

요 약 문

I. 연구개요

부산광역시의 지형 및 특성조사를 통해 위치적 특징과 기후 및 강수량 변화추이를 분석하였고, 대기환경기준 항목인 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5}), 오존(O₃) 등이 점오염원, 면오염원, 이동오염원으로 부터 발생하는 최근 4년간(2010년~2013년)의 배출량 데이터를 분석하였다. 아울러, 지난 10년(2007년~2016년)간의 실측자료를 바탕으로 계절별, 연도별, 지역별 농도추이를 분석하여 부산시 대기오염물질 농도수준 및 대기질 현황조사를 실시하였고, 지역별 배출량 및 호흡률 등을 활용한 위험도 지수 및 인구비례법을 활용한 신규 설치지역을 선정하였으며, 2013년 배출량 자료와 기상자료를 활용하여 AERMOD를 통한 예측치와 실측치를 비교하고, 예측치를 기준으로 대기질측정소 신규설치 지역의 농도 수준을 살펴보았다. 따라서 본 연구에서는 배출량 및 농도, 인구, 호흡률 등이 고려된 위험도 지수는 물론, 인구비례법과 예측농도 등을 종합적으로 판단하여 신규설치 지역, 개수, 단계적 확충방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구배경 및 필요성

우리나라는 급격한 산업화로 인해 인구 집중, 에너지 사용량 증가, 자동차 증가, 산업단지 급증으로 인한 대기오염 문제에 직면해 있다. 또한 중국에서 유입되는 대기오염물질 영향으로 인해 미세먼지 및 산성비 문제 등에 대한 우려가 높아지고 있다. 현재 부산광역시 내 대기오염 측정소는 21개소로 측정망 종류로는 도시대기 측정 19개소, 도로변 측정 2개소로 운영되고 있다. 앞으로 지역별 대기오염물질의 농도수준을 제대로 알기 위해서는 신설측정망이 시급하고, 주민의 생활안정과 민원 해소에도 매우 필요한 실정이다. 특히, 한 지역의 대기오염을 평가하기 위해서는 대기오염물질의 장기적인 모니터링과 함께 고정 및 이동 배출원을 파악하는 것이 필수적이다. 향후, 부산광역시 전체의 대기오염으로부터 주민건강을 보호하여 실외활동을 독려하고, 시민들에게 대기오염에 대한 정보를 제공하기 위해서는 실시간 대기질 정보시스템의 단계적 확충이 무엇보다 필요하다.

Ⅲ. 연구 목표 및 내용

본 연구의 목적은 부산시내 대기환경기준 물질의 농도분포 현황을 파악하고, 시민 건강보호를 위하여 인구, 배출량 등에 따른 측정망 신규 필요지점의 선정에 따른 측정소의 단계적 확충방안을 제시하는 것이다.

- 부산광역시 21개소의 대기오염 측정소 및 측정농도 현황 파악
- 대기오염물질 배출량에 기초한 예측모델링 실시(AERMOD 활용)
- 위험도 지수, 인구비례법 등을 활용한 대기오염 측정소 신설 필요지점 평가 및 단계적 확충방안 제시

Ⅳ. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 부산시 전역에 대해 대기질 자동측정소의 측정 데이터를 기반으로 대기오염물질의 농도현황 및 수준을 평가하고 배출량, 인구, 위험도 조사 등을 통하여 중장기적인 관점에서의 대기질 측정소 확충방안을 마련하기 위함이다. 먼저, 기상자료는 2006년부터 2015년까지 10년간 자료를 분석하였고, 2007년부터 2016년까지 최근 10년간의 대기질 자동측정망 자료를 활용하여 시·공간적 특성을 파악하였다. 또한 배출원 자료 분석은 국립환경과학원에서 입수한 최근 자료인 2010년부터 2013년까지 4년간의 CAPSS 자료를 활용하였고, 예측 모델링에는 2013년 배출량 자료와 2013년 기상자료를 활용하였다.

따라서, 본 연구에서는 부산시의 대기질 현황, 배출량 현황 등의 자료 분석은 물론, 각 지역별 대기 위험도 지수 산정 및 인구비례법, 예측모델링을 통한 측정치의 상관성 분석 등을 활용하여, 최종적으로는 부산시 내에 확충해야 할 대기질 측정소 위치와 개수 등을 제시하고 단계적인 확충방안을 도출하는 것이다.

