

## 清淨給水を 위한 快適水質基準 設定에 관한 基礎調査 研究

金永煥·文璟煥·柳在根\*

高麗大學校 保健專門大學 環境衛生科

\*國立環境研究院 水質研究部

## A Study on the guidelines for Tasty and Healthy Drinking Water Supply

Young Whan Kim, Kyong Whan Moon, Jae Keun Ryu

*Dept. of Environmental sanitation, Junior College of Allied Health Sciences,  
Korea University*

*\*National Institute of Environmental Research*

### Abstract

Recently, in accordance with elevation of life style and economics, the public demand became increasingly concerned about drinking water quality.

Without an adequate supply of safe water, healthy and comfortable life could not exist.

Therefore, the purpose of this study is to provide the guidelines and the basic informations to enable supply of clean, tasty and healthy drinking water acceptable for various demands.

We analyzed the quality of tap water, mineral water, purified tap water using home tap water purifier. And we researched on the sense of the public complaint over the tap water.

We proposed several items relating to the comfortableness of water quality and the target value. Also we presented a case of water supply system for purity and the points at problem.

The items and target value are as follows

1. turbidity : not more than 1 degree
2. dry residue : 30~200 mg/ℓ

※본 연구는 株式會社 大宇(建設)의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

3. hardness : 10~100mg/ℓ 4. free carbon dioxide : not more than 20mg/ℓ  
 5. KMnO<sub>4</sub> consumption : not more than 3mg/ℓ 6. odor threshold : not abnormal  
 7. residual chlorine : not more than 0.4mg/ℓ 8. water temperature : not more than 20°C  
 9. manganese : not more than 0.01mg/ℓ 10. iron : not more than 0.02mg/ℓ  
 11. aluminum : not more than 0.1mg/ℓ

## I. 서 론

과학문명이 크게 발달하지 못하였던 수세기 전 까지만 하여도 우리나라를 비롯한 세계 도처의 사람들은 보호되지 않은 불결한 물을 음용함으로써 콜레라를 비롯한 각종 병원성 미생물에 의한 수인성질병에 감염되어 수많은 목숨과 건강을 해친 참혹한 역사를 간직하고 있다.<sup>1)</sup> 따라서 마시는 물에 대한 건강상의 안전성을 확보하기 위한 노력의 하나로서 1908년부터 미국에서는 상수에 대한 염소소독이 시행되었고 그 결과 미생물에 의한 수인성 질병이 급격하게 감소되었다.<sup>2)</sup> 일반적으로 수도수가 갖추어야 할 세가지 요소로 수량, 수질, 그리고 수압을 들고 있으며 정부를 비롯한 많은 수도관계 기관과 단체에서 이러한 3대 요소를 확보하기 위한 노력을 지금까지 아끼지 않고 있음에도 불구하고 만족한 결과를 얻지 못하고 있는 실정에 있다. 특히 최근 음용수의 수질과 관련하여 국민들 사이에서 음용수에 대한 불신감이 고조되어 있음으로서 국민보건향상에 걸림돌이 되고 있어 더욱더 깨끗한 음용수의 확보가 커다란 국가적 문제로 등장하게 되었다.<sup>3)</sup>

최근 경제성장을 이룩한 선진국에서는 매일 마시는 음용수에 대한 보건학적 안정성에 더하여 맛있는 물까지 요구하게 됨으로서 일부 국가에서는 지금까지 기초적으로 건강에 영향을 미치는 유해인자를 지표로하는 음용수 수

질기준 항목외에도 쾌적하고 맛있는 물을 공급하기 위한 수질항목을 추가로 설정하고 있는 추세에 있다.<sup>4)</sup>

우리나라의 경우 역시 쾌적한 음용수를 확보하려는 국민적 노력은 고조되고 있어 일반 가정에서의 정수기 사용의 보편화 내지는 광천음용수의 시판이 허용되는등 청정음용수의 확보를 위한 국민적 욕구는 대단히 높은 상태에 있다. 그럼에도 불구하고 쾌적한 음용수의 공급을 위한 행정적, 기술적, 사회적 뒷바침이 따르지 못하고 있다고 판단되고 있다.<sup>5)</sup>

따라서 본 연구는 한차원 높게 건강하고 맛있는 물을 시민에게 공급할 수 있도록 하기 위한 노력의 일환으로서 청정급수를 목적으로 쾌적 수질기준 설정을 위한 기초자료를 제공하는데 연구의 필요성과 목적을 둔다.

## II. 조사 및 실험방법

### 1. 음용수의 이용현황

대한 위생학회와 환경타임즈 공동으로 1,025명에 대한 설문조사를 실시하였다.

### 2. 수돗물 불신 시민의 음용수 이용현황 및 의식조사

1994년 8월부터 9월 사이 서울시내 성인 남녀 총 249명을 대상으로 직접면담 설문조사 하였다.

3. 쾌적 수질기준 설정

세계보건기구, 미국, 일본등의 쾌적수질기준, 심미적 영향물질 규제기준치등을 참고로 하였으며, 참고로 수도권 지역의 일반 수돗물과 광천 음료수에 대한 수질조사를 음용수 검사법에 의하여 실시하였다.

4. 청정급수 system의 사례와 문제점

전반적인 국내자료를 분석하여 문제점을 제시하였다.

5. 소규모 단위의 청정급수 process의 제안

참고문헌을 이용하여 우리나라의 실정에 맞는 처리 process를 제안 하였다.

III. 조사결과 및 고찰

1. 음용수의 이용현황

1992년 말 현재 우리나라 국민의 약 81%가 급수혜택을 받고 있으며 1인 1일 급수량은 385ℓ로서 선진국 수준의 급수량에 이르고 있다. 그러나 질적인 면에서는 커다란 발전이 없고 더욱이 수돗물 유해 중금속 파문, THM 사건, 낙동강 페놀유출 사고, 한강 물고기의 폐죽음, 수돗물 세균 공방, 한강의 납오염사건, 낙동강 기름띠 및 수돗물 악취사건 등 1990년대에 들어오면서 연이어 발생하는 사건에 의

하여 음용수 수질에 대한 불신이 증폭 되어 짐으로서 수돗물은 음용수로서의 가치가 점차 저하되고 있다.<sup>6)</sup>

따라서 일반 시민들은 수돗물이 아닌 약수, 생수를 선호하게 되었고 다종다양한 정수기의 사용이 증가하고 있어 음용수 사용의 문제가 커다란 사회적 문제로까지 확산되어지고 있다. 표 1은 수돗물 불신에 대한 설문조사 내용을 요약한 결과이다.<sup>7, 8, 9)</sup>

이상의 결과에서 보는바와 같이 수돗물에 대한 불신도는 점차 증가하고 있으며, 상대적으로 수돗물을 음용수로 사용하는 비율이 30%로 저하되었다.

한편 1994년도 고려대학교 행정문제연구소가 전국의 성인 남녀 1,685명을 대상으로하여 교통 등 6개 분야에 대한 위험인식도를 설문조사한 결과 식수오염에 대한 위험인식도가 가장 높게 나타남으로서 음용수의 문제가 얼마나 심각한가를 대변해주고 있다.

2. 수돗물 불신 시민의 음료수 이용현황 및 의식조사

한편수돗물을 직접 마시지 않고 약수, 정수기사용 생수등을 이용하는 서울시내 성인 남녀 총 249명을 대상으로한 면접조사 결과는 표 2와 같다.

