

서울시 원·정수 수질현황 고찰 (2004)

수질연구부 수질분석과

정관조, 정의선, 홍주희, 김현숙, 이진숙, 유재훈, 김창모, 장현성, 김상은, 이인숙,
노방식, 하현주, 박장민, 허영봉, 최선영, 최근주, 이수원, 박현, 오세종

Investigation of Water Quality of Raw and Treated Water in Seoul Water Treatment Plants

Water Quality Research Division

Gwan-Jo Jeong, Eui-Sun Jeong, Ju-Hee Hong, Hyun-Suk Kim, Jae-Hun Yu, Jin-Suk Lee, Chang-Mo Kim, Hyun-Seong Jang, Sang-Eun Kim, In-Sook Lee, Bang-Sik Rho, Hyun-Ju Ha, Chang-Min Park, Young-Bong Heo, Sun-Young Choi, Geun-Ju Choi, Su-Won Lee, Hyeon-Park, Sea-Jong Oh

ABSTRACT - The water quality tests were carried out to evaluate of the raw and finished water at the six water treatment plants in Seoul city on monthly basis.

Raw water met the required quality for the production of drinking water and complied to the National Source Water Quality Standards. The hazardous heavy metals and organic compounds were not detected in raw water.

Finished water quality on the average was as follows; Turbidity, one of the major operational indices of treatment processes was 0.07 NTU and much lower than its criterion of 0.3 NTU. Aluminum, one of the aesthetic parameters and the possible contaminant from the coagulant was 0.04 mg/L. The rest of the aesthetic parameters complied to the National Drinking Water Regulation. NO₃-N, one of the health hazardous inorganic constituent was 1.6 mg/L. Among the health hazardous organic compounds, THMs was detected 0.016mg/L and chloroform, chloral hydrate, dichloroacetonitrile and haloacetic acid were detected 0.0123 mg/L, 0.0035 mg/L, 0.0020 mg/L and 0.0153mg/L respectively, as a result of chlorination.

Key words : Raw and finished water, Water treatment plants, Turbidity, THMs

서론

상수원관리규칙 및 먹는물 관리법에 의해 시행하는 원·정수 수질검사는 지속적인 모니터링을 통한 양질의 원수 공급 체계 구축 및 깨끗하고 안전한 수도물이 생산되는 지를 감시하는 검사 제도로서, 먹는물수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 등에 의거 서울시 전체 정수사업소를 대상으로 월 1회 이상 실시하고 있다.

수질검사항목 중 정수처리에 필요한 항목은 정수사업소에서 수시, 일일 및 주간시험 등으로 구분하여 검사하고 있으며, 우리 연구소에서는 이들 항목을 포함하여 미생물에 관한 항목, 건강상 유해 영향 무기물질, 건강상 유해영향 유기물질, 소독제

및 소독부산물과 같은 미량유해물질 등 원·정수 항목을 월별, 분기별로 구분하여 수질검사를 실시하고 있다. 또한 정수사업소별 정수 수질을 비교 평가하기 위해서 탁도, 잔류염소, 총트리할로메탄, KMnO₄소비량, 알루미늄, 입자계수 및 TOC 7항목에 대해서는 월 2회 수질검사를 실시하였다.

본 조사 보고서는 2004년 1월부터 12월까지 1년간 서울시 6개 정수사업소를 대상으로 취수장 원수 6점과 정수사업소 정수 13점에 대한 먹는물 수질검사항목에 대하여 시험한 수질검사 결과를 분석한 것이다.

검사내용 및 방법

1. 검사대상

본 수질검사는 서울시 취수원인 6개 취수장 원수와 6개 정수사업소 13개(13개 공장 : 1~7월, 12개 공장 : 8~12월 『보광정수장 폐쇄』) 공장 정수를 검사대상으로 하였으며, 수질검사 현황은 표 1에 나타내었다.

표 1. 원·정수 수질검사 현황.

Classification	Raw water	Finished water
Examined points	Gwangam Amsa Guui Jayang Pungnap Gangbuk	Gwangam Amsa #1, #2 Guui #3, #4 Ttukdo #2, #3, #4 Bogwang Yeongdeungpo #1, #2, #3 Gangbuk
Number of sampling points	6	13

2. 검사항목

수돗물에 대한 수질검사 항목은 해방 이전에는 14개 항목이었으며, 1962년 건강진단 및 위생에 관한 규정의 제정으로 29개 항목에 대하여 수질기준 및 검사방법이 설정된 이래 산업의 발전과 더불어 발생하는 오염물질의 증가에 따라 수질기준항목도 변화하여 1995년 43개 항목을 검사하게 되었으며, 1997년 사염화탄소, 1-1 디클로로에틸렌이 추가되어 45개 항목이 되었고, 2000년 7월에 수질감시항목인 보론, 클로로포름이 먹는물 수질기준에 추가되어 47개 수질기준항목을 검사하게 되었다. 2002년 7월에 말라티온을 삭제하고 유리잔류염소 등 9항목을 추가하여 2003년도에는 55개 항목에 대하여 검사를 실시하였으며, 2004년도에는 먹는물 수질기준 55항목 이외에 평가항목 2항목(TOC, 입자계수)을 추가하여 57항목에 대해 수질검사를 실시하였다(표 2).

