04 수질관리

상수도에서 수질관리라 함은, 수돗물을 생산하기 위해 취수된 원수 및 정수처리 공정의 수질관리와 정수처리된 수돗물을 수요가까지 공급되는 모든 경로 및 수요가에서 직접 사용되기 직전까지의 모든 과정에 대한 수질의 관리를 통틀어 아우르는 개념이다. 상수도의 수질은 시민고객의 건강과 안전에 직결되기 때문에 수질관리는 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

본격적인 도시화, 공업화가 진행되기 전인 1960년대까지는 서울상수도의 수원인 한강의 수질에 큰 문제가 없었다. 그러나 이후 인구의 대도시 집중 추세가 심화되고, 공업화가 추진되면서 한강의 수질오염이 심화되기 시작하였다.

상수도의 질에 대한 안정성과 수돗물의 수질관리에 대한 문제가 세간의 주목을 끌고 본격적으로 제기되기 시작한 것은 1989년 중금속 오염사건 이후다. 당시, 안심하고 마실 수 있는 수돗물을 위한 범정부 차원의 맑은 물 공급계획이 추진되었다. 이후 문민정부가 출범한 1993년부터 1997년까지 '맑은 물 공급 종합 대책' 을 총 17조원의 예산을 들여 추진하였으나 4대강의 수질은 오히려 악화되었다.

더욱이 THMs(총트리할로메탄)사건(1990년), 대구 페놀사건(1991년), 수도관 내 세균번식(1993년) 및 낙동강 오염(1994년), 정수처리 과정에서 청색증을 유발하는 이산화염소 사용(1996년)과 같은 상수도와 관련한 수질오염사건이 사회문제화 되었으며 수돗물에 대한 시민고객들의 불신을 일으켰다.

이에 따라 '먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙' 이 1995년 5월 1일 환경부령 제11호로 마련되었고 상수도 수질관리가 더욱 엄격해지기 시작하였다. 먹는 물 수질기준이란, 일반인이 하루 2ℓ 씩 70년간 계속 물을 마셨을 때 신체에 아무런 해가 발생하지 않을 수치에서 1/100~1/1,000의 안전율로 줄인 수치의 기준을 말한다. 상수도의 수질기준은 '먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙' 의 제2조로 정해져 있다.

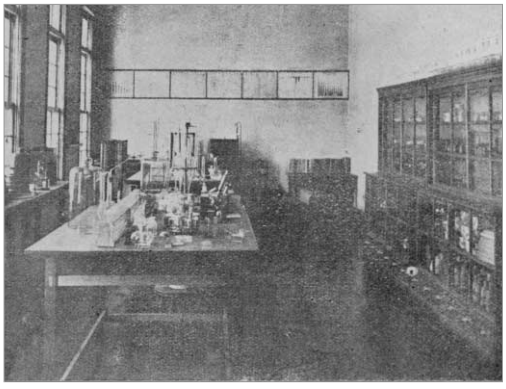
서울상수도는 과학적이고 체계적인 수질관리를 통해 수돗물에 대한 시민들의 신뢰도 제고에 큰 힘을 쏟고 있다. 보다 깨끗하고 안전한 원수 확보를 위해 구의, 자양취수장을 강북취수장으로 이전하는 일추진하고 있다. 또 생산과정에서는 정수처리 수준과 관리능력을 향상시켜 최적의 생산시스템을 구축하고 있으며 공급과정에서는 급수체계의 개선과 2차 오염방지를 위한 노력을 통해 정수수질이 수요가의 수도꼭지까지 그대로 유지되도록 노력하고 있다.

1장
수질기준과 수질검사항목

우리나라의 수질 및 수생태계 환경기준은 하천수와 호소로 구분하며 특히, 먹는 물 수질기준은 1962년 최초 29개 항목에서 현재 55개 항목으로 크게 늘어났다. 서울상수도는 여기에 감시항목 90개를 포함시켜 모두 145개 항목으로 수질을 감시하고 있다. 또, 수도꼭지 860지점 수질검사, 민관합동 수질확인검사 및 수돗물시민회의 인식개선 시범사업을 병행해 실시, 수돗물 수질에 대한 신뢰도를 높이고 있다.

우리나라의 수질 및 수생태계의 환경기준은 하천수와 호소(湖沼)로 구분하고 있다. 하천은 BOD(생물화학적산소요구량), pH, 용존산소량, 총 대장균군수 등을 기준으로, 호소는 COD(화학적산소요구량)와 pH, 용존산소량, 총 대장균수 및 수질의 부영양화 상태파악을 위한 총인, 총질소를 포함한 21~25개 항목을 기준으로 하고 있다. 또 우리나라의 먹는 물 수질기준은 1962년 최초 29개 항목(28개 기준+잔류염소 기준)으로 제정되어 2003년 7월 55개 항목으로 개정되었으나 서울에서는 선진국의 수준으로 수질의 향상을 위해 별도로 감시항목 90개를 지정, 모두 145개 항목에 대해 관리하고 있다.