Ⅳ. 연구결과 및 고찰

1. 부산광역시 지역의 특징조사

1.1 인구 및 주거환경 현황

- 인구는 2015년 기준으로 외국인 중 외국국적동포 국내거소자 신규 포함으로 전년말 대비 2,064명(0.06%)이 증가하였다. 현재 부산인구는 355만명이다.
- 부산의 행정구역은 2015년 12월말 기준으로 15구·1군, 2읍·3면·206동이며, 면적은 769.97km²로서 전국토의 0.76%를 차지하고 있으며, 총 주택수는

1,358,554호로서 101.1%의 주택보급률을 보이고 있으며 이 중 아파트가 52.2%로 가장 많고, 단독주택 31.5%, 다가구 21.1%, 다세대주택 10.8%, 연립주택 4.0% 등의 순이다.

1.2 교통 및 대기종별 업체수 현황

- 부산광역시 도로 현황을 2015년 기준으로 살펴보면, 포장 3.178km로 포장율 99.6%를 차지하고 있으며, 이에 따른 자동차 보유대수는 1,225,722대로 2006년 대비 26.3%가 증가 하였다.
- 대기배출업소는 2015년 12월 31일 현재 총 2,395소이며, 연간 대기오염물질 발생량이 2톤 미만인 5종 사업장이 1,272개소로 52.9%를 차지하고 있다.

1.3 대기오염 측정망 현황

- 대기오염측정망은 측정항목별로 부산광역시와 환경부에서 각각 설치하여 운영하고 있으며 실시간으로 측정된 농도를 확인할 수 있는 시스템이 구성·운영되고 있다.

구분	지 방 망					국 가 망			
	도시대기 측 정 망	도 로 변 측 정 망	대기중금 속측정망	시정거리 측 정 망	산성강하 물측정망	이 동 측 정 망	광 화 학 측 정 망	유해대기 측 정 망	산성강하 물측정망
개소	19	2	5	1	0	1	5	2	2

2. 부산광역시 기상 특성

- 최근 10년간 부산광역시의 일반적인 기상 개황은 10년간 평균 기온은 14.98℃로 나타났으며, 최고 및 최저 평균기온은 33.4℃, -8.22℃로 나타나 이는 전국 평균 기온에 비해 높은 수준이다. 연평균 강수량은 1,487 mm 수준이며, 상대 습도는 61.9%, 일조시간은 2,378시간 등으로 나타났다.
- 기상현상일수를 분석한 결과, 강수일수는 평균 103일로 비슷한 수준을 유지하는 것으로 나타났으며, 눈 발생일수는 평균 3회, 안개는 10회 등으로 나타났다. 맑음과 흐림일수는 각각 113일, 103일로 비슷한 비율로 나타나는 특징을 보였다.

3. 부산광역시 대기오염측정소 별 오염농도 분석

- 부산광역시 내 설치된 21개 측정소의 최근 10년(2007~2016년)간 평균농도를 기준으로 분석한 결과, PM₁₀ 농도는 대기환경 연평균 기준치 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 다소 낮은 48.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으나, 측정소별로 농도 차이가 많이 나는 것으로 조사되었고, PM_{2.5}는 26.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (대기환경기준 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 다소 높게 나타났다. SO₂농도는 0.006 ppm(대기환경기준 0.02 ppm), CO농도 0.42 ppm(대기환경기준 8시간 평균치 9ppm), O₃ 농도 0.027 ppm(대기환경기준 8시간 평균치0.06ppm) 등으로 대기환경기준치 이하로 나타나 미세먼지 이외에는 양호한 환경조건을 가지는 것으로 조사되었다.
- 대기오염물질 간 상관도 분석은 최근 5년간(2012~2015년)의 일일 평균농도를 활용하였고, 분석 결과 O₃은 NO_x와 r 값이 -0.469로서 부적 상관을 보였고 PM₁₀ 및 M_{2.5}와는 정적 상관을 보였다. NO_x도 O₃, SO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5} 등 모든 항목과 유의한 상관성을 보였고, PM₁₀은 O₃, SO₂, CO, NO_x, PM_{2.5} 등 모든 항목과 유의한 정적 상관성을 보였고, PM_{2.5}와는 상관계수 r값이 0.825로서 높은 상관성을 보였으며, PM_{2.5}도 O₃, SO₂, CO, NO_x, PM₁₀ 등의 모든 항목과 유의한 정적 상관성을 보였다.
- 대기오염물질과 기상요소와의 상관성 분석결과, 온도는 6개 대기오염물질 항목 모두와 약간의 상관성을 보였으며, O₃ 및 SO₂와는 정적 상관을 보였고 CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}와는 부적 상관을 보였다. 풍속도 6개 항목 모두와 약간의 상관성을 보였고, O₃을 제외한 SO₂, CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}와는 부적 상관을 보였고, 습도는 6개 항목 모두와 부적 상관성을 보였다.
- 각 측정소별 농도수준의 유사성 및 측정소의 중복성을 파악하기 위해 군집분석을 실시한 결과 주거지역, 상업지역, 공업지역 등에 따라 약간의 유사성이 나타났으나, 인접하는 측정소간의 유사성은 낮은 것으로 나타났다. 즉, 인접하여 설치되어 있는 측정소라 하여 대기오염물질별 농도 수준이 반드시 비슷하게 나타나지는 않은 것으로 조사되어 기존 측정소의 중복성은 거의 없는 것으로 판단된다.

