

돌연변이원성을 지표로 한 대기부유 입자상물질의 평가 (2)

- 돌연변이원성의 입경분포 -

The Evaluation of Airborne Particulates with Mutagenicity
as a Carcinogenic Indicator (2)

- Particle-Size Distribution of Mutagenicity -

유영식*¹⁾, 김민영²⁾, 여인학²⁾, 이상철²⁾, 김혜경²⁾, 박성배²⁾

1) 서울보건전문대학 환경관리과

2) 서울특별시 보건환경연구원

I. 서론

환경인자가 인체의 발암에 크게 기여하며, 대기오염도 환경성 발암의 주요인자의 하나로 주목되고 있다. 따라서 발암관련물질에 의한 대기오염의 실태를 발생원을 포함하여 환경대기를 대상으로 상세히 파악하는 일은 대기오염에 대한 대책의 강구 및 대기오염과 폐암발생과의 관련을 규명하기 위한 기초로서 매우 중요하다고 사료된다.

발암성 시험은 mouse, rat 등의 실험동물을 이용하는 것이 원칙이나 소요시간과 경비면에서 난점이 많아 screening 수법을 필요로 한다. 현재 발암물질 검색의 screening 수법으로 이용되고 있는 돌연변이원성 시험은 암세포 발현의 2단계 학설의 initiation 단계의 검출법으로 지지를 받고 있으며, 발암성시험과 그 결과에 있어서 정성 및 정량적으로 매우 높은 상관관계에 있음이 입증되었으며, 또 대기오염물질과 같은 복합물질에 대해서도 응용가능한 장점을 소유하고 있다.

본 연구에서는 대기오염과 발암성을 규명하기 위한 연구의 일환으로, 대기중의 부유입자상물질을 입경별로 채취하여 그로부터 추출한 유기물에 대하여 돌연변이원성을 조사하였다.

II. 실험방법

1. 대기부유입자상 물질의 포집 : 1991년 6월부터 1992년 5월까지 1년동안 한남동(서울시 대기 monitoring station)에서, high-volume air sampler에 Andersen particle sizing head(1단: >7.0 μ m, 2단: 3.3~7.0 μ m, 3단: 2.0~3.3 μ m, 4단: 1.1~2.0 μ m, 5단: <1.1 μ m, back-up)를 장착하여, quartz fiber filter상에 1회 가동일수는 5일로 월2회 포집하여 하나의 시료로 하였다.

2. 포집 입자상물질의 칭량 : 포집전후에 각기 filter를 20°C, 50%의 항온항습조건하에서 48시간 방치 후 칭량하였고, 유기물추출 직전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

3. 유기물의 추출 : benzene-ethanol(4:1)을 추출용매로 15분간 초음파조사(28KHz)하여 추출하고, 추출물은 여과후 32~35°C에서 rotary evaporator로 감압농축하였다. 그 후 desiccator내에 용매취가 감지되지 않을 때까지 방치한 후 유기물을 칭량하고 소정량을 분취하여 dimethylsulfoxide에 용해한 후 변이원성시험 직전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

4. 돌연변이원성 시험 : S. typhimurium TA100 및 TA98의 양균주에 S-9mix 첨가와 비첨가의 계에서 Ames의 방법을 pre-incubation법(37°C, 20min)으로 실시하였다.

III. 결과

1. 부유입자상물질의 입경분포 및 경월변화 : 총 부유입자상물질의 연평균농도는 186.1 μ g/m³이었으며, 1.1 μ m 이하의 미세입자는 65.6 μ g/m³(35.2%), 7 μ m 이상의 조대입자는 66.9 μ g/m³(35.8%)로 전형적인 2산형분포를 나타내었다. 11월에서 2월에 이르기까지는 200 μ g/m³전후를 나타내었고, 8,9월은 100 μ g/m³ 이하로 동고하저의 특징을 나타내었다. 또 황사현상의 기여로 사료되는 4월은 337.7 μ g/m³로 최고치를 나타내었다. 전체적으로 미세입자에서 뚜렷한 경월변동을 보이고 조대입자는 연간을 통하여 커다란 변화는 없었다.

2. 추출유기물의 입경분포 및 경월변화 : 추출유기물의 연평균농도는 35.2 μ g/m³로 총 부유입자상물질의 18.9%에 달하였다. 1.1 μ m 이하의 미세입자로부터 추출된 유기물은 전체의 40.6~57.4%로 절반 정도이었고, 7 μ m 이상의 조대입자로부터는 10.8~19.7%로 낮게 추출되었다. 따라서 1.1 μ m 이하의 미세입자는 총 부유입자상물질 농도 및 추출유기물 농도에 기여하는데 비하여, 7 μ m 이상의 조대입자는 총 부유입자상물질에는 기여하나 추출유기물 농도에는 기여하지 않았다.