우리나라의 수질 및 수생태계의 환경기준은 1987년에 제정되어 일부 수정되었으나 아직 원형을 유지하고 있는 상태다. 당시는 고도 산업화 초기 단계로 오염물질의 종류와 특성이 지금보다 단순해 BOD 중심의 상수원수 관리가 합리적인 기준을 적용하였다고 볼 수 있다. 실제적으로 당시 BOD 1ppm 수준의 청정한 원수가 상당부분 있었을 것으로 생각된다. 하지만 BOD 1ppm의 물이 1급수로 지정된 이후 약 20여년이 지나는 동안 우리 사회는 급속한 도시화가 진행되었고, 오염물질은 BOD와 관련이 큰 생활계 유기물 뿐만 아니라 산업시설에서 유래되는 유해화학물질, 즉 인체에 직접 해를 미치는 물질이 급격히 늘어났음에도 불구하고 BOD 중심의 수질기준등급은 현실을 반영하지 못한 채 그대로 사용되고 있는 상황이기도 하다.



창설기 뚝도정수장 수질실험실(1908년)

그렇지만 엄격히 적용된 먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 등을 적용한 수질관리는 소비자들로 하여금 서울상수도에 대한 신뢰도를 높일 수 있는 요인이 되고 있으며 실제로 과학적인 정수처리를 거친 수돗물은 여러 선진국들의 수돗물과 견주어 조금도 부족함이 없다.

1절 태동기와 일제강점기의 수질기준

근대적 상수도시설의 도입이전인 구한말, 서울지역의 음용수는 삼청동(三淸洞)의 성제정(星祭井), 취운정(翠雲井) 및 인왕산(仁旺山)에서 흐르는 자연수와 자하문(紫霞門)아래 청운동(靑雲洞)의 청풍계(淸風溪) 등 보통 우물이나 표류수를 사용했다. 때문에 수질관리는 고사하고 음용수의 일정한 수질기준이나 그 개념이 없었다. 구한말 당시의 서울은 여름철의 경우 음용수의 절대 부족 현상이 나타났으며 가뭄이 들었을 때는 한강물을 길어다 판매하는 상인도 있었다.

〈조선휘보(朝鮮彙報)〉 1916년 1월 1일자를 보면, 당시 일본인들이 거주하던 충무로 및 명동 근처의 우물과 사설수도, 그리고 서울상수도에 대해 1887년, 1903년과 1915년의 수질에 대해 시험한 결과가 기록되어 있다. 이때의 시험 항목은 백만분의 일 단위까지 나타낸 염분과 고형분, 1㎤ 중 세균수 등의 항목을 기준하였다.

〈표4-1〉은 1887년 일본인들이 충무로2가에 팠던 모범우물과 1903년의 남산 사설수도 및 1915년 서울상수도의 수중성분을 조사한 것을 나타낸 것이다.

표 4-1. 1916년 1월 1일자 〈조선휘보〉에 기록된 서울의 수중성분표

시험항목	1887년 모범우물	1903년 남산사설수도	1915년 서울상수도	비고
염분	170	10	3	단위 : 1/1,000,000
고형분	810	220	62	〃
세균수	830	430	18	검수 1㎤ 중

1910년의 수질시험 검사항목은 한강의 원수, 침전지수(沈澱池水), 여과지수(濾過池水), 급수전수(給水栓水)를 대상으로 기온, 수온, 색도(色度), 탁도(濁度), 취미(臭味), 반응(反應, pH), 격노아(格魯兒, 염소이온), 황산(黃酸), 질산(窒酸), 아질산(亞窒酸), 암모니아, 경도(硬度), 고형물총량(固形物總量), 과망간산칼륨소비량, 납(鉛), 세균취락수(細菌聚落數) 등 총 16개 항목에 대해 매년 20회 이상 실시하였다. 이는 일본의 상수협의회(上水協議會) 협정시험법(協定試驗法)과 동일하게 적용되었던 기준이었다.

수질검사 항목의 기준을 살펴보면 암모니아성 질소, 아질산성 질소 등은 구체적으로 수치화하지는 않고 정성반응(定性反應)을 나타내지 않는 정도를 적합한 기준으로 규정하였으며 질산성질소나 염소이온(格魯亞)은 이상하지 않는 상태를 적합한 기준으로 규정하고 있다. 또, 과망간산칼륨소비량은 10mg/ℓ 이상이 되지 않아야 한다는 기준치가 1916년에 제정되었고 증발잔유물(蒸發殘留物) 500mg/ℓ 이하의 기준은 1926년에 추가 제정되기도 하였다.

