

# 대기질 측정망 설계에 관한 조사연구(Ⅱ)

유은철 · 김영태 · 안미정 · 이승민 · 김성립

환 경 조 사 과

## 대기질 측정망 설계에 관한 조사연구(II)

### 환경 조사 과

유은철 · 김영태 · 안미정 · 이승민 · 김성림

## Study on design of air quality monitoring system(II)

### *Environmental Research Division*

E. C. YOO, Y. T. KIM, M. J. AN, S. M. LEE, S. R. KIM

### Abstract

This study is carried to estimate site of air quality monitoring station and area of Ozone alarm system in Pusan. The results are follows :

1. The frequency of exceed ambient air quality standard on 1hr ozone concentration is increase continuously. The frequency of exceed ambient air quality standard to 1hr ozone concentration in 1997, 1998 is 16, 29 respectively.

2. When 1hr ozone concentration exceed ambient air quality standard, correlation coefficients between 1hr ozone data measured stations in different land-use are high, it seem to be characteristic of predominant automobiles exhaust gas than land-use characteristics in station site.
3. When 1hr ozone concentration exceed 100ppb, it is necessary to re-establish area of ozone alarm announcement by cluster analysis, isopleth and the present conditiona of air quality monitoring station as well as additional air quality monitoring station in Geum jeong Gu.
4. To examine the least distance between street and station according to pollutants, Peom-Chun dong, Dae-Yeon dong, Kwang-Bok dong, Yeon-San dong station is close by street. so automobiles exhaust gas is serious influence on measured data such a stations. In order to estimate air quality according to land-use in station site, such a stations are need to move or rearrange.

## I. 서 론

현재 우리나라에서 운영중인 대기질 측정망은 지역(공간)을 대표하는 평균 오염도를 파악하기 위해 설계된 것으로서 지역 대기질의 대기환경기준의 달성여부 평가, 대기오염으로 인한 피해평가의 기초자료 제공, 배경농도 및 오염의 공간적, 시간적 변화 경향을 파악하기 위한 기초자료 제공 등의 목적으로 운영되고 있다.

그러나 위의 측정망은 인구비례에 의한 방법, TM좌표에 의한 방법, 미국 EPA 추천에 의한 방법 등을 적용하여 구성하였으며 측정소의 위치는 토지용도를 크게 고려하여 결정되고 있는 실정이므로 대도시 지역에서 빈발하는 광화학 스모그 현상의 조사 및 효과적인 대처를 위해 적절치 못한 배열인 경우가 많고, 측정치가 지역 대표성을 갖지 못하여 도시 대기오염 경보계 등의 운영에서 적합치 못한 경우가 있다. 지역의 평균적인 대기질을 평가하기 위한 측정망 못지 않게 국소적 단기 고농도

발생의 감시나 환경기준을 초과하는 대기오염 우심지역의 대기 오염 감시를 위한 측정망도 중요하다. 지형 및 지역용도 특성 등에 따라 대기오염물질 농도의 지역간 격심한 편차 유발 현상을 나타내므로 농도수준에 따른 적절한 지역 분할과 그 지역의 특성(농도수준, 확산능력, 배출특성 등)을 고려한 대기질의 관리방안의 수립, 그리고 지역의 토지이용계획에 따라 지역실정에 맞는 대기환경기준 설정과 함께 효과적인 대기오염 경보체계를 위해 적합한 대기질 측정망의 구축을 위한 과학적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 대도시에서 장차 2차 대기오염이 큰 비중을 차지하게 된다는 점을 고려하여 부산지역의 대기질측정소에서 측정된 대기오염농도 자료중 비교적 오존 농도가 높은 시기(6월~9월)의 오존농도와 기상자료를 중심으로 부산지역에서의 합리적인 대기질 관리를 위해 지역에 따른 오염특성 파악과 이에 따른 측정소의 적정배치 및 오존경보 발령권역 구분 등에 관해 검토하였다.

## II. 대기질 측정망의 설계 및 배치기법

기상 및 지형조건 등의 변화는 오염물질의 회석 등 물리적 작용, 대기중의 화학적 반응 및 제거기구에 기여한다. 대도시 지역의 대기질의 평가와 장래 추세를 파악하기 위해서는 여러 지점에서 대기질을 동시에 상시측정 하여야 한다.

이런 목적을 위해 운영중인 대기질 측정망은 도시의 대기질을 상시 연속측정하며, 측정망 설계 및 유지관리를 위해 숙련된 인력과 많은 경비가 소요되고 정교한 분석장비 등을 필요로 한다. 과거 도시 중에 단지 3, 4개의 측정소 계획시, 주먹구구식 방법으로 공업, 상업 그리고 주거지역에 각각 하나의 지점을 선택하여 운영하였으나, 최근에는 대기질 모니터링을 위한 측정망 설계시 더욱 객관적이고 과학적인 방법을 이용하여 시·공간적 오염특성을 분석한 결과를 바탕으로 기존 측정망의 평가와 보완이 요구되고 있다.

