

제주도의 대기오염 현황 및 장래예측

허철구*, 이기호*, 강창희**

Air Pollution Status and Prediction of
Future Air Quality in Cheju

*Chul-Goo Hu**, *Ki-Ho Lee** and *Chang-Hee Kang***

Abstract

This study deals with the air pollution status, the characteristics of air pollution sources and the prediction of future air quality in Cheju.

The present air quality is estimated very satisfactorily in comparison with the air quality standard. And the concentration of sulfur dioxide in ambient air has been increased little for the last five years.

The primary major source of air pollution is transportation which include 57% of total emissions of air pollutants. Also, air pollution sources are maldistributed on the seashore, especially concentrated on Cheju city. The emission rate of air pollutants in Cheju is 43,766 ton/year, but emissions per unit area (24ton/year. km^2) is of very small quantity in comparison with that of other region.

On the other hand, the ambient air quality at the year 2001 is predicted by Valley model is lower than the air quality standard, although emission rate is increased due to increasing in air pollution sources.

* 해양과학대학 해양환경공학과 (Dept. of Marine Environ. Eng., College of Ocean Sciences)

** 자연과학대학 화학과 (Dept. of Chemistry, College of Natural Sciences)

서 론

급진적인 산업화와 인구의 도시 집중화, 생활수준의 향상등으로 대도시와 공업지역의 대기오염 현상은 가장 시급성을 요하는 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 대기오염은 수질오염이나 토양오염등에 비해 오염물질의 확산과 이동성이 대단히 커서 지리적, 지형적 여건 및 기후조건에 많은 영향을 받는다.^{1,2)} 따라서 대기오염의 정도를 평가하거나 예측하기 위해서는 오염 발생원에서의 배출특성 뿐만 아니라 그 지역의 기상상태나 지형조건등도 아울러 고려해야 한다.³⁾

제주도는 1차, 3차산업을 중심으로 산업구조가 형성되어 있어⁴⁾ 산업체로 부터 배출되는 대기오염 물질량이 타지역에 비해 아주 적고 타지역의 오염원으로 부터도 격리되어 있으며 바람과 비가 많은 기후조건등으로 인해 대기질은 양호한 상태로 유지되어 왔다. 그 결과 지금까지 제주지역의 대기오염문제에 대한 관심은 아주 미미한 실정이다.

그러나 근래의 통계자료에 의하면 관광수요의 증가와 주민의 소득증대로 대기오염의 직접적인 유발요인이 되는 자동차수, 유류사용량, 전력소비량등이 급격한 증가추세를 나타내고 있으며, 특히 이러한 대기오염원이 제주시와 서귀포시를 중심으로 집중되는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 대기오염원의 변화추세를 감안할 때 제주지역에서도 지금까지와는 달리 국지적인 대기오염 현상이 야기될 수도 있을 것으로 생각된다. 더우기 명실상부한 국제적 관광명소인 제주도의 지역적 특성을 고려할 때 제주도의 전지역이 청정한 대기상태로 유지되도록 해야하며 이를 위한 대기오염 관리대책이 마련되어야 할 것이다.

본 연구에서는 합리적이고 체계적인 대기질 관리대책의 수립에 필요한 기초자료를 제시하고자 제주지역의 현재 대기질 상태, 오염원의 특성, 대기오염물질 배출량 등을 파악하여 대기오염 현황을 평가하고, 아울러 이들의 변화추세와 제주지역의 지형적 조건, 기상조건 등을 고려한 대기질 예측모델을 이용하여 장래의 대기질을 예측하였다.

연구 방법

1. 대기질 조사

특정지역의 대기질을 보다 정확하게 평가하기 위해서는 지속적으로 측정된 장기간의 측정자료를 분석해야 하지만 제주지역의 경우 대기오염에 대해 관심을 기울이지 않는 까닭에 연구목적의 대기질 측정자료가 거의 없다. 다만, 환경처에서 1987년부터 제주시

4개소와 서귀포시 2개소에 설치 운영하고 있는 이황산가스(SO₂) 반자동 측정장치로써 대기중 SO₂농도는 연속적으로 측정되고 있다. 따라서 제주지역의 대기질 변화추세를 평가하기 위해서 본 연구에서는 1987년부터 1991년까지의 환경처 SO₂ 측정자료를 이용하였으며, 아황산가스 반자동 측정장치의 설치 위치도는 Fig. 1에 나타냈다. 아울러 본 연

