

2003년 태안지역에서 황사 부유분진의 미생물학적 동정과 금속 성분 및 농도

단국대학교 의과대학 내과학교실, 한서대학교 환경공학과
배강우, 김윤섭, 김종호¹, 박재석, 지영구, 이계영

Microbiological Identification and Distribution of Metal Components in Suspended Particulate Matter during Yellow Sand Phenomena at TaeAn Region in 2003

Kang Woo Bae, M.D., Jong Ho Kim², Youn Seup Kim, M.D., Jae Seuk Park, M.D., Young Koo Jee, M.D.,
Kye Young Lee, M.D.

Departement of Internal Medicine, Dankook University College of Medicine, Cheonan

¹Department of Environmental Engeenring, Hanseo University, Seosan

Background : Airborne particles during Yellow Sand phenomena are known to be associated with the respiratory disease. The purpose of this study was to evaluate the concentration and metal component properties of Yellow Sand particles and compare with airborne microbial concentration and species in non Yellow Sand and Yellow Sand phenomena.

Methods : Samplings were carried out in 2002 in Seosan, during non Yellow Sand and Yellow Sand phenomena. Samples were taken using the 8-stage Cascade impactor and metallic elements were analyzed by XRF. Those were culture on the media for bacterial and fungal culture and celline for virus.

Results : The concentration of total suspended particulate matter were respectively 80.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 40.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in non Yellow Sand and Yellow Sand phenomena. The concentration of metallic elements such as Ca, Fe, Cu and Zn in Yellow Sand phenomena were higher than its in non Yellow Sand. Two bacteria, *Bacillus species* and *Staphylococcus* were grown in two periods. In both periods, several fungal spores(*Mucor species*, *Cladosporum*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Alternaria species*) were identified. The differences of bacteria and fungus species not observed in Yellow Sand and non Yellow Sand. Any viruses were not isolated in between both periods.

Conclusions : The concentration of total suspended particulate matter and some metallic elements in Yellow Sand phenomena were higher than its in non Yellow Sand. The difference of bacteria and fungus species was not observed in non Yellow Sand and Yellow Sand phenomena. (*Tuberc Respir Dis 2005; 58:167-173*)

Key words : Airborne particles, Metal, Microaerobe, Yellow Sand phenomena

서 론

황사는 중국이나 몽골 등 아시아 대륙의 중심부에 있는 사막과 황토 지대의 작은 모래, 황토 또는 먼지가 바람에 의해 부유되다가 상층 바람을 타고 멀리까지 날아가는 현상으로 주로 3월에서 5월까지 봄에 집중적으로 발생한다. 황사의 주성분은 미세한 먼지로 대기 중에서 화학반응을 일으켜 각종 산화물을 생성

한다. 황사의 크기는 0.3 μm 에서 25 μm 까지 다양하나 국내에서 관측되는 황사의 크기는 보통 1~10 μm 이며 5 μm 내외의 입자가 가장 많은 것으로 알려져 있다¹. 대개 10 μm 이하의 미세먼지(particulate matter 10 : PM₁₀)는 흡입이 가능한 입자의 크기여서 하부기관지 및 폐의 가스-교환부분까지 침착하여 호흡기계에 손상을 일으킬 수 있다².

또한 황사로 인한 호흡성 분진은 햇빛을 가려 태양 복사의 산란과 흡수를 증대시키고, 시정거리가 짧아지고, 기관지염, 천식, 안질환 등의 질병을 일으킬 수 있으며 많은 양의 중금속이나 다이옥신 등의 물질을 포함하여 건강에 위해를 줄 수 있다.

최근 중국의 개방과 공업화에 따른 화석연료의 사용 급증으로 다량의 대기오염 물질이 발생하고 이것이 황사와 함께 편서풍 기류에 의해 우리나라

Address for correspondence : **Kye Young Lee, M.D.**
Department of Internal Medicine, Dankook University
College of Medicine 16-5, Anseo-dong Cheonan,
330-715, Korea
Phone : 041-550-3916 Fax : 041-556-3256
E-mail : kyleemd@dankook.ac.kr
Received : Aug. 30. 2004
Accepted : Dec. 22. 2004

로 장거리 이동된다. 우리나라에 영향을 미치는 황사는 발원지에 따라 다르나 사막지대에서 발원한 황사는 규소가 주성분이고 황토지대는 장석이 주성분이며 알루미늄, 철, 칼슘 등의 성분이 많이 포함되어 있다³.

