

중소도시에 위치한 집단 열 공급시설에서 배출되는 대기오염물에 의한 주변 대기질의 영향 조사 및 예측

연익준 · 김광렬*

충주대학교 환경공학과 · 충북대학교 환경공학과*

The Investigation and Estimate of Influence on Air Quality by the Exhaust of Air Pollutant from Facility of the District Heating Located in Small City.

Yeon, Ik-Jun · Kim, Kwang-Yul*

Dept. of Environmental Engineering, Chungju National University,

*Dept. of Environmental Engineering, Chungbuk National University**

Abstract

This study was aimed to investigate the influence on the vicinity by air pollutant generated from facility of the district heating located in local small town. We selected the seven areas around the surroundings of facility of the district heating, compared the air quality evaluated before and after operations of the facility, and estimated the diffusion of air pollutant exhausted from the facility using a ISC model.

The result was that the concentration of TSP before and after operations of the facility was $89\sim 94\mu\text{g}/\text{m}^3$ and $72\sim 81\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively and the latter showed a decline in concentration. Also, there was no relationship between straight distance from the facility of the district heating and the concentration of TSP. This result was applicable to cases of PM-10 and SO₂.

We also investigated the influence on the air around the neighbored area by air pollutant produced from facility of the district heating using ISCLT3 model. The adding-concentrations of TSP, SO₂, NO₂, and CO were $0.0019\sim 0.00183\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.0029\sim 0.5648\text{ppb}$, $0.2924\sim 1.9837\text{ppb}$, and $0.0087\sim 0.0590\text{ppb}$, respectively. It is predicted that each concentration is added to pollutant exhausted from facility of the district heating and is about 1/100~1/180,000 of present air quality. This has a tiny influence on general air quality.

According to this analysis, the concentration of air pollutant is less effected to pollutants expected by the facility of the district heating than other pollutants emitted from mobil source or industrial complex, and etc.

Key words : Air quality, District heating, ISC 3 model, TSP, PM-10, SO₂, NO₂, CO

I. 서 론

대기오염 물질은 크게 자연발생원과 인위적 발생원으로 구분할 수 있는데, 오늘날 문제가 되는 인위적 발생원은 난방, 산업, 수송, 발전 등의 연료 용도별로 오염물질 배출량이 상이하게 나타나며, 1999년 대기오염물질 총 배출량 3,709천톤 중 난방 부분의 배출량은 228천톤 정도로 6.2%에 달하는 것으로 나타났다¹⁾.

에너지 사용에 따른 대기오염물질 배출량을 고려할 때 대체에너지를 개발하는 것 이상으로 불필요하게 낭비되는 에너지를 줄이는 것이 중요하며, 지속적인 경제성장과 생활수준 향상을 뒷받침하기 위하여 에너지를 안정적으로 공급해가면서 환경보호 강화 추세에도 부응할 수 있도록 에너지 이용 효율성을 높여야 될 것으로 사료된다.

생활에 필요한 열을 공급하는 방법 중 대규모의 열 생산시설에서 경제적으로 생산된 열을 일정한 지역에 일괄 공급하는 방식은 화석연료 외에도 바이오매스, 폐기물, 지열 등 다양한 에너지를 적극 활용할 수 있어 세계 각 국에서 적극 추진하고 있다. 또한 이러한 시설은 분산적 에너지 이용방식에서 집합적 에너지 공급체제로 전환하여 에너지 이용의 효율을 증대하는 한편, 열을 안정적으로 공급하여 주민생활의 편익에 기여하고, 대기오염 방지를 위한 시설설치 및 집중관리로 공해물질 배출이 감소되는 것으로 보고되고 있다²⁾.

한편, 대기오염 물질의 이동은 크게 평균류에 의한 이류(advection)와 난류에 의한 확산(diffusion) 과정으로 나눌 수 있으며, 이를 모두 확산(disper-sion)이라 한다. 대기오염물질에 대한 모델은 오염물질의 확산, 대류, 화학반응, 침전 등을 고려하여 모델구역의 대기오염물질의 농도, 침전량, 체류시간 등을 예측하여 대기질 종합관리에 이용할 수 있는 도구로 지난 수십년간 개발되어 왔다³⁾. 대기 확산모델에는 상자모델(box model), 가우스 모델(Gaussian model), 라그랑지 모델(Lagrangian model), 오일러 모델(Eulerian model)이 있는데, 그 중 가우스 모델은 예측 정확도에 한계가 있기는 하지만, 비교적 정확하고 사용이 간편하기 때문에 현재 도시 규모의 대기질 관리정책과 환경영향평가 등에서 가

장 널리 사용되고 있으며, CDM-2.0, ISC, TCM, HIWAY 등이 모두 가우스 모델의 일종이다.