경도는 이상하지 않으면 적합하다는 기준이 1926년에는 18도를 초과하지 않아야 한다는 규정으로 바꾸었으며 색도와 탁도는 1940년에 와서 각 2도와 1도를 넘어서지 않아야 한다고 규정되었다.

1940년에 이르러 수질기준이 대폭 강화되었다. 질산성질소의 경우 리터(ℓ) 당 5mg 이상 검출되지 않아야 하고 염소이온의 허용기준은 30mg/ℓ였다. 대장균군은 10cc 이하에서 음성이어야 하였고 원등적변균(遠藤赤變菌)은 1cc에서 검출되지 않아야 한다고 규정되었다.

1913년에 조선총독부에서 발행한 〈조선수도 수질의 연구〉에는 당시 서울상수도의 수질검사를 매주 1회 실시한 것으로 기록하고 있다. 이 기록을 참고하면 인천상수도가 서울상수도와 같이 주 1회 수질검사를 하였으며 평양상수도가 월 1회 검사를 하였고, 부산상수도와 목포상수도는 수질검사를 하지 않은 것으로 나타난다.

1938년 간행된 〈경성부상수도개요〉를 보면 1912년부터 1937년까지의 서울상수도의 수질검사성적표가 기록되어 있는데 1912년의 경우 한강원수 수질검사를 총 20회, 침전지 28회, 여과지 23회, 급수전 28회로 1913년에는 한강원수 12회, 침전지 15회, 여과지 25회, 급수전 56회 등으로 기록하고 있어 정기적인 수질검사였다기보다는 그때 그때 필요할 때마다 시행되었다고 추측해 볼 수 있다.

이후 수질검사 횟수는 꾸준히 증가해 1929년에는 원수 및 침전지, 여과지, 시내전(市內栓) 등에 대해 모두 150회의 수질검사를 시행하였다.

2절 광복 후 경제성장기의 수질기준

1945년 일제가 패망하고 광복이 되자 미국은 우리나라에 군정을 실시하였다. 따라서 1948년 우리 정부가 수립되기 전까지 서울상수도는 미군정체제의 관리를 받았고 상수도의 수질관리는 미국야전군의 수질기준에 준해 급수전(給水栓)에서의 잔류염소를 엄격히 강조한 것으로 전해지고 있다. 당시 미군정으로부터 정수용응집제(淨水用凝集劑)인 명반(明礬)과 살균제(殺菌劑)인 표백분(漂白粉, 클로로칼키)을 공급받아 사용하였고 간혹 알칼리제로 탄산칼슘을 사용하는 등 미군정의 지원 아래 상수도 수질관리를 유지하였다.

1946년부터 1947년까지의 서울상수도 수질에 대해 국립화학연구소가 표준수질검사법에 의해 분석 검사한 자료가 남아있는데 이에 의하면 2년간 매년 평균 20여회의 검사를 실시하였고 검사항목은 수온 및 실온, 취미(臭味), 색도 및 탁도, pH, 용존산소, 염소이온, 황산이온, 질산성질소 및 아질산성질소, 암모니아성질소, 과망간칼륨 소비량, 증발잔류물 및 총경도, 철, 잔류염소, 일반세균, 대장균군 등이었다.

광복이후 한국전쟁을 거쳐 1958년까지는 각 정수장에 수질검사 기능은 거의 없었다. 따라서 이 때 수질검사가 시행되지 않았음은 당연한 결과이다. 또 응집제 약품의 사용은 거의 경험에 의한 것이었으며 수질관리는 송수펌프실에서 채수한 정수(淨水)의 잔류염소 정도를 비색법(比色法)에 의해 검사를 시행하였다.

1959년 초부터 정수용 응집제를 비롯한 살균제인 액체염소의 원조물자 지급이 중단되면서 응집제인 황산반토는 국산화(해림화학에서 생산)가 되었지만 살균제인 액체염소는 생산에 차질이 생겨 적기에 공급이 여의치 않는 등 전후 물자의 부족으로 인해 수질관리에도 여러 가지

문제가 발생하기도 하였다.

수도전(水道栓)의 수질검사는 서울시위생시험소에 의뢰하여 시행하던 중 1958년 6월에 서울상수도의 사업주체인 건설국 수도과에 화공직(化工職) 직원을 한 명 두고 위생시험소에 파견근무를 시키면서 서울상수도 수질검사를 전담하게 하였으며 1960년에는 각 정수장에 수질검사실이 설치되고 검사요원을 확보하게 되었다.

