

群山工業地域의 TCM模型을 適用한 大氣汚染物質 管理方案에 關한 研究

金榮植 · 金錫載* · 金東述*

勤勞福祉會社 職業病研究所 · *國立保健院

A Study on the Method of Air Quality Management Using TCM Model in Industrial Area

Young Sik Kim · Serk Jai Kim* · Dong Sul Kim*

Insistute of Occupational Diseases, Korea Labour Welfare Corporation

** National Institute of Health*

ABSTRACT

This study was performed to evaluate a applicability of TCM(Texas Climatological Model) model to a industrial area sush as GUNSAN and a possibility to provide necessary informaitons for air quality management.

The air pollutants were measured at 6 sampling sites of GUNSAN industrial area from june to july in 1989.

The model was checked by comparing the observed data with estimated data. The meteorological data for wind direction and wind speed were obtained from the observatory station in GUNSAN.

The results are summarized as follows.

1. Average concentrations of air pollutants at all sampling sites were; SO₂ 0.011-0.019 ppm, NO₂ 0.012-0.017 ppm, CO 0.6-1.0 ppm, TSP 45.8-64.2 $\mu\text{g} / \text{m}^3$.
2. The emission amounts show that point source are in general higher than area source.
3. As a results of correlation analysis, relationship between SO₂ concentration in the observed value and estimated value showed positive significance.($r = 0.766$)
4. The sulfur content of the 1.6% at present to 0.8%, which means a 53.3% reduction. By controlling stack height could be lowered 14.5%, but the effective way of emission control is use of the lower sulfur fuels than controlling stack height.
5. The ratio between SO₂ conotracion in the observed value and estimated value showed 1.05. Therefore, the TCM model was quite effective in predicting air quality in GUNSAN industrial area.

I. 緒 論

各種 汚染源에서 排出되는 大氣汚染物質은 大氣

中에서 多様な 規模로 發生되는 大氣運動에 따라 移動되고 擴散된다. 따라서 特定地域의 大氣汚染程度는 그 地域에서 排出되는 汚染物質과 氣象與件에 따라 決定되며, 그지역의 大氣環境基準을 達成

하기 위하여 여러가지 代案을 比較, 檢討한 後 汚染排出源 規制方案과 地域開發 計劃등에 關한 最適案을 選擇하고, 細部의인 施行計劃과 汚染負荷가 大氣質에 어떠한 影響을 미치는 가를 豫測하여야 한다.

이와같은 大氣汚染의 豫測은 國土開發과 未來指向的인 對策을 樹立 作成하기 위하여 必要한 方法으로 現在 大氣汚染 擴散 模型이 많이 利用되고 있으며, 大氣汚染 擴散模型을 特性別로 分類하면¹⁾ Gaussian 模型, Numerical 模型, Statistical or Empirical 模型 그리고 Physical 模型으로 區分할 수 있다. 이중에서 使用이 簡便하고 電算入力資料의 獲得 및 假定에 無理가 없어 使用者 個人差에 의한 誤差가 거의없는 Gaussian 模型이 가장 널리 使用되고 있다. Gaussian 擴散式을 基礎로 Wanta²⁾, Moses³⁾ 등이 일찌기 模型을 통하여 汚染度 豫測의 可能性을 提示하였으며, 實際로 大氣汚染 擴散模型은 原子力發電所 設置를 위한 大氣質 影響 豫測에 처음 適用되었다.⁴⁾

한편 國內에서는 大氣汚染度 豫測의 必要性을 認識하여 1972年 尹等은⁵⁾ 實測汚染度(粉塵, SO₂)와 氣候要素를 MCA(Multiple Classification Analysis)와 AID(Auto Interaction Detector)의 統計處理技法으로 電算處理하여 汚染度를 豫測하였으며, 李等은⁶⁾ 1979년에 蔚山地域의 SO₂ 汚染度 豫測에 TCM을 利用하여 豫測한 바 있고, 1982年, 1983年에 신等^{7,8)} 1985年 金等⁹⁾, 1986年 宋等¹⁰⁾, 1987年 宋等¹¹⁾과 李等¹²⁾, 그리고 1988年 李等¹³⁾과 姜等¹⁴⁾이 大氣汚染擴散 模型에 關한 研究를 한 바 있다.

本 研究에서는 大氣汚染度 豫測을 위하여 工業地域을 對象으로 長期性模型인 TCM模型을 利用하여 對象地域의 面汚染源과 點汚染源에서 發生되는 汚染物質의 排出量을 算定한 後, 氣象綜合頻度(Joint Frequency Function) 資料를 使用하여 大氣汚染物質인 TSP(Total Suspended Particulates), SO₂, NO₂, CO의 豫測結果와 實測值를 比較하여 TCM模型 適用 可能性을 判斷하였고, 對象地域의 SO₂ 濃度 低減 方案에 關하여 研究하였다.

