

ISC모델의 적용성 평가 - 소각장 주변지역의 단기농도예측

정 상 진

경기대학교 토목환경공학부

(2003년 5월 13일 접수; 2003년 7월 21일 채택)

Performance of ISC model-Predicting short-term concentrations around waste incinerator plant

Sang-Jin Jeong

Dept. of Environmental Engineering, Kyonggi University, Suwon 442-760, Korea

(Manuscript received 13 May, 2003; accepted 21 July, 2003)

The short-term version of Industrial Source Complex Model(ISCST3) was evaluated for estimating short-term concentrations using criteria pollutant(SO₂, NO₂, CO, PM10) data from emission inventory of Young Tong area in Suwon for the year 2002. The contribution of pollutant concentration from point, line, area sources was found 21.8, 76.5 and 1.6%. Statistical parameters, such as correlation coefficient, index of agreement(IA), normalized mean square error(NMSE) and fractional bias(FB) were calculated for each pollutants. The model performance were found good for PM10(82%) and NO₂(69%), but poor for SO₂(34%) and CO(13%).

Key words : ISCST model, Model performance, Statistical analysis, Criteria pollutant

1. 서 론

대기질을 예측하기 위한 확산 모델은 오염원에서 발생하는 대기 오염물이 대기의 기상 에 따라 이동과 확산하여 오염원 주변이나 장거리 지역에서 형성되는 대상 화학종의 농도를 평가하는 모형이다. 최근 도시 지역 주변 소각장 건설로 인한 환경영향에 관한 지역 주민의 관심이 고조됨에 따라 소각장 설치 전후 소각장으로 인한 주변 대기질에 대한 관심도 고조되고 있는 실정이다. 이에 따라 소각장 주변의 대기질 예측을 위하여 확산모델의 사용이 늘어가고 있는 추세이다.

국내에서 환경영향평가를 위하여 사용되는 대기 확산 모델은 미국 환경청에서 제공하는 모델이

대부분을 차지하고 있다. 2002년 현재 미국 환경보호청에서 추천하는 모델은 용도와 오염원의 종류에 따라 분류되는 8가지 모델이 있다. ISC3(Industrial Source Complex Model Version 3) 모델은 미국 환경보호청에서 추천하는 이들 8가지 모델 중의

하나로 일반적으로 평탄지에서 점, 선, 면오염원이 공존하는 경우 피해지점의 농도를 예측할 수 있는 모델이다. ISC 모델은 다양한 산업장 오염원에서 배출되는 대기 오염물의 농도를 평가할 수 있는 정상상태 정규연(플룸)모델이다. 이 모델은 입자상 오염물의 침강, 건물 주변으로의 세류(downwash)현상, 그리고 부분적인 지형의 영향을 고려할 수 있는 모델이다. ISC 모델은 장기(ISCLT)모델과 단기(ISCST) 모델이 있으며 각기 계산영역의 장기(계절별, 연간 등) 및 단기간(일별, 월별, 계절별, 년 등)의 평균농도를 계산할 수 있다. ISC 모델은 미국 환경청에서 추천하는 모델 중 가장 범용성이 있을 뿐 아니라 미국에서 가장 많이 사용되는 모델이다¹⁾.

대기확산현상이 지니는 복잡성으로 인하여 주어진 상황에 대한 최적의 모델조차도 그 모델링 결과의 정확도는 기대에 미치지 못하는 경우가 빈번하므로²⁾ 각 상황에 대한 모델 수행 능력을 평가하는 작업은 중요하다. ISC 모델의 수행능력을 평가하기 위한 최근의 국내 연구로는 김영성과 손재익¹⁾, 오현선 등³⁾의 연구가 있으며, 국외 연구로는 Sivacoumar 등⁸⁾, Lorber 등⁹⁾, Kumar 등¹⁰⁾, Patel과 Kumar¹¹⁾의 연구가 있다. 김영성과 손재익¹⁾은 서울지역 SO₂의 계절평균 농도예측을 위하여 ISCST2 모델을 사용

Corresponding Author : Sang-Jin Jeong, Dept. of Environmental Engineering, Kyonggi University, Suwon 442-760, Korea
Phone : +82-31-249-9734
E-mail : sjjung@kyonggi.ac.kr