또한 원수는 상수원관리규칙에서 정한 원수수질기준 24항목을 기준으로 하여 환경정책기본법의 하천·호소수질기준항목인 2항목(T-N, T-P), 상수도수질검사항목정비계획(2003.07.08)에 의해 추가된 3항목(경도, 알루미늄, 1,2-디브로모-3-클로로프로판) 및 연구소에서 정수에 포함된 항목 중 원수 수질 비교를 위하여 설정한 정수처리 참고 23항목 등을 선

정하여 6개 취수장 원수에 52개 항목을 검사하였다.

표 2. 원·정수 수질검사항목 현황(2004)

Classification	Classification of items (Number of items)	Name of items
Raw water (52)	Management rules for source water (26)	pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균군, Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr ⁶⁺ , F, Se, NH ₃ -N, NO ₃ -N, 페놀류, ABS, 카바릴, 1,1,1트리클로로에탄, TCE, PCE, 유기인, PCBs, T-N, T-P
	Reference items for water treatment (26)	KMnO ₄ 소비량, Zn, Fe, Mn, Cu, B, 색도, 탁도, 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온, 벤젠, 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠, 디클로로메탄, 사염화탄소, 1,1-디클로로에틸렌, 알루미늄, 경도, 1,2-디브로모-3-클로로프로판, 조류, 클로로필-a, 수온, 전기전도도, TOC
Finished water (57)	Items of drinking water quality standard (55)	일반세균, 총대장균군, 대장균, 분원성 대장균군, KMnO ₄ 소비량, Zn, Fe, Mn, Cu, B, 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온, 벤젠, 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠, 디클로로메탄, 사염화탄소, 1,1-디클로로에틸렌, pH, Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr ⁶⁺ , F, Se, NH ₃ -N, NO ₃ -N, 페놀류, ABS, 카바릴, 1,1,1트리클로로에탄, TCE, PCE, 경도, 냄새, 맛, 색도, 염소이온, 중발잔류물, 탁도, 황산이온, 알루미늄, 유리잔류염소, THMs, 클로로포름, 클로랄하이드레이트, 디브로모아세토니트릴, 디클로로아세토니트릴, 트리클로로아세토니트릴, 할로아세티데이스드
	Items of evaluation (2)	입자계수, TOC

3. 분석방법

각 항목의 수질분석은 수질오염공정시험법과 먹는물 시험방법에 준하여 실시하였고 기타 일본 상수시험법, 미국의 Standard Method를 참고로 하여 분석하였으며 무기 금속류의 분석시는 ICP-AES 법을 추가하였고, 무기 음이온은 IC, 농약류 중 카바릴은 HPLC, 유기물질은 GC, GC-MS, LC, LC-MS 등을 사용하여 분석하였다.

수질검사 결과 및 고찰

1. 원수 수질검사 결과

원수의 52개 검사항목 중 주로 이화학적 항목과 무기물질 등 20항목이 검출되었으며 항목별 검사결과는 다음과 같다.

(※ 원수분석 항목 중 15항목 『pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균군(총대장균군), T-P, T-N, 암모니아성질소, 질산성질소, 조류, 클로로필-a, 수온, 전기전도도, TOC』 : “2004년 취수원수 수질조사”에 별도 수록)

1) 탁도

탁도는 물의 흐림 정도를 나타내는 것으로 시료 중에 빛의 투과를 방해하거나 가시심도를 제한하는 부유물질의 함유 정도를 나타내는 단위이다. 탁도 원인 물질로는 무·유기 부유물질, 미생물 및 토사 등이 있으며, 상수원수의 탁함은 정수장에 있어서 응집처리나 여과지의 조작에 큰 영향을 준다. 또한 정수 탁도는 정수처리의 효율을 파악하는데 가장 기본적인 수질지표이며 탁도의 변동은 미생물의 분포에도 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.

검사결과 2004년 연평균 원수 탁도는 4.8 NTU, 월평균 1.9~25.2 NTU로 여름철 집중호우로 7~8월에 높은 값을 나타냈으며, 연중 취수장별 탁도는 큰 변화 없이 유사한 값을 나타냈다.

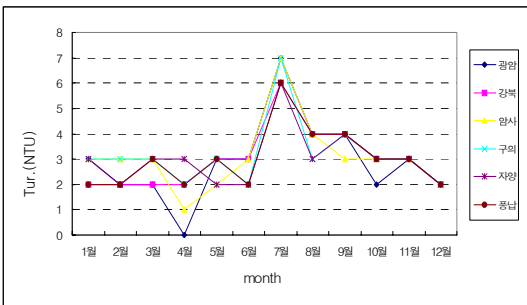


그림 1. 원수의 탁도 변화

2) 경도

경도는 2가의 양이온에 의해 생기게 되며, 이 이온들은 비누와 반응하여 침전물을 생성한다. 또 물 속의 특정한 음이온들과 결합하여 스케일을 형성할 수가 있다. 경도를 유발하는 양이온은 주로 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등이며, 경도는 화학적으로 수중의 Ca^{2+} , Mg^{2+} 양에 대응하는 탄산칼슘의 양을 mg/L로 환산하여 표시한다.

