

원주시 소각시설의 입지와 주변지역의 대기질예측에 관한 연구 - 입지여건의 평가를 중심으로 -

송 동 웅 · 김 기 현*
상지대학교 환경공학과 · 세종대학교 지구과학과
(1999년 10월 10일 접수)

Evaluation of Air Quality and Site Feasibility for the Construction of the Incineration Facilities in Won Ju City

Dong-Woong Song and Ki-Hyun Kim*
Department of Environmental Engineering, Sang Ji University
*Department of Earth Sciences, Sejong University
(Manuscript received 10 October, 1999)

In this study, we investigated the site feasibility for the construction of the incineration facilities in Won Ju City. To assess the environmental impact of its construction, we examined the current status of air quality in the selected candidate sites and predicted the extent of air quality change upon its operation through modification of stack type. If the stack height is assumed to be 70 m, the concentrations of SO₂ and dioxin in the surrounding area were predicted to increase by 0.05 ppb and 0.09 pg/m³, respectively. The impact of its operation was assessed and compared among different sites. According to this analysis, more impact was expected from the residential area for the Dan-Gye site than from agricultural areas of the Kwan-Sul and Sa-Je site.

Key words : assessment, incineration, impact, air pollution, site feasibility

1. 서 론

도시인구의 급증과 생활문화 수준의 향상은 도시폐기물 발생량의 증가와 함께 폐기물의 종류를 다양하게 변화시키고 있다. '96년 원주시의 총 폐기물 발생량은 243,820ton이며, 이 중 60.1%인 146,562ton이 매립에 의해 처분되고 있다.¹⁾ 매립에 의한 폐기물의 처리실태는 자원의 재활용이나 안전화, 안정화, 감량화란 측면에서 결코 바람직하지 못하며 비교적 넓은 용지를 필요로 하므로, 최근에는 매립지의 확보 및 지역주민과의 협의가 어려운 실정이다. 그리고 이러한 처리방법이 새로운 환경문제를 야기시키는 등 여러가지 불합리한 점들이 나타나고 있다. 원주를 비롯한 국내의 대도시 및 중·소도시 역시 매립의존형 폐기물처리방법에 크게 의존하고 있는데, 매립처리에 의한 문제점으로 인해 다른 해결 방안을 찾고 있는 것이 현실이다. 이러한 대안으로 소각처리는 다량의 도시쓰레기를 단순 소각 위생처리하는데 그치지 않고, 소각과정에서 발생하는 에너지를 회수함으로써, 에너지 이용의 합리화를 도모할 수 있다는 장점이 부각되고 있다.

소각시설은 현재 도시쓰레기의 감량화 및 자원의 재활용을 위한 시설로 서울의 목동 쓰레기 소각로를 비롯하

여 상계, 평촌 등 11개소의 소각로가 설치되어 운영중에 있다.^{2,3)} 그러나 KAIST, 기초과학연구소 등에서 '96.12 ~ '97.11 사이에 조사한 자료에 따르면, 선진국의 소각장 dioxin 배출허용기준 0.1ng/m³을 만족하는 소각장은 목동 소각장 1개소에 불과하였고 국내 권장치 0.5ng/m³ 이하인 업체는 3개소에 불과하였다.⁴⁾ 더욱이 10ng/m³ 이상인 업체도 3개소에 이르는 것으로 조사되어, 결국 정부는 10ng/m³을 초과하는 3개 소각장에 대해 가동을 일시 중단하고 bag filter, SCR 등의 방지시설을 갖춰 이런 문제를 개선하기로 하였다.

주변지역에 대한 대기오염물질의 영향을 최소화하기 위해서는 소각장에 투입되는 폐기물의 선별과정, 소각로 연소조건, 최적의 방지시설 등과 같은 물리적 요건과 함께 소각로가 위치한 지역의 기상조건을 이용한 주변지역의 영향을 예측하는 것이 중요하다. 이런 과정은 소각로 가동으로 인해서 우려되는 지역을 선별할 수 있고, 그 영향을 예견할 수 있다는 점 때문에 주변지역의 사후 관리에 대단히 필수적인 요건으로 간주된다.

원주시에 소각시설이 입지할 경우, 소각시설 가동으로 인한 대기오염물질의 영향을 살펴보기 위해 동일한 소각 규모를 가지고 있는 평촌소각로의 오염물질 배출량을 근

거로 원주시의 3개 후보지별로 오염물질의 확산양상을 연구하였으며, 소각로 가동으로 인한 대기오염물질의 영향을 논, 밭, 녹지지역, 상업지역으로 구분하여 지역별로 가중치를 설정하고 환경부하 정도를 비교 분석하였다.

2. 대기질 현황

소각장 선정을 위한 대기질조사는 다음의 두 가지 원칙에 입각하여 실시하였다. 첫째, 원주시의 대표적인 측정지점을 중심으로 대기질의 장기적인 변동추이를 조사하였다. 둘째, 장기적인 추이에 바탕하여 각 후보지별 대기질의 상태를 수평적인 관계에서 단기적으로 비교하였다.

2.1. 장기적 변화추이

원주시의 대기질에 대한 전반적인 변화추이는 원주시 학생동에 위치한 환경관리청에서 정기적으로 실시하는 대기질자료를 활용하여 평가하였다. 측정망이 위치한 환경관리청은 도심권역에 속하나 비교적 양호한 대기질을 유지하는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 시간대별 관측된 원자료(raw data)는 일차적으로 매 24시간 단위의 단순 평균의 형태로 계산하여 이용하였다. 그리고, 이들 자료의 상관분석과 같은 통계적 처리는 자료처리의 효율성을 감안하여, 10일 단위로 묶어서 비교하였다. 각 오염물의 농도 결정에 활용된 분석기기 및 방법은 다음과 같다: 오존-자외선광도법(UV Photometric Analyzer), SO₂-자외선형광법(Pulse UV Fluorescence Analyzer), NO_x-화학발광법(Che miluminescence Analyzer), CO-비분산적외선법(Non-Dispersive IR Analyzer), TSP-고용량공기포집법(High Volume Air Sampling Analyzer). 개개 오염물 분석에 활용된 protocol은 환경부의 대기오염 측정시험법이 준용되었다(참고로 오존의 경우를 예로 들어 사용기기의 분석변수를 언급하자면, 측정범위는 0-1000ppb이고 그 오차범위는 약 1ppb에 해당한다.).