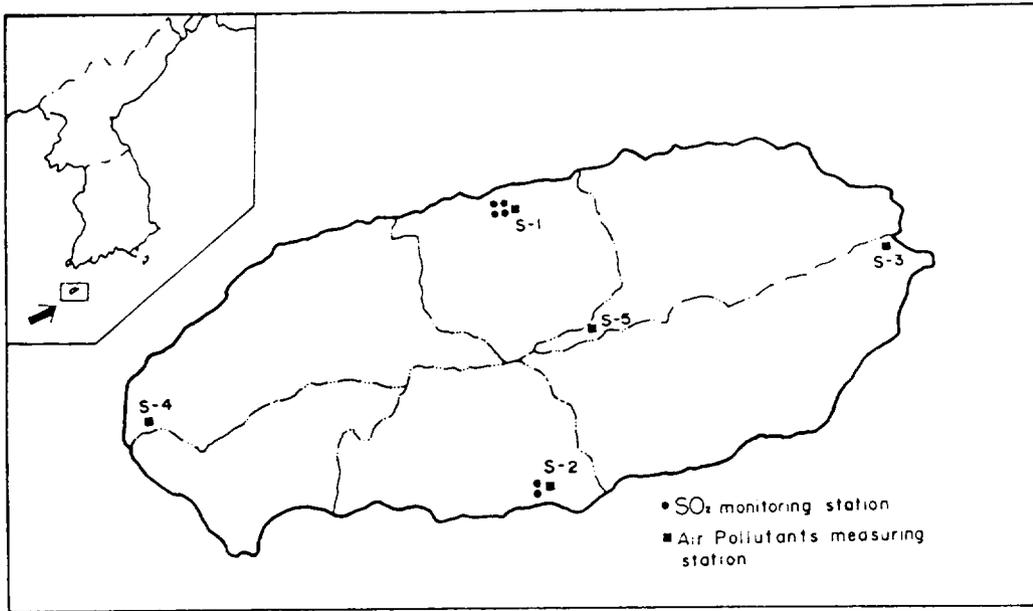


Fig. 1. Location of Air Quality Measuring Station in Cheju

구에서는 제주지역의 대기질 현황을 파악하기 위해 Fig. 1에 나타낸 5개 지점(S-1~S-5)에서 1991년~1992년까지 총 4회에 걸쳐 아황산가스(SO₂), 질소산화물(NO₂), 오존(O₃) 및 총 부유분진(TSP) 등 4개 항목의 농도를 직접 현장측정하였으며, 이들의 분석법을 Table 1에 정리하여 나타냈다.^{5,6)}

Table 1. Analytical Methods for Air Pollutants

Item	Method	Principle
SO ₂	Pararosaniline Method	Colorimetric Analysis
NO ₂	Saltzman Method	Colorimetric Analysis
O ₃	Potassium Iodide Method in Alkaline condition	Colorimetric Analysis
TSP	High Volume Filtering Method	Gravimetric Analysis

2. 대기오염원 자료

대기오염물질의 오염원은 일반적으로 오염원의 이동성에 따라 고정오염원과 이동오염원으로 구분한다. 이 중 고정오염원은 개개 오염원의 오염물질 배출량이 비교적 많은 점오염원(point source)과 개개의 부하량은 크지 않으나 많은 수의 오염원이 밀집되어 있어 특정지역 전체가 하나의 오염원과 같은 영향을 미치는 면오염원(area source)로 세분된다.^{7,8)} 그리고 이동오염원은 자동차 뿐만 아니라 항공기, 선박, 기차등 수송수단이 모두 포함되나 자동차에 비해 다른 수송수단은 그 수가 상대적으로 아주 적고 주민생활권과 다소 격리된 곳에서 운행되기 때문에 자동차만을 이동오염원으로 고려하는 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 대기오염원을 점오염원, 면오염원, 이동오염원으로 구분하였으며, 이들 오염원의 규모는 대기배출 시설업소수, 상주인구수, 자동차 등록대수를 기준하여 시·군별로 조사하였다. 그리고 대기오염물질 배출량은 환경처에서 조사한 제주도 전체의 대기오염물질 배출량과 각 지역에 위치한 오염원의 규모를 기초로 계산하였다.

3. 대기질 예측방법

장래의 대기질은 그 지역의 지형적 특성 및 배출원 특성들을 고려하여 적절히 선정된 대기질 예측모델에 대기질에 영향을 미치는 여러가지 변수들을 입력하여 컴퓨터를 통한 복잡한 수학적 계산과정을 거쳐 예측이 이루어진다. 여기서 모델의 선정, 기상자료의 처리, 배출원 특성의 정확한 예측등이 모델을 이용한 예측농도의 정확성을 결정하는 주요인자가 된다. 대기질 예측모델은 많은 종류가 개발되어 있으며 국내에서는 TCM, TEM 등이 널리 이용되고 있다. TCM과 TEM은 전산작업이 짧은 장점은 있으나 지형적 영향을 고려할 수 없는 단점이 지적되고 있다.⁹⁾ 더우기 제주도는 한라산 백록담을 정점으로 경사면을 갖는 원추형의 독특한 지형으로 이루어져 있어 지형조건이 고려될 수 있는 모델을 선정해야만 신뢰성 있는 예측치를 얻을 수 있다. 그래서 본 연구에서는 원래 산악지역에 위치한 재련소에서 배출된 오염물질의 영향을 분석하기 위해 지형의 고저를 고려할 수 있도록 개발된 VALLEY모델을 이용하였다. VALLEY모델은 가우시안 확산이론을 바탕으로 한 대기확산 모델의 일종으로 배출원 특성 및 기상요소 뿐만 아니라 피해지점과 오염원의 지형적 특성등이 고려될 수 있도록 짜여져 있다.¹⁰⁾

결과 및 고찰

1. 대기질 현황

제주지역의 대기질 현황을 파악하기 위해 Fig. 1의 5개 지점에서 측정한 환경대기중의 대기오염물질 농도를 Table 2에 정리하여 나타냈다.