현재까지 황사와 관련된 국내의 연구로는 황사발생 시 심혈관계 질환 혹은 호흡기계 질환으로 인한 사망이 증가한다는 보고와 5일 평균 PM_{10} 의 증가가 모든 원인으로 인한 사망률을 증가 시킨다는 보고가 있었다⁴⁻⁵. 그리고 서울소재 한 병원에 내원한 총 외래환자에 대한 호흡기환자의 비를 조사한 연구에서 황사 발생 후 외래환자에 대한 호흡기 환자의 비가 황사 전에 비해 황사 후 19.8% 증가하였다⁶. 그 외에 황사와 기관지 천식환자와의 관련성에 대한 연구에서는 일일 평균 PM_{10} 이 높은 날에는 대상 환자의 오전 및 오후 최대 호기유속이 낮아지는 경향을 보였고 최대 호기유속 변화율이 증가하였다⁷⁻⁸.

대기분진속의 미생물은 해양이나 토양에서 유래되는 것과 하수처리장이나 가축농장, 농산물 공장이나 쓰레기매립지등에서 바람에 의해 대기 중으로 유입되거나 인간이나 동물의 배설물이나 호흡기 분비물 등에 의해 대기 중에 유입된다. 대기 중 대부분의 미생물은 인간에게 무해하지만 일부 미생물의 경우 인간에게 폐렴이나 알레르기 질환을 유발할 수 있다.

황사기간 중 부유분진 중의 무기이온 성분과 금속 성분의 분석에 대한 연구와 천식 등 호흡기 질환과의 연관성에 대한 연구는 많이 이루어져 있으나, 황사의 부유분진중의 미생물에 대한 연구는 거의 없다.

이 연구에서는 황사 현상시 부유분진 중에 박테리아, 진균 그리고 바이러스 등의 미생물의 검출유무와 종류를 알아보고 금속 성분 및 농도에 대해 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

1. 시료의 채취

시료의 채취는 주변의 대기오염의 영향을 최소화

할 수 있는 비교적 청정한 지역인 충남 태안군 파도리의 보건환경원 출장소 옥상에서 시행하였다. 출장소 옥상에 8단계로 구분되는 Cascade impactor(Anderson Instrument, Model 20-800, USA)를 설치하여 1시간 동안 시료를 채취하였다.

황사기간의 채취는 기상청에서 발표한 황사현상 기간과 동일한 날짜 중 4월 12일 시행하였으며, 비황사기간은 황사기간과 비교적 관계가 적다는 5월 12일 시행하였다.

2. 금속 성분의 분석

부유분진의 농도는 Cascade impactor내의 각각의 단계의 여과지의 무게를 저울에 달아 합한 후 유속으로 나누어서 구하였다. 금속 성분의 분석은 XRF(X-Ray Fluorescence Spectrometer)를 이용하여 분석하였다.

3. 미생물 배양 및 동정

미생물 검사를 위한 Cascade impactor내의 여과지는 살균처리 하였다. Cascade impactor에 의해 채취된 부유분진중의 미생물 검사는 Cascade impactor내에 있는 8개의 여과지와 배양중 오염여부를 확인하기 위해 멸균 처리된 여과지를 같이 각각의 미생물 증식을 위한 배지에 옮긴 후에 배양하여 분석하였다. 그람 양성균은 Blood agar plate에, 그람 음성균은 MacConkey agar plate에, 진균은 Sabraud Dextrose agar plate와 Sabraud배지에 일반세균의 성장을 억제하기 위해 chloramphenicol을 첨가한 배지에 배양하였다. 바이러스 배양을 위해서는 채취 후 바로 수송배지(Sucrose-Phosphate-Glutamate media)에 옮긴 후 4°C에 냉장 보관하여 검사실로 수송하였으며, HEp-2, MDCK, 그리고 LLC MK-2의 3가지 celline에 접종하여 CO₂ 5% 33~35°C에서 4일간 배양 후 동정하려 하였으나 자라는 바이러스가 없어 다시 11일간 배양하였다. 배양 후 Respiratory syncytial virus, Adenovirus, Influenza A, B virus, Parainfluenza virus 1,2,3에 대하여 간접면역형광법(Indirect Immunofluorescent assay)를 이용하여 동정하였다.