1992-1994년의 약 3년 기간동안 측정된 주요 대기오염물질 - 오존(O₃), 이산화황(SO₂), 질소산화물(NO+NO₂), 일산화탄소(CO), 부유분진(TSP) - 의 전체 평균과 표준편차는 다음과 같다: 13.3±7.9ppb(O₃), 22.7±18.7ppb(SO₂), 45.8±40.2ppb(NO), 20.2±18.6ppb(NO₂), 1.2±0.8ppm(CO), and 46.4±20.7 μg/m³(TSP). 오염물질들의 농도별 발생

빈도분포와 계절적인 농도변화추이를 구체적으로 분석한 결과를 Fig. 1, 2에 각각 도시하였다.(전술한 바와 마찬가지로, Fig. 1, 2는 자료분석을 최대한 단순화하기 위하여 전체 분석기간 동안의 자료를 10일 주기로 취합하여 계산한 결과이다.) Fig. 1의 농도별 발생빈도에 대한 분석결과를 보면, 오염물질들의 발생은 대개 두 가지 종류의 양상을 띠는 것을 볼 수 있다. 오존, 이산화질소, 일산화탄소 등은 뚜렷하게 낮은 농도대에서 빈번히 발생하지만, 이산화황, 부유분진, 이산화질소 등은 발생빈도가 상대적으로 복잡하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2의 월 변화추이에 대한 결과를 보면, 오존농도가 하고동저(夏高冬低)의 양상을 보이는데 반해 이산화황을 포함한 여타 오염물질들은 하저동고(夏低冬高)에 가까운 경향을 띠고 있다. 오염물질들이 이러한 계절분포 추이를 보이는 이유는 다음과 같은 원인에 기인한다. 오존은 광화학적반응을 통해 생성되기 때문에, 여름철의 고온다습한 기후조건에서 상대적으로 높은 농도를 취하지만, 그 외 이산화황과 부유분진 등은 연료소모가 집중되는 겨울철에 대량으로 발생하기 때문에 하저동고의 형태를 취한다.

이들 물질의 분석이 이루어진 3년여 기간동안 전체적인 오염물질 농도의 증감상대변화를 분석한 결과에 따르면, SO₂는 지속적으로 꾸준히 감소하는 경향을 보이는 반면, NO_x류는 꾸준히 증가하였다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 경향성을 체계적으로 해석하기 위한 방편으로, 전체 측정기간 동안 관측된 개별 오염물질에 대한 농도자료를 이용하여 그 변화추이를 시간의 함수로 회귀분석하였다. Table 1에 정리된 분석결과에 따르면, SO₂나 NO_x는 비교적 뚜렷하게 증감의 경향을 보였다. 그러나, CO, O₃, TSP 등은 그러한 경향을 찾아보기가 어렵다는 것을 알 수 있다. 특히, 뚜렷한 경향을 보이는 화합물들 중에서, SO₂는 이 기간 동안 연간 약 5.2ppb씩 감소하는 추세를 보이는 반면(P < 0.01 혹은 99%의 신뢰도), NO는 7.7(90%) 그리고 NO₂는 2.9ppb씩(98%) 증가하였음을 알 수 있다. 비록 3년 기간 동안 관측된 data로 부터 증감의 경향을 정확하게 파악하는 데는 어느 정도 무리가 따르지만, 이러한 분석결과에 상당히 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 특히 무연휘발유의 사용으로 납의 대기 중 농도가 지속적으로 감소하는 것이

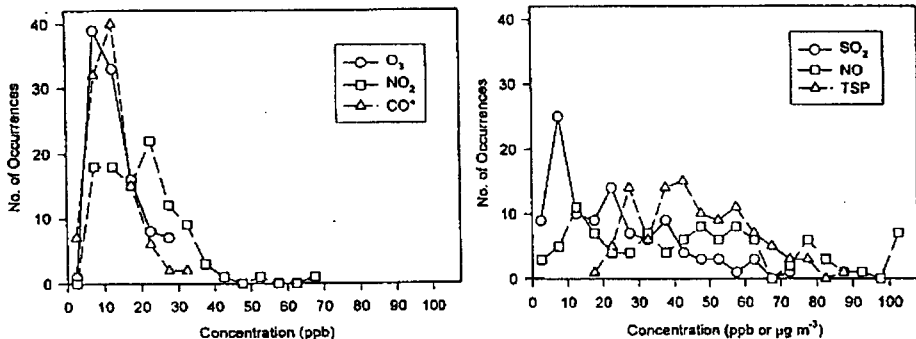


Fig. 1. Frequency plot of the distribution patterns for the major airborne pollutants(×0.01 for CO).

목격된 바와 같이,⁶⁾ 이산화황의 농도가 감소하는 양상은 저황연료의 사용 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

이에 반해, 질소산화물의 농도가 점진적으로 증가하는 현상은 이들 오염물의 주배출원인 차량의 증가현상 등에 직접적으로 영향을 받는 것으로 보인다. 각 오염물질들의 계절적 주기분포에 대한 상대적 반복성을 통계적인

기법을 통해 비교한 결과에 따르면, SO₂는 매년 유사한 성향을 보이는데 반해, O₃, TSP, NO는 중간정도, NO₂와 CO는 아주 약하게 반복되는 특성을 보여주었다. 이들 오염물의 농도변화가 어떠한 요소에 의해 영향을 받고 있는가를 파악하기 위해 실시한 상관분석의 결과에 따르면, 온도, 복사량, 풍속 등과 뚜렷한 상관성을 띄고 있음을 확인할 수 있었다.

