

음용수중 발암성

미량유기오염물질

신 동 천

(연세대학교 의과대학 예방의학교실)

최근 세계보건기구(WHO)의 보고에 의하면 수중에 2,000 가지 이상의 화학물질이 존재하며 이 중에서 약 750 가지의 물질이 음용수에서 확인되었다고 한다. 또한 이중 600 가지 이상의 물질이 유기오염물질(有機汚染物質)이고 여기에는 발암성 물질과 돌연변이원성(突然變異原性) 물질 그리고 많은 유독물질이 포함된다.

이러한 사실은 인간이 매일 약 2리터씩의 물을 평생 마시고 산다는 점에서 공중보건학적으로 매우 중요하다. 과거에는 대부분의 질병이 병원성 미생물(病原性 微生物)에 의한 감염성 질환(感染性疾患)이었으나 이러한 질환 들은 백신과 효과적인 항생제의 개발사용으로 대폭적으로 감소되고 현대사회에서는 악성종양이나 만성질환같은 비감염성질환이 문제가 되고 있으며, 악성종양의 많은 원인이 화학물질에 의한 것으로 설명되고 있다. 즉, 악성종양의 원인중 약 3분의 1이 환경적요인 들로서 이 중에는 많은 환경독성 물질이 포함된다.

따라서 음용수중 유독성 유기오염물질의 측정과 인체영향에 대한 안전성평가는 최근 선진국에서 큰 관심과 연구의 대상이 되어있다. 우리나라에서도 그간의 산업발달에 의한 환경오염의 증가를 고려해 볼때 음용수 중 유독성 유기오염물질의 존재를 살펴볼 필요가 있으나 현재까지

는 이에 대한 연구가 많지않다. 이 글에서는 요사이 크게 문제시 되고있는 음용수중의 발암성 미량유기오염물질(發癌性 微量有機汚染物質 carcinogenic microorganic pollutants)의 종류와 유해성 그리고 이에 대한 대책을 간략히 기술하여 수질오염과 음용수문제에 대한 새로운 관심을 가져야 함을 강조하고자 한다.

1. 음용수중 미량유기오염물질의 종류

앞에서도 언급한 바와 같이 음용수중에는 600종 이상의 유기물질이 존재하고 이중 수십종의 발암물질 혹은 발암촉진물질이 있다고 알려져 있다. 이에따라 세계보건기구에서는 30 여개국의 회원국을 중심으로 「양질의 음용수 공급을 위한 지침서」(Guidelines for drinking water quality)를 발간하여 선진국은 물론이고 개발도상국에 대하여도 이의 채택을 권고하고 있다. 이 지침서에 의하면 건강에 피해를 줄 수 있는 유기오염물질을 표 1과 같이 나열하고 있음을 알 수 있다. 이중 chlorinated alkanes로는 사염화탄소(carbon tetrachloride)와 1, 2 - dichloroethane 이 있고 chlorinated alkenes에는 1, 1 - dichloroethene, 1, 1, 2 - trichloroethene, 1, 1, 2, 2 - tetrachloroethene 이 있으며 농약에

표 1. 건강장해를 일으킬 수 있는 유기오염물질

1. 오염원에 의한 물질
Humic substances
chlorinated alkanes and alkenes
nitrosamines
polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) ^b
nitritotriacetic acid (NTA)
phenols
synthetic detergents
pesticides ^b
polychlorinated biphenyls (PCB)
phthalate esters
petroleum oils, including gasoline
chlorinated phenols
chlorinated phenols
benzene and alkylaromatics
carbon tetrachloride
2. 상수처리과정에서 생성되는 물질
carbon tetrachloride
acrylamide
trihalomethanes
3. 상수공급과정에서 생성되는 물질
vinyl chloride monomer
polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) ^b

