

F-7

SF₆ 추적자 실험 — II. 분석과 계획을 위한 모사 연구 SF₆ tracer study — II. Simulation for analysis and planning

오현선, 김영성, 문길주

한국과학기술연구원 환경연구센터

1. 서론

추적자 실험은 실험장소 및 기상조건에 따라 많은 영향을 받는다. 외국에서 SF₆ 추적자 실험을 실시하였던 영역을 살펴보면 배출량이 많아 배출원으로부터 40 km 떨어진 거리에서 풍향과 90° 방향으로 이동하면서 측정된 예 (Milham et al., 1986), Baxter 등(1981)과 Allwine 등 (1992)의 실험은 각각 해안가와 협곡내에서 배출원으로부터 각각 24 km, 12 km 떨어진 거리에서 측정, 그리고 때로는 2 km 이하에서 실험하였던 예 (Benner, 1985) 등이 있다. SF₆ 추적자는 단거리 또는 중거리 확산의 특성을 살펴보고자 할 때 적당하다 (Tombach, 1987). 그러므로 SF₆ 추적자 실험을 계획하고자 할 때 적합한 기상상태의 선정 및 측정영역의 선정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 INPUFF 모델을 이용하여 추적자 실험 결과와 비교분석 및 추적자 실험의 향후 계획을 위한 모사실험을 하고자 한다. 본 연구에서 적용한 INPUFF (gaussian INtegrated PUFF; Petersen and Lavdas, 1986)모델은 Gaussian plume 모델과 달리 비정상상태에 대해서도 모델링할 수 있다는 점에서 가장 큰 차이가 있다. INPUFF 모델은 가능하다면 모델링 영역내에서 균일한 바람장이 아닌 격자점마다 다른 풍향과 풍속을 고려할 수 있으며, 수십 m ~수십 km 까지 일시적인 배출 또는 연속적인 배출, 이동하는 오염원의 확산현상을 모델링할 수 있다. Puff 모델은 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기를 일정한 시간간격으로 나누어 각각의 연기덩어리(puff)를 이동, 확산시켜서 농도를 계산한 후 모든 연기덩어리의 농도를 종합하여 농도를 산출한다.

2. 연구내용

2.1 INPUFF 모델링

1992년 대덕 연구단지 둔산지역에서 실시된 4회의 추적자 실험 중 풍속이 매우 약하여 확산모델의 농도 계산치가 매우 작은 12월 9일의 실험을 제외하고, 12월 1일, 3일, 22일의 실험을 각각 실험1, 2, 3으로 구분하였다.

순간적으로 측정된 SF₆ 추적자의 농도를 대기확산모델을 이용하여 예측할 경우 sampling time의 설정을 실제 측정시간과 일치시키기에는 무리가 있어 편의상 20분 간격으로 나누어 모델링하였다. 기상 자료는 20분 간격으로 평균화된 SF₆ 추적자가 배출되는 동안은 되도록 기상조건이 일정하게 유지되도록 시간을 나누었다. 대기안정도는 B 등급이었으며, 혼합고는 5000 m 로 충분히 높게 하였다. SF₆ 추적자의 배출이 연속적이지 않고 기상 평균 시간보다 더 짧게 배출되는 경우도 있어 추적자의 배출은 5분간격으로 평균하여 입력하였다.

2.2 모사 실험

1) INPUFF 모델을 이용하여 SF₆ 추적자의 전체적인 확산모습을 살펴보기 위하여, 각 실험일의 기상조건에 대하여 추적자의 확산분포를 조사하였다. 추적자의 배출은 표 1과 같은 조건에서 연속배출되는 것으로 가정하였다.

2) 추적자 실험이 실시된 기간의 풍속을 2배 증가시켰을때와 1/2로 감소되었을 때, 풍향이 일정할 때, 그리고 대기안정도를 변화시켰을 때의 추적자의 최대 이동거리를 조사하여, 향후 추적자 실험조건을 마련하고자 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정농도와 INPUFF 모델링 결과

실제로 측정차는 계속 이동하면서 농도를 측정하였으나 모델링에서는 20분동안 일정구간에서 정지된 상태로 측정된 것으로 가정되었으므로 측정값은 연속적인 농도로 측정된 반면, INPUFF 예측농도는 20분단위로 평균된 농도이므로, 평균 시간이 나누어진 부분에서는 비 연속적으로 농도가 계산되어졌다.

