

2D4) 추적자 확산 실험자료에 의한 CALPUFF 모델의 평가

Evaluation of CALPUFF Model Using Tracer Experiment Data

김재철 · 이종범 · 이강웅¹⁾ · 노철언²⁾ · 김혜경²⁾

강원대학교 환경과학과, ¹⁾한국의국어대학교 환경학과, ²⁾인하대학교 화학과

1. 서 론

본 연구에서는 서울시 일원에서 대기 중 배경농도가 낮고 반응성이 낮으며 낮은 농도에서도 쉽게 채취가 가능한 PMCH(perfluoromethyl cyclohexane)와 m-PDCH(meta-perfluorodimethyl cyclohexane)를 추적자 기체로 사용하여 확산실험을 실시하였다. 이 실험에서 얻어지는 추적자 기체의 농도 자료로 중·고층 건물들이 불규칙하게 분포된 서울에서의 대기오염물질의 이동 특성을 파악하고, CALPUFF 모델을 사용하여 확산 모델을 평가하고자 한다. 또한 CALPUFF의 기상 입력 자료로서 MM5(The Fifth-Generation NCAR-Penn State Mesoscale Model)의 과정 중 TERRAIN의 LANDUSE와 TOPOGRAPHY를 변경하고, NESTDOWN과정의 연직구조를 보다 세분화함으로써 확산모델이 도시효과를 고려하는지의 여부에 따라 확산이 어떻게 이루어지는가를 알아보고자 하였다.

2. 연구 방법

추적자 확산 실험의 개요와 시료채취장소들은 표 1에 요약하였고, 추적자 방출속도는 표 2와 같다.

Table 1. Summary of tracer diffusion experiments during 3 years.

Year	2002	2003	2004
Period	April 20 & May 25-26	May 16-18	April 2-4
Release site	Yongdu-dong,	Anam-dong,	Anam-dong,
No. of sampling site	2.5km arc - 15 site 5km arc - 15 site	2.5km arc - 15 site 5km arc - 15 site	2.5km arc -30 site
average sampling time	3 hrs	3 hrs	4 hrs

Table 2. Tracer emission rates in the tracer diffusion experiments.

	2002			2003			2004
	April 20 15:02~ 17:28	May 25 15:00~ 20:00	May 26 15:08~ 17:59	May 16 16:30~ 21:00	May 17 14:31~ 20:31	May 18 14:30~ 16:35	April 2 15:46~ April 4 06:17
PMCH	1.92 g/hr	2.99 g/hr	3.14 g/hr	16.8 g/hr	29.8 g/hr	40.0 g/hr	74.4 g/hr
m-PDCH	2.20 g/hr	3.42 g/hr	3.59 g/hr	16.8 g/hr	41.9 g/hr	40.0 g/hr	74.4 g/hr

본 연구의 추적자 실험은 2002년의 경우 서울시 동대문구 용두동을 중심으로 2003년부터 2004년까지는 성북구 안암동에 위치한 고려대학교 이과대학을 중심으로 2.5 km와 5 km 내의 원호상에서 실시하였다. 그림 1의 (a)는 MM5의 대상 지역을 나타내었으며, 그림 1의 (b)는 2002년부터 2004년까지의 추적자 기체 확산 실험의 대상지역을 나타낸 것이다. X로 표시한 지점은 추적자 기체 방출지점을 나타내며, 추적자 기체의 채취 지점은 원호상(●)에 나타내었다(2004 경우).