Table 2. Ambient Air quality Measured in Cheju

station	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
S-1	0.010	0.009	0.007	50
	(0.006-0.018)	(0.007-0.012)	(0.006-0.008)	(46-53)
S-2	0.009	0.008	0.008	48
	(0.004-0.016)	(0.005-0.011)	(0.007-0.009)	(41-54)
S-3	0.004	0.004	0.007	26
	(0.002-0.007)	(0.002-0.006)	(0.004-0.009)	(21-38)
S-4	0.005	0.005	0.006	27
	(0.002-0.007)	(0.003-0.007)	(0.003-0.010)	(23-30)
S-5	0.005	0.006	0.005	22
	(0.002-0.010)	(0.003-0.011)	(0.004-0.006)	(19-27)
Mean	0.007	0.006	0.007	35
Seoul	0.043	0.033	0.012	121
Pusan	0.038	0.023	0.014	134
Ambient Air Quality Std.	0.050	0.050	0.020	150

* () : Range of concentration measured

여기서 보면 제주도 전 지역의 평균농도는 아황산가스가 0.007ppm, 질소산화물은 0.006ppm, 오존은 0.007ppm, 총 부유분진은 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 측정지점 간에는 S-1 지점(제주시)과 S-2지점(서귀포시)이 타지점에 비해 다소 높은 값을 보이나 그외의 지점간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이 결과로 볼 때 조사대상 전 항목에 걸쳐 현재 제주도의 대기질은 우리나라 대기환경 기준치에 크게 미달하며 본 조사에서 측정된 각 항목의 최고 농도도 환경기준치보다 훨씬 낮은 값을 나타냈다. 또한 서울과 부산등의 대도시 지역과 비교할 때 제주도의 대기오염도는 이들 대도시 지역에 비해 약 1/2~1/5 수준에 불과한 아주 청정한 대기질이 유지되고 있음을 알 수 있었다.¹¹⁾ 한편 제주지역

대기오염도의 변화추세를 평가하기 위해 1987년부터 측정된 아황산가스의 년평균농도를 타지역의 년평균농도 변화 경향과 비교하여 Fig. 2에 나타냈다.

