

PS31(DR29) 바람장의 공간적·시간적 해상도가 유독물질 확산에 미치는 영향

Effect of Spatial/Temporal Resolution of Diagnostic Wind Field on Toxic Substance Dispersion

김영성, 오현선, 김병욱, 김종수

한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서론

여천지역은 화학물질 누출사고 등 안전 사고 발생의 잠재적 위험이 높으나 (김영성 등, 1999), 복잡한 해안선의 여수 반도 해안지역에 산을 등지고 있어 해륙풍에 의한 일 변화와 지형 조건에 따른 국지 변화 등 복잡한 형태의 바람장이 예상되는 지역이다. 이러한 지역에서의 확산현상은 환경영향평가에서 흔히 이용되고 있는 균일한 바람장 분포를 가정한 대기확산 예측과는 다른 결과를 보이며 (오현선, 김영성, 1999), 따라서 단순한 가우시안 플룸 모델을 이용한 확산 예측은 적용범위가 매우 제한적일 수밖에 없다. 또한 바람장의 변화를 모델에 반영할 수 있다 하여도, 아주 대형사고가 아닌 한 대부분 에피소드는 수십 분 내 종결될 가능성이 높으며, 이와 같은 경우 통상 1시간 간격으로 제공되는 바람장 자료는 모델 운용에 큰 도움이 될 수 없다. 결국, 시간적, 공간적으로 상세한 바람장 자료와 이를 수용할 수 있는 모델이 필요하다.

본 연구에서는 누출사고에 따른 유독물질 확산을 보다 현실적으로 취급하기 위하여 1시간 동안 수 km 범위의 확산을 가정하였으며, 진단 (diagnostic) 모델을 이용하여 바람장을 구성한 후 바람장의 시간적, 공간적 해상도가 유독물질의 이동/확산에 미치는 영향을 퍼프 모델을 이용하여 조사하였다. 연구의 초점이 바람장의 변화에 따른 유독물질의 이동/확산에 맞추어진 까닭에 대기와 같은 물질이 누출되고 확산되는 수동 (passive) 확산만을 대상으로 하였으며, 따라서 누출사고 모델에서 중요한 누출원 주변의 변화와 증기운 (vapor cloud) 확산은 고려되지 않았다.

2. 모델링 방법

여천공단을 포함한 여천군 일대 20 km × 20 km의 영역을 유독물질 확산 조사대상 영역으로 하여, 영역 중앙의 서남지역공업단지 관리공단부근 위치에 사고지점을 설정하였다. 바람장 구성을 위하여 이용한 진단모델은 3차원 오일러리안 대기질 모델인 CIT (California Institute of Technology) 모델의 일부분으로 (McRae et al., 1992), 기본 특성은 UAM (Urban Airshed Model)의 DWM (Diagnostic Wind Model) 과 동일하다. 유독물질 확산을 조사한 INPUFF (Gaussian INtegrated PUFF)는 퍼프 모델로서 수십 m 부터 수십 km까지의 이동과, 수분간의 (증기운 확산이 포함되지 않는 일반) 누출사고부터 연속 플룸까지를 취급할 수 있으며, 기상조건의 시간적, 공간적 변화를 수용할 수 있다.

바람장의 구성에는 충분히 넓게 여천지역을 중심으로 100 km x 100 km 영역의 정규지상 기상관측자료와 자동기상관측소 (AWS, Automatic Weather Station) 자료를 이용하였다. 최소단위가 1시간인 통상의 기상이나 대기질 모델링 대신 10분 간격으로 60분을 모델링하였으며, 격자 크기 역시 2~5 km 대신 1 km 이하로 500 m, 200 m, 100 m를 시험하였다. 진단 모델 바람장은 측정소별 1시간 단위 측정치를 spline 내삽하여 얻은 10 분 단위 측정치로부터 산출하였다. 유독물질은 대기와 같은 물질이 대기와 같은 조건으로 사고지점 지상 2.6 m 높이에서 10분간 위를 향하여 수직으로 지름 1 m의 누출구를 통하여 1.8 m/s로 누출되는 것을 가정하였으며, 10분 동안 배출되는 유독물질의 총량은 1톤이다.

