

요 약 문

우리나라의 대기질 관리 대책은 일반적으로 각 지자체가 관리 주체가 되어 추진되고 있다. 그러나 배출원으로부터 대기 중으로 배출된 대기오염물질은 상호 반응을 통해 2차 오염물질을 발생시키기도 하지만 기상현상에 따라 자유롭게 이동하여 해당지역의 행정구역 경계 뿐 아니라 해당국가의 국경을 넘어 이동하기도 한다.

이러한 특징들로 인해 대기오염물질은 인위적으로 결정된 행정구역의 단위가 아닌 대기권역별로 관리가 되어야 하는데 현재의 방법처럼 각 지자체가 주체가 되어 그 지역의 대기질을 관리해 나갈 경우 지자체별로 대기질 관리에 대한 초점이 서로 상이할 우려가 있다. 뿐만 아니라 행정구역을 넘어 미치게 되는 영향 및 현황파악이 어려우며 행정구역 밖에서 유입되는 대기오염물질에 대한 영향 파악 또한 불가능해 질 수 있어 지자체별 대책이 실효성을 거두지 못하는 등 효율적인 대기질 관리가 이루어지지 못하고 있는 것이 현실이다.

따라서 효율적이고 체계적인 대기질 관리 대책수립을 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 동일한 대기영향권역을 하나의 지역으로 통합하여 관리하는 체계가 필요한데 이는 이미 현행의 환경정책기본법 제23조에서도 언급하여 법적 조항으로 명시하고 있다.

대기영향권역별로 대기질 관리가 통합되어 이루어질 경우, 영향권 내의 모든 배출원에 대한 정보 획득이 용이해지고, 동일 영향권 내에 각 지자체별로 산재하고 있는 대기질 자동측정망의 효율적인 재배치 및 개수 조정이 합리적으로 이루어질 수 있어 높은 해상도의 대기질 현황파악이 가능해 진다. 또한 공통된 오염물질에 대해 공동 대처를 수행함으로써 대기질 대책 수립 및 시행에 있어 직접적인 비용이 절약되고, 오염물질의 장거리 이동에 대한 공동 대책을 마련할 수 있는 등 행정구역별로 대기질 관리대책을 수립·시행하는 것에 비해 많은 장점이 있다.

그러나 현실적으로는 이러한 장점에도 불구하고 효율적인 대기영향권별 관리가 이루어지지 못하고 있다. 이는 각 지방자치단체간의 역할 구분이 어렵고, 대기오염물질의 이동현상에 따른 오염물질별 대기영향권을 정확히 추정하기 어렵기 때문에, 지자체별로 대기영향권별 관리가 필요하다는 공감대 형성은 되어 있으나 실효성 있는 영향권별 대기질 개선대책 수립을 위한 유기적인 공조체제가 미흡한 실정이다.

특히 부산광역시를 비롯하여 울산광역시 및 경상남도 일부 지역은 이미 대기오염

도가 대기환경기준을 초과하여 대기규제지역 또는 특별대책지역으로 지정되어 관리 중에 있으므로, 동남권의 효율적인 대기질 개선 및 유지를 위해 부산·울산·경남지역 내 동일한 대기영향권역을 파악하고 이를 토대로 한 지역 간 통합관리방안 마련이 시급하다. 이러한 필요에 의해 최근에는 행정구역이 인접한 부산시와 김해시의 일부를 통합해 부산권역 대기환경개선 실천계획이 수립되기도 하였으나 이는 체계적인 통합관리의 차원이 아니라 단지 대책수립의 편의성에 초점이 맞추어 이루어졌다고 할 수 있다.

따라서, 대기질 관리는 각 지자체 중심에서 벗어나 대기영향권역을 설정하여 관리되어야 하는데 이러한 차원에서 부산, 울산 및 경남의 경우도 하나의 영향권역으로 간주해 대기질을 관리해 나갈 필요가 있다. 동남권 지역의 광역대기관리가 보다 실천지향적인 방향으로 나아가기 위해서는, 해당권역의 현황과 특성파악을 토대로, 최근 대기환경관리 정책의 변화추세를 반영한 다양한 대기정책수단에 대한 적절한 분석과 평가를 통하여 대기질 개선을 위한 구체적 실천전략을 조속히 수립해 나가야 한다.

