

春川地域의 大氣中 SO₂ 및 TSP濃度에 관한 調査研究

全 商 一 · 白 南 園

서울大學校 保健大學院

A Study on Atmospheric Concentrations of SO₂ and TSP in Chuncheon Area

Sang Il Jun · Nam Won Paik

School of Public Health, Seoul National University

ABSTRACT

The atmospheric concentrations of Sulfur Dioxide and Total Suspended Particulates were measured in Chuncheon and Wonju from August 5 to October 20, 1989.

The results of the study are as follows.

1. The atmospheric concentrations of SO₂ were 0.014 ppm and 0.030 ppm in Chuncheon and Wonju, respectively. The highest concentration was 0.044ppm in the commercial area of Wonju city.

2. The variation of SO₂ concentration by time of the day showed a tendency that levels in the morning and evening were higher than those in the afternoon.

Temperature inversion was observed at dawn.

The highest concentration, 0.055ppm, was recorded at Hupyung Industrial Complex in the afternoon.

3. The TSP levels by sampling locations were as follows.

Hupyung Industrial Complex indicated 257 μg/m³, Hupyungdong 94 μg/m³, Chungangro 145 μg/m³, Saambat 60 μg/m³ in Chuncheon, and Wonju Industrial Complex 130 μg/m³, Jungangdong 147 μg/m³, Gaewoondong 107 μg/m³ in Wonju.

4. The TSP concentration by sampling time showed that the highest was at the time of 08:00~16:00, the lowest at 00:00~08:00.

5. The SO₂ concentrations under foggy condition were lower than those under no fog.

I. 緒 論

春川地域에는 春川댐(1965年 2月 竣工), 衣岩댐(1967年 7月 竣工), 昭陽댐(1973年 7月 竣工)등 3개의 댐이 建設되었으며, 댐 建設로 인한 人工湖水는 이 지역의 水分 및 熱收支의 變化를 가져와 物理的 環境變化를 초래하였다. 특히 昭陽댐이 建設된 이후로는 안개 日數의 뚜렷한 增加 현상이 일어났다는 보고가 있었으며¹⁾ 근년에 오면서 주민들은 呼吸器系 疾患을 호소하기 시작하였다.

大氣汚染 物質中 亞黃酸가스(SO_2)는 氣管支炎이나 肺氣腫 같은 呼吸器系 疾患을 유발하거나 악화시키는 것으로 알려져 있다.²⁾

SO_2 는 石炭이나 重油中에 불순물로 함유되어 있는 黃성분의 燃燒로 생성되는 가스상물질로 常溫에서 無色の 심한 刺戟性을 가지며, 水溶性이 매우 높아 呼吸時 水분이 존재하는 鼻腔이나 上氣道에 흡수된다.³⁾ 한편 수분에 의해서 생성된 黃酸(H_2SO_4)은 대기중의 암모니아(NH_3)와 반응하여 亞黃酸鹽(NH_4HSO_4)을 생성하며, 이렇게 생성된鹽은 대기중의 總粉塵 농도와 酸性雨에 영향을 준다.

大氣中の 浮遊粉塵은 공기중에 오래 머물 수 있고, 그 크기가 아주 작아서($10\mu m$ 이하) 呼吸氣道 내로 깊숙히 침투할 수 있으며, 공기중의 다른 오염원과 反應하여 그 물질을 더욱 강력한 汚染源으로 만들수 있기 때문에 중요하게 여겨진다.⁴⁾

SO_2 는 濃도와 露出時間에 따라 그 자체로도 인체에 피해를 주지만 대기중의 粒子物質과 동시에 露出되었을 경우에는 粒子物質에 흡착되어 폐속 깊숙히 침투할 수 있게 되어 피해를 가중시킨다고 알려져 있으며⁵⁾ 실제로 氣道下部의 감염은 상기도의 감염과 비교해 볼때 大氣汚染과 관련성이 높은 것으로 보고 되었다.⁶⁾

본 調査에서는 粒子物質로서 總粉塵(total suspended particulates, TSP)을 重量法에 의하여 그 농도를 측정하였고, SO_2 와 TSP를 동일한 지역에서 동시에 측정함으로써 이들 상호간의 상승작용(synergism)의 가능성을 살펴보았다. 本 調査研究의 目的은 物理的 環境變化가 초래된 春川地域에서의 대기중 SO_2 및 TSP 농도를 測定評價 함으

로써 이 지역 주민의 健康保護를 위한 對策을 세우는데 필요한 기초 자료를 제공함에 있다.

II. 調査對象 및 方法

1. 調査期間 및 調査地域

調査期間은 1989年 8月 5日~10月 20日 까지였으며, 調査對象地域은 春川과 原州의 工業團地, 中心街 商業地域, 住宅街, 外廓地域 등이었고 原州에서는 外廓地域이 제외되었다. 조사지역은 춘천에서는 후평동 공업단지, 후평동 주택가, 중앙로 상업지역, 윗샘밭 외곽지역이었고, 원주에서는 우산동 공업단지, 중앙동 상업지역, 개운동 주택가 등이었다.

2. 試料捕集 및 分析方法

1) SO_2

우리나라 環境汚染 公定試驗法(大氣分野)이면서⁷⁾ 美國의 環境保護廳(Environmental Protection Agency, EPA)의 公定試驗法인 파라로자닐린(pararosaniline)法^{8,9)}에 따라 실시 하였다.

