

## PB8) 학교 녹화 및 스프링클러 가동에 따른 미세먼지 저감효율 평가

### The Evaluation of Removal Efficiency of PM by Lawn Grounds and Operating Sprinklers in Schools

황윤정 · 이순진 · 도화석 · 권택규 · 임종기 · 최수진 · 박희욱 · 김종우  
대구광역시보건환경연구원 생활환경과

#### 1. 서 론

고농도 미세먼지는 소아천식 및 호흡기질환 증가와 밀접한 관계가 있다. 특히 어린이와 청소년의 경우 학교에 머무르는 시간이 많고 운동장에서 야외 활동 또한 많으므로 오염에 취약한 학생에게는 학교 운동장의 비산먼지가 부정적인 영향으로 작용할 수 있다. 따라서 학교 운동장의 비산먼지 저감 개선은 보건학적 측면에서 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있으며, 이를 통해 도시 대기질 개선에도 이바지 할 수 있다. 대구시에서는 학교녹화를 위해 인조 또는 천연 잔디 운동장으로 교체하고 있지만 단기간에 모든 학교에 대해 시행하기에는 무리가 있으므로 일반 운동장에 대해서는 기존에 설치되어 있는 스프링클러를 적절히 이용하면 비산먼지가 효과적으로 제거할 수 있으리라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 도시녹화의 일환으로 학교녹화를 실시함에 따라 나타날 수 있는 미세먼지 저감효과를 분석하기 위해 인조 및 천연 잔디 운동장과 일반 운동장에서 미세먼지 농도 변화를 비교·평가하였다. 또한 일반 운동장의 경우에는 스프링클러 가동에 따른 미세먼지 저감효과를 분석함으로써 학생들의 건강보호와 쾌적한 학교 대기질 마련을 위한 지침을 제시하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 대구의 대기오염자동측정소(대명동, 지산동) 인근에 위치한 천연 잔디 운동장 1개교, 인조 잔디 운동장 1개교, 일반(모래) 운동장 3개교를 선정하였다. 시료채취는 2008년 4월 28일~5월 30일에 사이에 일기상황이 좋았던 맑은 날 이루어졌으며, 오전 10시부터 오후 3시 사이에 측정하였다. 측정일 동안의 평균기온은 21.5°C였으며, 상대습도는 45.6%였다. 미세먼지의 실시간 측정을 위해 휴대용 먼지측정기인 DustMate(AirQ32, Turnkey Instrument Ltd., UK)를 사용하였으며, 5분 단위로 농도결과가 산출되도록 설정하여 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>의 입경별 먼지를 측정하였다. 천연 잔디 또는 인조 잔디와 일반운동장에서 먼지 농도 비교를 위해서는 DustMate 2대를 사용하여 일정시간 동안 각각의 지점에서 동시에 측정하여 비교하였으며, 학생들이 직접 호흡하는 공기를 측정하기 위해 운동장 가운데에 측정기를 위치하였다. 스프링클러 가동에 따른 먼지 제거율 평가를 위해서는 학생들의 활동이 많은 점심시간 이후에 15분간 가동하여 운동장이 흠뻑 젖도록 한 후 가동 전·후 2시간씩 먼지 농도를 측정·비교하였다. 평상시 각 학교에서는 뚜렷한 기준 없이 건조하고 먼지가 많이 날리는 날에 한해 스프링클러를 가동하고 있었으며, 가동시간은 약 10~15분인 것으로 조사되었다. 또한 운동장 내 스프링클러는 측정지점에 따라 6~10개가 설치되어 있었다. 광산란법으로 측정되는 DustMate는 협소한 장소에서도 휴대가 간편하고 실시간 측정 및 결과 확인이 가능하다는 장점은 있지만 대기오염자동측정소에서 측정하는 베타선 흡수법과는 측정방법이 다르므로 직접적인 비교시 주의해야 한다. 따라서 본 연구에서는 대기오염자동측정소(지산동)에서 1주일간 오전 9시부터 오후 5시까지 DustMate를 설치하여 두 방법간의 PM<sub>10</sub> 농도를 비교하는 실험을 실시하였다. 그 결과 두 방법간의 상관계수는 0.756으로 비교적 높게 나타났으며, 측정치는 광산란법이 베타선흡수법에 비해 약 25% 정도 높은 것으로 조사되었다. 두 방법에 따른 농도 수치의 높고 낮음을 직접적으로 비교하는 것은 다소 무리가 있겠지만 본 연구의 목적이 운동장 유형별 먼지 농도 비교와 스프링클러 가동 전·후의 먼지 측정결과를 비교하는 것이므로 휴대용 측정장비 사용에

따른 큰 문제는 없을 것으로 판단되었다.