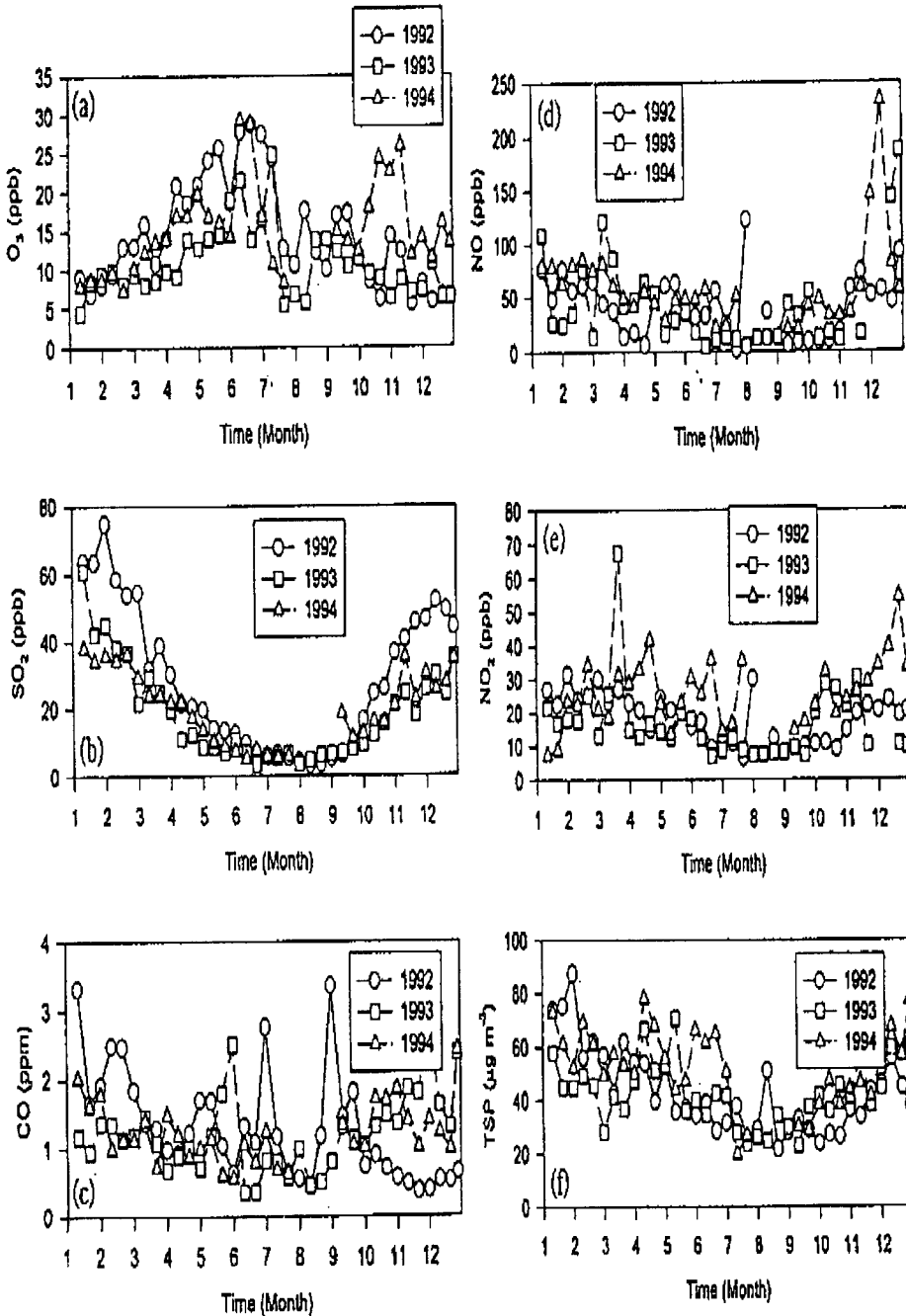


Fig. 2. Temporal trends of airborne pollutants(Hak Sung Dong, Won Ju).

Table 1. Prediction of long-term changes in air pollution through regression analysis

Pollutant	Slope	r	N	P*
O ₃	0.1699	0.0237	104	
SO ₂	-5.156	0.2677	104	0.01
NO	7.73	0.1755	99	0.1
NO ₂	2.91	0.2458	100	0.02
CO	-0.57	0.0791	104	0.5
TSP	2.099	0.1221	104	0.5

*P - probability of no correlation.

2.2. 후보지별 비교

원주시 학성동을 중심으로 파악된 대기질에 대한 조사는 상대적으로 오랜 기간동안 대기질의 변화추이를 파악하는데 집중한 반면, 각 후보지별로 실시된 대기질 조사는 아주 짧은 기간동안 비교적 동질의 기상여건 하에서 대기질 항목들에 대한 분석을 통해 후보지들간의 대기질을 수평적인 관점에서 비교분석하는데 그 기본적인 목적을 두었다.

후보지별 대기질측정은 Fig. 3의 3개 후보지(단계동, 관설동, 사제리)에서 4가지 종류의 가스상오염물(O₃, SO₂, NO₂, CO)과 입자상오염물(TSP)에 대해 6일간 실시되었다(1997.3.5~3.10). 가스상오염물의 농도관측은 상당히 맑은 날씨가 유지된 3월 7일 12:00 PM 부터 4:00 PM 까지의 낮시간 동안 3개 후보지에서 집중적으로 실시되었다. 그리고 TSP의 측정은 시료포집에 오랜 시간이 필요한 관계로 인해 부득이 동일한 기간 동안의 포집을 취하는 대신 단계동 및 관설동후보지에서 각각 1일씩 그리고 매립장이 위치한 사제리지역에서는 4일 기간 동안 실시되었다. 이산화황, 일산화탄소, 오존의 경우, 농도분석을 자동적으로 실행하는 TECO 시스템을 이용하여 5분 단위로 결정하였고, 이산화질소는 Saltzman법으로 약 10~30분 단위로 결정하였다. TSP의 측정에는 분당 5리터의 유속을 유지하는 미니블씨스템을 이용하였다.

Table 2에는 각 오염물질들의 농도분석결과가 제시되어 있다. 참고로 이들 자료를 오랜 기간동안 관측이 이루어진 학성동지역의 봄철 평균농도와 비교해 보면, 후보지별 오염물의 농도가 대체로 유사한 범위대에서 유지됨을 알 수 있다. 오존의 경우, 모든 후보지에서 학성동의 봄철 평균인 15.6±6.4ppb 보다 5~10ppb 높은 농도를 보이는 데, 이는 관측기간 동안 지속적으로 유지된 강한 일사량과 연관성이 있을 것으로 사료된다.⁸⁾

일산화탄소의 경우 관설동의 농도가 학성동의 평균치인 1.1ppm에 인접하였다. 그러나 이산화황의 경우 화산한 봄철기온이 유지된 측정기간의 기상여건에도 불구하고, 모든 후보지들에서 관측된 농도가 학성동의 봄철 평균인 18.2ppb를 약간 상회하는 수준으로 나타났다. 봄철에 주로 높은 값을 취하는 질소산화물의 농도는 단계동 지역에서 측정된 수치가 환경관리청의 측정망으로부터 측정된 봄철 평균수치인 23.5ppb에 가까이 나타났을 뿐, 여타 지역에서는 절반 수준의 낮은 농도를 나타냈다. 마지막으로 부유분진의 농도는 모든 후보지역에서 학성