최근 들어서는 인체 유해성이 큰 대기오염물질에 대한 관리 및 온실가스과 대기오염물질의 연계관리 필요성 등이 대두됨에 따라 국가차원에서 환경관리정책의 변화가 요구되고 있으며, 이미 우리나라의 경우, 법적, 제도적인 근거가 마련되고 있다. 따라서 이러한 모든 부분을 고려한 합리적이고 체계적인 대기질 통합관리가 이루어져야 할 필요가 있다.

본 연구과제는 아래의 표와 같이 연구가 진행되었으며, 향후 계속 추진될 계획이다.

추진전략	추진방법
<p>동남권역 대기오염모델링을 위한 준비작업</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대기오염 배출량 자료의 보완 및 모델링 입력자료화 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도 연구에서 작성했던 배출원 목록의 재확인 작업 ▪ 2009년 배출량 자료의 특성 및 배출량 추이 분석 ▪ 향후 모델링 입력자료의 배출량자료 개선방안 ○ 기상모델의 선정 및 기상모델링 수행 <ul style="list-style-type: none"> ▪ MM5 및 WRF 기상모형의 장단점 비교 분석 ▪ 연구에 적합한 기상모형 선정 ▪ 선정된 기상모형을 이용한 예비 모델링 ▪ 기상 시나리오 선정 및 기상모델링 ○ 광역대기권 분석에 적합한 모델 검토 및 예비 모델링 실시 <ul style="list-style-type: none"> ▪ AERMOD, CALPUFF 등 광역대기오염 모델에 적합한 모형의 장단점 분석 ▪ 연구에 적합한 대기오염모형 선정 ▪ 선정된 대기오염모형을 이용한 예비 모델링 ▪ 수용모델의 활용방안 모색
<p>동남권역 장단기 대기오염도 저감을 위한 실행가능한 정책 선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국가차원의 대기오염관리 방향 및 대책 ▪ 수도권 대기오염 특별법의 장단기 대책 정리 및 적용가능성 분석 ▪ 동남권역 대기오염 저감을 위한 실행 가능한 정책 선정
<p>선정된 정책시나리오의 효과분석을 위한 대기오염 모델링</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대기오염저감정책 적용에 따른 배출삭감량 산정 ▪ 정책군별 대기오염저감효과 분석의 방법론 구축 ▪ 선정된 대기저감정책 및 수단에 대한 농도저감효과 평가

동남권의 주요 대기오염 물질로는 지역 특성상 미세먼지 이외에도 유해화학물질, 아황산가스의 배출량이 다른 지역에 비해 높게 나타났다. 이에 따라 본장에서 이러한 취지를 고려해 동남권을 대상으로 미세먼지를 포함해 유해화학물질과 아황산가스에 대한 대기중 농도 특성을 분석하였다.

유해화학물질의 배출량을 보면 동남권 지역이 전체 배출량의 43%를 차지하였으며, 발암물질에서도 전체 배출량의 34%를 차지함에 따라 이에 대한 특단의 조치가 필요한 것으로 보인다.

2010년 주요도시의 미세먼지 농도를 비교한 결과 인천이 연평균 농도 $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도를 보였으며, 대전이 $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮은 농도를 보였다. 그리고 인천 ($55 \mu\text{g}/\text{m}^3$)과 대구 ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$)를 제외한 5개 도시에서는 환경기준 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)을 만족하였다. 동남권의 경우 월별 미세먼지 농도를 분석한 결과, 4월에 가장 높은 농도를 나타냈으며, 이는 황사의 영향이 큰 것으로 보이며, 주거지역과 공단지역의 미세먼지 농도는 공단지역이 높은 농도를 나타냈으며, 이에 대한 저감대책이 필요하다.