검사결과, 원수의 연 평균 경도는 59 mg/L, 월 평균 농도는 47~69 mg/L의 범위로 정수처리에 적합한 수준을 유지하고 있었다.

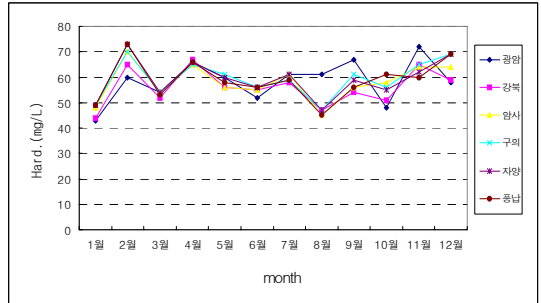


그림 2. 원수의 경도 변화

3) 과망간산칼륨소비량

$KMnO_4$ 소비량이란, 수중의 피산화물질(유기물)에 따라서 소비되는 과망간산칼륨의 양을 말한다. 일반적으로 집중호우 등에 따라 하천의 물이 많아질 때 토양에서 유래하는 휴민질(색도성분)의 증가로 탁도와 함께 과망간산칼륨 소비량도 증가한다. 그 외 하천수에 분뇨, 생활하수 또는 공장 폐수 등이 혼입할 경우에도 증가하므로 수질오염의 중요한 지표로서 여겨지고 있다.

$KMnO_4$ 소비량은 연평균 4.7 mg/L로 월별 평균 3.7~6.9 mg/L 범위로 나타났다. 월별 농도 변화는 봄철 갈수기인 3월에 높게 나타났으며 다른 원수에 비해 구의, 자양원수에서 높은 농도를 나타냈다.

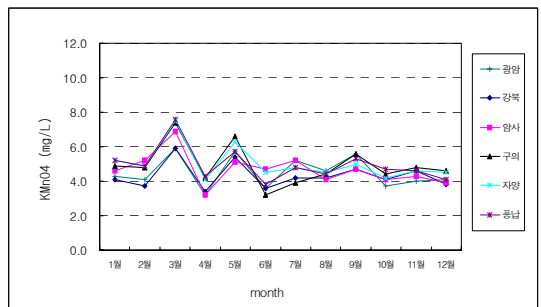


그림 3. 원수의 $KMnO_4$ 소비량 농도 변화

4) 무기금속류(아연, 철, 망간, 동, 알루미늄, 보론)

아연은 거의 모든 화성암에 존재하며, 물에서 좋지 않은 떼은맛을 내며, 농도 3~5mg/L의 범위의 물은 乳白光(opalescent)색을 띠고 끓을 때 피막을 형성하는 경향이 있다.

철은 지각 중에 알루미늄 다음으로 4번째로 많은 원소이며 자연수 중의 철은 주로 암석이나 토양에서 유래된다.

망간은 지각 중에서 12번째로 많은 원소이며, 자연수에 있는 망간은 보통 철과 공존한다. 그러나 그 양은 약 1/10에 해당된다. 호소나 저수에 부영양화가 진척되면 수온이 층을 이루는 겨울철에 저층부에서 망간의 용출이 많아진다.

동은 강물, 하천수, 우물물 등과 같은 자연수에서는 오염되지 않는 한 매우 낮은 농도로 나타나고 있다.

알루미늄은 지각 중에 3번째로 많은 원소이며, 자연수 중의 알루미늄은 주로 암석이나 토양 중의 알루미늄이 용출되어 유입된다. 또한 세계보건기구에 의하면 장기간에 걸쳐 알루미늄을 과다 섭취시 신경계통 장애인 치매와 신경경련 등 뇌질환을 가져오고 알츠하이머병이라 불리는 악성노인성 치매에 걸릴 확률이 높은 것으로 보고되고 있다.

검사결과 6개 취수장 원수의 연평균 농도는 아연 0.018 mg/L, 철 0.46 mg/L, 망간 0.024 mg/L, 동 0.010 mg/L, 알루미늄 1.16 mg/L로 나타났으며 보론은 0.01 mg/L로 나타났다. 월별 농도 변화는 아연 0.000~0.124 mg/L, 철 0.11~2.58 mg/L, 망간 0.005~0.072 mg/L, 동 0.000~0.043 mg/L, 알루미늄 0.14~4.64 mg/L, 보론은 0.00~0.01 mg/L의 범위로 나타났다.

2. 정수 수질검사 결과

정수 검사결과, 잔류염소를 포함한 먹는물 수질기준항목 55개 항목과 4월 이후 평가항목에 추가된 2항목 중 주로 심미적 영향물질, 무기물질 및 소독부산물 등 20항목이 검출되었으며 항목별 검사결과는 다음과 같다.

1) 미생물, 잔류염소

염소는 소독효과가 우수하며 대량의 수처리에 용이하고 소독효과가 잔류하기 때문에 음용수의 공급계통의 소독 및 미생물학적 제어에 용이하게 이용되며, 염소에 의한 세균의 불활성화는 세포막 파괴, 세포막의 투과성 손실, 핵산 및 효소의 손상 등을 통하여 이루어지게 된다.

먹는물 수질기준은 4.0mg/L 이하이며, 우리나라에서 일반 수도사업자가 행하여야 할 위생상의 조치로서 유리잔류염소의 농도가 정상시에는 0.2mg/L 이상, 미생물에 오염이 되었거나 오염될 우려가 있는 경우에는 0.4mg/L 이상을 유지하도

록 규정하고 있다.

