

## 집단 에너지 시설에 의한 주변 대기질 영향

연익준 · 주소영\* · 이민희\*\* · 손종렬\*\*\* · 김광렬\*\*  
동림건설(주)기술개발연구소 · 원자력연구소\*  
충북대학교 환경공학과\*\* · 고려대학교 보건대학 환경위생과\*\*\*

## The influence on air quality of the surroundings by the facility of the district heating

Ik-Jun Yeon · So-Young JU\* · Min-Hee Lee\*\* · Jong-Ryeul Sohn\*\*\* · Kwang-Yul Kim\*\*  
*Technology Development Institute, DONGLIM Construction & Engineering Co. Ltd.*  
*Korea Atomic Energy Research Institute\**  
*Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University\*\**  
*College of Health Science, Korea University\*\*\**

### Abstract

The comparison of the air quality with the evaluation of the environmental assessment before and after operations of the heat source and of the flue-gas desulfurization facilities were studied. First of all, several sites were selected for the representative sample points, and then they were examined air quality of the surroundings.

The results were that TSP(total suspended particulate) analysis after an operation of the heat source facility was  $74\sim 81\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-10 was  $31\sim 94\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and  $\text{SO}_2$  concentration was 0.002~0.009ppm, respectively.

As the result of examination to the concentrations of diffused pollutants, there was no relations between TSP concentration of sample points and the effect of air quality according to the heating source. When we compared the neighbored area of the heating source with the other area, the concentration of air pollutants after an operation of the facility of the heating source was similar to the heating source, the neighbored area, and the other area. So we concluded that there was no the effect of the air pollution by produced pollutants from the heating source.

Key word : Air pollution, District heating, TSP, PM-10,  $\text{SO}_2$

### I. 서 론

우리가 사용하는 에너지의 종류 및 이용방법은  
우리 삶의 질과 유해한 환경적 영향을 결정하는

주요한 인자가 된다. 현재 화석연료의 이용은 대  
기, 수질, 토양오염 그리고 지구온난화를 야기 시  
키는 주요 원인이 되고 있으며, 가장 광범위하게  
사용되는 에너지원인 석유는 80년 이내에 고갈 될

것이며, 향후 다른 에너지원으로의 대체가 필요한 실정이다.<sup>1)</sup> 에너지 효율을 고려하여 불필요하게 낭비되는 에너지를 줄이는 것이 대체에너지를 개발하는 것 이상으로 중요한 대책의 방법 중 하나임에 따라 지속적인 경제성장과 생활수준 향상을 뒷받침하기 위하여 에너지를 안정적으로 공급해가면서 환경보호 강화 추세에도 부응할 수 있도록 에너지 이용 효율성을 높여야 될 것이다.

열공급 방법중 열병합발전소, 열전용보일러, 쓰레기 소각로 등과 같은 대규모의 열생산시설에서 경제적으로 생산된 열을 이용하여 일정 지역의 주택, 건물에 난방 및 급탕열을 일괄 공급하는 방식은 북유럽 국가를 중심으로 발달하였으며 이러한 시설들은 석탄, 석유, 천연가스 등의 화석연료 외에도 밀짚, 나무 조각 같은 바이오매스, 폐기물, 지열 등 다양한 에너지를 적극 활용할 수 있어 세계 각 국에서는 정부정책사업으로 적극적으로 추진하고 있는 실정이다. 그리고 이런 시설들은 분산적 에너지 이용방식에서 집합적 에너지 공급체계로 전환하여 에너지 이용의 효율성을 증대하는 한편, 난방 및 급탕열을 안정적으로 공급하여 주민생활 편의 증진에 기여하고, 대기오염 방지를 위한 방지 시설설치 및 집중관리로 공해물질 배출이 감소되는 것으로 보고되고 있다.<sup>2)</sup>

최근 저유황유의 공급확대, 자동차 배출가스 규제기준의 강화, 환경오염 업체의 이전 등 여러 가지 정책적 배려에도 불구하고 날로 심화되어 가고 있는 대도시의 대기오염 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 주거 부분에서의 대기오염을 감축하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.<sup>3)</sup> 따라서 본 연구는 도시의 외곽에 위치한 대규모 열생산 시설 주변지역의 대표적인 지점을 선정하여 대기질 조사를 실시하여 열원설비 및 배연탈황설비의 가동 전과 후의 대기질 비교로 환경에 미치는 영향을 평가하고, 대기질 관리 정책의 기초 자료를 제공 하고자 한다.