군사정부가 들어선 1961년 12월 31일 법률 제939호로 우리나라에 처음으로 공포된 수도법(水道法)에는 상수도의 수질보호를 위해 필요하다고 인정되는 지역에 상수원보호구역(上水源保護區域)을 지정하고 수질의 오염을 초래할 우려가 있는 행위를 금지하거나 제한할 수 있게 하는 법적근거가 마련되었다. 그러나 구체적인 수질기준에 대한 제시를 한 것은 1963년 3월 13일 보건사회부령(保健社會部令) 제106호였다. 당시 정희섭 보건사회부장관 명의로 공포한 이 법에는 수질기준, 수질검사방법, 건강진단 및 위생상의 조치에 관한 규정이 포함되었다.

수질기준은 크게 여섯 가지의 대분류 아래 스물다섯 가지의 기준으로 구분되었다. 그 내용을 살펴보면 첫째 병원생물(病原生物)에 오염되었거나 병원생물에 오염된 생물 또는 물질에 관한 사항, 둘째 시안 및 수은(水銀) 기타 유독물질에 관한 사항, 셋째 동(銅) · 철(鐵) · 불소(弗素) · 페놀 및 기타 물질의 허용량에 관한 사항, 넷째 과도한 산성(酸性)이나 알칼리성에 관한 사항, 다섯째 소독(消毒)으로 인한 취미(臭味) 이외의 취미에 관한 사항, 여섯째 무색투명(無色透明)하지 아니할 것에 관한 사항 등이었다.

'병원생물(病原生物)에 오염되었거나 병원생물에 오염된 생물 또는 물질에 관한 사항'에는 첫째 암모니아성 질소 및 아질산성 질소가 동시에 검출되지 않을 것, 둘째 질산성 질소는 10ppm을 넘지 않을 것, 셋째 염소이온은 150ppm을 넘지 않을 것, 넷째 과망간산칼륨 소비량

표 4-2. 1963년 당시 각 정수장의 수질현황

항목	구의정수장		뚝도정수장		노량진정수장	
	원수	정수	원수	정수	원수	정수
대장균	150	0	170	0	46,800	0
일반세균	64	1	86	1	723	4
냄새	–	염소취	–	염소취	–	염소취
맛	–	–	–	–	–	–
탁도	14	0	9	0	18	0
pH	7.3	7.0	7.3	6.7	7.3	7.4
총 경도	42.4	41.8	42.9	39.6	45.2	40.5
과망간산칼륨 소비량	3.8	2.6	5.6	3.3	7.5	4.4
염소이온	5.1	5.1	5.2	5.6	5.7	6.7
암모니아성 질소	ND	ND	ND	ND	ND	ND
아질산성 질소	0.004	ND	0.004	ND	Trace	ND
질산성 질소	0.3	0.24	0.43	0.26	Trace	Trace
철	0.2	0.05	0.05	0.02	0.1	0.06

※ ND : NOT Detected (불검출), Trace : 흔적

은 10ppm을 넘지 않을 것, 다섯째 보통의 한천배지(寒天培地)에서 집락(集樂)을 형성할 수 있는 살아있는 균을 말하는 일반세균은 1cc 중 100마리를 넘지 않을 것, 마지막으로 대장균군(大腸菌群) 즉, 그람음성의 무아포성(無芽胞性)의 단간균으로 유당(乳糖)을 분해해 산(酸)과 가스를 만드는 모든 유기성 또는 통성환기성(通性換氣性)의 균을 말하는 대장균군은 50cc 중에서 검출되지 않을 것 등이 기준으로 제시되었다.

'시안 및 수은(水銀) 기타 유독물질에 관한 사항' 의 기준은 시안과 수은, 살충제로 쓰이는 유기인(有機燐)은 검출되지 않아야 한다는 것이다.

동과 철, 불소, 페놀 및 기타 물질의 허용량에 관한 기준도 제시하고 있는데 동은 1ppm을 넘지 않아야 하며 철 및 망간은 0.3ppm, 불소는 1ppm, 납(鉛)은 0.1ppm을 넘지 않아야 한다. 또, 아연은 1ppm을, 크롬은 0.05ppm, 비소(砒素)는 0.05ppm, 규소(硅素)는 50ppm을 넘지 않을 것을 명시하고 있다. 페놀과 경도(硬度), 황산이온은 각각 0.005ppm, 300ppm, 200ppm을 넘지 않도록 규정하고 있다.

그 외에 '과도한 산성(酸性)이나 알칼리성에 관한 사항' 으로는 수소이온 농도는 pH 5.8~8.0이어야 하며 황산의 산도는 검출되지 않아야 하고 알칼리도는 5ppm이상이어야 한다. 또, 소독으로 인한 취미(臭味) 이외의 취미가 있어서는 안 되며 색도(色度)와 탁도(濁度)는 모두 2도를 넘지 않으며 증발잔류물(蒸發殘留物)은 500ppm을 넘지 않아야 한다고 명시하였다.

