

수질오염과 건강



신 동천

연세대학교 의과대학 예방의학교실 교수 및
환경공해연구소장

Water Pollution and Health

Dongchun Shin

Professor, Preventive Medicine Department and
Director, Institute for Environmental Research, Yonsei University Medical College

물은 생물의 생존에 필수요소로 생물체의 70~80%가 물로 구성되어 있으며, 사람은 물을 마시지 않고는 일주일 이상을 생존할 수 없다고 한다. 즉 정상수준보다 5%정도 물이 부족한 경우는 혼수상태에 이르고 12% 정도 부족한 경우에는 사망에 이를 수 있다고 할 정도로 물은 인간에게 있어 귀중한 존재이다. 이러한 물은 과거에는 무한재(無限材)의 개념에서 근래에는 유한재(有限材)의 개념으로 바뀌는 동시에 정부에서 공급하는 수도물에 대한 불신이 증가되고 오염 심화로 인해 가용 수자원이 감소하면서 우리 나라도 물 부족국가로 인식되고 있는 실정이다.

우리가 먹는 물은 원수로부터 얻어지며, 개울, 강, 호소, 지하 대수층에서 생성되는 인위

적 처리되지 않은 물을 원수라고 한다. 원수로부터 얻은 대부분의 음용수는 가정으로 공급되기 전에 처리과정을 거치게 된다. 이러한 처리과정은 필수적이지만 일차적으로 오염원로부터 원수를 보호하면 처리비용과 공중보건에 대한 위해성을 감소시킬 수 있다.

대부분의 원수는 지표수나 지하수로서 대도시 지역에서 음용수의 대부분은 보통 호수, 개울, 강 또는 저수지같은 지표수원으로부터 얻어진다. 이러한 수원에 영향을 미치는 지역을 대수층 충전지역(aquifer recharge area)이라고 한다. 소규모지역이나 우물이 있는 지역은 지하수를 사용하며, 물을 함유한 모래 또는 자갈이 있는 지하층으로부터 얻는다. 이러한 구조층을 대수층(aquifer)이라 하며 지하수의 수질

에 영향을 미치는 지역을 분수계(watershed)라 한다. 이와 같은 지표수이나 지하수내에 존재할 수 있는 오염물질은 다음과 같이 크게 분류할 수 있다.

- 무기 오염물질 : 염류나 중금속 등이 있으며 자연적으로 발생하거나 우수범람, 공업/가정오수, 유류/가스 생산공정, 채광 등에서 기인한다.
- 살충제와 제초제 : 농업용/주거용 살충제, 우수범람 등으로부터 기인한다
- 유기화학 오염물질 : 합성/휘발성 유기화합물질을 포함하며, 정수처리과정, 산업공정과 정유생산공정의 부산물, 주유소와 도시 우수범람, 오수정화 등에서도 기인한다.
- 방사능 오염물질 : 자연적으로 발생하거나 유류/가스 생산공정, 채광 활동 등에서 발생한다.
- 미생물 오염물질 : 바이러스, 박테리아 등이 있으며 하수처리공정이나 오수정화, 가축이나 야생동물로부터 기인한다.

자연적으로 순수한 물은 존재하지 않으며 자연계의 많은 물은 불순물을 함유하고 있다. 물이 강을 따라 흐르고, 호수에 정체해 있거나, 지하의 흙이나 암석층에 의해 걸러지는 동안에 불순물들이 흡착되거나 녹아들게 된다. 일부 무기물은 허용수준이하의 농도로 포함된 경우는 물의 맛을 좋게 하기도 하지만 일정 농도 이상의 합성 화학물질들은 수질을 매우 불쾌할 정도로 만들거나 심지어 유해한 인체영향을 유발시킬 수 있다.