표 1. 음용수 이용현황

조사연도	조사대상수	조사 기관명	수돗물 불신도	음용수 이용도		
				수돗물, 가열	생수, 약수	정수기수
1992	884	환경타임즈	59.1%	40.9%	35.8%	23.3%
1993	817	YMCA	54.7%	47.8%	35.9%	
1994	1,025	대한위생학회 환경타임즈	69.5%	30.8%	44.8%	24.7%

표 2. 수도물 불신 시민의 음용수 이용현황과 의식조사(서울)

구 분	결 과(%)
음용수의 종류	(61.0) 서울시 근교약수 (12.6) 정수기로 처리된 수도물 (19.7) 시판생수 ( 6.7) 기타
수도물 불신의 이유	(22.0) 소독냄새 ( 5.9) 녹물 ( 9.3) 이물질(양금, 칩전물) ( 8.9) 중금속 ( 5.2) 미생물 ( 5.7) 발암성물질등 유해 화학물질 (42.2) 전반적인 수도물 오염문제 ( 0.9) 기타
수도물외의 음용수 음용에 따른 이점	(16.8) 건강에 좋다 (37.3) 물맛이 좋다 (37.6) 기분이 좋고 상쾌하다 ( 8.2) 기타
수도물의 수질에 대한 전망	(23.3) 현상태로 유지 (27.4) 수질개선 전망 (49.4) 수질악화 전망
수도물 수질악화의 원인	(53.3) 수질오염으로 인한 원수의 수질악화 (25.9) 수도물 처리시설과 기술의 부족 (19.7) 수도관의 노후
안전하고 쾌적한 음용수 확보를 위한 비용의 추가부담 용의	(77.8) 추가부담의 용의가 있음 (21.0) 추가부담의 용의가 없음 ( 0.4) 기타
현대 음용하고 있는 음용수의 만족도	(76.2) 만족 (19.4) 불만족 ( 4.4) 기타
사용정수기에 대한 만족도	( 9.8) 만족 (75.6) 불만족 (14.6) 기타

이상의 결과에서 보는 바와 같이 국내의 정수기 보급율은 수도물에 대한 시민의 불신감의 증대와 비례하여 급격한 증가 추세를 보이고 있으나, 반면에 정수기 보급에 따른 문제점이 상당히 지적되고 있다. 먼저 정수기의 기능

은 정수기의 종류에 따라 다양하기 때문에 먼저 정수기의 선택은 수질에 적합한 제품인가를 고려 하여야 함에도 불구하고 정수기 회사의 판매 전략에 유혹되어 정수 목적에 적합하지 않은 수백만원대의 정수기를 설치하는 경

우가 있다. 또한 각종의 필터와 활성탄여과 방식의 정수기의 경우에는 필터와 여과 층에 미생물이 번식하게 됨으로서 역으로 오염된 물을 마시는 결과를 초래하는 경우가 많다. 이온교환수지 방식의 정수기는 납과 카드뮴 등의 유해 중금속을 제거 할 수 있으나 인체에 이로운 칼슘성분까지 제거 하게되며 특히 대장균이나 일반 세균은 제거가 불가능 함에도 불구하고 맹목적인 사용이 현실화 되고 있다. 역삼투압방식을 이용한 정수기의 경우에는 이 정수기의 핵심부분인 멤브레인의 재질에 따라 정수의 목적이 좌우되며 또한 성능이 좋은 역삼투압 정수기라 하여도 3개월마다 세척한 뒤 2년에 한번 멤브레인을 교환 하는 것이 이상적이지만 정수기에 대한 일반 가정에서의 지식부족으로 원래의 목적과 정수 효율에 뒤지는 정수를 얻는 경우가 허다하다.<sup>10)</sup> 따라서 본 조사기간에 일반시민을 대상으로 현재 사용하고 있는 정수기 효율에 대한 의식조사에서 완벽하다고 응답한 시민은 9.8%에 불과 하였다.

한편으로 한국수도연구소에서 1990년부터 3년 동안 전국의 26개 회사의 53개 정수기를 대상으로하여 성능검사를 실시 한 결과 인체에 유해한 중금속 등의 불순물을 충분히 제거 하지 못하는 저질의 정수기가 85%에 이르는 것으로 조사되었고 제거율이 50% 이상 되는 정수기는 15% 정도이며 정수대상물질의 90% 이상을 제거하는 정수기는 3개 회사 제품인 것으로 밝혀 짐으로서 무분별한 정수기 사용에 많은 문제점이 있는 것으로 지적되고 있다. 더욱이 이와 같은 문제점에도 불구하고 유통되고 있는 정수기에 대한 정부의 품질규격과 검사기준이 마련되어 있지 않는다는 점에서 문제가 가중되고 있다고 본다.<sup>11)</sup>

한편 음용수 관리법(안)에서의 광천음료수란 “지하암반층 이하의 자연수로서 살균 등 화학적, 물리적 처리를 통하여 음용에 적합하도록 제조된 물을 말한다”라고 정의하고 있으며 원수의 수질 구비조건으로서 36개 항목을 설정하여 관리하도록 하는 동시에 제품수의 성분규격은 암모니아성 질소를 포함한 38개항목으로 일반 음용수 수질기준과 동일하게 설정하여 관리하고 있다.

광천음료수의 생산허가는 1983년 3개업체에서 1994년 현재 15개 회사가 영업허가를 받고 있으며, 환경처가 1994년도 상반기 생수 판매 실적을 조사한 결과 전국의 15개 생수허가업체가 판매한 생수량은 모두 19만7백88ton 으로서 지난해 같은 기간 중의 생수판매량 보다 67.5%가 증가하는 놀랄만한 신장율을 보이고 있다. 또한 생수의 총 판매 금액도 지난해 상반기와 비교하여 82.3%가 증가한 약 273억원에 이르는 것으로 나타났으며 100여개 정도로 추정하고 있는 무허가 광천음료수 제조업소까지 합한 광천음료수의 전국 대도시 상용 인구는 약 500만명에 이르는 막대한 비율을 점하고 있는 것으로 추정하고 있다.

국내의 일반적인 광천수의 생산공정은 지하수채취-1차침전-2차 침전-원수저장조-여과-음·양이온교환수지기-U.V살균실시-세척병내충진-밀봉-제품-판매의 순으로 이루어진다. 이때 광천음료수는 일반 수돗물과는 달리 지하암반층에서 원수를 채취함으로써 수질이 다르고 오염물질도 상이한점이 많음으로서 수돗물과는 물리화학적, 생물학적 평가 방법에 신중해야 한다.<sup>12), 13)</sup> 1994년 6월 서울시내에서 조사한 결과를 보면 가정에서 수거한 110개의

광천음료수중 87%인 96전에서 일반세균수가 기준치의 3~30배를 초과하는 시험결과를 발표한 바 있다. 따라서 광천음료수는 원수자체에 대한 응용적합성 여부의 확인과 함께 원수중에 이미 존재하고 있는 미생물의 분리동정과 채수과정, 가정에서의 보관시 야기될 수 있는 각종 오염의 문제에 대하여 보다 세밀한 연구검토와 함께 대국민 홍보가 요망되고 있다.

한편 광천음료수는 성격이 다르지만 일반시민들 사이에서 약수로 일컬어지고 있는 웅달샘의 경우에도 비위생적인 웅달샘이 상당수 존재하고 있는 것으로 알려짐으로서 시민 건강에 적신호를 보이고 있다. 즉, 서울시 보건위생과에서 제공한 1994년도 자료에 의하면 총 380개의 웅달샘을 대상으로하여 여시니아균을 비롯한 38개 음용수 수질기준 전항목을 대상으로하여 검사한 결과 6%에 해당하는 26개의 약수터에서 주로 대장균군을 비롯한 항목이 수질기준을 초과하는 음용수 부적합 판정을 받게 되었고 이러한 원인은 약수터 주변의 비위생적 환경에 기인 하는 것으로 분석되었다.<sup>14)</sup>

### 3. 쾌적 수질기준의 설정

#### 3.1 쾌적한 물을 요구하는 배경

음용수 수질기준 설정의 첫째 목적은 건강과 관련하여 안전성 높은 음용수의 공급에 있으며 다음으로 음용수의 쾌적성(심미적, 관능적 요소)의 추구에 있다고 본다. 그러므로 세계보건기구에서 정한 음용수 수질관리지침서(Guide-line for drinking water quality)에 의하면 음용수에 대한 국가기준을 설정하고자 하는 나라는 심리적, 관능적 품질을 관리하는데 소요되는 비용과 이익을 신중히 평가하여

야 한다고 하였으며 따라서 선진국에서도 음용수 수질기준 설정시 건강과 직접관련된 오염물질에 대하여서는 강제기준을 설정하여야 하지만 쾌적성을 높이기 위한 항목에 대하여서는 일반적으로 권장치만을 설정하고 있는 상태가 많다. 특히 저개발 국가에서는 우선 순위를 정하는 것이 중요하며 모든 기준설정 물질에 대한 개개 물질의 경우 건강에 미치는 영향을 우선적으로 고려하여야 한다고 지적하고 있다. 인간의 지각에 의한 물의 특성에 대한 판단은 대체로 주관적이며, 건강과 관련된 유해물질의 경우 어느 한사람에게 유해한 것은 모든 사람에게 유해 할 수 있지만 심미적, 관능적 특성은 사회, 경제, 문화적 배경에 의하여 좌우된다고 본다. 따라서 기준의 설정시에는 그 사회가 당면하고 있는 사회경제적 측면에서 적용 가능성을 충분히 고려 하여야 한다.

그러나 우리나라의 경우 사회경제적 측면과 관련하여 쾌적한 물을 선호하는 시민 정서가 높아가고 있다는 것은 부인할 수 없는 현실로 받아들여야 할 것이며 이러한 욕구를 충족시키기 위한 노력이 필요하다고 본다.

