요 약 문

Ⅰ. 연구개요

먼지란 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상 물질을 말하는데, 석탄·석유 등의 화석연료를 태울 때나 공장·자동차 등의 배출가스에서 많이 발생한다. 먼지는 입자의 크기에 따라 50㎛ 이하인 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)와 입자크기가 매우 작은 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분한다. 미세먼지는 다시 지름이 10㎛보다 작은 미세먼지(PM10)와 지름이 2.5㎛보다 작은 미세먼지(PM2.5)로 나뉜다. PM10이 사람의 머리카락 지름(50~70㎛)보다 약 1/5~1/7 정도로 작은 크기라면, PM2.5는 머리카락의 약 1/20~1/30에 불과할 정도로 매우 작다.

미세먼지는 눈에 보이지 않을 만큼 매우 작기 때문에 대기 중에 머물러 있다 호흡기를 거쳐 폐 등에 침투하거나 혈관을 따라 체내로 이동하여 들어감으로써 건강에 나쁜 영향을 미칠 수도 있다.[1)]

세계보건기구(WHO)는 미세먼지(PM10, PM2.5)에 대한 대기질 가이드라인을 1987년부터 제시해 왔고, 2013년에는 세계보건기구 산하의 국제암연구소(IARC, International Agency for Research on Cancer)에서 미세먼지를 사람에게 발암이 확인된 1군 발암물질(Group 1)로 지정하였다.

또한, 미세먼지는 폐기능 저하, 심혈관계 질환, 만성 기관지염, 천식 등을 유발하는 등 인체 위해성이 높을 뿐만 아니라, 지구에 도달하는 태양빛을 흡수하거나 산란시켜 기후변화에도 영향을 주고 시정을 악화시키는 대표적인 대기오염물질이다. 특히 초미세먼지는 호흡기의 가장 깊은 곳까지 침투하여 혈관으로 이동하기 때문에 호흡기질환 및 심혈관계 질환을 유발하며, 대기 중 초미세먼지의 농도가 호흡기계와 심혈관계 질환의 유병률 및 사망률과 뚜렷한 상관관계가 있다는 사실도 연구에서 밝혀졌다.[2)]

따라서 본 연구에서는 경상남도 도내 교육기관(초등학교)에 대해 초미세먼지 특성 분석연구를 수행하여 초미세먼지의 화학조성 분포를 조사함으로서 어린이 환경성 질환 예방과 관리 및 초미세먼지 대응방안을 제시코자 한다.

Ⅱ. 연구의 필요성 및 목적

미세먼지 및 초미세먼지는 어린이 건강에 특별히 부정적인 영향을 미친다는 연구

결과들이 보고되었다. 어린이는 성인에 비해 체중당 많은 공기를 호흡하며, 성장단계 중이어서 폐표면적이 작고, 체중당 산소 소모 대사율이 높다.

또한 어린이는 성인보다 실외에서 보내는 시간이 많기 때문에 대기오염에 보다 많이 노출되며, 생체보호체계가 미성숙하여 면역체계가 약하므로 성인보다 대기오염으로 인한 건강위해영향을 많이 받게 된다. 또한 우리나라의 천식입원율은 OECD 국가들의 평균보다 2~3배 높은 수준이므로, 미세먼지(PM2.5) 및 초미세먼지(PM2.5)로 인한 어린이 환경성 질환에 대한 대책 마련이 시급한 실정이다.

우리나라의 어린이 건강 보호를 위한 본격 환경보건정책의 추진은 지난 2006년 환경부 주관으로 보건복지부와 교육부가 공동으로 참여하여 **'어린이 건강보호를 위한 환경보전정책'**추진을 발표하였으며, 2008년에는 **'환경보건법'**이 제정되어 본격 시행에 들어가게 되었다. 이후 어린이 건강과 안전에 대한 다양한 법이 제정·시행되었으며, 현재 '환경보건법'이외에 6개의 법률이 시행되고 있다. 표 1에 어린이 건강과 안전에 대한 법률을 나타내었다.