본 연구에서는 지방의 한 중소도시 외곽에 위치한 대규모 집단 열 공급시설에서 발생하는 대기오염물질의 배출에 의한 주변지역의 영향을 살펴보기 위하여, 대표적인 지점을 선정하여 열 공급시설 가동전과 가동후의 주변 대기질을 조사함으로써 열원 설비가 대기환경에 미치는 영향을 조사하였고, 장시간 시뮬레이션시 유리하고 계산량이 적은 Gaussian plume 모델의 하나인 ISC 3 모델을 이용하여 열 공급시설에서 배출되는 대기오염물질이 주변지역으로 확산됨으로써 주변의 대기질에 미치는 영향을 예측하였다.

II. 연구 방법

1. 집단 열 공급시설의 개요

지방의 한 중소도시인 C시에 위치한 집단 열 공급시설은 2000년 완공되어 운영되고 있는 것으로, 260ton/hr 규모의 열병합 발전소와 300ton/hr 규모의 열전용 보일러 (150ton/hr × 2기)를 갖추고 있으며, 연료로 등유와 저황황스유(LSWR유, 황함유량 0.2% 이하), B-C유(황함유량 1.0%이하)를 사용하고 있다.

한편, 대기오염 방지시설로 배기가스중의 분진을 제거하기 위한 제거효율 90% 이상의 전기집진기와, 질소산화물의 생성 저감율이 50% 이상인 저 NO_x용 버너, 배기가스중의 아황산가스를 제거하기 위한 제거효율 90% 이상인 석회석고법의 배연탈황설비를 갖추고 있었으며, stack으로 배출되는 대기오염물질의 농도를 24hr 자동으로 기록, 유지하는 배기가스 감시장치(Stack Gas Monitoring System)를 운영하고 있다.

2. 대기질 조사 내용 및 방법

대기중 오염물질 농도의 측정은 집단 열 공급시설(A-1지점)과 그 주변지역(A-2, A-3, A-4, A-5지점)으로 대표적인 5지점을 선정하여 Fig. 1에 나타내었으며, 가동전인 1999년에 2차에 걸쳐, 열 공급시설의 가동후인 2001년과 2002년에 3차에 걸쳐 기상상태가 양호한 기간동안 샘플링하여 직접 농도를

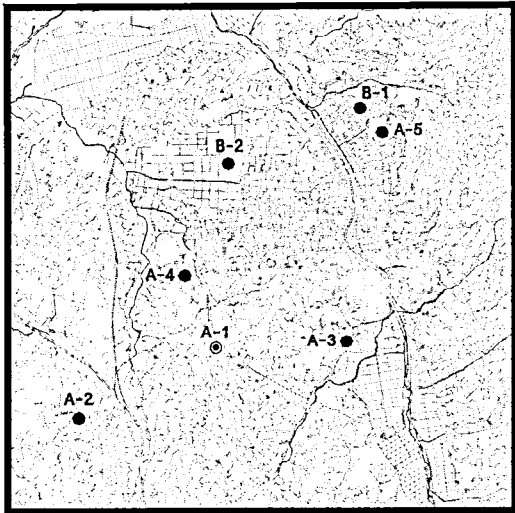


Fig. 1. Location of sampling points in urban area.

측정하였으며, 샘플링 기간동안 대기질 자동 측정장치가 설치되어 운영되고 있는 2지점(B-1, B-2지점)에 대한 대기 오염물질 농도도 참고하였다.

측정항목은 TSP, PM-10, SO₂로 하였으며, 시료의 채취 및 분석 방법은 현행 대기오염공정시험방법에 준하여 실시하였다⁴⁾. TSP의 포집은 표준 하이볼륨에어샘플러(Sierra Andersen, Model 305-2000, USA)를 사용하였고, PM-10의 포집은 Portable PM-10 Sampler(APM Korea Co.,Ltd)를 사용하였다. 또한 SO₂ 분석은 아황산 가스의 미량측정법 중 대표적인 파라로자닐린법을 이용하였다.

Table 1. The measuring time of atmospheric quality and meteorological conditions.

Division	Period of sampling	Meteorological conditions				
		Day	Weather	Mean temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mean wind velocity (m/sec)
1st	1999.3.29 ~1999.3.31	3/28	Less cloudy	4.9	41.8	3.2
		3/29	Cloud	3.7	47.1	1.5
		3/30	Clear	8.7	47.6	1.2
		3/31	Less cloudy	10.7	48.8	0.9
2nd	1999.5.7 ~1999.5.10	5/07	Clear	18.2	59.3	3.1
		5/08	Less cloudy	18.7	56.6	2.4
		5/09	Clear	18.5	51.0	1.9
		5/10	Less cloudy	17.9	59.3	1.8
3rd	2001.4.9 ~2001.4.12	4/09	Clear	20.9	41.8	1.2
		4/10	Clear	18.1	47.9	1.1
		4/11	Rainy (5.4mm)	18.9	70.6	1.7
		4/12	Clear	19.2	49.4	2.6
4th	2001.12.4 ~2001.12.7	12/4	Clear	0.5	83.4	1.0
		12/5	Clear	2.2	52.1	2.0
		12/6	Clear	0.8	46.3	3.0
		12/7	Clear	-1.2	53.8	1.4
5th	2002.2.26 ~2002.2.28	2/25	Clear	5.3	50.8	1.9
		2/26	Clear	6.2	52.6	1.5
		2/27	Clear	6.5	57.6	1.4
		2/28	Clear	7.7	55.9	2.6

