

경기도지역 PM_{2.5} 오염특성 조사 및 저감방안 연구

< 경희대학교 환경학 및 환경공학과 김 동 술 >

I. 연구의 목적 및 필요성

환경부는 대기 중 PM₁₀보다 인체에 더 유해한 PM_{2.5}를 본격적으로 관리하기 위해 환경정책기본법 시행령 개정령 (2011년 3월 29일자)을 통하여 대기환경기준을 신설하여 공포하였다. 신설된 PM_{2.5}의 대기환경기준은 일평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 준비기간을 거쳐 2015년 1월 1일부터 시행할 계획이다. PM_{2.5}에 대한 효율적인 관리를 위해서는 PM_{2.5}의 화학적 특성 뿐 아니라, 각 성분들의 배출특성, 각종 오염원에서 배출되는 PM_{2.5}의 양과 수용지점에서의 농도사이의 관계가 규명되어야 한다. 그러나 경기도의 PM_{2.5} 특성에 대한 연구는 미흡한 실정으로, PM_{2.5} 대기환경기준에 대한 효과적인 대응을 위한 연구가 체계적으로 진행될 필요가 있다. 이에, 본 연구는 PM_{2.5}를 직접 측정·분석하고 수용모형을 적용하여 대기질에 주요한 영향을 미치는 오염원들을 규명하고자 하며, 이를 통하여 보다 쾌적한 대기환경을 조성하고자 하였다.

II. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 경기도 남부지역의 대기환경 여건변화에 대응하여 보다 효율적인 대기질 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 또한, 지속적으로 악화되고 있는 대기오염으로부터 건강하고 쾌적한 생활을 영위할 수 있도록 대기환경 개선방안을 마련하고자 하였다. 따라서 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- 1) 경기도 남부지역을 중심으로 인구, 산업시설 등의 각종 지역 현황을 조사하고 분석하여 대기환경에 관한 종합평가를 수행한다.
- 2) 경기도 남부지역의 대표지점으로 경희대학

교 국제캠퍼스에서 채취한 PM_{2.5} 시료에 대한 물리·화학적 분석을 실시한다. 3) 분석된 화학성분 자료를 PMF 모델에 적용하여 PM_{2.5}에 대한 오염원의 확인과 그에 대한 기여도를 추정한다. 4) 마지막으로, 분석된 결과를 토대로 PM_{2.5}에 대한 대기환경기준 적용에 대비한 대기오염물질 저감을 위한 효과적인 관리방안 등을 제시한다.

III. 연구결과

본 연구는 경기도 남부지역의 PM_{2.5}의 현황을 파악하고 체계적이고 효율적인 저감방안을 마련하기 위한 기초연구로써 수행되었다. 본 연구는 경기도 용인시와 수원시의 경계에 위치한 경희대학교 국제캠퍼스 공과대학 옥상에서 2011년 4월부터 2011년 11월까지 PM_{2.5} 오염도 조사를 실시하였다. 전체 연구기간 동안 PM_{2.5}의 평균 질량농도는 33.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연평균 환경기준 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 크게 초과하고 있다. PM_{2.5} 중 13개 무기원소 (Ba, Pb, Zn, Cr, Si, Mn, Ni., Cu, Ag, Ti, V, Fe, Al)를 분석하였으며, PM₁₀의 농도 중 각 무기원소가 차지하는 비율은 4.5%로 분석되었고, Fe이 0.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값으로 분석되었고 토양 성분인 Si, Al 등도 비교적 높은 농도 값을 나타내었다. 반면 Ti, V과 같은 원소들은 미량으로 존재하였다. 또한, PM_{2.5} 중 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 총 8개의 이온성분을 분석하였으며, PM_{2.5} 중 이온성분이 차지하는 비율은 총 55.7%이었다. PM_{2.5}의 탄소성분은 OC와 EC의 경우 각각 세부적으로 OC는 OC1, OC2, OC3, OC4, 그리고 OP, EC는 EC1, EC2, EC3로 나누어 분석하였다. PM₁₀ 중 OC가 차지하는 비율은 총 17.7%이며, EC가 차지하는 비율은 3.7%로 총 21.4%를 차지하였다.

PAHs는 benzo(a)pyrene을 포함한 13개 성분을 분석하였다. PM_{2.5} 중 PAHs는 미량 존재하나, 발암성 및 독성물질로 알려져 있다. 13개 PAHs 중 benzo(a)pyrene 0.774 ng/m^3 , benzo(a)anthracene 0.687 ng/m^3 , dibenzo(a,h) anthracene 0.505 ng/m^3 등이 높은 농도를 보였다.