## II. 조사 내용 및 방법

### 1. 측정방법

오염물질은 대기환경 기준 측정 항목 중 TSP,

SO<sub>2</sub>를 측정하였으며, 열원설비 주변지역 5개 지점의 측정기간은 1999~2002년으로 설비 가동전 2회, 설비 가동후 3회를 하였고, PM-10은 가동후인 3차~5차에만 측정하였다.

#### (1) 측정기간

- 가동전 1차 측정 : 1999년 3월 29일~1999년 4월 3일
- 2차 측정 : 1999년 5월 7일~1999년 5월 10일
- 가동후 3차 측정 : 2001년 4월 9일~2001년 4월 12일
- 4차 측정 : 2001년 12월 4일~2001년 12월 7일
- 5차 측정 : 2002년 2월 26일~2002년 2월 28일

#### (2) 측정지점

측정지점은 열원으로부터 영향을 줄 수 있는 예상지역을 중심으로 열원주변의 지점을 설정하여 측정하였으며, 열원지역을 A1, 인접한 인근마을 A2, 영향이 예상되는 지역중 근거리의 아파트 밀집지역과 학교 등의 지점을 A3, A4로 하였으며, 도시의 주된 풍향을 고려하여 원거리 영향 예상지역인 아파트 밀집지역을 선정하여 인근 학교에서 A5의 지점으로 선정하였다. 또한 본 조사지역과 도심지역내의 대기질을 비교하기 위한 대기자동차 측정장치의 위치는 B1과 B2로, 그 지점들의 위치는 Fig. 1에 나타 내었다.

## 2. 시료채취 및 분석방법

설비 가동전 2회, 설비 가동후 3회를 실시하여 각각 2번씩 총 5회를 채취하였고, 시료 채취시 대기공정시험에 준하여 시료채취 및 분석하였으며<sup>4)</sup>, PM-10은 10 $\mu$ m 이하의 입경을 가진 먼지의 영향을 고려하여 가동후인 3차~5차에만 적용하여 측정하게 되었다. 대기질 측정장비 및 분석방법 중 TSP의 포집은 표준 하이볼륨에어샘플러(Sierra Andersen, Model 305-2000, U.S.A)를 사용하였고, PM-10의 측정은 Portable PM-10 Sampler(APM Korea Co.,Ltd)를 사용하였다. TSP 포집을 위해서