4. 부산광역시 대기오염물질 배출 특성

- 부산광역시 16개구(강서구, 금정구, 기장군, 남구, 동구, 동래구, 부산진구, 북구, 사상구, 사하구, 서구, 수영구, 연제구, 영도구, 중구, 해운대구)를 대상으로 점·면,

이동오염원의 연간 배출량(kg/yr)을 국립환경과학원에서 제공하는 대기정책지원 시스템(CAPSS) 자료를 활용하여 분석을 수행하였다.

- 먼저 점오염원에서 PM₁₀은 전체 배출량이 다소 감소하는 추세로 나타났고, PM_{2.5}인 경우 PM₁₀과 비슷한 것으로 나타났다. NO_x는 증가와 감소를 반복하는 추세이며, VOC는 연도별 추이는 비슷한 것으로 나타났다.
- 면오염원에서는 먼저 PM₁₀의 전체 배출량은 지속적으로 증가와 감소를 기록하는 것으로 조사되었고, PM_{2.5} 배출량은 다소 감소하는 추세로 나타났다. NO_x의 전체 배출량은 지속적으로 감소를 기록하는 것으로 조사되었고, SO_x는 배출량이 크게 감소한 것으로 나타났으며, CO의 전체 배출량은 2011년 이후부터 배출량은 감소하는 추세로 나타났고, VOC는 2011년 이후부터 배출량은 감소하는 추세로 나타났다.
- 이동오염원은 CAPSS 자료에 대해 6가지 물질에 대한 배출량을 분석한 결과, PM₁₀ 배출량은 2011년도에 급격히 감소하였다가 이후 유지하는 것으로 조사되었고, NO_x 배출량은 2010년도부터 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. SO_x 배출량의 추세는 큰 변화가 없는 것으로 나타났고, CO 배출량은 약간씩 감소하는 추세로 나타났으며, VOC 배출량은 지속적으로 유지하는 추세로 나타났다.

5. 대기오염측정소 필요지점 평가

5.1 IF지수를 이용한 노출위험도 분석 및 추가측정망 평가

- IF 지수를 이용한 위험도 산정 연구는 대기오염을 직접적으로 유발하는 배출원으로부터 배출된 오염물질을 인체가 직접적으로 노출하면서 흡입하는 원리인 Emission-to-effects의 원리를 적용하였다. 즉, 인체의 노출량과 배출원에서 배출되는 배출량과의 관계, 대기 중의 농도를 종합적으로 판단하여 계산하였다. 아울러 IF지수 값을 구하기 위해 호흡률은 아시아인들을 대상으로 측정된 값을 계산하여 적용하였으며, 기존 연구(Luo, 2010)에서 분석된 호흡률 중, 가장 보편적인 성인의 호흡률을 선정하였고, 실내 호흡률 13.8m³/day, 도로인근 15.5m³/day, 기타 실외 20.5m³/day로 나누어 각각 분석하였다.
- 대상지역으로는 부산시 16개구(104개 동·읍)를 대상으로 점·면·이동오염원의

PM10 연간 배출량(kg/yr)을 구하였으며, CAPSS 자료는 2013년 자료를 활용하였다. 또한 부산시 대기질 농도자료는 실제로 측정된 농도인 각 측정망의 평균 농도 값을 적용하였고, 전체 수용점은 104개 동·읍을 대상으로 평가하였고, 인구분포는 2014년 통계청의 부산시 인구조사자료를 적용하였다. 최종적으로 계산된 IF 지수 값은 GIS프로그램(Canvas 14, USA)를 활용하여 도식화하였다.