동남권의 배출량 특성을 분석하기 위해 2006~2009년 수도권 및 동남권 CAPSS 자료를 활용하였다. 부산지역의 경우 CO, NO_x의 배출량이 2008년에 비해 조금 증가하였으며, 이는 도로이동오염원과 비도로이동오염원에서의 증가로 인한 것으로 나타났다. 울산의 경우 NH₃를 제외한 대부분의 항목이 2008년도에 비해 다소 증가하였는데 대분류별 배출량을 분석한 결과 제조업연소와 생산공정 분야에서 배출량이 가장 높은 것으로 나타났다. 경남지역은 CO를 제외한 대부분의 항목이 2008년도에 비해 감소한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 모델링 적용을 위해 CALPUFF 모델, HYSPLIT 모델, WRF 모델 및 AERMOD 모델을 적용하였다. 당해년도 WRF기상모델과 CALPUFF 확산모델을 우선 도입하여, 대기질모사를 시행하였으나, 동남권내 많은 오염원이 분포하고 있어, 모델수행시간이 과도하게 요구되는 문제로 인해 정책우선순위결정 등을 평가하기 위한 목적으로는 사용이 어려운 상황이다.

본 연구에서는 이러한 문제로 가우시안모델의 적용이 불가피한 상황으로 지역적 규모인 동남권의 대기질 모사에 다소 정확도가 낮으나, 동남권내 배출량이 집중되어 있는 부산.울산, 경남 창원시가 상호 인접해 있고, 대기질 개선대책에 따른 상대적인 평가는 가능하므로, 미국 EPA 권장 모델인 AERMOD 모델을 선정하여, 각 대기정책 및 수단에 따라 대기질 개선효과를 평가 하였다.

HYSPLIT 모델링은 각 기준일별로 부산, 울산, 경남지역으로 나누어 진행하였으며, HYSPLIT은 동시에 몇 개의 배출원에서 배출되는 경우만 모사할 수 있기 때문에, 각 오염물질별 배출량 값이 높은 지점을 임의로 선정하여 모사하였다.

WRF 모델링은 2011년 매주 월요일을 대상으로 동남권 지역의 바람장미를 살펴 보았다.

AERMOD의 경우 기준년은 CAPSS의 가장 최근 자료인 2009년을 대상으로 하였

으며, 2009년 전체를 대상으로 했을 경우에는 기상 및 대기모델링의 결과를 도출하는데 많은 시간이 소요되므로, 특정일을 선정하여 모사기간을 단축시키는 방안이 요구된다. 기준일은 부산, 울산 및 경남 지역에 소재하는 총 53개 측정소의 2009년의 시간별 농도 자료를 이용하여 해당 지역의 대기오염도 현황을 분석하고 이를 바탕으로 대기질 모델 모사를 위한 기준일을 선정하였다.

2009년 2월12일 NO₂ 항목에 대한 모사결과, 농도범위는 0.0078~0.1464 pm이며, 모델치와 측정치와의 산포도를 그려 회귀분석을 통한 보정농도는 0.0217~0.0471 pm이다.

2009년 4월 7일 PM₁₀ 항목에 대한 모사결과 농도범위는 72.79~146.0 µg/m³이며, 모델치와 측정치와의 산포도를 그려 회귀분석을 통한 보정농도는 90.94~136.67 µg/m³이다.

2009년 3월 16일 SO₂ 항목에 대한 모사결과 농도범위는 0.0050~0.0295 ppm이며, 모델치와 측정치와의 산포도를 그려 회귀분석을 통한 보정농도는 0.0059~0.0251 ppm이다.

회귀분석은 30개 측정농도 중 선형회귀에서 오차가 크게 발생하는 측정소의 제하여 최종 14개 측정소를 대상으로 산정하였다.

