

# 화학물질 노출 시나리오에 대한 이해



산업안전보건연구원 화학물질센터 화학물질정보팀 / 이 종 한

## 화학물질 ‘노출 시나리오’ 정의 및 개요

국내에서 화학물질관리제도와 관련하여 ‘노출 시나리오(Exposure Scenario)’라는 용어가 사용되게 된 것은 그리 오래된 과거가 아니다.

때문에 “노출 시나리오가 무엇인가?”에 대해서는 지금도 일부 전문가 그룹과 대기업의 관련업무 담당자 몇몇을 제외한 대부분의 중소규모 사업장에서 화학물질 관리를 담당하고 있는 안전관리자, 보건관리자 및 산업위생 전문가들에게조차도 생소한 용어임에는 틀림이 없다.

따라서 이 기회에 화학물질 ‘노출 시나리오’에 대한 이해를 돕고자 하였다.

‘노출 시나리오’는 유럽연합(European Union, EU)에 의해 2007년 6월 1일 발효된 강력하고 광범위한 신(新)화학물질관리 제도인 REACH(Registration, Evaluation,

Authorization and Restriction of Chemicals) 법령에서 ‘전과정(life-cycle)동안 물질이 제조되거나 사용되는 방법과 제조자 혹은 수입자의 통제방법 또는 하위사용자에 대한 물질통제 권고방법 그리고 인간과 환경에 노출되는 과정에 대해 여러 가지 조건을 설정하여 기술(description)해 놓은 것을 의미한다. ‘노출 시나리오’의 내용이 적절하다면, 해당 시나리오는 단일 특정 공정(process)이나 그 용도 또는 몇 가지 공정들이나 해당 용도들을 커버할 수도 있다고 정의하고 있다.

REACH에 따르면 EU에서 연간 1톤 이상 제조 또는 수입되는 화학물질에 대한 등록이 의무화되어 화학물질별로 등록 번호를 발급 받아야만 한다.

특히, 유럽에서 제조 및 수입되는 10톤 이상의 모든 화학물질(혼합물 및 일부 완제품 중 화학물질 포함)에 대해서는 화학물질 안전성 평가(Chemical Safety Assessment,

CSA)를 수행하고 그 결과물로 화학물질 안전성 보고서(Chemical Safety Report, CSR)를 작성·제출해야 한다.

또한 이들 물질 중에서 위험한 물질 또는 잔류성, 생물농축성 및 독성물질(Persistent, Bioaccumulative and Toxic, PBT) 혹은 고잔류성 및 고생물농 축성 물질(very Persistent and very Bioaccumulative, vPvB)로 분류되는 경우에는 CSR의 핵심 요소로, 화학물질 노출 예측 평가를 위한 기초자료인 ‘노출 시나리오’를 작성하여 제출할 것을 요구하고 있다.

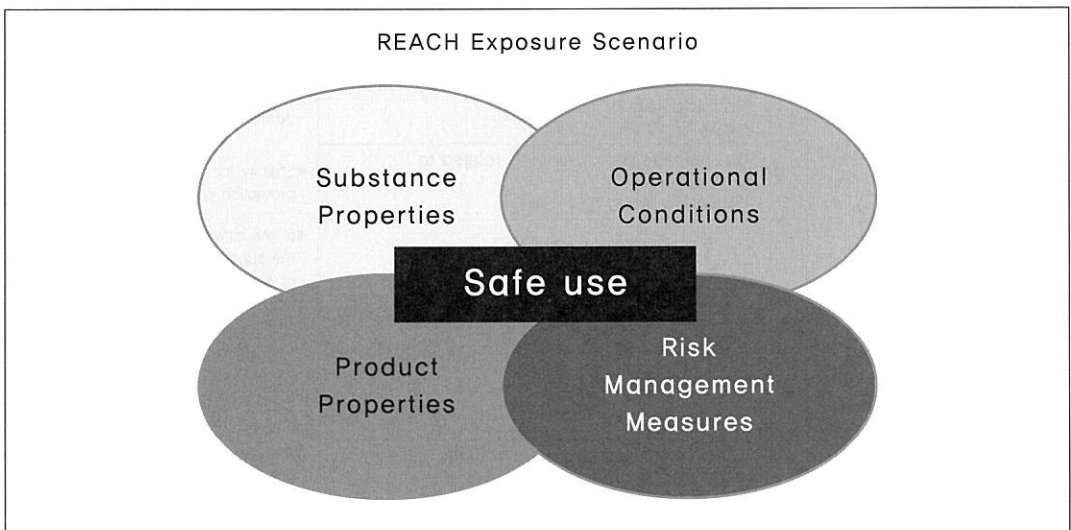
또한, 산업현장에서 화학물질 취급 근로자에게 안전한 화학물질 사용을 위한 관련 정보의 공유 및 제공 수단으로 사용되고 있는 물질안전보건자료(Material Safety

Data Sheet, MSDS)의 부속서로 ‘노출 시나리오’를 첨부토록 하고 있다.