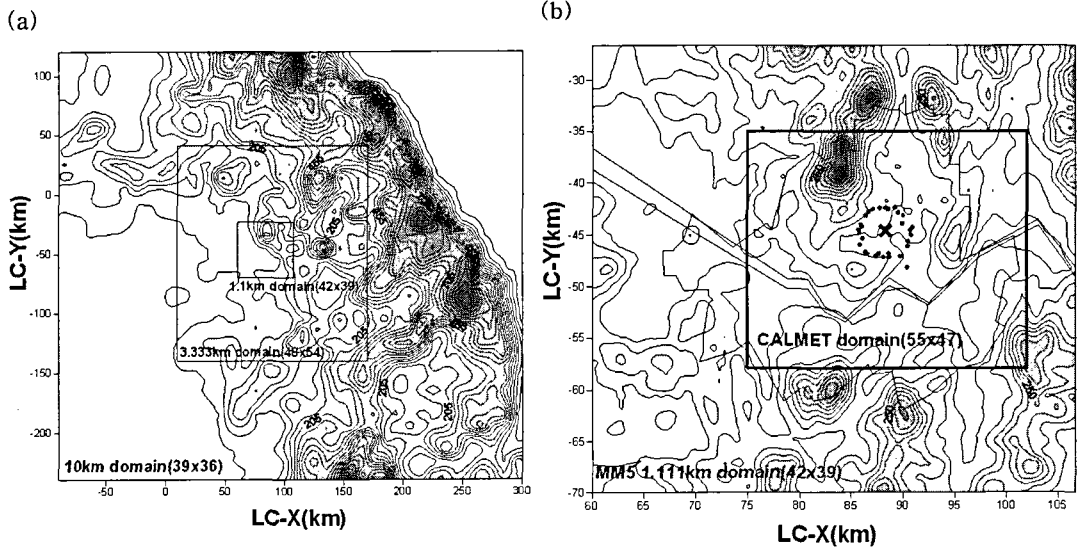


Fig. 1. MM5(a) and CALMET(b) modeling domain.

지상기상자료는 서울기상대와 대상지역전역에 분포되어 있는 30개의 AWS(Automatic Weather Station)지점이 사용되었다. 강수자료는 서울 기상대의 자료를 사용하였고, 상층 기상 자료는 오산(site number :122)자료를 사용하였다. 지형의 경우 SRTM(The Shuttle Radar Topography Mission)에서 작성한 Eurasia 3초 해상도의 DEM(Digital Elevation Map) 자료 중 한반도 부분만을 이용하여 500m 격자의 지형자료를 작성하였고, 토지이용도의 경우 MM5에서 사용한 자료를 CALMET에 맞게 변환하여 입력하였다(김재철, 2006).

CALPUFF의 경우 크게 네 부분으로 나눌 수 있는데, 시간별 기상자료, 배출량자료, 오존자료 그리고 CALPUFF control file이다. 기상자료는 CALMET의 결과를 사용하였고, 배출량 자료는 추적자 기체를 사용하였다. 오존 자료는 서울 27개 대기오염자동측정망 자료를 평균하여 사용하였다. 그리고 CALPUFF control file은 각 파라미터를 확산실험 당시의 상황에 맞게 적용하여 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Pibal 방위의 평균값은 100° 내외로 나타났으며, MM5의 풍향과 CALMET의 풍향을 비교했을 AWS(Auto weather system)와 서울기상대의 풍향을 내삽해준 CALMET의 결과가 MM5의 결과 보다 실측값 가깝게 나타내었다. PDCH의 실측값과 모델값을 비교하면 각각 평균 (74.3°)와 평균 (73.8°)의 매우 유사한 결과를 나타내며, C case에서 Pibal을 제외한 모든 대표방위가 일치하는 값을 나타내었다. 또한 실험기간동안 북서서 방향의 대표방위가 주로 나타났다(표 3).

본 연구의 추적자 실험 측정농도 분석결과, PMCH와 PDCH의 농도는 방출지점인 용두동과 고려대의 동쪽에서 각각 고농도가 나타났다. 이는 해풍이 서울을 지나 경기 동부까지 침투하기 때문에 해풍의 영향으로 인하여 서울에서는 오후에 오염물질이 동쪽으로 이동되어 지는 것이다. CALPUFF 모델을 사용하여 국지적인 현상에 대하여 모사하기 위해서는 고해상도의 토지이용도 자료와 지형자료를 이용하여 기상모델을 실행시킴으로써 모델이 국지적인 풍향을 모사할 수 있게 되어야할 필요성이 있고, CALPUFF의 timestep을 분단위로 줄임으로써 더욱 국지적인 현상을 모사할 수 있게 할 필요성이 있다.