하였다. 오현선 등³⁾은 보령화력발전소 주변의 연평균 농도예측을 위하여 ISCST3, ISCLT3 그리고 RTDM 모델을 사용하여 비교하였다. Sivacoumar 등⁸⁾은 인도의 잠스퍼 철강 공단 지역에서 NO_x의 농도예측을 평가하기 위하여 ISCST3 모델을 사용한 일평균 예측치를 관측치와 비교하였다. Lorber 등⁹⁾은 미국 오하이오주, Columbus에 있는 소각장 주변의 대기과 토양속의 다이옥신 농도 예측을 위하여 ISCST3 모델을 사용하였다. 그들은 ISCST3 모델을 사용하여 대기과 토양속의 48시간 평균 다이옥신 농도를 예측하고 관측치를 비교하였다. Kumar 등¹⁰⁾은 미국 오하이오의 Lucas County의 SO₂ 장기 관측농도 예측(월, 계절 평균농도)을 위하여 ISCLT3 및 ISCST3 모델을 사용한 결과 ISCST3 모델의 예측결과가 좋다고 하였다. Patel과 Kumar¹¹⁾은 대기 중 수은농도 예측을 위하여 ISCLT2와 ISCST2 모델을 사용하였다. 그들은 계절 및 연평균 농도를 사용하여 관측치와 비교를 한 결과 전체적으로 ISCST2 모델의 예측결과가 나은 결과를 나타내었다고 하였다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 일반적으로 장기 농도 예측에서 ISCST 모델이 ISCLT 모델보다 수행능력이 나은 것으로 나타났다. 또한 기존의 국내 ISC 모델의 적용성 평가는 장기 평균 농도에 대한 평가가 주류를 이루고 있으며 단기농도 평가에 대한 모델링 수행 능력 평가는 드문 실정이다. 2001년에 강화된 국내 기준성 오염물의 대기환경기준은 시간, 일, 년 평균 등으로 구성되어 있으며 먼지와 납을 제외한 SO₂, NO₂, CO 등은 모두 단기 평균 농도가 제시되어 있어 모델링 계산 결과를 이들 환경기준 농도와 비교하기 위해서는 정확한 단기 평균 농도의 예측이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 수원 영통소각장 주변 영역의 1시간(SO₂, NO₂, CO) 및 일평균(PM10)에 걸친 단기간 평균 농도 예측을 위한 ISCST3 모델의 적용성을 평가하고자 하였다.

2. 계산영역의 지형 및 기상특성

계산영역은 수원의 남서쪽에 위치한 영통소각장 주변지역이다. 계산영역의 메시 크기는 소각장을 중심으로 농도파악을 비교적 정확하게 할 수 있는 충분한 크기로 가로×세로를 50m 간격으로 하였다. 메시의 개수는 동서방향(X) 및 남북방향(Y)으로 3136(56×56=3136)개를 선정하였다. 계산영역은 소각장을 중심으로 동서 방향으로 3.2km, 남북방향으로 3.2km의 영역(소각장을 중심으로 반경 1.2 km-1.6km)을 차지한다. 그림 1에서는 선정된 계산영역의 지형 및 대기질 측정지점을 나타내었다.

계산 영역의 지형은 각 메시 좌표별 고도자료를 입력하여 Tecplot 소프트웨어를 사용하여 그린 것이다. 그림에서 원으로 표시된 지점은 10개의 대기오염물 측정지점을 나타내고 소각장에 있는 오각형은 국지 기상측정지점을 나타낸다. 10개 측정지점 중 소각장의 남동방향 6개 측정점은 이 지역의 우세 풍향이 북서계열(그림 2 참조)이므로 소각장 오염물의 이동빈도가 남동쪽으로 우세할 것으로 예상하여 결정하고 나머지 4개 지점은 이전에 관측된 기존 관측 자료와의 비교를 위하여 결정하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 계산영역의 지형은 서쪽은 평지이고 동쪽은 낮은 구릉지로 구성된 동고서저형 지형이다. 지형의 높이는 동쪽으로는 가장 높은 청명산(190m)이 있으며, 기타지역은 40m에서 110m의 구릉이고 북, 서, 남쪽은 기복이 적은 평지를 이루고 있다. 토지이용은 동쪽이 청명산 주변으로 공원지역을 이루고 있고 북, 서, 남쪽 방향으로는 주거단지 및 공업단지로 구성되어 있다.

계산영역 내에는 기상측정소가 없으므로, 장기간의 기상 자료를 분석하기 위하여 수원지방 기상대의 관측 자료를 이용하였다. 그림 2에서는 계산영역의 주 풍향을 나타내기 위하여 수원지방 기상청에서 관측된 2000년의 풍향 풍속자료를 이용하여 구한 계절별 바람장미를 나타내었다. 봄철에는 주로 서풍계열이 주 풍향을 형성하고 있고, 여름철에는 서-남-동풍 계열이 주 풍향을 형성하고 있다. 가을에는 봄철과 유사하게 서풍계열이 우세하고 다음으로 동풍계열이 나타나고 있다. 겨울철에는 북서계열

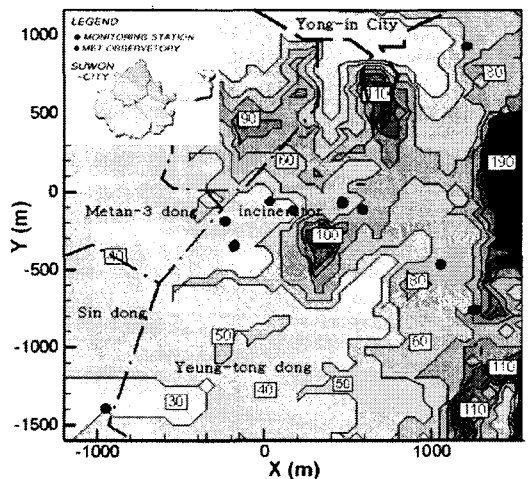


Fig. 1. Computational region and Location of monitoring station.