### 노출 시나리오 핵심요소

REACH 법령에서의 ‘노출 시나리오’는 공정 작업조건 및 위해도 관리 대책(Risk Management Measure, RMM)을 포함하는 정보들의 집합체 개념이며, ‘노출 시나리오’에 포함되는 핵심요소는 <그림 1>과 같이 화학물질 특성, 작업조건(Operational Conditions, OCs), 제품특성과 RMM으로 구성된다.

‘노출 시나리오’에 포함되는 주요 정보는



<그림 1> 노출 시나리오 핵심 요소

물질의 제조공정, 물질의 전과정 동안의 용도, 물질의 안전한 사용을 위한 취급 정보와 인체 및 환경노출정보가 있으며, 이러한 정

보를 기초로 '노출 시나리오'의 구성은 부분 1(노출 시나리오의 개요), 부분 2(용도에 대한 작업조건), 부분 3(RMM)과 부분

		Exposure Scenario		
Summary of ES 총괄 개요	1	Short title of the exposure scenario ES의 요약 제목		
	2	Processes and activities covered by the exposure scenario ES로 커버되는 공정과 작업		
Operational Conditions of Use 용도에 대한 작업 조건	3	Duration and frequency of use 사용 시간 및 빈도		◀Specify for worker, consumers, environment
	4.1	Physical form of substances or preparation; surface to volumn ratio of articles 물질과 혼합물의 물리적 형태; 완제품의 용적 비율		◀Gas, liquid, powder, granules, massive solids: Surface area per amount of article containing the substance
	4.2	Concentration of substance in preparation or article 혼합물과 완제품 내의 물질 함량		
	4.3	Amount used per time or activity 단위 시간 또는 작업 당 사용량		◀Specify for worker, consumers, environment
	5	Other relevant operational conditions of use 용도에 따른 기타 주요 OCs		◀temperature, pH, mechanical energy input; capacity of receiving environment (e.g. water flow in sewage/river; room volume x ventilation rate); wear and tear with regard to articles; conditions related to service-life-time
Risk Management Measures 위해도 관리 대책	6.1	Risk management measures related to human health(workers or consumers) 인체에 대한 위해도 관리 대책		◀Specify for oral, inhalation, and dermal route
	6.2	Risk management measures related to environment 환경에 대한 위해도 관리 대책		◀Specify for waste water, waste gas, protection of soil
	7	Waste management measures 폐기물 관리대책		◀at the different life cycle stages of the substances (including preparation or articles at the end of service life)
Information on estimated exposure and DU guidance 노출정보 및 하위사용자 지침	8	Exposure estimation and reference to its source 노출량 산정 및 참고문헌		◀Estimation of exposure resulting from the conditions, 3-7; make reference to the exposure assessment tool applied; specify for routes of exposure; specify for worker, consumers, environment
	9	Guidance to DU to evaluate whether he works inside the boundaries set by the ES 하위사용자의 용도포함 여부 평가 지침		◀Guidance regarding whether DU operates within the conditions set in the ES

〈그림 2〉 최종 노출 시나리오의 표준 형식

4(노출정보 및 하위사용자 지침)의 네 개 부분으로 나눌 수 있다.

‘노출 시나리오’의 네 부분은 9개의 세부 항목으로 분류되며, 각 세부 항목과 항목별 설명은 <그림 2>와 같다.

화학물질 ‘노출 시나리오’ 작성의 핵심은 <그림 2>의 8번 항목인 ‘노출량 산정’인데 이 과정은 ‘화학물질 특성’, ‘공정 및 제품 특성’과 ‘환경특성’ 등의 입력변수를 기초로 인체(근로자, 소비자) 및 환경에 대한 노출량을 산정하고 위해성 평가(risk assessment)를 수행하는 것이다.