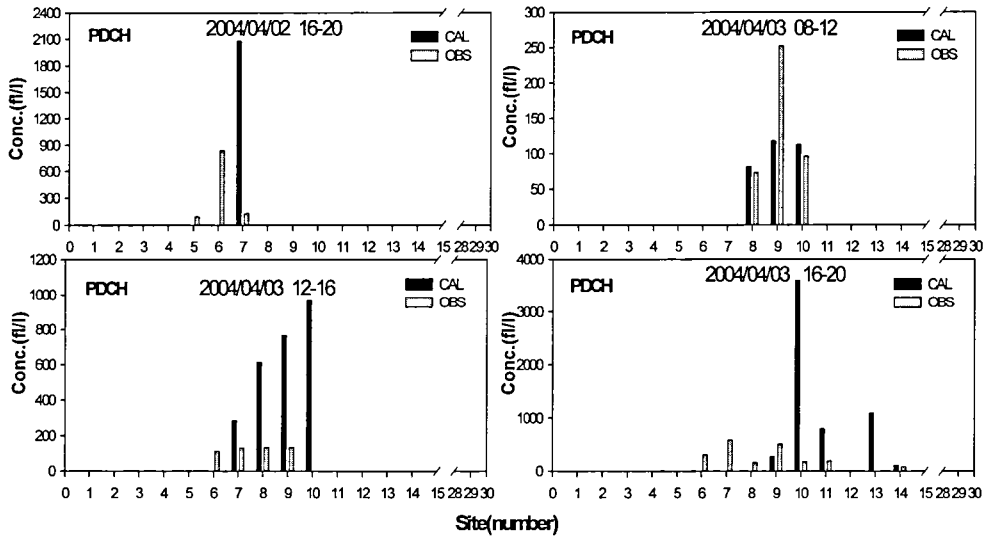


Fig. 2. Measured and calculated PDCH concentrations for the experiment conducted in April 2004.

Table 3. Comparison of representative directions of pick concentration or wind direction.

(a unit: °(degree))

	period	OBS	MODEL	PIBAL	CALMET	MM5
A	2002.5.25 15:00-18:00	54.3	49.7	62.6	66.6	99.1
B	2002.5.25 18:00-21:00	40.3	49.3	89.6	57.6	56.4
C	2002.5.26 15:00-18:00	81.5	82.5	81.9	87.4	116.2
D	2003.5.18 18:00-21:00	91.6	75.6	131.5	90.1	76.2
E	2004.4.02 16:00-20:00	60.4	60.0	94.4	76.6	78.3
F	2004.4.03 08:00-12:00	96.8	85.5	117.5	109.8	111.5
G	2004.4.03 12:00-16:00	78.9	83.2	119.8	98.8	108.5
H	2004.4.03 16:00-20:00	90.2	104.5	105.2	84.4	89.6

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(0101037-1-2)지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김재철 (2006) CALPUFF 모델을 이용한 동해시 지역의 산악지형하에서 대규모 점 오염원에서 배출되는 NOx의 확산현상 모사, 강원대학교 대학원 석사논문.
- 이종범, 강인구 (1989) 단일배출원 대기오염 단기모델에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 5, 84-96.
- 이종범 등 (2001) 「대기오염물질 장거리 이동 이해를 위한 추적자 확산 실험」 최종보고서, 국립환경연구원.
- 박상남 (2005) 도심지에서의 추적자 확산실험에 의한 CALPUFF 모델의 검증, 강원대학교 석사논문.
- Yu Song, Minsi Zhang, Xuhui Cai(2006) PM10 modeling of Beijing in the winter. Atmospheric Environment, Vol 40, 4126-4136.