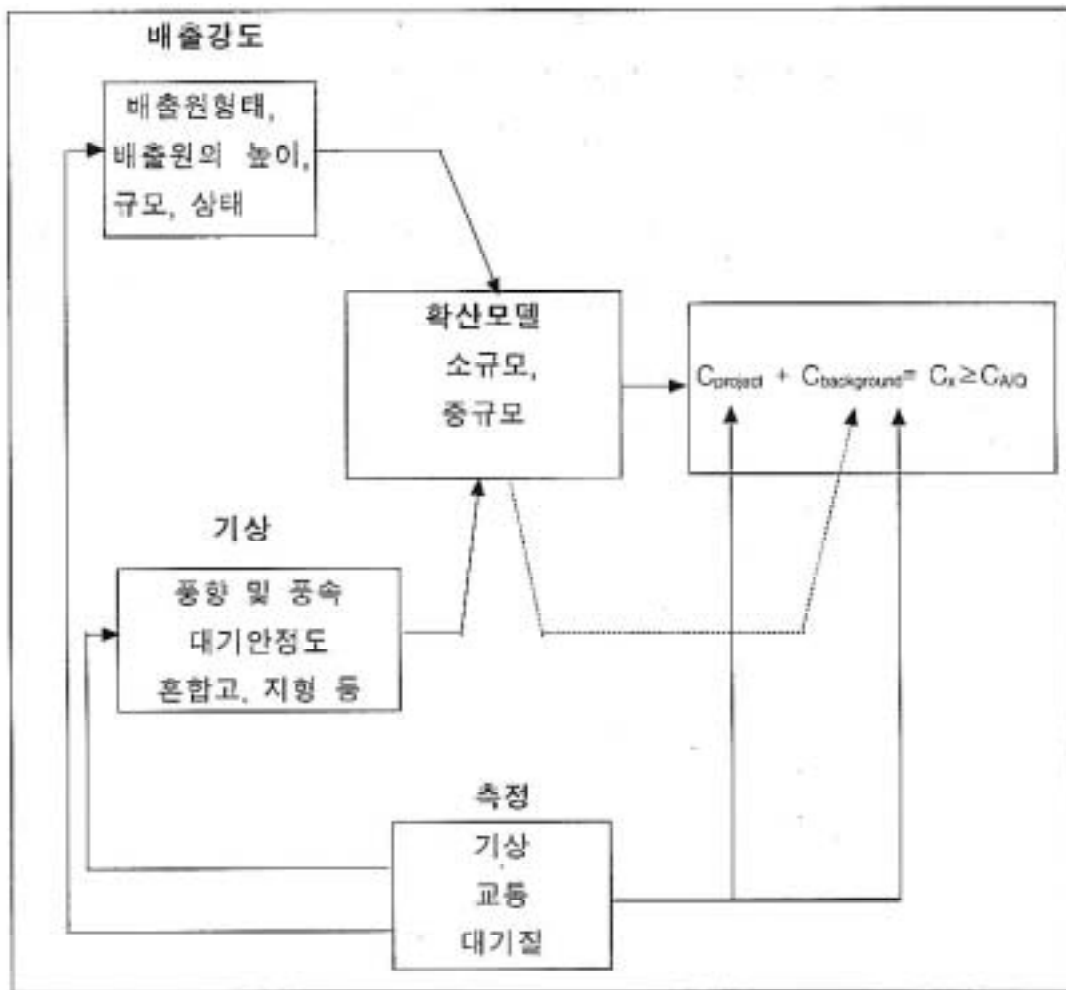


Fig. 1 Interrelation of modelling and monitoring to estimate air quality

그림. 1은 확산 모델링과 모니터링의 상호보완관계를 보여주는 것이다. 확산 모델링은 배출강도와 기상을 정량적으로 결합시켜 결과적으로 대기오염 농도를 시간적·공간적으로 표현함으로써 대기질 측정망 설계를 가능하게 한다. 그리고 측정장치들은 대기오염농도, 기상, 배출강도 등을 측정하며 그 측정 결과들은 확산 모델의 입력자료로 적용됨으로서 모델의 적합성 검증과 교정을 위해 사용된다.<sup>1)</sup>

우리나라에서는 (i) 대기오염 공정시험방법에 의해 인구비례에 의한 방법과 (ii)

대상지역의 오염도에 따른 공식 이용방법, (iii) 미국 EPA추천에 의한 방법 등에 의해 측정 지점수를 산정하며, 측정지점의 배치법으로서는 (i) TM 좌표에 의한 방법과 (ii) 중심점에 의한 동심원법, (iii) 과거의 경험이나 전례에 의한 선정법 등이 제시되어 있다.

일반적으로 측정망 설계를 위해 유용한 접근방법은 통계적인 방법과 확산모델을 이용하는 방법이 있으며, 통계적 방법과 확산모델 이용하는 방법의 결합에 의해 최적 대기질 측정망 설계를 할 수 있다. 표 1은 대기질 측정망을 설계함에 있어 유용한 접근방법들을 열거하고 있다.<sup>2)</sup>

Table 2. Methods with design of air quality monitoring network.