試料捕集은 個人用 試料捕集펌프(Gilian Model, HFS 113A)에 吸收液(potassium tetrachloromercurate, TCM)을 10 ml 담은 midget impinger를 연결하여 펌프의 流量을 0.8~1.0 Lpm으로 40~90分 동안 포집하였다. 포집한 試料는 실험실에서 前處理를 거친뒤 spectrophotometer(Beckman Du 70)를 사용하여 파장 548nm에서 吸光度를 측정하고 檢量線에 의해 試料中の SO_2 농도를 구한 후 대기중의 농도로 환산하였다.

時間別 濃度는 하루를 네 개의 시간대(04:00~08:00, 09:00~12:00, 13:00~16:00, 17:00~20:00)로 나누고 각 시간대의 정해진 時刻에서 측정 한 농도를 평균하여 구했으며, 24時間 濃度는 春川의 네 지역에서 각각 하루를 선택하여 04:00~24:00 시간까지 2시간 간격으로 측정하였다.

한편, 안개와 관련해서는 안개가 끼었을 때와 끼지 않았을 때의 농도를 동일한 시간대를 기준으로 하여 비교하였다.

2) 總粉塵(total suspended particulates, TSP)

TSP의 농도는 重量分析法에 의하여 계산하였고, 實驗方法의 개요는 다음과 같다.

37mm glass fiber filter를 담은 three-piece cassette를 試料捕集펌프(Gilian Model, HFS 113A)와 연결하여 流量 2.5~3.0 Lpm으로 400~480分 동안 공기를 포집한 후, 사용한 filter를 건조기에서 24時間 동안 보관한 뒤에 天秤(Sartorius 200R)을 사용하여 filter의 무게를 재고, 여기에서 공기를 포집하기전 filter의 무게를 빼준뒤 空試料(blank)로 補正하고, 포집한 총 공기량으로 나누어 농도를 구하였다.

III. 調査結果 및 考察

1. 계절별 SO₂ 및 TSP 濃度

현재까지 알려진 연구결과에 의하면 공기중의 粉塵, 粒子狀物質 등은 正規分布보다 對數正規分布를 한다고 알려져 있다.^{4,5,10,11)} 본 조사에서 얻어진 SO₂와 粉塵의 濃度도, 대수정규분포를 하고 있어 代表값으로 幾何平均(geometric mean, GM)과 散布度로서 幾何標準偏差(geometric standard deviation, GSD)를 각각 구하였다. 幾何平均값은 對數確率紙의 分布에서 50% 確率에 해당하는 농도치로서 算術平均 값보다 약간 낮은 값을 갖는 것으로 알려져 있으며, 幾何標準偏差는 다음과 같이 계산하였다.^{12,13)}

$$\text{幾何標準偏差} = \frac{\text{對數正規分布의 84\% 確率에 해당하는 濃度값}}{\text{對數正規分布의 50\% 確率에 해당하는 濃度값}}$$

季節別 大氣中 SO₂ 농도는 Table 1에 나타나 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 SO₂의 경우엔 春川과 原州 모두 여름철보다는 가을철에 농도가 높게 나타났으나, 粉塵의 경우에는 季節別로 큰 차이가 없었다. 본 조사에서 얻은 결과에 의하면 氣溫이 높은 여름철에는 SO₂의 농도가 낮게 나타났는데, 여기에서 SO₂의 농도에 영향을 미치는 여러 氣象要素中 溫度가 큰 작용을 한다는 사실이 입증되었으며, SO₂의 濃度와 溫度사이에는 逆相關을 한다는 사실과도 일치하였다.^{16,17)}

이러한 현상은 溫度의 영향 외에도 날씨가 더운 여름철보다는 가을철에 無煙炭과 같은 연료의 사

용이 증가하므로 가을철의 농도가 더 높은 것으로 생각되었다. 한편 Linn 등에 의하면 SO₂의 농도가 증가하고 기온이 낮아지게 되면 통계적으로 유의하게 호흡기계 증상과 기도저항이 증가한다는 보고도 있었다.¹⁸⁾

2. 大氣中 SO₂ 濃度

1) 地域別 大氣中 SO₂ 濃度

調査結果는 Table 2에 나타나 있다. 春川地域과

Table 1. Seasonal variation of concentrations of SO₂ and TSP

	GM* in Summer	GM in Autumn
CHUNCHEON :		
SO ₂ (ppm)	0.009	0.020
TSP(μg/m ³)	122	124
WONJU :		
SO ₂ (ppm)	0.015	0.043
TSP(μg/m ³)	129	128

*GM-Geometric mean.

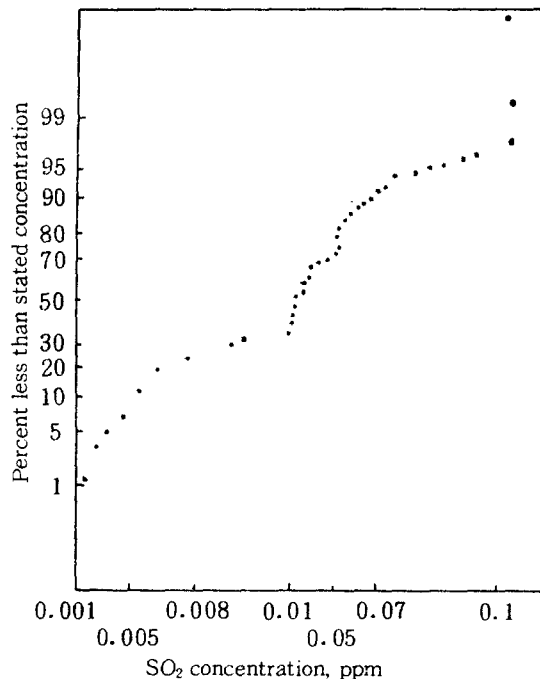


Fig. 1. Cumulative distribution of atmospheric SO₂ concentration.

