

대기오염 방지대책으로서 지역난방의 효과분석에 관한 연구

A Study on the Effects of the District Heating as an Air Pollution Control Strategy

전의찬 · 김정욱

서울대학교 환경대학원
(원고접수 : 1990. 2. 23)

Eui-Chan Jeon, Jung-Wk Kim

Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University
(Received 23 February 1990)

Abstract

This Study shows the effect of the district heating on the SO₂ concentration reduction. In order to analyze the effect of the district heating, three alternatives were set up as follows; Alternative I represented present central heating system, and Alternative II and Alternative III represented district heating system of which the scale were different from.

The conclusions of this study are as follows;

In case of the Alternative II and III, annual average SO₂ concentration are reduced by 9.0% and 14.6% respectively, and winter season SO₂ concentrations are reduced by 12.2% and 15.8% respectively, at the highest points. The average reduction rates of SO₂ concentration in the district heating area are about the same as the reduction rates at the highest points. Also, it was found that using the district heating system, the ground level SO₂ concentrations could be reduced within the area of 5 to 10 km radius.

1. 서 론

근래 저유황유의 공급 확대, 자동차 배출가스 규제기준의 강화, 환경오염 업체의 이전등 여러가지 정책적 배려에도 불구하고 날로 심화되어 가고 있는 대도시의 대기오염 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는, 주거 부문에서의 대기오염을 감축하기 위한 조처 및 연구가 이루어져야 할 것이다.

지역난방은 에너지 이용 효율을 극대화하고 대단위 열수급 체계를 확립시킬 수 있는 방법

으로서 제 2 차대전 이후 세계 각국에서는 대기오염 방지대책의 하나로 널리 보급되고 있으나¹⁾, 우리나라에서는 에너지 이용 효율 증가의 관점에서만 지역난방에 대한 연구와 타당성 검토가 수행되어 왔으며, 환경에 미치는 영향에 대해서는 연구가 거의 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 지역난방 공급 가능지역을 대상으로 대기오염 확산모형을 이용하여 지역난방이 대기질에 미치는 영향을 평가하고, 대기오염 방지대책의 하나로서 지역난방의 효과를 분석하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구의 범위 및 연구진행 방법

본 연구에서는 지역난방 공급 대상 건물로 기존 설비의 개조와 사용자의 난방비 부담 등을 고려하여 중앙공급식 아파트와 1000평 이상의 대형 빌딩만을 포함시켰다.

대상 오염물질로는 비교적 화학적 활성이 적은 아황산 가스(SO₂)를 선정하였으며, 국내 최초의 본격적인 지역난방 공급인 “남서울 지역난방 사업”의 운전 개시년도인 1987년을 평가 기준년도로 선정하였다. 기상자료로는 중앙기상대의 10년간(1973년-1983년) 자료를 분석하여 산출한 것을 사용하였다.

지역난방 공급의 효과를 분석하기 위하여 3개의 대안을 수립하였는데, 대안 I은 대상 건물에 기존의 난방 방식인 중앙공급식에 의하여 난방을 공급하는 것이며, 대안 II는 1987년 11월부터 지역난방을 공급하기 시작한 “남서울 지역난방”사업과 동일한 지역(여의도, 동부이촌동, 반포 등)의 대상 건물에 지역난방을 공급하는 것이다. 대안 III은 대안 II의 지역난방 공급 가능지역에 추가하여, 수차에 걸쳐 지역난방 공급의 타당성이 인정된^{2),3)} 강남구와 강동구의 대상 건물에 지역난방을 공급하는 방안이다.

기존의 난방 공급 방식인 대안 I의 배출량은 환경처의 대기오염 배출원 설문 조사자료(점배출원)와 주거용 비주거용 건물연면적(면배출원), 그리고 도로별 교통량과 차종 비율(선배출원) 등을 이용하여 서울 전지역의 1Km × 1Km 격자별 배출량을 산출한 것이며⁴⁾, 대안 II 및 대안 III의 배출량은 지역난방 공급 대상 건물의 분포현황을 파악한 다음 각 격자별 SO₂ 배출 감소량 및 지역난방 공급 설비에 의한 SO₂ 배출증가량을 산출하여 대안 I의 격자별 배출량에서 가감하였다.

2.2 대기 오염물질 배출량 추정

지역난방 공급 대상 건물의 SO₂ 배출량은, 지역난방 공급 설비에서 대부분의 열 수요량을 공급하게 되므로, 전체 SO₂ 배출량에서 침두부

하용 보조보일러의 SO₂ 배출량을 제외한 량이 감소하게 될 것이다.