이들 유해물질로 오염된 음용수 섭취로 인해 발생할 수 있는 인체영향 중 급성 영향의 원인은 유독물 사고로 인한 고농도 화학물질에 대한 노출에서 세균과 바이러스 등과 같은 생물체 오염에 이르기까지 다양하다. 특히 면역질환이 있거나 화학적 치료를 받고 있는 사람, 스테로이드계 약물을 복용하는 사람이 미생물에 노출될 경우 치명적인 영향을 줄 수 있다. 만성적 영향은 음용수 중에 주로 화학물질(염소 소독계 부산물, 유기용제, 농약 등), 방사성

물질(라듐), 광물질(비소)과 관련되어지며 암, 신장 간장계질환 등의 영향을 일으킬 수 있다.

다음 표 1은 음용수 중에 검출될 수 있는 오염물질과 오염원, 건강장해를 오염물질군으로 분류하여 기술하고 있다.

사람에게 유해한 영향을 유발시킬 수 있는 음용수 중의 오염물질을 제어하기 위해서는 유해영향이 발생하지 않을 것으로 기대되는 관리기준을 설정하며 그 수준 이하로 원수를 처리하는 음용수 중심의 관리방안과 원수 자체의 오염을 차단하는 원수 중심의 관리방안이 있다.

첫 번째 음용수 중심의 관리방안으로 미국의 경우는 인체 건강에 위해를 부과할 수 있는 80종 이상에 대한 기준을 설정하고 있으며, 이들 오염물질로 인해 발생 가능한 급만성 건강장해에 대해 매체, 우편 또는 다른 수단을 통해 소비자에게 경고문을 보내고 있다. 우리 나라 경우는 1963년 최초로 수도법에 근거하여 29개 항목에 대한 먹는 물 수질기준을 설정하였으며, 그간 9차에 걸친 개정과정을 통하여 유해성이 없는 물질 등 4개 물질은 제외하고 농약 성분, 휘발성 유기물질 등을 새로 추가하여 현재는 총 47개 물질에 대하여 먹는 물 수질기준을 설정·관리하고 있다(환경부 2001). 위해성 평가 결과를 토대로 설정되는 먹는 물 수질기준은 발암물질의 경우 사람이 평생동안 하루평균 2l의 물을 마신다고 가정할 때, 10만명당 1명 내지 100만명의 1명 수준으로 암이 발생할 위험도를 고려하여 설정하게 된다. 물론 공학적인 처리기술 수준이나 비용-효과 분석을 통한 경제적인 측면 등 다양한 측면이 현실적으로 고려하게 된다.

정부가 기준 이하로 음용수질을 유지 관리하는 것 이외에도 물을 사용하는 개인이나 국민 그리고 물을 공급하는 정부간의 신뢰성도 수질 관리 차원에서 중요하다. 즉 공급자와 소비자 간에 물에 대한 신뢰성이 있어야 그 만큼 수질도 양호해질 수 있다. 일방적인 불신과 안전만을 주장하는 대립관계는 수질 향상에 도움을 주지는 못한다. 미국의 경우는 물 공급자는 소비자에게 연평균 음용수질에 대한 보고서를 전

달하도록 하고 있다. 보고서는 어떤 물질이 검출되었는지, 검출되었다면 검출수준은 기준과 비교하여 어떠한지, 그리고 원수는 어디에서 채취하여 이용하든지 등에 대한 내용을 담고 있어 국민에게 알권리를 충족시키고 수돗물이 안전하다는 것을 홍보하고 있다. 또한 음용수질 기준을 초과하거나 수인성질환 발병같은 응급사태가 발생하는 경우, 이에 해당하는 물공급체계에서 급수되는 지역에 대해서는 언론매체(신문, 우편, 라디오, TV 등)를 통해 보고하고 있다. 이와 같이 발생 가능한 위해성에 대한 의사교환을 통해 국민을 이해시키고 합리적인 합일점을 도출하는 것도 음용수질 관리를 위한 중요한 측면이다.