3. ISC 3 모델링 방법

(1) 예측시점 및 지점

대기질 예측은 EPA에서 개발한 장기예측모델인 ISCLT3 (Industrial Complex-Long Term Dispersion Model)을 이용하여 수행하였으며, 집단 열 공급시설을 운영한 과거의 2001년과 2002년, 향후 연료 사용계획에 따른 2009년에 대하여 주변 대기질에 미치는 영향의 정도를 예측하였다. 대기질 예측 항목으로는 현황농도 측정항목으로 선정된 TSP와 SO₂ 외에 NO₂와 CO를 추가로 선정하여 예측하였으며, 예측지점은 대기질 측정지점 5지점과 자동측정소가 운영되는 2지점을 선정하였다.

(2) 기상 입력자료

모델운영을 위하여 입력하는 국지 기상자료는 풍향과 풍속, 운량, 온도, 대기안정도, 혼합고 등이며, C시 기상대의 최근 10년(1993~2002년)간 기상자료를 분석하여 활용하였다. 기상대의 기상자료는 MEO file 형식으로 구하여, 이를 STAR program을 이용하여 프로그램에 맞도록 변환하여 안정도 등급에 대한 국지기상자료를 JFF file 형태로 생성시켰다.

(3) 지형 입력자료

ISC 모델에서 지형 분석을 위해서 사용되는 예측망은 GRIDCART 키워드를 통해 정의되는 좌표격자망과 GRIDPOLR 키워드로 정의되는 극좌표망으로 구분할 수 있다. 본 모델링 예측에서는 GRIDCART 키워드를 통한 좌표격자망을 이용하여 지형을 분석하였으며, 대기질 예측을 위해 선정한 격자망은 집단 열 공급시설이 위치한 지점을 중심으로 1km×1km의 격자망을 11×11개 선정하였다. 참고로 지형자료의 입력결과 주변지형은 Figure 2와 같다.

(4) 오염물질 배출량 입력자료

열 공급시설에서 배출되는 오염물질의 양은 연료 사용량 및 향후 사용계획을 바탕으로 난방 연료별 대기오염물질 배출계수를 이용하여 산정하였으며, 이때 집단 열 공급시설에서 운영되고 있는 대기오염 방지시설의 효율을 고려하여 최종 배출

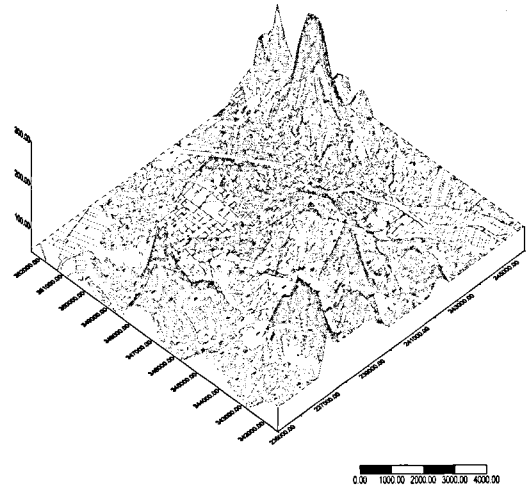


Fig. 2. The result from input of topographical data in the surrounding in the facility of the district heating.

구의 배출량을 예측하였다.

열 공급시설의 2001년과 2002년의 연료 사용량 및 장기 운영계획에 따른 2009년의 연료 사용계획은 Table 2와 같으며, 국립환경연구원에서 발표한 난방용 연료별 대기오염물질 배출계수⁵⁾를 이용하여 대기오염물질의 배출량을 산정하여 Table 3에 나타내었으며, 이를 대기확산 모델링시 항목별로 배출되는 대기 오염물질의 양으로 적용하였다. 이때, 대기오염물질의 배출 양(g/sec)은 열 공급시설의 운영자료를 참고로 계산한 것으로, 열 전용보일러나 열 병합발전소가 운영되어 대기오염물질이 발생하는 시간은 연간 350일, 6300시간 정도로 추정하였고, 열 공급시설에서 운영되고 있는 방지시설의 최소효율을 고려하여 실제로 stack에서 배출되는 오염물질의 양을 산정하였다.

