

## 실시간 기상정보를 이용한 화학공장에서의 사고대응시나리오 생성 시스템

임차순\*, 고재욱  
광운대학교 화학공학과  
(csim@me.go.kr\*)

### Accident Response Scenario Generation System in Chemical Plants Using Real-time Meteorological Information

Cha Soon Im\*, Jae Wook Ko  
Dept. of Chemical Engineering, Kwangwoon University  
(csim@me.go.kr\*)

#### 서론

현대의 화학공장에서는 소비자의 요구를 충족시키기 위한 생산품 생산 및 제품의 고급화, 규격화 등으로 인하여 공정 및 설비가 더욱 복잡해지고, 공정운전조건이 세분화됨으로써 고온, 고압에서 사용·취급·저장되는 화학물질의 특성으로 인하여 대규모의 잠재 위험 요소가 증가하는 현실이다.

국내에 유통되는 유해화학물질은 2003년 3월 현재 537종이 지정되어 있고, 매년 100만 톤 이상 유통량이 증가하고 있어 유해화학물질 누출에 의한 중대사고 발생 가능성 및 사고결과의 피해범위가 증가되고 있는 상황이며 매년 50여건의 크고 작은 사고가 발생하고 있다.

미국에서 발생한 911테러 이후, 국내·외적으로 테러에 큰 관심을 가지고 있으며 특히, 유해 화학물질의 원료를 대규모로 취급하는 화학공장 및 인구밀도 높고 사고규모 큰 관심대상시설에서의 화학테러에 대한 발생 가능성이 급증하고 있는 추세이다.

미국의 경우, 환경청(Environmental Protection Agency)의 위험관리계획보고서(Risk Management Programs)에 의하면 독성물질을 생산, 저장, 취급, 사용하는 많은 화학공장들이 취약한 경계대세 및 유독물 관리감독 소홀 등으로 인하여 테러집단의 공격이나 절취시도의 위협에 무방비 상태에 있으며, 화학공장에 대한 보안 수준 및 인력 관리 그리고 유독물 차량 관리에 있어 많은 문제점을 제시하고 있다.

위험관리계획보고서를 제출한 수백개의 화학공장에서는 유독물 누출사고가 발생할 경우, 독성물질이 반경 21km 이상 확산 될 것으로 평가되었으며, 2000여개의 화학공장에서 사고가 발생하게 된다면 최고 수십만명에게 치명적인 영향을 미칠 것으로 분석하고 있다.

그러므로 화학물질의 물리·화학적 특성 및 고온, 고압에서 운전하는 화학공정 운전조건, 예측하기 어려운 테러 발생 상황을 고려할 때 화재, 폭발 및 독성가스 누출 등의 중대사고가 발생할 경우 수반되는 인명, 재산상의 손실 그리고 주변지역 및 대기, 수질, 토양 등의 환경에 심각한 영향을 미치며, 막대한 경제적 손실과 사회적 혼란을 야기할 수 있다.

따라서, 화학공장의 잠재 위험 요소 및 테러에 의한 위험성 그리고 유해화학물질의 유통량 증가로 인한 전반적인 화학물질 중대사고에 대해서 체계적으로 대응하기 위해서는 기상통계자료를 활용하여 피해예측을 수행했던 기존의 프로그램의 한계를 벗어나 실시간

기상정보를 통하여 사고지역의 피해영향범위를 실시간으로 예측할 수 있는 사고시나리오를 생성하여 지속적인 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

## 본 론

### 1. 기상예측모델(RAMS)

RAMS(Regional Atmospheric Modeling System)는 콜로라도 대학, 듀크 대학, Mission Research 주식회사의 과학자들이 공동 개발한 상용모델로써 기상현상에 대해 모의 실험을 통하여 기상을 예측하고, 그 결과를 모사하기 위해서 개발한 고성능 다목적 수학적 코드이며, 기상예측에서부터 대기질 규제 및 관측까지의 중규모 대기 현상을 시뮬레이션하기 위해서 사용되는 기상예측모델이다.

RAMS 초기 버전이 개발한 이후로 자료 신뢰도, 계산시간, 기술지원, 원시 프로그램 제공 등 지속적으로 개발이 되고 있으며 특히, RAMS는 대기확산모델 입력용 상세 기상장 생산에 강점이 있는 것으로 증명된 모델로 전세계적으로 30개국 이상 140여 곳에서 설치되어 많은 사용자가 폭넓게 사용하고 있다.

### 2. 사고결과분석(Consequence Analysis)

사고결과분석(Consequence Analysis)이란 위험물질의 누출에서 인체나 건물에 미치는 영향을 다양한 각도로 평가하는 방법을 말한다.