한편, 수질검사와 신청에 관한 사항은 보건사회부령(保健社會部令) 제106호 제2조에 명시되었으며 수질검사의 횟수의 경우 색도 및 탁도 검사와 유리잔류염소(遊離殘留鹽素)에 관한 검사는 매일 1회 이상 실시할 수 있도록 규정하고 있다. 또 '병원생물(病原生物)에 오염되었거나 병원생물에 오염된 생물 또는 물질에 관한 사항' 과 '소독(消毒)으로 인한 취미(臭味) 이외의 취미에 관한 사항' , 그리고 증발잔류물(蒸發殘留物)에 관한 검사는 매월 1회 이상 시행하도록 하였다.

1960년대 초기만 해도 상수도 행정에서 수질관리의 비중은 그리 크지 않았고 모든 행정력은 상수도의 수요량 충족에 온 역량이 집중되었다. 아울러 수질관리에 필요한 전문 인력도 크게 부족하였고 장비의 확보도 미비하기만 하였다.

그러한 이유에서인지, 수도법에 의거해 상수도의 수질관리에 대한 규정이 제정되었음에도 불구하고 수질에 대한 총체적인 완전분석을 시행하지 못하고 간단한 일반사항만 시험 분석하였던 것으로 보인다.

〈표4-2〉는 1963년 뚝도정수장 · 노량진정수장 · 구의정수장의 원수와 정수의 수질검사 결과를 나타낸 것으로 당시 한강하류지역의 대장균군 지수가 꽤 높은 수치로 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이는 미처리된 생활하수의 유입이 원인으로 판단되며 상류지역인 구의정수장의 원수는 아직 청정한 상태가 유지되고 있음을 알 수 있다.

1963년 3월, 처음으로 제정된 상수도수질기준은 1984년까지 약 20여년을 계속 적용되어 오

다가 1984년에 인근국가들에서 환경보전에 대한 관심이 고조되면서 더욱 강화되기 시작하였다. 즉, 카드뮴의 영향에 의한 이타이이타이병과 수은중독 등 산업화의 발달에 수반된 환경오염에 기인한 질병의 위험성을 자각하기 시작하면서 카드뮴을 규제하게 되었고 무분별하게 사용되던 합성세제의 잔류물이 정수 처리에 장해를 미치고 나아가 수자원 오염을 야기한다는 점을 감안해 난분해성의 세제품질개선을 위해 세제의 함유량을 규제하게 된 것이다.

이와 관련해 서울상수도는 수질검사의 항목과 기준을 더욱 강화하고 세분화하여 상수도 소비자들의 기대수질에 최대한 접근하도록 하였다.

3절 안정적 성장기의 수질기준

1980년대 중반까지만 해도 한강수계유역의 생활하수 및 오폐수의 불완전한 처리 등으로 인해 그 오염도가 역사상 가장 높았으며 각 정수장에서의 정수처리 과정에서도 정수용 약품사용량이 증가하는 등 양질의 수질 유지에 어려운 점들이 많았다. 그러나 1988년 서울올림픽을 계기로 서울은 국제도시로의 탈바꿈을 시도하면서 한강은 대대적인 정비개발이 실현되고 상류의 수리사업(水利事業)은 이와 병행해 생활하수 및 1차 처리된 산업폐수의 반 이상인 1일분 약 150만m^3를 2차 처리시설인 중랑 및 탄천물재생센터에서 처리할 수 있도록 하였다. 이는 생물화학적 산소요구량 및 오염물질의 95% 이상을 제거한 BOD 20mg/ℓ 이하의 양질의 수질로 한강 하류의 수질은 월등히 개선되었다.

1990년대에 접어들면서 용수수요는 날로 증가하는 반면에 강수량(降水量)의 부족과 미처리된 오폐수의 무단방류 등으로 수계의 수량이 감소되면서 오염도는 계속 높아져갔다. 이로 인해 지방상수도의 수원인 영산강 계통에서는 암모니아성질소 농도증가, 낙동강계통에서는 페놀의 유입 등 지방도시의 상수도에서 크고 작은 수질오염사고가 빈번하게 발생되면서 상수도의 불신풍조가 고조되었고 상수도 수질문제는 범국가적 사회문제로 대두하게 되었다.

원수 수질검사

이와 때를 같이하여 정부에서는 범국가적 차원에서 '맑은 물 공급 종합대책'을 수립, 적극적인 상수원보호와 수질오염방지 및 정수관리체계의 정비강화로 오염되지 않은 맑은 물의 생산과 공급에 일대 개혁적 차원에서의 재검토가 착수되었다.