일본의 경우 우리나라에 비하여 이미 먼저 쾌적한 물을 원하는 사회적 분위기가 조성되었고 和田安彦은 그 원인을 아래와 같이 분석하고 있다.<sup>15)</sup>

- (1) 수원의 오염 증가
- (2) 불쾌감을 보이는 음용수의 출현(이취기, 염소냄새, 곰팡이 냄새 등)
- (3) 맛있는 물의 가격에 대한 적합성
- (4) 정보화 사회의 선전력
- (5) 고급품 지향성
- (6) 건강지향성
- (7) 포식시대에 있어서의 맛있는 것에 대한

선호도 증가

(8) 맛있는 물품을 판매하는 시대적성향  
 한편 일반적으로 쾌적성을 갖는 음용수의 조건은 다음과 같이 요약하고 있다.

- (1) 이취미가 없을 것
- (2) 수온이 비교적 낮은 것
- (3) 약산성
- (4) Ca, Mg같은 미네랄이 적당량 함유되어 있을 것
- (5) 경도가 낮은 물
- (6) 인위적인 오염이 없을 것
- (7) 불순물의 함량이 적을 것
- (8) 염소냄새가 거의 없을 것등으로 요약되고 있음으로서 이상의 조건을 유지하기 위한 기준이 제시되고 있다.

3.2 세계 보건기구와 일본의 쾌적 수질기준 항목과 기준치

세계보건기구와 일본의 쾌적수질항목과 목표치는 표3, 4, 5와 같으며 특히 일본의 경우, 물을 마실때 산뜻한 미각을 주며, 냄새가 없고 오염을 받지 않은 자연에 가까운 물, 그리고 소비자가 맛있다고 생각이 되는 물의 공급을 위하여 오래전부터 기술적, 법적, 행정적 노력 등이 다방면에서 연구되어 왔다. 일본의 수도는 100여년 이상의 역사를 간직하고 있으며 수질기준을 마련하여 수질을 관리하게 된 시점은 1957년 수도법이 제정된 이후이다.

그동안 몇차례에 걸쳐 수질기준이 보완되어 왔고 특히 1993년 음용수 수질기준을 대폭적으로 강화한 바 있다. 일본에서 새로 마련된 수질기준은 상수원의 오염과 관련하여 검출상황, 건강영향, 검사기술 등의 종합적인 평가에 바탕을 두고 유기화학물질, 농약류, 소독 부산

물 등에 대하여 기준 및 감시 항목으로 구분하여 강화하였으며 수도사업체가 정수처리의 목표로 정하여야 할 맛있는 물의 요건으로서 쾌적수질항목의 목표치를 설정한 바 있다.

그러나 이미 1980년대 초부터 쾌적수질에 관한 목표치가 설정되었고 그 목표치에 도달하고자 많은 노력을 경주한 바 있다.

표 3. WHO 음용수 利便性등에 관한 성상(1993)<sup>16)</sup>

항 목	기 준 치	성 상
무기물질(mg/ℓ)		
Aluminium	0.2	침전, 착색
Ammonia	1.5	이 취 미
Chloride	250	맛, 부식성
Chlorine(free)	0.6~1.2	이 취 미
Colour	15CTU	외 관
Copper	1	착 색
Hardness		침적물, 부식성
Hydrogen sulfide	0.05	이 취 미
Iron	0.3	착 색
Manganese	0.1	착 색
pH		맛, 부식성
Sodium	200	맛
Sulphate	250	맛, 부식성
Taste and odor		이상하지 않을 것
Temperature		이상하지 않을 것
TDS	1000	맛
Turbidity	5NTU	외 관
Zinc	3	외관, 맛
유기물질(μg/ℓ)		
Toluene	24~170	이 취 미
Xylene	20~1800	이 취 미
Etylbenzene	2.4~200	이 취 미
Styren	20~2600	이 취 미
1,2- Monochlorobenzene	10~120	이 취 미
2,4- Monochlorobenzene	1~10	이 취 미
Trichlorobenzene	5~50	이 취 미
2- Chlorophenol	0.1~10	이 취 미
2,4- Chlorophenol	0.3~40	이 취 미
2,4,6- chlorophenol	2~300	이 취 미

표 4. 일본의 쾌적한 물의 조건(1993년 이전)

항 목	요 건	수질조건(A)	수질조건(B)
1. 미각	마실때의 산뜻한 미각		
	냄새가 없는 물		
2. 취기	이취미가 없을 것	3 이하	
3. 수온	비교적 낮은 것	20℃ 이하	8~14℃이하
4. pH	약산성인 물	6.0~7.5	6.7~7.0
	유리탄산이 많은 물	3~30mg/ℓ	
5. 미네랄(Na, K, Ca, Mg 등)	적당량의 미네랄을 함유할 것(Ca 등)		
6. 경도(Ca, Mg)	경도가 낮은 것	10~100mg/ℓ	20~50ppm
7. 과망간산칼륨 소비량	과망간산칼륨소비량이 적은 것	3mg/ℓ 이하	2ppm이하
		1.5mg/이하(지하수)	
8. 색도	색도가 낮은 것		1.5도 이하
9. 잔류염소	염소이온의 비교적 낮은 농도일 것	0.4mg/ℓ 이하	12ppm 이하
10. 증발잔류물	증발잔류물이 적은 것	30~200mg/ℓ	40~100ppm
11. 금속류 등	철,망간,유기물 등이 극히 적은 것		
12. 철		0.02mg/ℓ 이하	
13. 전기전도도	용해성 물질량을 표시하며 미네랄성분 혹은 염소이온을 다량함유하면 수치가 증가		

\*수질조건(A): 후생성, 맛있는 물 연구회 “맛있는 물의 수질요건”

수질조건(B): 中西 弘

표 5. 일본의 쾌적수질 항목과 목표치(1993년 이후)<sup>16)</sup>

항 목	목 표 치	검사방법	항 목	목 표 치	검사방법
1. 망간	0.01mg/ℓ 이하	AA법, IPC법	6. 취기강도	3 이하	관능법
2. 알루미늄	0.2mg/ℓ 이하	상 동	7. 유리탄산	20mg/ℓ 이하	적정법
3. 잔류염소	1.0mg/ℓ 이하	비색법, 전류법	8. 과망간산칼륨 소비량	3mg/ℓ 이하	적정법
4. 2-메칠이소보르 네올(2-MIB)	분말활성탄처리 0.00002mg/ℓ 이하	Purge and Trap method	9. 경도	10~100mg/ℓ	적정법
	입상활성탄처리 등 0.00001mg/ℓ 이하		10. 증발잔류물	30~200mg/ℓ	증량법
5. 지오즈민	분말활성탄처리 0.00002mg/ℓ 이하	Purge and Trap method	11. 탁도	급수전에서 1도이하	투과흡광측정법
	입상활성탄처리 등 0.00001mg/ℓ 이하		12. Langelier : 부식	송배수시설입구 0.1이하	적분구식광전광법
			13. pH치	-1정도로 0에 접근 7.5 정도	pH 등에서 계산 유리전극법, 비색법



표 6. 쾌적수질기준 설정을 위한 경인지역 수돗물의 수질검사결과(1994. 8~1994. 9)