II. TCM 模型의 原理

TCM(Texas Climatological Model)은 1975년에 Texas Air Control Board에서 開發되어 1980년에

修正된 模型으로 Briggs의 煙氣上昇式, Pasquill-Gifford의 擴散係數式, 汚染物의 半減式과 Gaussian擴散式에 根據를 두고 있으며 地上에서의 長期濃度를 豫測하도록 考案 되었다.¹⁵⁾

TCM은 主로 다음과 같은 目的에 使用된다.

- (1) 煙突設計因子 研究
- (2) 새로운 汚染源에 對한 影響評價
- (3) 燃料代替計劃
- (4) 測定網設計
- (5) 大氣汚染 統計技術 評價
- (6) 大氣汚染 統制戰略 評價
- (7) 深刻한 大氣質 惡化의 防止

Gaussian 長期擴散式에 根據를 둔 TCM에서 k번째 風向 sector에서 任意의 着地點에서의 平均地上濃度 $C_p(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 는 다음과 같이 表示된다.

$$C_p(k, \rho) = \frac{32 \times 10^6 Q}{(2\pi)^{3/2} \rho} \left[\frac{\phi(k, m)}{U^*(H, m) \sigma_z(m)} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z(m)^2}\right) \right] \dots \dots (1)$$

여기서

Q = 汚染物 排出量(grams/sec)

ρ = 煙突에서 着地點까지의 距離(meters)

$\phi(k, m)$ = 氣象 綜合頻度 係數

k = 風向 sector

m = 大氣安定度

$U^*(H, m)$ = 安定度 m 일때 煙突높이 H 에서의 加重平均風速(meters/sec)

$\sigma_z(m)$ = 垂直擴散係數(meters)

H = 有效煙突高(meters)

III. 調查對象 및 方法

1. 調查對象

本 調查對象 地域은 海岸에 隣接한 臨海工業地域으로 工業施設이 密集되어 있어 點汚染源의 追跡이 容易하고 周邊地域에 顯著한 汚染物質 排出源이 거의 없는 편이며 面汚染源에 의한 面汚染物質 排出量이 點汚染源에 비하여 相對적으로 적은 特性을 가지고 있기 때문에 模型 適用時 入力資料의 活用に 많은 長點을 가진 地域이다. 따라서 大氣質 汚染 現況을 把握하기 위하여 Fig. 1에서 보는 바와 같이 1989年 6月부터 7月에 걸쳐서 群山工業團地의

少龍洞을 中心으로 6個地點을 選定하여 시료를 채취하였으며, UTM(Universal Traverse Mercator) 座標上 位置는 TM-X : 169, TM-Y : 275.5을 中心基點으로 230km(X : 11.5km Y : 20km)에 該當하는 面積을 對象으로 調査하였다.

2. 調査 方法

(1) 大氣質 測定

大氣質 測定方法은 現行 環境保全法上의 環境基準項目인 亞黃酸가스(SO₂), 一酸化炭素(CO), 二酸化炭素(NO₂), 總浮遊粉塵(TSP)의 4個項目을 Table 1에서 나타난바와 같이 環境汚染公定試驗法에¹⁶⁾ 依據하여 分析하였다.

(2) 風向 및 風速

對象地域의 大氣汚染物質 豫測濃度를 實測值와 比較하기 위하여 風向과 風速은 Windcator 및 Wind Vane & Anemometer(Nippon Electric Instrument Inc. Tokyo, Japan)에 Liner Log Graphic Recorder(Bechman Inst. Co. USA)를 連結하여 大氣汚染濃度를 測定하는 동안 繼續하여 計測 記錄하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 測定結果

(1) 大氣質

本 對象地域 및 周邊地域의 特性을 考慮하여 6個地點을 選定하여 2回(1次 : 1989. 6. 28 - 6. 30, 2次 : 1989. 7. 1-7.3)에 걸쳐 測定 分析한 結果는 Table 2와 같다.

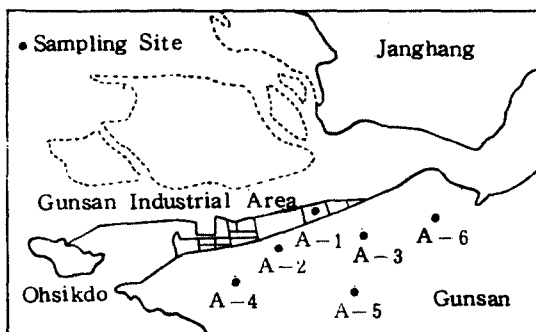


Fig. 1. Study area and sampling sites in GUNSAN.