- 전체적으로 호흡율의 변화(실내 : $13.8 \text{ m}^3 \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, 자동차인근 : $15.5 \text{ m}^3 \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, 실외 : $20.5 \text{ m}^3 \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)에 따라 실외의 IF지수 값이 가장 높은 전형적인 형태를 나타내었다. 만약 IF지수 값이 1이라고 하였을 경우, 이 수치는 1톤의 PM10이 대기 중으로 배출되었을 경우, 그 지역에 사는 인체가 흡입하는 PM10이 1g 수준임을 의미하는 것이다.(Zhou et al. 2003)
- 각 구(동)별 IF 노출위험도 지수 값을 기초로 하여 현재 부산시 내 위치한 21개 측정망 (도시대기 19개, 도로변 2개) 이외 추가적으로 신설이 필요한 지역을 평가한 결과, 중구인 경우 노출위험도 지수가 대체로 낮은 것으로 나타났고, 보수동 지역이 노출 위험도가 가장 높았으나, 인근 광복동 지역에 측정망이 운영되고 있으므로 추가적인 측정망 설치의 필요하지 않은 것으로 판단되었다. 또한, 금정구 서동(0.67)의 경우 위험도 지수가 높은 것으로 나타났으나 인근지역인 부곡동이나 명장동에 기존 측정소가 있으므로 추가적인 측정망 설치의 필요하지 않은 것으로 판단되었다.
- 동구 및 서구, 남구, 연제구, 수영구, 강서구, 기장군의 경우 노출위험도 지수가 낮거나 구역 위치상 기존 측정소에서 농도수치를 확보할 수 있는 지역으로 나타나 측정소 설치가 불필요한 것으로 판단되었고, 해운대구는 좌동 및 재송동의 노출 위험도 지수가 부산지역 평균 이상으로 나타나 재송동의 경우에는 향후 추가설치가 필요한 것으로 판단되었다.
- 동래구의 경우 노출위험도 지수(0.55)가 비교적 높아 온천동(0.81) 인근에 추가적인 측정망이 필요하고, 영도구의 경우 노출위험도 지수 값이 높은 청학동(0.6) 부근에 추가설치가 필요한 것으로 나타났다. 북구에서는 화명동(0.77)이 노출 위험도 지수가 가장 높았으므로 신규설치가 필요하고, 부산진구 개금동(0.85)과 사하구 괴정동(0.56)의 위험도 지수도 매우 높은 것으로 나타나 새로운 측정소가 필요한 것으로 판단 되었다. 또한, 사상구에서는 모라동의 위험도 지수가 가장 높은 것으로 나타났고, 감전동과 덕포동이 비슷한 수준으로 나타났다. 감전동

인근 지역인 학장동에는 기존 측정소가 있으므로 사상구의 경우에는 모라동이나 덕포동에 1개로 추가 설치하는 것이 타당한 것으로 조사되어졌다.