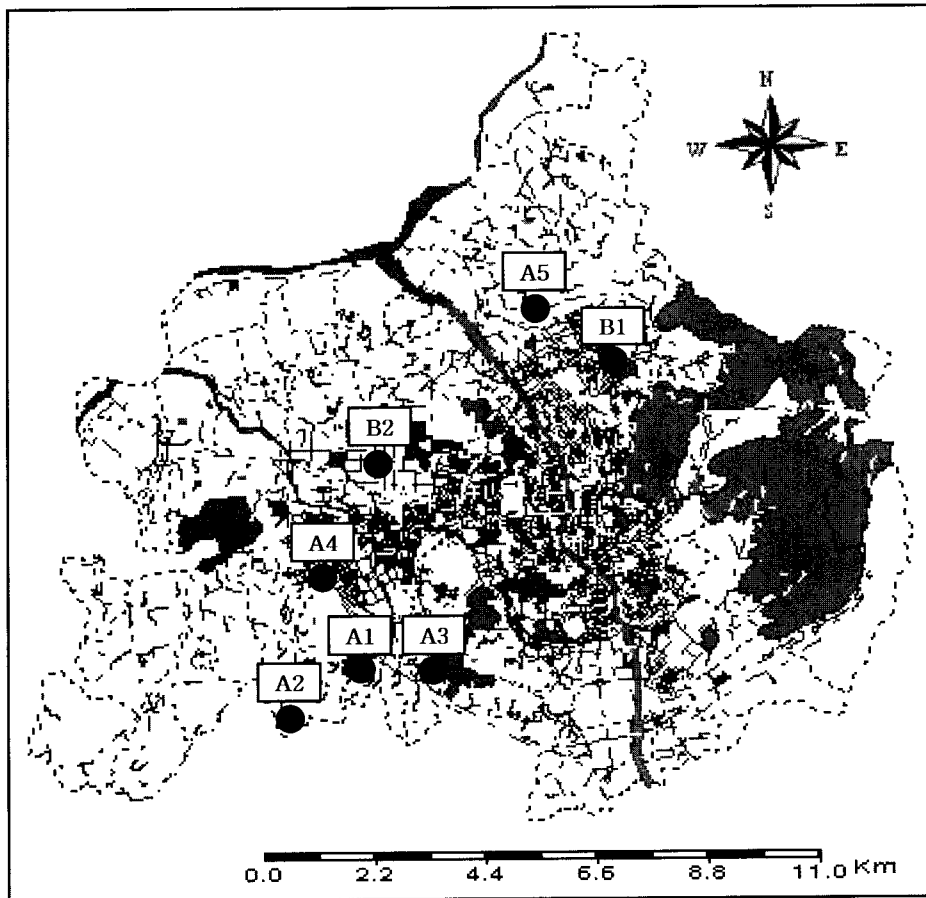


Fig. 1. Location of sampling points in urban area.

는 유리섬유여지(Whatman, 8"×10")를, PM-10 포집에는 석영섬유여지(T60A20, 47mm)를 사용하였으며, 중량법에 의한 TSP와 PM-10 시료의 포집 유량은 모든 샘플러에 동일하게 적용시켰다. SO<sub>2</sub> 분석은 파라로자닐린법으로 분석하였으며, 파라로자닐린법은 아황산 가스의 미량측정법 중 대표적인 것으로 흡수액으로 염화제2수은과 염화나트륨 혼합액인 0.1M 사염화제2수은나트륨(0.1M Sodium tetrachloromercurate, Na<sub>2</sub>HgCl<sub>4</sub>)을 사용하여 아황산가스를 2염화아황산 제2수은이온([HgCl<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>)의 형태로 포집하였다. 파라로자닐린 용액과 포름알데히드 용액을 가하면 아황산가스의 양에 따라서 적자색의 파라로자닐린 메틸설포산이 생기므로, 이때에 발색된 용액에 대하여 548nm의 단색광을 이용하여 흡광광도법으로 정량하였다.

### 3. 열원시설

본 열원시설은 열병합 발전소로 260ton/h와 열전용 보일러 300ton/h의 규모를 갖추고 있는 집단에너지시설이며, 저황황스유(LSWR유, 황함유량 0.2% 이하) 5.8ton/day, B-C유(황함유량 1.0%이하) 98.8ton/day의 연료를 사용하고, 방지시설로 배기가스에 포함된 분진을 전기집진기와 석회석고법의 배연탈황설비를 갖추고 있다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 열원주변지역 TSP와 PM-10 분석 결과

열원 주변지역 TSP 분석결과 지역난방 열원의 가동전 농도가 평균 89μg/m<sup>3</sup>, 94μg/m<sup>3</sup>, 가동후 평균 7

Table 1. Results of TSP concentration at each sampling point in urban area.

(Unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

No.	Area	A1	A2	A3	A4	A5
	1	1	86	79	97	77
2		91	86	98	84	82
Average		89	83	98	80	80
2	1	93	76	99	86	100
	2	95	82	96	87	103
	Average	94	79	98	87	101
3	1	77	69	155	146	104
	2	84	72	166	144	111
	Average	81	71	160	145	107
4	1	71	76	117	125	103
	2	74	79	108	121	101
	Average	72	77	113	123	102
5	1	77	70	101	99	101
	2	76	68	98	97	98
	Average	76	69	99	98	99

Table 2. Results of PM-10 concentration at each sampling point in urban area.

(Unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

No.	Area	A1	A2	A3	A4	A5
	1	1	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-
Average		-	-	-	-	-
2	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	Average	-	-	-	-	-
3	1	49	38	85	89	55
	2	45	40	94	70	61
	Average	47	39	90	80	58
4	1	34	42	64	69	68
	2	55	70	55	86	56
	Average	45	56	60	77	62
5	1	42	47	67	54	31
	2	42	37	54	45	54
	Average	42	42	60	50	42

2~81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 지역난방 가동전과 비교해 볼 때 TSP의 농도가 줄은 것으로 나타났으며, 그 외 지