調査地點의 大氣質 濃度는 SO₂ : 0.010-0.021ppm, NO₂ : 0.011-0.018ppm, CO : 0.6-1.2ppm, TSP : 44.7-66.7 μg / m³으로 環境基準值 (SO₂ : 0.050ppm, NO₂ : 0.05ppm, CO : 8ppm, TSP : 150 μg / m³)에 미치지 못하는 大氣質을 維持하는 것으로 나타났으며, 이는 測定期間이 夏節期로서 燃料使用量이 다른 季節에 比하여 작기 때문에 汚染物質의 濃度가 낮은것으로 判斷된다.

(2) 風向 및 風速

調査地域의 風向 現況을 보면 Table 3에 나타난바와 같이 主風向은 西北西(WNW)風 이었으며, 平均風速은 2.6-4.6m / sec, 最大風速은 9.7m / sec로 나타났다. Fig. 2는 群山地域의 年平均風速, 風向을 綜合한 바람 薔薇圖(Wind Rose)로서 西北西風이 卓越한 것으로 나타났다.

2. 面 및 點汚染源에서 排出되는 汚染物質 算定

Table 1. Methods for analysis of air pollutants.

Items	Methods	Principles of Analysis
SO ₂	Pararosaniline Method	0.04M TCM 吸收液에 SO ₂ 를 吸收 Pararosaniline 과 Formaldehyde 로 발색, 吸光 光度計로 548nm 에서 測定
NO ₂	Saltzman Method	Saltzman 吸收液에 NO ₂ 를 吸收 吸收發色液을 545nm 에서 測定
CO	Nondispersive Infrared Method	CO 의 赤外線 領域에서 光吸收되는 原理를 利用하여 空氣中 CO 濃度를 非分散赤外線 가스 分析器로 分析
TSP	High Volume Air Sampler	샘플러의 濾過紙홀더에 유리纖維濾紙를 附着시켜 空氣를 通過시킨다. 捕集된 濾紙를 恒量시켜 秤量한다.

Table 2. Concentration of air pollutants.

Sampling Site	Measured No.	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
So Ryong	1 st	0.012	0.015	0.6	48.2
Dong	2 nd	0.014	0.014	0.8	51.6
(A-1)	Mean	0.015	0.015	0.7	49.9
Jang Jeon Village	1 st	0.017	0.014	0.6	52.5
	2 nd	0.013	0.014	0.6	48.5
(A-2)	Mean	0.015	0.014	0.6	50.5
Gun San Jun. College	1 st	0.021	0.017	1.2	62.9
	2 nd	0.017	0.015	0.8	58.5
(A-3)	Mean	0.019	0.016	1.0	60.7
Ok Sung Village	1 st	0.010	0.013	0.8	44.7
	2 nd	0.012	0.011	0.9	46.9
(A-4)	Mean	0.011	0.012	0.9	45.8
Chil Sung Village	1 st	0.021	0.016	1.0	56.2
	2 nd	0.017	0.012	0.8	54.6
(A-5)	Mean	0.019	0.014	0.9	55.4
Ok Gu	1 st	0.014	0.018	1.0	66.7
Kun Office	2 nd	0.010	0.016	0.9	61.7
(A-6)	Mean	0.012	0.017	1.0	64.2

對象地域 및 周邊地域의 大氣質 汚染源은 크게 住宅의 炊事, 煖房燃料의 燃燒時 排出되는 面汚染源과 아파트, 工場에서 排出되는 點汚染源으로 區分된다.

面汚染源에 의한 燃料 使用量을 算出하기 위해서 群山市 統計年報(1988年)와 行政區域을 參照하였으며, 格子內 家口數는 3,592家口로 1家口當 煉炭 使用量은(1987年 基準) 2.88 장/日로, 季節別 燃料 使用構成比는 春 : 30.14%, 夏 : 4.34%, 秋 : 18.24%, 冬 : 47.24%로 나타났다.¹⁷⁾ 따라서 格子內 家口에서 使用되는 無煙炭의 量은 Table 4에 나타난바와 같이 年4,001,488장을 使用하고, 季節別 分布를 보면 春 : 1,206,048장, 夏 : 173,665장 秋 : 731,473장, 冬 : 1,890,302장으로 나타났다. 排出되는 汚染物質을 Table 5의 燃料 排出係數를 適用하여^{18,19)} 算出한 結果는 Table 6과 같이 年平均 排出量은 TSP : 0.0906g/sec, SO₂ : 4.9771g/sec, NO₂ : 0.1103g/sec, CO : 17,220 2g/sec로 나타났다.