2016년 세계보건기구(WHO)의 보고서에 의하면 연간 820만 명이 대기오염에 의한 질환으로 사망하는 것으로 보고서에서 밝혔으며, 이중 5세 미만 어린이의 환경오염 관련 사망 원인 1위인 '급성 하기도 감염증(폐렴, 기관지염, 후두염 등)'사망자의 65%도 대기오염에 의한 것이라고 밝혀졌으며, 환경 관련 질병으로 사망한 5세 미만 어린이는 한 해 590만 명에 이른다고 밝혔다.

이러한 어린이 생활환경과 건강에 대한 국민적 관심이 증대됨에 따라 2017년 9월에는 국회 입법조사처에서 **'어린이 생활환경 개선과 건강보호'**라는 주제로 정책세미나가 개최되었다. 여기서 어린이 생활환경의 현황과 대책에 대한 다양한 의견 들이 나왔으며, 향후 어린이 생활환경 개선에 대한 정책적·제도적·법적 기반이 다져질 것으로 예상된다.

현재 경상남도 뿐만 아니라 우리나라 전체적으로 어린이 생활환경에서 어린이 건강에 직접적으로 위해를 가하는 요소 중 하나가 미세먼지(PM10)과 초미세먼지(PM2.5)이다.

경상남도 교육청은 2017년 도내 864곳의 교육시설을 대상으로 실외 공기질 측정장비를 시범 설치하여 운영 중에 있다.

본 연구는 경상남도 도내 교육기관(초등학교)를 측정지점으로 선정하여 초미세먼지 현황을 조사하고 특성 연구를 수행하여 주요 분포 현황을 분석하고 초미세먼지의 과학적인 관리 및 대응 방안을 마련한다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 초미세먼지가 비교적 많이 발생할 것으로 예상되는 9~11월에 경남 도내 교육기관(초등학교) 3곳의 대상으로 초미세먼지를 포집하여 초미세먼지 중 화학조성의 분포를 파악코자 한다.

○ 초미세먼지 화학 조성 측정·분석 계획

- 본 과업에서는 PM2.5의 화학적 조성을 파악하기 위해 경상남도 내 2~3개 지점에 대해 현장 측정과 모니터링을 실시코자 함.
- 추가로 실측하는 지점은 지난 10년간 연평균 미세먼지(PM10, PM2.5) 농도가 높은 지역(우심지역)을 우선적으로 선택하며, 대표성을 확보하기 위해 경남도의 동부권과 서부권으로 나누어 각각 3지점을 선정코자 함.
- 각 지점마다 3회씩을 측정코자 한다.
- 현장 측정 및 상세 모니터링 지점에 대해 음이온류 8개 항목 및 금속 16개 항목, 총 24개 항목에 대해 추가적으로 화학적 성분을 측정코자 함.
- 각 지점에 대해 총 24개 항목을 분석코자 함.
- 필요할 경우 이동대기자동측정차량을 이용하여 현장 측정지점의 대기오염물질 측정을 시행코자 함.

9월과 11월로 나뉘어 총 3회 측정하였으며 시료는 임펙트포집기를 이용하여 16.9 L/min으로 24~72시간 포집하였다. 성분분석은 이온성분, 금속성분으로 분석하였으며, 이온성분은 이온크로마토그래피(IC), 금속성분은 유도결합플라즈마/질량분석기(ICP/MS)를 사용하여 분석하였다.

Ⅳ. 연구결과

다양한 문헌조사와 검토를 통해 선행 연구에 대해 조사를 실시하였으며, 보다 정확하고 신뢰서 높은 데이터의 확보를 위해 표준절차서(SOP)를 새롭게 작성하였다.