3. 대상조건의 선정

대상조건은 사고 지점에서 가장 가까운 AWS (고유번호 A766)의 1997년 측정 자료 중 바람장의 시간적, 공간적 해상도가 중요할 것으로 예상되는 다음 세 경우로부터 선정하였다 : (A) 풍향의 변화가 심한

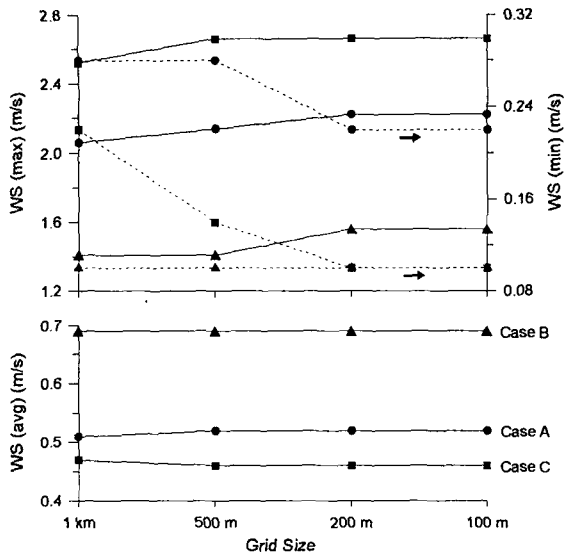


Fig. 1. Variation of wind speed in the diagnostic wind field by decreasing grid size. Case A. May 7 08:00; Case B. June 22 18:00; Case C. April 23 23:00.

경우, (B) 풍속의 변화가 심한 경우, (C) 지형에 따른 영향이 큰 경우 등. 사례 (A), (B)는 A766의 1997년 1년간 모든 측정자료를 대상으로 매 1시간 간격으로 풍향, 풍속 변화를 계산하여 비교적 변화가 큰 경우를 찾아 이상여부를 검토한 뒤, 전체 23개 관측소 자료 중 결측 혹은 이상치가 3개 이하인 경우를 1차 선정하였다. 1차적으로 선정된 경우에 대해 전후 1~2 시간의 대상영역을 중심으로 한 40 km × 40 km 영역의 바람장을 관찰하여 원하는 목적에 해당하는지를 확인한 후 최종 선택하였다. 사례 (C)는 사례 (A), (B)로써 1차 선정된 경우 중 바람장의 모습에서 사고 지점을 중심으로 지형의 영향이 크게 나타나는 사례를 선정하였다. 최종적으로 선정된 사례는 (A)의 경우 5월 7일 8~9시, (B)의 경우 6월 22일 18~19시, (C)의 경우 4월 23일 23~24 시이다.

4. 결과 및 고찰

김진영과 김영성 (1999)은 정규 지상관측 자료만을 이용하였을 때보다 훨씬 상세한 AWS 자료를 함께 이용하였을 때 대상지역 바람장의 공간 변화 폭이 커지는 것을 발견하였다. 그러나 이는 기본적으로 AWS 자료의 변화 폭이 정규 지상관측 자료보다 컸기 때문이다. 그림 1은 20 km x 20 km 대상영역에서 격자 크기를 줄였을 때 영역 내 최대, 최소, 평균 풍속 변화를 살펴본 것이다. 사례별로 조금씩 차이가 있으나, 동일한 측정치를 사용하였음에도 격자 크기가 작아질수록 최대 풍속은 커지고, 최소 풍속은 작아지는 경향을 볼 수 있다. 반면 평균 풍속은 거의 변화가 없다. 김진영과 김영성 (1999)은 동일한 영역에서 측정치가 많을 때 공간 변화 폭이 커지는 것은 주로 측정치의 영향 때문으로 보았는데, 그림 1은 계산점의 수를 증가시킬 경우 모델 자체의 기능에 의하여 계산치의 변화 폭이 커짐을 보여주고 있다.

플룸 모델이든 퍼프 모델이든 가장 보편적인 것은 시간대별 누출원의 풍향, 풍속이 영역 전체에 균일하다고 가정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같이 4가지 시나리오를 설정하여 바람장의 시간적, 공간적 해상도가 오염물질의 이동에 미치는 영향을 조사하였다.

- (1) 누출원의 풍향, 풍속이 1시간 동안 영역 전체에 균일한 경우
- (2) 진단 모델에 의한 바람장이 1시간 동안 동일한 경우
- (3) 매 10분마다 변하는 누출원의 풍향, 풍속이 영역 전체에 균일한 경우
- (4) 매 10분마다 진단 모델을 이용하여 바람장을 산출한 경우

참고 문헌

김영성, 윤도형, 장영수, 문길주 (1999) 여천지역 누출사고 시나리오에 따른 인근지역 피해 분석, 한국대기환경학회지, 15, 151-158.
 김진영, 김영성 (1999) 상세한 기상관측 자료를 이용한 1997년 서울·수도권 고농도 오존 사례의 모델링, 한국대기환경학회 추계학술대회 (발표 예정), 10월 29-30일, 관동대학교.
 오현선, 김영성 (1999) 여천지역의 해륙풍 발달과 대기확산의 일변화 모사 연구, 한국대기환경학회지 (수정).

McRae, G. J., A. G. Russell and R. A. Harley (1992) *CIT Photochemical Airshed Model*.