표 2. 음용수중 미량유기오염물질의 허용기준

오염물질	기준 (단위: $\mu\text{g}/\ell = \text{ppb}$)
aldrine and dieldrine	0.03
benzene	10
benzo(a)pyrene	0.01
carbon tetrachloride	3
chlordane	0.3
chloroform	30
2,4-D	100
DDT	1
1,2-dichloroethane	10
1,1-dichloroethene	0.3
heptachlor and heptachlor epoxide	0.1
hexachlorobenzene	0.01
gamma-HCH (lindane)	3
methoxychlor	30
pentachlorophenol	10
tetrachloroethene	10
trichloroethene	30
2,4,6-trichlorophenol	10

는 DDT, aldrine and dieldrin, chlordane, hexachlorobenzene, heptachlor and hepta-

chlor epoxide, lindane, methoxychlor, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)가 포함된다. 또한 chlorinated phenol에는 2,4,6-trichlorophenol과 pentachlorophenol이 있고 trihalomethanes는 chloroform, bromodichloromethane, chlorodibromomethane, bromoform으로 되어있다. polynuclear aromatic hydrocarbon류 중에서는 발암성이 있는 benzo(a)pyrene과 fluoranthene이 문제가 된다.

또한 이 지침서에서는 인체유해성평가(人體有害性評價, health risk assessment)에 근거하여 농약, trihalomethane 등의 발암성 유기물질에 대한 음용수내 기준치를 표 2와 같이 정하고 있다.

2. 미량유기오염물질의 독성 및 발암성

사염화탄소는 간장비대와 황달 등의 간손상(liver injury)을 일으키며 신장손상도 일으킨다. 동물실험에서 발암성이 입증되었다. 1,2-dichloroethane은 간장, 신장 및 심혈관계손상을 일으키고 동물실험에서 상피세포암과 혈관육종(angiosarcoma) 그리고 자궁내막종(endometrial tumor)이 관찰되었고 돌연변이원성 실험결과 Salmonella typhimurium TA 1530, TA 1535의 균주에서 돌연변이원성을 나타내었다.

Chlorinated alkene계 물질로는 1,1-dichloroethene (1,1-DCE)가 간장 및 신장의 손상을 일으키고 또한 동물실험에서 신장, 간장, 유선(乳線)의 암을 유발시키며 TA 1530과 TA 100에서 돌연변이원성을 나타낸다. Trichloroethene(TCE)은 중추신경억제 작용을 가지며 급성간부전(fatal hepatic failure)과 신장손상을 일으키고 동물실험에서도 간세포종양이 증명되었다. 또한 TA 100의 균주를 이용한 돌연변이원성에서 양성을 나타낸다. Tetrachloroethene(Perchloroethylene, PCE)역시 중추신경억제 작용과 간장의 지방변성(fat degeneration), 신장손상등을 유발하고 동물실험에서 발암성을 나타낸다.

Benzen은 조혈기독성을 가지며 인체에서도

백혈병을 유발하는 물질로 알려져 있다. 다환방향족 탄화수소 (polynuclear aromatic hydrocarbons, PAHs)의 대표적인 물질인 benzo(a) pyrene 역시 인체에 암을 일으키는 물질로 알려져 있으며 물과 대기중에서 발견되고 있다.

농약류의 대표적인 DDT는 현재 사용이 금지되어 있으며 그외 유기염소계 농약 역시 사용되지 않고 있으나 과거에 사용된 것이 잔류되어 환경내에 존재하는지 파악하기 위하여 일정기간의 계속적인 측정이 필요하다.

2,4,6-Trichlorophenol은 체온을 상승시키고 경련을 유발하며 동물시험에서 백혈병과 임파선암(lymphoma) 그리고 간세포 종양을 일으킨다. Trihalomethanes의 대표적인 물질인 chloroform은 중추신경억제제와 간장 및 신장의 손상을 가져오고 동물시험에서 간세포종양과 신장의 상피세포암을 일으키며 인체를 대상으로한 역학조사에서도 방광암의 가능성이 높은 것으로 알려졌다.