(5) 기타 입력자료

대기오염 예측 모델링을 수행하기 위한 자료중 stack의 내경과 높이, gas의 배출속도와 배출온도 등 오염물질 배출과 관련된 것은 실제로 stack에서 배출되는 gas의 상황을 고려하여 산정하였다. 열 공급시설에서 오염물질을 배출하는 stack은 총 2개로, 모델링 수행을 위해서 입력한 자료는 다음 Table 4와 같다.

Table 2. The amount and plan of fuel consumption in the facility of the district heating (kL)

year month	2001 year			2002 year		2009 year	
	Kerose	LSWR	B-C	Kerose	B-C	Kerose	B-C
1	3.8	4,917	0	0	7,116	10	15,000
2	11.3	3,293	0	1.7	6,138	10	11,000
3	17.8	3,036	0	0	4,855	10	7,200
4	47.0	780	1,092	19.8	2,078	35	3,500
5	16.5	81	725	8.2	1,404	10	2,000
6	15.7	0	425	22.3	748	35	1,000
7	13.0	0	366	18.6	629	35	1,000
8	19.9	0	245	13.3	666	29	1,000
9	17.5	0	648	16.6	1,069	35	1,500
10	18.0	0	1,594	10.1	3,094	28	4,000
11	19.6	0	3,943	7.9	6,448	10	11,000
12	25.4	781	5,477	6.5	9,613	10	15,000
SUM	200.1	12,107	9,038	118.5	34,245	247	58,200

Table 3. The exhaust amount of air pollutant in the stack (g/sec)

Comp. year	2001 year	2002 year	2009 year
Dust	0.1294	0.2883	0.4812
SO ₂	1.4336	3.6751	6.1342
CO	0.7309	1.1564	1.9433
NO _x	4.0326	6.4255	10.7302

Table 4. The gas condition exhausted from stack

Stack No.	TM coordinates	Funnel diameter (m)	Funnel height (m)	Exhaust velocity (m/sec)	Exhaust temperature (K)
No. 1	239560.0, 344890.0	2.5	100.0	20	160
No. 2	239570.0, 344890.0	2.5	100.0	20	160

III. 결과 및 고찰

1. 대기질 조사 결과

(1) TSP와 PM-10 분석결과

열 공급시설 주변지역에 대한 대기질의 농도를 열 공급시설의 가동전(1~3차)과 가동후(4~5차)로

구분하여 측정하였으며, 5개의 대표지점에 대한 TSP의 평균농도를 Fig. 3에 제시하였다. 열 공급시설이 위치한 A-1 지역의 경우 가동전 TSP 평균 농도가 89~94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었던 것이 가동후 72~81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 열 공급시설 가동후 농도가 오히려 감소한 것으로 나타났으며, A-2 지역도 유사한 경향을 나타내었다. A-3지역과 A-4지역은 열 공급시설 가동후의 TSP가 다소 높게 나타났고, 사업

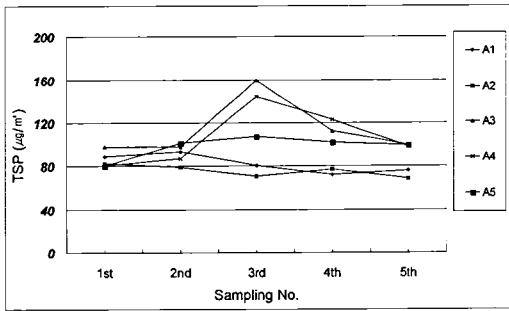


Fig. 3. Variation of TSP according to the sampling points.

지구에서 가장 멀리 떨어진 A-5지역의 경우에는 비슷한 경향을 보였다.

한편, 열 공급시설과의 이격거리에 따른 오염물의 농도는 열 공급시설과 가장 가까운 A-2의 농도가 평균 $69\sim 83\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도인데 반하여, 가장 멀리 떨어진 A-5의 농도가 $80\sim 107\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 나타나 열 공급시설에 의한 발생원의 영향과는 상관관계가 적은 것으로 나타났다. 즉, 열 공급시설을 가동한 후 A-3와 A-4지점의 농도가 가동전보다 높게 나타난 것은 열 공급시설에서 배출되는 오염원의 영향이 아닌 다른 요인에서 기인하는 것으로 생각되며, 특히 측정당시의 도시외곽순환도로의 공사건설로 인한 분진 증가도 원인중의 하나로 추정되었다.