역도 열원의 경우와 비슷한 경향을 나타내거나 다소 높았고, 이에 따른 분석결과를 Table 1에 나타내었

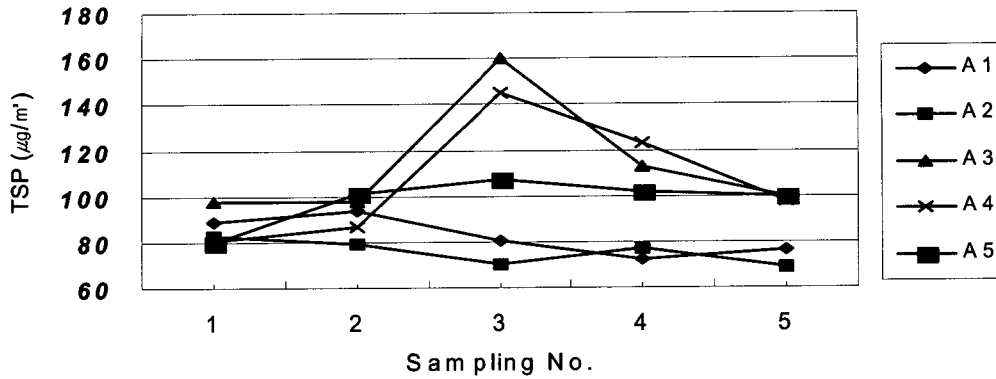


Fig. 2. Variation TSP according to the sampling points.

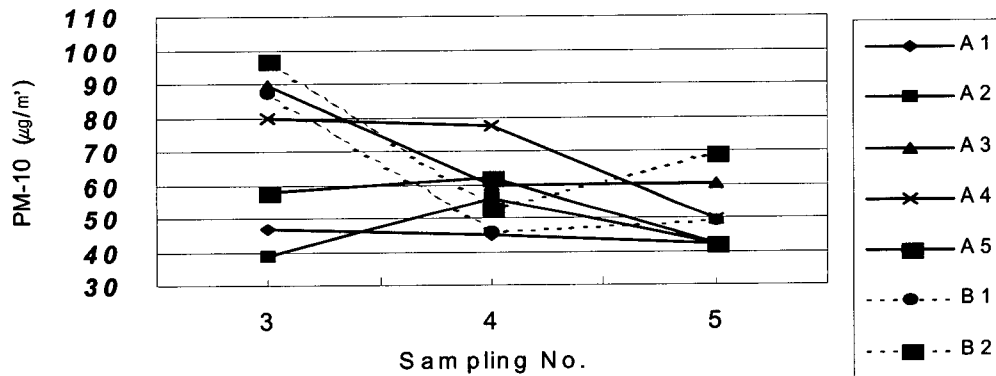


Fig. 3. Variation of PM-10 according to the sampling points.

으며, 그 경향은 Fig 2와 같다. 열원과의 거리에 따른 오염확산 정도를 알아보기 위하여 각 지점의 농도를 살펴본 결과 열원과 가장 가까운 지역인 A2의 농도가  $67\sim 83\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 측정지점 중 가장 거리가 멀리 떨어진 A5의 농도가  $80\sim 107\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타냄에 따라 A5의 측정치가 높게 나타나 대기오염 정도가 열원에 의한 발생원의 영향과는 관계가 없는 것으로 나타났다. 3회 측정 농도 중 A3와 A4지점의 농도가 높게 나타난 것은 A2와 A5 농도의 경우에서 열원에 따른 영향이 아닌 것으로 보여지므로 다른 오염원의 영향에 의한 것으로 사료된다. 특히, 도시외곽순환도로공사건설로 인한 분진 증가의 원인도 있었을 것

으로 추정된다.

PM-10의 경우도 TSP의 경우와 매우 비슷한 경향을 보이고 있으며, 분석결과 열원과 거리에 관계없이  $31\sim 94\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 나타내었고, 그 결과는 Table 2과 그 경향을 Fig 3에 나타내었다. TSP와 PM-10의 농도 경향을 비교해 볼 때 TSP가 증가할 때 PM-10도 비슷한 경향으로 증가된 값을 보였는데, 이는 최등<sup>5)</sup>의 연구에서 TSP와 PM-10 농도간의 상관계수는 0.85~0.96의 높은 값을 보였다고 보고한 바와 같이 본 연구에서도 환경대기 중 TSP농도가 증가할 때 PM-10도 증가하는 추세를 보였다.

Table 3. Results of SO<sub>2</sub> concentration at each sampling point in urban area.