단위: mg/l

분석항목 채취장소	pH	색도	탁도	질산성 질소	경도	염소 이온	황산 이온	Fe	Mn	Zn	알카 리도	KMnO <sub>4</sub> 소비량	Ca	Mg	증발 잔류물
강동구 명일동	6.7	0	0	1.1	50	14	14	ND	ND	ND	25	3.5	10.4	3.7	108
고양시 지영동	6.7	0	0	0.4	30	5	ND	ND	ND	0.11	25	0.9	1.2	0.7	79
종로구 창신동	6.6	0	0	1.4	51	13	16	ND	0.02	0.16	26	3.5	8.9	3.7	108
용산구 후암동	7.0	0	0	1.5	45	13	9	ND	0.01	0.04	22	4.1	7.1	3.3	91
양천구 신월동	6.7	0	0	1.4	52	13	16	ND	ND	ND	26	3.8	8.9	3.6	93
은평구 불광동	6.7	0	0	1.3	53	13	16	ND	ND	ND	24	2.8	9.4	3.8	111
서초구 서초동	6.9	0	0	1.4	36	12	7	ND	ND	0.05	21	3.5	9.2	3.1	66
강남구 일원동	6.8	0	0	1.4	55	15	14	ND	ND	0.04	24	2.8	9.1	3.7	115
성북구 정릉동	6.9	0	0	1.6	36	12	8	0.04	ND	0.11	22	2.8	7.0	2.5	68
도봉구 수유동	6.8	0	0	1.2	53	17	16	ND	0.02	0.19	23	2.5	9.3	3.7	121
양천구 신정동	6.7	0	0	1.3	55	12	14	0.16	ND	0.34	24	3.8	9.2	3.7	102
은평구 역촌동	7.0	0	0	1.1	50	11	9	0.04	0.01	0.41	24	2.8	11.7	3.6	92
경기도 구리시	7.0	0	0	1.7	50	12	8	0.03	ND	0.37	24	3.5	8.5	2.5	88
중랑구 면목동	6.7	0	0	1.2	51	18	18	ND	0.01	0.09	21	3.5	9.3	3.8	98
성동구 중곡동	6.8	0	0	1.1	50	11	11	ND	ND	0.05	24	2.8	8.6	3.6	83
강남구 신사동	6.8	0	0	1.1	50	11	11	ND	ND	0.15	25	2.2	8.7	3.6	94
양천구 목 동	6.8	0	0	1.1	57	13	13	ND	ND	0.17	26	2.5	8.8	3.7	118
송파구 잠실동	6.9	0	0	1.1	53	11	11	ND	ND	ND	24	2.8	8.2	3.8	102
송파구 문정동	6.9	0	0	0.9	56	9	7	ND	ND	0.06	25	2.5	8.6	3.6	83
성동구 중곡동	7.4	0	0	1.5	56	13	12	ND	ND	0.10	-	2.2	11.9	3.9	74
인천시 간석동	7.5	0	0	1.4	50	9	10	0.08	ND	0.20	-	2.2	10.6	3.5	70
송파구 잠실동	7.5	0	0	1.3	48	11	11	ND	ND	0.06	-	2.2	10.3	3.6	79
성북구 월곡동	7.2	0	0	1.5	61	13	12	ND	ND	ND	-	2.5	12.0	3.9	75
성북구 정릉동	7.2	0	0	1.5	54	14	12	0.08	ND	0.24	-	2.5	12.0	4.0	73
강남구 신사동	7.4	0	0	1.3	53	11	11	ND	ND	ND	-	2.8	12.2	3.8	59
종로구 창신동	7.3	0	0	1.6	57	13	12	ND	ND	0.05	-	2.5	12.2	3.9	96
성동구 응봉동	7.4	0	0	1.6	54	13	12	ND	ND	0.07	-	4.7	11.2	3.9	85
최 고 치	7.5	1	1	1.7	61	18	18	0.16	0.02	0.41	26	4.7	12.2	4.0	121
최 저 치	6.6	0	0	0.4	30	5	ND	ND	ND	ND	21	0.9	1.1	0.7	59

3.3 일반 수돗물과 광천음료수에 대한 수질조  
사

쾌적 수질기준을 설정하기 위한 기초자료를 확보하기 위하여 경인지역에 보급되고 있는 수돗물(27개소)과 시판되고 있는 광천음료수와 웅달샘수(7종)에 대하여 수소이온 농도를 비롯한 15개 항목에 대한 수질검사를 실시하여 그 결과를 얻었다.(표 6, 7)

측정 결과를 분석 할 때 음용수수질기준이 설정되어 있는 항목의 기준치를 초과하는 검체는 없었으며 다만 기존하고 있는 일본의 맛 있는 물 수질기준 항목 중 과망간산칼륨소비량(3mg/l) 이상을 초과하는 검체의 수가 9개로서 33.3%를 나타내었으므로 이 항목에 대한 관리의 필요성이 요망되었다.

표 7. 쾌적수질기준 설정을 위한 시판 광천음료수와 용달샘물의 수질검사 결과(1994. 8~1994. 9)

단위: mg/ℓ

분석항목 채취장소	pH	색도	탁도	질산성 질소	경도	염소 이온	황산 이온	Fe	Mn	Zn	알카 리도	KMnO <sub>4</sub> 소비량	Ca	Mg	중발 잔류물
SU수(A)	6.9	0	0	1.3	51	13	14	0.09	0.01	0.42	25	2.5	8.8	3.7	104
O수	7.3	0	1	0.6	80	5	5	ND	ND	ND	24	0.6	7.9	3.6	140
북한산약수	6.7	0	0	1.0	20	3	10	ND	ND	0.05	20	1.6	1.6	0.9	16
SA수	6.7	0	0	0.7	62	49	4	ND	0.03	0.03	27	2.2	—	—	192
C수	7.2	0	0	1.1	60	2	7	ND	ND	0.10	24	1.9	—	—	95
SP수	7.3	0	0	2.2	37	8	4	ND	ND	ND	23	1.6	2.5	1.4	60
SU수(B)	7.7	0	0	1.8	97	5	9	ND	ND	0.02	25	1.3	22.3	4.8	174

### 3.4 국내 실정에 적합한 쾌적한 수질기준 항목의 설정과 기준치

#### 1) 쾌적수질기준 설정항목 및 기준치 제시

쾌적수질기준은 대상 음용수가 건강과 관련하여 안전하다는 전제 조건하에서 설정되어야 한다. 따라서 쾌적한 수질의 기준은 분명하게 독립적으로 설정하고 있는 국가와 단체는 흔하지 않다. 일본의 경우 일본이 갖고 있는 맛 있는 물에 대한 사회적 욕구도가 높아짐으로서 10년전부터 쾌적한 물을 공급하기 위한 제도적 장치가 마련되게 되었으며 그 제도를 계속하여 보완해 나가고 있는 실정에 있다. 우리나라의 경우 수돗물 생산량이나 보급율의 측면에서 보면 선진국 수준에 진입하고 있으나 수질적 측면에서는 아직도 개선해야 할 여지가 대단히 많게 됨으로서 우리사회에서도 쾌적한 음용수를 요구하는 국민적 정서가 높아지고 있다.

새로운 쾌적수질기준을 설정하기 위하여서는 음용수와 관련된 원수의 수질과악, 음용수 소비자의 기호성 그리고 사회경제적 여건과 아울러 음용수처리 분야의 기술적 측면 등을 다각적으로 고려하여 기준이 마련되어야 한다. 앞에서 예시한 바와 같이 세계보건기구에서

는 20종에 이르는 음용수의 쾌적성과 관련하여 심미적 영향에 미치는 기준의 설정을 권장하고 있으나, 그 기준은 범 세계적 범위를 대상으로 하는 기준 설정치임으로서 지역 특성을 고려하는 기준치가 제시되어야 한다.

예로서 합성세제를 들 수 있다. 합성세제에는 미생물에 의하여 분해가 어려운 경성세제와 자연계에서 분해가 용이한 연성세제로 구분할 수 있다. 경성세제를 다량으로 사용하는 지역이나 국가에서는 음용수중의 세제 농도가 중요시 될 수 있고 그에 대한 대책이 적극적으로 요망될 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 이미 오랜전부터 가정에서 사용하는 합성세제를 연성세제로 전환하였으므로 음용수중의 세제농도는 비교적 다른 항목에 비하여 비중이 높지 않다. 따라서 합성세제의 기준을 쾌적수질 항목으로까지 설정하여 관리하는데에는 문제점이 있다.

한편 쾌적성의 중요한 부분을 이루고 있는 미각과 취각은 개인에 따라 큰 차이가 있으며, 취각의 경우 4~1만배의 큰 차이가 있는 것으로 알려지고 있고, 개인의 건강상태, 기후여건 등 쾌적감에 미치는 영향은 다양함으로서 합리성 있는 기준항목과 기준치의 설정이 필요하다.