지역난방 공급대상 건물에서의 SO₂ 배출감소량을 산출하기 위하여, 먼저 대상 지역 93개 아파트 단지과 45개소의 공공건물 조사자료중 최소 3년 이상의 월별 연료 사용량을 유지하고 있는 13개단지의 아파트와 7개소의 공공건물 자료를 이용하여 평균 단위면적당 연료 사용량을 산출하였는데, 그 결과 아파트는 B-C유 24.06 l/m²(연간) 및 12.9 l/m²(동계)였으며, 공공건물은 12.71 l/m²(연간) 및 9.72 l/m²(동계)이었다. 이 값을 기준으로 보일러의 효율과 배출계수 그리고 해당 기간을 곱하여 SO₂ 배출감소량을 산출하고 각 격자별로 대안 I의 배출량에서 빼 주었다. 대안별 총 SO₂ 배출감소량은 표 1과 같다.

Table 1. Reduction of SO₂ emission from the object buidings.

(Unit : g/s)

Alternative	Annual	Winter
Alt. II ^a	115.75	271.24
Alt. III ^b	274.38	593.60

a : District Heating in “Southern Seoul District Heating” (SSDH) area by the Seoul Thermal Power Plant

b : District heating in Kangnam-Gu and Gangdong-gu by the Combined Heat and Power (CHP) plant and the Seoul Thermal Power Plant

지역난방 공급설비로 대안 II의 경우는 서울 화력발전소 4호기와 5호기가 사용되며, 대안 III의 추가 지역의 공급 설비로는 배압식 열병합 발전소를 신설하는 것으로 가정하였다.

서울화력 4, 5호기와 같은 油氣復水式 열병합발전소는 열부하가 없을 때에는 전기의 단독생산이 가능하므로 SO₂ 배출량은 열병합운전과 비 열병합운전을 구분하여 산출하여야 한다. 열과 전기를 동시에 생산하는 열병합 운전시에는 해당 설비의 용량에, 필요한 열을 생산하기 위하여 해당 설비가 全 負荷로 운전되는 相當時間을 의미하는 최대 부하 계수와 이때의 열 소비율을 곱하여 열 소비량을 산출하게 되며, 비 열병합 운전시에는 비 열병합 운전시간과 이때의 열 소비율 그리고 설비의 이용 정도를 나타내는 이용율 등을 곱하여 열 소비량을

산출하게 된다. 연료 소비량은 열 소비량을 사용 연료의 발열량으로 나누어 구하게 된다. 또 단위시간당 SO₂ 배출량은 연료 소비량에 오염물질의 배출계수와 사용 연료의 유헴합량을 곱하여 SO₂ 총 배출량을 구한 다음, 해당 배출시간으로 나누어 산출하게 되는데 이것을 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$(\text{연료 소비량}) = \frac{[(\text{설비용량}) \times (\text{최대 부하 계수}) \times (\text{열 소비율})] + [(\text{설비용량}) \times (\text{비 열병합 운전시간}) \times (\text{열 소비율}) \times (\text{이용율})]}{(\text{연료의 발열량})}$$

$$(\text{SO}_2 \text{ 배출량}) = \frac{[(\text{연료 소비량}) \times (\text{배출계수}) \times (\text{유헴 합량})]}{(\text{SO}_2 \text{ 배출시간})}$$

대안 III의 신규 열병합 발전소는 背壓式으로 열 생산량과 전기 생산량이 비례하므로 열 생산량만으로 연료 소비량을 산출할 수 있다. 신규 열병합 발전소의 연료 소비량은 100MW, 220GCal/hr의 배압식 발전소의 연료 소비율⁵⁾을 기준하여 산출하고 이 때의 SO₂ 배출량을 계산하였다.

지역난방 공급설비에 의한 SO₂ 배출량은 표 2와 같다.

Table 2. SO₂ emission from the Districting Heating(D.H.) supply plant.

