한국대기환경학회 2006 추계학술대회 논문집
Proceeding of the 43rd Meeting of KOSAE(2006)
Korean Society for Atmospheric Environment

1D3) 유해화학물질 사고시 활용되는 초기확산모델(SLAB)의 기상 민감도 수치실험

Model Sensitivity Study on Various Ambient Meteorological Conditions Using SLAB for Hazardous Chemical Accidents

유정아 · 황만식 · 천광수 · 권용호 · 문지영 · 이진선 · 윤 이 · 박춘화 · 박연신
신성일 · 조문식 · 김성범 · 김민정 · 정영희 · 최광수
국립환경과학원 환경보건안전부 및 화학물질안전관리센터

1. 서 론

현재 국립환경연구원 화학물질안전관리센터에서는 유해화학물질로 인한 환경오염사고 시 피해확산예측을 위한 실시간 대응정보를 제공하기 위해 화학물질사고대응정보시스템(Chemical Accident Response Information System, 이하CARIS)을 구축, 운영하고 있다. CARIS의 가장 큰 특징 중의 하나는 기존의 기상통계자료를 이용한 확산예측방식에서 탈피하여 실시간 기상예측정보를 초기자료로 하여 확산예측을 수행하는 것이다. 이는 실제 화학사고 발생시 현실화된 기상상태를 반영함으로서 보다 정확한 피해범위 예측을 가능케 한다. 본 센터에서는 중규모 기상모델인 RAMS 모델을 하루 2번 구동하여 1일간의 예측정보를 자동 생성하고 있다.

생성된 상세기상예측정보를 바탕으로 실제 유해화학물질 사고가 발생하면 사고발생시점에서의 기상정보 및 접수된 사고상황을 기반으로 1차적으로 초동대응기관이 현장에서 수행하는 초동조치 및 오염통제선 설치에 필요한 피해영향범위를 산정한다. 이때 사용되는 위험성 평가용 모델은 초기 대응용 정보이므로 구동시간이 짧아야 한다. 이에 유독물 누출사고시 활용 목적으로 개발된 가우시안 방식의 SLAB 확산모델이 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 현재 화학물질안전관리센터에서 개발한 CARIS 내 초기 위험성 평가용 모델인 SLAB 확산모델의 기상요소별 변화에 따른 피해영향범위 및 유해농도등급별 최대확산거리가 얼마나 큰 차이를 보이는지 알아보기 위해 여러 가지 수치실험을 수행하였다.

2. SLAB 모델

SLAB 모델은 공기보다 무거운 물질의 대기확산모사에 적합하도록 미국 Lawrence Livermore 국립연구소에서 개발한 Slab/Box모델 개념을 활용한 모델이다. 물질의 연속누출, 일정시간 누출 및 순간누출의 경우가 모두 구동가능하며, 부력에 의한 증기운 부상효과도 모사 가능하다. SLAB 모델은 화학사고로 인한 유해화학물질 누출시 비상대응을 목적으로 하기에 누출된 유해화학물질 증기운을 정상상태에서는 플룸, 천이상태에서는 퍼프로 가정하며, 증기운에 대한 공간평균을 실시하여 증기운의 거시적 인자에 대해 상미분방정식 형태의 보존방정식으로 단순화하였다. CARIS 내 포함된 SLAB모델의 경우 유해화학사고 발생시 접수된 사고상황 즉, 물질의 누출정보 및 사고유형을 지정하면 DB에 저장된 대상물질의 물성치 정보 및 유해성 등급정보와 연동하여 계산된 농도분포에 따라 최종적으로 위험지역반경, 주의지역반경 및 주민대피반경을 산정하도록 구성되어있다.

3. 실험 설계

SLAB 확산모델은 지표거칠기, 배경높이, 배경풍속, 배경온도, 상대습도, 대기안정도 등의 입력변수를 가지며, 이들 중 주요한 기상변수는 풍속과 대기안정도이다. 대기안정도는 Pasquill-Gifford 안정도 및 지표마찰효과가 고려된 Monin-Obukov 거칠기길이로 표현가능하며, 여기서는 전자의 안정도 방식을 따른다. Pasquill-Gifford 대기안정도는 낮의 경우 태양의 고도각에 대한 구름양과 풍속과의 관계, 밤의 경

우 구름양과 풍속과의 관계로부터 정의된다. 또한 풍속이 강한 경우(>6m/s)에는 대기안정도는 중립이다. 단 이 경우 구름양 2.4 이하의 맑은날은 제외된다.