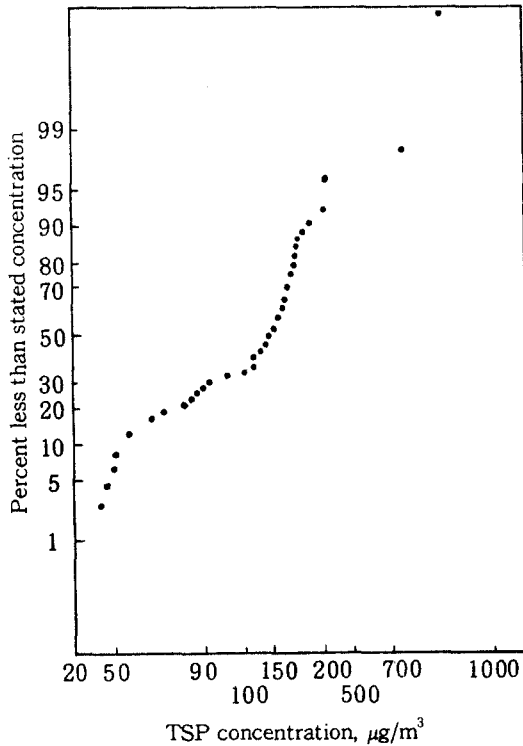


Fig. 2. Cumulative distribution of atmospheric TSP concentration.

原州地域의 전체 농도를 비교해 보면, 春川이 0.014ppm으로 原州의 0.030ppm보다 낮은 값을 보였으며($p < 0.01$), 이것은 動力資源部 자료의 같은 시기 (1989년 1~10월)의 原州의 無煙炭 消費量 (143천톤)이 春川의 無煙炭 消費量 (112천톤)보다 많다는 사실과도 관련이 있을 것으로 생각되었다. 測定地域中 가장 높은 농도를 보인 곳은 春川과 原州에서 모두 中心街 商業地域으로 각각 0.026 ppm과 0.044ppm을 나타냈다. 한편 단일 농도로 가장 높은 수치를 보인 곳은 春川의 後坪工團地域으로 0.161ppm을 나타내었으며, 이 농도는 工團內 鑛物工場이 燃料를 燃燒하고 있을 때에 얻어진 값으로 공장으로부터의 燃料燃燒가 농도를 높이는 데 크게 기여했을 것으로 생각되었다.

後坪洞 工業團地에 비해서 後坪洞 住宅街는 아주 낮은 값을 보였는데, 이처럼 공업단지의 농도가 높은 것은 工業團地 내에 市內버스 終點이 자리잡고 있어 이곳을 지나가는 많은 車輛에서 나오는 배기가스와 鑛物工場에서의 黃성분이 포함된 燃料燃燒에 기인한 것으로 생각되었고, 또 한편으로는 주물공장에서 나오는 연기가 멀리 확산되지 못하고 가까운 주변에 주로 퍼지고 있음을 암시하는 것이라고도 볼 수 있다. 그러나, 後坪工團에는 鑛物工場 外에 대기중 SO_2 농도에 영향을 줄 만한

Table 2. Atmospheric SO_2 concentrations by sampling location in Chuncheon and Wonju area

Location	No. of samples	SO_2 concentration		
		GM(ppm)	GSD **	Range(ppm)
CHUNCHEON :				
Industrial complex	26	0.022	2.70	0.005~0.161
Hupyung-dong	26	0.005	1.60	0.002~0.011
Chungangro A*	15	0.026	2.29	0.008~0.077
Chungangro B*	15	0.024	2.26	0.007~0.068
Saambat A	11	0.012	1.83	0.005~0.029
Saambat B	11	0.015	1.76	0.006~0.027
Subtotal	104	0.014	2.61	0.002~0.161
WONJU :				
Industrial complex	24	0.026	2.10	0.006~0.074
Jungang-dong	17	0.044	2.10	0.010~0.102
Gaewoon-dong	18	0.026	2.05	0.007~0.059
Subtotal	59	0.030	2.14	0.006~0.102

* A,B denotes the two places in one sampling location.

**GSD-Geometric Standard Deviation.

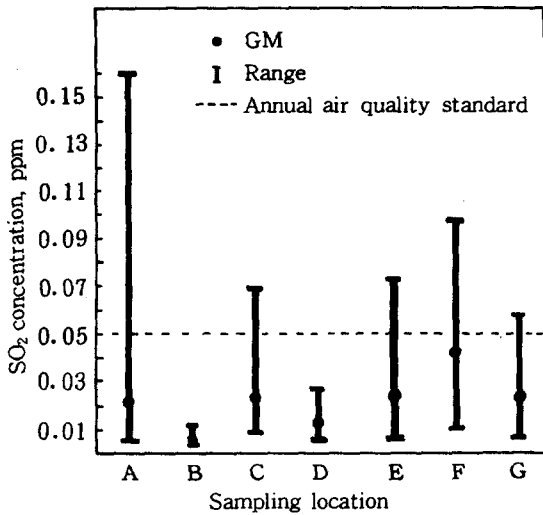


Fig. 3. Atmospheric SO₂ concentrations by sampling location.