실험 1일은 측정값에 비하여 INPUFF 계산치의 peak 값이 더 낮으며, peak와 peak 사이가 연결되어 지는 것을 볼 수 있다. 또한 측정하지 못하였던 구간에서도 INPUFF 모델링에 의하여 농도가 계산되었다. 그러나 측정값의 peak 위치와 INPUFF 계산에 의한 peak 위치는 거의 비슷하다.

실험 2일의 측정값이 측정한계를 넘어섰던 구간 근처에서 계산치의 농도도 매우 높았다. 그러나 측정초기의 peak에서 INPUFF 예측농도가 낮게 나타난다.

실험 3일의 측정 시작시간 부근에서 peak의 위치가 잘 맞지 않았으나, 후반에 측정한계를 넘어선 부분에서의 peak 위치는 비교적 잘 맞았다.

peak 위치가 잘 맞지 않는 경우는 순간적으로 풍향이 변하고 있음에도, 확산모델을 이용할 경우 sampling 시간동안 풍향과 풍속이 일정하다고 가정되기 때문인 것으로 생각된다.

3.2 모사 실험에 의한 추적자의 최대 이동거리

표 1 과 같은 배출조건으로부터 추적자의 확산분포를 조사하여 그림과 같이 농도와 추적자의 최대 이동거리를 조사하였다. INPUFF 계산치의 경우 0.2 ppb 의 농도는 약 5 km 범위내에서 측정가능하게 되며, 측정값과의 상관관계에 의하면 평균농도는 약 3 km 범위내에서, 최대 농도로는 약 6.5 km 범위내에서 측정가능하다.

풍속을 2배로 증가시키거나 1/2로 감소시킬 경우 0.1 ppb 이상의 농도의 확산거리는 거의 차이가 없으나 0.1 ppb 이하의 낮은 농도의 확산거리는 풍속에 비례한다.

안정도를 변화시킬 경우 안정할수록 먼거리까지 확산되며, 0.01 ppb 이하의 농도와 10 ppb 이상의 농도에서는 차이가 크지 않으나 그 사이의 농도범위에서는 확산거리의 차이가 크다.

4. 참고문헌

김영성 (1992) 에너지소비에 따른 대기환경영향 평가기법 개발(III), 한국에너지기술연구소

Allwine, K. J., B. K. Lamb, and R. Eskridge (1992) Winter-time dispersion in a mountainous basin at Roanoke, Virginia : Tracer study, Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington, pp 87-138

Baxter, R. A. (1982) A portable continuous SF₆ analyzer suitable for airborne platforms, Specialty conference on in-situ air quality monitoring.

Milham, R. C., A. H. Weber, and R. A. Sigg (1986) Mobile measurement of an atmospheric tracer, 5th joint conference on applications of air pollution meteorology with APCA.

Petersen, W. B. and L. G. Lavdas (1986) INPUFF 2.0 - A multiple source gaussian puff dispersion algorithm. User's guide. EPA/600/8-86/024.

표 1. SF₆ 배출조건

배출량	2 g/s
배출속도	4 m/s
배출높이	10 m
배출반경	0.01 m
배출가스 온도	기온과 동일

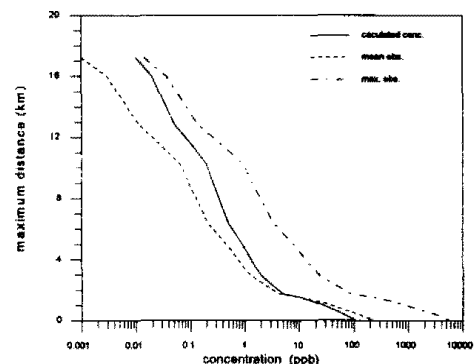


그림 1. SF₆ 추적자의 농도와 최대 이동거리