검사결과 정수의 잔류염소의 연평균 농도는 0.86 mg/L, 월평균 잔류염소의 농도는 0.81~0.93 mg/L, 사업소별로는 0.75~0.95 mg/L의 농도범위로 나타났다.

따라서, 일반세균과 대장균군은 염소 소독의 영향으로 전 정수사업소 정수에서 검출되지 않았다.

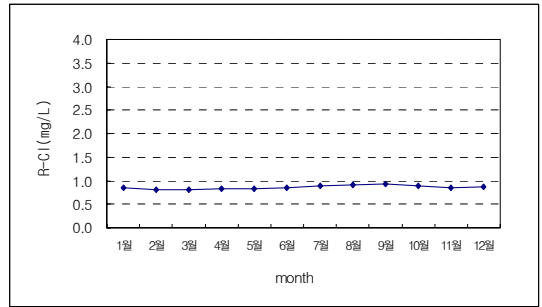


그림 4. 정수의 잔류염소 농도 변화

2) 탁도

정수 탁도는 정수처리의 효율을 파악하는데 가장 기본적인 수질지표이며, 탁도의 변동은 미생물의 분포에도 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 미국의 '잡정고도 지표수처리법'에서는 정수 탁도를 0.1 NTU이하로 유지하는 것을 권고하고 있다. 현재 탁도의 먹는물 수질기준은 0.3 NTU이하로 되어 있으며, 이는 2004년 7월 1일부터 먹는물 중 수돗물에 대하여는 0.5 NTU에서 0.3 NTU로 강화된 것이다.

검사결과 2004년 연평균 정수 탁도는 0.07 NTU, 월평균 0.07~0.08 NTU, 사업소별로는 전체사업소가 0.07 NTU로 전반적으로 각 사업소의 정수 탁도가 안정화되는 경향을 보였다.

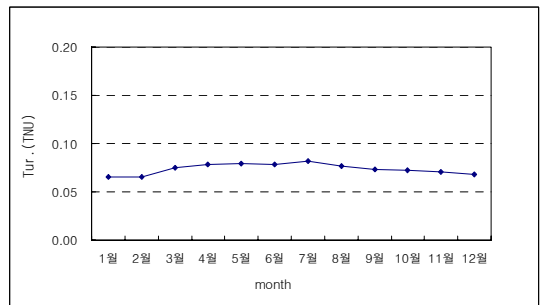


그림 5. 정수의 탁도 변화

3) 수소이온농도(pH)

pH는 수질의 가장 중요한 매개변수 중의 하나이며, 깨끗하고 소독된 물을 만드는 모든 단계에서 pH 조절에 대한 깊은 관심이 필요하다. 염소 소독시 pH 8 이하여야 효과적이며, 배급수관에 들어가는 물의 pH는 수도관의 부식을 최소화하기 위하여 중성으로 조절되어야 한다.

원수의 pH가 다소 변화하더라도 전 염소처리, 후 염소처리 및 응집제 투입 등으로 정수의 pH는 적절하게 유지되고 있으며, 검사결과 6개 정수 사업소의 연평균 pH는 7.3, 월별 pH 평균 범위는 7.1~7.4을 유지하는 것으로 나타났다. 이는 먹는물 수질기준 5.8~8.5 범위를 적절하게 유지하는 것으로 나타났다.

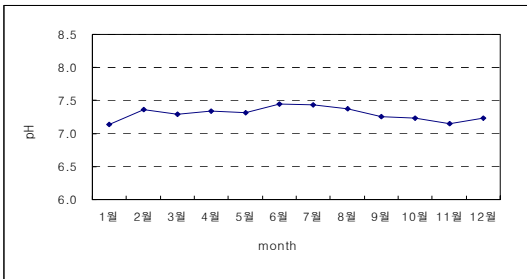


그림 6. 정수의 pH 변화

4) 과망간산칼륨(KMnO₄) 소비량

과망간산칼륨 소비량은 물 속에 피산화성물질에 의해서 소비되는 과망간산칼륨의 양을 말한다. 피산화성물질은 주로 유기물이며 종류에 따라 산화 분해되는 정도가 다르다. 또 무기물질로서는 제1철이온, 아황산이온 등도 과망간산칼륨을 소비한다. 그러나 하수 등이 혼입되었을 경우에도 증가하므로 과망간산칼륨 소비량은 오염지표로서도 중요하다.

검사결과, 정수의 KMnO₄ 소비량은 연평균 1.4 mg/L, 월평균 1.2~1.7 mg/L, 사업소별로는 1.3~1.6 mg/L 범위로 사업소별, 공장별 큰 차이를 보이지 않았고 유사한 농도 수준으로 나타났다.