《CHUNCHEON》

- A : Industrial complex
- B : Hupyung-dong residential area
- C : Chungangro commercial area
- D : Saambat suburbs

《WONJU》

- E : Industrial complex
- F : Jungang-dong commercial area
- G : Gaewoon-dong residential area

곳을 찾을 수 없다.

春川과 原州의 工團地域 사이의 농도차이는 통계적으로 有意하지 않았고(p>0.1), 後坪洞 住宅街가 原州의 開運洞 住宅街보다 낮은 농도를 보였다(p<0.05).

2) 各 地域의 時間別 大氣中 SO₂ 濃度

Table 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 午前에 높았다가 午後에 낮아지고 다시 저녁때 增加하는 경향을 보였으며, 새벽시간에는 특별한 汚染源이 존재하지 않는다고 여겨지는데도 午前 시간대의 농도와 큰 차이가 나지 않았는데 이것은 새벽에 氣溫逆轉으로 인하여 汚染物이 擴散되지 못하고 쌓이는 現象을 반영한 것이라 볼 수 있다.

逆轉現象이 일어나면 粒子物質과 가스의 濃도가 평상시 수준을 수십배까지 초과할 수 있다는 사실은 일련의 大氣汚染事件에서 입증된 바 있다.^{3,15)}

가장 높은 농도를 보인 곳은 後坪工團地域의 午後時間이었는데, 본 조사 기간중에는 이 시간대에서 鑛物工場의 燃料燃燒가 많았기 때문인 것으로 여겨진다. 이곳의 농도 0.055ppm은 다른 시간대의 농도보다 有意하게 높았으며(p<0.05), 原州의 牛山工團에서는 午前에 가장 높은 농도를 나타내

Table 3. Atmospheric SO₂ concentrations by sampling location and time in Chuncheon and Wonju area

Location	GM* of SO ₂ concentrations(ppm)			
	04:00~08:00	09:00~12:00	13:00~16:00	17:00~20:00
CHUNCHEON :				
Industrial complex	0.014	0.019	0.055	0.011
Hupyung-dong	0.007	0.005	0.004	0.006
Chungangro A**	0.026	0.032	0.024	0.023
Chungangro B**	0.021	0.032	0.029	0.018
Saambat A	0.015	0.010	0.008	0.018
Saambat B	0.019	0.013	0.008	0.020
No. of samples	15	33	25	31
WONJU :				
Industrial complex	0.016	0.041	0.027	0.033
Jungang-dong	-	0.046	0.033	0.048
Gaewoon-dong	0.008	0.019	0.026	0.050
No. of samples	4	15	16	24

*GM-Geometric mean.

** A,B denotes two places in one sampling location.

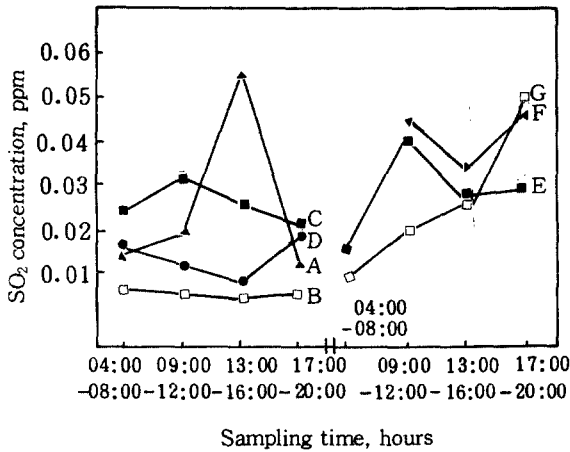


Fig. 4. Atmospheric SO₂ concentrations by sampling time.

〈CHUNCHEON〉

- A : Industrial complex
- B : Hupyung-dong residential area
- C : Chungangro commercial area
- D : Saambat suburbs

〈WONJU〉

- E : Industrial complex
- F : Jungang-dong commercial area
- G : Gaewoon-dong residential area

었는데, 이곳에서는 이 시간에 공장들이 가장 활발하게 움직이고 있을 때였다.

春川과 原州의 商業地域에서는 午前의 出勤時間에서 농도가 가장 높았다.

3) SO₂ 濃度の 日變化

Fig. 5는 春川의 各 地域에서 하루동안의 大氣中 SO₂ 濃度變化를 04:00~24:00時間까지 2시간 間隔으로 측정된 것을 그림으로 나타낸 것이다.

대체로 午前에 높았다가 午後에 낮아지고 저녁 때 다시 增加하는 경향을 나타냈으며, 새벽시간에는 氣溫逆轉에 의한 汚染物質의 集積現象을 보였다.

3. 大氣中 TSP 濃度

1) 地域別 大氣中 TSP 濃度

Table 4와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 原州地域의 大氣中 TSP 濃度は 128 μg/m³로 春川의 123 μg/m³과 비슷한 값이었다. 春川에서 가장 높은 濃도를 보인 곳은 後坪工團地域이었는데, 이 곳에는 시내버스 終點이 들어서 있어 車輛의 通行이 아

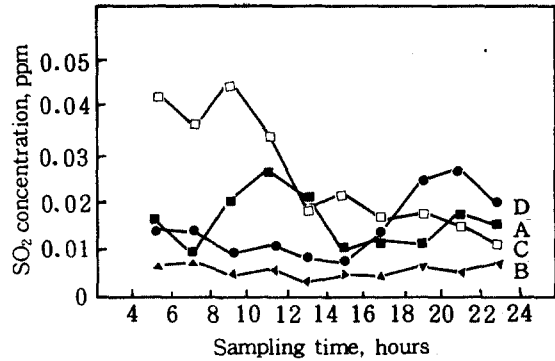


Fig. 5. Diurnal variation of SO₂ concentrations in Chuncheon area.