로 주 풍향을 나타내고 있다. 이상의 결과에서 수원 지역의 주 풍향은 봄, 여름 가을에는 주로 서-남-동 풍계열의 바람이 불고, 겨울철에는 북서계열의 바람이 불고 있음을 알 수 있다.

표 1에서는 모델의 검증을 위하여 수행된 2002년 4계절(봄, 여름, 가을, 겨울) 동안 관측된 기상파라미터를 나타내었다. 모델에 사용된 기상 관측 자료는 11일간의 자료로 봄철(4월 25일에서 4월 27일), 여름철(7월 26일에서 7월 27일), 가을철(10월 8일에서 10월 10일) 그리고 겨울철(12월26일에서 28일) 오후 13:00에서 14:00사이에 관측된 기상 자료이다. 표에서 풍향 풍속 온도 혼합고도는 현장에서 관측된 자료를 사용하였고, 안정도는 해당일 수원지방기상대에서 관측된 일사량과 운량 자료를 사용하여 구하였다. 표에서 알 수 있듯이 모델링기간 동안 풍속은 1에서 3.6m/s를 나타내고 있으며, 풍향은 봄철의 서풍계열, 여름철의 서-남-동풍 계열, 가을의 동풍계열, 겨울철의 북서계열과 대체로 유사한 날로 구성되어 있다. 안정도는 1에서 2로 대기가 모두 불안정한 경우를 나타낸다. 모델링기간 동안의 혼합고도는 680에서 2100m사이를 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 2100m가 나타난 4월 26일을 제외하고는 최진수와 백성옥(1998)이 추정 한 우리나라 중부지방(오산)의 연 평균 최대 혼합고도인 579~1485m와 유사한 값을 나타내고 있다.

3. 모델링 방법

3.1. 대상지역의 배출원과 배출량

본 연구에서는 오염원을 점오염원, 이동오염원, 그리고 면오염원으로 분류하고 배출량을 구하였다. 점오염원은 1종에서 4종 사업장을 택하고, 5종은 개별적인 조사가 곤란하므로 면오염원으로 분류하였다. 이동오염원은 도로와 자동차에 대한 자료를 이용하여 배출량을 구하였다. 면오염원은 계산영역 내 5종사업장과 주거, 산업, 상업시설을 대상으로 하였다. 수원시 점오염원 중 본 연구의 대상영역에는 1종 업체 4 곳, 3종 업체 1곳 그리고 4종 업체는 4곳으로 모두 9곳 그리고 5종은 80곳이 있다.

점오염원의 배출량을 산정하기 위하여 점오염원에서의 연료소비 자료와 굴뚝 자동관측 시스템(TMS)의 자료를 이용한 오염물질 배출량 산정 방법을 적용하였다. 굴뚝 자동측정시스템의 자료가 있는 경우(소각장)는 배출 관측 자료를 사용하여 계산하고, 굴뚝 자동측정시스템의 자료가 없는 경우는 환경부⁴⁾의 연료소비에 따른 배출량 산정 방법을 사용하였다.

선오염원은 도로에서 이동하는 자동차에 의한 배출량이다. 도로에서 주행하는 자동차로 인한 대기오염물질 배출량은 환경부⁴⁾에서 제시한 1999년도 정보화 지원사업 대기보전 정책수립 지원시스템의 이동 오염원 배출량 산정방법에 따라 Hot-Start 배출, 황산화물 배출, 차량주행으로 인한 비산먼지 배출, 타이어 마모로 인한 먼지 배출로 나누어 계산하였다. 계산영역내 선오염원 배출량 계산은 수원시 전체 선오염원 배출량에서 수원 전체 도로 길이에 대한 계산영역의 비를 적용하여 구하였다.

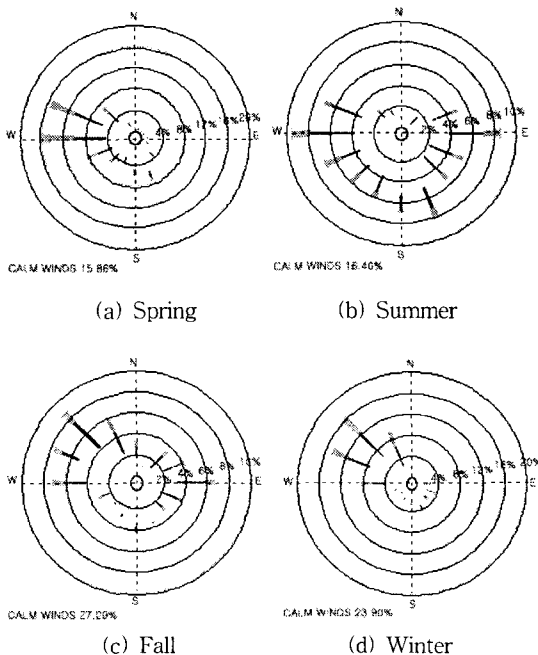


Fig. 2. Wind roses in Suwon Area(2000).