이는 상수도보호구역에 대한 감시 관리의 적극적인 대응과 그동안 무방비상태에 있었던 각 수요자 측의 저수시설을 급수시설로 전환해 연2회 이

상의 청소점검을 법제화하는 동시에 수질기준 또한 유해미량 농약성분을 위시한 심미적 오염물질 등을 수질기준에 추가로 제정하여 수질관리를 엄격히 추진하기 위한 조처였다.

한편, 서울상수도는 상수도업무의 전문화 및 독립과 상수도 정수처리 방법의 개선 및 연구발전, 수질관리의 과학화와 운영효율화의 제고 등을 기하기 위해 1989년 11월 21일, 상수도사업본부 설치조례에 의거, 2부(部) 1계(係) 체제의 '수도기술연구소'를 설립하였다.

1990년 1월 11일, 보건사회부령을 개정, 트리할로메탄을 규제하게 되었고 이어 1991년 7월 4일과 1992년 12월 15일 등 연쇄적으로 수질기준을 강화해 농약류와 중금속류, 미량유기물 등 인체에 해를 끼칠 수 있는 유해 유기물질들을 추가로 규제하게 되었다.

1994년 7월 1일에는 보건사회부령 제932호로 43개 항목의 음용수 수질기준을 제정해 맑은 물 공급을 위한 보다 철저한 수질관리 시스템을 갖추었으며 실제로 서울상수도를 대상으로 실시한 수질검사 결과, 수질기준 43개 항목 모두가 기준 이내에 적합하게 나타나 국제적으로 어느 도시에 비교해도 전혀 손색이 없는 양질의 수돗물임을 확인하게 되었다.

보건사회부령 제932호 '음용수 수질기준'은 첫째 미생물에 관한 기준, 둘째 건강상 유해 영향 무기물질에 관한 기준, 셋째 건강상 유해 영향 유기물질에 관한 기준, 마지막으로 심미적 영향물질에 관한 기준 등 모두 네 가지 기준으로 구분되었다.

미생물에 관한 기준을 살펴보면, 일반세균은 1㎖중 100마리를 넘지 않을 것, 대장균군은 50㎖에서 검출되지 않을 것으로 규정하고 있다.

건강상 유해 영양 무기물질에 관한 기준은 모두 열 가지로 구분하고 있다. 납은 0.05mg/ℓ를 넘지 않아야 하며 불소는 1mg/ℓ, 비소 0.05mg/ℓ, 세레늄은 0.01mg/ℓ를 넘지 말아야 한다. 또, 수은과 시안은 검출되지 않아야 하며 6가크롬은 0.05mg/ℓ, 암모니아성 질소는 0.5mg/ℓ, 질산성질소와 카드뮴은 각각 10mg/ℓ와 0.01mg/ℓ를 넘지 않아야 한다고 규정하고 있다.

건강상 유해 유기물질에 관한 기준은 모두 15개의 기준항목이 있으며 그 내용은 다음과 같다. 페놀은 0.005mg/ℓ를 넘지 않아야 하며 총 트리할로메탄은 0.1mg/ℓ를 넘지 않아야 한다. 다이아지논은 0.02mg/ℓ, 파라티온은 0.06mg/ℓ, 말라티온은 0.025mg/ℓ, 페니트로티온은 0.04mg/ℓ, 카바릴은 0.07mg/ℓ를 넘으면 안된다. 또 1·1·1트리클로로에탄은 0.1mg/ℓ, 테트라클로로에틸렌은 0.01mg/ℓ, 트리클로로에틸렌은 0.03mg/ℓ, 디클로로메탄은 0.02mg/ℓ을 넘지 않아야 한다고 규정되었다. 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 등은 각각 0.01mg/ℓ, 0.7mg/ℓ, 0.3mg/ℓ, 0.5mg/ℓ의 기준을 초과하지 않도록 정하였다.

마지막으로 심미적 영향물질에 관한 기준은 16개로서 경도 300mg/ℓ이하, 과망간산칼륨 소비량 10mg/ℓ을 넘지 않아야 하며

표 4-3. 1994년 7월 1일 발표된 보건사회부령 제932호 '음용수 수질검사 항목'

구분(43종류)	검사항목
미생물(2종류)	일반세균, 대장균군
건강상 유해 무기물(10종류)	납, 불소, 비소, 세레늄, 수은, 시안, 6가크롬, 암모니아성질소 질산성질소, 카드뮴
건강상 유해 유기물(15종류)	다이아지논, 말라티온, 파라티온, 카바릴, 페니트로티온, 총트리할로메탄, 페놀, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 1.1.1트리클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌
심미적 영향 물질(16종류)	철, 망간, 아연, 동, 염소이온, 황산이온, 세제, pH, 경도, 과망간산칼륨소비량, 증발잔류물, 색도, 탁도, 맛, 냄새, 알루미늄

표 4-4. 서울상수도 정수장별 정수수질 평균

(1982년~1999년)