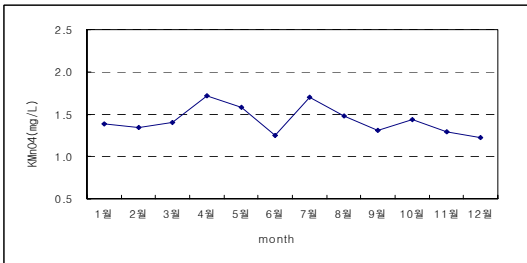


그림 7. 정수의 KMnO₄ 소비량 변화

5) 경도

경도가 너무 높으면 위장 장애를 일으켜 설사를 유발시킬 수 있으며 경도가 높은 물을 장기간 음용하면 노결석이 생기기 쉽다는 보고도 있다. 그러나 칼슘과 마그네슘은 생체에 필요한 필수적인 원소이며, 칼슘은 어른 평균 0.7 g/day가 필요하다.

검사결과, 정수의 연 평균 경도는 60 mg/L, 월 평균 50~81 mg/L 범위를 유지하는 것으로 나타났다. 정수에서 검출되는 수준의 농도는 먹는물의 맛을 좋게 유지시켜 줄 뿐만 아니라 인체에 적합한 양을 함유한 수준이라 할 수 있다.

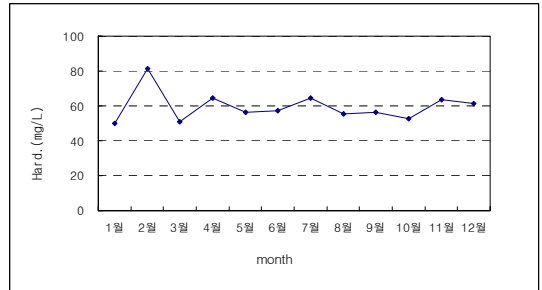


그림 8. 정수의 경도 변화

6) 증발잔류물

증발잔류물이란 물 속에 함유되어 있는 용해성 물질 및 부유물질(현탁물질)의 총량을 말하며, 휘발성 화합물 또는 증발 건조 할 때 분해·휘발되는 물질은 포함하지 않는다. 수도물 증발잔류물의 주성분은 소위 미네랄로 Ca, Mg, Si, Na, K 등이며, 이들은 주로 지질에서 기인하는 것으로 일반적으로 지하수가 하천수보다 높은 경향을 나타낸다. 농도가 500 mg/L 이상이면 물맛이 달라지며, 배급수관의 부식과 스케일이 생성되게 된다.

검사결과, 정수의 연평균 농도는 101 mg/L, 월 평균 82~141 mg/L, 사업소별은 96~105 mg/L 범위로 나타났다.

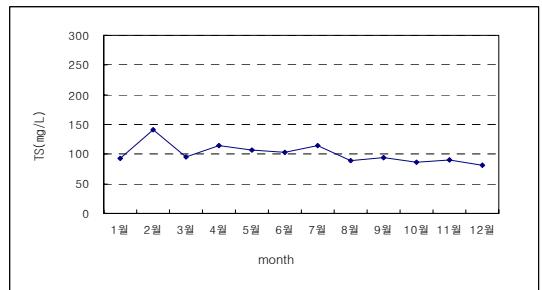


그림 9. 정수의 증발잔류물 농도 변화

7) 음이온류(염소이온, 황산이온)

염소이온은 지층을 형성하는 토양이나 암석에 미량 함유되어 있으며, 녹기 쉬운 성질을 가지고 있으므로 지표수나 지하수에는 항상 약간의 염소이온을 함유하고 있다. 그러나 생활하수, 분뇨 같은 것이 물에 혼입되었을 때 증가하는 경우가 많다. 이런 의미에서 농도의 급격한 변화는 오염원이 생겼다는 가능성을 시사할 수 있다.

검사결과 정수에서 염소이온의 연평균 농도는 13 mg/L, 월평균 10~16 mg/L로 나타났으며, 사업소별로는 11~15 mg/L 범위로 검출되었다.

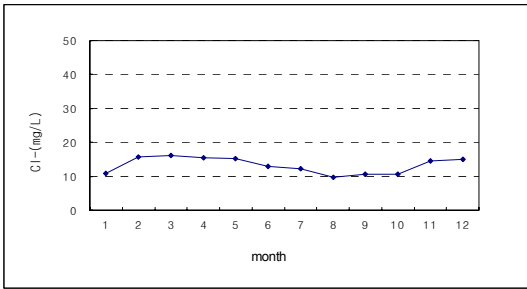


그림 10. 정수의 Cl⁻ 농도 변화

황산이온은 자연수 중에 들어 있는 주요 음이온들 중 하나이며, 자연계에는 매우 많은 종류의 금속원소의 황산염이 광물성분으로 존재하며, 해수, 광천수 등에도 광범위하게 함유되어 있다. 이것은 주로 지질에 기인하며, 분뇨, 화학비료, 유황천, 광산배수, 해수 등의 혼입으로 증가한다. 황산이온이 과다하게 함유된 물을 마시면 설사를 일으키게 되며, 산업용수에서도 많은 양이 포함된 물을 사용하는 경우 보일러와 열교환기에 스케일을 형성하기도 한다.

검사결과 정수의 황산이온 농도는 연평균 12 mg/L, 월평균 8~18 mg/L, 사업소별 11~12 mg/L로 비교적 일정한 수준으로 나타났다.