위해성 평가에 사용하는 노출량 산정 프로그램(exposure estimation tool)으로는 ECETOC TRA(European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Targeted Risk Assessment), Stoffenmanager, RISKOFDERM, EUSES(European Union System for the Evaluation of Substances) 및 Chesar(CHEmical Safety Assessment and Reporting tool) 등이 있으며 이 중에서 평가 목적에 적합한 것을 선택해서 활용한다.

‘화학물질 특성’에는 물질의 분자량, 녹는점, 끓는점, 증기압, 용해도, 분해성 및 분진 정도 등이 포함될 수 있으며, ‘공정 및

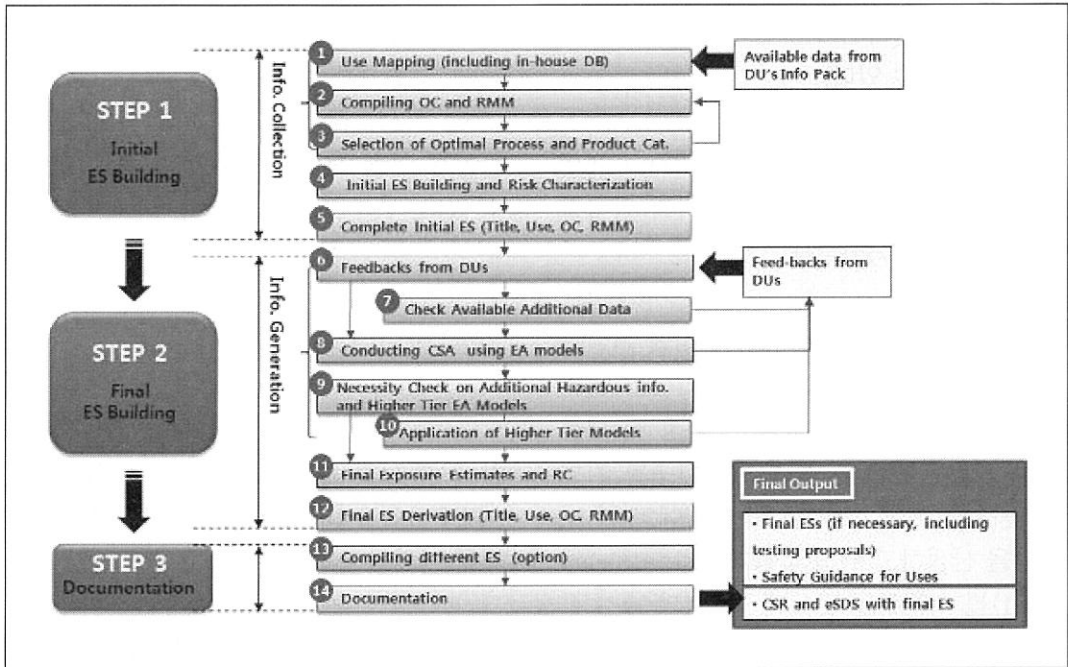
제품 특성’에는 공정의 유형, 화학물질 사용량, 노출시간 및 사용빈도 등이 포함되며, ‘환경 특성’에는 배출환경 및 생물학적 노출인자 관련 정보 등이 입력변수로 활용될 수 있다.

### 노출 시나리오 작성 과정

‘노출 시나리오’를 작성하는 과정은 <그림 3>에서와 같이 STEP 1, STEP 2와 STEP 3으로 대별되며, 구체적으로는 14단계를 거치게 된다.

STEP 1은 ‘초기(initial) 노출 시나리오’를 개발하는 과정으로 공급망 내의 일반적인 용도 정보를 파악하여 용도맵을 작성하고 용도에 대한 작업조건과 적용하고 있는 RMM, 관련 제조공정, 제품특성 및 취급정보 등을 기술하며, 사내 정보를 중심으로 하위사용자(Downstream User, DU)로부터 확인 가능한 정보를 기초로 ‘초기 노출 시나리오’를 작성하게 된다.