5.2 인구비례법을 활용한 측정망 평가

- 인구비례법에 의한 측정지점수 산정방법은 대상지역의 인구수와 면적을 적용한 인구밀도와, 대상지역의 거주지 면적(총면적에서 전답, 임야, 호수, 하천, 과수원, 도로, 철도 등을 제외한 면적)으로 측정망의 지점 수를 산정하는 방식을 사용한다.
- 인구비례법에 의한 대기오염측정소 측정지점수 분석결과, 중구는 측정점수가 0.63개소, 서구 측정점수 0.77개소, 수영구 1.38개소, 연제구 1.93개소, 금정구 22.31개소, 기장군 0.93개소로 거주비율이 높지 않거나 현재 설치된 측정소만으로 농도 수치를 확보할 수 있어 추가설치가 필요하지 않은 것으로 나타났다.
- 영도구는 필요한 측정점수가 2.55개소로 나타났고 거주비율도 높아 청학동 1곳에 추가로 설치해야하는 것으로 판단되었고, 부산진구는 측정점수가 2.49개소로 전포동 1곳에 추가로 설치해야 하며, 해운대구는 총 3.99개소 측정망이 필요한 가운데 재송동 1곳을 추가로 설치해야 하는 것으로 나타났다.
- 사하구는 필요 측정점수가 총6.99개소로 높은 거주비율과 높은 인구 밀도 지역이 많아 기존 장림동 이외의 괴정동에 1개소 추가 설치가 필요하고, 남구는 5.63개소로 기존 광안동 이외 용호동 등에 1개의 추가 설치를 검토해 볼만하다.
- 동래구는 총 필요 측정점수가 2.38개소로서 명장동과 온천동에서 인구 거주비율이 높은 것으로 나타나, 기존 명장동 이외 온천동 등에 1곳의 측정소 추가설치가 필요한 것으로 조사되어졌고, 사상구는 총 측정점수가 2.8개소로 현재 운영 중인 학장동 이외의 모라동이나 덕포동에 1개소를 추가로 설치해야하는 것으로 판단되어졌다.
- 강서구 필요 측정점수는 총 1.76개소이나, 명지동 등의 급속한 인구증가에 따라 향후 측정소를 추가하는 것에 대한 고민이 필요하며, 북구는 필요 측정점수가 4.76개소이나 현재 덕천동 1곳만이 운영되고 있으므로 인구밀도가 높은 화명동에 추가적인 측정망 설치가 필요하다. 2023년의 인구를 예측한 결과, 해운대구, 강서구, 수영구, 기장군을 제외하고는 전체적으로 약간 감소하는 것으로 나타났다.

5.3 AERMOD를 이용한 대기오염물질 예측농도 평가

- 부산시 16개구를 대상으로 PM10의 점·면·이동오염원의 연간 배출량(kg/yr)을 국립환경과학원에서 제공하는 2013년도 대기정책지원시스템(CAPSS) 자료를 활용하여 AERMOD를 이용하여 PM10 농도를 예측한 결과, 전체적으로 배출량과 기여도가 높은 강서구 지역과 중구, 사하구 등을 중심으로 주풍향(남서풍, 서풍, 북동풍)을 따라 수영구, 연제구, 동래구 방향으로 확산되는 것으로 예측되어졌다.
- 강서구 녹산공단 및 신항만지역 등에서 배출된 PM10은 북으로 약 15km 떨어진 대저동과 강동동까지 북동 방향으로 확산되는 분포를 나타내었고, 사상구의 일부지역까지 영향을 주는 것으로 예측되었으며, 배출량 기여도가 높았던 사하구, 동구, 서구 등은 풍향을 따라 남쪽방향으로는 영도구, 북동쪽 및 북쪽 방향으로는 남구, 수영구, 연제구, 동래구 일부 구간까지 넓은 지역에 걸쳐 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 특히 해운대구의 경우, 구역 내에서 배출되는 배출량의 기여도가 부산시 전체의 약 6.9%로 6번째 높은 지역으로, 남쪽지역에서 배출된 PM10의 영향과 자체적으로 발생하는 배출기여에 의해 영향을 동시에 받는 것으로 예측되어졌다. PM10농도가 가장 낮게 예측된 지역은 기장군으로, 배출량의 기여도는 6.3%로 상대적으로 높은 편이나, 넓은 지역에 분포한 산 등에 의한 지리적 특징으로 인해 다른 지역에서 배출된 PM10에 의한 영향을 가장 낮게 받는 것으로 판단되어졌다.
- 예측농도와 실측농도의 상관도가 높은 지역은 대연동, 전포동, 부곡동, 명장동, 녹산동, 좌동, 수정동, 온천동, 초량동, 기장읍 등으로 나타났고, 상관성이 평균 수준인 지역은 연산동, 태종대, 광안동, 대신동 등 4개 관측망으로 나타났다.
- 예측농도와 실측농도의 상관성이 낮은 지역으로는 광복동, 장림동, 학장동, 덕천동, 청룡동, 대저동, 용수리 등 7개 지역으로 나타났고, 특히 상관성이 낮은 지역은 사하구와 사상구, 그리고 가장 이격거리가 먼 기장군지역으로 나타났으며, 확산모델의 예측 특성상 연평균 풍향 등에 의한 확산되는 특성과 지리적인 특징(고도 등)에 의해 일부지역의 농도가 낮게 예측되는 경향이 있기 때문으로 판단된다.
- 전체적으로 도심중심에 위치한 지역의 경우는 대체적으로 상관도가 높게 나타났으며, 남쪽 해안지역, 낙동강 하류 인근지역, 산맥 등이 주변에 위치한 지역 등은 상관도가 낮은 특징을 보였다.