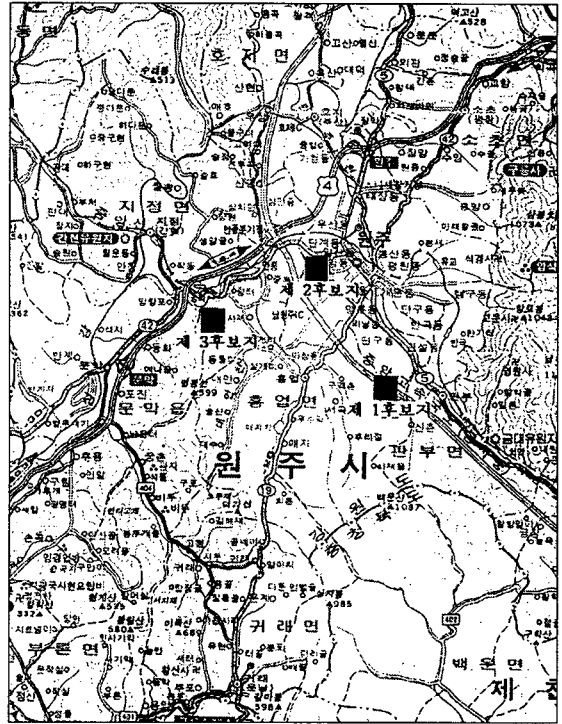


Fig. 3. Site selected for evaluation of air pollution levels.

동지역의 봄철 평균치인 50 µg/m³대를 작게는 20%에서 크게는 100%를 훨씬 초과하는 결과를 나타냈다. 특히 단계 및 매립장후보지역에서 측정이 이루어지는 일부 기간 동안 강우가 내려, 분진농도의 감소시킬 수 있는 요인이 있었다는 점을 감안하면, 이렇게 높은 분진의 농도는 대단히 예외적이라고 할 수 있다. 봄철기간에 이렇게 높은 먼지농도가 측정된 정확한 이유를 밝히기는 어렵지만, 후보지들 주변에서 활발히 진행되고 있는 건설작업 등에 어느 정도 영향을 받은 것이 아닌 가 의심된다.

Table 2. The mean concentration of major pollutants measured from the three candidate sites (1997. 3)

Pollutant	Kwan-Sul	Dan-Kye	Sa-Je
O ₃ (ppb)	27.4±1(N=5)	20.5±4.8(N=6)	25.8±2(N=11)
SO ₂ (ppb)	22±3(N=8)	21±3(N=6)	20±1(N=11)
CO(ppm)	1.131±0.164(N=5)	0.901±0.091(N=6)	0.860±0.029(N=11)
NO ₂ (ppb)	11.5±1.2(N=2)	10.6±0.2(N=2)	16.6±0.6(N=2)
TSP(µg m ⁻³)	168(N=1)	60(N=1)	114±45(N=4)

후보지별 오염물질의 농도분포를 분석횟수가 높은 오존, 이산화황, 일산화탄소와 같은 물질들의 농도를 이용해서 단순 비교하면, 예상과 달리 주거시설이 밀집한 단

계동지역이 전원지역인 관설동보다 비교적 양호하게 나타나고, 매립장이 위치한 사제리의 경우 가장 낮거나(일산화탄소의 경우), 그 중간에 위치한다(오존이나 이산화황). 그러나 여타 오염물질의 경우와는 달리, 질소산화물의 농도는 단계동지역이 가장 높은 것으로 나타났다. 단계지역의 이산화질소가 타 지역보다 약 50% 가까이 높게 나타나는 이유는, 이의 생성원으로 작용할 수 있는 교통량이 단계택지 지역에서 높게 나타난다는 사실과 질소산화물이 여타 오염물에 비해 화학적으로 불안정하기 때문에 생성원 주변에서만 높게 나타나는 특성 등을 반영하는 결과로 생각된다.

본 연구에서 밝혀진 각 후보지들의 농도차이가 얼마만큼 의미를 지니는 가를 통계적인 비교기법인 t-분포를 이용해서 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다. 오존의 경우, 관설동과 사제리의 농도차이는 구별하기 어렵지만(P=0.5483), 이 둘 지역에 비해 낮은 농도를 띄는 단계동의 경우 그 차이가 뚜렷하다(P=0.03). 이산화황의 경우, 각 후보지별 농도차의 구분이 쉽지 않은데, 관설동과 단계동의 차이(P=0.158)와 사제리와 관설동의 차이(P=0.10)가 비교적 강하게 나타났다. 마지막으로 일산화탄소의 경우, 3개 후보지별 농도의 차이가 비교적 뚜렷했다(P=0.0035~0.1245). 이산화질소의 경우, 관설동과 사제리의 차이를 구분하기는 어려웠지만(P=0.42), 단계동의 높은 농도는 여타지역의 자료와 뚜렷이 구분되었다(P < 0.05). 그러나 부유분진의 경우, 자료수의 부족으로 인해 통계적인 관점에서의 비교가 불가능했다. 이와 같은 비교분석을 통해, 지역별 오염물질의 농도차에 대해 간단하게나마 개략적인 의미를 부여할 수 있다. 그러나, 전체적인 관점에서 볼때 3대 후보지 및 학생동을 포함한 원주권역의 대기질은, 본 측정기간 중에 발견한 부유분진의 농도가 예외적으로 높게 나타났다는 사실을 제외하고는, 상당히 균질한 분포를 띄는 것으로 결론지을 수 있다.