동남권역의 장단기 대기오염도 저감을 위한 실행가능한 정책 선정을 위해 우선적으로 국가차원의 대기환경관리 기본방향 및 추진체계를 조사하여 분석하였으며, 이를 토대로 한 수도권역의 대기질 개선 대책과 함께 그 기대 효과를 조사하여 정리하였다. 동남권역에 대해서는 부산, 울산 및 경남 지역에서 현재 대기질 개선을 위해 수행하고 있는 정책들을 모두 조사하여 정리하였다.

부산의 경우는 자동차 오염 저감을 위해 자동차 무료 검진 확대 정책, 연료 품질 개선, 승용차 요일제 등의 정책을 추진하고 있었으며, 이외에도 선박 및 관련 시설 배출원 대책도 추진 중에있다. 이외에도 저NO_x버너 설치 확대와 같은 배출원 대책과 환경 친화적인 도시 계획 수립 등의 대책을 수립하여 추진하고 있으며, 울산의 경우 저유황 연료 사용 확대와 같은 아황산가스 저감대책과 휘발성유기화합물 관리 강화 대책을 추진하고 있다.

경남의 경우 1999년 12월 1일 김해시 일부와 하동군의 화력발전소를 대상으로 대기환경 규제지역으로 지정되어 대기환경개선 실천계획을 수립하여 추진하고 있다.

동남권역의 각 부문별 대기오염물질 배출량과 현재 추진되거나 추진 계획되고 있는 동남권 및 수도권 지역의 적용 대책들을 토대로 대기오염 농도 저감의 효과 분석이 가능한 대책들을 선정하였다. 선정된 대책의 시행에 따른 배출량 삭감량은 NO_x의 경우는 대책 수행에 따른 삭감량이 26,813 톤으로 나타났으며 경남지역이 11,305 톤으로 가장 많은 저감량을 보였으며 부산과 울산이 각각 10,438 톤 및 5,096 톤으로 산정되었다. SO_x의 경우는 대책 수행에 따른 삭감량이 3,051 톤으로 나타났으며 부산지역이 1,702 톤으로 가장 많은 저감량을 보였으며 울산과 경산이 각각 781톤 및 567으로 산정되었다. 미세먼지인 PM₁₀의 경우는 대책 수행에 따른 삭감량이 3,011톤으로 나타났으며 부산지역이 1,139톤으로 가장 많은 저감량을 보였고 경남과 울산이 각각 1,290톤 및 581톤으로 산정되었다.

대기질 개선 대책은 이동오염원과 점오염원에 대해서 수립되었으며, 대기오염물질 삭감률은 8.1~21.3%로 산정되었다. 부산울산경남지역의 이동오염원의 배출량은 20.6~21.3%, 점오염원 배출량이 2.3~15.9% 삭감되었으며, 대기질의 농도는 0.7~7.5% 감소하는 것으로 나타났다.

향후 대책들을 평가해 나가기 위해서는 다양한 방법론들이 적용 되어야 한다. 이를 위해서는 우선적으로 보다 많은 적용 가능한 정책수단들을 발굴해 나가야 하며 발굴된 대책들의 우선순위가 결정되어야 한다. 그리고 선정된 대책들은 모델링 적용을 통해 지자체별 또는 오염원별 기여도를 산정할 필요가 있으며 대책 효과 또는 지역별 기여도를 통해 도출된 결과들에 대해서는 최종적으로 각 지역별 대기오염물질 농도 저감 효과를 평가 해 나가야 한다. 최종적으로 대기질 개선대책 적용에도 불구하고 고농도를 나타내는 지점이나 기준치를 초과하는 것으로 나타나는 지점에 대해서는 보다 높은 신뢰도 확보를 위해서는 대기질 개선 효과 분석에 적용 가능한 모델을 추가적으로 적용해 나가는 multi-modeling 체계를 구축해 나가야 하며 추가적으로 수용모형을 적용해 해당지역의 대기질 기준 초과 원인을 추적해 대책 수립에 적용해 나갈 필요가 있다.