(Unit : g/s)

D.H. Supply Plant	Annual	Winter
Seoul thermal plant	113.73	147.96
New CHP plant	275.77	579.07

2.3 기상자료의 분석

본 연구에 적용한 서울 지역의 기상자료를 분석한 결과, 연간 및 동계 Pasquill 안정도 계급별 빈도 분포는 표 3과 같았다. 연간 안정도 분포의 경우는 안정도 “F”가 33.9%로서 안정된 상태를 나타내고 있으며, 동계의 경우에도 안정도 “F”가 51.9%를 차지하여 극히 안정된 기상을 나타내고 있다. 안정도가 클수록 대기 중에서 오염물질의 확산이 방해받게 되므로, 서울의 기상조건은 대기오염의 측면에서 불리한 상태에 있다고 판단된다.

풍향별 빈도 분포는 연평균 및 동계 평균 풍

향 모두 서풍 및 북동풍이 주풍을 형성하고 있는데, 특히 서풍의 경우가 17%~25%의 빈도를 보임으로써 우위를 차지하고 있다.

Table 3. Frequency distribution of the atmospheric stability.

Stability	Frequency (%)	
	Annual	Winter
“A”	0.0	0.0
“B”	8.4	4.4
“C”	18.8	18.1
“D”	10.2	15.0
“E”	6.6	10.6
“F”	33.9	51.9

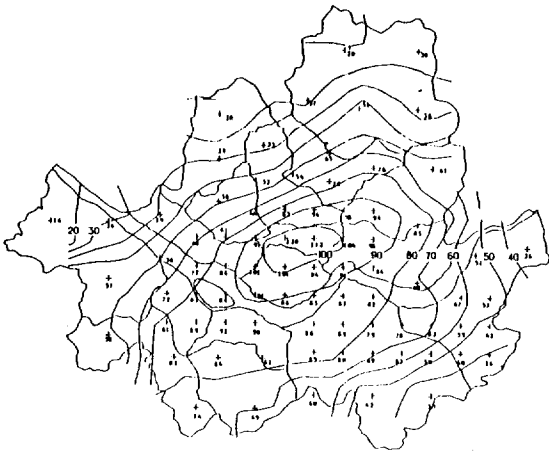
2.4 대기오염 농도의 예측방법

본 연구에서의 대기오염 농도 예측에는 「가우스」 모형중의 하나인 ISC(Industrial Source Complex) 모형이 사용되었는데, ISC 모형은 UNAMAP(United User's Network for Applied Modeling of Air Pollution) 제 6 판에 수록되어 있으며, 서울지역에 이미 적용되어 높은 상관관계를 기록한 바 있다^{6,7)}.

ISC 모형에서는 점 및 면오염원에 의한 어느 지점의 지상농도를 계산하기 위하여 풍향의 빈도분포와 같은 폭의 구역으로 인근 지역을 분할한 다음, 연간 및 계절별 배출량을 그 구역으로 불어오는 바람의 빈도로 나누고 각 배출원에 의한 해당 지점의 지상농도를 계산한 후, 이들을 모두 더하므로써 모든 배출원에 의한 그 지점의 지상농도가 계산된다.

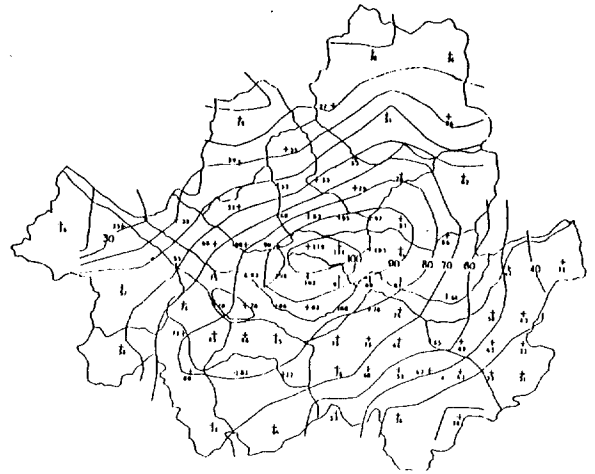
3. 결과 및 고찰

앞에서 추정한 배출원 자료와 기상자료를 이용하여 각 대안별 연평균 대기오염 농도를 예측한 결과 그림 1~그림 3과 같다.