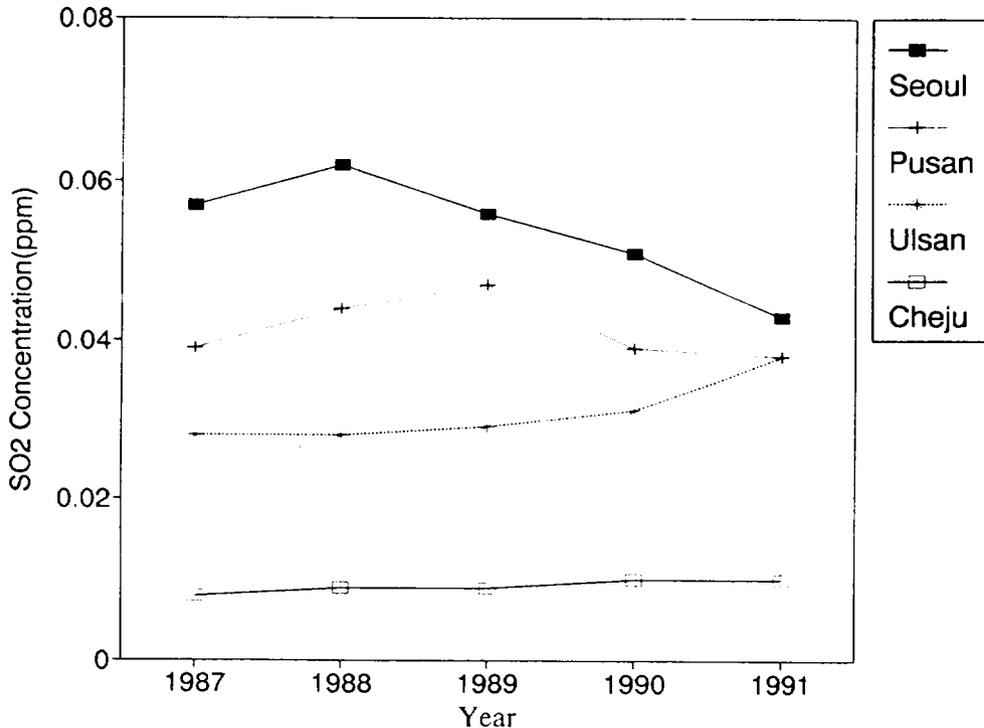


Fig. 2. Variations of Annual-Average SO₂ Concentration.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 공업도시인 울산지역은 증가추세를 보인 반면 서울, 부산 등 대도시 지역은 그 간의 지속적인 대기오염 저감대책의 추진으로 아황산가스의 오염도가 저감되는 추세를 보였으며, 제주지역 대기중의 아황산가스 년평균 농도는 거의 같은 수준으로 유지되고 있는 것으로 나타났다. 동기간동안 제주지역의 유류소비량, 전력소비량, 자동차수등 대기오염원은 급격한 증가추세를 보였음에도 불구하고 이와같은 결과가 나타나는 것은 해양중에 고립된 지리적 특성과 바람이 많은 기후조건등으로 인해 확산, 희석등의 대기자정능력이 크기 때문으로 생각된다. 그리고 Fig. 3에 나타낸 아황산가스 농도의 계절적 변화양상에서도 제주지역은 타지역과 뚜렷한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

서울지역은 아황산가스 배출량의 약 70%정도가 주거지역 또는 대형건물의 난방연료로부터 발생되기 때문에 동절기와 하절기의 변화폭이 대단히 크게 나타나지만 공업도

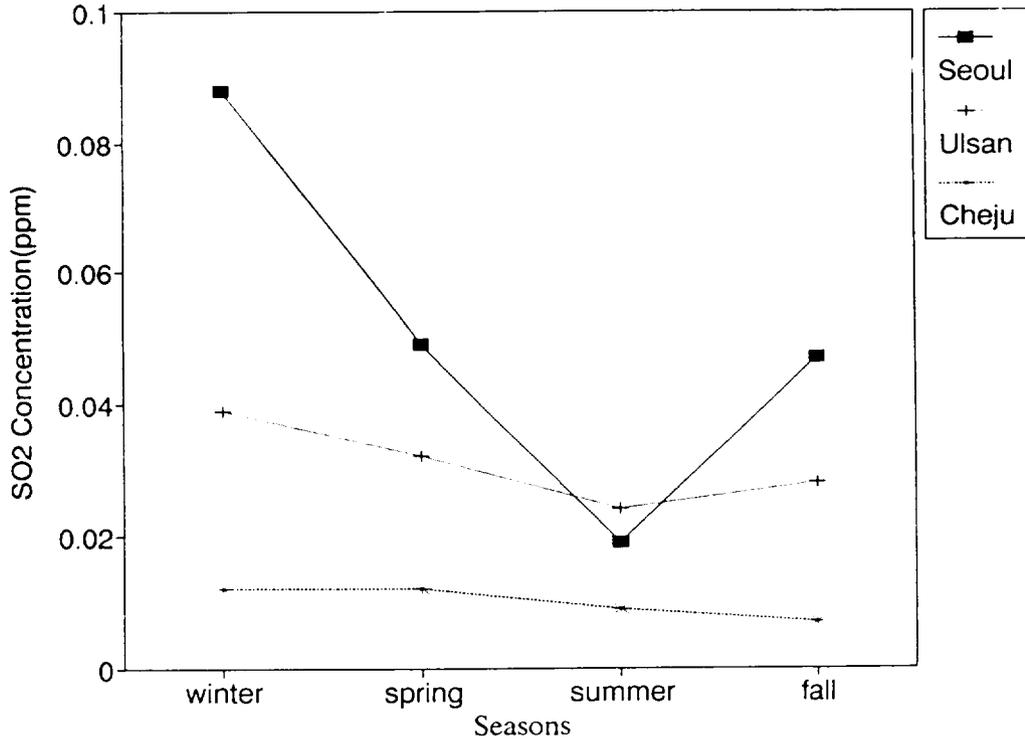


Fig. 3. Seasonal Trends of Variations in SO₂ Concentration.

시인 울산지역은 변화폭이 훨씬 적고 특히 제주지역은 아황산가스 총배출량의 약 46%정도가 발전용 연료로부터 발생되며 난방용 연료에 의한 배출량은 29%에 불과하므로 계절적인 변화폭이 크지 않은 것으로 사료된다.¹²⁾

2. 대기오염 발생원 분포특성

2.1 점오염원

대기오염원 중 점오염원은 대기오염물질 배출시설로써 관리되고 있다. 1991년말 현재 제주지역의 시·군별 대기 배출시설 업소수는 Table 3에 나타낸 바와 같다.

Table 3. The Number of Air Pollution Point Source in Cheju

Area	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Total
Cheju	2	-	7	59	163	231
Seoguipo	-	1	2	12	36	51
Bukcheju	1	1	1	15	24	42
Namcheju	1	1	1	7	25	35
Total	4	3	11	93	248	359

제주도내의 대기 배출시설 총업소수는 359개이며 이 중 약 69%는 고체 환산 연료사용량이 200톤 미만인 5종 사업장이고 연간 고체 환산 연료사용량이 10,000톤 이상인 1종 사업장수는 4개, 2,000톤 이상 10,000톤 미만인 2종 사업장수는 3개, 1,000톤 이상 2,000톤 미만인 3종 사업장수는 11개로서 비교적 규모가 큰 1, 2, 3종 배출시설은 전체의 약 5%에 불과하다. 그리고 지역별로는 전체의 약 64%에 해당하는 243개소가 제주시에 밀집되어 있는 것으로 나타나 지역 편중이 두드러지는 현상을 보이고 있다.