	통계적 방법	모델링 방법	조합법
측정망 설계방법	1. 준-주관적 접근법 - 거리기준법 - 지역평균치와 지점평균치 의 차이 - 등농도곡선의 비틀림	1. 점원모델 사용	1. 공간상관분석을 위 해 다중배출원 모델 사용
	2. 지리적 변동계수	2. 다중배출원모 델 사용	2. 다중점원에 의한 오 염농도의 변동을 감 지하기 위한 측정망 의 최적화
	3. 구조함수		
	4. 상관함수 - 준-직관적 접근 - 공간상관함수 - 내삼오차 최소화		
	5. The method of Buell		
	6. 측정소들의 분류 - 순위매김		
	7. 군집분석		
	8. 주성분 분석		
	9. 선형계획법		
	10. 통계적 유의성		

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 자료 및 인구분포

본 연구에서 사용된 자료는 1998년부터 1999년까지 부산지역의 9개 대기질 자동측정소 및 대기환경측정차량에서 측정된 대기오염 자료중 오존(O<sub>3</sub>)와 기상자료(풍향, 풍속 등)를 매시간 산술 평균하여 이용하였다. 부산지역의 대기질 모니터링을 하고 있는 측정소 위치 및 용도지역 등에 대해 그림 3과 표 2에서 보여주고 있다. 여기서 측정소의 용도지역별 분포를 보면, 전체 11개소 중에서 주거지역 6개소, 상업지역 2개소, 공업지역 2개소, 녹지지역 1개소로 구분·설치되어 운영중이다.(GJ, DJ 지점은 1999년 12월부터 정상가동)

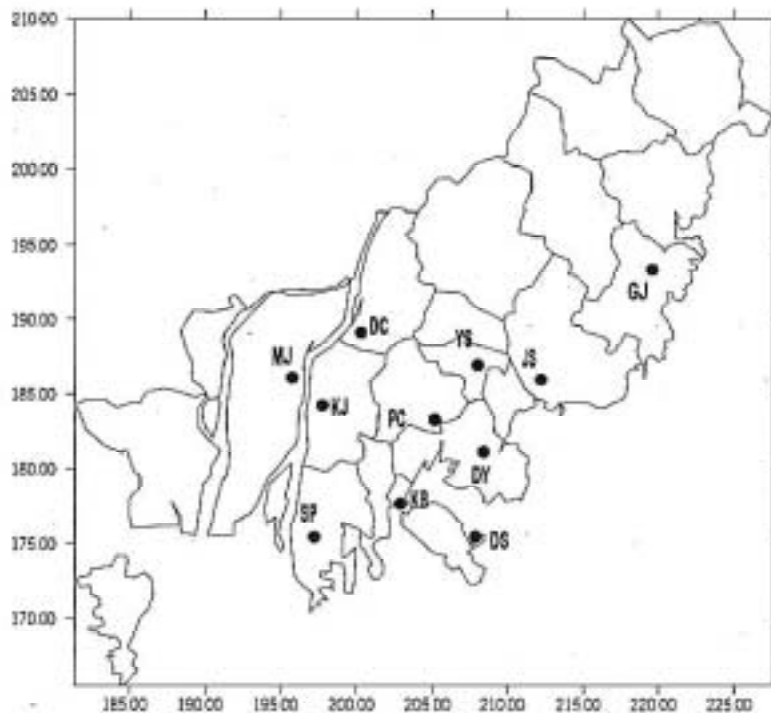


Fig. 2 Air quality monitoring stations in Pusan.

주거지역 측정소들은 주로 난방, 자동차 그리고 그 지역에 분포하고 있는 소규모 점배출원에 의해 영향을 받으며, 상업지역의 측정소들은 자동차 배출 가스로 인한 영향을 많이 받는 지점들이다. 또한, 공업지역의 측정소들은 공장 등의 각종 사업장 등과 같은 고정 점배출원과 자동차 배출원이 혼재하고 있어 오염정도가 다른 지역보다 심각하나, 공업지역에 위치하였던 많은 사업장이 사회·경제적 여건 등의 변화로 인해 이전하거나 폐쇄되어 위의 조사기간 중에는 공업지역 특유의 배출특성이 다소 변질된 상태에 있었던 것으로 판단된다. 부산지역은 대부분이 산지 형태로 된 복잡한 지형이고 바다와 접하고 있어 지형과 기상특성상 대기오염물질 공간분포를 파악하기가 매우 어렵다. 특히, 오염물질이 산지 내에서 확산되는 경우 평지와 달리 정체(stagnant), downwash, 충돌(impact) 등의 특이한 현상이 나타난다. 그러한 현상들은 산지에 의한 유동장의 변화와 매우 밀접하고 이런 특성을 가진 유동장을 고려하지 않으면 측정소의 위치선정이나 산지지형 주변의 바람장(wind field) 예측시 심각한 오류가 생길 수 있으며, 따라서 농도장의 예측시 결정적인 오류가 생길 수 있다<sup>3)</sup>.

Table 2. The present situation of air-quality monitoring stations in Pusan.

측 정 소		측정소 주변현황
녹지지역	대저동(DJ)	개발제한구역, 도로와의 최소거리 345m, 반경1Km이내 공항 위치.
주거지역	대연동(DY)	도로와 최소거리 62m, 반경 1Km이내 주거, 상업지역 혼재
	연산동(YS)	도로와 최소거리 92m, 반경 1Km이내 주거, 상업지역 혼재
	덕천동(DC)	도로와 최소거리 80m, 반경 1Km이내 주거, 상업지역 혼재 계곡지형에 위치
	제송동(JS)	도로와 최소거리 409m, 반경 1Km이내 주거, 준공업지역 혼재
	동삼동(DS)	자연녹지지역, 반경 1Km이내 선박외 배출원 없음
	기장읍(GJ)	도로와 최소거리 190m, 반경 1Km이내 주거, 상업, 자연 녹지, 공원지역 혼재
상업지역	광복동(KB)	도로와 최소거리 193m, 반경 1Km이내 주거, 상업, 준공업지역 혼재