V. 결론

- 현재 부산에는 총 21개의 측정소가 설치되어 운영되고 있으며, 2007년부터 2016년까지 최근 10년간 부산지역의 대기오염자동측정망 자료를 활용하여 PM10, PM2.5, SO₂, NO₂, O₃, CO 등 6가지 항목에 대해 연도별, 계절별로 대기오염농도 변화와 대기환경 기준치와의 비교분석을 수행한 결과, 미세먼지(PM-10) 농도는 전년대비 황사일수(8일→5일) 감소 등의 영향으로 다소 감소하였으며, 오존은 해안을 접하고 있는 지리적 여건으로 타 도시에 비해 높은 수준 일뿐 아니라 환경기준을 초과하는 횟수도 증가하는 추세에 있는 것으로 나타났다.
- 최근 5년간(2012~2016년) 측정소별 대기오염물질 농도분포를 살펴보면, PM10 농도는 가장음 측정소가 35.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 가장 낮고, 공단지역인 장림동 측정소가 58.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 가장 높은 것으로 분석되었다. PM2.5 농도는 가장음 측정소가 21.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 가장 낮고, 공간지역인 학장동 측정소가 34.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 가장 높은 것으로 분석되었다.
- 대기오염물질 간 상관도 분석결과, O₃과 NO_x은 r 값이 -0.469로서 타 항목들보다 더 상관성이 있는 것으로 분석되었고, PM10은 O₃, SO₂, CO, NO_x, PM2.5 등 모든 항목과 유의한 정적 상관성을 보였으며, PM2.5와는 상관계수 r값이 0.825로서 높은 상관성을 보였다. PM2.5도 O₃, SO₂, CO, NO_x, PM10의 모든 항목과 유의한 정적 상관성을 보였다.
- 기상인자와 대기오염물질 간 상관도 분석결과, 온도는 6개 항목 모두와 상관성을 보였고, O₃ 및 SO₂와는 정적 상관 CO, NO_x, PM10, PM2.5와는 부적 상관을 보였으며, 풍속은 6개 항목 모두와 상관성을 보였고, O₃을 제외한 SO₂, CO, NO_x, PM10, PM2.5와는 부적 상관을 보였다. 한편, 습도도 6개 항목 모두와 부적 상관성을 보였고, 상관성의 정도는 높지 않은 것으로 나타났으며, 측정소간 군집분석 결과 주거지역, 상업지역, 공업지역 간의 유사성은 비교적 높은 것으로 나타났으나, 거리가 가까운 인접측정소 간 유사성은 낮은 것으로 조사되어 기존 측정소 간의 중복성은 낮은 것으로 조사되었다.
- 부산지역의 점오염원 배출량을 분석한 결과, PM10 및 PM2.5의 경우 다소 감소하는 추세로 조사되었으며, NO_x의 배출량은 증가와 감소를 반복하는 추세이고, SO_x의 배출량은 2011년 이후 감소하는 추세로 나타났다. CO의 경우 감소하였다가 다시 증

