

2B3) 우리나라에서 황사 노출강도 산정

Estimating the Exposure Intensity of Asian Dust Storm in South Korea

박일수 · 김영성 · 최용주 · 김철희¹⁾ · 이종재¹⁾ · 김용준²⁾ · 김정수³⁾

한국의국외대학교 황사 및 장거리이동 오염물질 연구센터, ¹⁾부산대학교,

²⁾(주)라이다텍, ³⁾국립환경과학원

1. 서 론

황사란 몽골의 고비사막과 중국의 내몽골 사막지역, 황하강 유역의 황토지역에서 발생한 작은 모래나 흙먼지가 바람에 의해 공중으로 떠올라 편서풍을 타고 우리나라 하늘까지 날아와 떨어지는 현상이다. 2002년에는 우리나라에 두 차례의 초대형 황사가 발생하였다. 서울특별시 한남동에서는 3월 22일과 4월 8일 새벽 3시에 각각 PM₁₀ 농도가 2,266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 3,311 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기록하였다. 이어 2006년 4월 8일에도 한반도에 강한 황사가 발생하여, 서울 및 경기남부지역은 12시에 1,000~1,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타냈고, 또다시 2007년 4월 1일에는 대구에서 2,019 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 강한 황사가 발생하였다. 황사일수의 평년값(1973~2000년 평균값)은 3.6일이며, 2005년에는 5.1일, 2006년에는 10.3일로 황사 발생 횟수는 2000년 이후 점차 증가하는 추세를 나타내며, 황사 강도 역시 강해지고 있다(국립환경과학원, 2006; 기상청, 2006).

발원지 및 기상조건에 따라 한반도에 미치는 황사의 영향은 지역마다 다르게 나타날 수 있다. 기상청은 해당구역 및 발효시간, 예상농도 등을 포함하여 필요시 황사특보를 발표한다. 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지농도가 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때는 황사주의보, 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때는 황사경보를 발표한다(기상청, 2006). 따라서 예상되는 미세먼지농도에 따라 지역별로 황사특보기준이 다르며, 심지어 어느 지역은 특보의 영향밖에 있는 경우도 종종 발생한다.

또한 황사특보는 광역구역으로 발표되므로 동일한 황사특보 상황에 있더라도 노출인구 및 면적, 노출강도 및 시간 등이 지역에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 시, 군, 구별로 위의 상세한 정보를 제공할 수 없다.

본 연구에서는 노출인구와 노출면적을 중심으로 노출강도 산정 방법을 도출하여 2006년 4월 8일의 황사특보 사례에 적용하여 우리나라에서 황사의 노출 강도를 시, 군, 구별로 산정하였다.

2. 연구 방법

노출강도의 주요 요소는 노출되는 인구, 농도 및 시간으로 구성될 수 있다. 이러한 요소들과 가중평균 개념을 고려하여 2006년 4월 8일 황사특보 사례에 대해 전국 250(2005년 기준)개의 시군구별로 노출강도를 아래 식으로 산정하였다.

$$\text{노출강도} = \frac{\text{노출인구} \times \text{노출농도} \times \text{노출시간}}{\sum (\text{노출인구} \times \text{노출농도} \times \text{노출시간})}$$

첫째, 노출강도를 산정하고자 하는 1개 지역을 선정한다.

둘째, 선정된 지역을 대상으로 황사주의보 수준(400~800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 PM₁₀ 농도가 2시간 이상 지속되는 경우 일단위로 순 노출강도를 계산한다(위 식의 분자에 해당).

※ 2시간 이상 지속되는 경우가 불연속적으로 여러 차례 발생할 때는 각각의 순 노출강도의 평균을 구함

※ PM₁₀ 농도는 환경부와 지자체가 운영하는 전국 대기오염 측정망 자료로 선정 지역에 가장 대표성

있는 1시간 평균농도임

셋째, 나머지 각각의 지역에 대해 둘째 방법과 동일하게 순 노출강도를 구하여 그들의 합을 구한다(위식의 분모에 해당).

최종적으로 가중평균의 개념을 고려하여 노출강도를 계산하고 이에 해당하는 노출인구, 평균 노출농도 및 노출시간을 계산하였다. 황사경보 수준($800\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상)경우에도 동일한 방법으로 노출강도를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

황사주의보 경우, 최고 노출강도는 대전광역시 서구로 노출인구 51만, 평균노출농도 $665\mu\text{g}/\text{m}^3$, 노출시간 15시간을 나타냈다. 이어서 대구광역시 2개구, 남양주시, 서울특별시 2개구, 인천광역시 4개구에서 높은 노출강도를 보였다. 비교적 낮은 노출강도는 인구수가 5만 이하이며 평균노출농도가 $400\sim 600\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준, 노출시간이 2~7 수준인 강원, 경북 및 전북 등 도서산간지역, 부산중구, 강서구에서 나타났으며, 충남, 전남 및 경남 대부분 지역은 주의보의 영향을 받지 않았다.

황사경보 경우, 최고 노출강도는 천안시로 노출인구 52만, 평균노출강도 $1,376\mu\text{g}/\text{m}^3$, 15시간 노출되었다. 이어 서울특별시 7개구, 성남시 분당구, 평택시에서 나타났다. 비교적 낮은 노출강도는 황사주의보 경우와 대체로 유사하며, 인구수가 5만 이하 평균노출농도가 $800\sim 1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$, 노출시간이 1~9 수준인 강원, 전북 산간지역과 인천광역시 강화군, 옹진군 등 도서 지역에서 나타났으며, 전북, 충북 내륙, 전남, 경남 및 부산광역시 대부분 지역은 경보의 영향을 받지 않았다.

사 사

본 연구는 국립환경과학원에서 지원한 “발원지의 황사 발생기구 및 이동경로별 황사 발생특성 연구” 일환으로 수행되었다.

참 고 문 헌

기상청 (2006) 2006년도 봄철 황사 보고서, 116pp.

국립환경연구원 (2006) 대기환경연보, 395pp.