결 과

1. 황사 기간과 비 황사 기간의 부유분진의 농도

황사 기간과 비 황사 기간의 총 부유분진의 농도는 각각 $80.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ $40.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 입자의 크기별로 부유분진의 농도는 입자의 크기가 $9\sim 10\mu\text{m}$ 인 경우 비 황사 기간은 $11.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, 황사 기간은 $3.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비 황사 기간동안 높았으나 평균입자의 크기가 $4.7\sim 5.8\mu\text{m}$ 와 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 인 경우 황사기간이 $5.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $10.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비황사기간이 $2.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $1.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 황사 기간에서 각각 2.7배와 10배 농도가 높았다. 특히 입자의 크기가 $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 인 부유분진의 농도가 황사기간 동안 크게 증가하였다(Fig 1).

2. 금속 성분의 분석

금속성분의 분석은 입자의 크기가 $4.7\sim 5.8\mu\text{m}$ 와 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 인 2개의 여과지만을 분석하였다. 평균 입자의 크기가 $4.7\sim 5.8\mu\text{m}$ 인 부유분진의 경우 알루미늄과 규소, 황, 칼륨과 칼슘, 철 등 대부분의 금속이 비 황사 기간에 비해 황사 기간에서 농도가 높았다. 평균입자의 크기가 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 인 부유분진의 경우 알루미늄과 규소, 황, 칼륨과 칼슘, 철 등 대부분의 금속이 비 황사

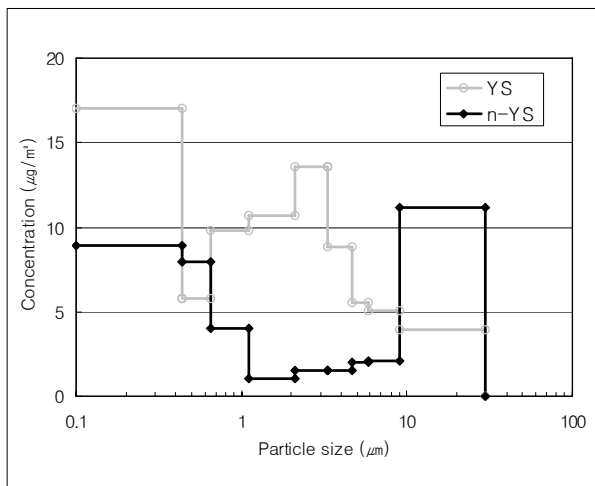


Figure 1. The particle size distribution of SPM in Yellow Sand and non Yellow Sand phenomena(YS : Yellow Sand, n-YS : non-Yellow Sand).

기간에 비해 황사 기간에서 농도가 높았다. 특히 황사 기간에 칼슘, 철, 구리, 아연 등의 금속이 비 황사 기간에 비해 3-6배 증가하는 소견을 보였다. 입자의 크기가 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 의 경우 황이 비 황사 기간에 비해 약 3.5배 증가하는 소견을 보였다(Fig 2).

3. 미생물의 동정

그람 양성균을 동정하기 위한 Blood agar plate배지에서 비 황사 기간 중 채취한 시료에서는 대부분의 모든 단계에서 *Bacillus species*가 동정되었으며, 부유분진의 입자의 크기가 $5.8\sim 9.0\mu\text{m}$ 와 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 인 두 단계의 여과지에서 *Coagulase negative staphylococcus*와 *Bacillus*가 자랐다. 황사 기간 중에 채취한 시료에서는 3단계의 여과지에서 *Bacillus species*가 자랐으며 입자의 크기가 $3.3\sim 4.7\mu\text{m}$ 인 단계의 여과지에서