3. 대기질 예측

소각시설 가동후 주변 대기질 변화를 예측하기 위해 대기오염물질 중 대표적인 SO₂와 최근 소각시설에서 문제가 되고 있는 Dioxin을 대상으로 연평균 농도를 예측하였으며 예측시 적용된 모델은 여러 대기확산모델을 대상으로 검토한 결과 Gaussian 장기확산모델인 TCM-2 (Texas Climatological Model - Version 2)를 선정하였다.⁷⁾

3.1. 모델의 특성 및 개요

본 연구에 선정된 TCM-2는 Briggs의 연기상승식, Pasquill - Gifford의 확산계수식, 오염물 반감식을 고려한 Gaussian 확산모델이며 k번째 풍향 sector에서 임의착지점의 지상농도는 다음과 같다.

$$C \rho (k, \rho) = \frac{32 \times 10^6 Q}{(2\pi)^{3/2}} \left\{ \frac{\phi(k, m)}{U^*(H, m) \sigma_z(m)} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z(m)^2}\right) \right\}$$

C : 농도(μg/m³)

Q : 오염물질 배출량(g/sec)

ρ : 연돌에서 착지점까지의 거리(m)

φ(k,m) : 기상종합빈도

k : 풍향 sector

m : 대기안정도

U*(H,m) : 안정도 m일때 연돌높이 H에서의 평균풍속 (m/sec)

σ_z(m) : 수직확산계수

H : 유효연돌고(m)

3.2. 오염물질 배출량

본 사업의 시행으로 야기되는 대기질의 변화는 대기오염물질 중 대표적인 SO₂와 Dioxin을 대상으로 예측하였으며, 오염물 배출량 및 연돌조건 등은 원주시가 계획하고 있는 처리시설의 규모(200t/day)와 비슷한 기존의 평촌소각시설(200t/day)과 목동자원회수시설(중설 200t/day 2기)의 자료를 참고하였다. 방지시설 설치 후의 오염물질 배출량은 SO₂의 경우, 평촌과 목동시설 중 배출량이 큰 평촌 소각시설의 52ppm을 적용하였고 Dioxin의 경우는 신설소각장의 배출허용기준치 0.1ng/m³를 적용하여 가스량과 오염물질 배출농도를 고려하여 산정한 후, Table 3과 같이 나타났다.

Table 3. Emission rate of airborne pollutants

Pollutant	SO ₂	Dioxin
emission rate	1.44 g/sec	0.97 ng/sec

3.3. 연돌조건

대기질 예측에 적용된 소각시설의 연돌조건은 Table 4와 같다.

Table 4. Stack conditions of incineration facility

Type	Stack height (m)	Stack dia. (m)	Stack gas	
			Temp(°C)	Velocity(m/sec)
Pyung-Chon	70	1.2	150	18
Mog-Dong	150	1.2	210	14

3.4. 기상조건

대기질 예측에 사용된 기상자료는 1995년 원주시 기상대에서 측정된 1년간의 매 시간별 기상측정자료⁸⁾를 전산처리하여 안정도별 풍향, 풍속의 발생빈도로 표시된 기상종합빈도계수를 산출하여 이용하였다. 원주지역의 경우, 연간 안정도별 발생빈도는 Fig. 4와 같이 안정한 6등급의 발생빈도가 약 57%로 매우 높으며, 그 다음이 5등급의 발생빈도가 약 22%, 불안정한 2등급(13%)의 순으로 원주지역은 대기오염물질의 확산면에서 매우 불리한 조건임을 보여주고 있다. 풍속별 발생빈도는 Fig. 5와 같이, 미풍인 1등급(1.8m/sec이하)의 발생빈도가 연간 약 75%로 매우 높은 빈도를 보였으며 그 다음이 2등급(1.8~3.34m/sec)의 17% 순이었고, 풍향별 발생빈도는 Fig. 6과 같이 연중 서풍(18%), 북풍(13%), 서남서풍(11.3%)이 주로 발생한 것으로 나타났다.

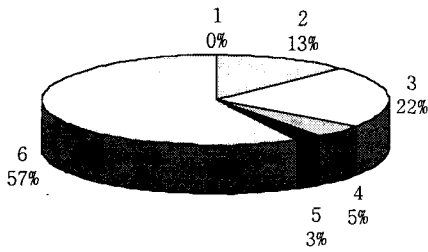


Fig. 4. Frequency plot of stability class.

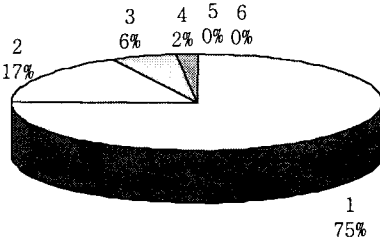


Fig. 5. Frequency plot of wind speed class.

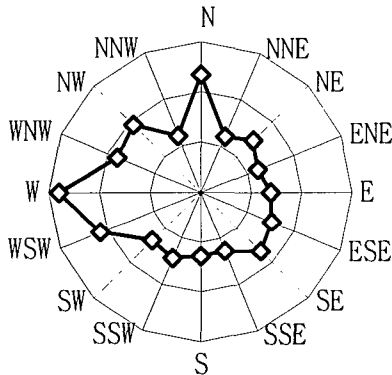


Fig. 6. Frequency plot of wind direction.

3.5. 예측결과

예측결과 소각시설 가동으로 인한 주변 대기질에 미치는 영향은 Table 5와 같이 SO₂의 경우 소각시설 연돌의 높이를 70m로 할 경우, 가중농도는 최대 0.05ppb, 연돌높이를 150m로 할 경우는 가중농도가 최대 0.02ppb로 예측되었다.

Table 5. Predicted air quality during the operation.

Type	Stack height 70m		Stack height 150m	
	SO ₂	Dioxin	SO ₂	Dioxin
Max. concentration	0.05 ppb	0.09 pg/m ³	0.02 ppb	0.04 pg/m ³

* Annual standard for SO₂ is 30 ppb, while that for dioxin is not available.

Dioxin의 경우는 연돌높이를 70m로 할 경우 주변 최대 농도는 0.09 pg/m³, 연돌 높이를 150m로 할 경우는 주변

최대농도가 최대 0.04 pg/m³로 예측되었다. 예측결과를 3개의 소각시설 후보지별로 도시하면 Fig. 7~10와 같다.

4. 입지여건 평가

Gaussian 대기확산모델에 의한 SO₂와 dioxin의 영향권을 후보지별로 토지이용 상태를 조사하여 대기오염에 따른 환경부하의 관계를 살펴보았다.⁹⁾ 우선 토지이용을 논, 밭, 주거지역, 녹지지역, 상업지역으로 구분하여 각 농도에 해당하는 범위에 속하는 토지이용별 면적을 조사하였다(Table 6).

Table 6. The size of projected area affected by SO₂.