點汚染源의 大部分은 群山 第1工團 入住業體로서 大氣排出施設實態調查表를 根據로 하여 各 汚染物質 排出源을 調査한 結果 總 42個 産業施設로 對

象施設의 年間 燃料使用量은 大部分 B-C油와 輕油로 年間燃料 使用量은 B-C油 : 318,741kl, 輕油 : 8,166kl로 나타났으며, Table 6의 汚染物質 排出係數를 適用한 結果 年平均 汚染物質 排出量은 TSP : 122.27g/sec, SO₂ : 881.82g/sec, NO₂ :

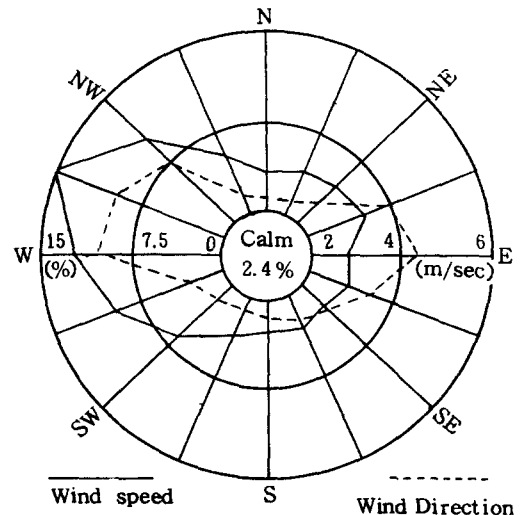


Fig. 2. Wind speed and wind direction distribution.

158.72g/sec, CO:103.39g/sec로 Table 7에서 보는 바와 같다.

3. 模型의 適合性

對象地域 및 周邊地域에 長期擴散 模型인

Table 3. Wind direction and wind speed of research area.

Date	Atmospheric Condition	Barometric Pressure(mb)	Wind Direction	Mean Wind Speed, m/s	Max. Wind Speed, m/s
6. 38	Clear	1, 006. 3	WNW	3. 8	6. 5
6. 29	Cloudy	1, 006. 5	WNW	2. 6	6. 0
6. 30	Clear	1, 007. 0	WNW	3. 7	7. 3
7. 1	Cloudy	1, 010. 8	WNW	4. 0	9. 7
7. 2	Cloudy	1, 013. 2	W	4. 0	6. 8
7. 3	Cloudy	1, 014. 3	WNW	4. 6	8. 0

Table 4. Fuel consumption amounts used in model.

Items	Annual	Spring	Summer	Autumn	Winter
Anthracitic Coal(EA)	4, 001, 448	1, 206, 048	173, 473	731, 473	1, 890, 302
B-C oil(kl)	318, 741	88, 631	68, 247	66, 600	95, 263
Light oil(kl)	8, 166	692	2, 606	1, 813	3, 054
Wood(Ton)	90, 286	22, 389	20, 608	22, 039	25, 250

Table 5. Emission factors of each fuel sources.

Fuels	Units	TSP	SO ₂	NO ₂	CO	Remarks
Anthracite Coal	kg/Mt	0. 2	10. 9	0. 25	37. 7	
B-C oil	kg/kl	5. 38	19. 9	0. 63	7. 5	S : 1. 6 %
Light oil	kg/kl	0. 25	17. 0	0. 63	2. 8	S : 1. 6 %
Wood	kg/Mt	4. 6	2. 7	0. 39	39. 9	

Table 6. Emission amounts of used anthracite coal.

Seasons	TSP	SO ₂	NO ₂	CO
Year Means	0. 0906	4. 9771	0. 1103	17. 2202
Spring	0. 1087	5. 9517	0. 1322	20. 5916
Summer	0. 0154	0. 8572	0. 0189	2. 9651
Autumn	0. 0666	3. 6490	0. 0808	12. 6251
Winter	0. 1666	9. 5350	0. 2125	32. 9900

Table 7. Emission amount of used B-C oil and light oil.

Seasons	TSP	SO ₂	NO ₂	CO
Year Means	122. 27	881. 82	158. 72	103. 39
Spring	136. 02	990. 01	239. 50	115. 08
Summer	106. 75	753. 57	147. 23	90. 41
Autumn	103. 88	751. 37	106. 13	89. 23
Winter	137. 16	1, 057. 0	150. 67	122. 01

TCM(Texas Climatological Model)을 利用하여, 各種 汚染源을 夏節期의 氣象資料를 利用하여 모델링 하였으며, 對象地域에서 TCM의 適合性を 判斷하기 위해 實測値와 模型의 豫測値와의 相關度를 最小自剩法에 의하여 求한 回歸方程式과 相關關係는 Table 8과 같다.

