

Sensitivity Analysis of Gaussian Air Pollution Models for Complex Terrain

장 영기, 김 동영¹⁾, 전 의찬²⁾수원대학교 환경공학과, 서울대 환경대학원¹⁾, 동신대 환경공학과²⁾

1. 서론

현재 우리나라에서는 대기환경영향평가에 많은 가우시안 대기확산모형이 이용되고 있다. 그러나 주로 평탄지형을 고려한 일부모형만을 그대로 사용하고 있어서 구릉이나 산악지형이 많은 우리 실정에 맞지 않는 경우가 많다. 대기모형을 대상지역에 적용하기 위해서는 모형에 의한 예측치와 실측치의 정합도분석을 통한 보정이 이루어져야 바람직하다. 그러나 지형을 고려한 단기모형의 정합도분석에 필요한 측정자료를 얻기는 매우 어렵다. 따라서 이러한 한계 안에서는 감응도분석을 통하여 모형의 여러 입력변수의 변화에 대한 출력결과가 어떻게 민감하게 변화하느냐 하는 것을 살펴볼 수 있다. 이를 통하여 상대적으로 민감한 모형의 입력변수와 적용범위를 파악하고 대상 지역 특성에 따라 적합한 모형을 선정할 때 기초자료로 이용할 수 있다. 이를 위하여 지형을 고려할 수 있는 ISCST, VALLEY, MPTEP, COMPLEX, SHORTZ 등 5개의 대기오염모형의 감응도를 비교 분석하였다.

2. 연구 방법

감응도분석을 위한 비교 입력변수는 안정도, 지형의 높이, 풍속, 굴곡높이, 풍하거리 등이 될 수 있다. 그러나 이들 변수를 모두 비교할 경우 이에따른 조합은 매우 많아지므로 지형고려모형의 특성을 고려하여 다른 변수는 고정시키고 안정도와 지형의 높이에 따른 농도변화를 우선적으로 비교하였다. 이를 위하여 다음과 같은 배출조건을 가정하였다.

굴곡높이 : 100m, 배출속도 : 10.0 m/sec, 배출온도 : 150℃

상부직경 : 1.0 m, 배출량 : 50 g/sec

기상조건은 풍속 3.0m/sec, 기온 20℃에 혼합고는 고려하지 않았고, 안정도 D등급과 E등급을 비교하였다. 비교대상인 5개 모형의 특성은 다음과 같으며 다른 입력변수는 최대한 동일조건을 부여하였다.

ISCST는 굴곡와류현상(Stack-tip downwash)과 입자상물질의 침강(dry deposition)을 고려할 수 있다. ISCST의 가장 큰 특징은 건물와류현상(building downwash, building wake effect)을 Huber와 Snyder (1976,1977)가 제안한 방식에 의하여 고려하는 것이다. 착지점의 고도를 고려할 수 있도록 하여 단순한 지형의 영향을 고려할 수 있도록 하였다.

VALLEY는 1977년 E. W. Burt에 의하여 작성된 복잡지형(complex terrain)을 고려할 수 있는 대기 확산모형이다. 원래의 목적은 산악지형에 있는 제련소와 같은 단일배출원으로부터 24시간 평균농도를 평가하기 위한 것이다. 불안정한 상태에서는 지형의 영향을 받지 않고, 안정한 상태에서는 지형의 영향을 받는데 연기의 높이에서 부터 400m까지 점차적으로 영향이 감소하는 것으로 가정한다. 착지점은 16 방위에 대하여 7개 지점씩 112개의 고정된 방사형착지점을 가지고 있고 척도를 조절하면 지도와 같은 척도의 농도지도를 산출할 수 있다.

MPTEP은 1980년 T. E. Pierce와 D. B. Turner가 개발한 모형으로 RAMR(RAM의 rural mode)에 기초하고 있다. MPTEP의 가장 큰 특징은 지형고려계수를 이용하여 대기안정도에 따라 지형의 영향을 고려할 수 있는데 이때 고려할 수 있는 지형은 굴곡높이 이하의 지형이다.

COMPLEX-1은 1980년 복잡지형(complex terrain)을 고려할 수 있도록 개발된 단기대기모형이다. MPTEP에 기초하고 있다. MPTEP과의 차이점은 수평방향 연기확산이 22.5도 안에서 균일하게 확산된다고 가정하는 것이며 유효굴곡높이 이상인 지형의 영향까지 고려할 수 있다는 것이다.

SHORTZ는 1979년 Bjorklund와 Bowers에 의하여 작성된 복잡지형(complex terrain)을 고려할 수 있는 단기대기모형이다. Cramer(1975)에 의한 복잡지형고려방식 채택하고 있고 입자상물질의 침강(dry deposition)도 고려할 수 있으며 현지 기상조사에 의한 풍향변동지수를 이용할 수 있다.

3. 결 과

1) 지형높이에 따른 변화

풍하거리 3km에서 안정도 E등급일때 지형의 높이를 50, 100, 150, 200m로 변화시키면 각 모형에 의한 예측치는 지형높이를 고려하지 않을 때(높이 0m)에 비하여 Table 1과 같이 변한다. 이에 의하면 SHORTZ를 제외한 다른 모형들은 지형을 고려함에 따라 100배 가량의 농도증가를 보였다. 반면 SHORTZ는 지형고려에 따른 농도증가는 크지 않으나 지형높이를 고려하지 않을 때 농도가 다른 모형에 비하여 매우 높았다.