정수장별 / 항목구분	광암정수장			구의정수장		
	최 대	최소	평균	최대	최소	평균
수 온	26.0	3.0	14.5	29.4	0.5	15
기 압				1,036	991	1,014
탁 도	0.5	0.2	0.35	0.9	0.1	0.5
pH	7.4	6.8	7.1	7.4	6.0	6.7
잔류염소	1.0	0.5	0.7	1.6	0.3	1
색 도	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2
냄 새	무 취			무 취		
맛	무 미			무 미		
알칼리도	38.0	19.0	28.5	57.0	12.0	34.5
총산도	3.7	0.0	1.9	9.2	0.8	5
염소이온	10.6	6.2	8.4	21.6	7.6	14.6
질산성질소	0.0	0.0	0.0	3.0	0.4	1.7
암모니아성질소	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05
과망간산칼륨소비량	4.0	0.0	2	4.5	0.3	2.4
총경도	52.0	23.0	37.5	79.0	30.0	54.5
황산이온	6.8	1.8	4.3	21.2	2.0	11.6
마그네슘이온	3.6	2.1	2.9	8.7	1.0	4.9
칼슘이온	16.4	8.8	12.6	24.0	4.8	14.4
증발잔류물	20.0	0.2	10.1	137.0	4.8	70.9
ABS	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05
철(Fe)	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.08
시 안(Cn)	불 검 출			불 검 출		
수은(Hg)	불 검 출			불 검 출		
카드뮴(Cd)	불 검 출			불 검 출		
크 롬(Cr)	불 검 출			불 검 출		

비 고 : 카바릴, 1·1·1 트리클로로에탄, 테트라
클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 세레늄 : 불검출
불검출 : 0.001mg/ℓ 이하

냄새와 맛은 소독으로 인한 냄새와 맛 이외의 여타 냄새와 맛이 있어서는 안 된다고 규정하였다. 동은 1mg/ℓ를 넘지 않아야 하며 음이온계면활성제인 세제는 0.5mg/ℓ를 넘지 않아야 하며 수소이온농도는 pH 5.8~8.5내에 존재해야 한다. 또 아연은 1mg/ℓ, 염소이온은 150mg/ℓ, 증발잔류물은 500mg/ℓ, 철 및 망간은 각각 0.3mg/ℓ를 넘지 않아야 한다고 명시하였다. 이외에도 탁도는 2도를 넘지 않아야 하고 황산이온과 알루미늄은 각각 200mg/ℓ, 0.2mg/ℓ를 넘지 않아야 한다. 〈표4-3〉은 물질 구분에 따른 검사항목을 나타낸 것이다.

1995년 7월 1일, 서울상수도는 기존의 43개 수질검사 항목에 서울시자체 감시항목 10개를 신설해 추가하였다. 이로써 서울상수도의 먹는 물 수질기준 검사항목은 총 53개로 늘어났다. 추가된 10개의 항목은 니켈, 바륨, 사염화탄소, 1, 2-디클로로에틸렌, 벤조피렌, 염화비닐, 시마진,

표 4-4. 서울상수도 정수장별 정수수질 평균

(1982년~1999년)

항목구분 \ 정수장별	뚝도정수장			노량진정수장		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균
수 온	30.0	0.0	15	29.0	0.0	14.5
기 압	1,032	0	516	1,060	748	904
탁 도	1.9	0.1	1	1.1	0.1	0.6
pH	7.5	6.5	7.0	7.4	6.5	7.0
잔류염소	1.5	0.4	1	2.0	0.4	1.2
색 도	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
냄 새	무 취			무 취		
맛	무 미			무 미		
알칼리도	58.0	13.0	35.5	60.0	12.0	36
총산도	7.2	1.0	4.1	27.5	1.0	14.3
염소이온	21.0	7.9	14.5	38.5	1.01	19.8
질산성질소	2.6	0.0	1.3	2.5	0.0	1.25
암모니아성질소	0.30	0.00	0.15	0.88	0.0	0.44
과망간산칼륨소비량	4.7	0.2	2.5	7.0	0.2	3.6
총경도	78.0	27.0	52.5	95.0	24.0	59.5
황산이온	22.0	5.0	13.5	40.0	3.6	21.8
마그네슘이온	7.1	1.5	4.3	13.5	0.8	7.2
칼슘이온	24.4	4.2	14.3	24.0	7.0	5
증발잔류물	112.0	39.0	75.5	180.0	4.0	92
ABS	0.01	0.00	0.01	0.40	0.00	0.2
철(Fe)	0.27	0.00	0.135	0.60	0.00	0.3
시 안(Cn)	불 검 출			불 검 출		
수은(Hg)	불 검 출			불 검 출		
카드뮴(Cd)	불 검 출			불 검 출		
크 롬(Cr)	불 검 출			불 검 출		

비 고 : 카바릴, 1·1·1 트리클로로에탄, 테트라
클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 세레늄 : 불검출
불검출 : 0.001mg/ℓ 이하

린덴, 카보푸란 등으로 2개의 무기물류와 4개의 미량유기물류, 4개의 농약류가 추가된 것이었다. 이에 앞서 같은 해 5월 1일에는 먹는 물 관리법 제정에 따라 명칭을 변경하기도 하였다.