(1) The first candidate - Kwan-Sul Unit : km²

Type Conc.(10 ⁻³ ppb)	Rice paddy	Dry field	Residential	Grassland	Commercial
1~10	1.359	0.430	0.391	0.039	-
11~15	1.563	0.180	0.125	0.125	-
16~20	0.602	0.234	0.141	-	-
21~25	0.352	0.203	0.109	-	-
26~30	0.875	0.063	0.078	-	-
31~35	0.117	0.023	-	-	-

(2) The second candidate - Dan-Kye Unit : km²

1~10	3.344	1.344	1.688	0.039	-
11~15	1.664	0.633	1.914	0.406	0.156
16~20	0.422	0.641	1.234	1.438	0.359
21~25	-	-	1.016	0.211	0.430
26~30	-	-	1.594	0.266	0.063
31~35	-	-	0.117	0.016	-

(3) The third candidate - Sa-Je Unit : km²

1~10	3.070	2.164	0.617	-	-
11~15	1.414	0.672	0.078	-	-
16~20	0.844	0.578	0.055	-	-
21~25	0.719	0.375	0.016	-	-
26~30	0.609	0.266	0.063	-	-
31~35	-	-	-	-	-

Table 7에서는 각각의 SO₂ 농도에 따라 가중치를 두어 지수화 하여 합계치를 산출하였다. SO₂의 환경부하에 의한 영향은 토지이용의 유형에 따라 다르게 나타난다. 따라서 토지 이용 유형은 각각 다른 가중치를 부여받는다(Table 8). 주민이 밀집해서 사는 주거지역은 환경부하시 인간에게 끼치는 영향이 크다고 판단하여 "1.0"이라는 가장 큰 가중치를 부여하였으며, 다음으로 논과 밭은 식량재배지이므로 0.6의 가중치를, 타지역에 비해 많은 동식물이 서식하는 녹지지역은 0.3의 가중치를, 마지막으로 상업지역은 이미 오염이 심각한 지역으로 소각시설에 따르는 대기환경 오염부하 가중이 별 영향을 미치지 않을 것이라고 간주하여 "0"으로 가중치를 부여하였다.

원주시 소각시설의 입지와 주변지역의 대기질예측에 관한 연구

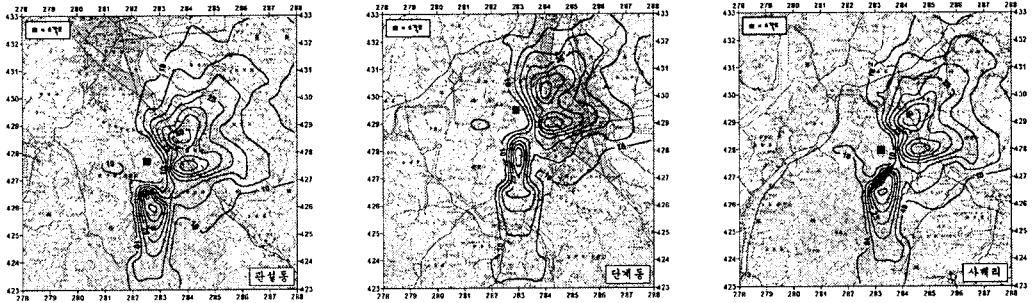


Fig. 7. The projected SO₂ level(ppt) at stack height of 70m.

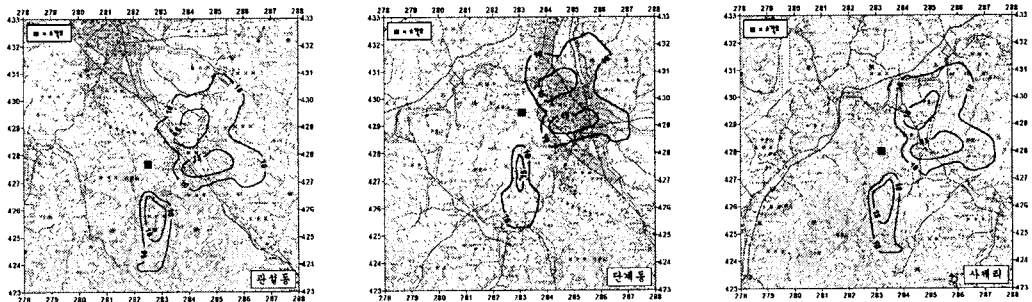


Fig. 8. The projected SO₂ level(ppt) at stack height of 150m.

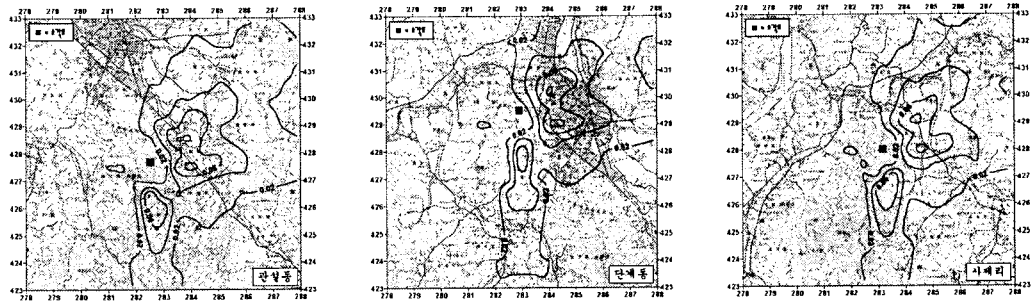


Fig. 9. The projected dioxin level(pg/m³) at stack height of 70m.

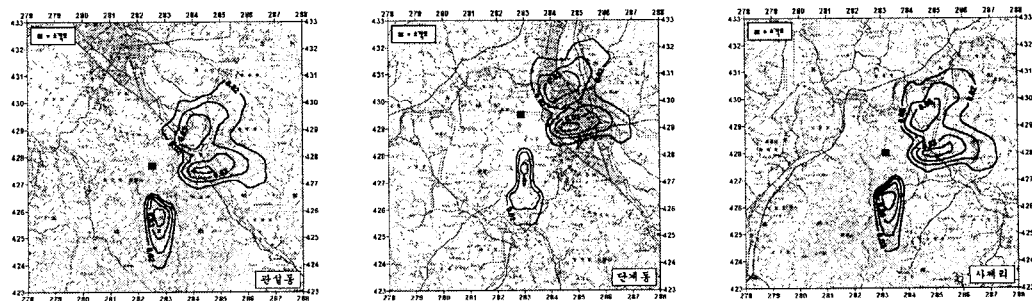


Fig. 10. The projected dioxin level(pg/m³) at stack height of 150m.