Table 8에 나타난 바와 같이 相關係數 r은 SO₂: 0.766, NO₂: 0.253, CO: 0.302, TSP: 0.623으로 나타났다. 이 중에서 NO₂, CO, TSP의 境遇 實測値와 模型에 의한 豫測値가 매우 큰 差異를 보이고 있다. 이와같은 差異는 一般的으로 大氣汚染物質의 排出 特性으로부터 說明될 수 있다. CO와 NO₂는 面 및 點汚染源의 固定排出源보다 自動車와 같은 線汚染源의 移動排出源에 크게 影響을 미치는데 比하여 線汚染源의 追跡이 困難하였고, 특히 TSP의 境遇 飛散粉塵과 海監粒子에 의해 크게 影響을 받는데 起因되는 것으로 思料된다.

그러나 SO₂의 境遇에는 大部分 面 및 點汚染源에서 主로 發生되기 때문에 實測値와 豫測値의 差가 적은 것으로 나타났다. 따라서 본 模型에 의해

豫測한 濃度와 實測 濃度가 잘 附合되는 項目은 SO₂로 볼 수 있다.

이와같은 傾向은 TCM模型을 適用시 非反應性物質(Non-Reactive Pollutants)인 SO₂는 잘 附合되었으나, 反應性物質(Reactive Pollutants)인 NO₂, CO 등은 豫測値의 程度가 매우 낮다는 模型 自體의 制限點으로도 說明될 수 있다.¹⁵

4. 實測値와 豫測値와의 比較

對象地域의 實測濃度와 TCM에 의한 豫測濃度比는 Table 9에 나타난 바와 같다.

各 測定地點別 實測濃度(OBS)와 TCM에 의한 豫測濃度(EST)의 關係를 比較檢討하기 위하여 平均 EST/OBS 比를 보면 SO₂: 1.05, NO₂: 1.48, CO: 0.017, TSP: 0.35로 나타났다.

SO₂의 경우를 보면 1985年 金等¹⁴이 서울市의 自動測定網에서 實測한 SO₂ 濃度와 TCM으로 豫測한 EST/OBS比의 平均値는 2.12로서 本 研究結果值 1.05의 약 2倍였다. 그러나 1984年 溫山地域에서 金等²⁰이 調査한 TCM의 EST/OBS 比는

Table 8. Relationship between estimated concentration(EST) and observed concentration(OBS).

Sampling Sites	SO ₂ (ppm)		NO ₂ (ppm)		CO (ppm)		TSP (μg/m ³)	
	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
A-1	0.013	0.017	0.015	0.002	0.7	0.003	49.9	5
A-2	0.015	0.018	0.014	0.002	0.6	0.005	50.5	4
A-3	0.019	0.019	0.016	0.001	1.0	0.009	60.7	6
A-4	0.011	0.009	0.012	0.002	0.9	0.002	45.8	4
A-5	0.019	0.017	0.014	0.001	0.9	0.005	55.4	4
A-6	0.012	0.013	0.017	0.003	1.0	0.004	64.2	5
Regression	r = 0.766		r = 0.253		r = 0.302		r = 0.623	
Equation	Y = 0.83X + 0.003		Y = 0.0002X + 0.109		Y = 0.004X + 0.001		Y = 0.072X + 0.720	

Table 9. Ratio between estimated concentration(EST) and observed concentration (OBS).

Sampling Sites	Co-ordinate		EST/OBS Ratio			
	X	Y	SO ₂	NO ₂	CO	TSP
A-1	169.0	275.0	1.31	0.33	0.004	0.10
A-2	169.0	274.0	1.20	0.36	0.008	0.79
A-3	171.0	275.0	1.0	3.44	0.009	0.99
A-4	167.0	273.0	0.82	0.17	0.002	0.09
A-5	171.0	273.0	0.89	0.36	0.006	0.07
A-6	174.0	276.0	1.08	4.23	0.039	0.08
Average			1.05	1.48	0.017	0.35

大氣汚染 自動測定網의 測定値의 경우 1.05였고 現場에서 實測된 경우는 1.08로서 本 調査 結果와 거의 同一하게 나타났다. 또한 1986年 宋等²¹⁾이 華城部을 對象으로 實測한 SO₂濃度와 TCM으로 예측한 EST/OBS 比도 1.08로 本 調査結果와 一致하는 傾向을 보여주고 있다. 따라서 NO₂, CO, TSP에 對한 項目은 模型에 影響을 미치는 程度가 大體的으로 작게 나타났으며, 이는 移動排出源에서 排出되는 汚染物質의 把握이 어렵고, 移動排出源에 依한 汚染物質量을 考慮하지 않는 模型 自體의 特性에 起因되는 것으로 判斷된다.

