

4D4) 임해 복잡지형에서의 Plume 확산 모델링 개선에 관한 연구

A Study on the Improvement of Plume Dispersion Modeling Incomplex-coastal Area

김경수·박옥현¹⁾

부산대학교 환경공학과, ¹⁾부산대학교 환경공학과

1. 서론

높은 점배출원으로부터의 배출물은 거칠은 지표면에서 떨어진 높은 고도에서 이동하므로 지표 배출원으로 부터의 plume과는 상이한 대기안정도, 혹은 난류장도의 지배를 받게 된다. 우리나라에서도 최근 대기오염배출규제강화로 인하여 대기질의 개선에 관심이 집중하고 있으나 현재 우리나라에서 많이 사용되고 있는 ISC-ST나 ISC-LT, ADMS(complex mode, coastal mode), AREMOD 등은 ①Gaussian 농도 분포가정 등 단순화 가정 하에 입식되었으므로 장시간 평균농도 평가용으로 보아야하고 ②지표면 대기층에서의 안정도 등급을 plume고도에 무관하게 확장 적용하는데 무리가 있고 ③TIBL 등 대기 경계층이 plume거동에 미치는 영향을 반영하지 못하며 ④지표면 거칠기 및 지형의 복잡성에 대해 모델링과정에 충분히 반영하지 못하는 등의 문제들로 인해 임해복잡지형에서 대규모의 높은 굴뚝에서 배출된 plume이 주변 대기 중에 형성하는 단시간 평균 오염농도 계산에 적용하는 경우 계산치들과 실측치들 사이의 상관성이 낮게 나타난다. 그리하여 이 연구에서는 하나의 전처리 접근방법으로서 샘플링 시간, 지형, 기온성층 및 풍속분포 등의 기상, plume 고도 및 부력효과, 지표면 거칠기 등 여러 가지 요소들이 plume 분산계수에 미치는 영향이 중복되는 점을 고려하여 분산계수를 합리적으로 전처리하여 실제화해서 plume 확산 모델링 정확도를 높이는데 목표를 두었다.

2. 연구 방법

충남보령화력발전소 및 보령기상관측소에서 매시간 마다 측정된 2002년도 기상자료와 SO₂ 농도 자료, 지형 자료를 확보하였다. 그리하여 샘플링 시간, 거칠기, plume 고도 및 부력효과, 지형보정용 관계식들을 분산계수를 구하여 수정·전처리하였고 수정된 분산계수들을 Gaussian plume dispersion model에 적용해서 굴뚝 풍하측 약 4km 떨어진 언덕에 위치한 지점에 대한 1시간 평균 SO₂ 농도를 계산했을 때 모델의 정확도가 가장 개선되는 수정기법을 알아보았다. 본 연구에서는 분산계수 수정을 위해 그림 1과 같이 step-wise 방법을 사용하였는데, 이는 각 step에서 분산계수를 수정·전처리하여 이 결과를 확산 모델링 과정에 적용했을 때 가장 우수한 평가치를 나타내는 보정과정을 선택하는 방식으로서 보다 체계적이고 합리적인 접근을 시도하였다.

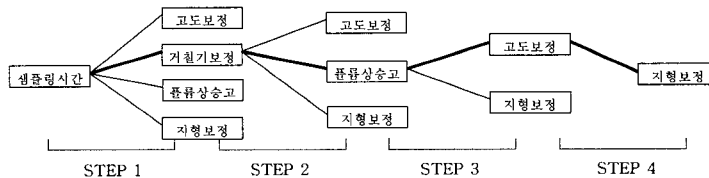


Fig. 1. Preprocessing of sigmas using step-wise method.

각 모델링 scheme의 성능평가는 Bias, Gross error, FB, NMSE, R값, MG, VG, within a factor of two 등의 통계적 측도들을 기준으로 이뤄졌으나 각각의 통계적 측도들의 기능과 판정기준이 서로 틀리기 때문에 각 모델링 결과를 평가하는 각 통계측도들에 가장 우수한 서열부터 낮은 서열까지 -1점씩 차감하는 방법으로 가중치를 부여하여 각 시그마 수정 scheme에 따른 각 모델링 scheme들에 대한 종합

적인 예측성능평가를 함으로서 상대적으로 나은 분산계수 전처리 scheme을 찾는데 노력하였다. 또한 전문성 없는 사람들도 이 전산지원 시스템을 쉽게 이용할 수 있도록 Matlab을 사용해서 분산계수를 수정/결정해가는 과정의 GUI중의 하나의 모습을 그림 2에 나타내었다.