따라서 전반적인 수질상태, 기술적수준, 경제적 측면 등을 고려하여 우리 실정에 맞는 11개 쾌적수질항목과 기준 (표 8)을 설정 하였으며 국내 음용수와 광천음료수의 수질기준과 비교하였다.(표 9)

표 8. 쾌적수질기준 항목 및 기준치 제시

수 질 항 목	기 준 치
탁도	1도 이하
증발잔류물	30~200mg/ℓ
경도	10~100mg/ℓ
유리탄산	20mg/ℓ 이하
과망간산칼륨소비량	3mg/ℓ 이하
냄새	무취
잔류염소	0.4mg/ℓ 이하
수온	20℃ 이하
망간	0.01mg/ℓ 이하
철	0.02mg/ℓ 이하
알루미늄	0.1mg/ℓ 이하

표 9 .쾌적수질기준 설정 항목과 국내 음용수 수질기준치의 비교(1994. 10. 현재)

수질항목	쾌적수질기준 제시치	음용수 수질기준	광천음료수 수질기준
1. 탁도	1도 이하	2도 이하	1도 이하
2. 증발잔류물	30~200mg/ℓ	500mg/ℓ 이하	500mg/ℓ 이하
3. 경도	10~100mg/ℓ	300mg/ℓ 이하	300mg/ℓ 이하
4. 유리탄산	20mg/ℓ 이하	기준없음	기준없음
5. 과망간산칼 륨 소비량	3mg/ℓ 이하	10mg/ℓ 이하	원수: 3.0mg/ℓ 이하 제품수 1.0mg/ℓ 이하
6. 냄새	무취	무취	무
7. 잔류염소	0.4mg/ℓ 이하	기준없음	불검출
8. 수온	20℃ 이하	기준없음	기준없음
9. 망간	0.01mg/ℓ 이하	0.3mg/ℓ	0.3mg/ℓ 이하
10. 철	0.02mg/ℓ 이하	0.3mg/ℓ 이하	0.3mg/ℓ 이하
11. 알루미늄	0.1mg/ℓ 이하	0.2mg/ℓ 이하 (1995.1.1 시행)	

2) 쾌적수질기준 항목별 설정에 대한 고찰<sup>16</sup>

~24)

(1) 탁도(Turbidity)

우리나라의 음용수수질기준은 카오린탁도를

채택하여 탁도의 기준을 규정하고 있으나, 세계보건기구와 미국 등에서는 탁도를 분광광도에 의한 NTU(nephelometric turbidity units)를 이용하고 있다. 현재 내성이 비교적 강한 기생충포낭, 일부 바이러스 등과 기타 콜로이드에 흡착된 유해물질을 제거하기 위하여 우리나라의 탁도는 2도 이하로 규정하고 있으나 광천수의 제품수에서는 1도로 규정하고 있다. 따라서 쾌적수질기준에서도 광천수의 제품수의 탁도기준과 동일한 탁도 1도로 하향 설정함으로써 쾌적성을 높여야 할 것이다.

(2) 증발잔류물(Dry residue)

음용수의 수질기준에서는 건강적인 측면에서 생리적으로 유해하지 않으면서 물맛에 거부반응을 유발하지 않는다고 생각되는 500mg/ℓ를 관리의 상한선으로 정하고 있으나 일반적으로 높은 차원의 수질을 추구하고자 하는 쾌적수질기준에서는 30~200mg/ℓ로 규정하여 음용수의 쾌적성을 높이고 있다.

(3) 경도(Hardness)

음용수의 경우 10~100mg/ℓ 정도의 적당한 경도에서 물맛이 가장 좋은 것으로 알려지고 있다. 반대로 경도가 높으면 위장을 해치며 불쾌한 맛을 유발하는 원인이 되는 것으로 알려졌다.

경도를 이루고 있는 칼슘과 마그네슘이 맛 있는 물과 관련이 있음을 연구한 자료중의 하나로서 矯本 漿의 맛있고 건강한 물의 평형지표라는 논문에서 광천수의 관능시험을 통하여 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 맛이 좋고 Mg, SO<sub>4</sub>는 맛이 나쁘다는 점에 착안하여 맛있는 물의 지표로서 아래와 같이 OI index를 제안한 바 있다.

맛있는 물:  $(Ca+K+SiO_2)/(Mg+SO_4) > 2$

맛없는 물:  $(Ca+K+SiO_2)/(Mg+SO_4) < 2$

그러나 이상에 열거한 지표를 쾌적수질기준에 적용하기에는 뒷받침 할 만한 자료가 극히 부족한 상태이며, 쾌적수질지표로서의 가치를 파악하기 위하여서는 더욱 많은 연구의 결과가 요구되고 있다.

#### (4) 유리탄산(Free carbon dioxide)

유리탄산은 음용수에 용존하고 있는 탄산가스의 농도를 의미한다. 자연수중의 유리탄산은 유기성물질의 분해, 지하에서 발생하는 탄산가스 또는 대기중의 탄산가스가 용해됨으로서 수중에 존재한다. 그러나 가공음료수의 경우에는 인위적인 탄산가스의 주입으로서 청량감을 높이고 있으나 그 양이 심하여 적당량을 초과할 경우 반대로 쾌적감을 상실하게 되는 원인이 되고 있다.

#### (5) 과망간산칼륨소비량( $KMnO_4$ consumption)

우리나라의 음용수수질기준은  $10mg/l$  이하로 규정하고 있으나 쾌적수질기준에서는  $3mg/l$  이하로 규정함으로써 보다 오염되지 않은 순도 높은 쾌적한 음용수의 획득에 목적을 두었다.

본 조사기간 동안 서울시내 27개의 수도전의 수돗물을 채취하여 과망간산칼륨 소비량을 조사한 결과 음용수 수질기준에 초과하는 수돗물은 없었지만 33.3%에 해당하는 9개의 검수에서  $3mg/l$  를 초과함으로써 실제적으로 과망간산칼륨소비량이 쾌적수질을 확보하기 위한 항목으로서 매우 중요하다는 것을 입증하

는 결과를 보였다.

미국이나 세계보건기구에서는 음용수수질기준에 과망간산칼륨소비량을 규제항목으로 설정하고 있지 않으나 일본과 우리나라의 경우 매우 비중 높은 규제항목으로 인식되고 있다.

#### (6) 냄새(Odor)

물에 나타나는 냄새는 프랑크톤, 철, 곰팡이류, 하수와 공장폐수의 유입 등 다종다양한 원인에 의하여 발생된다. 일본의 경우 취기강도 3이하로 규정하고 있으나 우리나라의 음용수수질기준의 냄새 측정법과는 차이를 보임으로서 취기강도로 표시하지 않았다. 따라서 우리나라 음용수 수질기준의 냄새기준과 동일하게 무취일 것으로 정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

직접적으로 수돗물을 거부하게 된 이유를 설문조사한 결과 응답자의 33.7%가 냄새, 녹물, 침전물을 확인한 때문인 것으로 나타남으로서 수질조사의 결과와 관계 없이 냄새가 우리나라 수돗물의 기피현상에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

마시는 물에서 냄새가 발생하면 그 이유는 수원이 어떠한 형태로던 오염되었거나, 또는 상수처리공정이나 급수시설에 이상이 있음을 의미한다. 생물학적인 원인에 의하여 발생한 냄새들은 미생물들의 활동이 활발함을 뜻하고 때로는 수중에 위험한 병원성 미생물의 증가도 가능하게 된다.

또한 공업적인 원인에 의한 냄새는 독성이 높은 산업 폐기물에 의한 오염과 관련이 깊다. 따라서 가장 이상적인 음용수는 어떤 소비자에게서도 냄새가 감지되는는 안된다. 그러나 사람들간의 냄새에 대한 예민성의 차이 때문

에 보다 실질적인 물의 처리를 통하여 90% 정도에 해당하는 대부분의 사람들에게 불쾌한 냄새를 느낄 수 없는 물로 만들어 공급하는데 일반적으로 목적을 두고 있다.

#### (7) 잔류염소(Residual chlorine)

잔류염소는 병원성 미생물내지 일반미생물의 소독에 매우 중요함으로 아직까지도 수많은 정수장에서 살균의 목적으로 쓰여지고 있는 실정에 있고, 조사된 바에 의하면 잔류염소의 량은  $0.4\text{mg}/\ell$  이하로 유지한다면 염소 냄새를 거의 감지 할 수 없는 동시에 안전하고 쾌적한 음용수의 공급이 가능하다고 알려지고 있다.

본 조사기간 동안 수도물을 음용수로 사용하지 않고 있는 시민들에 대하여 수도물에 대한 불신 이유를 설문 조사한 결과 냄새(주로 염소냄새)가 수도물 불신 이유의 22.0%를 차지하고 있어 쾌적수질의 공급에 커다란 걸림돌이 되고 있음이 확인 되었다.

#### (8) 수온(Water temperature)

수온과 맛과의 관계를 연구 조사한 결과에 의하면 수도물을 가열하여  $60\sim 70^\circ\text{C}$  범위에서 음용하면 좋은 맛을 느낄 수가 있으나, 점차 냉각시켜 인체의 체온에 가까운  $35\sim 40^\circ\text{C}$  가 되면 불쾌한 맛을 느끼게 된다. 이어서 계속 냉각하여  $10\sim 13^\circ\text{C}$  범위에서는 다시 상쾌한 맛을 감지하게 된다. 즉, 수도물은  $70^\circ\text{C}$  부근과  $13^\circ\text{C}$  부근에서 좋은 맛을 느낄 수 있다는 결과를 얻은 바 있다.

일반 음용수의 경우 관리적 측면에서 수온을 수질기준 항목으로 설정하기에는 난점이 있어 불가능 하나, 쾌적음용수질기준에서는

$20^\circ\text{C}$  이하로 규정함으로써 수온에 따른 쾌감을 유도 하는 것이 바람직 하다.