本 研究結果에서 나타난 바와 같이 相關性 分析과 實測值(OBS)와 豫測值(EST)와의 比較 檢討에서도 TCM模型에 依한 大氣汚染物質 濃度 豫測시 가장 잘 附合되는 項目은 SO₂인 것으로 判明되었다.

5. 對象地域의 SO₂ 低減方案

(1) 굴뚝의 有效높이 調節

大氣汚染 擴散 模型은 大部分 Gaussian式을 變形하여 여러 形態의 模型이 開發되었으며, 煙氣上昇式과 擴散幅(σ_x, σ_y)算定 方式에 따라 結果가 달라진다. 그러므로 굴뚝높이, 排出速度와 같은 獨立變數의 狀態와 條件에 따라 달라지고 특히 排出熱量으로 熱源規模가 決定되며 上昇式이 달라진다는 것은 이미 밝혀졌다.

排出熱量 7,000 kcal/sec以上인 大規模 熱源의 上昇式은 Lucas等의 Cerl式²¹⁾, Carpenter의 TVA式²²⁾ 및 Okamoto, Okanisi式²³⁾ 등이 있다. 또한 排出熱量 2,000-7,000 kcal/sec인 中規模에 대해서는 Concawe式²⁴⁾, Briggs式²⁵⁾ 등이 있고, 2,

000kcal/sec以下인 小規模에는 Bosanquet式을 根據로 導入된 式을 適用하고 있다. 또한 Moses, Carson式²⁶⁾ 回歸分析을 基礎로 大規模熱源뿐만 아니라 30kcal/sec 程度의 小規模 熱源에도 많이 適用하고 있다. 따라서 本 研究에서는 2,000-7,000 kcal/sec를 基準으로 (式 2)와 같은 Briggs의 公式을 使用하여 本 對象地域의 點汚染源의 굴뚝 有效높이를 算定하여 TCM模型에 適用시킨 結果 Table 10과 같은 結果를 얻었다.

$$H = 10.6 q^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

여기서,

$$H = \text{最小 有效 굴뚝높이(m, } \leq 200 \text{ m)}$$

$$q = \text{SO}_2 \text{ 排出率(m}^3/\text{h, } 0^\circ\text{C)}$$

Table 10에서 보는바와 같이 Briggs의 有效 굴뚝높이를 算定한 後 모델링한 結果 各 地點에서 SO₂濃度가 全般的으로 減少하는 것으로 나타났으며, 6.0-18.2% 範圍의 SO₂濃度가 減少되고 平均 14.5%가 減少하는 것으로 나타났다.

本 모델링 結果 最大 SO₂濃度는 少龍洞 隣接海岸(X:167.5, Y:276.0) 地點에서 101.59 μg/m³을 나타내었다. 이는 大部分의 工業施設이 少龍洞을 中心으로 位置하고 있기 때문에 本 豫測值가 높게 나타난 것으로 思料된다.

(2) 低硫黃油의 使用

本 對象地域의 點汚染源은 總 42個地點으로 大部分 硫黃 含量이 1.6%인 B-C油를 使用하고 있으며, 燃燒時 大部分 SO₂로 放出되어 對象地域 및 隣近地域의 大氣 汚染을 加重시키고 있다. 一般的으로 SO₂ 汚染度의 季節的인 變化를 보면 大體的

Table 10. Annual average SO₂ concentration after controlling stacks.

(): reduction rate

Sampling Points	Co-ordinate		Annual Average SO ₂ Concentration (μg/m ³)	SO ₂ Concentration after controlling Stack (μg/m ³)
	X	Y		
A-1	169.0	275.0	56	47 (16.1%)
A-2	169.0	274.0	55	45 (18.2%)
A-3	171.0	275.0	53	44 (17.0%)
A-4	167.0	273.0	30	26 (13.3%)
A-5	171.0	273.0	50	47 (6.0%)
A-6	174.0	276.0	24	20 (16.6%)
Average			44.7	38.2 (14.5%)

으로 겨울철에 가장 汚染度가 심하며 여름철에는 汚染度가 낮은 傾向을 보이고 있다. 이러한 原因은 겨울철에는 家庭暖房用 燃料使用의 急增으로 因하여 點汚染源뿐 아니라 面汚染源으로 부터의 SO₂ 排出量이 많아지기 때문으로 判斷된다.

本 對象地域의 季節別 SO₂濃度 變化는 光州環境 支廳의 群山市 測定結果(1988年)를 利用하였으며, Fig. 3에서 나타난바와 같이 겨울철에 가장 높게 나타났으며, 여름철에 가장 낮게 나타났다. 따라서 燃料使用量의 增減에 따라 大氣中의 SO₂ 濃度가 變化하며 다른 點汚物質의 濃度도 이와 類似한 比率로 變化된다고 推測할 수 있다.