측 정 소		측정소 주변연황
상업지역	범천동(PC)	도로와 최소거리 56m, 반경 1Km이내 주거, 상업지역 혼재
공업지역	감전동(KJ)	도로와 최소거리 350m, 반경 1Km이내 공업지역
	신평동(SP)	도로와 최소거리 184m, 반경 1Km이내 주거, 공업지역 혼재

## 2. 상관분석

대기질 자료들사이에 존재하는 상관성에는 (1) 하나의 측정소에서 일련의 단일 오염물질의 측정치에 대한 시간적 상관성(autocorrelation) : (2) 하나의 측정소에서 여러 오염물질의 측정치에 대한 교차 상관성(cross-correlation) : (3) 두 곳의 측정소에서 동시에 측정된 단일 오염물질 측정치의 공간적 상관성(spatial correlation) : (4) 두 곳의 측정소에서 관측시간의 지체에 따른 단일 오염물질 측정치의 공간적 상관성(lagged spatial correlation)이 있다. 본 연구에서는 부산지역에서 1시간평균 오존농도가 대기환경기준 초과할 때, 전체 측정소의 1일 자료(1시간평균 오존)를 이용하여 공간적 상관분석을 하였으며 그 결과는 표 3과 같다.

Table 3. Spatial correlation to 1hr ozone between stations.(1998-1999)

	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	계송
감전	1								
광복	.66	1							
대연	.84	.74	1						
덕천	.87	.62	.84	1					
동삼	.69	.60	.76	.65	1				
범천	.81	.62	.83	.77	.83	1			
신평	.80	.55	.71	.72	.75	.84	1		
연산	.87	.66	.92	.87	.86	.93	.80	1	
계송	.63	.63	.70	.73	.71	.76	.63	.83	1

※ Correlation is significant at the 0.01 level

1시간평균 대기환경기준 초과시 동일한 용도지역에 위치하고 있는 측정소간의 오존농도 상관계수를 살펴보면, 주거지역이 0.65 - 0.92, 상업지역 0.62, 공업지역 0.80으로 측정소간 상관성에 많은 차이를 보였다. 이는 동일한 용도지역에 위치한 측정소일지라도 해당지역의 기인물질 발생의 시간적 변화경향, 일사량 및 기온 등 광화학 반응속도 관련인자, 대기의 안정도, 혼합고 등의 회석관련 기상요소들이 측정소별로 다른 시간적 변화 패턴을 가지기 때문인 것 같다.

특히, 용도지역이 달라 기인물질의 배출특성이 다른 측정소간에도 높은 공간 상관계수를 나타낼 것은 측정소가 위치한 토지용도지역에 따른 대기오염물질의 배출특성의 반영보다 측정소 주변지역의 여러 토지용도지역의 혼재로 인한 특히, 도시지역에서 자동차 배출가스의 상대적 우월성에 의한 영향이 큰 것 같다.

### 3. 대기질 측정망 설계

일반적으로 대기질측정소의 위치는 오염배출원, 기상조건 및 지형요인 등을 고려하여 선택하지만, 측정소의 배치를 위해서는 측정소간의 거리, 인구밀도 등의 정량적 평가기준(Quantitative assessment criterion)을 개발하는 것이 시급한 문제다.

측정소의 최적 배치를 위한 많은 연구들이 있었으며, 이들은 두 가지의 범주로 구분된다. 하나는 기존 측정소에서 관측된 자료들을 이용하여 측정소들 사이의 유사성 조사에 근거하여 측정소의 통합(integration method)하는 방법이고(Katoh et al., 1985; Kato and Nishinomiya, 1987), 다른 하나는 모의(simulation)에 의한 농도분포 평가에 근거하여, 지역적 대표성을 가지는 위치에 측정소를 배치하는 방법이다(Nakamori et al., 1979; Okamoto et al., 1984).

본 연구에서는 대기질 측정망의 설계에 있어서 인구밀도, 토지용도지역 구분 및 기존 측정소의 오존자료를 이용한 등농도 지도 자료를 기초로 하여 기존 측정소들의 공간적 분포 적합성에 관해 통계학적 방법을 이용한 검토를 하였다.

#### 1) 비유사성 평가(Dissimilarity matrix)

비유사성 평가는 1시간평균 오존의 대기환경기준 초과 발생일의 1시간평균 오

존농도 자료를 이용하여 Euclidean Distance에 따라 측정소별 비유사성을 구별하는 방법이다. 표. 4는 '98 ~ '99년도 1시간평균 오존의 대기환경기준 초과일 측정자료를 이용하여 측정소별 Proximity matrix를 나타낸 것이다.

