

DR4)

SF₆ 추적자 실험을 통한 대기오염 확산 모델의 검증 및 평가

The evaluation of air pollutant dispersion model with SF₆ tracer experiment

이상미, 윤순창, 홍민선*

서울대학교 대기과학과, *아주대학교 환경공학과

I. 서론

시·공간적 제약으로 인해 오염물질의 측정만을 통해서만 전반적인 대기오염 문제에 대한 정확한 평가가 어려우므로, 대기오염 확산 모델이 대기오염의 현황 파악은 물론 장·단기 피해 가능성 및 변화 예측, 대기오염 저감 대책 수립 등에 광범위하게 사용되고 있다. 현재 우리나라에서도 대기오염 확산모델의 사용이 점점 증가하고 있는데, 비록 외국에서 개발되어 그 성능이 검증된 모델이라 할 지라도 그 모델이 우리나라 고유의 지형 특성과 이에 따른 국지 기상 특성을 잘 반영하고 있는지 여부를 검증하기 위한 추적자 실험이 필수 불가결하다 할 수 있다.

추적자 실험은 정성적 분석을 위한 실험과 정량적 분석을 위한 실험으로 대별할 수 있는데 연기(oil fog, smoke) 등 가시적인 물질은 정성적 분석에 이용되고, SF₆, perfluorocarbon(PFC), perfluoromethylcyclopentane(PMCP), perfluoromethylcyclohexane(PMCH), perfluorodimethylcyclohexane(PDCH) 등은 정량적 분석에 이용되는데, 본 연구에서는 단거리 또는 장거리 확산 실험에 적합한 SF₆를 이용하였다. 본 연구에서는 경기도 시화지구에서 SF₆를 이용한 추적자 실험의 결과를 분석하고, 이 데이터를 바탕으로 몇몇 대기오염 확산 모델들을 검증함으로써 우리나라 도시규모 모델링에 적절한 모델을 제시하고자 한다. 추적자 실험을 검증하기 위한 모델로는 Gaussian plume model인 TEM8, ISC3와, Gaussian puff model인 INPUFF(Gaussian Integrated Puff model) 그리고 서울대학교 대기과학과의 Lagrangian particle dispersion model을 사용하였다.

II. 연구내용

1. 추적자 실험

추적자 실험은 1998년 5월 31일 경기도 시화공단내의 약 10kmX10km 영역에서 오전, 오후에 각각 한시간여 동안 2회 실시되었다. 시료는 Teflon air bag(30l)을 이용하여 약 1시간동안 포집한 후 Gas chromatography를 이용하여 분석하였다. SF₆의 배출 지점과 시료 포집 지점은 그림과 같다.

2. 기상 상황

실험시의 기상장은 SF₆의 배출 지점에서 AWS(Automatic Weather Station)를 이용하여 1분 간격의 풍향, 풍속, 온도, 습도를 연속측정하였고, 대기의 연직 분포를 관측하기 위하여 오전, 오후 각각 1회씩 Radio Theodolite를 이용하여 연직 풍향, 풍속, 온도, 습도, 기압을 측정하였다. 실험 당시 우리나라는 황해상에 위치한 다소 약한 고기압의 세력권내에 위치하고 있어 전반적으로 구름 약간 끼고 풍속이 약한 기상상황을 보였으며 시화지구에서도 이 고기압의 영향으로 평균풍속 3m/s내외의 남서풍이 지속적으로 나타났다.

3. Gaussian plume model을 이용한 수치모의

본 추적자 실험에 대하여 TEM8(Texas Episodic Model 8)과 ISCST3(Industrial Source Complex dispersion model Short Model)를 이용하여 수치모의 하였다. TEM8의 경우 입력되는 기상자료의 최소 단위는 10분이지만, 10분 평균의 기상자료를 사용하는 경우, 오염물질의 배출 후 10분만에 plume이 모델링 영역내에 정상분포한다는 가정이 물리적 상황과 어긋나므로 30분 평균한 기상자료를 입력자료로 사

용하였다. ISCST3의 경우 기상자료의 최소단위가 1시간이므로 1시간 평균된 기상자료를 이용하여 1시간 평균 농도를 산출하였다.

4. INPUFF 모델을 이용한 수치모의

Gaussian puff model의 경우 배출원으로부터 puff가 비연속적으로 배출된다고 가정하고, puff의 확산식은 Gaussian plume model의 plume 확산식을 이용한다. puff의 중심위치는 puff의 궤적으로부터 산출하고 각 puff의 중심으로부터 확산식에 의해 puff의 확산을 산출한다. 따라서 puff model의 경우 plume model과 달리 기상장의 시간적, 공간적 변화를 고려할 수 있고, 배출원의 시간변화를 고려할 수 있다는 장점을 가지고 있으므로 이를 이용하여 추적자 실험을 수치모의 하였다. 기상입력 자료 중, 풍향·풍속은 1분 간격으로 연속 관측된 AWS 자료를 15분 평균하여 사용하였고 안정도는 AWS의 풍속 데이터와 인천 기상대의 일사량 데이터로부터 Pasquill-Gifford의 안정도 등급표에 의거해 산출하였고 혼합고는 Radio Theodolite로 관측된 온위의 연직분포로부터 유추하였다.

5. Lagrangian particle dispersion model을 이용한 수치모의

Gaussian puff model이 Gaussian plume model에 비하여 비정상 상태(non-steady state), 균일하지 않은(nonuniform) 기상장을 반영할 수 있다는 이점이 있으나, puff의 확산을 계산하는 과정으로 인하여 3~10분 간격 이내의 세밀한 기상장을 그대로 사용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 입력 기상장의 시·공간적 해상도에 제약이 없는 라그랑지안 모델을 사용하여 Gaussian puff model의 결과와 비교·분석하였다.

III. 결과 및 고찰

본 추적자 실험 동안 풍향은 오전실험, 오후 실험 모두 남풍 ~ 남서풍이었으므로 수치모의 결과 전반적인 확산 양상은 plume model, puff model, particle model 의 구분없이 모두 관측치와 대체로 일치하여 나타났다. 그런데 본 추적자 실험의 경우 SF₆의 배출 시작 후 약 30분이 경과한 뒤부터 공기를 포집하기 시작하여 배출 종료후 약 30분 후까지 포집하였으므로 시간에 따른 배출량의 변화가 고려될 경우 보다 정확한 수치모의가 될 수 있다. 특히 실험 장소가 지형이 평탄하고, 실험 기간동안 풍향과 풍속이 크게 변화하지 않았으므로, 배출량의 시간변화가 수치모의의 중요한 요소가 된다. 그러나 TEM8이나 ISCST3와 같은 Gaussian plume model의 경우 배출량의 시간 변화와 대기중의 이류효과가 반영되지 못하므로 최고 착지 농도 및 최고 농도 발생 지점이 관측치와 상이하게 나타났다.