그러므로 本 對象地域內의 點汚染源에서 使用하는 燃料의 硫黃 含量을 50%로 減少시켰을 때, 즉 0.8% 低硫黃油를 燃料로 使用時 本 對象地域에서 排出되는 SO₂ 豫測濃度는 Table 11에 나타내었다.

Table 11에서 나타난 바와 같이 現在 燃料로 使用중인 B-C油의 硫黃含量을 50%로 減少시켜 모델링한 結果, 各 地點에서의 SO₂ 豫測濃度는 10-27 μg/m³로 나타났다. 이것은 全般的으로 49.1-63.3%의 範圍로 SO₂가 減少된 셈이며 平均減少率은 53.3%이었다.

따라서 TCM을 利用하여 SO₂ 排出濃度を 豫測한 結果, 굴뚝의 有效높이를 調節했을 境遇 Table 10에서와 같이 平均減少率이 14.5%에 不過한 反面에 低硫黃 燃料를 使用시에는 Table 19에서 보는 바와 같이 平均減少率이 53.3%로 約 3.7배나 높은 低減效果를 볼수가 있어 本 調査對象地域의 大氣中 SO₂ 濃度を 減少시키는데에는 低硫黃燃料를 使用하는 것이 더 效果的인 것으로 判明되었다.

V. 結 論

群山工業地域에 對하여 1989. 6. 28-1989. 7. 3 까지 2회에 걸쳐 大氣質을 實測한 結果와 既存의 汚染源 및 氣象資料를 利用하여 TCM模型의 適用可能性을 檢討하였다.

測定 對象 項目으로는 SO₂, NO₂, CO, TSP로서 實測値와 豫測値의 相關性을 比較 檢討하였으며, 大氣質 汚染 低減方案으로는 有效굴뚝높이의 調節과 低硫黃油 使用의 境遇로 나누어 豫測하였다. 本

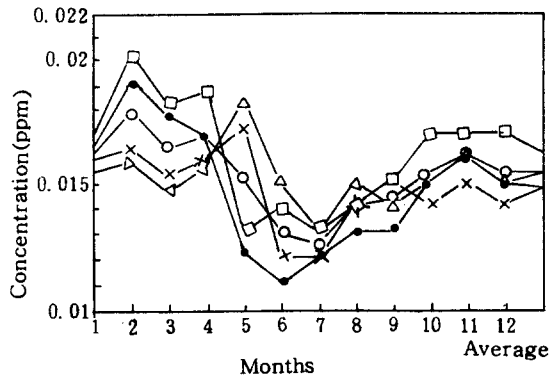


Fig. 3. Monthly variation of SO₂ concentration in GUNSAN area determined by KWANGJU branch of environmental administration.

△ Miweon Dong ● Kyeong Am Dong
 □ Gae Jeong Dong ○ Average
 × Jung Ang Dong

Table 11. Annual average SO₂ concentration after reducing sulfur content of fuels.

Sampling Points	Co-ordinate		Annual Average SO ₂ Concentration (μg/m ³)	SO ₂ Concentration after Reducing Sulfur Content of Fuels
	X	Y		
A-1	169.0	275.0	56	27 (51.8%)
A-2	169.0	274.0	55	26 (52.7%)
A-3	171.0	275.0	53	27 (49.1%)
A-4	167.0	273.0	30	11 (63.3%)
A-5	171.0	273.0	50	24 (52.0%)
A-6	174.0	276.0	24	10 (58.3%)
Average			44.7	20.8 (53.5%)

研究結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 本 對象地域에 對하여 實測한 SO₂, NO₂, CO, TSP의 平均濃度는 各各 0.011-0.019 ppm, 0.012-0.017 ppm, 0.6-1.0 ppm, 45.8-64.2 μg/m³으로 모두 環境基準 以內로 調査되었다.
2. 調査對象 地域에서의 汚染物質 排出量은 面汚染源에 依한 量은 작은 反面에 點汚染源의 量은 상당히 높았으며, 排出量의 大部分을 차지하고 있었다.
3. 實測濃도와 豫測濃도가 가장 잘 附合되는 項目은 SO₂이었으며, 이때 相關計數 R값은 0.766으로서 높은 相關性을 나타내었다.
4. 굴뚝의 有效높이 調節에 依한 大氣中の SO₂濃度는 平均 14.5% 低減되는 것으로 豫測되었고, 低硫黃油 代替 使用으로 因한 SO₂ 濃度の 低減效果는 平均 53.3%로 有效煙突高를 調節하는 것보다 黃含量이 적은 低硫黃油를 使用하는 것이 더욱 效果가 있는 것으로 나타났다.
5. 實測한 SO₂의 濃도와 豫測한 SO₂濃도와 의 比는 1.05로 大氣中の SO₂ 濃도와 의 豫測하는데 TCM模型의 適用 可能性이 매우 큰것으로 判斷되었다.