(Unit : ppm)

No.		Area	A1	A2	A3	A4	A5	Remark
1	1	Forenoon	0.017	0.015	0.016	0.013	0.007	
		Afternoon	0.014	0.014	0.015	0.012	0.006	
	2	Forenoon	0.017	0.015	0.017	0.014	0.007	
		Afternoon	0.012	0.013	0.013	0.011	0.007	
	Average			0.015	0.014	0.015	0.013	0.007
2	1	Forenoon	0.013	0.015	0.014	0.014	0.006	
		Afternoon	0.016	0.014	0.017	0.016	0.007	
	2	Forenoon	0.014	0.014	0.014	0.014	0.008	
		Afternoon	0.014	0.014	0.015	0.014	0.007	
	Average			0.014	0.014	0.015	0.014	0.007
3	1	Forenoon	0.008	0.009	0.008	0.010	0.007	
		Afternoon	0.008	0.008	0.008	0.009	0.005	
	2	Forenoon	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	
		Afternoon	0.008	0.010	0.009	0.010	0.007	
	Average			0.008	0.009	0.008	0.009	0.007
4	1	Forenoon	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	
		Afternoon	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	
	2	Forenoon	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	
		Afternoon	0.004	0.005	0.003	0.003	0.002	
	Average			0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
5	1	Forenoon	0.005	0.007	0.008	0.007	0.008	
		Afternoon	0.004	0.005	0.008	0.005	0.008	
	2	Forenoon	0.004	0.007	0.007	0.006	0.007	
		Afternoon	0.004	0.007	0.008	0.005	0.008	
	Average			0.004	0.007	0.008	0.006	0.008

## 2. 열원주변지역 SO<sub>2</sub> 분석결과

열원 주변지역 SO<sub>2</sub> 분석결과 TSP의 경우와 같이 지역난방 가동전의 농도가 평균 0.007~0.015 ppm, 가동후 평균 0.002~0.009ppm으로 나타나 지역난방 가동전과 가동후를 비교해 볼 때 SO<sub>2</sub>의 농도가 감소된 것으로 나타났으며 이에 따른 결과는 Table 3에 나타내었으며, 그 경향은 Fig. 4와 같다. 열원과 거리에 따른 확산 정도를 알아보기 위하여 각 지점의 농도를 살펴본 결과 열원과 가장 가까운 지역인 인근마을인 A2의 농도가 측정지점 중 가장 거리가 멀리 떨어진 A5와의 SO<sub>2</sub>를 비교해 본 결과 각 지점들이 거의 비슷한 농도를 보이고 있어 TSP의 경우와 같은 경향을 나타낼 수 있었다. 전동<sup>2)</sup>의 연구에서 대기오염 방지대책의 하나로써 서울시 지역난방 공급가능지역을 대상으로

대기확산모형의 하나인 ISC Model을 적용하여 지역난방 공급에 따른 지상농도 저감효과를 분석하였는데, 그 결과 지역난방 공급지역의 대기오염 평균 감소율이 연평균 농도의 경우 6.1% 및 12.5% 감소되는 것으로 보고되고 있는 바, 열원설비에 의해 집단에너지 공급을 할 경우 개별 공급을 할 경우보다 대기오염 영향이 오히려 감소될 수 있을 것으로 추정된다.

## 3. 열원 주변지역과 열원과 관계없는 지역의 농도 비교

본 연구의 조사기간에 따른 도시 일반지역과의 대기오염농도를 비교하기 위해 도심지역 대기자동 측정소의오염농도를 조사한 바 2001년 4월 B1 측정소의 PM-10과 SO<sub>2</sub>의 측정치는 각각 87 $\mu$ g/m<sup>3</sup>,

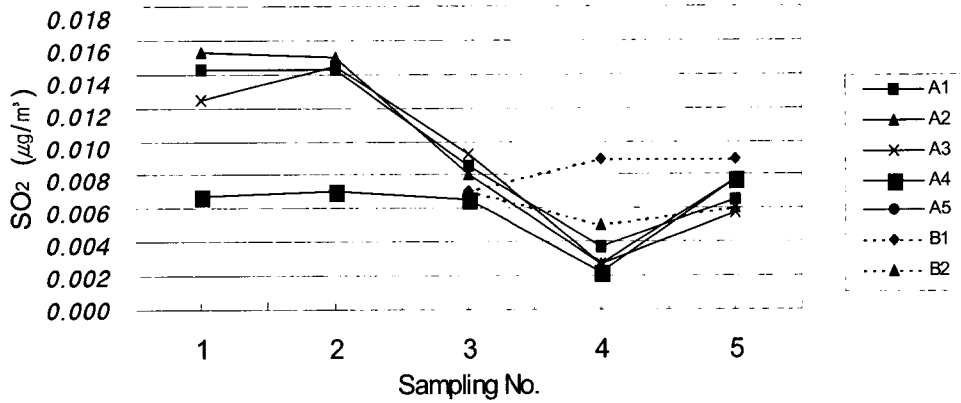


Fig. 4. Variation of SO<sub>2</sub> according to the sampling points.