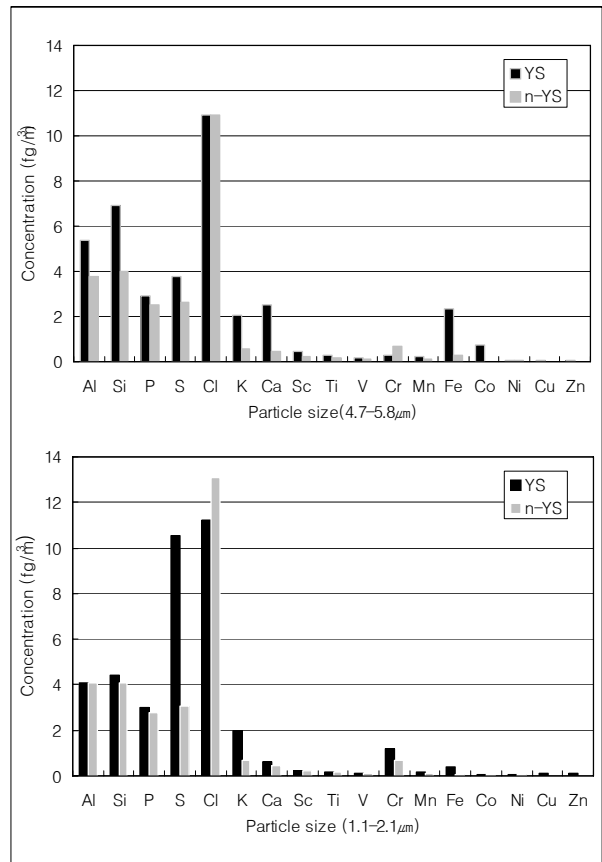


Figure 2. Distribution of metal components in SPM during Yellow Sand and non Yellow Sand phenomena(YS : Yellow Sand, n-YS : non-Yellow Sand).

*Coagulase negative staphylococcus*가 자랐다. 황사 기간보다 비 황사 기간동안 채취한 시료에서 오히려 더 많은 단계의 여과지에서 균이 동정되었으나 두 기간에서 자라는 균주의 종류에는 차이가 없었다(Table 1).

그람 음성균을 동정하기 위한 MacConkey agar plate배지에서는 두 기간 다 자라는 균주는 없었다.

진균 배양은 Sabraud Dextrose agar plate배지와 일반세균의 성장을 억제하기 위해 Sabraud배지에 chloramphenicol을 첨가한 배지에 배양하였다. 비 황사 기간동안 SDA배지에서는 대부분의 단계에서 *Mucor species*, *Cladosporum*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*등의 진균들이 자랐다. 황사 기간 동안은 *Penicillium*과 *Alternaria*, 그리고 다른 mold

*form fungus*들이 자랐으나 어떤 종류인지는 확인되지 않았다. 비 황사 기간동안 오히려 황사 기간보다 더 많은 종류의 균주가 자랐다(Table 2, Fig 3).

바이러스 배양은 HEp-2, MDCK, 그리고 LLC MK-2의 3가지 세포주에 배양하였으나 4일과 11일에 실시한 간접 면역 형광법 검사에서 확인되는 바이러스는 없었다.

고 찰

대기 환경의 오염이 호흡기 계통에 좋지 않은 영향을 미치는 것은 잘 알려진 사실이다. 산업화에 따른 화석연료의 사용증가와 자동차의 증가는 이러한 대기

Table 1. Gram(+) colonies grown from SPM samples during Yellow Sand and non-Yellow Sand phenomena

Particle size	Yellow Sand phenomena	non-Yellow Sand phenomena
Blank	Negative	Negative
9~10µm	Bacillus species	Bacillus species
5.8~9.0µm	Negative	Bacillus species, Staphylococcus*
4.7~5.8µm	Negative	Bacillus species
3.3~4.7µm	Staphylococcus*	Negative
2.1~3.3µm	Bacillus species	Bacillus species
1.1~2.1µm	Negative	Bacillus species, Staphylococcus*
0.65~1.1µm	Negative	Bacillus species
0.43~0.65µm	Negative	Bacillus species
<0.43µm	Bacillus species	Bacillus species

* Coagulase negative staphylococcus

Table 2. Fungal colonies grown from SPM samples during Yellow Sand and non Yellow Sand phenomena