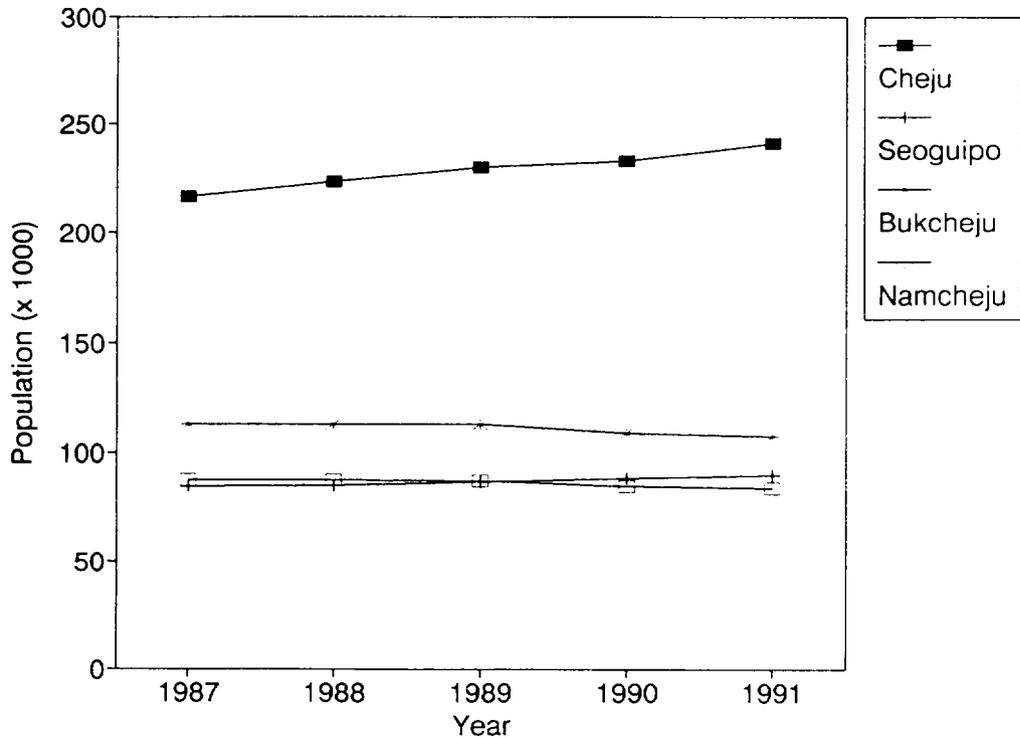


Fig. 4. Annual Trends of Variations in Population in Cheju.

2.2 면오염원

면오염원은 일반적으로 난방 및 취사용 연료에 의한 대기오염 발생원으로 밀집된 주택가, 도심지의 상가지역등이 여기에 해당되나 개개 오염원의 규모를 세분해서 면오염원의 규모를 평가하기가 곤란하여 본 연구에서는 상주인구수로서 간접적으로 평가하였다. Fig. 4에 나타낸 제주도의 인구수 변화추세를 보면 조사기간 중의 제주도 전체 인구수는 1987년에 502,534명에서 1991년 521,801명으로 년평균 0.94% 정도 증가추세를 보이고 있으며 지역별로는 제주시에 약 47% 정도가 집중되어 있고 나머지 지역의 인구수는 10만명 내외로 비슷한 수준이다.

그러나 제주시와 서귀포시의 인구수는 지속적인 증가추세를 보이고 있는 반면에 군지역의 인구수는 감소추세를 보이고 있어 면오염원의 집중화 경향이 더욱 크게 나타날 것으로 생각된다.

더우기 생활수준 향상과 에너지 과소비 추세로 인해 1인당 유류소비량이 1987년에는 324L이었으나 1990년에는 615L로 큰 폭의 증가추세를 보이고 있어 인구증가와 집중화에 따른 대기오염물질 배출량의 대량화와 집중화가 더욱 커질 것으로 전망된다.

2.3 이동오염원

제주지역의 이동오염원 현황을 파악하기 위해 시·군별 자동차 등록대수를 조사하여 Table 4에 정리하여 나타냈다. 여기서 보면 1991년 말 현재 제주도에 등록된 자동차는 총 54,714대로써 이중 승용차가 약 50%를 차지하고 있으며 다음으로 화물자동차가 약 37%, 버스가 약 13%를 차지하고 있다. 이동오염원도 점오염원이나 면오염원과 마찬가지로 제주시 지역에 전체의 약 60%가 집중되어 있어 이로 인한 국지적인 대기오염 부하량이 클 것으로 생각된다.