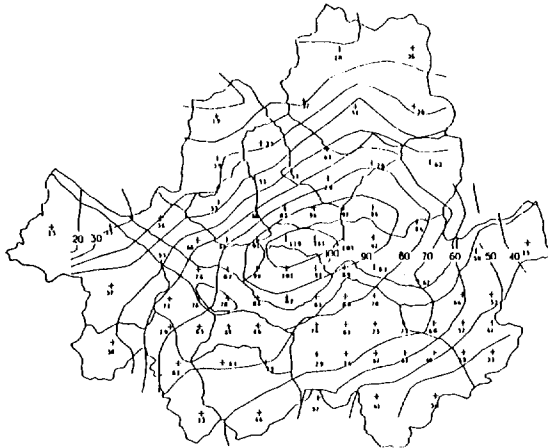
(Unit : ppb)

Fig. 1. Annual average of SO₂ concentration (Alt. I).



(Unit : ppb)

Fig. 3. Annual average of SO₂ concentration (Alt. III).



(Unit : ppb)

Fig. 2. Annual average of SO₂ concentration (Alt. II).

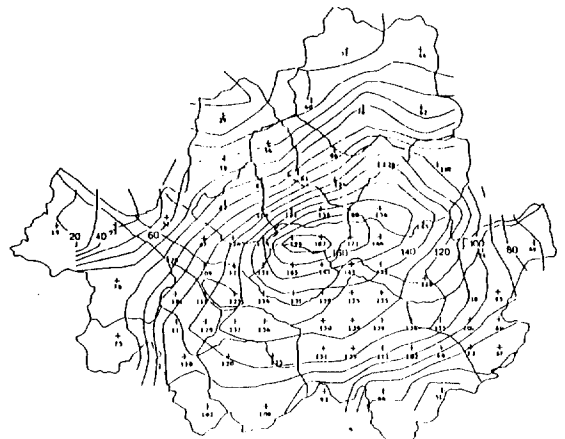
안정도에 의하여 극히 제한받고 있음을 보여주는 것이며, 지역난방 공급지역의 동쪽과 남쪽에 위치한 지역의 감소율은 서울지역 주풍향(서풍 및 북동풍)의 영향으로 상대적으로 큰 감소율을 나타내는 것으로 생각된다.

연평균 지상농도의 감소율은 반포(대안 II ; 11.6%) 및 개포동 지역(대안 III ; 25.4%)에서 최대치를 기록하였다.

연평균 지상농도와 같은 방법으로 동계 평균 지상농도를 예측한 결과는 그림 4—그림 6과 같다.

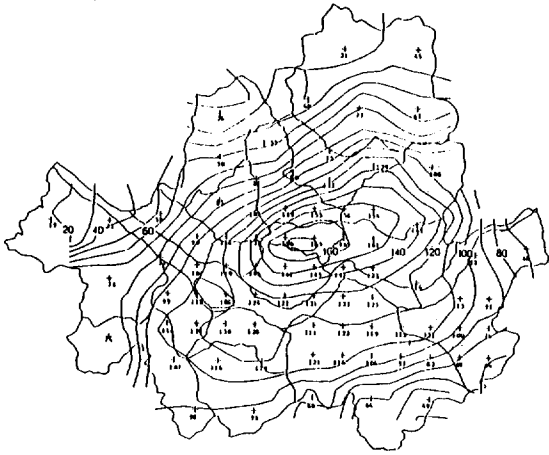
그림 1—그림 3의 결과를 살펴보면, 지역난방을 공급할 경우 도심지역의 연평균 지상농도의 최대치는 거의 영향을 받지 않는 반면, 강남지역의 최대농도인 역삼동의 지상농도 89ppb는 대안별로 81ppb(대안 II), 76ppb(대안 III)로 감소하여 각각 9.0%, 14.6%의 감소율을 기록하였다.

지역난방 공급지역 연평균 SO₂ 농도의 평균 감소율은 6.1%(대안 II) 및 12.5%(대안 III)였다. 특히 지역난방 공급지역의 서쪽에 위치한 지역의 감소율이 상대적으로 적었던 것은 대기 오염물질의 확산이 서울지역의 높은 대기



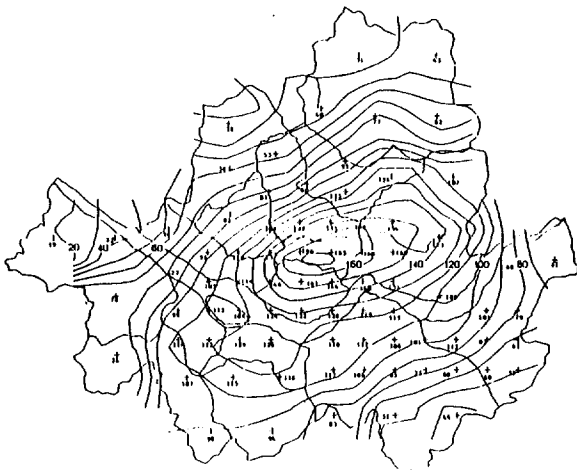
(Unit : ppb)

Fig. 4. Winter season average of SO₂ concentration (Alt. I).