參 考 文 獻

1. U.S. EPA: Guideline on Air Quality Models. 2nd edition, 2-1-6. U.S. EPA, 1984.
2. Authur C. Stern: Air Pollution, 2nd edition, Vol. 1, p187. Academic press, 1968.
3. H. Moses: Mathematical Urban Air Pollution Models, AN/ES-RPY-001, Argonne Nat. Lab. U.S.A., 1969.
4. D.H. Slade: Meteorology and Atomic Energy. U.S. Atomic Energy Commission, 1968.
5. 尹明照: 서울市の 氣候要素가 大氣汚染에 미치는 影響, 保健社會部 研究報告書, 133-191, 1972.
6. 이은호, 신웅배: 蔚山石油化學園地 環境管理體制의 運營效率化 研究, 蔚山石油化學園地 管理運營協議會 報告書, 1979.
7. 신웅배, 이광호, 송동웅, 한건연, 류병로: 大氣, 水質 環境管理 電算모델 研究(第1次), 韓國科學技術院 研究報告書, 1982.
8. 신웅배, 안규홍, 송동웅, 류병로, 박완철, 최용수, 방기웅, 서승원, 김경섭, 황규성: 大氣, 水質 環境管理 電算모델 研究(第2次), 韓國科學技術院 研究 報告書, 1984.
9. 金良均, 崔德一, 李敏熙, 趙康來, 崔振均, 鄭長海: 大氣汚染擴散 모델 開發에 關한 研究, 韓國大氣保全學會誌, 第1卷, 53-70, 1985.
10. 宋琪裕, 任興宰, 尹明照: 特定地域의 大氣汚染 擴散모델 開發에 關한 研究, 韓國大氣保全學會誌, 第2卷 2號, 19-30, 1986
11. 송동웅, 김면섭, 신웅배: 大氣汚染 豫測에서 TCM과 CDMQC의 比較, 韓國氣保全學會誌, 第3卷 1號, 1987.
12. 李德吉, 金良均, 羅振均, 李錫祚, 柳承道, 金振奎, 金正洙, 朴譜賢, 金明植: 大氣汚染豫測모델 開發에 關한 研究(Ⅱ), 國立環境研究院, 1987.
13. 李種範: Texas Climatological Model에 依한 短期 大氣汚染濃度 發生頻度の 推定, 韓國大氣保全學會誌, 第4卷 2號, 1988.
14. 姜寅求, 金良均, 羅振均, 李錫祚, 柳承道, 金振奎, 金正洙, 朴譜賢: 大氣汚染豫測 모델 開發에 關한 研究(Ⅲ)-數值모델을 中心으로-, 國立環境研究院, 1988.
15. G.A. Briggs, Plume Rise: ACE Critical Review Series, TID-25075, Atomic Energy Commission, Washington, D.C., 1969.
16. 環境廳: 環境汚染公正試驗法, 1988.
17. 動力資源部: 에너지 센서스 結果 報告書, 1981.
18. 崔德一, 金良均, 劉基湖, 排貞伍: 主要 大都市 大氣汚染排出源別 汚染物質 排出負荷量 算定에 關한 研究, 國立環境研究所報, 1984.
19. U.S.EPA: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, U.S. EPA, 1984.
20. 김정옥, 권태준: 蔚山溫山工團 被害住民 移住對策을 爲한 調査 研究, 서울大學校 環境計劃 研究所, 1984.
21. D.H. Lucas: Application and Evaluation of the Tilbury Plume Rise and Dispersion Experiment, Atmospheric Environment, 421-424, 1967.
22. S.B. Carpenter: J.A. Fizzola, et al., Report of

- Full-scale Study of Plume Rise at Large Electric Generating Stations, Journal of Air Pollution Control Association, 18, 458, 1968.
23. 岡本眞一, 岡西祥太郎, 監澤清茂 : 排煙上昇高度計算式に関する研究, 大氣汚染學會誌, 14, 1979.
 24. Concawe: The Calculation of Dispersion from a Stack, Conservation of Clean Air and Water, Western Europe, 1966.
 25. G.A. Briggs, Plume Rise: ACE Critical Review Series, TID-25075, Atomic Energy Commission, Washington, D.C., 1969.
 26. H. Moses, J.E. Carson: Stack Design Parameters Influencing Plume Rise, 56th Annual Meeting Air Pollution Control Association, 1967.