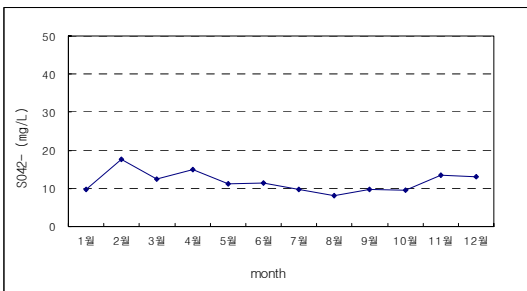


그림 11. 정수의 SO₄²⁻ 농도 변화

8) 무기 금속류(철, 망간, 동, 아연, 알루미늄)

원수에서 검출된 금속류의 연평균 농도는 철 0.46 mg/L, 망간 0.024 mg/L, 아연 0.018 mg/L, 동 0.010 mg/L이었으나, 정수에서는 아연은 연평균 0.003 mg/L로 원수보다 매우 낮은 수준으로 나타났으며, 철, 망간, 동은 일부 정수에서 미량 검출되었으나 대부분의 정수에서 정량한계 이하로 불검출되었다.

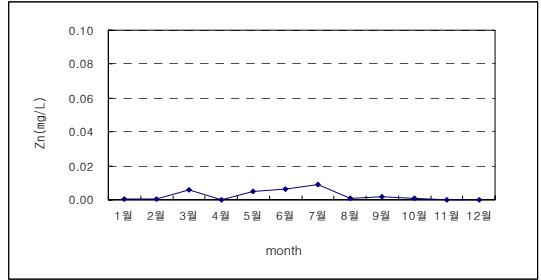


그림 12. 정수의 Zn 농도 변화

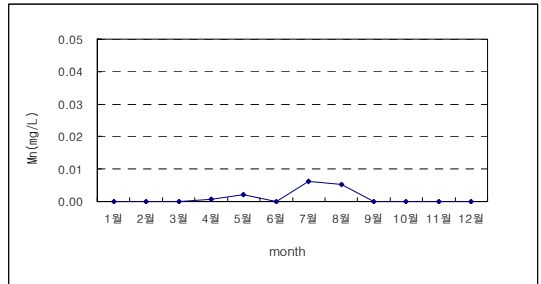


그림 13. 정수의 Mn 농도 변화

정수에서의 알루미늄은 정수처리과정에서 사용되는 응집제인 PACI(polyaluminumchloride)에 기인한 것으로 정수에서 검출된 알루미늄의 월평균 농도는 0.00~0.08 mg/L, 연평균 농도는 0.04 mg/L로 정수처리가 적절히 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

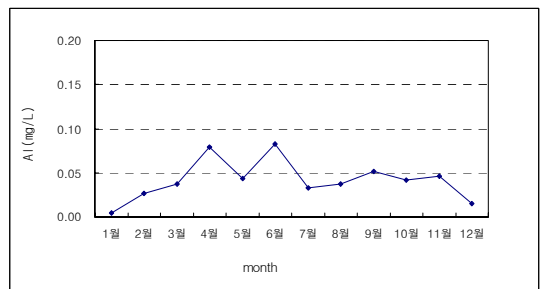


그림 14. 정수의 Al 농도 변화

9) 질산성 질소(NO₃-N)

질산성질소는 보통 질산염 또는 질산이온 등으로 표현되지만, 그 양을 질소의 양으로 나타내는 것이므로 NO₃-N으로 표시한다. 질산성질소가 다량 함유된 물을 섭취하면 1세 이하의 유아에서 메트헤모글로빈혈증(청색증, blue baby)을 일으킬 가능성이 있다고 한다.

검사결과, 정수의 연평균 농도는 1.6 mg/L, 월평균 농도는 1.3~1.9 mg/L 농도 범위로 나타났다. 사업소별 농도는 1.6~1.7 mg/L로 전 사업소에서 비교적 유사한 수준으로 검출되고 있다.

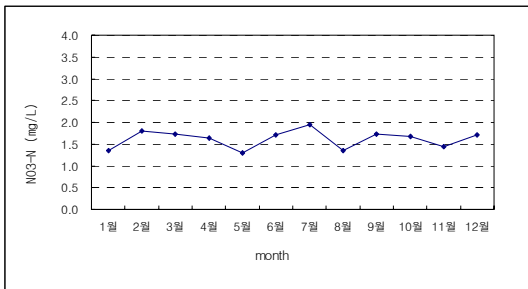


그림 15. 정수의 NO₃-N 농도 변화

10) 보론

보론은 2000년 7월부터 감시항목에서 먹는물 수질기준으로 추가된 항목으로 평균 0.01 mg/L로 검출되었으며, 모든 정수사업소에서 0.00~0.01 mg/L 범위로 나타났다.

11) 휘발성 유기화합물

현재 먹는물 수질기준에서 규제하고 있는 휘발성 유기화합물은 크게 트리할로메탄류(THMs)와 염소를 함유한 유기용매류 및 B.T.E.X와 같은 방향족 화합물로 나눌 수 있다.

총트리할로메탄(THMs)은 메탄(CH₄) 유도체인 유기할로젠 화합물로서 수소원자 4개중 3개가 염소, 브롬, 요오드로 치환된 것으로 10종류의 화합물이 있다. 수돗물에서는 클로로포름(트리클로로메탄, CHCl₃), 브로모디클로로메탄(CHBrCl₂), 디브로모클로로메탄(CHBr₂Cl), 브로모포름(CHBr₃)의 4종류가 오염에 관여하고 있으며 이들 4종의 화합물을 트리할로메탄이라고 부르며, 우리나라에서는 클로로포름이 주성분으로 나타나고 있다.