1시간평균 오존의 대기환경기준 초과시 측정소별 비유사성에 대해 살펴보면, 감전동측정소의 경우는 덕천동, 범천동, 신평동, 연산동측정소와 비유사성이 낮으며, 광복동, 동삼동, 대연동, 재송동측정소와는 비유사성이 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Proximity matrix as ozone exceed 1hr ozone standard.('98 ~ '99)

구분	Euclidean Distance								
	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송
감전		.218	.115	.006	.136	.009	.010	.010	.160
광복	.218		.169	.193	.179	.189	.218	.186	.194
대연	.115	.169		.010	.104	.008	.154	.007	.009
덕천	.006	.193	.010		.107	.007	.119	.007	.129
동삼	.136	.179	.104	.107		.113	.135	.010	.111
범천	.009	.189	.008	.007	.113		.127	.007	.119
신평	.010	.218	.154	.119	.135	.127		.144	.182
연산	.010	.186	.007	.007	.010	.007	.144		.101
재송	.160	.194	.009	.129	.111	.119	.182	.101	

광복동측정소의 경우는 다른 모든 측정소와 비유사성이 아주 높게 나타나는 특이성을 보였으며, 동삼동, 신평동, 재송동측정소의 경우도 다른 측정소와 다소 비유사성이 높게 나타났다. 측정소별 Euclidean distance가 클수록 측정소간 오존농도에 대한 시공간적인 유사도가 낮음을 의미함으로써, 측정소간 오존농도에 대한 Euclidean distance가 작은 측정소를 오존의 시공간적 특성이 유사한 측정소로 분류하여 통합운영이 가능함을 시사한다.

## 2) 군집분석(Cluster analysis)

기존의 오존경보 발령권역은 지역별 오존농도 분포를 고려하지 않고 단순히 지형적 요소를 고려한 확산경향과 행정구역(구별)에 따라 구분하여 오존경보를 발령함으로써 발령권역내 오존농도가 높지 않은 지역에 위치한 사업장의 조업단축 또는 가동중지, 자동차의 운행 제한 등의 사후조치가 시행될 경우 시민들의 불편초래, 경제적 손실 등의 문제가 발생할 우려가 있으므로 적절하지 못하는 경우가 있다. 따라서 본 연구에서는 측정소별 1시간평균 오존 대기환경기준 초과일의 농도자료를 이용한 군집분석을 수행하여 오존 변화추세가 유사한 측정소가 위치한 지역을 작은 소집단(동일 권역)으로 분류하므로써 효율적인 오존경보 발령권역 구분을 하는데 목적이 있다.

Table 5. Classification of stations by cluster analysis.

구분	I TYPE	II TYPE	III TYPE
a 군집	감전, 덕천, 대연 범천, 연산	감전, 덕천, 대연 범천, 연산	감전, 덕천, 대연, 범천 연산, 동삼, 재송
b 군집	광복	광복	광복
c 군집	동삼	동삼, 재송	신평
d 군집	신평	신평	
e 군집	재송		

본 연구에서는 전체 측정소중에서 오존농도가 1시간평균 대기환경기준을 초과한 날의 전체 측정소의 시간대별 오존 농도자료를 바탕으로 측정소들에 대해 군집분석한 결과를 표 5와 그림 3에 나타내었다. 그 결과, TYPE I (5개 권역)은 [감전, 덕천, 대연, 범천, 연산], [광복], [동삼], [신평], [재송]으로 구분되며, TYPE II (4개 권역)은 [감전, 덕천, 대연, 범천, 연산], [광복], [동삼, 재송], [신평], TYPE III (3개 권역)은 [감전, 덕천, 대연, 범천, 연산, 동삼, 재송], [광복], [신평]으로 분류되었다.

기존의 오존 경보체계 운영을 위한 대기질측정소의 배치는 1권역(DS, KB), 2권역(PC, YS), 3권역(DY, JS), 4권역(DC, KJ, SP), 5권역(강서구 일대), 6권역(기장군 일대)으로 권역별로 분류 되어 있으나, 부산지역은 발령권역이 넓고 복잡한 지형 구조를 가지고 있어 권역(행정구역상 경계)전체의 대기질이 균질하지 않고 동일 권역내의 측정소의 측정규모에 대한 명확한 규정이 없는 한 대기질이 균질하다는 전제하에 동일권역으로 취급하여 오존 경보발령을 하는 기존의 운영체계는 부적절하다고 생각된다. 따라서 대기오염정보를 위한 발령권역의 적절한 구분을 위해서는 등농도 지도를 이용한 오염분포 및 측정소의 현상규모 등을 고려하여 측정소가 설치되어 있지 않은 행정구역에 대한 배치 등의 시도가 있어야 할 것으로 판단된다.