- (■ A : Industrial complex Oct. 5)
- (▲ B : Hupyung-dong residential area Oct. 8)
- (□ C : Chungangro commercial area Oct. 10)
- (● D : Saambat suburbs Oct. 17)

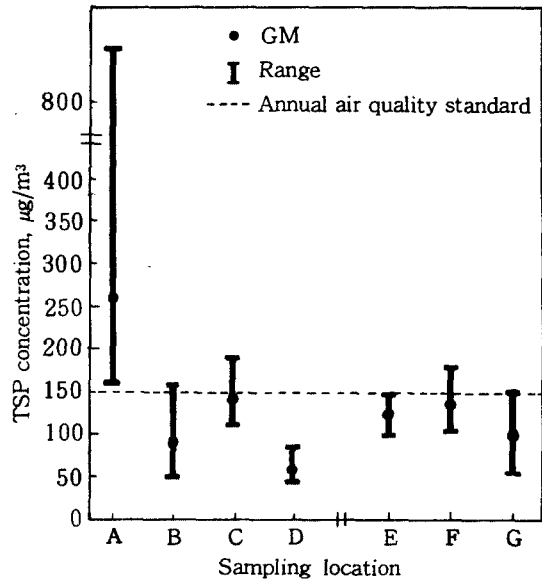


Fig. 6. Atmospheric TSP concentrations by sampling location.

〈CHUNCHEON〉

- A : Industrial complex
- B : Hupyung-dong residential area
- C : Chungangro commercial area
- D : Saambat suburbs

〈WONJU〉

- E : Industrial complex
- F : Jungang-dong commercial area
- G : Gaewoon-dong residential area

주 빈번한 곳이며 도로의 양쪽 가장자리는 鋪裝이 되어 있지 않아서 車輛이 통과할 때마다 흙 먼지의 발생이 심한 곳이었다.

後坪工團地域의 TSP 濃度는 다른 지역과 統計的으로 有意한 차이를 보였다($p < 0.05$).

原州에서 가장 높은 농도를 보인 곳은 中央洞 商業地域이었으며 原州에서는 場所別 TSP 농도 차이가 有意하지 않았다($p > 0.1$).

2) 各 地域의 時間別 TSP 濃度

調査結果는 Table 5와 Fig. 7에 나타나 있다.

時間別 趨勢를 보면 08:00~16:00 時間 사이의 濃度가 가장 높았고, 00:00~08:00 시간에 가장 낮았다.

春川에서는 後坪工團地域의 08:00~16:00 시간대가 $395 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 수치를 보였는데, 이 시간 동안은 車輛의 통행이 가장 많은 때였으며, 이 농도는 다른 시간대의 濃度와 有意한 차이가 나는 값이었다($p < 0.05$).

原州에서는 中央洞 商業地域이 $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았다.

Table 4. Atmospheric TSP concentrations by sampling location in Chuncheon and Wonju area

Location	No. of samples	TSP concentrations		
		GM* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GSD**	Range ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CHUNCHEON :				
Industrial complex	9	257	1.91	156~869
Hupyung-dong	8	94	1.43	47~161
Chungangro	8	145	1.21	109~190
Saambat A	8	60	1.29	45~84
Subtotal	33	123	1.97	45~869
WONJU :				
Industrial complex	7	130	1.19	100~150
Jungang-dong	6	147	1.21	107~172
Gaewoon-dong	5	107	1.48	60~152
Subtotal	18	128	1.31	60~172

*GM-Geometric mean

**GSD-Geometric standard deviation

Table 5. Atmospheric TSP concentrations by sampling location and time in Chuncheon and Wonju area

Location	GM* of TSP concentrations($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	00:00~08:00	08:00~16:00	16:00~24:00
CHUNCHEON :			
Industrial complex	190	395	172
Hupyung-dong	64	114	93
Chungangro	146	141	148
Saambat	57	69	48
No. of samples	10	14	9
WONJU :			
Industrial complex	104	147	140
Jungang-dong	117	168	163
Gaewoon-dong	72	136	146
No. of samples	6	6	6

*GM-Geometric mean

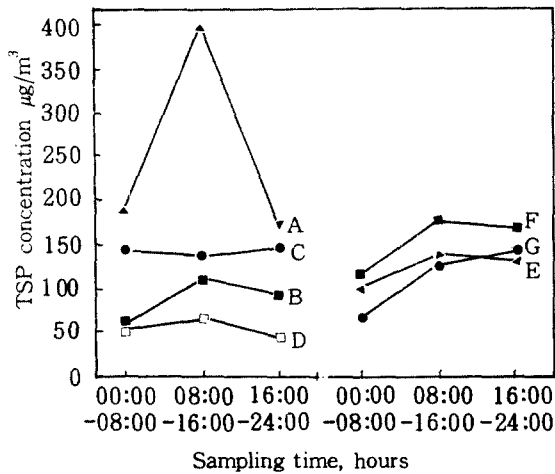


Fig. 7. Atmospheric TSP concentrations by sampling time.