THMs는 물 속에서 주로 소독에 사용되는 염소와 자연에서 유래하는 유기물이 반응하여 생성된다. 일반적으로 정수의 THMs는 과망간산칼륨 소비량, 수온, pH가 높고, 염소 주입 후 시간이 길어진 경우에 그 생성량이 많아진다. 그러므로

수돗물의 THMs 농도는 수온이 상승하고 염소투입량이 많은 하절기에 높게 나타나고, 겨울철에 낮은 농도로 검출되는 경향이 있다.

검사결과 정수에서 검출된 THMs의 연평균 농도는 0.016 mg/L, 사업소별로는 0.009~0.019 mg/L로 나타났다. 연중 농도 변화는 월평균 0.007~0.026 mg/L로 하절기에 염소처리 증가, 수온상승 등의 영향으로 상대적으로 높은 수준으로 검출되었다. 또한 클로로포름은 2000년 7월에 먹는물 수질기준에 추가된 항목으로 검사결과 연평균 0.0123 mg/L로 나타났으며 THMs중 약 80%로 함유되어 있으며 농도 변화는 유사한 경향을 보이고 있다. 클로랄하이드레이트, 디클로로아세트나이트릴, 할로아세틱에시드의 연평균 농도는 각각 0.0035 mg/L, 0.0020 mg/L, 0.0153 mg/L로 수질기준의 1/6~1/45 수준으로 나타났다.

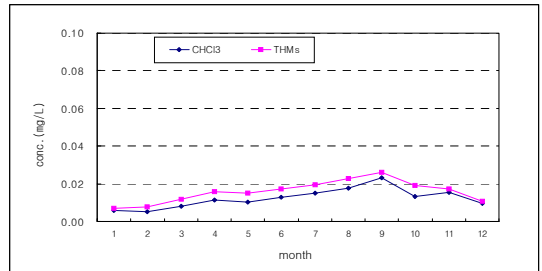


그림 16. 정수의 THMs, CHCl₃ 농도 변화

12) TOC

수중의 TOC는 직접적으로 인체에 유해하지는 않지만 미생물 증식을 유발하거나 염소요구량을 증대시키고, 전처리제나 소독제로 쓰이는 염소와 결합하여 소독부산물을 생성함으로써 맛·냄새나 돌연변이물질을 생성한다. 서울시는 2004년 4월 이후 정수사업소 평가항목으로 TOC를 추가하여 월 2회 전 정수사업소 정수를 대상으로 수질검사를 실시하고 있다.

검사결과, TOC 농도는 연평균 1.03 mg/L, 월평균 0.92~1.29 mg/L, 사업소별로는 0.97~1.09 mg/L로 전체 사업소 정수가 유사한 농도 수준으로 낮은 농도를 유지하였다.

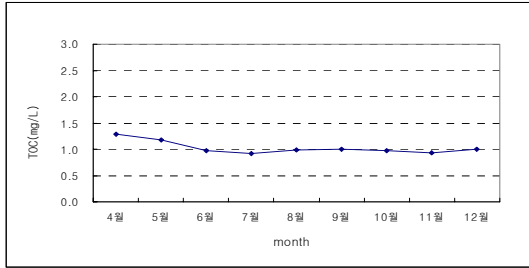


그림 17. 정수의 TOC 농도 변화

13) 입자계수

입자계수는 수중에 존재하는 크기 2 μm 이상의 입자의 수를 측정하는 것으로, 서울시 정수에서의 입자분포를 평가하여 미생물적으로 안전하고 심미적으로 질이 향상된 수돗물을 과학적으로 입증하고자, 2004년 4월 이후 정수사업소 평가항목으로 추가하여 월 2회 전체 정수사업소 정수를 대상으로 수질검사를 실시하고 있다.

검사결과, 그림 26과 같이 입자계수는 연평균 40 개/mL, 월평균 21~55 개/mL, 사업소별로는 29~60 개/mL로 100 개/mL 이하의 낮은 수준을 유지하였다. 또한 여름철 8~9월 높은 입도분포(total particle counts)를 나타내는데 이는 여름철 강우로 인한 고탁도 유입 시 침전지 말단의 탁도가 상승하고 여과지 지속시간이 짧아져 높은 입도분포를 나타내는 것으로 판단된다.

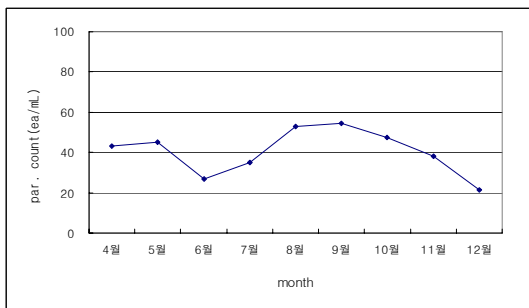


그림 18. 정수의 입자계수 변화

결 론

2004년 서울시 6개 취수장 원수와 6개 정수장 13점의 정수에 대하여 원수수질검사 및 먹는물수질기준 항목에 대한 검사를 실시한 결과 다음과 같이 나타났다.

