

## PB11) 부산시 상수 원수의 수인성 장관계 바이러스 분포 조사(2001~2005)

정은영\*, 박흥기, 정종문, 유평종, 문성기<sup>1</sup>

부산광역시 상수도사업본부 수질연구소, <sup>1</sup>경성대학교 생물학과

### 1. 서 론

장관계(enteric viruses)바이러스는 인체의 소화관에서 증식하거나 이들을 경유하여 분변과 함께 체외로 방출되는 바이러스를 총칭하는 것으로 이들은 바이러스에 감염된 환자의 분변에서 배출되어 하수를 거쳐 지표수·지하수 등 자연수계에 널리 분포하고 있다(Lee, *et al* 2002, Abbaszadegan *et al*, 1999). 또한 어패류 등에 축적되어 사람이 섭취할 시 인체에 감염되어 다양한 수인성 질병의 원인이 될 수 있다(Jung, *et al* 2000). 현재까지 알려진 수인성 장관계 바이러스는 enteroviruses, adenoviruses, reoviruses, rotaviruses, hepatitis A viruses 등 140여 종이 알려져 있으며, 열성마비, 무균성 수막염, 호흡기 감염 등의 질병을 일으킬 수 있다. 수인성 장관계 바이러스는 환경에서 일반적인 세균보다 적은 농도로 분포하지만 생존력이 높고 염소처리에 대한 내성도 세균보다 강하다고 알려져 있다(Cho, *et al* 2000). 최근 몇 년간 우리나라에서는 먹는 물에서의 바이러스 검출여부로 인해 크게 논란의 대상이 되어왔다. 이에 정부에서는 환경부 및 각 시도에서 바이러스 존재에 대한 여러 용역을 수행하여 수돗물의 안정성을 확인하는 한편, 정수처리기준을 마련하여 우리나라 상수원에 대한 바이러스 분포 실태조사를 실시하고 있다.

본 연구는 미국 EPA (Environment Protection Agency)와 환경부에서 규정하고 있는 표준검출법인 총세포배양법(Total Culturable Virus Assay)으로 2001년부터 2005년까지 부산시 상수원수를 대상으로 바이러스 검사를 실시하였으며, 이들에 대한 분포특성을 살펴보고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1. 조사기간

상수원수에 대한 조사는 물금, 매리 지점을 2001년 8월에서 2005년 12월까지 실시하였다.

#### 2.2. 이화학 및 미생물학적 조사

수온, pH 및 잔류염소는 각각 온도계, pH meter (Orion, Model 260) 및 잔류염소 측정기로 현장에서 즉시 측정하였으며, 탁도는 탁도계(HACH, 2100N Turbidimeter)로 실험실에서 측정하였다. 생물학적 산소요구량(BOD)은 Winkler 변법에 따라 측정하였다(APHA, 1992). 총대장균군(Total coliforms) 및 대장균(*E.coli*) 실험은 막여과법을 이용하여 실시하였다.

### 2.3. 바이러스 및 세포주

CPE 양성 대조군으로 사용한 바이러스는 약독화된 polio virus type 3을 사용하였다[7]. 사용한 세포주는 미국 ATCC에서 분양받은 BGM (Buffalo Green Monkey kidney) 세포이다. BGM 세포주의 배양액은 항생제와 10% 혈청이 첨가된 MEM/L-15 배지를 사용하였다.

### 2.4. 시료 채수 및 여과

시료채수 여과장비는 미국 EPA의 ICR 및 환경부에서 권장하는 표준필터장치를 조합하여 사용하였다(EPA, 1996). 원수와 수도꼭지에 대한 시료 채수는 1-MDS filter (Cuno사)를 이용하여 여과하였으며, 원수는 최소 200 L, 정수 및 수도꼭지는 1,200 L 이상을 여과하였다.

### 2.5. 탈리 및 유기응집농축

채수한 시료의 전처리는 미국 EPA의 ICR 방법에 준하여 수행하였다. 1-MDS 여과지가 장착된 여과기(cartridge housing module)의 관내로 1,000 ml의 1.5% beef extracts (pH 9.5)를 부은 후 용출시켰다. 탈리된 beef extract 용출액의 pH를 1 M HCl로  $3.5 \pm 0.1$ 로 조절한 후 실온에서 30분간 교반시켰다. 원심분리를 통하여 바이러스 용출물을 농축하여 최종 pH를 7.0~7.5로 조정하고 미생물 오염을 제거하기 위해 50 ml 주사기에 상등액을 넣어 pH 7.5의 beef extract 용액을 통과시킨 0.22  $\mu\text{m}$  멸균 필터를 이용하여 여과하였다.