Table 7. Concentration index of SO₂ among different sites

(1) The first candidate - Kwan-Sul

Type Conc. (10 ⁻³ ppb)	Rice paddy			Dry field			Residential			Grassland			Commercial		
	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices
1~10	1.359	0.1	0.1359	0.430	0.1	0.043	0.391	0.1	0.0391	0.039	0.1	0.0039	-	0.1	-
11~15	1.563	0.2	0.3126	0.180	0.2	0.036	0.125	0.2	0.025	0.125	0.2	0.025	-	0.2	-
16~20	0.602	0.3	0.1806	0.234	0.3	0.0702	0.141	0.3	0.0423	-	0.3	-	-	0.3	-
21~25	0.352	0.4	0.1408	0.203	0.4	0.0812	0.109	0.4	0.0436	-	0.4	-	-	0.4	-
26~30	0.875	0.5	0.4375	0.063	0.5	0.0315	0.078	0.5	0.039	-	0.5	-	-	0.5	-
31~35	0.117	0.6	0.0702	0.023	0.6	0.0138	-	0.6	-	-	0.6	-	-	0.6	-
total			1.2776			0.2757			0.189			0.0289			

(2) The second candidate - Dan-Kye

1~10	3.344	0.1	0.3344	1.344	0.1	0.1344	1.688	0.1	0.1688	0.039	0.1	0.0039	-	0.1	-
11~15	1.664	0.2	0.3328	0.633	0.2	0.1266	1.914	0.2	0.3828	0.406	0.2	0.0812	0.156	0.2	0.0312
16~20	0.422	0.3	0.1266	0.641	0.3	0.1923	1.234	0.3	0.3702	1.438	0.3	0.4314	0.359	0.3	0.1077
21~25	-	0.4	-	-	0.4	-	1.016	0.4	0.4064	0.211	0.4	0.0844	0.430	0.4	0.172
26~30	-	0.5	-	-	0.5	-	1.594	0.5	0.797	0.266	0.5	0.133	0.063	0.5	0.0315
31~35	-	0.6	-	-	0.6	-	0.117	0.6	0.0702	0.016	0.6	0.0096	-	0.6	-
total			0.7938			0.4533			2.1954			0.7435			0.3424

(3) The third candidate - Sa-Je

1~10	3.070	0.1	0.307	2.164	0.1	0.2164	0.617	0.1	0.0617	-	0.1	-	-	0.1	-
11~15	1.414	0.2	0.2828	0.672	0.2	0.1344	0.078	0.2	0.0156	-	0.2	-	-	0.2	-
16~20	0.844	0.3	0.2532	0.578	0.3	0.1734	0.055	0.3	0.0165	-	0.3	-	-	0.3	-
21~25	0.719	0.4	0.2876	0.375	0.4	0.15	0.016	0.4	0.0064	-	0.4	-	-	0.4	-
26~30	0.609	0.5	0.3045	0.266	0.5	0.133	0.063	0.5	0.0315	-	0.5	-	-	0.5	-
31~35	-	0.6	-	-	0.6	-	-	0.6	-	-	0.6	-	-	0.6	-
total			1.4351			0.8072			0.1317						

Table 8. SO₂ indices of each site on the basis of land-use type

(1) The first candidate - Kwan-Sul

Type	Rice paddy	Dry field	Residential	Grassland	Commercial
Index	1.2776	0.2757	0.189	0.0289	-
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.7666	0.1654	0.189	0.0087	-

(2) The second candidate - Dan-Kye

Index	0.7938	0.4533	2.1954	0.7435	0.3424
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.4763	0.272	2.1965	0.2231	0

(3) The third candidate - Sa-Je

Index	1.4351	0.8072	0.1317	-	-
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.8611	0.4843	0.1317	-	-

이러한 가중치에 의해 산출된 총지수는 1~2의 경우 “좋은” 후보지로, 2~3은 “보통”의 후보지로, 3~4의 경우에는 “나쁨”의 후보지로 분류하였다(Table 9).

Table 9. SO₂ indices of each site

Type	Kwan-Sul	Dan-Kye	Sa-Je
Total index	1.13	3.17	1.48
Grading	good	bad	good

Table 10에서는 위에서 평가된 SO₂와 같은 방법에 의해서 dioxin에 농도에 따라 영향을 받는 영향권의 면적을 산출하였다. Dioxin의 환경부하에 의한 영향은 토지 이용 유형에 따라 다르게 나타나기 때문에 토지 이용 유형에 따라 다른 가중치를 부여받는다(Table 11). 위의 SO₂와 마찬가지로 주거지역은 “1.0”, 논과 밭은 “0.6”, 녹지지역은 “0.3”, 상업지역은 “0”의 가중치를 dioxin의 경우에도 부여하였다(Table 12).

Table 10. The size of projected area affected by dioxin

		(1) The first candidate - Kwan-Sul					Unit : km ²
Conc.(10 ⁻⁶ ng/m ³)	Type	Rice paddy	Dry field	Residential	Grassland	Commercial	
	0.00~0.10		2.667	0.569	0.345	0.019	-
0.11~0.20		0.875	0.294	0.148	-	-	
0.21~0.30		0.895	0.020	0.047	-	-	
		(2) The second candidate - Dan-Kye					Unit : km ²
0.00~0.10		4.127	1.923	4.113	0.883	0.2	
0.11~0.20			0.144	2.428	1.591	1.114	
0.21~0.30				1.344	0.228	0.106	
		(3) The third candidate - Sa-Je					Unit : km ²
0.00~0.10		3.567	2.242	0.797	-	-	
0.11~0.20		1.477	0.952	0.063	-	-	
0.21~0.30		0.547	0.297	0.075	-	-	