수용모델에 의한 본 연구지역의 PM_{2.5}의 오염원은 총 10개로 분류되었다. PM_{2.5}에 대한 배출기여도는 이차황산염 관련 (13.8%), 가솔린자동차 오염원 (11.2%), 석탄연소 오염원 (11.1%), 도로 및 토양관련 오염원 (11.0%), 기름연소 오염원 (10.9%), 이차질산염 관련 (10.8%), 디젤자동차 오염원 (9.7%), 소각관련 오염원 (8.9%), 산업관련 오염원 (6.4%), 생체량 연소 오염원 (6.4%)로 나타났다. PM_{2.5}에 영향을 미치는 주요 오염원으로는 2차분진의 기여도가 24.6%로 전체의 1/4의 비율을 차지하는 것으로 분석되었다. 다음으로 석유 및 석탄 등 화석연료 연소관련 오염의 기여도 역시 22.0%, 가솔린 및 디

질을 포함한 자동차관련 오염원의 기여도도 20.9%로 으로 높은 비중을 차지하였다. 도로 및 토양비산먼지관련 오염원이 단일 오염원으로는 11.0%로 높은 기여도를 보였다.

본 연구에서는 수용모델의 연구결과를 토대로 PM_{2.5}의 오염원을 효율적으로 저감하기 위한 정책방안을 제시하였다. 먼저 PM_{2.5}를 저감하기 위하여 차량관련 저감방안으로 **철저한 배출가스 규제 강화 및 교통시스템의 효율적인 관리, 하이브리드 차량의 보급, 도심내부의 자전거이용, 차량의 공회전 방지장치 설치**를 제안하였다.

에너지 연소에 의한 배출량 저감을 위해 가정용이나 관공서 등의 업무용, 난방용 에너지 사용을 저감하기 위한 방안을 홍보하여 적극적 참여가 이루어지도록 하고, **청정연료의 사용을 확대**하도록 유도할 필요가 있다. 공공용시설이나 민간건축물 등의 신축 시에 **태양열 및 태양광 시스템을 설치, 확대하는 방안을 강구**할 필요가 있다. 가스상 및 먼지의 주요 오염원인 산업관련 배출원에 대한 관리가 요구된다. 현행 대기환경법상 분진의 배출허용기준은 TSP (total suspended particle: 총부유분진) 기준을 설정하고 있다. 즉, 현재 대기환경기준 항목은 1995년 이후 PM₁₀ 이지만, 배출기준 항목은 아직까지 TSP이기 때문에, 대기환경관리와 대기배출관리가 별개로 진행되고 있다. 따라서 현행 먼지에 대한 **배출허용기준을 TSP 기준에서 입경을 고려한 PM₁₀ 기준, 더 나아가 PM_{2.5} 기준으로 변경하는 제도개선**이 필요하다.

대기 중 PM_{2.5}의 중요한 오염원이나 관리 및 규제가 어려운 생체량 연소의 관리 확대가 필요하다. 공터와 나대지에서의 불법소각 등을 철저히 규제해야 하며, PAHs 등 유해물질을 다량 배출하는 **직화구이 등의 음식점의 PM_{2.5} 관리방안 마련**도 요구된다. 마지막으로 장거리 이동 및 지자체 간 이동하는 오염원에 대한 정량적 평가를 위한 방법론의 개발과 **지자체 간 대기오염관리 및 개선 방안마련**을 위한 협력을 제안하고자 한다.

IV. 연구결과의 활용계획

- PM_{2.5}의 물리화학적 특성에 대한 종합적인 해석을 통해 PM_{2.5} 저감방안의 기초자료로 활용할 수 있음
- PM_{2.5} 특성을 규명하여 국지적 요소에 의한 환경문제 발생 시 적극적인 대응자료로 활용이 가능
- 수용모델의 적용으로 주요 오염원을 확인하여 향후 미세분진과 관련된 대기환경관리를 위한 정책의 수립 시 우선순위 결정에 중요한 자료로 활용될 수 있음

- 미세먼지에 대한 기존 기준인 PM₁₀ 외에 2015년부터 추가시행이 확정된 PM_{2.5}에 대한 대기환경기준인 연간평균치 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 24시간평균치 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 대비하기 위한 대기환경개선에 필요한 종합적이고 합리적인 자료 제공