우리 센터에서 보유하고 있는 초미세먼지(PM-2.5) 포집을 위한 로우볼륨에어샘플러에 대한 등가성 평가를 7~14일 정도 실시하고 있으며, 등가성 평가를 통해 보다 신뢰성 높은 초미세먼지(PM-2.5) 데이터 확보가 가능할 것이다.

본 연구 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 경남 도내 3개 교육시설에 대해 각 3회씩 초미세먼지 현황 조사 결과 초미세먼지(PM-2.5) 중량농도는 평균 35.6 ㎍/㎥이었으며, A 초등이 17.6 ㎍/㎥로 최소를 나타냈으며, C 초등이 19.2 ㎍/㎥, E 초등이 70.1 ㎍/㎥롤 최대를 나타냄.

2. 조사 대상 전체의 이온류 평균 농도는 합은 6.6077 ㎍/㎥이며, A 초등이 5.1411 ㎍/㎥, C 초등이 6.8640 ㎍/㎥, E 초등이 7.8178 ㎍/㎥으로 가장 높게 나타남.

3. 조사 대상 전체의 중금속류 평균 농도는 합은 860.7 ng/㎥이며, A 초등이 894.9 ng/㎥, C 초등이 457.3 ng/㎥, E 초등이 1,230.0 ng/㎥ 가장 높게 나타남.

4. 이온류의 경우 타 연구에서와 마찬가지로 황산이온이 가장 높은 비율을 차지 하였으며, 암모니아, 질산성질소 등 가스상물질이 대기 중 화학반응에 의해 입자로 전환된 이온류가 가장 많이 검출되었음.

5. 이온류는 평균농도(㎍/㎥)는 황산이온(SO_4^{2-}, 3.2058) > 암모니아이온(NH_4^+, 1.8921) > 나트륨이온(Na^+, 0.8671) > 질산성질소(NO_3^-, 0.7000) > 염소이온(Cl^-, 0.2282) > 칼륨이온(K^+, 0.1113) > 칼슘이온(Ca^{2+}, 0.0649) > 마그네슘이온(Mg^{2+}, 0.0087)로 나타남.

6. 중금속류 평균농도(ng/㎥)는 Fe(532.2) > Al(509.6) > Zn(120.6) > Ti(47.2) > Mn(32.5) > Pb(16.3) > Cr(12.8) > Cu(11.8) > As(11.6) > Ni(3.5) > Se(2.7) > Mo(2.1) = Sb(2.1) > Cd(0.8) > Co(불검출) 순으로 나타남.

7. 각 지점별로 이온류와 중금속류의 합을 농도순으로 나타내면,
   이온류 E 초등(7.8178 ㎍/㎥) > C 초등(6.8640 ㎍/㎥) > A 초등(5.1411 ㎍/㎥) 순이었으며,
   중금속류는 E 초등(1,230.0 ng/㎥) > A 초등(894.9 ng/㎥) > C 초등(457.3 ng/㎥) 순이었음.

8. 각 지점별 특성을 살펴보면 A 초등은 바닷가 인접지역으로 이온류 중 나트륨이온이 높게 나타났으며, C 초등은 주변 인접 공단으로 인하여 미량 중금속이 전반적으로 높게 나타나며, E 초등의 경우 주변 아파트 공사로 인한 비산먼지 등에 의한 PM-2.5 농도 기여율이 높은 것으로 판단됨.

V. 연구결과의 활용계획

본 연구의 결과는 경남 도내 교육기관의 초미세먼지(PM-2.5)의 농도 및 조성성분 분석으로 학생들의 건강권과 학습권을 보호하고, 교육기관에서의 초미세먼지(PM-2.5) 현황을 파악하여 학생의 공중보건에 악영향을 미치는 초미세먼지의 주요 발생원 규명에 기여하여 경상남도 교육기관 초미세먼지(PM-2.5) 관리를 위한 대기환경정책 입안에 활용할 것을 기대할 수 있다.