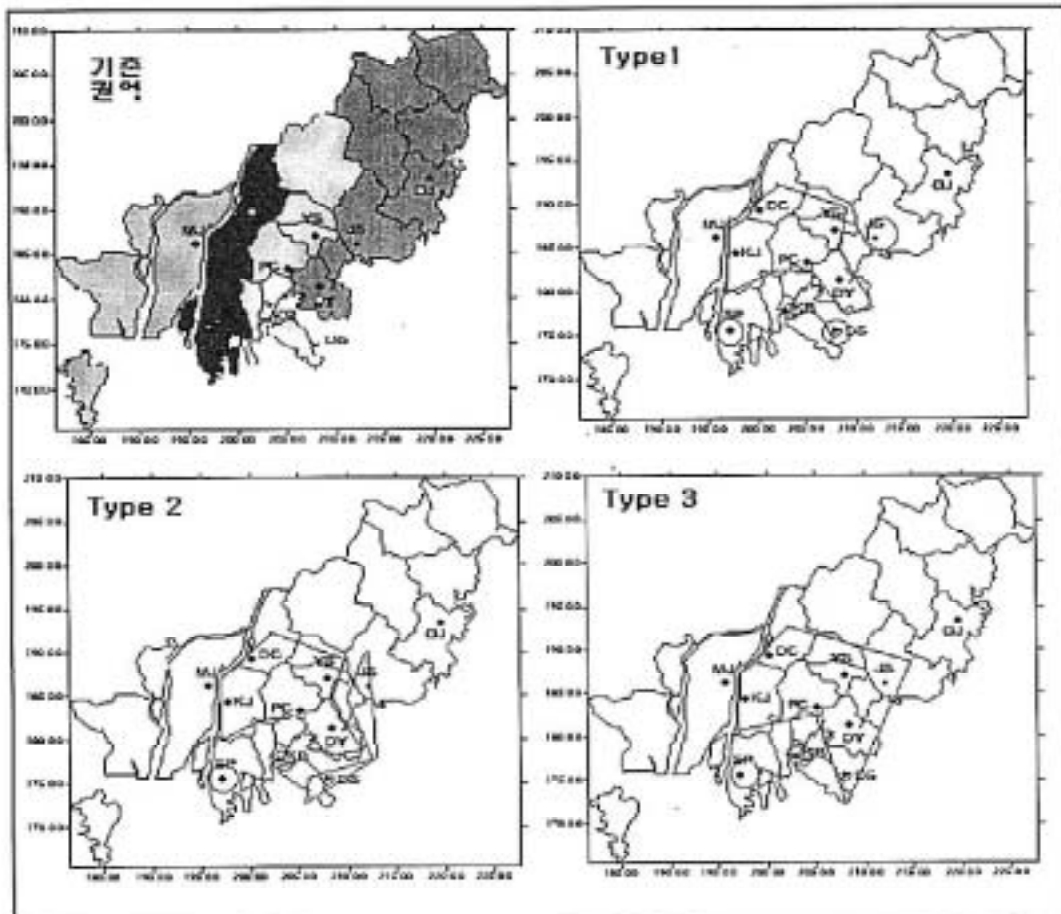


Fig. 3 Classification of air quality monitoring station

### 3) 측정소의 위치평가.

전국적으로 설치 운영되고 있는 대기질 측정소에 대한 위치 등의 평가에서 많은 수의 측정소에 대해 문제가 제기되고 있으며, 부산지역의 대기질 측정소에서는 동심동측정소가 측정목적(규모)이 불명확하고 비오염원 지역이며 바다와 인접한 곳에 위치하고 있어<sup>4)</sup> 부적절한 것으로 나타났다.

Table 6. The least distance between street and station according to pollutants.

차량통행량/일	측정소와 도로와의 최소영향거리(m)					
	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub> HC	측정소	거리	통행량*
≤10,000	≥10	≥10	≥10	감전	350	48,063
15,000	25	20	20	신평	184	-
20,000	45	30	30	광복	72	87,856
30,000	80			범천	56	89,708
40,000	115	50	50	덕천	80	53,200
50,000	135			대연	62	48,014
60,000	≥150			동삼	-	-
70,000		100	100	연산	92	88,512
≤110,000		>250	250	재송	409	65,404

\* 통행량 : '99 차량교통량 조사결과, 부산광역시, 2000. 1

대기질 측정소 설치시, 요구되는 미기상학적 고려사항중 측정소와 도로와의 최소거리를 부산 지역에 설치운영중인 대기오염자동측정소에 대해 고찰한 결과를 표 6에 나타내었다.

오염물질별 측정소와 도로와의 최소거리를 살펴보면, 범천동, 대연동, 덕천동, 광복동, 연산동 측정소와 같이 차량통행량이 많은 간선도로 주변에 위치한 측정소의 경우는 오염물질별 도로와의 최소거리가 다른 측정소에 비해 가까워서 차량 배출

가스에 의한 영향으로 이들 측정소가 위치한 용도지역에 따른 배출원의 특성을 평가하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 판단된다.

#### 4) 오존농도 추정 및 발령권역 구분

1999년도 고농도 오존발생시(1시간평균 100ppb 초과) 측정소별 1시간평균 오존농도 자료를 이용하여 interpolation method중 kriging 방법에 의해 부산지역의 평균적인 오존 등농도 지도를 그림 4에 나타내었다.

오존 등농도 지도를 살펴보면, 서면을 기점으로 감전동 및 덕천동측정소가 위치하는 서쪽지역, 연산동, 범천동, 대연동측정소가 위치하는 중앙지역에서 높은 오존농도 분포를 보여주고 있다. 또한, 신평동, 재송동측정소가 위치하고 있는 지역은 다소 낮은 분포를 보이고 있으며 광복동과 동삼동측정소에서는 중간 정도의 오존농도 분포를 나타내었다. 측정소 위치 및 오존농도 80ppb를 기준으로 오존경보 발령권역을 행정구역상 구분을 할 경우, 감전동 및 덕천동측정소에서 측정된 자료를 이용하여 북구, 사상구 및 강서구지역을 동일 발령권역으로, 광복동 및 동삼동측정소는 영도구, 중구, 서구지역을, 범천동, 연산동, 대연동 측정소는 부산진구, 동구, 남구, 수영구, 연제구, 동래구지역을, 신평동측정소는 사하구지역, 재송동지역은 해운대구 및 기장군 일부지역을 동일 발령권역으로 구분 되어질 수 있음을 보여준다.