두 번째로는 원수 중심의 관리방안으로 우리가 마시는 음용수에는 여러 가지 화학적, 물리적 그리고 생물학적인 물질로 오염되어 있고, 이들 물질의 노출에 따른 위해도는 허용 가능한 수준이 아닌 경우도 있다. 이들을 허용 가능한 수준으로 처리하기 위해서는 막대한 비용이 책정되고, 사후처리 또는 규제에 의해서는 목표치를 달성하는데 한계가 있을 수 있다. 그렇다고 음용수 중에서 유해물질의 감시와 규제를 소홀히 할 수는 없지만 결국 음용수의 모체인 상수원의 효율적인 관리가 중요하다고 볼 수 있다. 이를 성취하기 위해서는 상수원을 오염시키는 다양한 오염원에 대한 근본적인 감소 대책과 오염원을 차단하기 위한 강력한 감시프로그램을 동원해야 할 것이다.

음용수 관리에 대한 패러다임을 사전예방원칙(precautionary principle)에 의해 음용수를 생산하는 원수 중심의 관리방안으로 방향이 바뀌고 있다. 즉 과거에는 음용수에서 유해물질을 검출하고 위해성 평가를 통해 위해 정도를 파악하고 규제하는 방향이었지만 현재에는 음용수에서 발생 가능한 유해물질을 애초에 식수원수 자체에서 차단하고자 원수 평가(source assessment)를 통한 오염원 규명과 차단에 대한 연구의 움직임이 활발하다. 미국의 경우 모든 주에서 원수평가에 참여하고 있으며 지역공동체와 함께 국소 오염원을 규명해 나가는 작업을 시작하였다.

이와 같이 원수 평가는 3가지 중요한 의미를 지니고 있다. 첫 번째는 수인성질환 발생의 첫 번째 방어벽 역할로서 공중보건학적 의의(good public health sense), 두 번째는 오염으로 인한 여러 가지 복구비용보다 예방하는 비용이 더 효과적인 경제적인 의의(good economic sense), 마지막으로 물은 재생이 가능하지만 양과 질에는 한계가 있으므로 환경적인 의의(good environmental sense)를 지닌다. 따라서 우리 나라도 물 부족국가이며, “치료보다는 예방(An ounce of prevention is worth a pound of cure.)”이라는 슬로건 아래 정부와 국민 모두 오염원에 대한 원초적인 차단이 곧 예방이며 이러한 예방만이 건강한 물을 만들 수 있다는 것을 유념하였으면 한다.

표 1. 음용수 중 검출 가능한 오염물질, 오염원 및 인체 영향

무기 화학물	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오염원
안티몬	혈중 콜레스테롤 증가 혈중 포도당 감소	정유공장, 방화재, 세라믹, 전자제품, 납땀 등에서 배출
비소	피부손상, 순환계 문제, 발암위해도 증가	반도체생산, 정유공장, 목재보호, 동물사료첨가제, 제초제, 천연광물침식 등에서 배출
석면 (섬유질)>10 μ m)	양성 장폴립(benigh intestinal polyps)성장이 위해성 증가	급수관내 석면시멘트 부식, 천연광물침식
바륨	혈압 증가	천공폐기물, 금속제련 등에서 배출, 천연광물침식
베릴륨	장기 손상	금속제련, 석탄연료공장에서 배출, 전기제품, 비행기, 방위산업공장
카드뮴	신장질환	아연파이프 부식, 천연광물침식, 금속제련소 배출, 폐건전지와 페인트로부터 유출
크롬(총량)	장기간 MCL이상의 크롬이 함유된 물을 사용한 경우 알려지성 피부염 가능성	철, 펄프 압연기로부터 배출, 천연광물침식
구리	단기간 노출 : 위장 피로 장기간 노출 : 간/신장 질환 Wilson질환자는 주의	가정배관 부식, 천연광물침식, 목재보호제
시안화물	신경질환 또는 갑상선장애	철/금속 공장, 플라스틱/ 비료 공장
플루오르화물	뼈 질환(고통, 약해짐), 소아의 경우 얼룩 치아 변색 유아/어린이 : 신체/정신적 발육	치아건강을 위한 불소첨가, 천연광물침식, 비료/알루미늄 공장에서 배출
납	저하 성인 : 신장문제, 고혈압	가정배관 부식, 천연광물침식
무기 수은	신장 손상	천연광물침식, 정제소/공장 배출, 매립지/곡창지대에서 유출
질산염	6개월미만 유아 : Blue baby syndrome 증상 : 얼굴빛이 푸르게되며(청색증) 호흡이 짧아짐	비료유출, 오수정화조, 하수로부터 유출, 천연광물침식
아질산염	6개월미만 유아 : Blue baby syndrome(청색증) 증상 : 얼굴빛이 푸르게되며 호흡이 짧아짐	비료유출, 오수정화조, 하수로부터 유출, 천연광물침식
셀레늄(Selenium)	손가락/발가락의 무감각, 순환계 문제	석유정제과정에서 배출, 천연광물침식 광산에서 유출
탈륨	혈액변화, 신장/장/간 문제	광산유출, 전자제품/유리/제약회사로부터 배출