#### (9) 망간(Manganese)

음용수에 들어있는 망간은 건강에 미치는 영향 외에 여러가지 측면에서 유해한 요인이 될 수 있다. 즉 망간의 농도가  $0.15\text{mg}/\ell$  이상일 때 불쾌한 맛이 나며, 망간화합물이 용액내에서 산화할 경우 망간이 침전되어 물때가 형성되는 문제를 가져온다. 약  $0.02\text{mg}/\ell$ 의 농도에서도 배관 내에 망간의 막이 형성되어 흑색 침전물로서 떨어지게 된다. 또한 특성의 미생물들이 망간을 이용하여 성장하는 경우가 발생되며, 이같이 미생물은 망간을 농축하여 공급되는 물의 이취미를 발생 시키고, 탁도를 높이는 원인이 되기도 한다.

따라서 일반적으로 음용수의 지도 기준치는  $0.1\text{mg}/\ell$  이하로 권장하고 있으나 이 수치는 주로 물질이 더럽혀지는 것을 막기위한 철충값이다.

우리나라의 음용수수질 기준은  $0.3\text{mg}/\ell$  이하로 규정하고 있으나 미국의 경우  $0.01\sim 0.05\text{ppm}$ , 일본  $0.3\text{mg}/\ell$  이하, WHO  $0.05\sim 0.5\text{mg}/\ell$ , EEC  $0.02\sim 0.01\text{mg}/\ell$ 로 규정하고 있으며, 일본의 경우 쾌적수질기준에서는  $0.01\text{mg}/\ell$  이하로 규정하고 있다. 최근 서울시내 민원 발생지역에서의 수도물 양금 및 여액에 대한 망간을 측정된 결과 거의 대부분의 검수에서  $0.01\text{mg}/\ell$  이상이 검출되고 있고 그 원인은 우리나라의 급수관이 주로 주철관이 많은데 기인하는 것으로 본다. 따라서 망간의 농도를 쾌적수질기준에 설정하여 극소화 시킴으로써 쾌적한 음용수의 공급을 가능하게 할 수 있다고 생각한다.

**(10) 철(Iron)**

국내의 음용수 분석 자료를 살펴보면 음용수수질기준  $0.3\text{mg}/\ell$  이상을 초과하는 경우는 특수한 경우를 제외하고는 발견 할 수 없지만 일본 후생성에서 정한바 있는 쾌적수질기준치  $0.02\text{mg}/\ell$  를 초과하는 경우는 상당수에 이르고 있다. 따라서 우리나라 배수관의 특성상 불쾌한 맛을 유발하는 철에 대한 기준치를 설정하는 것이 합당한 것으로 생각한다.

**(11) 알루미늄(Aluminum)**

1995. 1. 1부터 우리나라 음용수의 수질기준항목중 심미적 영향물질에 관한기준에 추가로 설정된 알루미늄은 수도물의 정수처리시에 사용되는 응집제의 영향을 크게 받는 것으로 알려지고 있으며, 실제 조사된 바에 의하면 상수원수의 알루미늄 농도에 비하여 수돗물에서의 알루미늄 농도가 76.9% 높게 검출된바 있다. 최종 음용수내의 알루미늄 농도가  $0.1\text{mg}/\ell$  를 넘으면, 음용수가 변색될 가능성이 높게 된다. 그러므로 음용수에 대한 권장기준치는 미적인 상황을 고려하여  $0.2\text{mg}/\ell$  (WHO 기준)를 넘지 않도록 권장하고 있다.

따라서 95. 1월부터 시행되는 음용수의 알루미늄 수질기준 역시  $0.2\text{mg}/\ell$  로 규정하고 있다. 그러나 일부지역에서 조사된 수돗물의 알루미늄 농도는 거의 대부분이  $0.2\text{mg}/\ell$  이상을 초과하고 있어 음용수중의 알루미늄의 문제가 새로이 제기되고 있다. 알루미늄은 물의 유량이 적을 때에는 철, 망간, 실리카, 유기물질, 미생물 등과 함께 배수계내에 축적되어 침전물을 형성하게 되는데, 이 침전물이 결국으로는 소비자의 수도에서 나오게 됨으로서 불쾌감을 유발하게 된다. 조사에 의하면, 알루

미늄의 농도가  $0.01\text{mg}/\ell$  이상이면 물이 변색될 가능성이 높다고하며, 지금까지 알루미늄에 의한 건강상 영향은 크게 문제시 되지 않았으나, 치매(Alzheimer)와 같은 신경성 질환과 관련이 있다는 것으로 알려지면서부터 수중의 알루미늄에 대한 관심이 고조 되고 있다.

따라서 미국환경보호청, 유럽공동체는  $0.05\text{mg}/\ell$  로 규정하고 있으며, 미국 일리노이주에서는  $0.1\text{mg}/\ell$  로 음용수 수질기준을 설정하고 있다.

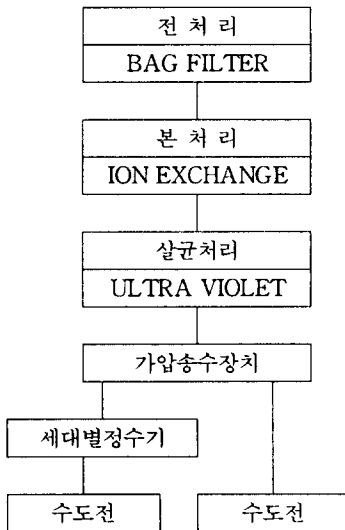
본 쾌적수질기준에서는 음용수의 변색을 가능하게 하는 농도  $0.1\text{mg}/\ell$  (음용수 수질기준  $0.2\text{mg}/\ell$ )를 기준으로하여 쾌적수질 기준을 설정하였다.

**IV. 청정급수 system 사례와 문제점****1. 정수처리의 본처리과정에 ION EXCHANGER를 적용하는 문제점**

최근 일반 국민들 사이에서 수돗물에 대한 불신감이 증대되면서 반대급부로서 소비자들의 수돗물에 대한 욕구의 고도화와 다양화에 대한 정서에 적극적으로 대응할 수 있도록 청정급수에 관한 관심이 고조되고 있다. 특히 대단위 아파트 단지에 설치되어 있는 저수탱크의 비위생적인 관리로부터 파생되어진 음용수의 수질악화 현상이 사회적 관심사로까지 확대됨으로서, 그 문제점을 해결하기 위한 노력들이 건설회사들 사이에서 현실적으로 확산되고 있어 보다 합리적인 청정급수 system이 요구되는 시점에 이르고 있다. 이미 몇 개의 아파트건설 회사에서는 청정급수시설을 설치하여 가동중에 있으며 일부의 process는 대략 다음 flow sheet와 같다.

청정급수 system에서 지적되어야 할 문제는 본처리의 방법에 있다. ion exchange에 의한 수처리 방법은 물의 연수화(softening), 탈염(desalting), 암모니아제거, 중금속 등 주로 무기물의 제거에 이용되고 있다. 따라서 공장용수의 고도처리에 중점적으로 적용되는 방법으로서 화력발전소등의 보일러 급수, 원자로용수처리, 섬유, 염색용수처리, 전자공업용수처리, 식품 및 제약용수처리등 경제성과 생산품질의 향상등을 목적으로 산업시설 용수의 처리에 주로 이용되는 경수를 연수화하기 위한 수처리 방법이다.<sup>25)</sup>

그러므로 이온교환법에 의한 가정용수의 처리는 수중에 존재하는 무기물을 제거함으로써 경도를 줄여 연수화 하는데 목적을 두고 있다.



물이 비누와 반응되는 정도를 물의 경도(water hardness)라고 정의하며, 연수 즉 단물의 상대적인 센물이란 비누거품을 일으키기 위하여 많은 량의 비누가 필요한 물을 말한다. 가정용수의 경도가 높은 경우 온수파이프, 보

일러 그리고 주방용품 등에 scaling를 발생시킨다. 경도를 일으키는 가장 큰 이온은 칼슘과 마그네슘이온이며, 스트론치움, 철, 망간 등도 경도에 관련된다.

건강적인 측면에서 볼 때 칼슘과 마그네슘에 의한 경도의 증가로서 나타나는 커다란 건강상의 문제점은 없는 것으로 알려지고 있다. 다만 센물의 경우 가정에서 세탁이나 목욕시 비누거품이 잘 일어나지 않는 단점과, 물맛을 나쁘게 하는 결점이 있다. 많은 지역에서 경도의 허용기준을 500mg/l로 정하고 있으나 우리나라의 경우 경도의 음용수수질기준을 300 mg/l 이하로 규정하고 있다.