동일한 방법으로 열 공급시설의 주변지역에 대한 PM-10 농도를 분석한 결과를 Figure 4에 제시하였다. PM-10의 경우에 있어서도 TSP와 매우 유사한 경향을 보이고 있었으며, 열 공급시설과의 이격거리와 큰 상관관계 없이 $39\sim 90\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도

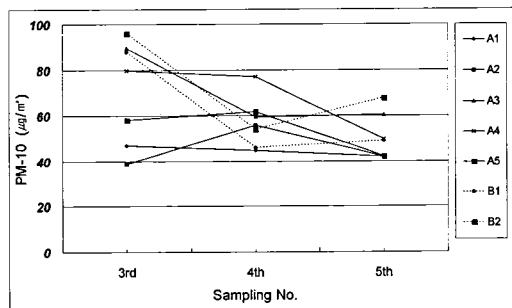


Fig. 4. Variation of PM-10 according to the sampling points.

를 나타내었다. 한편, 측정된 TSP와 PM-10의 농도에 대한 상관관계를 검토해 본 결과 환경대기중의 TSP가 증가할 때 PM-10도 비슷한 경향으로 증가되는 값을 나타내었으며, 이는 최 등⁶⁾이 TSP와 PM-10 농도간의 상관계수는 0.85~0.96의 높은 값을 보인다고 발표한 결과와 부합되는 것으로 볼 수 있었다.

(2) SO₂ 분석결과

열 공급시설 주변지역에 대한 SO₂ 분석결과를 Figure 5에 제시하였다. 열 공급시설 주변지역의 SO₂ 농도는 TSP의 경우와 마찬가지로 열 공급시설 가동전의 농도가 평균 0.007~0.015ppm이었으나, 가동후에는 평균 0.002~0.009ppm으로 나타나 SO₂의 농도가 오히려 감소된 것으로 나타났다. 이는 C도시의 대기환경중 SO₂ 농도에 큰 영향을 미칠것으로 예상되는 자동차나 공단지역의 공장 등에서 배출되는 오염원의 배출 총량의 변화 등 외부요인을 충분히 고려하여 원인을 분석하여야 할 것이나, 다만, 전 등⁷⁾의 연구에서 지역난방 공급지역의 대기오염 평균 감소율이 연평균 6.1% 및 12.5% 정도에 이르는 것으로 보고한 바와 같이 열 공급시설 가동에 따른 대기오염의 감소도 하나의 원인이 된 것으로 사료되었다.

(3) 자동측정소의 분석결과

열 공급시설의 주변지역에 대한 대기질 측정기간과 동일한 조사기간에 대하여 C시의 일반적인 대기오염농도를 비교하기 위하여 대기환경 자동 측정소가 운영되고 있는 두 지점(B-1과 B-2)에 대한 대기

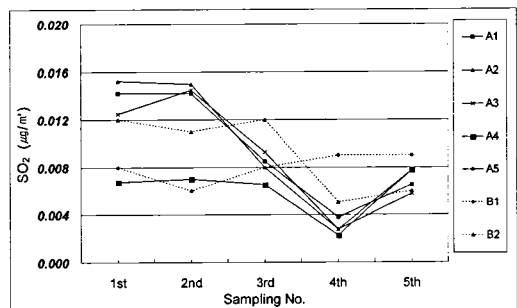


Fig. 5. Variation of SO₂ according to the sampling points.

Table 5. The results of air pollutant concentration at each automatic sampler in urban area

Date	Point	B-1				B-2			
		PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)
1999. 3		76	0.008	0.012	1.4	89	0.012	0.057	0.9
1999. 5		55	0.006	0.009	0.9	81	0.011	0.039	0.9
2001. 4		88	0.008	0.012	0.5	96	0.012	0.057	0.6
2001. 12		46	0.009	0.041	1.6	54	0.005	0.035	0.5
2002. 2		49	0.009	0.036	1.1	68	0.006	0.035	0.9

질의 평균 오염물 농도를 조사한 결과를 Table 5에 제시하였다. 이를 열 공급시설 주변지역에서 측정된 대기질 현황농도와 비교하여 Fig. 4와 Fig. 5에 이미 제시하였다. PM-10의 농도의 경우 실제 측정된 현황농도와 자동 측정소에서 측정된 농도를 비교하여 볼 때 4회차 때의 농도만 전체적으로 약간 높게 나타났으며, 이는 열 공급시설에 따른 영향이라기보다 다른 오염원의 영향에 의한 것으로 사료된다. SO₂의 경우, 자동측정소에서 측정된 농도는 0.006~0.009ppm 범위로, 열 공급시설 주변과 그 외 지역 모두 열 공급시설 가동과 상관없이 비슷한 농도를 보이고 있음을 알 수 있었다.