Table 1. Meteorological Parameters of Simulation Dates (Time: 13:00-14:00)

Date	Wind Direction	Wind Speed (m/s)	Temperature (Kelvin)	Stability Class	Mixing Height (m)
0425	W	1.8	286.4	1	1340
0426	W	1.8	289.4	1	2100
0427	E	1.3	290.1	1	1265
0726	N	1.0	300.9	1	991
0727	SE	1.3	303.7	1	950
1008	NW	3.6	288.1	2	1215
1009	E	1.6	290.1	1	1189
1010	E	1.3	291.9	1	1252
1226	W	2.2	268.0	1	680
1227	W	2.2	270.0	1	780
1228	S	1.3	272.6	1	820

환경부⁴⁾에 따르면 면오염원 배출량은 배출계수와 연료사용량의 곱으로 나타난다. 면오염원 배출량을 구하기 위하여 배출계수는 국립환경연구원⁵⁾ 자료를 사용하였다. 면 오염원 연료사용량은 우리나라 전체 연료사용량 중에서 난방부문에 해당하는 연료만을 사용한다고 가정하고 난방부문의 분율을 계산해서 수원시 전체 연료 사용량 중에서 난방부문의 연료 사용량을 계산하였다. 격자별 면오염원 배출량은 앞에서 구한 연간 배출량 자료를 주거단지의 면적에 할당하여 구하였다. 그림 3에서는 이상의 방법으로 구한 각 오염원의 계산영역내 격자별 배출원의 분포도를 나타내었다.

계산영역내의 오염물질 연간 배출량을 총괄적으로 보기 위하여 앞에서 구한 오염원별 오염물질별 배출량 자료를 정리하여 표 2에 나타내었다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 계산영역 내 오염물질의 배출량은 선오염원이 76.5%를 차지하고 다음으로 점오염원이 21.8%, 면오염원이 1.6%를 차지하고 있다. 오염물질별로는 CO(53.7%), NO₂(24.1%), PM10(12.8%), SO₂(9.4%) 순으로 나타났다.

3.2 모델 계산 방법

선택된 모델은 ISC3 모델 중 단기모델인 ISCST3

이다. 모델 계산의 기본 옵션으로 도시지역을 선택하였다. 모델계산의 다른 옵션은 모든 오염물에 대하여 기본 옵션을 사용하였으며 평균시간 옵션은 SO₂, NO₂, CO에 대해서는 1시간을 사용하고 PM10에 대해서는 24시간을 사용하였다. 배출량 옵션에서 배출량 변화는 이중범 등⁷⁾의 연구를 참고로 일 변화패턴을 사용하였다. 풍향 풍속의 관측고도는 국지 기상 관측 자료를 참고로 10.6m로 하였다. 리셉터의 고도는 오염물의 측정 고도와 동일한 고도를 사용하였다. 모델에서 구한 가스상 오염물의 농도는 25℃, 1기압으로 가정하여 μg/m³단위를 ppm단위로 환산하였다.

4. 관측치와 예측치의 비교

4.1. 관측치의 선택

모델의 검정을 위하여 본 연구과정에서 수행된 2002년 4계절(봄, 여름, 가을, 겨울) 동안 관측된 4가지 오염물(SO₂, NO₂, CO, PM10)의 농도관측 자료를 사용하였다. 검정에 사용된 관측자료는 4월 25일에서 4월 27일, 7월 26일에서 7월 27일, 10월 8일에서 10월 10일 그리고 12월26일에서 28일 사이 관측된 시간별 기상 자료 및 농도 관측자료이다. 농도 관측은 공정시험법에서 제시하는 방법으로 SO₂는 파라로자닐린법, NO₂는 살츠만법, CO는 비분산적외선 분석법, PM10은 베타레이 측정법을 사용하여 측정된 자료이다. 농도 관측 자료 중 SO₂, NO₂, CO는 시간평균 자료로 오후 1시에서 2시 사이 관측된 자료이고 PM10은 24시간 평균자료이다. 비교 대상 관측치는 김영성과 손재익¹⁾에 따라 관측치(Co)와 예측치(Cp)의 개별오차(ΔC=Co-Cp)의 평균오차(ΔCavg)를 구하고, 이들 개별오차와 평균오차의 차이를 오차의 분산도($\sigma=[1/N \cdot \sum(\Delta C - \Delta C_{avg})^2]^{1/2}$), N은 비교대

Table 2. Emission Inventory of computational Region (2002) Unit : ton/yr

Pollutant Source	Unit : ton/yr				
	SO ₂	NO ₂	CO	PM10	Sum
Point	336	474	122	23	955
Line	63	530	2220	535	3348
Area	14	48	8	1	71
Sum	413	1052	2350	559	4374