오존경보 발령권역의 구분에서 금정구 및 기장군 일부지역이 기존 대기질측정소를 이용하여 오존경보를 함에 있어 다소 부적절할 것으로 판단되며, 금정구 지역에 대한 대기질 측정소의 추가 설치가 필요한 것으로 판단된다.(그림5)

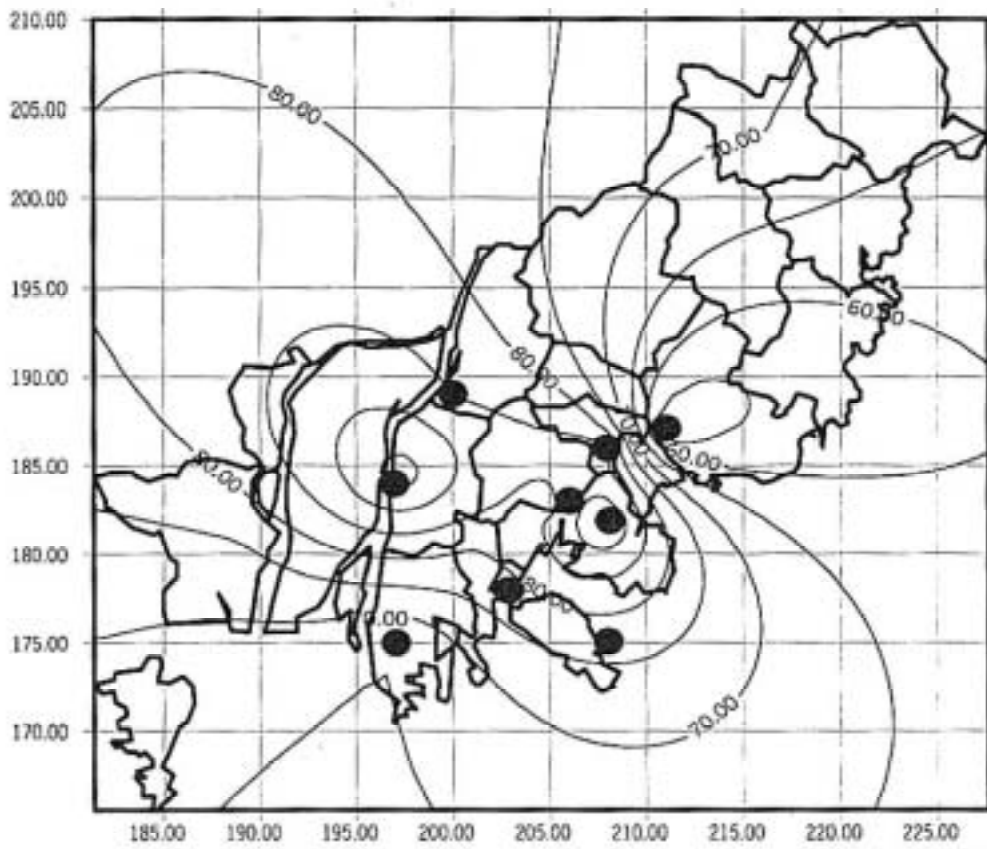


Fig. 4 Distribution of average ozone concentration (1hr ozone > 100ppb).

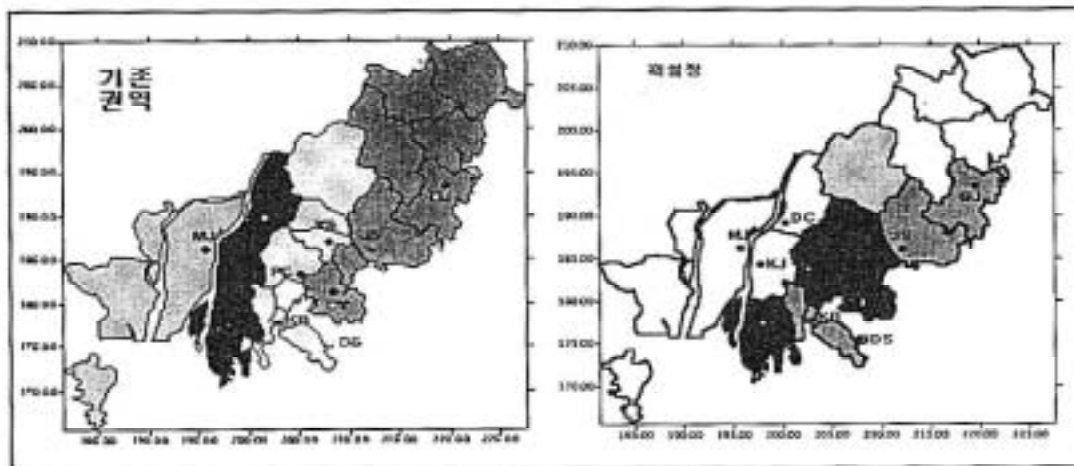


Fig. 5 The re-establishment region of high ozone alarm announcement



Table 7. The estimation of average ozone concentration around station(5X5Km)

구 분	공업지역		상업지역		주 거 지 역				
	감전동	신평동	광복동	범천동	대연동	덕천동	동삼동	연산동	재송동
지역평균 (ppb)	87.5	71.0	79.5	84.5	81.3	85.5	76.9	75.9	67.6
측정소 (ppb)	97.1	67.1	77.5	86.7	95.3	85.9	76.1	84.1	54.0
표준편차	4.0	5.0	6.3	4.6	7.8	4.5	4.7	11.4	11.6
범위	18.9	16.4	28.9	31.8	41.1	21.5	20.0	44.1	40.3

표 7은 위의 고농도 오존발생일 오존분포를 기초로 하여 측정소별 추정된 오존 농도를 나타낸 것으로 대기질측정소를 중심으로 일정한 구역(5X5 Km)안의 지역평균 농도와 측정소에서의 오존농도를 비교하였다.

