Hyg Toxicol* 23: 259-268.
- Smyth HF, Carpenter CP, Shaffer CB (1947). The toxicity of high molecular weight polyethylene glycols; chronic oral and parenteral administration.

- Journal of the American pharmaceutical association 36(5): 157-160.
- Sohnlein B, Letzel S, Weltle D, Rudiger HW, Angerer J (1993). Occupational chronic exposure to organic solvents. XIV. Examinations concerning the evaluation of a limit value for 2-ethoxyethanol and 2-ethoxyethyl acetate and genotoxic effects of these glycol ethers. Int. Arch. Occup. Environ. Health 64: 479-84.
- Stott WT and McKenna MJ (1985). Hydrolysis of several glycol ether acetates and acrylate esters by nasal mucosal carboxylesterase *in vitro*. Fundamental and applied toxicology : official journal of the Society of Toxicology 5(2): 399-404.
- Truhaut R, Dutertre-Catella H, Phu-Lich N, Huyen VN (1979). Comparative toxicological study of ethylglycol acetate and butylglycol acetate. Toxicology and applied pharmacology 51(1): 117-127.
- US EPA (2010). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for 2-Ethoxyethanol Acetate. EPA/690/R-10/013F. Cincinnati.
- WHO (2009). Selected alkoxyethanols: 2-Ethoxyethanol and 2-propoxyethanol. Concise International Chemical Assessment Document 67.
- Zissu D (1995). Experimental study of cutaneous tolerance to glycol ethers. Contact Dermatitis 32(2): 74-77.
- 奥田あゆみ, Nevil G, 近藤雅臣 (1991). 水圏の微生物による化学物質分解シミュレーション試験法: TOC Die-Away法. 衛生化学 37: 363-369.
- 通商産業省 (1976). 通商産業公報(1988年5月28日), 製品評価技術基盤機構, 化学物質管理情報. (<http://www.nite.go.jp>から引用).
- 環境省 (2002a). 2-エトキシエチルアセタートの藻類(*Selenastrum capricornutum*)に対する繁殖阻害試験(クレハ分析センター, 試験番号:2001-生43, 2002年 3月 26日).
- 環境省 (2002b). 2-エトキシエチルアセタートのオオミジンコ(*Daphnia magna*)に対する急性遊泳阻害試験(クレハ分析センター, 試験番号: 2001-生44, 2002年 3月 26日).
- 環境省 (2002c). 2-エトキシエチルアセタートのオオミジンコ(*Daphnia magna*)に対する繁殖阻害試験(クレハ分析センター, 試験番号: 2001-生45, 2002年 4月 10日).

環境省 (2002d). 2-エトキシエチルアセタートのヒメダカ(*Oryzias latipes*)に対する急性毒性試験(クレハ分析センター, 試験番号: 2001-生46, 2002年 3月 26日).

부록 (Appendix)

표 1. 2-EEA의 물성정보

항목	값
분자량(g/mol)	132.1
녹는점(°C)	-61.7
옥탄올/물 분배계수	1.7378
증기압(Pa)	2.70E+02
증기압 측정온도(°C)	20
물용해도(mg/L)	2.29E+05
물용해도 측정온도(°C)	20
생분해도	readily biodegradable
유기탄소 분배계수(L/kg)	1.39E+01
STP 사용여부	No

표 2. 2-EEA의 노출 시나리오에 따른 배출정보

노출 시나리오	Site No.	취급특성			국지적 배출량 (톤/년)		
		계	취급량(톤)	조업일수(일)	대기	수질	토양
ES1	1	805.04	805.04	250	0.2520	0.0000	0.0000
ES2	2	1424.8	128	233	0.1194	0.0000	0.0000
	3		177	200	0.3204	0.0000	0.0000
	4		177	200	0.2549	0.0000	0.0000
	5		250	200	0.3600	0.0000	0.0000
	6		232.2	60	0.0210	0.0000	0.0000
	7		232.2	60	0.0180	0.0000	0.0000
	8		160	100	0.0170	0.0000	0.0000
	9		8	60	0.0330	0.0000	0.0000
	10		60.4	36	0.0177	0.0000	0.0000
ES3	11	108	54	150	0.5071	0.0000	0.0000
	12		54	150	0.4903	0.0000	0.0000

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%, EC₅₀) : 일정 시험기간 동안 통계적으로 시험생물 수의 50%가 독성영향을 받는 농도를 의미함
16. 반수치사농도(Lethal Concentration 50%, LC₅₀) : 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