Particle size	Yellow Sand phenomena	non Yellow Sand phenomena
Blank	Negative	Negative
9~10µm	Alternaria	Mucor species, Alternaria
5.8~9.0µm	Penicillium, Alternaria	Alternaria, Cladosporium, unidentified mold form fungus
4.7~5.8µm	Penicillium, unidentified mold form fungus	Mucor species, cladosporium
3.3~4.7µm	Penicillium, unidentified mold form fungus	Aspergillus, Mucor species, Alternaria, Cladosporium, unidentified mold form fungus
2.1~3.3µm	Penicillium, unidentified mold form fungus	Mucor species, Cladosporium
1.1~2.1µm	Penicillium, unidentified mold form fungus	Alternaria, Cladosporium, unidentified mold form fungus
0.65~1.1µm	Unidentified mold form fungus	Mucor species, unidentified mold form fungus
0.43~0.65µm	Unidentified mold form fungus	Cladosporium
<0.43µm	Penicillium, unidentified mold form fungus	Alternaria, penicillium, unidentified mold form fungus

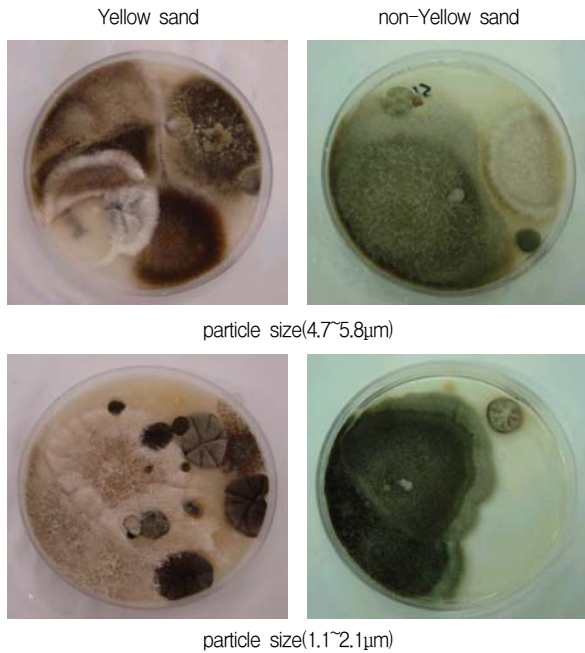


Figure 3. Fungal colonies grown from SPM samples during Yellow Sand and non Yellow Sand phenomena.

오염의 주된 요인으로, 흡입되어 기도에 침착되어 기관지염을 유발하거나 천식을 악화시킨다. 한편 황사는 대표적인 자연 대기오염원으로 중국과 몽고의 사막지대와 황하강유역의 황토지대에서 저기압의 발생이나 통과 시 지형적인 효과에 의한 난류로 인해 토양 입자가 공중에 비양하여 이동, 낙화하는 현상으로 수백, 수천 킬로미터의 중장거리를 이동하여 중국, 한반도, 일본지역 및 북미 서해안까지 도달하는 것이 확인되었다⁹.

1997부터 2000년까지 충청도 청원에서 측정된 황사의 경우 총 미세먼지농도는 1998년의 경우 $359\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였으나 2000년의 경우 $989\sim 1,369\mu\text{g}/\text{m}^3$ 발생되었고 PM_{10} 도 $861\sim 996\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 발생하였다¹. 2002년의 경우 황사가 매우 심했던 해로 대부분 미세먼지 농도가 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘어 4월 8일에서 10일 사이에 발생한 황사의 경우 한 측정소의 시간 평균 미세먼지 농도가 $3,311\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 측정되었다¹⁰. 그러나 이 연구기간동안의 황사발생동안의 미세먼지의 농도는 $80.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대부분 도시의 총 부유분진 농도의 연평균 값이 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘고, 황사의 발생을 평가할 수 있는 최저농도의 기준치(Threshold value)를 일 최고농도 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 고

려하면 매우 낮은 수치이다¹. 이는 연구지역이 청정지역으로 대기오염원이 적고, 또한 2003년의 경우 황사의 발생일이 짧고 정도가 심하지 않았기 때문으로 생각된다.