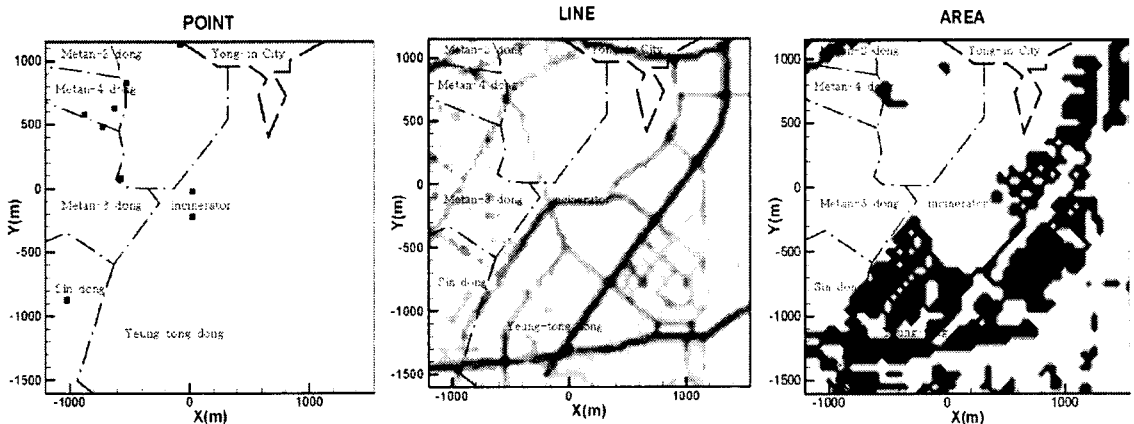


Fig. 3. Emission source distribution in computational region.

상 측정점의 총수)로 나눈 값(($\Delta C - \Delta C_{avg}$)/ σ)의 절대 값이 2 이하인 자료를 이용하였다.

4.2. 확산모델의 검증방법

확산모델의 검증은 관측치와 예측치 사이의 통계 처리 작업으로 할 수 있다. 모델 예측치의 현장 관측치에 대한 일치도를 검증하기 위한 통계량 계산에 대한 최근의 국외 연구로는 Karppinen 등¹²⁾과 Sivacoumar 등⁸⁾이 있다. 이들은 모델에 의한 예측치의 관측치에 대한 모의 능력을 검토하기 위하여 Willmott¹³⁾이 제안한 평가수법을 사용하였다. Willmott는 모델계산치의 관측치 재현능력을 평가하기 위하여 여러 가지의 통계 파라미터를 평가한 결과 일치지수(Index of Agreement : IA)와 정규평균자승오차(Normalized mean square error: NMSE) 그리고 부분 편차(Fractional bias: FB)를 추천하였다. 이들 파라미터는 식(1)에서 (3)과 같다¹²⁾.

$$IA = 1 - \frac{(Cp - Co)^2}{[|Cp - Co| + |Co - Co|]^2} \quad (1)$$

$$NMSE = \frac{(Cp - Co)^2}{(Cp)^2} \quad (2)$$

$$FB = \frac{Cp - Co}{0.5(Cp + Co)} \quad (3)$$

여기서 Cp와 Co는 예측 농도와 관측 농도를 나타내고, 막대 표시는 평균을 나타낸다. IA와 NMSE는 관측농도와 예측농도사이의 분산정도를 나타내는 척도이다¹²⁾. IA는 0에서 1사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 예측치와 관측치 사이의 일치도가 큰 것을 나타낸다. NMSE는 0.5이하로 작은 값일수록 모델의 수행성이 좋을 것을 의미한다. FB는 관측치와 예측치 평균농도의 일치도를 나타내는 파라미터로 -2에서 2사이의 값을 가지며 허용범위는 -0.5에서 0.5로 제시되고 있으며 0에 가까울수록 이상적인 모델임을 나타낸다¹⁰⁾.

4.3. 계산결과 및 고찰

모델의 적용성 검토는 관측자료와 모델에 내재하는 다양한 불확실성으로 인하여 상당한 주의를 요한다. Lorber 등⁹⁾에 따르면 이러한 불확실성의 요인으로 (1) 관측자료의 부족(특히 단기 모델의 적용성을 검토하는 경우), (2) 확산과 침강과정에서 모든 플룸의 소멸 메카니즘에 대한 고려 부족, (3) 배경농도에 대한 정보의 부족, (4) 중요 오염원의 배출정보의 부족 등을 들고 있다. 본 연구에서 사용한 기상 관측 자료는 풍속이 1에서 3.6m/s 범위이고, 안정도가 불안정한 경우에 대한 결과이다. 또한 본 연구에서는 ISCST3의 옵션 중 기본 옵션을 사용하였으므로

오염물의 대기 중 소멸 메카니즘을 모두 고려한 것은 아니지만, ISCST모델의 기본 옵션은 일반적으로 모델 수행에서 사용하는 옵션이므로 일반적인 경우에 대한 결과로 생각된다. 중요 오염원의 배출량 자료는 현행 단계에서 제시되는 많은 방법론을 수용하여 그에 대한 불확실성은 많이 감해졌으리라 본다. 따라서 본 연구에서는 위의 사항 중 배경농도의 고려유무에 따른 결과 변화를 살펴보았다.