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 〈CHUNCHEON〉 | 〈WONJU〉 |
| A: Industrial complex | E: Industrial complex |
| B: Hupyung-dong residential area | F: Jungang-dong commercial area |
| C: Chungangro commercial area | G: Gaewoon-dong residential area |
| D: Saambat suburbs | |

4. 國內外 大氣 環境基準과의 比較

Table 6에서는 우리나라와 美國, 그리고 世界保健機構(World Health Organization, WHO)의 SO₂와 TSP에 대한 環境濃度基準을 나타낸 것이다. 우리나라의 基準이 美國이나 世界保健機構의 그것과 比較해서 덜 엄격했으며 본 조사에서 나타난 결과를 보면 SO₂의 平均濃度가 우리나라의 年間 및 24時間 環境基準을 초과하는 곳은 없었으나, 美國의 年間 環境基準濃度를 초과하는 곳은 原州의 중앙동 상업지역 한 곳이었다.

그리고 春川의 後坪工團과 中央路 및 原州의 모든 측정지점에서 얻은 몇 개의 試料는 우리나라의 年間環境基準 0.05ppm을 초과하는 것이 여러 개 있었다.

한편 Higgins등은 SO₂濃度가 0.055ppm보다 낮은 값이었지만 TSP濃度가 180 µg/m³이었을 때 호흡기에 영향이 나타났고, TSP濃度가 131 µg/m³ 이하가 되었을때 호흡기 疾病이 줄어들었다고 報告하였다.^{14,15)}

그리고, 1966年 日本에서의 한 研究에 의하면 SO₂濃度가 0.01ppm, TSP濃度가 106~341 µg/m³이었을 때 男子 40~50歲群의 2.8~3.7%가 호흡기 질환을 보였고, 東京에서는 SO₂濃度가 0.05ppm, TSP濃度가 200 µg/m³以上일때 40~59歲 男子의 6.7%, 女子의 3.9%가 長期 氣管支炎 현상을 보였다고 한다.³⁾

Gore와 Shaddick은 smoke의 24時間 平均濃度가 2.0mg/m³을 超過하고, 同時에 SO₂의 24時間 平均濃度가 0.4ppm을 超過할 경우에 死亡率의 增加가 있었다고 結論지었다.²⁰⁾

本 研究의 結果에서는 SO₂濃度가 높은 곳에서 TSP 농도도 높게 나타났는데, 특히 春川의 後坪工團의 경우 工業團地 內를 통과하는 많은 車輛에 의한 粉塵발생과, 鑄物工場이 燃料를 燃燒할 때, 농도가 높이 올라가 兩者間의 相乘作用을 일으킬 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 따라서, 工團 內의 道路中 鋪裝이 되어 있지 않은 양쪽 가장자리도 완전히 鋪裝을 하는 것이 이 地域의 粉塵 발생을 줄일 수 있는 效果的인 방법이라고 생각되었다.

5. 안개와 SO₂濃度

Table 7은 본 조사에서 얻은 SO₂濃度和 氣象要素 間의 相關係數를 나타낸 것이고, Table 8은 안개가 끼었을 때의 濃度和 안개가 끼지 않았을 때의 濃度を 같은 시간대를 基準으로 하여 比較한 것이다.

본 조사기간 동안에는 안개가 끼는 현상이 뚜렷하지 않았고 또한 안개가 끼는 날도 적어서 分析

Table 6. Comparison of three air quality standards on SO₂ and TSP

Pollutants		KOREA	USA	WHO
TSP	Annual mean	150	75	90
	(µg/m ³) 24 hr. mean	300*	260	230
SO ₂	Annual mean	0.050	0.030	0.022
	(ppm) 24 hr. mean	0.150*	0.140	0.056

* Exceeding this level more than three times a year is prohibited.

Source: Vaun A. Newill "Air quality standards" Air pollution 3rd Ed, Vol. 5, 1977.

Table 7. Correlations between SO₂ concentration and meteorological elements

	Temperature	Humidity	Pressure	Fog
SO ₂ Concentration	-0.3353**	-0.0898	0.1083	-0.1959*

*1-tailed significant: *p<0.01 **p<0.001

Table 8. SO₂ concentrations during the presence of fog in Chuncheon

Sampling location	Time	No. of samples	SO ₂ concentration, ppm	
			Foggy	No Foggy
Hupyung				
Industrial complex	04:00~08:00	3	0.011	0.014
Chungangro				
Commercial area	04:00~08:00	2	0.009	0.055
	08:00~12:00	2	0.038	0.030
Saambat Suburbs	20:00~24:00	2	0.011	0.030
	04:00~08:00	1	0.008	0.021

에 충분한 자료를 얻을 수 없었다.

이번 조사결과에서는 SO₂ 농도가 氣溫, 濕度, 안개와 逆相關을 하는 것으로 나타났으며, 中央路의 08:00~12:00時間帶를 제외하면 안개가 끼지 않았을 때의 농도가 안개가 발생했을 경우의 농도보다 높은 것으로 나타났다.