Table 4. The Number of Vehicles in Cheju

Area	Passenger car	Bus	Truck	Miscellaneous	Total
Cheju	17,471	4,428	9,071	54	31,024
Seoguiipo	4,524	1,214	4,393	14	10,146
Bukcheju	2,617	767	3,404	2	6,792
Namcheju	2,692	533	3,524	3	6,752
Total	27,304	6,944	20,393	73	54,714

2.4 대기오염물질 배출량

앞에서 언급한 대기 오염원에서 연간 사용하는 연료량과 오염원별 배출계수를 적용하여 계산한 오염원별 대기오염물질 배출량을 Table 5에 나타냈다.

Table 5. Emission Rate of Air Pollutants in Cheju

(unit : ton/year)

Source	SO ₂	CO	HC	NO ₂	Dust	Total
Heating	3,350	3,962	362	621	589	8,884
Industry	1,428	53	11	312	85	1,889
Transportation	1,456	13,723	1,758	6,721	1,141	24,799
Power Generation	5,228	148	36	2,307	415	8,194
Total	11,522	17,886	2,167	9,961	2,230	43,766

제주도에서 연간 배출되는 대기오염물질의 총량은 43,766톤이며 이 중 이동오염원인 수송기관으로부터 배출되는 오염물질이 가장 많아 전체의 약 57%를 차지하고 있다. 특히 일산화탄소, 탄화수소, 이산화질소는 전체 발생량의 약 70% 정도가 이동오염원으로부터 발생하는 양이며, 입자상 물질도 50% 이상이 이동오염원으로부터 배출됨을 알 수 있다.¹²⁾ 그러나 아황산가스의 주요오염원은 점오염원으로 전체의 58%를 차지하며 다음으로 면오염원인 난방시설로부터 29% 정도가 발생된다. 한편 각 오염원으로부터 배출되는 오염물질량과 오염원이 위치한 지역별 분포현황을 기초로 계산한 대기오염 부하량(단위면적당의 연간 대기오염물질 배출량)의 지역별 분포도를 Fig. 5에 나타냈다.

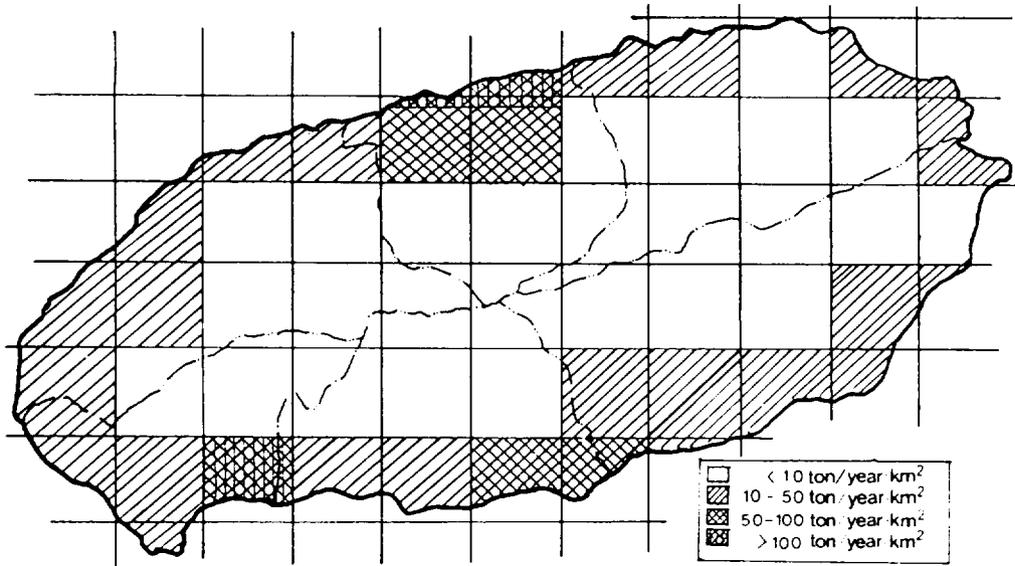


Fig. 5. Distribution Aspect of Emission Rate per Unit Area of Air Pollutants.

제주도 전체의 평균 대기오염물질 부하량은 24ton/year. km²으로써 서울과 부산등 대도시의 1,460ton/year. km², 641ton/year. km²과 비교할 때 현저히 낮은 값이다. 그러나 Fig. 5에서 보는 바와 같이 제주도내에서도 지역별 불균형이 심해 주거지역의 대부분이 위치해 있는 해안지역의 대기오염 부하량이 산간지역보다 크고 특히 대기오염원의 밀집도가 높고 대규모의 점오염원이 위치한 제주시와 서귀포시 그리고 남제주 화력발전소가 위치한 안덕면 일대의 대기오염 부하량은 50ton/year. km² 이상으로 타지역에 비해 훨씬 높게 나타났다.

3. 대기질 예측

3.1 대기오염물질 배출량 예측

앞으로의 대기질을 예측하기 위해서는 우선적으로 목표 시점에서의 대기오염물질 배출량을 예측하여야 한다. 대기오염물질 배출량은 오염원의 규모 뿐만 아니라 사용하는 연료의 종류, 배출시설의 상태 등에도 많은 영향을 받지만 정확한 평가가 곤란하여 본 연구에서는 오염원규모의 변화추세에 근거하여 배출량을 추정하였다.¹³⁾

점오염원, 면오염원, 이동오염원의 규모를 결정하는 인자를 각각 대기 배출 업소수, 인구수, 자동차 등록대수로 정하고 이들의 연도별 변화경향을 Fig. 6에 나타냈다.