유기 화합물	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오염원
Acrylamide	신경계 또는 혈액장애, 발암위해도의 증가	하수/폐수처리 첨가물
Alachlor	눈, 간, 신장 또는 비장장애, 빈혈, 발암위해도의 증가	농약살충제로부터 유출
Atrazine	심장혈관계문제/생식질환	농약살충제로부터 유출
Benzene	빈혈, 혈소판 감소, 발암위해도의 증가	공장, 가스저장탱크, 매립지 등에서 유출
Benzo(a)pyrene	생식능력저하, 발암위해도 증가	물탱크의 라이닝과 분배관 등에서 유출
Carbofuran	혈액 또는 신경계 장애, 생식능력저하	쌀이나 목초농사에 쓰이는 토양살충제
Carbon tetrachloride	간 장애, 발암위해도 증가	화학공장이나 기타 공업활동으로부터 배출
Chlordane	간 또는 신경계 장애, 발암위해도 증가	사용금지된 흰개미박멸제의 잔류물
Chlorobenzene	간 또는 신장 문제	화학 또는 농화학 공장으로부터 배출
2,4-D	신장, 간 또는 부신 장애	농업용 제초제로부터 유출
Dalapon	신장 변화	통행용 제초제로부터 유출
1,2-Dibromo-3 chloropropane(DBCP)	생식능력저하, 발암위해도 증가	콩, 면, 파인애플 농사에 쓰이는 토양살충제
o-Dichlorobenzene	간, 신장, 순환계 문제	공업화학공장으로부터 배출
p-Dichlorobenzene	빈혈, 간/신장/비장 장애, 혈액변화	공업화학공장으로부터 배출
1,2-Dichloroethane	발암위해도 증가	공업화학공장으로부터 배출
1-1-Dichloroethane	간 문제	공업화학공장으로부터 배출
cis-1,2- Dichloroethane	간 문제	공업화학공장으로부터 배출
trans-1,2- Dichloroethane	간 문제	공업화학공장으로부터 배출
Dichloromethane	간 문제, 발암위해도 증가	제약/화학공장으로부터 배출
1-2-dichloropropane	발암위해도 증가	공업화학공장으로부터 배출
Di(2-ethylhexyl) adipate	일반적인 독성영향 또는 생식능력저하	PVC 배관에서 용해되거나 화학공장에서 배출
Di(2-ethylhexyl) phthalate	생식능력저하, 간 문제, 발암위해도 증가	고무 / 화학공장에서 배출
Dinoseb	생식능력저하	콩, 야채류 농사용 제초제의 유출