안개는 大氣中에 水蒸氣와 凝結核이 많이 있고 바람이 약하며 地表와 空氣間의 溫度差가 클 때 많이 발생한다.¹⁹⁾ 또한 안개는 一次 汚染物質이 二次 汚染物質로 되는 것을 촉진시키고, 太陽이 地表面을 따뜻하게 하여 逆轉層을 파괴하는 것을 방해하여 大氣汚染 상태를 더욱 長期間으로 몰고 간다.²¹⁾

Patricia 등에 의하면 안개가 끼었을 때 sulfate와 nitrate의 濃度는 비나 눈이 올 때보다 더 높았고, pH도 더 낮게 나타났다고 한다.²²⁾ 그리고, 같은 濃度에서도 濕度가 적은 경우 障害가 적지만 微粒子 및 黃酸 等の 吸入性 物質이 혼재하여 있을 경우는 障害가 增加한다고 한다.²³⁾ 따라서 大氣汚染에서 안개가 끼었을 경우에는 그 피해가 커지며, 특히 氣溫逆轉 현상과 안개가 동시에 발생했을 때는 汚染物의 濃度가 급격히 증가하여 엄청난 人命被害를 준다는 사실은 명확하지만, 안개 그 자체가 汚染物의 濃度를 높이는 지는 확실하지 않다.

본 연구에서는 안개가 끼었을 경우의 SO₂ 농도

가 그렇지 않을 때보다 낮게 나타났는데, 이것은 Table 7에서 나타난 안개와 SO₂ 농도가 逆相關의 관계를 보인 것을 반영하는 것이었으며, 이러한 결과가 안개에 의한 농도 低下인지 아니면 본 조사기간 동안에 안개가 끼었을 당시의 SO₂ 절대농도가 안개가 끼지 않았을 때의 농도보다 낮았기 때문인지는 명확하지 않은데, 일반적으로 氣溫逆轉 현상이 長時間 계속되면 SO₂ 농도는 높아지지만 본 실험기간 동안에는 이러한 氣象狀態를 보인 적이 없었기 때문에 안개와 SO₂ 농도 사이의 관계를 밝히기 위해서는 더욱 많은 研究가 필요하다고 생각된다.

Table 9에는 春川과 原州 두 地域의 年間 안개 일수와 大氣中 年平均 SO₂ 농도를 나타낸 것이다. 表에서 보는 바와 같이 春川地域에는 특히 1973년에 昭陽댐이 建設된 以後 年間 안개일수가 1981년까지 급격히 增加하는 양상을 보이다가 그 이후로는 점차 減少하는 추세를 보이고 있으며, 1980~1988年 사이의 年間 안개일수를 原州地域의 것과 比較해 보면, 댐이 한 곳도 없는 原州가 58.0日로 春川의 51.3日보다 오히려 높게 나타남으로써, 近年에 오면서 春川地域에 새로운 氣象變化가 일어나고 있음을 암시하였다.

한편 大氣中 年平均 SO₂ 농도를 보면 1980~1988年 사이에 年間 環境基準 0.05ppm을 超過한 해는 한번도 없어서, 일단 長期間 暴露水準에서는

Table 9. Trends of fog frequency and atmospheric SO₂ concentrations

Year	Chuncheon		Wonju	
	Fog Frequency (days)	SO ₂ level (ppm)	Fog frequency (days)	SO ₂ level (ppm)
1960~64	28.7*	—	—	—
1965	Chuncheon dam constructed	—	—	—
1967	Uiam dam constructed	—	—	—
1969~73	38.6*	—	—	—
1973	Soyang dam constructed	—	—	—
1974~79	78.0*	—	—	—
1980	72	0.029	63	—
1981	82	0.025	71	0.024
1982	48	0.030	67	0.035
1983	38	0.033	47	0.039
1984	30	0.035	64	0.042
1985	46	0.035	54	0.047
1986	48	0.029	68	0.040
1987	61	0.031	51	0.031
1988	37	0.038	37	0.021

Source: Foggy days-annual meteorological report (Chungang meteorological observatory)

SO₂ concentration-national environment protection long-term project, Report on air pollution (Environmental administration of Korea)

* Annual mean foggy days each year.

만족할 만한 결과를 보였다고 할 수 있겠지만, SO₂는 刺戟性이 강한 물질이므로 特定期間에 高濃度로 반복되어 暴露되면 呼吸器系 疾患을 誘發할 수도 있으므로, 이와 같은 곳에서는 이에 대한 대책을 세워야 할 것이다.

IV. 結 論

본 調査研究에서는 春川의 後坪洞 工業團地, 後坪洞 住宅街, 中央路 中心街, 윗샘밭 外廓地域 等 네 곳과 原州의 牛山洞 工業團地, 中央洞 中心街, 開運洞 住宅街 等 세 곳을 對象으로, 1989年 8月 5日~10月 20日 까지 大氣汚染의 중요한 指標가 되고 있는 大氣中 SO₂와 TSP의 濃度를 地域別, 時間別로 나누어 測定하였으며 그 結果는 다음과 같다.

1. 地域別 大氣中 SO₂ 濃度

春川에서는 中央路 商業地域, 後坪洞 工業團地, 윗샘밭, 後坪洞 住宅街의 順으로 濃度가 높게 나

타났다. 原州에서는 中心街 商業地域이 평균 0.044ppm으로 가장 높게 나타났고, 전체 原州地域의 平均濃度는 0.030ppm으로 春川의 平均 0.014 ppm 보다 높게 나타났다.

2. 時間別 大氣中 SO₂ 濃度

대체로 午前에 높았다가 午後에 낮아지고 저녁 때 다시 增加하는 경향을 보였으며, 새벽시간에는 뚜렷한 汚染源이 없는데도 불구하고 높은 濃度를 보임으로써, 氣溫逆轉에 의한 汚染物質의 集積現象이 일어나고 있음을 暗示하였다.

單一濃度로 가장 높은 數値를 보인 곳은 後坪工業團의 鑄物工場 周邊으로 最高 0.161ppm까지 올라갔다.