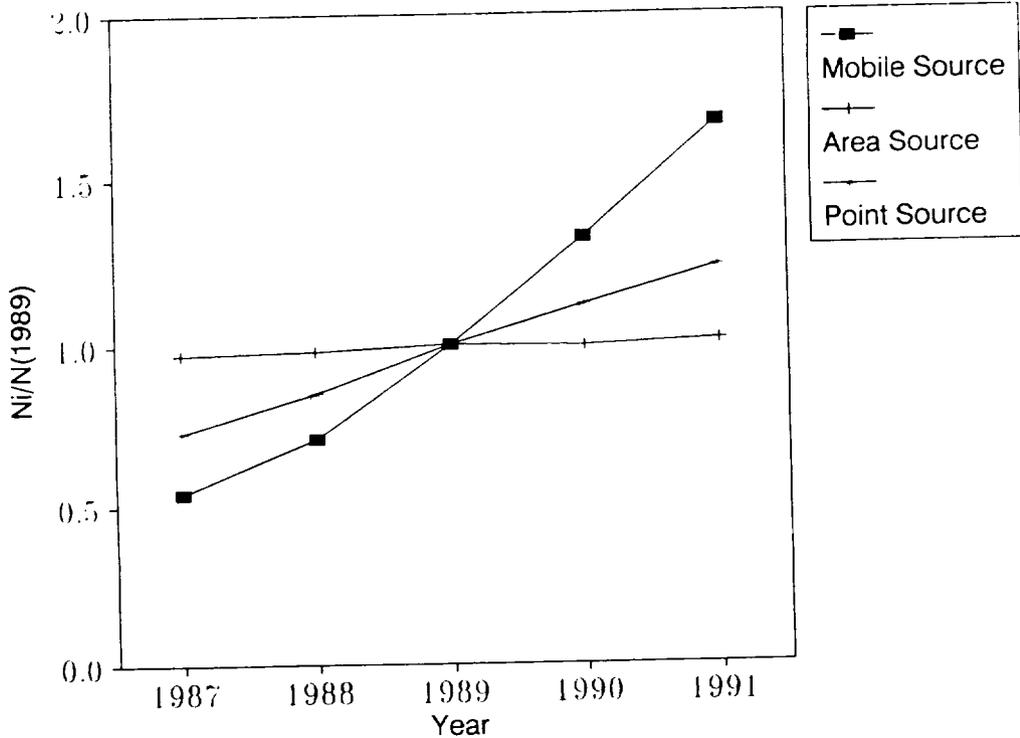


Fig. 6. Annual Trends of Variation in Number of Air Pollution Sources in Cheju.

Fig. 6은 각 연도별 오염원 결정인자의 수를 기준연도인 1989년도의 각 인자수로 나누어서 구한 값을 근거로 작성한 그래프이다. 이 그래프에서 보면 이동오염원의 증가추세가 연평균 32.4%로 가장 크고 다음으로 점오염원 수는 연평균 13.8%의 증가추세를 나타내고 있으며 면오염원의 규모는 연평균 0.94%의 증가추세를 보이고 있다. 여기서 구한 오염원 규모의 연평균 증가율과 1991년 현재의 대기오염물질 배출량 자료를 기준으

로 대기질 예측 목표연도인 2001년의 대기오염물질 배출량을 예측한 결과는 Table 6과 같다. 이때 오염원의 공간적 분포상황 및 오염물질 배출특성은 현재와 동일하다고 가정하였다. 그러나 각종 오염원에서의 연료 소비패턴의 변화와 청정연료의 공급 그리고 배출시설 개선등의 요인에 의해 대기오염물질 배출량의 증가는 이보다 훨씬 둔화될 것으로 전망된다.

Table 6. Emission Rate of Air Pollutants Predicted at the year 2001

(unit : ton/year)						
Area	SO ₂	CO	HC	NO ₂	Dust	Total
Cheju	21,599	13,956	2,700	17,408	3,261	66,980
Seoguipo	2,822	6,860	830	3,780	727	15,021
Bukcheju	3,753	12,575	1,469	7,303	1,130	26,231
Namcheju	14,774	12,167	1,478	10,597	2,072	41,088
Total	42,948	45,558	6,477	39,088	7,190	149,320

3.2 대기질 예측

장래의 대기질을 예측하기 위해 본 연구에서는 제주도의 지형적 조건을 근사적으로 고려할 수 있는 VALLEY Model을 이용하였다. VALLEY Model의 입력자료중 배출원 특성은 위에서 계산한 대기오염물질 배출량 예측치와 주요 점오염원의 대기오염물질 배출 시설자료를 기초자료로 적용하였으며 기상자료는 제주 기상대와 서귀포 기상대에서 관측한 1981년 부터 1990년까지 10년간의 예년 평균치를 이용하였다.¹⁴⁾ 그리고 예측결과는 대기질 측정자료와 1991년 Model 예측치와의 비로써 단순보정을 하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 예측한 2001년 제주지역의 대기질 예측결과를 Table 7에 나타냈다.