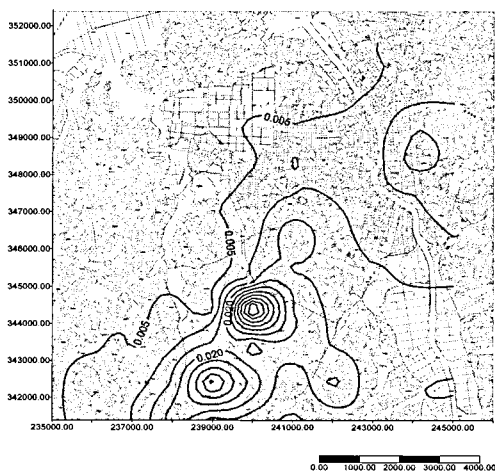
2. ISC 3 모델링 결과 및 분석

ISCLT3 Model을 이용하여 집단 열 공급시설에

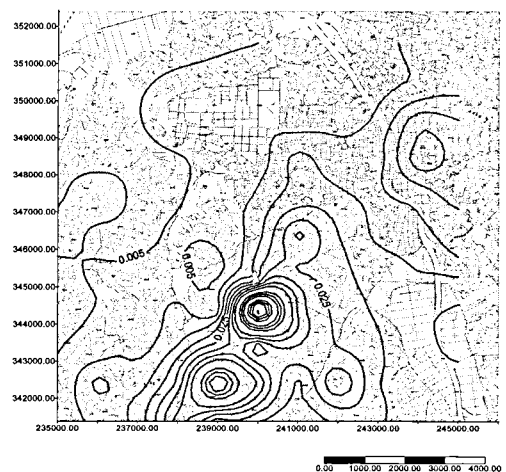
서 배출하는 오염물질에 의한 주변 대기질의 영향을 예측기 위하여 제시한 모델링 방법에 따라 2001년과 2002년, 2009년의 연료 사용량 및 사용계획에 따른 열 공급시설 주변지역에서의 TSP와 SO₂, NO₂와 CO에 대한 예측 가중농도를 산정하였다. 그 중 2002년과 2009년에 해당하는 예측 가중농도에 대한 등농도 곡선을 Fig. 6~9까지에 각 항목별로 나타내었다. 또한, 산정된 예측 가중농도를 바탕으로 열 공급시설 주변지역의 대표지점으로 선정된 7개 지점에 대한 가중농도를 Table 6에 제시하였다.

(1) 가중농도에 대한 예측 등농도 곡선

Fig. 6에서 보는 바와 같이 TSP의 경우 기상자료와 여러 가지 지형자료 및 예측 오염물질의 특징에 따라 2002년과 2009년의 오염물질 예측 확산

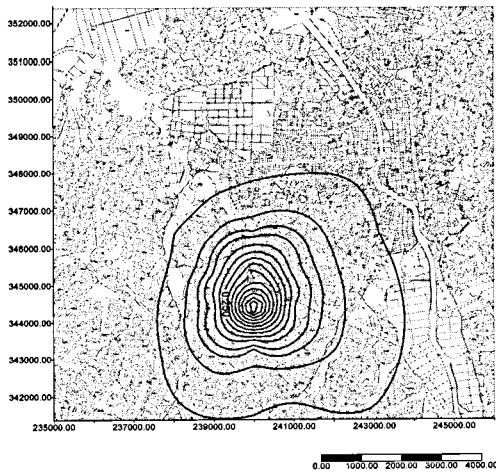


(a) 2002 year

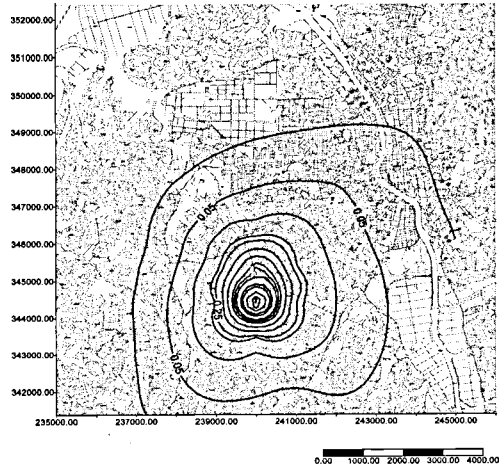


(b) 2009 year

Fig. 6. The predicted TSP level ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) to a weighted concentration.