황사의 주성분은 규소계통의 모래와 토양, 알루미늄, 칼슘, 철 등의 광물성 물질이 대부분이지만 중국의 급속한 공업화로 인해 납 등의 중금속이 유입되고 있다. 이 연구에서 황사 현상 시 다른 금속에 비해 칼슘, 철, 구리, 아연 등의 금속이 비 황사 기간에 비해 3~6 배 증가하는 소견을 보였다. 이러한 금속들은 대부분 토양에서 유래되는 금속들로 황사 기간동안 중국대륙을 거쳐 옮겨온 것으로 생각되며, 특히 황(S)의 경우 평균 입자의 크기가 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 의 적은 미세먼지 중에서도 농도가 3배 이상 증가하는 것으로 보아 $1.1\sim 2.1\mu\text{m}$ 이하의 작은 입자를 통해서도 중국이나 몽골의 대기오염 물질이 황사기간 동안 우리나라로 유입되는 것으로 추정된다.

대기오염의 원인은 미세먼지, 포름 알데하이드, 석면, 일산화탄소, 이산화탄소, 아황산가스 등의 화학적 오염원과 세균, 곰팡이, 바이러스 등의 생물학적 오염원이 있으며 이런 물질이 기관지염이나 폐렴 그리고 폐암 같은 호흡기 질환을 유발시킬 수 있다. 특히 세균, 곰팡이 등은 공기를 매체로 하여 폐 및 기타 기관에 전달되어 전염성 질환 및 알레르기 질환을 유발시키기도 한다.

대부분의 공기유래 세균은 사멸하거나 Viable but not culturable상태이며 Epifluorescent microscope method로 총세균수를 측정하면 공기유래 세균 중 0.02 ~ 10.6% 정도만 배양이 가능하다고 한다¹¹.

정¹²등의 연구결과를 보면 지하철역과 지하상가, 백화점등의 상업공간과 주택 등 주거 공간 그리고 공원 등에서 공기를 채취하여 세균과 진균을 검사한 결과 많은 세균수와 진균수가 관찰되었다. 중국의 Beijing 지역의 대기 중의 미생물을 검사한 결과 *S. aureus*가 전체 세균의 21.7%, *Listeria*균이 13.6~16.7%를 차지하였다¹³. 또한 병원의 실내공기 중 검출된 미생물의 종류는 *Staphylococcus* 72.9%, *Micrococcus* 20.5%, *Lactobacillus* 4.6%의 순이었으며¹⁴, *S. aureus*의 경우 대부분 응고효소 음성 *S. aureus*이었다¹⁵⁻¹⁷.

Pastuzka¹⁸등의 연구를 보면 실내와 실외에서 포집한 공기를 배양한 결과 *Micrococcus spp*와 *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsillea pneumoniae*, *Pseudomonas*등 수십 가지의 세균이 확인되었다.

이 연구에서는 비 황사 기간과 황사 기간동안 대부분 *Bacillus species*가 분리되고 일부 단계에서 *Staphylococcus* 두 세균만 분리되었는데 이는 태안반도의 경우 청정지역으로 오염원이 적어 대부분의 병원성균과 대기 오염균이 검출되지 않은 것으로 추정되며, 따라서 분리된 균주가 대부분 토양미생물인 *Bacillus species*인 것으로 판단된다. 하지만 황사의 정도가 경하여 황사를 통한 세균의 유입여부는 판단하기 어려울 것으로 생각된다.

대기에서 검출되는 대표적인 진균으로는 *Alternaria*, *Claudosporum*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Epicocccum*, *Fusarium*, *Nigrospora*와 *Stemphylium* 등이며, 김¹⁶ 등의 연구에서는 *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*과 *Basipetospora*등이 자랐으며, 병원에서 채취한 검체의 경우 *Aspergillus*와 *Penicillium*이 자랐다^{14,15,17}. 이 연구에서는 *Mucor species*, *Alternaria*, *Claudosporum*, *Penicillium*, *Aspergillus species*등의 균주가 자랐으며 오히려 황사 기간보다 비 황사 기간동안 더 많은 균주가 자라는 것을 관찰할 수 있으나, 포집과 배양이 한번만 이루어 졌고 비 황사 기간 동안 자라는 균주도 대기 중에서 흔히 관찰되는 균주이므로 황사를 통해 유입된 것으로 단정하기는 어려울 것으로 보인다.