1. 서울시 6개 취수장 원수에 대한 수질검사 결과는 다음과 같다.
 - 1) 원수 수질검사결과, 연평균 탁도는 4.8 NTU, KMnO_4 소비량 4.7 mg/L, 경도 59 mg/L으로 정수처리에 적합한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다.
 - 2) 건강상 유해영향 무기물질인 수은, 카드뮴, 납, 시안, 6가크롬, 비소, 불소, 셀레늄은 검출되지 않았다.
2. 6개 정수사업소 13개 공장 정수에 대해 실시한 57항목(먹는물 수질기준 55개, 평가항목 추가 2항목)에 대한 검사결과는 다음과 같다.
 - 1) 정수처리 공정의 효율을 나타내는 지표항목인 탁도는 0.07 NTU로 양호한 수준을 나타냈으며, 전반적으로 각 사업소의 정수 탁도가 안정화되는 경향을 보였다.
 - 2) 탁도등 심미적 영향물질 16개 항목은 모두 먹는물 수질기준 이내로 양호한 수준을 유지하고 있었다.
 - 3) 건강상 유해영향 무기물질인 납, 불소, 비소, 셀레늄, 수은, 시안, 6가크롬, 카드뮴, 암모니아성 질소는 검출되지 않았으며, 질산성질소는 연평균 1.6 mg/L, 보론은 0.01 mg/L로 나타났다.
 - 4) 건강상 유해영향 유기물질 16개 항목과 소독제 및 소독부산물물질 중 유리잔류염소를 제외한 소독부산물 7개 항목 중 트리할로메탄(THMs)과 클로로포름, 클로랄하이드레이트, 디클로로아세토니트릴, 할로아세틱에시드는 검출되었으며, 이들을 제외한 항목은 검출되지 않았다. 트리할로메탄의 연평균 농도는 0.016 mg/L, 클로로포름은 0.0123 mg/L, 클로랄하이드레이트는 0.0035 mg/L, 디클로로아세토니트릴은 0.0020 mg/L, 할로아세틱에시드는 0.0153 mg/L의 농도로 나타났다.
 - 5) 4월 이후 평가항목으로 추가된 2항목 중 TOC는 연평균 1.03 mg/L로 전체 사업소 정수가 유사한 농도로 낮은 수준을 나타냈으며, 입자계수는 연평균 40 개/mL로 100 개/mL 이하의 낮은 입도분포를 유지하였다.

국 문 요 약

서울시 6개 취수장 원수와 6개 정수사업소 정수에 대해 매월 수질검사를 실시하였다. 수질검사 결과, 취수원수에서는 건강상 유해영향 무기물질, 유기물질, 농약류 등이 검출되지 않았으며, 전 항목 상수처리에 적합한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

정수 수질검사 결과, 처리공정의 효율을 나타내는 지표항목인 탁도는 평균 0.07 NTU로 기준인 0.3 NTU 보다 현저히 낮게 나타났다. 응집제로부터 잔류할 가능성이 있는 알루미늄의 평균 농도는 0.04 mg/L로서 수질기준 0.2 mg/L 보다 훨씬 낮은 농도로 나타났다. 탁도와 알루미늄 이외의 심미적 영향물질 14항목은 모두 수질기준 이내로 유지되고 있었으며, 동, 철 및 세제는 정량한계 이하였다. 건강상 유해영향 무질물질, 유기물질은 정량한계이하로 조사되었으며, 질산성질소는 평균 1.6 mg/L, 염소소독부산물인 총트리할로메탄의 평균 농도는 0.016 mg/L, 클로로포름은 0.0123 mg/L, 클로랄하이드레이트는 0.0035 mg/L, 디클로로아세트니트릴은 0.0020mg/L, 그리고 할로아세틱에시드는 0.0153mg/L로 낮은 농도로 검출되었다.

참고문헌

1. 환경부, 1998, WHO 먹는물 수질관리 지침서
2. 서울시 수도기술연구소, 2000, 1999, 1998년도 수질조사분석 보고서
3. 서울시 수도기술연구소, 2003, 2002, 2001년도 수질조사분석 보고서
4. 박석기 외2, 1996, 먹는물의 수질관리, 동화기술
5. 황선진, 1990, 수처리시 발생하는 THMs의 발생특성 및 저감방안
6. WHO, 1996, Guidline for Drinking Water Quality 2th ed.
7. Craun, Gunther F., Stephen A. Hubbs, Floyd Frost, Rebecca L. Calderon, Steve H. Via. 1998. Waterborne Outbreaks of Cryptosporidiosis. J.AWWA, 9:81:91.
8. Herwalt, Barbara L. Michael H. Kramer, Gunther F. Craun, Rebecca L. Calderon, Dennis D. Juranek. 1996. Waterborne disease : 1993 and 1994. J. AWWA, 3:66~79.
9. Patria, L. M., David P. Casemore., Kenneth B. Miller. 1996. Epidemiological Aspects of Human *Cryptosporidium* and the Role of Waterborne Transmission. Epidemiologic Reviews. 18:2:118~136.
10. 金子光美, 1998, 原虫類やその他の病原性微生物の検出とその除去技術. 用水と廢水, 40:4:32~46.