그림 4에서는 측정일(2002년 4월 25일에서 27일(봄), 2002년 7월 26일에서 27일(여름), 2002년 10월 8일에서 10일(가을), 12월 26일에서 28일(겨울)에 관측된 SO₂, NO₂, CO, PM10에 대하여 배경농도를 고려하지 않은 관측치와 계산치를 비교해 보기 위하여 나타내었다. 그림 4에서 수식은 선형회귀식을 나타내고 값(R²)은 결정계수를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 전체적으로 예측치의 증대에 따라 관측치도 완만하게 증대하는 경향을 나타내고 있다. 선형회귀식의 기울기는 1.024(NO₂)에서 1.228(CO)사이의 값을 나타내며 이와 같은 값은 환경부에서 모델 계산의 유효성 판정¹¹⁾으로 제시한 0.8에서 1.2 사이에 드는 것으로 나타났다. 그러나 상관계수는 환경부에서 제시한 0.71 이상인 것은 PM10(R=0.714) 뿐으로 다른 오염물은 낮은 상관계수를 나타내었다.

표 3에서는 Willmott¹³⁾가 제시한 방법으로 모델의 수행능력을 평가하기 위하여 통계파라미터인 상관계수, 일치지수(IA)와 정규 평균자승 오차(NMSE) 및 부분편차(FB)를 나타내었다. 표 3에서 알 수 있듯이 모델의 예측치와 관측치 사이의 일치도(IA)값은 PM10(0.82), NO₂(0.685), SO₂(0.336), CO(0.133)으로 나타났다. PM10과 NO₂의 IA값에 비해서 SO₂와 CO의 IA값이 낮게 나타난 것은 SO₂와 CO 현장관측 자료의 분산치가 큰 것에 그 부분적인 이유가 있는 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 PM10과 NO₂의 경우 모델이 관측치를 비교적 잘 예측하는 것을 의미하나, SO₂와 CO의 경우 모델이 관측치를 잘 예측하지 못함을 의미한다. PM10과 NO₂의 계산 결과는 Karppinen 등¹²⁾이 핀란드의 헬싱키 주변에서 산화질소의 현장관측농도와 UDM-FMI 모델에 의한 계산 결과를 비교에서 구한 IA값 0.69에서 0.79와 Sivacoumar 등⁸⁾이 인도 잠스퍼지역에 있는 철강공장 주변의 이산화질소 농도 예측을 위하여 ISCST모델을 사용하여 모델에 의한 예측치와 현장 관측 자료와 비교에서 구한 0.64 (IA값)와 유사하다. NMSE 값은 0.009에서 0.041로 허용범위 0.5이내에 들어있고, FB도 허용범위 내에 있음을 알 수 있다.