SLAB 확산모델의 기상변수에 따른 농도별 피해확산거리 변화를 알아보기 위해 대기안정도와 풍속의 변화를 가정한 수치실험을 수행하였다.

첫 번째 수치실험에서는 일정한 풍속(2.5m/s)에서의 대기안정도 변화에 따른 농도별 최대피해확산거리를 계산하였다. 대기안정도는 매우불안정, 불안정, 약간불안정, 약간안정, 안정의 5가지 경우로 변화시켰다.

두 번째 수치실험에서는 대기안정도가 중립일 경우 풍속변화에 따른 농도별 최대피해확산거리를 계산하였다. 풍속은 3m/s, 4m/s, 5m/s, 6m/s, 8m/s, 10m/s 그리고 15m/s로 변화시키면서 피해확산거리의 변화를 알아보았다.

4. 결과 및 고찰

대기안정도 및 풍속 변화에 따른 농도별 피해확산거리는 그림 1, 2 에서와 같다.

일정한 풍속을 가정했을때 대기안정도 변화에 따른 피해확산거리는 확산이 용이한 매우불안정한 대기상태일 때에 비해 대기가 안정한 경우 수km이상까지 먼 거리를 나타내었다. 또한 대기안정도가 중립일 경우 풍속변화에 따른 피해확산거리는 풍속이 약한 경우 더 먼 거리를 나타내었으나 대기안정도 변화에 따른 거리변화보다는 적은 차이를 보였다.

본 수치실험을 통해 대기가 안정할수록, 풍속이 약할수록 피해확산거리가 길어지는 일반적 사실을 다시 한번 확인하였다. SLAB모델의 경우 피해확산범위가 기상변수 중 특히 대기안정도 변화에 민감함을 알 수 있었다. CARIS 내 SLAB의 경우 Pasquill-Gifford 안정도 산출방식을 따르므로 지형효과가 야기하는 불안정요소가 반영되지 않은 단점이 있으나 대기안정도의 변화에 따라 동일한 조건, 동일한 양의 유해화학물질의 누출에도 불구하고 주민대피가 요구되는 피해확산범위가 많게는 수km이상 차이날 수 있음은 기상요소 중 특히 대기안정도가 확산평가에 매우 중요한 요소로 작용함을 반증한다.

본 연구를 통해 도출된 결과는 실제 사고발생시 대응정보 생산 뿐 아니라 유해화학사고를 대비한 비상대응계획 수립시 중요한 고려사항이 될 것이라 사료된다.

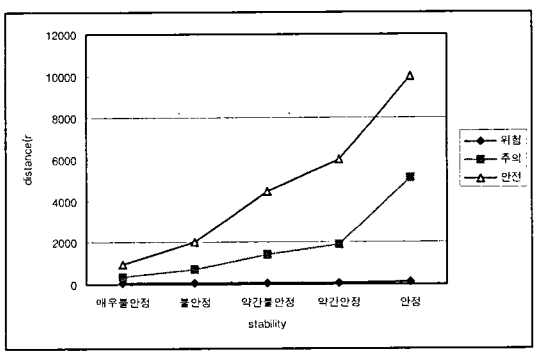

Fig. 1. dispersion distances for varying atmospheric stability.

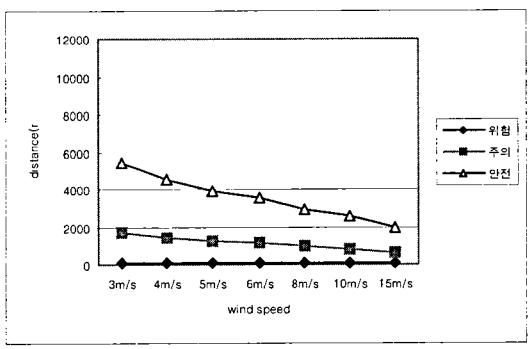

Fig. 2. dispersion distances for varying wind speed.

참 고 문 헌

Donald L. Ermak (1990) USER'S MANUAL FOR SLAB : Atmospheric Dispersion Model For Denser-Than-Air Releases.