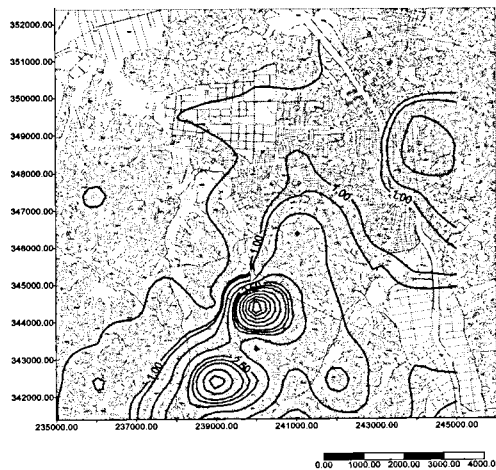


(a) 2002 year

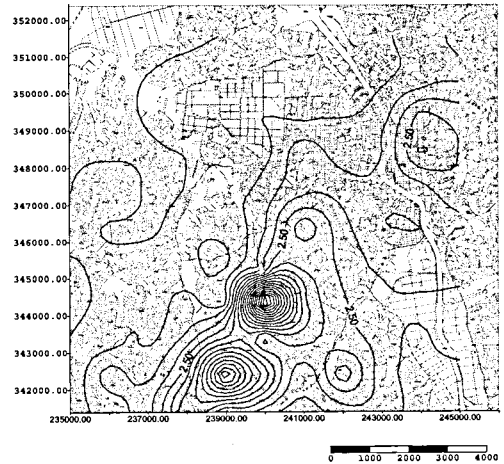


(b) 2009 year

Fig. 7. The predicted SO₂ level (ppb) to a weighted concentration.



(a) 2002 year



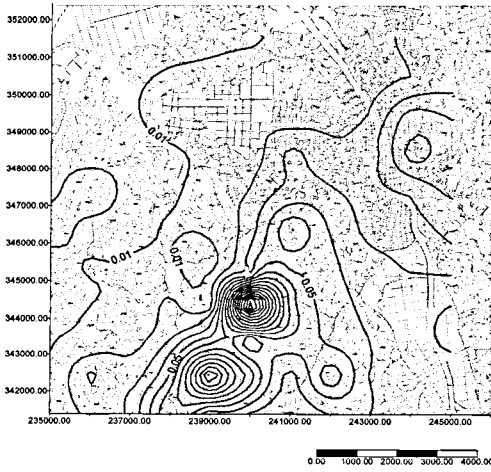
(b) 2009 year

Fig. 8. The predicted NO₂ level (ppb) to a weighted concentration.

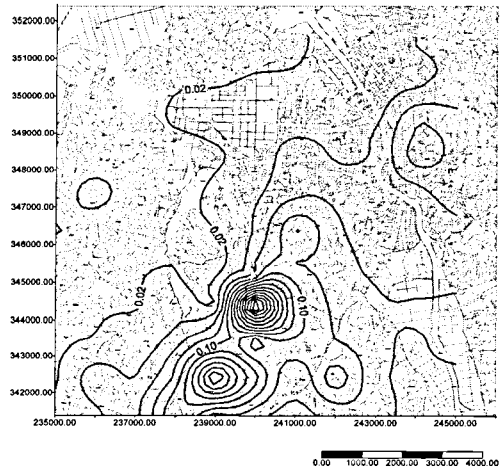
경향은 비슷하게 나타났으나, 배출되는 오염물질의 양에 따라 예측농도는 다르게 나타났다. 이는 지면 관계상 생략된 2001년의 경우에도 같은 결과를 나타내었다. 한편, SO₂와 NO₂의 경우, CO의 경우에도 TSP의 경우와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 다만, 오염물질 항목별로 확산되는 양상과 예측농도가 각각 다르게 나타났는데 이는 오염물질 항목별로 침강 및 침적특성과 확산계수를 비롯한 유동 특성, 오염물질의 감쇄 mechanism 등 물리·화학

적 특성이 다르고, 집단 열 공급시설에서 배출되는 오염원의 농도와 양이 모두 다른데서 기인하는 것으로 사료된다.

(2) 가중농도가 대기질에 미치는 영향 분석 이상의 방법으로 산출된 열 공급시설에서 배출하는 대기오염물질에 의한 주변지역의 대기오염물질 가중농도를 7개의 예측지점에 대하여 산정하였으며 그 결과를 Table 6에 제시하였다. TSP의 경



(a) 2002 year



(b) 2009 year

Fig. 9. The predicted CO level (ppb) to a weighted concentration.

Table 6. The result estimated from a weighed concentration of atmospheric quality at each predicted sites.

		Dust ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	CO (ppb)
2001 year	A-1	0.002887	0.131991	0.438134	0.013048
	A-2	0.002695	0.004714	0.408922	0.012178
	A-3	0.004913	0.012148	0.745499	0.022201
	A-4	0.002266	0.012743	0.343930	0.010242
	A-5	0.001927	0.002943	0.292439	0.008709
	B-1	0.002309	0.003497	0.350326	0.010433
	B-2	0.002001	0.004326	0.303700	0.009044
2002 year	A-1	0.006435	0.338447	0.698129	0.020641
	A-2	0.006006	0.012086	0.651582	0.019265
	A-3	0.010949	0.031149	1.187888	0.035121
	A-4	0.005051	0.032675	0.548022	0.016203
	A-5	0.004295	0.007545	0.465977	0.013777
	B-1	0.005145	0.008966	0.558215	0.016504
	B-2	0.004460	0.011093	0.483920	0.014308
2009 year	A-1	0.010736	0.564772	1.165816	0.034688
	A-2	0.010021	0.020169	1.088086	0.032376
	A-3	0.018268	0.051978	1.983671	0.059023
	A-4	0.008428	0.054526	0.915150	0.027230
	A-5	0.007166	0.012591	0.778142	0.023153
	B-1	0.008585	0.014962	0.932171	0.027736
	B-2	0.007442	0.018512	0.808104	0.024045