STEP 2에서는 STEP 1에서 작성된 ‘초기 노출 시나리오’의 결과를 DU와의 정보 교류를 통해 얻어진 정보를 반영하여 개정하고, 특정 용도에 대한 포함 여부를 결정하여 ‘최종 노출 시나리오’를 개발하게 된다. 여기서는 DU로부터 추가로 확보한 정보를



〈그림 3〉 단계별 노출 시나리오 작성 과정

기초로 노출평가 및 위해성 평가를 수행할 수 있으며, 평가 결과 위해도가 충분히 통제된다면 작성된 ‘노출 시나리오’가 ‘최종 노출 시나리오’로 확정되지만 위해도가 충분히 통제되지 않는 경우에는 추가적으로 작업조건 및 RMM 등을 반복해서 수정하는 과정이 요구된다.

다시 말하면, ‘초기 노출 시나리오’ 내용에 기술되어 있는 내용(예를 들면, 작업 공정, 작업조건, 작업시간이나 취급 빈도, RMM 등)을 수정하거나 보다 상세한 노출 평가 등을 위해도가 충분히 통제될 때까지 반복하여야 한다.

마지막 단계인 STEP 3에서는 ‘최종 노출 시나리오’가 MSDS의 부속서로 포함되어 화학물질 유통 시 DU에게 전달될 수 있도록 최적화된 ‘노출 시나리오’를 문서화한다.

### 위해도 관리 대책 (Risk Management Measure, RMM)

RMM이란 화학물질의 물리화학적 거동 특성 때문에 발생하는 노출현상이 인체 건강 및 환경상의 유해한 수준을 초과하는 경

우에 이를 제한하거나 저감시키기 위해서 조치해야 하는 위해도 관리 대책으로 정의하며, RMM도 OCs와 마찬가지로 노출량 산정을 결정하는 주요 요인 중의 하나이다. 노출평가 프로그램을 이용한 노출량 산정 시에 실질적으로 화학물질 본래의 유해성을 저감시키는 방법은 매우 어렵기 때문에 OCs와 RMM의 수정 및 반복적인 보완작업을 통해 노출량을 제어하는 것이 유효한 방법이다.

RMM에는 개인 보호구(Personal Protect Equipment, PPE), 자동화 설비 및 국소 배기 장치(Local Emission Ventilation, LEV) 등의 다양한 노출저감 대책이 포함되어 있으며, 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)와 영국산업보건안전청(Health and Safety Executive, HSE)에서 RMM 라이브러리를 제공하고 있다.

### 국내 실정에 맞는 ‘노출 시나리오’ 작성을 위한 준비

REACH의 시행과 더불어 해당 국가별로

자국의 실정에 맞는 유사 REACH 제도의 도입을 적극 추진하는 등 국제적인 화학물질 제도 강화 추세에 따라 국내의 사업장에서도 ‘노출 시나리오’의 작성이 불가피할 것으로 예측된다.

특히, REACH에서는 산업체 스스로가 필요한 자료를 생산하고 평가함은 물론 과학적인 근거에 기초하여 화학물질을 관리하고 습득된 정보를 DU에게 전달하여야 하는 의무를 부여함에 따라 화학물질 관리에 대한 사업장의 부담은 더욱 가중되었다고 하겠다.

하지만 아직 국내에서 개발된 노출평가도구가 없기 때문에 외국의 것을 그대로 사용할 수밖에 없고 그 프로그램의 운용을 위해 입력하는 변수 등이 외국의 실정을 반영한 것이어서 과소평가의 요인이 될 수 있기 때문에 제대로 된 ‘노출 시나리오’를 작성하기가 어려운 실정이다.

따라서 우선적으로 국내 산업현장 실정에 맞는 입력변수 등을 반영한 한국형 노출평가도구의 개발 및 보급 방안 수립 등 추가적인 연구의 수행과 준비를 필요로 한다. ☞

### ☉ 참고 문헌

1. 이종한 등, 노출 시나리오 작성을 위한 노출량 산정 기법 개발에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2010
2. 이종한 등, 한국형 노출 시나리오의 제도화 및 사업장 적용방안 연구, 산업안전보건연구원, 2011
3. 최은경 등, 유럽 신화학물질관리제도의 eSDS에 첨부되는 노출 시나리오 작성법 개발 동향. 청정기술 제17권 제4호, 2011, pp. 285~299
5. Guidance for the Implementation of REACH, "Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Part B: Hazard Assessment," Vers. 1.1, European Chemicals Agency, Helsinki, October, 2008.
6. Guidance for the Implementation of REACH, "Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Part D: Exposure Scenario Format," European Chemicals Agency, Helsinki, May, 2010.