그러나 전체 상수급수량의 90% 이상을 하천수와 호소수등의 지표수에 의존하고 있는 우리나라에서는 경도에 대한 문제는 심각한 문제가 전혀 아님을 예상할 수 있고 실제로 1992년에 전국의 535 정수장을 대상으로하여 정수장의 수질을 조사한 결과 경도의 평균치는 55mg/l로서 대부분의 정수장 수질의 정도가 중등도의 경도 이하의 범위에 속하고 있었다.<sup>26)</sup>

그러므로 이온교환에 의한 정수과정을 본처리로 하여 청정급수처리를 실시하는 것은 바람직하지 않다는 결론을 얻을 수 있다.

한편 미국의 경우 현재의 수질기준과 미래에 강화될 수질기준을 만족시키기 위하여 Safe Drinking Water Act 에서 규제하고 있는 수질 항목에 대하여 Best Available Technology(BAT)를 사용 할 것을 권장하고 있으며, 이권장 사항에서는 벤젠, 톨루엔 그리고 THM과 같은 휘발성 유기 오염물질 및 유기합성 살충제를 비롯한 PCB등의 각종 합성유기물질 제거방법으로서 임상활성탄흡착법(GAC)과 고

정상포기법(Packed Tower Aeration)에 의한 처리를 권장하고 있다. 또한 석면, 질산성 질소 및 수은, 카드뮴, 니켈, 크롬과 같은 중금속의 제거로서는 이온교환법, 막여과법, 전기투석법, 입상활성탄 흡착법 등을 최적처리방법으로 권장하고 있다.

우리나라의 원수의 수질 특성상 음용수에서 커다란 비중을 차지하는 것은 무기물 보다는 THM을 포함하는 각종의 유기화합물이며 그 처리를 위하여서는 특수한 수질의 경우를 제외한다면 이온교환수지법에 의한 처리방법을 본처리기에 적용하기에는 문제점이 있는 것으로 지적 할 수 있다.

## 2. 세대별 정수기설치와 관련된 문제점

가정용 정수기의 종류는 활성탄필터법, 세라믹필터법, 이온교환수지법, 역삼투압을 이용하는 RO법 등의 방식이 보급되어 있으며, 이 중에서도 필터방식의 정수기가 일반적이다. 그러나 필터를 적절한 시기에 교환을 하여주지 않을 경우 오히려 미생물의 번식등으로 인한 불결한 음용수를 마시게되는 결과를 초래하게 된다. 또한 필터를 자주 교환해주어야 하는 경우에는 경제적으로 불이익을 초래하게 된다. 따라서 정수기에 대한 필터교환, 세척 등의 기본적인 지식이 없이 설치되어 있는 가정의 경우에는 더욱 오염이 증가된 음용수를 섭취 할 수 있는 사고도 유발 할 수 있다고 하겠다.

1990년 대구직할시에 소재한 24가구의 가정에서 사용중인 정수기에서 정수된 물과 처리되기전의 수돗물을 채취하여 위생학적 검사를 실시한 결과에 의하면, 정수기에 의하여 정수된 물에서 원수보다 일반세균, 대장균군 및 수소이온농도가 통계학적으로 유의하게 높았

으며( $p < 0.01$ ) 탁도, 염소이온, 질산성질소 및 철 함량은 낮게 나타나( $p < 0.01$ ) 정수효과를 나타내고 있음을 확인한 바 있으며, 정수기의 필터교환 후 경과시간에 따른 수질조사결과 경과시간이 오래된 정수기 일수록 대체로 불량한 결과를 보인다고 하였다.<sup>27)</sup>

본 조사시간 동안에 설문을 통하여 현재 사용하고 있는 정수기에 대한 만족도를 질문한 결과 완벽하다고 응답한 사람은 9.8%에 불과하였으며 보통이다가 75.6%, 불신이 14.6%로 높았다.

경제적인 측면에서 고려할 때 현대의 정수기값이 100만원인 정수기를 100세대에 설치할 경우 설치비용은 1억원에 이르게 되나, 각 가정에서 하루에 사용하는 시간을 최고 3시간 정도로 추정한다면 24시간 계속하여 가동이 가능한 중앙처리에 비하여 경제적으로 8배에 이르는 비경제적 손실(중앙처리 설치비 1,250만원)을 가져 올 수 있는 것으로 예상된다. 이상의 결과로 미루어 쾌적한 음용수의 지속적인 공급과 경제적 측면에서의 이점등을 고려할 때 청정급수에 중앙정수처리 system을 도입하는 것이 합리적이다.

## V. 소규모단위 청정급수처리 process의 제안

현재 상수원수로 이용되고 있는 인공호소를 비롯한 폐쇄성수역의 부영양화 현상의 증가, 대부분의 하천수의 오염현상 그리고 미량화학물질 등에 의한 지하수의 오염 등과 더불어 염소소독시에 발생하는 THM과 같은 발암물질 등을 포함하여 각종의 음용장애 물질의 존재로 인하여 우리나라를 비롯한 선진공업 국가



들 사이에서 안전하고 쾌적한 음용수의 확보가 중요한 문제점으로 대두되고 있다.<sup>28)</sup> 그러므로 최근 이와 같은 난제를 해결하기 위한 방법의 하나로서 “고도정수처리” 기법이 발전하기 시작하였다. 고도정수처리는 이제까지 오랜 동안 실시되어온 정수방법인 응집침전, 급속여과 등으로 처리가 쉽지 않은 THM 전구물질, 이취미물질, 색도, 암모니아성질소, 음이온계면활성제 등 용해성 유기오염물질을 대상으로 하여 생물학적처리, 오존처리, 활성탄처리 등의 응용화에 의한 저감화를 도모하는 것이다.<sup>29)</sup>

30, 31, 32)

Ito Masaki 등은<sup>33)</sup> 음용수중의 과망간산칼륨소비량 등의 용해성 물질과 THM, 이취미물질, 농약성분 등 미량의 유기물질을 제거할 목적으로 종래의 정수처리(Conventional Water Treatment System)와 입상활성탄을 조합하기도 하고 또한 유기물질을 저분자화시켜 활성탄에서의 제거능력을 높일 목적으로 활성탄처리의 앞 혹은 뒤에 오존처리를 조합하는 등 각종 처리 process에 의한 처리효율을 검토하여 보고한 바 있다.

6가지의 처리방식에 의한 실험중 오존처리를 도입할 경우 오존접촉조에서 고농도의 오존이 배출되며, 활성탄처리조 상부에 회박한 오존화 공기가 머물게 됨으로서 오존배출 대책이 필요하다고 하였으며 또한 작업환경중의 오존 농도가 높으면 인체에 유해하여 그 대책이 요구되어 오존모니터 및 누설한 오존의 환기, 연속적인 운동 등 기술적 측면에서나 경제적 측면에서 어려움이 있음을 지적한 바 있다.

Ito Masaki의<sup>33)</sup> 종합적인 실험 결과 트리할로메탄전구물질, 이취미물질, 암모니아성질소,

색도, 음이온계면활성제 등의 농도가 매우 고농도일 경우에는 활성탄처리와 병행하여 오존처리를 실시할 필요성이 있다고 생각되나, 보통 이하의 저농도일 경우에는 종래의 일반정수처리+입상활성탄의 처리로서 충분한 제거효과를 얻을 수 있다는 사실을 확인하면서 보다 안전하고 맛있는 수돗물의 공급을 목표로 하고 있는 사업체에서도 활성탄처리 설비를 갖춘 정수처리 시스템의 도입을 강하게 추천한바 있다.

이와 같은 실험 결과 및 우리나라 수질정도를 토대로하여 수돗물의 수질을 재처리하여 쾌적수질을 확보할 목적으로 활성탄처리 방법을 도입 한다면 기술적인 측면에서나 경제적 측면에서 고려할 때 커다란 문제점 없이 소기의 목적을 달성할 수 있다고 생각한다. 또한 오존에 의한 소독효과는 세라믹 필터를 이용하여 소독 효과를 얻을 수 있기 때문에 수중에 존재하는 일반세균과 대장균군의 충분한 소독이 가능하다.

## 1. 쾌적수질기준에 부합 될 수 있는 process 의 제안

### 1.1 입상활성탄과 세라믹 필터를 적용한 처리 process

1991년과 1992년 사이 전국의 500여개 정수장을 대상으로하여 음용수 수질기준에 대한 적합성 여부를 조사한 결과, 기준을 초과한 정수장은 31개의 정수장이었으며, 문제가 되고 있는 수질기준 항목은 대장균군, 일반세균, 암모니아성질소, 망간, 색도, 냄새의 7개 항목인 것으로 알려진바 있다. 따라서 이들 항목들이 안전 및 청정급수계획에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이상의 수질 항목중에서 대장균과 일반세균과 같은 생물학적 요인을 제거한 나머지 네개의 항목은 쾌적내지 청정급수를 위한 process의 설정에 직접적으로 관여되는 수질기준 항목이라는 점을 생각 할 때 이를 제거하기 위한 방법과 이미 본 연구에서 제안한 11가지의 쾌적수질기준에 입각한 수질을 확보하기 위한 방법이 우선적으로 고려되어야만 하겠다. 따라서 아래와 같은 기술적 노력이 청정급수처리 system을 통하여 이루어져야만 한다.