(Unit : ppb)

Fig. 5. Winter season average of SO₂ concentration (Alt. II).



(Unit : ppb)

Fig. 6. Winter season average of SO₂ concentration (Alt. III).

동계 평균 지상농도의 경우도 연평균 지상농도와 마찬가지로 지역난방을 공급할 경우 도심지역의 최대농도는 거의 영향을 받지 않으나, 강남지역의 최대농도는 139ppb(역삼동 지역)에서 대안별로 122ppb(대안 II), 117ppb(대안 III)로 감소하여 각각 12.2%, 15.8%의 감소율을 기록하였다.

지역난방 공급지역의 동계 평균 SO₂ 농도의 평균 감소율은 8.2%(대안 II) 및 13.5%(대안 III)였으며, 지역난방 공급지역의 동쪽과 남쪽

에 위치한 지역이 풍향의 영향으로 상대적으로 높은 감소율을 기록하였다.

또한 동계 평균 지상농도의 감소율도 연평균 지상농도와 같이 반포(대안 II ; 14.6%) 및 개포동 지역(대안 III ; 27.5%)에서 최대치를 기록하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 대기오염 방지대책의 하나로써 지역난방의 효과를 분석하기 위하여, 서울의 지역난방 공급 가능 지역을 대상으로 대기 확산 모형의 하나인 ISC를 이용하여 지역난방 공급에 따른 지상농도 저감효과를 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 지역난방 공급에 의하여 강남지역의 SO₂ 최대 지상농도는 중앙공급식인 대안 I에 비하여 연평균 농도의 경우에는 9.0%(대안 II), 14.6%(대안 III) 감소하였으며, 동계 평균 농도의 경우에는 12.2%(대안 II), 15.8%(대안 III) 감소하였다.

2) SO₂ 지상농도의 최대 저감효과는 반포지역(대안 II) 및 개포지역(대안 III)에서 나타났으며, 연평균 농도는 각각 11.6%, 25.4% 감소하였고, 동계 평균 농도는 각각 14.6%, 27.5%의 감소율을 기록하였다.

3) 지역난방 공급지역의 평균 감소율은 연평균 농도의 경우 6.1%(대안 II), 12.5%(대안 III)였으며, 동계 평균 농도의 경우는 8.2%(대안 II), 13.5%(대안 III)였다.

4) 지역난방 공급에 의한 SO₂ 지상농도 저감효과는 인근 5-10Km의 광범위한 지역에 미쳤으나, 직접적인 영향은 지역난방 공급지역과 밀접한 관계를 갖고 있었으며, 대기안정도 및 풍향 빈도분포등 기상특성에 의하여 크게 영향받는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김영일, (1982), 「열공급시설 기술기준 연구」, 15, 한국동력자원연구소.
2. B & S사, (1981), 「지역난방 및 열병합

- 발전시스템 타당성조사 보고서», 동력자원부.
3. 대우엔지니어링(주), (1985), 「남서울 지역 난방 실시설계 설명서», 지역난방주식회사.
 4. 서울시립대 수도권개발연구소, (1986), 「서울특별시 대기오염 감축대책 연구», 서울특별시.
 5. 이춘식 외, (1980), 「발전폐열을 활용한 지역난방 공급 에너지 시스템에 관한 연구», 20, 한국과학기술연구소.
 6. 현대엔지니어링(주), Engineering Science Co., (1983), 「한강유역 환경보전 종합계획사업-대기부문보고서 II권」, 7-7, 환경청.
 7. 정장해, (1985), 「대기오염확산모델개발에 관한 연구」, 22, 국립환경연구원.
 8. Kaxmitz, M.A., and Rubin, A.M., (1978), *Large City District heating Studies for the Mineapolis-St. Paul*, Oak Ridge national Lab.
 9. Nat'l District heating Ass., (1951), *District Heating Handbook*, Pennsylvania, U.S.A.
 10. Posch, M. and Runca E., *Atmospheric Diffusion Modeling and Optimal Air Quality Control Strategies*, in C. De Wispelaere, (1984), 「Air Pollution Modeling and its Application III」, Plenum Press.