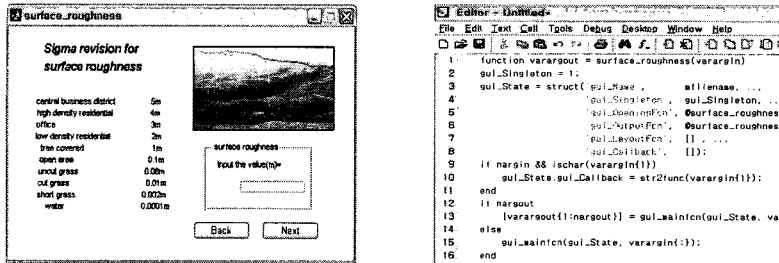


Fig. 2. A GUI appearance for preprocessing of sigma using Matlab GUI tool.

3. 결과 및 고찰

Step1~Step4까지의 각각의 분산계수 수정식에 따라 지상 1시간 평균 SO₂ 오염농도 계산을 수행하고 11가지의 통계적측도 값을 나타낸 표 1에서 볼 수 있듯이 ‘샘플링 시간 - 지표면 거칠기 - 연기 상승고- 연기 비과고도 - 지형’ 순으로 시그마를 수정하는 것이 상대적으로 가장 우수한 분산계수 수정 전처리 방법인 것으로 나타났다. 한편, 총 10개의 scheme을 비교했을 경우 ‘샘플링 시간 - 지표면 거칠기 - 지형’ 순으로 수정하는 방법이 이 입해지역에서는 두 번째로 우수한 예측성능을 나타내었다. 여기서 샘플링 시간 보정을 가장 먼저 고려한 것은 한 가지 요소에 대해서만 보정했을 시 농도 예측치의 통계적측도 값이 가장 우수하였고 또한 측정치가 P-G 노모그램의 3분, 10분 평균치가 아니고 한 시간 평균자료이므로 다른 보정단계보다 앞서 수행되어야 한다고 판단했기 때문이다.

Table 1. Statistical measures of Gaussian Plume Dispersion Model results for various sigma revision schemes s.t.: sampling time, s.r.: surface roughness, p.h.: plume height, p.r.: plume rise, ter.: terrain

statistical measure		preprocessing scheme											overall order	
		bias	gross error	R ²	FB	NMSE	factor oftwo	MG	VG	IOA	UAPC	MRE		step-wiseorder (relativescore)
STEP 1	s.t - s.r	0.292	4.247	0.034	-0.077	0.006	0.357	2.917	-	0.091	-2.603	-0.206	1 (32)	6
	s.t - p.h	-1.948	2.696	0.042	0.726	0.607	0.443	88.604	3.091	0.414	-6.466	0.315	2 (25)	8
	s.t - p.r	2.417	5.409	0.034	-0.497	0.263	0.571	1.104	-	0.085	-4.449	-0.888	4 (22)	10
	s.t - ter	0.801	4.537	0.032	-0.197	0.039	0.400	4.378	-	0.076	-3.116	-0.373	3 (23)	9
STEP 2	s.t - s.r - p.h	-2.196	2.783	0.040	0.857	0.901	0.329	-	-	0.453	0.401	0.458	3 (18)	7
	s.t - s.r - p.r	0.245	4.125	0.036	-0.065	0.004	0.386	1.705	3.651	0.099	-2.403	-0.187	1 (24)	3
	s.t - s.r - ter	-0.583	3.900	0.040	0.173	0.030	0.343	3.015	-	0.138	-1.723	0.071	2 (23)	2
STEP 3	s.t - s.r - p.r - p.h	0.504	3.992	0.033	-0.129	0.017	0.429	1.480	5.210	0.122	-1.613	-0.360	1 (18)	5
	s.t - s.r - p.r - ter	-0.906	3.749	0.032	0.282	0.081	0.257	2.568	8.178	0.184	-1.114	0.158	2 (15)	4
STEP 4	s.t - s.r - p.r - p.h - ter	0.083	3.823	0.038	-0.022	0.000	0.343	1.588	3.390	0.130	-1.613	-0.175	-	1

참 고 문 헌

Schulman L.L., and Hanna S.R. (1992) A decision system for selecting a site-specific air quality dispersion model, *Ecological Modelling*, 64, 205-219.

박옥현 (2004) 『복잡지형 대기확산 모델링 개선에 관한 연구』, 부산대학교 산학협동과제.

임중수 (2002) Matlab's Power, 아진.

Itoga H., and Tokaji K. (2003) Effect of surface roughness on step-wise S-N characteristics in high strength steel, *International journal of Fatigue*, 25 379-385.