Table 1. Variations of predicted values by models for ground levels.

height(m) model	0 (ppb)	50	100	150	200
ISCST	1.0 (2.3)	20.1	110.8	110.8	110.8
MPTER	1.0 (1.6)	25.6	160.6	-	-
VALLEY	1.0 (0.8)	11.1	46.5	72.3	63.2
COMPLEX	1.0 (0.7)	20.3	112.2	163.5	142.5
SHORTZ	1.0 (138.1)	1.4	1.6	1.6	1.6

2) 안정도에 따른 변화

풍하거리 3km에서 안정도 E등급일때의 농도와 D등급일때 농도의 비율을 지형높이 0, 50, 100, 150, 200m에 대하여 살펴보면 Table 2와 같다. 이에 의하면 VALLEY는 E등급일 때의 농도가 D등급일 때에 비하여 10여배 정도 증가하며 다른 모형들은 1- 2배 정도 증가를 보였다.

Table 2. Ratios of predicted value by models in E class to D class

height(m) model	0	50	100	150	200
ISCST	0.08	0.40	1.02	1.02	1.02
MPTER	0.06	0.66	2.24	-	-
VALLEY	0.22	2.47	10.35	16.11	14.09
COMPLEX	0.06	0.54	1.65	1.62	1.41
SHORTZ	1.23	1.43	1.50	1.50	1.50

3) 풍하거리와 지형높이에 따른 비교

안정도 D등급과 E등급일때 평탄한 지형과 산악지형에서 농도를 비교하였다. 이를 위하여 풍하거리 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5km에서 지형높이가 0, 50, 100, 150, 200, 250m인 지형(Fig. 1)을 가정하고 이와 평탄한 지형에 대한 풍하거리별 농도변화를 Fig. 2 - Fig. 5와 같이 비교하였다.

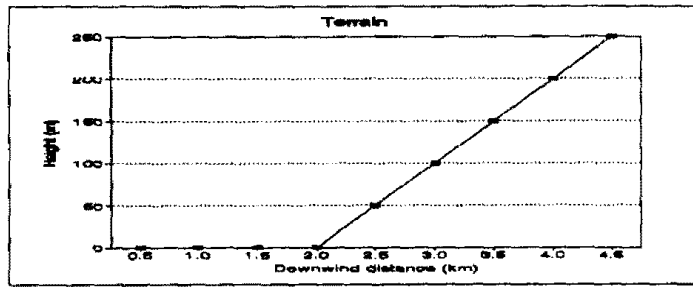


Fig. 1 Height of complex terrain.

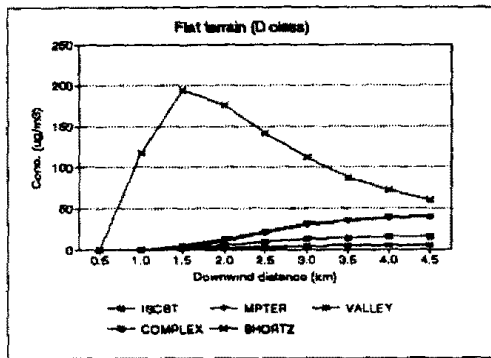


Fig. 2 Concentrations for flat terrain in D class.

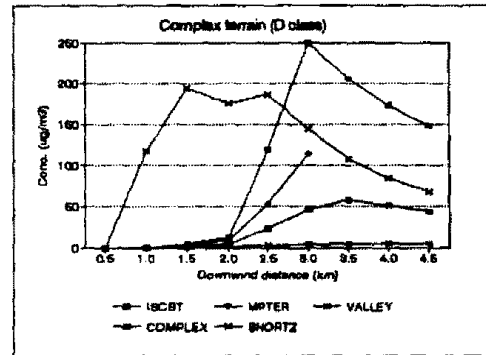


Fig. 3 Concentrations for complex terrain in D class.

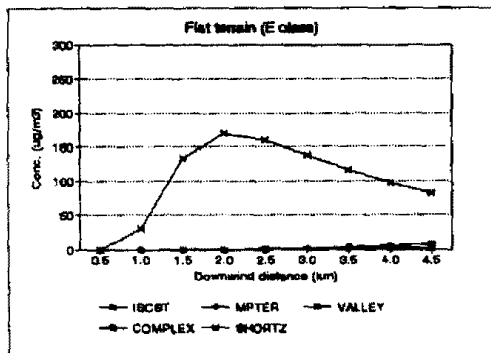


Fig. 4 Concentrations for flat terrain in E class.

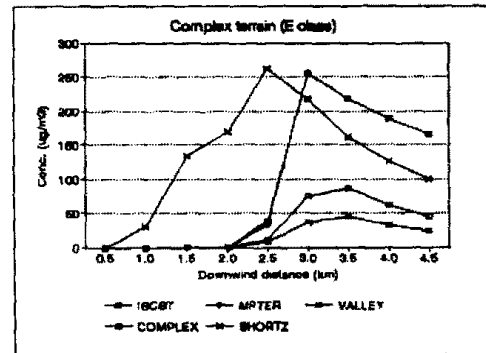


Fig. 5 Concentrations for complex terrain in E class.

참고문헌

- T.E., Pierce, D.B. Turner, User's guide for MPTER, 1980.
 J.R. Bjorklund, J.F. Bower, User's instruction for the SHORTZ and LONGZ computer program, 1982.
 E.W. Burt, VALLEY model user's guide, 1977.
 J.F. Bower, J.R. Bjorklund, C.S. Cheney, Industrial Source Complex Dispersion model users' guide, 1979.