Table 7. Ambient Air Quality Predicted by Valley Model at the year 2001

Area	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Cheju	0.017	3.0	0.028	138
Seoguipo	0.015	2.9	0.024	117
Bukcheju	0.007	1.3	0.013	81
Namcheju	0.007	1.4	0.014	62

Table 7에 나타낸 예측결과로 볼 때 2001년의 대기질은 현재보다 다소 악화될 것으로 전망되지만 현재 적용되고 있는 대기환경기준을 초과하지는 않을 것으로 사료된다. 다만 대기오염 부하량이 큰 제주시와 서귀포시 그리고 남제주군 일부 지역에서는 현재의

환경기준치에 근접할 정도의 국지적인 대기오염 악화현상이 발생할 수도 있을 것으로 예측되었다. 그러나 이 예측결과는 Model 자체의 현지 적용성에 대한 정확한 검증단계를 거치지 않았고 또한 대기오염물질 배출량의 증가를 제외한 배출원 특성을 현재와 동일하다고 가정하여 얻어진 결과로써 보다 신뢰도 높은 예측치를 얻기 위해서는 앞으로 이에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결 론

제주지역의 대기오염 현황을 파악하고 장래의 대기질을 예측하기 위한 연구를 수행하였다. 대기질 현황은 4개 항목의 대기오염물질 농도를 직접 측정하여 파악하고 대기오염원 현황은 자료조사를 통해 오염원 분포 특성 및 오염물질 배출량을 평가 하였으며, 또한 이들 기초자료와 제주지역의 기상자료를 대기질 예측모델에 적용하여 장래의 대기질을 예측하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제주지역의 현재 대기질은 대기 환경기준에 크게 미달하는 양호한 상태로 유지되고 있으며, 과거 5년간 뚜렷한 증가추세는 보이지 않았다. 지역별로는 제주시와 서귀포시가 타지역에 비해 오염물질의 농도가 약간 높게 나타났다.
2. 대기 오염원은 지역편중이 심해 제주시 지역에 집중되어 있는 상황이었으며, 이동오염원과 점오염원의 수는 연평균 32.4%와 13.8% 정도의 큰 증가추세를 보였다.
3. 대기오염물질 중 SO₂의 주 오염원은 점오염원이며 나머지 CO, HC, NO₂, 입자상물질의 주 오염원은 자동차로써 오염물질 전체 배출량의 57%를 차지하는 것으로 조사되었다. 그러나 제주지역의 대기오염 부하량은 24ton/year.km²으로써 서울의 약 1/60정도로 적었다.
4. VALLEY Model을 이용하여 장래의 대기질을 예측한 결과 2001년에도 지역별 평균 농도는 전 항목에 걸쳐 현재의 환경기준에 미달하는 것으로 예측되었다. 다만 본 연구에서 수행한 예측과정상의 불충분한 조건이 발견되어 앞으로 이에 대한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Wark, K and C.F. Warner, "Air Pollution-Its origin and control-" Harper and Row, 2nd ed., 1-18, 1981.
- 2) 신찬기, 한진석, 김운신, 대기오염 농도와 기상인자의 관련성 연구, 한국 대기보전 학회지, Vol.8(4), 213-220, 1992.
- 3) 김해경, 대기오염 농도에 관한 동적확률 모델, 한국 대기보전 학회지, Vol.7(3), 156-168, 1991.
- 4) 김태보, 제주경제의 구조적 특성과 성장 전망, 제대논문집, Vol.31, 373~397, 1990.
- 5) APHA등, "Methods of Air Sampling and Analysis", American Public Health Assoc., 2nd ed., 527-533, 578-584, 696-703, 836-838, 1977.
- 6) 환경처, "대기오염 공정시험 방법", 동화기술, 527-540, 586-590, 593-594, 619-622, 1991.
- 7) Seinfeld, H., "Air Pollution-physical and chemical fundamentals-", Mc Graw-Hill, 297-306, 1975.
- 8) Stern, A.C., R.W. Boubel, D.B. Turner and D.L. Fox, "Fundamentals of Air Pollution", Academic Press, 2nd ed., 86-96, 1984.
- 9) 안태홍, 환경관리를 위한 컴퓨터 이용, 산업기술정보원 조사연구 보고 44호, 산업 기술 정보원, 1991.
- 10) Burt, E.W., "Valley model User's Guide", EPA-450/2-77-018, 1977.
- 11) 환경처, "환경백서", 환경처, 1991년판, 79-91, 1992.
- 12) 환경처, "대기오염물질 배출량('91)", 환경처, 1992.
- 13) Benarie, M.M., "Urban Air Pollution Modelling", MIT Press, 1st ed., 5-25, 1980.
- 14) 기상청, "기상연보", 기상청, 1981~1990.