첫째: 안전성 확보를 위한 측면에서 생물학적 요소가 되는 미생물의 소독

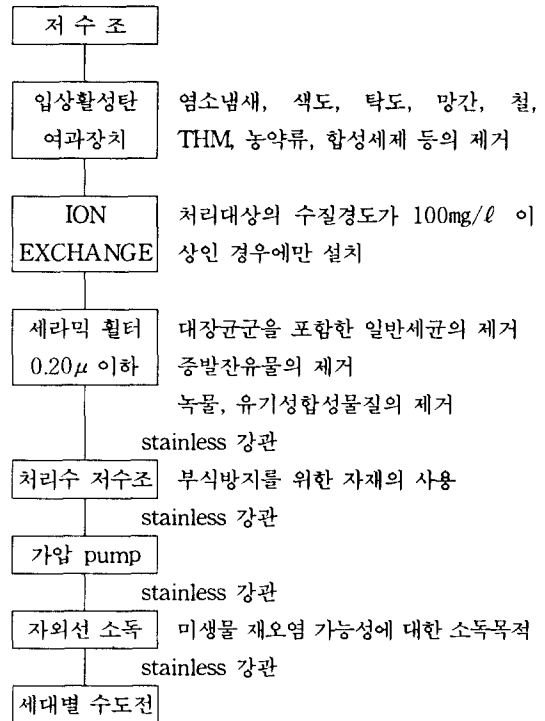
둘째: 안정성 확보를 위한 측면에서 화학적 요소가 되는 유해중금속류와 발암성이 인정되고 있는 THM과 같은 염소소독에 의하여 생성되는 부산물의 제거

셋째: 쾌적성을 최대한으로 높이기 위한 쾌적수질기준의 항목별 관리

이상의 목적을 위하여 경제적, 기술적, 처리 효율적 측면을 고려하여 제안된 청정급수처리 system은 다음과 같다.

활성탄이 수처리에 적용되기 시작한 것은 1930년대에 이미 미국에서 이취미와 유리염소의 제거를 위한 정수와 관련하여 이용되기 시작하였다.

그 후 상수도 분야에 적용되기 시작한 것은 미국 환경보호청이 THM문제와 관련하여 1978년에 입상활성탄(GAC)처리를 시도하였으나, 당시 AWWA의 강한 반발에 부딪쳐 계획과 제안이 철회된 바 있으나, 발암성 문제와 관련된 미량의 화학물질이 물속에 존재하고 있음을 인식하게 되면서, 1986년에는 안전음용수법이 개정되어 다수의 유기화합물에 대한 수질기준이 설정되면서부터 GAC처리를 의무



화하는 제안에 따라 GAC 처리가 다시 도입되었다.

조사보고에 의하면 활성탄에 의하여 수종의 많은 성분들이 제거가 가능하여 음용수의 처리에 활성탄을 적용하면 “맛있고 상쾌한” 음용수를 얻을 수 있다. 실제로 1984년 일본의 오사카 정수장에서 입상활성탄에 의한 정수처리를 실시한 후 처리음용수를 대상으로하여 소비자에 대한 앙케이트 조사를 실시한 결과, 보통의 수도물이 맛있다고 응답한 사람은 15%에 불과한데 비하여, 활성탄처리수가 맛있다고 응답한 소비자는 72%에 이르고 있음을 확인한바 있다.<sup>34, 35, 36)</sup>

### 1.2 배수시설에 따른 문제점과 대책

배수시설은 정수처리된 음용수가 수도전에 이르기까지의 시설로서 배수관과 배수조가 주

로 해당된다. 이와 같은 배수시설부터 파생되어 질 수 있는 문제로서는 배수시설의 부식으로 인하여 발생하는 이물질의 유출, pipe와 저수조의 내부피복제가 용출되는 문제, 각종 미생물의 증식에 따른 세균오염의 문제, 저수조에 추가로 염소소독을 실시하는 경우 잔류유기물질과 반응하여 생성되는 염소처리 부생성물, 저수조에 방청제를 사용함으로써 나타나는 문제점 등으로 다양함을 보이고 있다. 이상의 문제를 해결하기 위하여서는 현재 사용되고 있는 배관용 탄소강관, 아연도강관, 동관과 같은 배관재료중 부식성이 가장 낮은 것으로 알려지고 있는 스테인레스 강관과 스테인레스 강관으로 급수관과 저수조를 시공함으로써 정수설비에서부터 수도전에 이르는 과정에서 발생할 수 있는 위험요인을 최소화 하여야 한다.

### 참 고 문 헌

- Gerard J.Tortora, Berdell R.Funke, Christine L. Case: Microbiology An Introduction, The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc. Rewood city, California, 1989.
- Emil T. Chanlett: Environmental Protection, McGraw-Hill Kogakkusha, LTD, Tokyo, 1979
- 남상호: 환경수질과 음용수의 수질개선 방향, 첨단환경기술, 2권 7호, 1994.
- 김영환: 일본의 "맛있는 물" 공급을 위한 노력과 우리의 현실, 21세기를 향한 음용수 관리기술에 관한 심포지움, 대한위생학회, 1994.
- 이상은: 상수처리 현황과 고도정수시설의 도입, 물2000-물의 위기, 연세대학교 환경공해연구소, 1994.
- 유재근: 한국의 수질현황과 개선방안, 대한위생학회지 8권 2호, 1993.
- 환경타임즈: 1992. 8. 27자 기사
- 환경타임즈: 1994. 8. 31자 기사
- 한국일보: 1993. 10. 7자 기사
- 채희정: 수돗물 생수에 대한 생활지혜서, 혜진 출판사, 1994.
- 수자원환경 신문사: 수자원환경, 제64.65호, 1994.
- 한국환경위생학회: 음용수수질의 관리방안, 1990.
- 환경타임즈: 1994. 9. 14자 기사
- 서울신문사: 부적합응달샘현황, 1994.
- 和田安彦: おいしい水のニースと條件, 水處理技術, 26권 8호, 1985.
- 김홍석: 선진국의 음용수수질기준 강화동향, 대한위생학회지, 8권 1호, 1993.
- 岡高明: おいしい水と健康の水, 水處理技術, 26권 8호, 1985.
- 보건사회부: 각국의 음용수수질관련 주요 법규( I ) - 美國, 프랑스, 獨逸
- AWWA, APHA, WEF: Standard Methods for Examination of Water and Waste Water, 18th, Edition, 1992.
- US EPA: Quality Criteria for Water
- 橋本 獎: おいしく健康な水の ミネラルハラソス指標, 化學と生物, 26, 1, 1988.
- 정문식 외: 환경화학, 신광문화사, 1993.
- Gary M. Rand: Aquatic Toxicology, Hemisphere Publishing Corporation, 1985.
- 일본수도협회: 상수시험방법, 1985.

25. 일본공업용수협회: 수처리실험법, 코로나社, 1971.
26. 보건사회부: 정수장수질검사현황, 수자원환경, 49호, 1992.
27. 채용곤: 가정용 정수기의 수질에 대한 위생학적 조사 소견, 대한위생학회지 5권 1호, 1990.
28. 김동민: 수도권 상수도의 수질-문제점과 대책-대한위생학회지, 5권 2호, 1990.
29. 이상은: 상수고도처리의 현황과 전망, 첨단환경기술, 2권 5호, 1994.
30. 石井久之: 치바현의 상수처리 현황과 전망, 첨단환경기술 2권 5호, 1994.
31. 이태관: 국내고도정수처리기술의 향후 방향, 첨단환경기술, 2권 7호, 1994.
32. 稻森 平 外: 高度水處理技術 開發の動向. 課題.展望.用水と發水. 34. 10.1992.
33. Ito Masaki, 水道水の水質管理と生物活性炭 處理技術, 8, 1993.
34. 中野中和 外: 最近おるける活性炭による水處理技術, 水處理技術, 33. 5, 1992.
35. 柳井 弘: 活性炭水處理技術の源流, 水處理技術, 31, 10, 1990.
36. 安勝朝廣: 大阪市における高度處理實驗と今後の 課題, 水處理技術, 26. 8, 1985.