이 연구에서 바이러스 배양의 결과는 음성이었다. 하수처리장 스프링클러 근처에서 대기 중에서 enterovirus를 배양하였다는 보고는 있으나¹⁹ 아직까지 일반 대기 중에서 바이러스를 배양하였다는 보고는 없다. 이는 바이러스의 증식이 살아있는 세포에서만 이루어 지므로 대기 중에서 Virion의 형태로 존재하여, 공기 중으로 희석되어 바이러스의 농도가 낮고, 또한 배양 방법이 어려운 때문으로 간주된다.

이 연구의 제한점은 황사 기간과 비 황사 기간동안 각각 한번씩만 포집하여 검사하고, 또한 황사의 정도가 경하여 황사 기간과 비 황사 기간의 차이를 비교하는 것이 힘들 것으로 생각된다. 앞으로 황사가 심할 때 황사와 비 황사 기간동안 계속적으로 측정할 필요가

있을 것으로 생각되며, 황사분진의 농도와 각각 금속 성분의 농도의 변화 및 미생물의 균주의 종류에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한 세균과 진균 등 미생물 동정의 경우 속(Genus)순위까지가 아니라 종(Species)까지 분리하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

이 연구는 황사 기간동안 대기분진 중에 포함된 미생물에 대한 최초의 연구로 황사 기간동안 다른 금속에 비해 칼슘, 철, 구리, 아연 등의 금속이 비 황사기간에 비해 3-6배 증가하는 소견을 보였으며, *Bacillus spp.*와 *Staphylococcus*등의 세균과 *Mucor species*, *Alternaria*, *Claudosporum*, *Penicillium*, *Aspergillus species*등의 진균을 분리하였으나 황사 기간과 비 황사 기간동안 차이점을 발견할 수는 없었다.

요 약

연구배경 :

황사는 우리나라에서 주로 3월에서 5월까지 봄에 집중적으로 발생하는 대기오염의 주된 원인으로 사람에게 만성 기관지염을 악화시키고 호흡기 질환을 유발하는 것으로 알려져 있다. 황사기간 중 부유분진 중의 무기이온 성분과 금속성분의 분석에 대한 연구와 천식 등 호흡기 질환과의 연관성에 대한 연구는 많으나, 아직까지 황사의 부유분진중의 미생물에 대한 연구는 부족하다. 이 연구에서는 황사 현상시 부유분진 중에 박테리아, 진균 그리고 바이러스 등의 미생물의 검출유무와 종류를 알아보고 금속 성분 및 농도에 대해 알아보하고자 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

시료의 채취는 충남 태안군 파도리에서 cascade impactor(AN-200, USA)를 설치하여 1시간 동안 얻었으며 채취는 황사현상 기간과 비황사기간중 각각 한번씩 시행하였다. Cascade impactor에 의해 채취된 부유분진중의 미생물 검사는 cascade impactor내에 있는 여과지를 그람 양성균, 그람 음성균, 진균, 그리고 바이러스의 배지(4종, influenza, parainfluenza, adenovirus, RSV)에 옮긴 후에 배양하여 분석하였다. 금속 성분의 분석은 XRF를 이용하여 분석하였다.

결 과 :

조사 대상 지역의 황사기간과 비황사 기간 중 부유분진의 농도는 각각 80.2, 40.3 g/m³ 이었다. 부유분진 중 XRF로 분석한 금속성분은 알루미늄과 규소, 황, 칼륨과 칼슘, 철 등 대부분의 금속이 비 황사 기간에 비해 황사 기간에서 농도가 높았다.

미생물 검사 결과상 그람 양성균은 *Bacillus species*, *Coagulase negative staphylococcus*가 자랐으며 황사 기간보다 비 황사 기간동안 채취한 시료에서 오히려 더 많은 단계의 여과지에서 균이 동정되었으나 두 기간에서 자라는 균주의 종류에는 차이가 없었다.