누출모델 단계는 위험물질의 누출이 발생할 경우 위험물질의 누출 속도, 총 누출량, 누출 시간 등을 계산하는 단계이며, 확산 모델 단계는 위험 물질의 누출에 의한 피해 거리와 그에 따른 위험 수준을 계산하는 단계이다. 그리고 영향 모델 단계는 누출된 위험 물질에 대한 개인적 위험 및 사회적 위험을 산출하는데 있어서 자료를 제공한다.

그림 1은 위험 물질의 누출시 피해 결과 모델에 대한 Logic을 나타내고 있다.

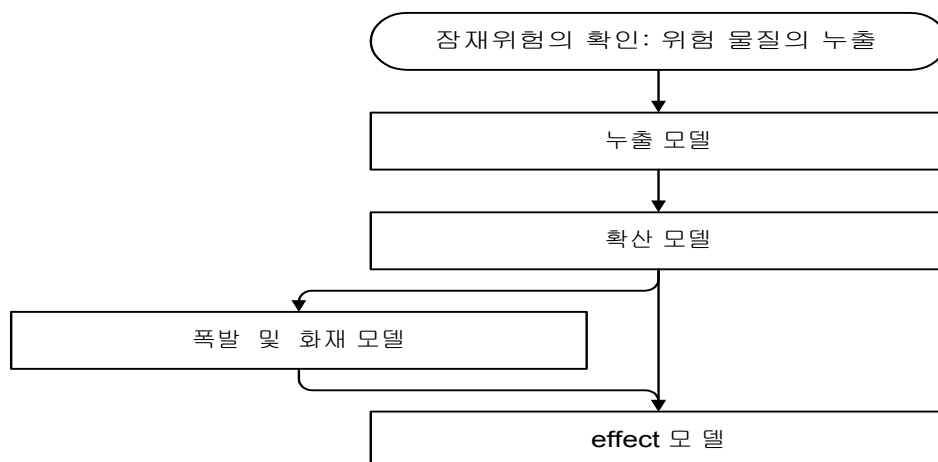


그림 1. 위험물질 누출에 따른 피해 결과모델에 대한 logic

### 3. 사고시나리오 선정 방법

일반적으로 사고시나리오를 선정하는 방법은 크게 정성적 방법, 정량적 방법, 그리고 과거의 사고데이터를 이용하여 결정하는 방법 등으로 나눌 수 있다.

정성적인 방법에는 체크리스트, HAZOP analysis나 What-if analysis와 같은 방법들이 사용될 수 있으며, 정량적 방법에는 Event Tree Analysis(ETA)와 같은 방법으로 원인에 대한 결과를 추론할 수 있다. 또한, 과거의 사고데이터를 이용하는 방법으로 과거 5년 정도 내에서 유사공정에 대한 사고사례를 분석하여 이를 가상 시나리오로서 활용하는 것이다. 사고 시나리오 선정 및 생성시 대체적으로 사고 결과는 화재, 폭발, 누출(독성/가연성, 순간누출/연속누출) 형태를 고려하여 직접적인 원인에 따른 사고결과를 표출하는 것으로 시나리오를 선정하거나 생성하게 된다.

이때, 최악의 시나리오는 정성적 위험성 평가 방법을 통하여 위험성이 높은 잠재위험을 확인하고 사고결과분석을 통하여 화재, 폭발, 독성가스누출 등의 가장 많은 피해영향을 미칠 수 있는 사고를 최악의 사고시나리오로 선정하게 되며, 대안적인 사고시나리오는 최악의 사고시나리오에 비하여 잠재 위험성이 적으나 사고 발생 가능성이 있는 사고를 고려하여 선정하게 된다.

최악의 시나리오는 물질의 종류, 운전조건, 기상조건, 저장량에 의해서 사고 형태가 구분되며, 사고위치에서 피해영향범위를 표출하게된다. 최악의 시나리오에 의해서 표출된 사고영향범위를 고려하여 사고피해규모를 최소화 할 수 있도록 사고대응체계를 수립한다.

### 4. 기상정보를 이용한 사고대응 시나리오 생성 시스템

기상정보를 이용한 사고대응 시나리오 생성 시스템은 유해화학물질로 인한 대형 사고 및 화학테러 발생시 인적, 물적 손실 그리고 환경에 대한 피해 영향을 최소화하기 위하여 초동대응기관의 사고 대응 관계자들이 포괄적으로 활용 할 수 있도록 GIS기반에 사고대응정보를 표출할 수 있도록 구축하였으며, 24시간 예측기상정보를 실시간으로 생성하는 기상정보생성모듈, 소스 모듈을 통한 초기위험도평가 및 상세확산평가를 수행하는 대기 확산예측모듈, GIS를 기반으로한 사고대응시나리오 및 사고대응정보 DB 모듈로 구성되었다.