Table 4. The results of air pollutant concentration at each automatic sampler in urbanarea.

Measurement Month	B1		B2	
	PM-10(µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (ppm)	PM-10(µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (ppm)
2001. 4	87	0.007	97	0.007
2001. 12	46	0.009	53	0.005
2002. 2	49	0.009	69	0.006

0.007ppm이었고, B2의 PM-10은 97µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> 0.007ppm으로 나타났으며, Table 4에 나타내었다.

본 연구 지역과 도심지역 대기자동측정소 PM-10 농도와 비교해 볼 때 Fig 3에 나타냈듯이 4회 때의 농도만 전체적으로 약간 높게 나타났으며, A2와 A5의 농도를 비교해 볼 때 4회 때의 농도만 높게 나타난 이유는 열원에 따른 영향이라기 보다 다른 오염원의 영향에 의한 것으로 사료된다.

SO<sub>2</sub> 농도는 같은 시기 도심지역 대기자동측정소 지역 즉, 열원 주변이 아닌 지역의 농도와 비교해 볼 때 Fig 4에서와 같이 0.005~0.009ppm 범위로 나타났으며, 지역난방 열원 가동후의 농도는 열원 주변과 그 외 지역 모두 지역난방의 열원 가동과 상관없이 비슷한 농도를 보이고 있었으며, 특히 4회 때의 SO<sub>2</sub> 농도는 도심지역 대기자동측정소의 농도가 열원주변 농도 보다 오히려 높은 경향을 나타내고 있었다. 이에 따라 열원 주변의 대기오염물질의 농도를 조사한 바 열원의 발생오염원에 따른 오염농도 증가는 없는 것으로 조사되었다.

#### IV. 결 론

1. 열원 주변지역 TSP 분석결과 지역난방 열원의 가동전 농도가 평균 89µg/m<sup>3</sup>, 94µg/m<sup>3</sup>, 가동후 72~81µg/m<sup>3</sup>로 나타나 지역난방 가동전과 비교해 볼 때 TSP의 농도가 감소한 것으로 나타났으며, 열원과의 거리에 따른 오염확산 정도를 알아보기 위하여 각 지점의 TSP 농도를 살펴본 결과 열원과 가장 가까운 지역인 A2의 농도가 측정지점 중 가장 거리가 멀리 떨어진 A5 농도보다 작게 나타나 열원 발생원에 따른 대기오염의 영향과는 관계가 없는 것으로 나타났다.
2. PM-10의 경우도 TSP의 경우와 매우 비슷한 경향을 보이고 있으며, 분석결과 열원과의 거리에 관계없이 31~94µg/m<sup>3</sup>의 농도를 나타내었다.
3. 열원 주변지역 SO<sub>2</sub> 분석결과 TSP의 경우와 같이 지역난방 가동전의 농도가 평균 0.007~

0.015ppm, 가동후 평균 0.002~0.009ppm으로 나타나 지역난방 가동전과 가동후를 비교해 볼 때 SO<sub>2</sub>의 농도가 감소한 것으로 나타났다.

4. PM-10과 SO<sub>2</sub> 농도는 같은 시기 열원 주변이 아닌 지역의 농도와 비교해 볼 때, 지역난방 열원 가동후의 농도는 열원 주변과 그 외 지역 모두 지역난방의 열원 가동과 상관없이 비슷한 농도를 보이고 있어 열원의 발생오염원에 따른 오염농도 증가는 없는 것으로 조사되었다.

### 참 고 문 헌

1. G. Tyler Miller, Jr.원저 : 환경과학, 광림사, 117-118, 2000.
2. 이춘식 : 발전폐열을 활용한 지역난방 공급에  
너지 시스템에 관한 연구, 한국과학기술연구소, 1980.
3. 전의찬, 김정옥 : 대기오염 방지대책으로서 지역난방의 효과분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 6, 1, 51-56, 1990.
4. 환경부 : 공정시험법, 대기편, 1999.
5. 최진수, 백성옥 : 대기 중 TSP와 PM-10 농도의 관련성, 한국대기보전학회지, 14, 1, 1-10, 1998.
6. 이태중, 박원훈 : 국내 대기오염의 연구현황과 전망, 한국대기보전학회지, 1, 1-8, 1985.
7. Arthur C. Stern : Fundamentals of Air Pollution, Stern Boubel turner Fox , 1984.
8. Nat'l District Heating Ass : District Heating Handbook, Pennsylvania, U.S.A, 1951.