진균 배양은 비 황사 기간동안 *Mucor species*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* 등의 진균들이 자랐으며, 황사 기간동안은 *Penicillium*과 *Alternaria*, 그리고 다른 mold form fungus들이 자랐다.

바이러스와 그람 음성균은 두 기간 다 자라는 균주는 없었다.

결 론 :

이 연구는 황사 기간동안 대기분진 중에 포함된 미생물에 대한 최초의 연구로 황사 현상시 미생물의 검출 종류는 크게 차이가 없었으나 개체수의 증가가 관찰되었으며 금속 성분의 종류는 차이가 없었으나 농도는 황사 현상시에 더 높은 수치를 보여 황사현상에 따른 호흡기 질환자의 주의와 대기오염에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Chung YS, Kim HS, Natsagdori L, Jugder D, Chen SJ. On yellow sand occurred during 1997-2000. J Korean Meteorol Soc 2001;37:305-16.
2. Donaldson K, Stone V, Clouter A, Renwick L, MacNee W. Ultrafine particles. Occup Environ Med 2001;58:211-6.
3. Choi JC, Oh SN, Park KJ. A study on ion components and metallic elements in aerosol during the spring, 1998 at Seoul. J Korean Meteorol Soc 2000;36:551-61.
4. Kwon HJ, Cho SH, Chun Y, Lagarde F, Pershagen G. Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea. Environ Res 2002;90:1-5.
5. Hong YC, Leem JH, Ha EH, Christiani DC. PM10 exposure, gaseous pollutants, and daily mortality in Incheon, South Korea. Environ Health Perspect 1999;107:873-8.
6. Seok L, Wook LY, Yong C. Out-patient visits for respiratory diseases and yellow sand phenomena. Korean J Epidemiol 1991;13:159-68.
7. Min PK, Kim CW, Yun YJ, Chang JH, Chu JK, Lee KE, et al. Effect of yellow sand on respiratory symptoms and diurnal variation of peak expiratory flow in patients with bronchial asthma. J Asthma Allergy Clin Immunol 2001;21:1179-86.
8. Park JW, Lim YH, Kyung SY, An CH, Lee SP, Jeong SH, et al. Effects of ambient particulate matter (PM₁₀) on peak expiratory flow and respiratory symptoms in subjects with bronchial asthma during yellow sand period. Tuberc Respir Dis 2003;55:570-8.
9. Jhun JG, Yeh SW, Kwak YM, Chung YS. Characteristics of yellow sand observed in South Korea in april 1998 and pattern of long-range transport. J Korean Meteorol Soc 2000;36:405-16.
10. Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research. Annual report of air quality in KOREA, 2002. Seoul: Ministry of Environment; 2003.p.79-86
11. Dimmick RL, Wolochow H, Chatigny MA. Evidence for more than one division of bacteria within airborne particles. Appl Environ Microbiol 1979;38:642-3.
12. Chung YH, Hong JB, Chang YH. A study on the microbial air pollution of urban living and indoor environment. Korean J Environ Health Soc 2001;27:1-9.
13. Tong Y, Che F, Ku X, Chen M, Ye B, Li J. Population study of atmospheric bacteria at the Fengtai district of Beijing on two representative days. Aerobiology 1993;9:69-74(cited by Chung YH12).
14. Jung SH. A study on airborne microorganisms in hospitals. Seoul: Seoul National University; 1997
15. Choi JT, Kim YS. An investigation on concentration of airborne microbes in a hospital. Korean J Environ Health Soc 1993;19:30-6.
16. Kim YS, Lee EG, Yup MJ, Kim KY. Distribution and classification of indoor concentration of microorganisms in public buildings. Korean J Environ Health Soc 2002;28:85-92.
17. Hong JB, Chung YH, Chang YH. Distribution of hospital airborne microorganisms in Seoul, Korea. Korean J Environ Health Soc 2003;29:1-7.
18. Pastuszka JS, Paw U KT, Lis DO, Wlazlo A, Ulfig K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. Atmos Environ 2000;34:3833-8.
19. Hamparian VV, Ottolenghi AC, Hughes JH. Enteroviruses in sludge: multiyear experience with four wastewater treatment plants. Appl Environ Microbiol 1985;50:280-6.