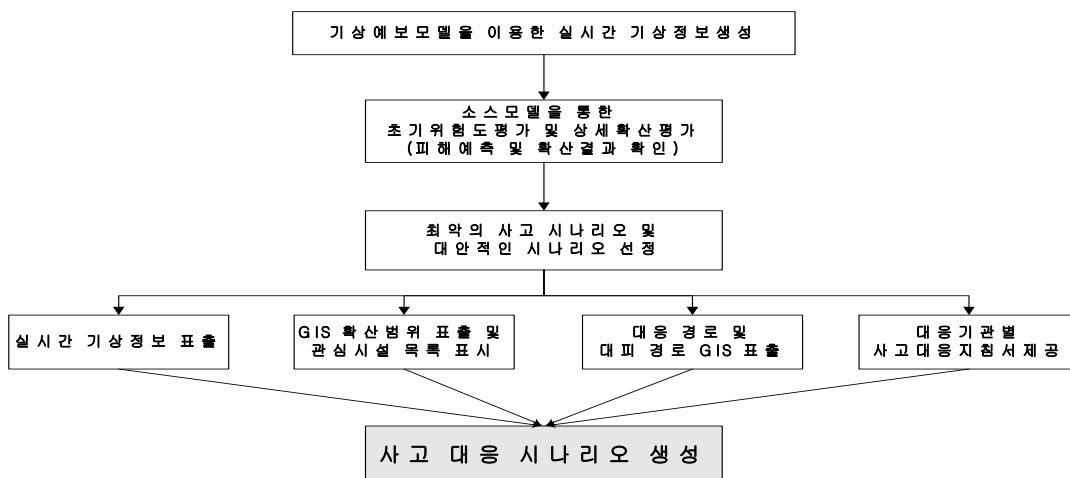


그림 2. 사고대응시나리오 생성 절차

## 5. 사례연구

사례연구는 화학공장 설비에서의 화학사고 및 관심대상시설을 통한 화학테러를 선정하였으며, 본 연구에서 개발한 사고대응 시나리오 생성 시스템을 이용하여 현지의 실시간 기상정보를 생성하고, 체크리스트를 통하여 잠재 위험성 및 사고발생가능성이 높은 공정 및 대상물에 대해서 소스모듈을 이용한 초기위험도평가 및 상세확산평가를 통하여 위험성 평가 결과에 의해서 최악 및 대안적인 시나리오를 생성·등록한다.

등록된 사고대응시나리오는 GIS기반에서 실시간 기상정보, 확산 정보, 대응경로 및 대피경로 등의 정보를 자동적으로 표출함으로써 소방서, 군부대, 경찰 등의 초동대응기관에서 효과적으로 사고에 대응하여 사고규모 및 인명, 재산피해를 최소화 할 수 있는 시스템을 제시한다.

## 결론

본 연구에서는 유해화학물질에 대한 화학사고 및 테러 발생시 인적, 물적 손실 그리고 환경에 대한 피해 영향을 최소화하기 위하여 초동대응기관(환경, 소방, 군부대, 경찰 등) 등의 사고대응 관계자들이 포괄적으로 활용 할 수 있도록 실시간 확산예측프로그램 및 사고대응정보 DB 구축을 통하여 사고대응시나리오를 생성할 수 있는 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템은 화학공장 및 관심대상시설에서의 잠재위험성을 고려하여 기상정보생성모듈, 소스모듈을 통한 GIS 기반의 시나리오생성(초기위험도평가), 상세확산평가, 사고대응 DB 등을 이용하여 사고 가능성이 높은 최악의 시나리오와 대안적인 시나리오를 선정·등록하여 초동대응기관에서 효과적으로 신속하게 사고에 대응할 수 있도록 개발함으로써 화학테러 및 화학사고시 인적, 물적 손실의 사고피해영향을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

1. AIChE/CCPS, Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, New York, 1989.
2. AIChE/CCPS, Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, New York, 1994.
3. EPA, Guidance on The Application of Refined Dispersion Models to hazardous/Toxic Air Pollutant Release, 1993.
4. 국립환경연구원, 화학물질안전관리센터, 화학물질사고대응요령교육, 2002. 5.
5. 국립환경연구원, 화학물질안전관리센터, 화학사고예방핸드북, 2002. 5.
6. 환경부, 유해화학물질사고예측기법 및 대응시스템개발, 환경기술연구개발사업, 2001.