가하였고, VOC의 배출량은 연도별로 비슷한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

- 면오염원에 대해 6가지 물질에 대한 배출량을 분석한 결과, PM10의 경우 배출량은 증가와 감소를 지속하는 것으로 조사되었으며, PM2.5의 경우 다소 감소하는 경향을 나타내었다. NOx의 배출량은 지속적으로 감소하는 것으로 나타났고, SOx의 경우 배출량은 큰 폭으로 계속 감소하는 것으로 조사되었다. CO의 경우 2011년 이후부터 감소추세이며, VOC의 배출량 또한 2011년 이후부터 감소하는 것으로 나타났다.
- 한편, 이동오염원에 대해 6가지 물질에 대한 배출량을 분석한 결과, PM10의 경우 배출량은 2011년도에 급격히 감소하였다가 이후 유지하는 것으로 나타났고, PM2.5의 경우 배출량에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. NOx의 배출량은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났고, SOx의 경우 배출량에 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다. CO의 경우 약간씩 감소하는 추세이며, VOC의 배출량 또한 비슷한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.
- 최근 4년간(2010년~2013년)의 점, 면, 이동오염원의 총 배출량을 합산하여 각 지역별 배출 기여도를 산정한 결과, PM10은 강서구가 총 배출량의 14.1%로 가장 높은 기여도를 나타내었으며 사하구, 서구, 부산진구 순으로 기여도가 높은 것으로 나타났다. PM2.5는 PM10과 마찬가지로 강서구가 PM2.5 총 배출량의 20.2%로 가장 높은 기여도를 나타냈으며 사하구, 서구, 동구 순으로 기여도가 높은 것으로 나타났다. NOx의 기여도를 분석한 결과, 강서구가 총 배출량의 21.8%로 가장 높은 기여도를 보였고 사하구, 서구, 동구 순으로 높은 기여도를 보였으며, SOx의 기여도를 분석한 결과 영도구가 높은 면오염원 배출량에 기인하여 24.2%의 높은 기여도를 나타내었고 강서구, 서구, 사하구, 동구 순으로 분석되었다. CO의 기여도는 사하구가 전체의 15.8%로 가장 높은 기여도를 보였으며 강서구, 부산진구, 해운대구 순으로 나타났고, VOC의 기여도는 영도구 21.5%, 강서구 12.5%를 보였다. 종합적으로 모든 대기오염물질의 기여도를 분석한 결과 강서구, 사하구, 서구, 동구, 영도구 등에서 기여도가 가장 높은 것으로 분석되었으며 중구, 수영구, 연제구 등의 기여도가 낮은 것으로 평가되었다.
- 각 구(동)별 IF 노출위험도와 인구비례법을 기초로 하여 현재 부산시 내 위치한 21개 측정망(도시대기 19개, 도로변 2개) 이외 추가적으로 신설이 필요한 지역을 평가한 결과, 중구의 경우 노출위험도 지수가 대체로 낮은 것으로 나타났고, 보수동 지역이

노출 위험도가 약간 높았으나, 인근 광복동 지역에 측정망이 운영되고 있으므로 추가적인 측정망 설치의 필요하지 않은 것으로 판단되었다. 또한, 금정구 서동(0.67)의 경우 위험도 지수가 높은 것으로 나타났으나 인근지역인 부곡동이나 명장동에 기존 측정소가 있으므로 추가적인 측정망 설치의 필요하지 않은 것으로 판단되었다.

- 동구 및 서구, 남구, 연제구, 수영구, 강서구, 기장군의 경우 노출위험도 지수가 낮거나 구역 위치상 기존 측정소에서 농도수치를 확보할 수 있는 지역으로 나타나 측정소 설치 불필요한 것으로 판단되었고, 해운대구는 좌동 및 재송동의 노출위험도 지수가 부산지역 평균 이상으로 나타났고 인구밀도도 높으므로 재송동의 경우에는 향후 추가설치가 필요한 것으로 판단되었다.
- 영도구의 경우 노출위험도 지수 값이 높은 청학동(0.6) 부근에 추가설치가 필요한 것으로 나타났고, 사하구 괴정동(0.56)의 위험도 지수도 매우 높은 것으로 나타나 새로운 측정소가 필요한 것으로 판단되어졌다. 또한, 사상구에서는 모라동(0.51)의 위험도 지수가 가장 높은 것으로 나타났고, 감전동(0.46)과 덕포동(0.43)이 그 다음으로 비슷한 수준으로 나타났다. 감전동 인근 지역인 확장동에는 기존 측정소가 있으므로 사상구의 경우에는 모라동이나 덕포동에 1개를 추가로 설치하는 것이 타당한 것으로 조사되어졌다.
- 부산진구의 경우, 현재 전포동에 설치된 위치는 매우 타당하며, 다만 인구밀도가 높고 IF 노출위험도 지수 값이 높은 개금동의 경우는 추가 측정망 1개소가 필요해 보인다. 동래구의 경우, 인구비례법과 IF 노출위험도 지수 값을 고려할 때 온천동 인근에 측정망 신설이 필요한 것으로 판단된다.
- 북구에서는 인구밀도가 높고 노출위험도가 높은 화명동(0.77)에 신규설치가 필요하고, 현재 설치되어 있는 덕천동 측정소의 경우에는 주거지역 변두리에 위치하여 대기질을 대표하기 어렵고, 고속도로의 영향을 크게 받는 위치이므로 덕천동 내(덕천초등학교 등)에서 혹은 구포동과의 경계지점 인근으로 이전할 필요가 있다.
- 인구 비례법에 대한 측정점수 결과 값은 중구 0.63개소, 서구 0.77개소, 영도구 2.55개소, 부산진구 2.49개소, 해운대구 3.99개소, 수영구 1.38개소, 사하구 6.99개소, 연제구 1.93개소, 남구 5.63개소, 동래구 2.38개소, 사상구 2.86개소, 금정구 2.31개소, 강서구 1.76개소, 북구 4.75개소, 기장군 0.93개소 등으로 나타났다. 따라서 현재 설치되어 있는 측정소를 고려하면 영도구, 부산진구, 해운대