### 3. 결과 및 고찰

일반 운동장과 천연 잔디 운동장에서 먼지 농도를 측정하여 비교한 결과 PM<sub>10</sub>의 경우에는 일반 운동장과 천연 잔디 운동장에서의 평균 농도가 각각 233  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 104  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 일반 운동장이 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 또한 일반 운동장에서의 PM<sub>10</sub> 측정 범위는 최소 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 최대 583  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매우 폭넓게 나타나 먼지 농도는 운동장에서의 활동 정도에 따라 크게 영향을 받는 것으로 확인되었다. 이에 반해 천연 잔디 운동장의 경우에는 일반 운동장과 마찬가지로 학생들의 체육수업 및 활동량이 많았음에도 불구하고 최소 91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 최대 121  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 농도의 변화폭이 크지 않아 사람들의 활동에 따른 비산먼지의 양은 일반 운동장에 비해 매우 낮은 편이며, 안정적인 수준을 유지하는 것으로 판단된다. PM<sub>2.5</sub>의 평균 농도는 일반 운동장과 천연 잔디 운동장에서 각각 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 유사하게 나타났다. PM<sub>1</sub>의 경우에도 두 지점에서의 평균 농도가 각각 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 큰 차이를 나타내지 않았으며, 통계적으로도 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 인조 잔디 운동장과 일반 운동장에서 먼지 농도를 측정할 경우에도 앞서 언급한 천연 잔디 운동장에서의 비교결과와 유사하게 나타났다.

스프링클러 가동에 따른 먼지 제거율은 3개의 Case별로 나누어 평가하였다(표 1). 각 학교의 스프링클러 위치 등 세부조건에 따라 약간의 차이는 있겠지만 일반적으로 스프링클러 가동으로 PM<sub>10</sub> 농도는 약 30~40% 정도 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 PM<sub>10</sub>이 고농도로 발생하는 특정한 경우에는 약 80%의 매우 높은 저감률을 보임으로써 기대효과는 상당할 것으로 판단되었다. 따라서 체육 수업 전·후로 스프링클러를 수시로 가동하여 효율적으로 운영하면 쾌적한 학교환경을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 학생들의 호흡기 관련 위해도 또한 어느 정도 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 또한 운동장에서의 비산먼지 저감을 통해 인근 도시대기질 개선에도 상당 부분 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 초미세먼지의 경우에는 스프링클러 가동 후에도 제거율은 약 2.4~17.5%로 PM<sub>10</sub> 보다는 낮게 나타났다.

Table 1. Concentrations and removal efficiency of PM by operating sprinklers at the sand ground.

Item		PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>1</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Case 1	Before(n=24)	144±110.4(76~561)	43±3.6(38~50)	18±1.3(16~20)
	After(n=24)	82±5.3(77~93)	38±1.7(36~42)	16±0.5(15~17)
	Removal efficiency	43.1%	11.6%	11.1%
Case 2	Before(n=24)	314±133.4(209~654)	41±2.0(37~43)	11±0.5(10~12)
	After(n=24)	204±5.6(196~210)	40±0.6(41~42)	10±0.2(10~11)
	Removal efficiency	35.0%	2.4%	9.1%
Case 3	Before(n=24)	362±429.4(113~1755)	40±25.3(21~92)	18±11.7(10~42)
	After(n=24)	73±7.4(64~88)	33±1.2(23~26)	16±0.8(10~13)
	Removal efficiency	79.8%	17.5%	11.1%

### 참 고 문 헌

백성욱 (2007) 대구시 대기질의 종합적인 관리방안, 대구지역환경기술개발센터.