그림 5에서는 김영성과 손재익¹¹⁾에서와 같이 배경농도를 상수로 보고 그 값을 관측치의 최저 농도로

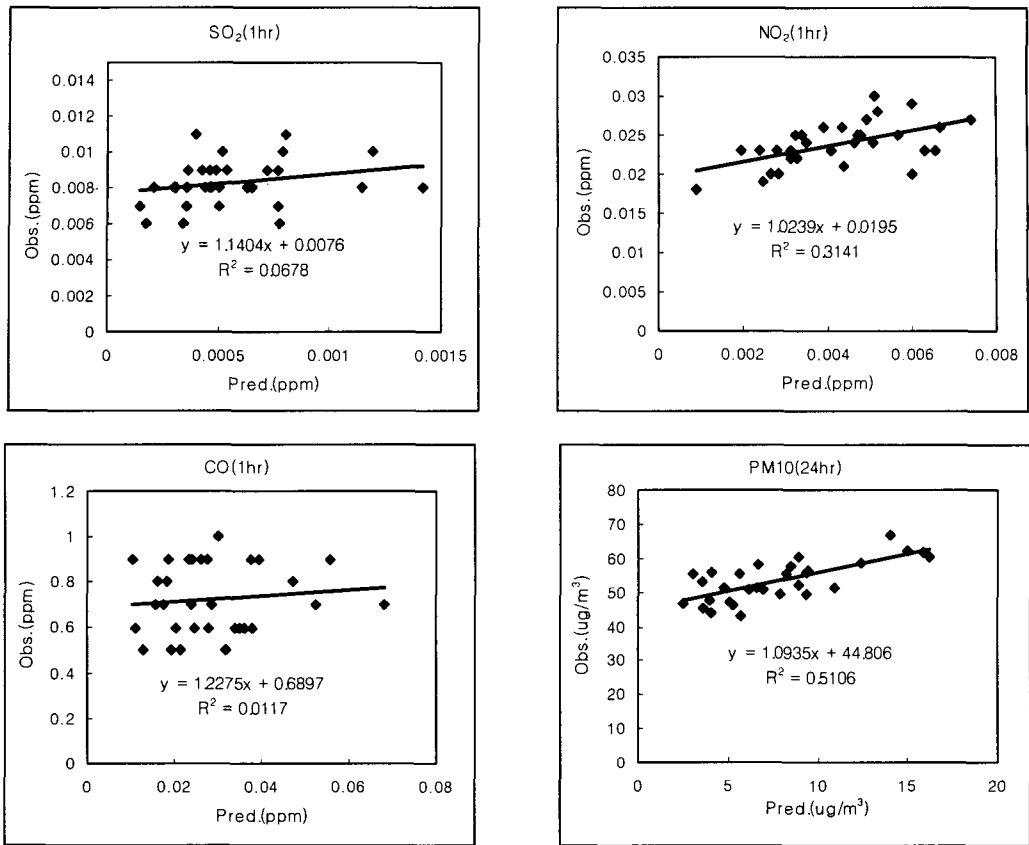


Fig. 4. Comparison of Predicted and Observed concentrations of computational domain.

Table 3. Results of model performance evaluation

Pollutant		SO ₂	NO ₂	CO	PM10	Acceptable range
Parameter						
Linear regression	Intercept(a)	0.0076	0.0195	0.6897	44.806	-
	Slope(b)	1.1404	1.0239	1.2275	1.0935	-
Correlation coefficient(R)		0.260	0.560	0.108	0.714	CC→1.0
Index of agreement		0.336	0.685	0.133	0.820	IA→1.0
NMSE		0.02169	0.00946	0.04111	0.0058	NMSE≤0.5
FB		-0.0058	0.000219	3.58E-05	-6.4E-06	-0.5≤FB≤0.5

가정하여 4가지 통계파라미터(상관계수(CC), 일치지수(IA), 정규 평균자승 오차(NMSE), 부분편차(FB))를 구한 결과를 배경농도를 고려하지 않은 경우와 비교하기 위하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 배경농도를 고려할 경우 4가지 오염물 경우 모두 상관계수와 IA는 증가하여 배경농도를 고려하지 않은 경우보다 예측치가 관측치를 잘 나타내는 것으로 나타났다. NMSE와 FB는 배경농도를 고려할 경우 증가하지만 표 4에서 제시한 허용범위 이내에 들

었다. 이상의 결과에서 배경농도로 관측치 최저농도를 사용할 경우 모델 예측결과가 더 나올 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 소각장 주변지역에서 단기 농도 예측(시간평균과 일평균)을 위하여 ISCST3 모델의 수행능력을 평가하였다. 비교에 사용한 대기 관측자료는 영통소각장 주변 영역의 1시간에서 일평균에

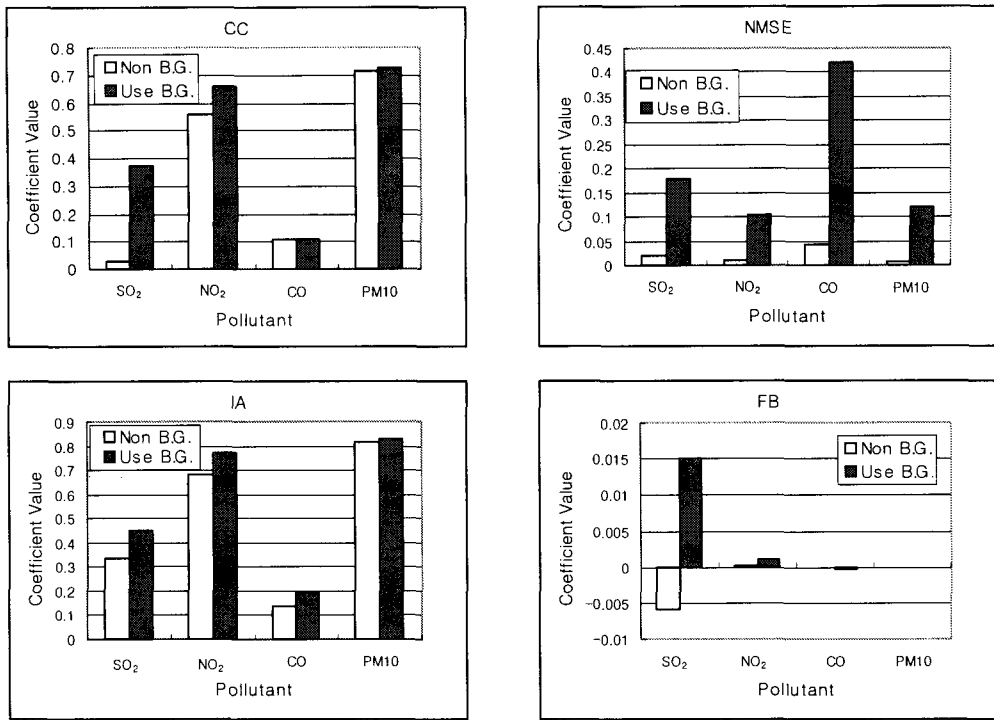


Fig. 5. Comparison of statistical parameters between the case of using background concentration and non-using background concentration: CC(Correlation Coefficient), NMSE (Normalized Mean Square Estimate), IA(Index of Agreement), FB(Fractional Bias).