구, 사하구, 남구, 동래구, 사상구, 북구에 신규설치가 필요한 것으로 판단된다.

- 부산시 16개구를 대상으로 PM10의 점·면·이동오염원의 연간 배출량(kg/yr)을 국립환경과학원에서 제공하는 2013년도 대기정책지원시스템(CAPSS) 자료를 활용하여 AERMOD를 이용하여 PM10 농도를 예측한 결과, 전체적으로 배출량과 기여도가 높은 지역인 강서구, 중구, 사하구 등을 중심으로 주풍향을 따라 수영구, 연제구, 동래구 방향으로 확산되는 것으로 예측되어졌다.
- 예측농도와 실측농도의 상관도가 높은 지역은 대연동, 전포동, 부곡동, 명장동, 녹산동, 좌동, 수정동, 온천동, 초량동, 기장읍 등으로 나타났고, 상관성이 평균수준인 지역은 연산동, 태종대, 광안동, 대신동 등 4개 관측망으로 나타났다. 예측농도와 실측농도의 상관성이 낮은 지역으로는 광복동, 장림동, 학장동, 덕천동, 청룡동, 대저동, 용수리 등 7개 지역으로 나타났고, 특히 상관성이 낮은 지역은 사하구와 사상구, 그리고 가장 이격거리가 먼 기장군지역으로 나타났다.
- IF지수 산정결과 및 인구비례법에 의한 결과, 그리고 AERMOD 확산모델 결과 등을 종합적으로 고려하여 현재 측정소가 설치되어 있는 지역과 비교하여 추가설치가 필요한 지역을 선정하였다. 그 결과, 도시대기질 측정소의 신규 설치지역으로는 영도구 청학동, 부산진구 개금동, 동래구 온천동, 북구 화명동, 해운대구 재송동, 사하구 괴정동, 사상구 덕포동(또는 모라동)으로 나타났고, 도로변 측정을 위하여 서면로터리 인근, 주례동, 덕천역 근처 등 3곳에 신규설치가 필요하며, 항만영향을 파악하기 위하여 감천항에 측정소가 필요할 것으로 판단되어졌다.

이와 같이 도시대기질 측정소 7개와 도로변 측정소 3개, 항만 측정소 1개 등 총 11개의 신규 설치는 부산시에서 2018년~2025년까지 4단계로 나누어 진행할 것을 제안한다. 1단계(2018년~2019년)에는 부산진구(개금동) 및 사하구(괴정동)와 사상구(덕포동 또는 모라동), 2단계(2020년~2021년)에는 해운대구(재송동) 및 북구(화명동)와 영도구(청학동), 3단계(2022년~2023년)에는 동래구(온천동) 및 도로측정소(서면)와 항만영향(감천항), 4단계(2024년~2025년)에는 도로측정소(주례, 덕천) 순으로 설치하여 단계적으로 측정소를 확대하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 다만, 향후 부산시의 지역별 발전 정도에 따른 인구증가, 배출량 및 농도변화와 민원, 현장조사 등을 통하여 필요시 우선 순위를 변경할 필요가 있다.