Table 11. Concentration index of dioxin among different sites

		(1) The first candidate - Kwan-Sul														
Conc. (10 ⁻⁶ ng/m ³)	Type	Rice paddy			Dry field			Residential			Grassland			Commercial		
		area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices	area	multiplying factor	indices
0.00~0.10		2.667	0.2	0.5334	0.569	0.2	0.1138	0.345	0.2	0.069	0.019	0.2	0.0038	-	0.2	-
0.11~0.20		0.875	0.4	0.35	0.294	0.4	0.1176	0.148	0.4	0.0592	-	0.4	-	-	0.4	-
0.21~0.30		0.895	0.6	0.537	0.020	0.6	0.012	0.047	0.6	0.0282	-	0.6	-	-	0.6	-
total				1.4204			0.2434			0.1564			0.0038			
		(2) The second candidate - Dan-Kye														
0.00~0.10		4.127	0.2	0.8254	1.923	0.2	0.3846	4.113	0.2	0.8226	0.883	0.2	0.1766	0.2	0.2	0.04
0.11~0.20		-	0.4	-	0.144	0.4	0.0576	2.428	0.4	0.9712	1.591	0.4	0.6364	1.114	0.4	0.4456
0.21~0.30		-	0.6	-	-	0.6	-	1.344	0.6	0.8064	0.228	0.6	0.1368	0.106	0.6	0.0636
total				0.8254			0.4422			2.6002			0.9498			0.5492
		(3) The third candidate - Sa-Je														
0.00~0.10		3.567	0.2	0.7134	2.242	0.2	0.4484	0.797	0.2	0.1594	-	0.2	-	-	0.2	-
0.11~0.20		1.477	0.4	0.5908	0.952	0.4	0.3808	0.063	0.4	0.0252	-	0.4	-	-	0.4	-
0.21~0.30		0.547	0.6	0.3282	0.297	0.6	0.1782	0.075	0.6	0.045	-	0.6	-	-	0.6	-
total				1.6324			1.0074			0.2296						

Table 12. Dioxin indices of each site on the basis of land-use type

Type	Kwan-Sul	Dan-Kye	Sa-Je	Grassland	Commercial
Index	1.4204	0.2434	0.1564	0.0038	-
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.8522	0.1460	0.1564	0.0011	-
(2) The second candidate - Dan-Kye					
Index	0.8254	0.4422	2.6002	0.9498	0.5492
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.4952	0.2653	2.6002	0.2850	0
(3) The third candidate - Sa-Je					
Index	1.6324	1.0074	0.2296	-	-
Multiply factor	0.6	0.6	1.0	0.3	0
Final value	0.9794	0.6044	0.2296	-	-

이러한 가중치에 의해 산출된 총지수는 1~2의 경우 “좋음”으로, 2~3의 경우 “보통”으로, 3~4의 경우에는 “나쁨”으로 등급을 매겨서 후보지를 평가하였다(Table 13).

Table 13. Dioxin indices of each site.

Type	Kwan-Sul	Dan-Kye	Sa-Je
Total index	1.16	3.65	1.81
Grading	good	bad	good

소각시설의 입지여건을 평가하는 데는 대기질에 의한 영향 뿐만아니라 접근성, 토지이용도, 상·하수도, 수질, 토양 등 여러 분야를 종합적으로 분석하여야 하나, 본 연구에서는 대기질 영향만을 평가한 결과 단계동 후보지가 3.17, 3.65로 영향을 크게 받는 것으로 나타났고 관설동과 사제리 후보지는 상대적으로 영향이 적은 것으로 평가되었다.

5. 결 론

1) 소각시설 입지 후보지의 대기오염농도 현황은 관 설동후보지에서 평균 O₃이 27.4ppb, SO₂는 22ppb, CO가 1.131ppb, TSP는 168ug/m³로 최고농도를 보였다. NO₂의 경우는 단계동 후보지에서 16.6ppb의 농도분포를 보여 총부유분진이 연간기준치를 초과하는 관설동지역을 제외한 후보지는 양호한 대기질을 보이고 있는 것으로 나타났다.

2) 후보지별 예측되는 대기오염물질의 농도는 연돌높 이를 150m로 하였을 경우 보다 70m로 할 경우 최고 SO₂ 0.05ppb, dioxin 0.09pg/m³를 가중시켜 주변지역에 미치는 영향이 더 클 것으로 판단되었다.

3) SO₂와 dioxin에 대한 영향권을 후보지 별로 조사한 결과, 제 1후보지인 관설동과 3후보지인 사제리의 경우는 눈에 미치는 영향이 가장 클 것으로 예측된 반면, 2 후보지인 단계동의 경우는 인근 주거지역에 크게 영향을 줄 것으로 조사되었다. 후보지별 산정된 환경부하의 총 지수는 SO₂, dioxin 모두 단계동 후보지가 각각 3.17과 3.65의 총 지수 값을 나타내 소각장 신설로 인한 환경적 피해가 가장 클 것으로 조사되었고 관설동과 사제리 후보지의 경우는 그 영향이 크지 않을 것으로 조사되었다.

폐기물 소각시설의 입지여건을 평가하는 데는 대기질 에 의한 영향 뿐만 아니라 접근성, 토지이용도, 상·하수 도, 수질, 토양에의 영향 등 여러분야를 종합적으로 분석 하여야 하나 본 연구에서는 대기질 영향을 평가하는 하 나의 기법을 제시하였다. 이러한 평가기법은 향후 소각

시설의 입지여건을 평가하는데 있어 널리 활용될 수 있 을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 원주시, 1997, 원주시 폐기물 소각시설설치 입지타당 성조사 보고서.
- 2) 이철태, 안문수, 배성렬, 1995a, 국내 쓰레기 소각장의 실태조사 연구(Ⅰ) - 국내 쓰레기 소각장의 건설 및 시설 실태, 한국폐기물학회지, Vol. 12(3) 353~364pp.
- 3) 이철태, 안문수, 배성렬, 김형진, 1995b, 국내 쓰레기 소각장의 실태조사 연구(Ⅱ) - 국내 쓰레기 소각장의 운전 및 운영관리 선택, 한국폐기물학회지, Vol. 12(3) 353~364pp.
- 4) 한국폐기물학회, 1997, 지구의 날 기념 한·미 폐기물 소각 및 다이옥신제어 기술세미나 자료.
- 5) 송동응, 김진수, 김기현, 1998, 원주시 대기질 관리에 관 한 연구, 상지대학교 환경과학기술연구소보, Vol.4(1), 58~76pp.
- 6) Kim, K. H. and D. W. Song, 1997, The Concentrations of Lead in Urban and Nonurban Atmospheres of Won Ju City, Korea, Water, Air, and Soil Pollution 98: 255~273pp.
- 7) Texas Air Control Board, 1980, Texas Climatological Model.
- 8) 기상청, 1997, 기상자료제공 <전산처리정보>.
- 9) 원주시, 1997, 통계연보 제36회, 58~66pp.