이르는 단기간의 SO₂, NO₂, CO, PM10의 평균 농도를 사용하였다. 모델링기간 동안 풍속은 1에서 3.6m/s를 나타내고 있으며, 풍향은 봄철의 서풍계열, 여름철의 서-남-동풍 계열, 가을의 동풍계열, 겨울철의 북서계열과 대체로 유사한 날로 구성되어 있다. 모델링기간의 안정도는 1에서 2로 대기가 모두 불안정한 경우를 나타내고, 혼합고도는 680에서 2100m사이를 나타내고 있다.

계산영역내의 오염물질 배출량은 선오염원이 76.5%를 차지하고 다음으로 점오염원이 21.8%, 면오염원이 1.6%를 차지하고, 오염물질별로는 CO(53.7%), NO₂ (24.1%), PM10 (12.8%), SO₂ (9.4%) 순으로 나타났다.

모델의 수행능력을 평가하기 위하여 Willmott¹³⁾가 제시한 통계파라미터인 상관계수, 일치지수(IA)와 정규 평균자승 오차(NMSE) 및 부분편차(FB)를 사용하였다. 배경농도를 고려하지 않은 경우 모델의 예측치와 관측치 사이의 일치도(IA)값은 PM10(0.82), NO₂(0.685), SO₂(0.336), CO(0.133)으로 나타났다. 이들 중 PM10, NO₂에 대한 결과는 Karppinen 등¹²⁾이 구한 IA값 0.69에서 0.79와 Sivacoumar 등⁸⁾이 구한 0.64와 유사한 결과를 나타내었다. NMSE와 FB 값

은 4가지 오염물 모두에 대하여 허용범위 내에 들었다.

모델 예측결과 개선을 위하여 배경농도로 관측치의 최저 농도를 사용하여 통계파라미터를 구한 결과를 배경농도를 고려하지 않은 결과와 비교하였다. 배경농도를 고려하는 경우에는 배경농도를 고려하지 않는 경우보다 NMSE, FB 값이 증가하지만 이 또한 허용범위 내에 들었으며, 상관계수와 IA값이 증대하여 모델 예측성에서 더 나은 결과를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2002학년도 경기대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 김영성, 손재익, 1992, ISCLT 모델을 이용한 서울지역의 SO₂ 오염도 조사, 한국대기보전학회지, 8(2), 128-137.
- 2) 김석철, 이영수, 1999, 환경영향평가시 대기확산 모델의 사용현황과 개선방향, 한국대기환경학회

- 지, 15(6), 827-841.
- 3) 오현선, 김영성, 김진영, 문길주, 홍옥희, 1997, 보령화학 지역의 복잡지형이 대기확산 모델링에 미치는 영향 비교, 한국대기보전학회지, 13(6), 427-437.
 - 4) 환경부, 2000, 1999년도 정보화지원사업 대기보전 정책수립 지원시스템 완료보고서, 108pp.
 - 5) 국립환경연구원, 99년 대기오염물질 배출량 보고서, 96pp.
 - 6) 최진수, 백성욱, 1998, 포항, 오산, 광주지역의 일 최대 혼합고의 추적, 한국대기보전학회지, 14(4), 379-385.
 - 7) 이종범, 김용국, 김태우, 방소영, 정유정, 1997, 광화학 확산모델 적용을 위한 수도권지역의 대기오염물질 배출량 산출, 한국대기보전학회지, 13(2), 123-135.
 - 8) Sivacoumar, R., A.D. Bhanarkar, S.K. Goyal and A.L. Aggarwal, 2001, Air pollution modeling for an industrial complex and model performance evaluation, Environmental Pollution, 111, 471-477.
 - 9) Lorber, M., A. Eschenroeder and R. Robinson, 2000, Testing the USA EPA's ISCST-Version 3 model on dioxins: a Comparison of predicted and observed air and soil concentrations, Atm. Env., 24, 3995-4010.
 - 10) Kumar, A., N. Bellam and A. Sud, 1999, Performance of an industrial source complex model: predicting long-term concentrations in an urban area, Environmental Progress, 18(2), 93-100.
 - 11) Patel, V. and A. Kumar, 1998, Evaluation of three air dispersion models: ISCST2, ISCLT2 and SCREEN2 for mercury emissions in an urban area, Environmental monitoring and assessment, 53(2), 259-277.
 - 12) Karppinen, A., J. Kukkonen, T. Erolähde, M. Konttinen and T. Koskentalo, 2000, A Modeling system for predicting urban air pollution: comparison of model predictions with the data of an urban measurement network in Helsinki, Atm. Env., 34, 3735- 3743.
 - 13) Willmott, C.J., 1981, On the validation of models, Physical Geography, 2, 184-194.