3. 음용수 수질의 문제점 및 관리대책

산업과 문명이 고도로 발달되면서 예기치 않았던 각종 오염물질들이 문제가 되고있다. 이러한 오염물질은 수자원을 오염시키고 결국은 음료수에 도달하여 인체에 들어올 수 있게된다.서론에서도 언급한대로 현재의 분석기술 수준에서 분석이 가능한 미량 유기오염물이 음료수내에 600여종에 달한다고 하였다. 앞으로 분석기술이 더 발달되면 더 많은 종류의 오염물질 검출이 가능할 것이다. 이렇게 많은 유기오염물질 가운데서 발암성을 중심으로 그 위해도를 평가하고 이 평가결과를 근거로 음료수 수질기준을 정하고 각국에서 지키도록 권고하고 있는 것이다.

‘우리가 마시는 물이 보건학적으로 안전한가’라는 질문에 답을 할수 있으려면 음료수내에 생물학적 오염물질(biological contaminants)과 화학적 오염물질(chemical contaminate)이 존재하지 않거나 기준치 이하로 존재한다고 할 수 있어야 한다. 현재 우리의 실정은 생물학적으로는 음료수가 안전하다고 할수 있으나 화학적으로는 안전한지의 여부가 확실치 않다. 왜냐하면 음료수중에 대장균이나 병원성세

균의 존재·유무는 알수 있지만 수 많은 종류의 발암성 유기물질의 농도는 파악할 수 없었기 때문이다.

현재 우리나라의 주요 상수공급체계는 도시상수급수 및 농촌간이상수 급수로 크게 두가지 방법으로 구분할 수 있다.

도시상수급수원은 주로 하천수나 소호수이다. 이들 상수원은 주변의 도시 공업단지 및 농경작지로부터 배출되는 각종 오염물질을 또한 수용하고 있는 실정이다.

따라서 상수원을 오염하는 요인은 가능한한 철저히 막아져야 할 것이다.

특히 상류와 연계도 하류에 위치한 상수원은 오염방지에 더욱 엄격히 대처하여야 할 것이다.

그러므로 상수원보호를 위하여 주변 공장폐수 및 도시하수의 유독성물질 배출을 감시하고 엄격히 통제하여야 할 것이다. 미국에서는 129종의 유독물질을 특정유해물질(priority pollutant)로 규정하고 이들의 폐수중 함유를 불허용하고 있다. 우리나라에서는 현재 공장폐수중 일반 수질지표 항목이외에 17종의 특정유해물질만을 규제하고 있다.

한편 농어촌에 주로 설치되어 있는 간이상수도 시설을 이용하는 주민들도 또한 유독성 물질로 부터 보호되어야 한다. 간이상수도의 수원은 주로 산중의 계곡수 또는 소하천수로서 주변의 산림 또는 농경작지로부터 농약등의 오염이 우려된다. 근래에는 농촌에 농공단지들이 많이 유치되어 유해폐기물의 배출이 있다. 간이상수도의 수원은 특별히 보호시설을 갖추고 있지 않는 경우가 대부분임으로 유해물질오염을 막기위한 전국적인 간이상수도원의 정비와 조치가 시급하다.

주로 간이상수도의 관리는 주민들에 의존하고 있는 실정임으로 이들 상수원 보호를 위한 조직적인 체계가 구축되어야 할 것이다. 그리고 가능한 지역은 도시급수체계를 도입하여 위생급수를 실시하여야 할 것이다.

현재의 상수수질기준도 거의 80여년 동안 변함이 없다. 1985년 개정된 상수수질기준에는 계면활성제(합성세제)와 유기인(농약)의 항목이 추가되었을 뿐이다. 선진국에서는 THM을 위시한 각종화학물질에 대하여 수질기준을 강화

〈66페이지에 계속〉