유기 화합물	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오 염 원
Dioxin(2,3,7,8-TCDD)	생식능력저하, 발암위해도 증가	소각로나 기타 연소상태에서 배출, 화학공장에서 배출
Diquat	백내장	제초제 유출
Endothall	위, 내장 문제	제초제 유출
Endrin	신경계 영향	사용금지된 살충제의 잔류물
Epichlorohydrin	위 장애, 생식능력저하, 발암위해도 증가	공업화학공장에서 배출 수처리과정 첨가물
Ethylbenzene	간 또는 신장 문제	정유공장에서 유출
Ethylene dibromide	위 장애, 생식능력저하, 발암위해도 증가	정유공장에서 유출
Glyphosate	신장 문제, 생식능력저하	제초제 유출
Heptachlor	간 손상, 발암위해도 증가	사용금지된 흰개미박멸제의 잔류물
Heptachlor epoxide	간 손상, 발암위해도 증가	Heptachlor의 와해
Hexachlorobenzene	간 또는 신장 문제, 생식능력저하,	금속제련소나 농화학공장에서 배출
Hexachlorocyclopentadiene	신장 또는 위 장애	화학공장으로부터 배출
Lidane	간 또는 신장 장애	목장, 삼림, 정원에 사용되는 살충제의 용해/배출
Methoxychlor	생식능력저하	과일, 야채, 가축에 사용되는 살충제의 용해/배출
Oxamyl (Vydate)	신경계 영향	사과, 감자, 토마토에 사용되는 살충제의 용해/배출
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	피부변화, 흉선문제, 면역/생식/신경계 저하, 발암위해도 증가	매립지에서 용출, 폐화학물질에서 유출
Pentachlorophenol	간 또는 장애, 발암위해도 증가	목재보호 공장에서 배출
Picloram	간 장애	제초제 유출
Simazine	혈액 장애	제초제 유출
Styrene	간, 신장, 순환계 장애	고무/플라스틱공장에서 유출, 매립지에서 용출
Tetrachloroethylene	간 문제, 발암위해도 증가	공장, 드라이크리닝에서 배출
Toluene	신경계, 신장 또는 간 문제	정유공장에서 배출
TotalTrihalomethanes (TTHMs)	간, 신장 또는 중추신경계 문제, 발암위해도 증가	음용수 소독 부산물
Toxaphene	간, 신장 또는 갑상선 문제, 발암위해도 증가	면, 목축 등에 사용되는 살충제의 용출

유기 화합물	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오염원
2,4,5-TP (Silvex)	간 문제	사용금지된 제초제의 잔류물
1,2,4-Trichlorobenzene	부신 변화	직물마감공장에서의 배출
1,1,1-Trichloroethane	간, 신경계, 또는 순환계 문제	금속윤활유제거지역이나 기타 공장에서 배출
1,1,2-Trichloroethane	간, 신장 문제	공업화학공장에서 배출
Trichloroethylene	간 문제, 발암위해도 증가	정유공장에서 배출
Vinyl chloride	발암위해도 증가	PVC파이프에서 용출, 플라스틱제조공장에서 배추
Xylenes (total)	신경계 손상	정유공장이나 화학공장에서 배출

방사성 핵종	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오염원
β -입자와 방출자	발암 위험도 증가	천연광물이나 인공광물의 붕괴
총 α -입자 활성	발암 위험도 증가	천연광물의 침식
라듐226과 라듐228	발암 위험도 증가	천연광물의 침식

미생물	섭취로 인한 잠재적인 건강영향	오염원
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis, 위장질환	인간이나 동물의 배설물
Heterotrophic plate count	HPC자체는 무영향, 미생물제어 여부의 척도	N/A
<i>Legionella</i>	레지오넬라 질환, 보통 폐렴	자연상태의 물, 난방장치
총 대장균(배설물 대장균과 E-coli)	잠재적인 유해 박테리아의 척도로서 사용	인간이나 동물의 배설물
탁도 (Turbidity)	탁도는 인체영향은 없으나 소독을 방해, 미생물성장의 매개체역할, 미생물존재의 척도	토양 유출
바이러스 (장내부)	위장 질환	인간이나 동물의 배설물