대기질측정소의 농도와 주변지역의 평균적인 농도를 비교 고찰하여보면, 공업지역에 위치한 감전동측정소는 오존농도가 지역평균보다 10ppb 이상 높게 나타나 다소 차이를 보이지만, 이는 대규모 배출원에 직접적인 영향을 받는 지역의 대기를 측정할 목적으로 공업 지역에 설치한 중간규모(100-500m)의 측정소인 점과 5X5Km 구역 안에서의 지역평균농도에 대한 표준편차가 4.0ppb 정도임을 고려할 때, 적절한 위치로 판단된다. 상업지역에 위치한 광복동, 범천동측정소는 지역평균농도와 측정소에서의 농도가 거의 동일하며, 표준편차를 고려해볼 때 측정소의 오존농도가 지역의 평균적인 농도를 보여 측정소의 위치로 적절한 것으로 판단된다.

주거지역에 위치한 측정소의 경우는 대연동, 연산동측정소에서 측정된 오존농도가 지역평균 보다 높은 결과를 보이는데 이는 앞서 논의된 도로와의 최소거리가 다른 측정소들보다 가까워서 차량 배출가스에 의한 영향이 많은 것으로 주거지역의 평균적인 대기질을 측정하기 위한 위치로 부적절한 것으로 판단된다. 특히, 연산동과 재송동측정소 주변지역에 대한 오존농도의 표준편차가 10ppb를 초과하여 측정소를 중심으로 5X5Km이내 지역에 많은 용도지역의 혼재에 따른 많은 다양한 배출원의 존재로 인해 오존농도의 분포가 많이 다를 수 있음을 시사한다.

또한, 대연동, 연산동측정소는 도로와의 최소거리 및 토지용도지역구분에 따른 지역(공간)을 대표하는 평균 오염도를 파악하기 위해서 재배치하여야 할 측정소로 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구는 부산지역의 대기질자동측정소(9개소)에서 측정된 대기오염 및 기상 자료를 이용하여 통계적 방법 및 등농도 지도 등을 적용하여 기존 대기질 측정소의 위치, 규모 및 오존경보 발령권역 구분에 대하여 분석하였는 바, 그 결과는 다음과 같다.

1. 부산지역의 측정소별 오존의 1시간평균 대기환경기준(100ppb)을 초과한 경우는 '97년도(16 회)에 비하여 '98년도(29회)가 약 2배 이상 증가하였으며, 년중 3회이상 초과해서는 안된다 는 환경기준을 훨씬 초과하고 있다.
2. 1시간평균 대기환경기준 초과시 동일한 용도지역에 위치하고 있는 측정소간의 오존농도 상관계수를 살펴보면, 주거지역이 0.65 - 0.92, 상업지역 0.62, 공업지역 0.80으로 측정소간 상관성에 많은 차이를 보였다. 특히, 용도지역이 달라 오존생성 기인물질의 배출특성이 다른 측정소간에도 1시간평균 오존농도 자료를 이용한 측정소별 상관분석 결과가 높은 공간 상관계수를 나타낸 것은 측정소가 위치한 토지용도지역에 따른 대기오염물질의 배출특성의 반영보다 측정소 주변지역의 여러 토지용도지역의 혼재와 더불어 도시지역에서 자동차 배출가스의 상대적 우월성에 의한 영향이 큰 것 같다.
3. 1시간평균 100ppb를 초과한 고농도 오존발생시 측정소에 대한 군집분석 결과 및 오존의 등 농도 지도를 이용한 오염분포, 측정소의 현상규모 등을 고려한 결과, 오존경보 발령권역을 재설정할 필요가 있으며, 또한, 금정구 및 기장군 일부지역이 기존 대기질측정소를 이용 하여 오존경보를 함에 있어 다소 부적절하며, 금정구 지역에 대한 대기질 측정소의 추가 설치가 필요한 것으로 사료된다.

4. 오염물질별 측정소와 도로와의 최소거리를 살펴보면, 범천동, 대연동, 덕천동, 광복동, 연산 동 측정소와 같이 차량통행량이 많은 간선도로 주변에 위치한 측정소의 경우는 도로와의 최소거리가 다른 측정소에 비해 가까워서 차량 배출가스에 의한 영향으로 측정소가 위치한 용도지역에 따른 배출원의 특성평가는 무리가 있으며 또한, 대연동, 연산동측정소는 지역 (공간)을 대표하는 평균 오염도 파악을 위해 재배치하여야 할 측정소로 판단된다.

## V. 참고 문헌

- 1) K. E. NOLL, T. L. MILLER, "Air monitoring survey design", ANNARBOR SCIENCE Publisher, Inc.
- 2) R. E. Munn, "The design of air quality monitoring networks", London, Macmillan Publishers, LTD., 1981.
- 3) 임희창, 이정목, 경남호, "언덕지형을 지나는 유동에 관한 연구", 한국대기보전학회 12, pp459 - 472, 1996.
- 4) 환경부, 2000년대 대기오염측정망 기본계획, 1999. 4.