추출유기물 농도의 경월변화는 대체적으로 입자상물질 농도에 비례하여, 동고하저의 특징을 나타내었으나

황사현상으로 인하여 최고치를 나타낸 4월의 추출유기물농도는 $43.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 12.9%에 지나지 않아 황사증의 유기물함유율은 낮게 나타났다.

3. 돌연변이원성의 입경분포 및 경월변화 : strain(TA100 및 TA98)과 대사활성화계(S-9mix 첨가 및 비첨가)를 별도로 한 4개의 계에서 최고의 돌연변이원 활성은 6월의 $128 \text{ revertants}/\text{m}^3$ (TA98 without S-9mix) 이었고, 최저치는 7월의 $10 \text{ revertants}/\text{m}^3$ (TA98 with S-9mix)이었다. 전체적으로 TA98에서는 S-9mix 첨가의 계보다 S-9mix 비첨가의 계에서 2배 이상의 돌연변이원 활성이 나타났고, TA100의 계에서는 S-9mix 첨가와 비첨가에 관계없이 유사한 활성을 나타내었다. 이는 frameshift type의 mutagen 검출에 예민한 TA98에서 대사활성화를 필요로 하지않는 direct acting mutagen이 보다 많이 함유되어 있을 가능성을 시사하며, base-pair substitution type의 mutagen 검출에 예민한 TA100에서는 direct acting mutagen 이나 promutagen(indirect acting mutagen)의 함유정도가 유사함을 시사하고 있다.

입경별로 돌연변이원 활성을 비교하여 보면 $1.1 \mu\text{m}$ 이하의 미세입자의 활성이 전체의 60% 이상을 점하고 있었으며 $2.0 \mu\text{m}$ 의 흡입성 입경을 고려하면 총돌연변이원 활성의 70% 이상을 모든계에서 나타내었다. 이는 대기입자상물질의 돌연변이원 활성검색을 routine으로 시행할 경우 초대입자를 cut off하여 실시하는 것이 바람직함을 시사하고 있다.

연간의 경월변화는 4개의 계에서 공히 동고하저의 경향을 나타내었다. 이번 조사에서 가장 특기할 만한 사항은 6월의 시료가 입자상 물질농도, 추출유기물의 농도, 나아가 돌연변이원 활성치까지 가장 높은치를 나타내었다. 이의 원인은 현단계로는 파악 불가능하나 살충제나 농약 등이 에어로졸의 형태로 유입되어 이 같은 결과를 나타냈을 것으로 유추된다. 이의 정확한 규명을 위해서는 추후의 정밀검토가 요구된다.

참고문헌

- Ames, B.N., J. McCann and E. Yamasaki(1975a), Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/mammalian* microsome mutagenicity test, *Mutation Research*, 31, 347-364.
- Goto, S., A. Kawai, T. Yonekawa and H. Matsushita(1982), Ultrasonic extraction method: A technique for mutagenicity monitoring of airborne particulates, *J. Japan Soc. Air Pollut.*, 16, 18-25.
- Kuroda, K. and Y. S. Yoo(1991), Enhancement of mutagenicity of 1-nitropyrene by water as a diluent, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 21, 58-61.
- Maron, D.M. and B.N. Ames(1983), Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test, *Mutation Research*, 113, 173-215.
- Yoo, Y.S. (1985), Mutagenic and antimutagenic activities of flavoring agents used in foodstuffs, *The J. of the Osaka City Medical Center*, 34, 267-288.
- Yoo, Y.S. and K. Kuroda(1986), Cytotoxicity and mutagenicity of airborne particulates, *Annual Rep. of Osaka City Inst. of Public Health and Environmental Science*, 48, 41-44.
- Yoo, Y.S. (1987), Air contamination in an underground commercial floor assayed by pollutants, dust and mutagenicity, *J. of Korea Air Pollution Research Association*, 3, 46-52.
- Yoo, Y.S. and K. Kuroda(1988), Effect of light irradiation on typical mutagens: Enhancement of mutagenic activity of 4-nitro-o-phenylenediamine, a hair dye, *Environmental Mutagens and Carcinogens*, 8, 99-104.
- Yoo, Y.S. (1989), Nitroarenes, recently recognized air pollutants, *Korea J. of Environ. Health Soc.*, 15, 1-9.
- Yoo, Y.S. et al. (1991), Mutagenicity of airborne particulate organic pollutants in Seoul, *Proceedings of 2nd IUAPPA Regional Conference on Air Pollution*, 1, 345-351.
- Yoo, Y.S. et al. (1992), The evaluation of airborne particulates with mutagenic activity as a carcinogenic indicator, Report submitted to Korea Ministry of Science and Technology.

(본 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과의 일부입니다.)