### 2.6. 세포배양 및 정량

여과시킨 상등액을 3~6일간 배양된 BGM 세포주에 접종하였다. 세포 배양플라스크에 2% 혈청이 함유된 MEM/L-15 배지를 적절하게 분주한 후 37°C CO<sub>2</sub> 배양기에 배양하면서 14일간 CPE (Cytopathic Effect)를 관찰하였다. 검출된 바이러스의 정량은 양성과 음성시료의 결과를 기록지에 기입한 후 US EPA에서 공급한 MPN program을 사용하여 결과를 분석하였으며, 원수는 100 L, 수도물은 1,000 L를 기준으로 환산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 물리·화학적 수질

2001년 8월부터 2002년 11월까지의 조사기간 중 상수원수의 경우 수온의 변화는 7월부터 9월까지 22°C 이상의 수온을 유지하였고, 10월부터 11월 사이에는 점차 감소를 보였으며 12월에서 2월까지 10°C 이하로 떨어져 계절적 특성을 잘 보여 주었다. pH의 경우 2001년 하절기 및 동절기에는 대체로 8.5 이상의 높은 수치를 보였는데, 이 시기에는 *Microcystis aeruginosa*, 동계의 *Stephanodiscus hantzschii*에 의한 식물플랑크톤 등이 대량 증식하였기 때문인 것으로 생각되어진다. 탁도의 경우 원수는 3.4~28.2NTU로 비교적 높은 분포를 보였으나, 정수 및 수도꼭지에서 나오는 물의 경우 대부분 0.1 NTU 이하로 나타나 미국 EPA에서 권장하고 있는 기준이하로 처리되고 있는 것으로 나타났다. 정수 및 수도꼭지에서의 잔류염소는 0.2~0.8 mg/l로 수질기준(0.2 mg/l 이상)에 모두 적합한 것으로 나타났다.

### 3.2. 미생물학적 수질

지표성 미생물 항목인 총대장균군과 대장균 실험결과는 상수원수의 경우 총대장균군은 최소10MPN/ml에서 최대 8,100 MPN/100ml, 평균 1,000 MPN/100ml로 검출되었으며, 대장균

은 0~300 MPN/100ml 범위를 보였다. 이는 동일한 방법으로 국립환경연구원이 일부지역 상수원수를 대상으로 조사한 결과와 비교하였을 때 총대장균군 수치는 높게, 대장균 수치는 약간 낮은 분포를 보였다. 실험결과 탁도가 높은 경우에는 지표성 미생물 오염 농도가 높아 지므로 탁도와 지표성 미생물 항목등이 바이러스 검출 분포와 어느 정도 상관관계가 있는 것으로 관찰되므로, 이에 대한 조사가 좀 더 이루어져야 할 것으로 보인다. 이는 정수 과정에서 미생물이 완전하게 제거된 것으로 보여진다. 조사된 측정항목의 결과를 토대로 종합해 보면 3개 지점의 상수원수는 유기물과 미생물 오염수치가 높게 나타났으며, 특히 수온이 떨어지는 겨울철이 여름철 보다 오염정도가 높은 것으로 나타나 갈수기가 지속되는 겨울철에 보다 철저한 원수에 대한 수질관리 방안과 정수처리 대책이 요구되어진다.

### 3.3. 바이러스 검출 및 분포특성

본 조사기간 동안 총 35개의 원수 시료 중 22개 시료에서 바이러스 양성반응을 확인하였다. 지점별 바이러스 검출은 물금에서 12회, 매리에서 10회가 검출되었다. 총세포배양법에 의해 검출된 바이러스는 1.92~11.90 MPN/100L으로 조사됐다. 이는 한강 팔당에서 58 MPN/100L보다 작은 검출량을 보였으나(서울시, 2006), 부여 석성원수의 4.45 MPN/100L보다 높은 수치를 나타냈다(수자원공사, 2002). 상수원수에서 검출된 바이러스는 정수과정 중 여과와 소독공정에서 제거되어 정수에서는 검출되지 않는 것으로 보고되었지만(부산시, 2000; 한국수자원공사, 2002) 지속적인 모니터링으로 상수원수에 대한 바이러스를 감시해야 할 것으로 판단된다.

## 4. 요약

부산시 상수원수를 대상으로 2001년 8월에서 2005년 12월까지 바이러스 검사를 실시하였다. 총 35개의 상수원수 시료 중 22개 시료에서 cytopathic effect가 확인되어 62.8%의 양성률을 보였다. 검출된 바이러스는 1.92~11.90 MPN/100L의 범위로 여름철과 초겨울에 분포하는 특성을 보였다. 원수에서 검출된 바이러스는 정수과정 중 제거 가능하지만 정기적으로 모니터링을 해야 한다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Abbaszadegan, M., P. Stewart and M. Lechevallier, 1999. A strategy for detection of viruses in groundwater by PCR. *Appl. Environ. Microbiol.* **65**, 444-449.
- APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA-AWWA-WPCF, New York.
- Cho, H. B., S. H. Lee, J. C. Cho and S. J. Kim, 2000. Detection of adenoviruses and enteroviruses in tap water and river water by reverse transcription multiplex PCR. *Can. J. Microbiol.* **46**, 417-424.
- EPA, 1996. ICR Microbial Laboratory Manual.
- Jung, E. Y., K. L. Jang, 2000. An Effective Method for the Concentration and Detection of Enteroviruses from Water Samples by Combined Cell Culture-Polymerase

Chain Reaction. *Korean J. of Life Science*. **10**, 368-373.

Lee, S. H., S. J. Kim, 2002. Detection of infectious enteroviruses and adenoviruses in tap water in urban areas in Korea. *Wat. Res.* **36**, 248-256.

부산시, 2000. 수돗물의 바이러스 분포실태조사, 120.

서울시, 2006. 서울특별시 원수 및 수돗물의 바이러스 분포실태조사, 67.

수자원공사, 2002. “바이러스 실태조사” 용역보고서, 86.