3. 地域別 大氣中 TSP 濃度

春川에서는 後坪洞 工業團地에서 平均 257 μg/m³로 가장 높은 濃度를 나타냈고, 原州에서는 中央洞 商業地域이 平均 147 μg/m³으로 가장 높았다. 原州地域 전체의 TSP 平均濃度는 128 μg/m³으로

春川地域의 平均 $123\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비슷한 값을 나타냈다.

4. 時間別 大氣中 TSP 濃度

대체로 새벽시간에는 농도가 낮고, 사람들이 주로 활동하는 시기인 08:00~16:00 시간에 가장 높았다가, 저녁때 다시 감소하는 傾向을 나타내었다.

春川에서 가장 높은 농도를 보인 곳은 後坪工團地域의 08:00~16:00 시간으로 平均 $395\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었는데, 이 값은 우리나라의 年間 環境基準과 24時間 環境基準을 모두 超過하는 數值였다. 原州에서는 中央洞 상업지역의 08:00~16:00 시간이 平均 $168\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 最高 濃度를 나타내었다.

5. 안개와 大氣中 SO_2 濃度

안개가 끼었을 때의 大氣中 SO_2 濃도가 안개가 끼지 않았을 때의 濃도보다 낮게 나타났는데, 이것은 안개에 기인한 結果인지 명확하지 않으며, 안개와 SO_2 농도사이의 관계를 밝히기 위해서는 더욱 많은 研究가 行해져야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) 이종범, 춘천지방의 인공호에 의한 안개 및 운량의 변화, 한국기상학회지, 17(1):18~26, 1981.
- 2) Revelle P., Charles Revelle, The Environment, 2nd Ed., 395~401, Whillard Grant Press, 1984.
- 3) World Health Organization(WHO), Environmental Health Criteria 8, Sulfur Oxide and Particulate Matter, WHO, 1979.
- 4) Moore, J.W., E.A. Moore, Environmental Chemistry, Academic Press, Inc., 208~211, 1976.
- 5) Stern, A.C., R.W. Boubel, D.W. Turner, D.L. Fux. Fundamentals of Air Pollution, Academic Press, Inc., 2nd Edition, 1984.
- 6) Ayres, S.M. Patient Advice during Acute Air Pollution Episode, Arch. Environ. Health, 22: 591~593, 1971.
- 7) 환경청, 환경오염공정시험법, 환경청, 373~386, 1986.
- 8) Scaringell, F.P., B.E.Saltzman, S.A. Fray, Spectrophotometric Determination of Atmospheric Sulfur Dioxide, Anal. Chem., Vol. 39: 14, 1709~1719, 1967.
- 9) American Public Health Association (APHA) Intersociety Committee. Methods of Air Sampling and Analysis, Interdisciplinary Books and Periodicals, APHA, 2nd Edition, 696~703, 1977.
- 10) American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Air Sampling Instruments, 5th Edition, part 1, ACGIH, 1983.
- 11) Breslin, A.J., L. Ong, H. Glauberman, A.C. George, P. LeClare. The Accuracy of Dust Exposure Estimates Obtained from Conventional Air Sampling, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 28: 56~61, 1967.
- 12) Paik, N. W., R.J. Walcott, P.A.Brogan, Worker Exposure to Asbestos During Removal of Sprayed Material and Renovation Activity in Buildings Containing Sprayed Material, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44: 428~432, 1983.
- 13) Soule, R.D. Industrial Hygiene Sampling and Analysis, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vol. 1, 3rd Edition, 707~770, John Wiley and Sons, Inc., 1978.
- 14) Higgins, I. T. T., Effects of Sulfur Oxides and Particulates on Helath, Arch Environ Health, 22: 584~589, 1971.
- 15) Ferris, B. G., Jr. I. T. T. Higgins, M. W. Higgins, J. M. Peters. Chronic Non-specific Respiratory Disease in Berlin, New Hampshire. 1961~1967. A follow-up study, Am. Rev. Respir. Dis., 107: 110~122, 1973.
- 16) 권숙표·정용·장재연·박영미, 대기오염에 영향을 미치는 기후 요소 분석-서울시 신촌지역의 아황산가스 오염도를 대상으로, 한국환경

- 보건협회, 6(2) : 1~10, 1985.
- 17) 이정인, 도시지하 공간의 공기중 SO₂ 농도에 관한 조사 연구, 서울대학교 보건대학원 석사 학위 논문, 1989.
- 18) Linn, William S., A. Shamoo, G. Vinet. T. C. E. Spier, L. M. Valencia, U. T. Anzar, J. D. Hackney. Combined Effect of Sulfur Dioxide and Cold in Exercising Asthmatics, Arch. Environ. Health, 39(5) : 339~345, 1984.
- 19) 민경덕, 부산 고속도로상의 안개 구역에서의 안개 발생에 관한 연구, 한국 기상학회지, 12(1) : 13~24, 1971.
- 20) Gore, A.T., Shaddick, C.W. Atmospheric Pollution and Mortality in the County of London, Br. J. Prev. Soc. Med., 12 : 104~113.
- 21) Vesilind, P.A. Environmental Pollution and Control, 146~147, Ann Arbor Science, 1980.
- 22) Muir, P. S., K. A. Wade, B. H. Carter. Fog Chemistry at an Urban Midwestern Site, J. of Air Pollution Control Association, 36(12) : 1359~1361, 1986.
- 23) 노재식·김승환·구연목, 대기오염, 녹원출판사, 26~30, 1988.