우 2001년과 2002년의 경우 각 지점별로 0.0019~0.0109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2009년의 경우에는 0.0072~0.0183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도가 열 공급시설에서 배출하는 대기오염 물질에 의해 가중될 것으로 예상되었는데, 이는 Fig. 3과 Table 5에 제시한 7개 지점에 대한 현황 농도와 비교하여 볼 때 1/2,600에서 1/48,000의 수준으로 거의 영향이 없는 것으로 분석되었다. SO₂의 경우 모델링을 통해서 가중될 것으로 예상되는 농도가 각 지점별로 0.0029~0.5648ppb로서 역시 Fig. 5와 Table 5에 제시한 현황농도와 비교하여 볼 때 1/100에서 1/5,000의 수준으로 TSP의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, NO₂와 CO의 예상 가중농도는 각각 0.2924~1.9837ppb, 0.0087~0.0590ppb 정도였으며, 이를 Table 5에 제시한 B-1과 B-2에 대한 현황농도와 비교해 볼 때 각각 1/100~1/200과 1/8,500~1/180,000정도의 수준인 것으로 분석되었다. 이상의 예측 결과 열 공급시설에서 발생하는 대기오염물질이 주변 대기질에 미치는 영향은 미미한 수준임을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

중소도시의 집단 열 공급시설에서 배출하는 대기오염물질이 주변지역 대기질에 미치는 영향을 연구하기 위하여, 대표적인 지점을 선정하여 열 공급시설 가동전과 가동후의 주변 대기질을 측정하고, ISC 3 모델을 이용하여 주변의 대기질에 미치는 영향을 예측한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 열 공급시설의 주변지역중 대표지점에 대한 TSP 분석결과 열 공급시설의 가동전 농도가 평균 89~94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가동후 72~81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 가동후에 TSP의 농도가 오히려 감소한 것으로 나타났으며, 열 공급시설과의 이격거리에 따른 오염 확산 정도는 열원과 가장 가까운 지역이 가장 멀리 떨어진 지역의 농도보다 작게 나타나 열 공급시설에서 발생하는 오염물질의 배출에 따른 대기오염의 영향은 관계가 적은 것으로 나타났다.
2. PM-10의 경우도 TSP와 유사한 경향을 보였으며, 열 공급시설과의 거리에 관계없이 31~94

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 나타냈다.

3. SO₂는 가동전 평균 0.007~0.015ppm 이었으나, 가동후 평균 0.002~0.009ppm으로 나타나 열 공급시설 가동후 오히려 농도가 감소한 것으로 나타났다.
4. 오염물질의 배출에 의한 주변지역 대기의 영향을 ISCLT3 Model을 통하여 예측한 결과 TSP의 경우 0.0019~0.0183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도, SO₂와 NO₂, CO의 경우에는 각각 0.0029~0.5648ppb, 0.2924~1.9837ppb, 0.0087~0.0590ppb 정도의 농도가 열 공급시설에서 배출되는 오염물질에 의해 가중될 것으로 예상되었는데, 이는 현황농도와 비교할 때 1/100 ~ 1/180,000 정도의 농도로 전체 대기질에 미치는 영향은 미미한 것으로 생각되었다.

이는 열 공급시설 주변지역의 대기오염은 열 공급시설에서 배출되는 오염원에 의한 영향보다는 자동차나 건설현장, 공단 등 다른 배출원에서 배출되는 오염원에 의한 영향이 훨씬 크기 때문인 것으로 분석되었다.

References

- 1) 환경부 : 대기오염물질배출량, 국립환경연구원, 2000.
- 2) 이춘식 : 발전폐열을 활용한 지역난방 공급 에너지 시스템에 관한 연구, 한국과학기술연구소, 1980.
- 3) 대기환경연구회 : 대기오염개론, 동화기술, 1995.
- 4) 환경부 : 대기오염공정시험방법, 환경부고시 제 2002-20호, 2002.
- 5) 환경부 : 대기오염물질배출량 1999, 환경부 대기보전국 간행물, 국립환경연구원, 2000.
- 6) 최진수, 백성욱 : 대기중 TSP와 PM-10 농도의 관련성, 한국대기보전학회지, Vol. 14, No. 1, pp. 1-10, 1998.
- 7) 전의찬, 김정옥 : 대기오염 방지대책으로서 지역난방의 효과분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, Vol. 6, No. 1, pp.51-56, 1990.