1995년부터 암사·구의·보광동·선유정수장 등 4개 정수장을 대상으로 정수장 시설의 최적 상태를 유지하기 위해 수질측정 및 약품주입의 자동화를 실현시켜 정수수질 향상에 기여하였다.

또 1995년부터는 수질검사의 강화를 위해 '수도꼭지 수질검사'를 매일 20~30개 지점에서 실시해 수돗물에 대한 수요자들의 신뢰도를 높이는 데 심혈을 기울이기도 하였다.

특히, 수요가 및 학교, 공동주택 등 신청자에 한해 11개 항목에 대해 시행한 '시민과 함께 하는 수질검사'는 6만 1,731명이 참여, 총 4,202건을 실시해 시민들로부터 큰 환영을 받았다. 이 사업에는 수도기술연구소 3개반과 각 수도사업소에서 11개반을 편성, 총 14개반을 투입해 수돗

물 3건 등 총 290건이 부적합으로 판단되어 시정조치하기도 하였다.

1996년 들어 수질검사 항목은 5월 21일, 1, 1-디클로로에틸렌 및 사염화탄소 등 휘발성 유기물류가 2종 추가되고 불소의 기준이 1mg/ℓ에서 1.5mg/ℓ로 조정되었으며 같은 해 12월 1일자로 서울시 자체 감시항목이 6항목 추가되고 사염화탄소가 수질기준 항목으로 재분류되어 총 수질조사 항목수는 60항목이 되었다. 이 때 추가된 감시항목은 분원성대장균군, 분원성연쇄상구균, 녹농균, 시겔라, 비브리오 및 살모넬라 등이었다.

이듬해인 1997년 7월에는 감시항목에 칼륨 및 나트륨 등 무기물 2항목이 추가되었고 1998년 1월 1일부터는 감시항목의 유기물 및 무기물류, 미생물류, 농약류 및 소독부산물 등의 9항목이 추가되어 총 감시 항목은 71개 항목이 되었다. 이 때 추가된 항목을 살펴보면 스티렌, 클로로포름, 붕소, 안티몬, 지아디아, 크립토스포리디움, 알라클로, 디클로로아세토니트릴, 트리클로로아세토니트릴 등이었다.

1999년에는 정수사업소 별로 연5회 탁도 및 과망간산칼륨 소비량, THMs, 알루미늄, 일반세균, 대장균군, 잔류염소 등을 평가하는 '수질개선 경쟁체계'를 도입하고 정수(淨水)의 맛과 냄새 등의 제거를 위해 습식 분말활성탄처리시스템을 도입하는 등 정수장 수질관리를 강화하기 시작하였고 수질검사 항목도 10개 항목을 확대해 81개 항목을 운용, 선진국 수준의 수질관리 체계를 유지하였다.

이 해의 확대항목은, 클로랄하이드레이트, 에틸렌디브로마이드, 브로모클로로아세토니트릴, 디브로모아세토니트릴, 1, 2-디브로모-3-클로로프로판 등 소독부산물류 5개 항목과 클로로페놀, 2, 4-디클로로페놀, 펜타클로로페놀, 2, 4, 6-트리클로로페놀 등 페놀류 4개 항목과 농약류인 아트라진 등이었다.

당시 서울상수도의 수질검사 항목수는 WHO의 121항목수에는 미치지 못하였지만 미국의 85개 항목수에 버금가는 것이었으며 74개 항목을 검사하는 일본이나 66항목인 EU의 경우보다 많았다. 한편 1989년 출범한 수도기술연구소가 1998년 12월부터 2000년 6월까지 연세대학교와 강원대학교에 의뢰한 수돗물 바이러스에 대한 실태조사에서 서울상수도 전 정수장과 수도꼭지 56개 지점에서 바이러스가 검출되지 않아 서울상수도의 안전한 수질을 다시 한 번 확인하는 계기가 되었다.

2000년 역시 전년도에 비교해 수질검사 항목을 5개 항목 늘리고 7월부터 시행에 들어갔다. 이는 먹는 물 관리법 수질기준의 법정항목 47개에 서울시 자체 감시항목 39개를 포함한 것이다.

늘어난 항목은 아질산성 질소, 마이크로시스틴, 클로로탈로닐, 저온일반세균, 대장균 등이다.

수질검사에 이용되는 기기와 시료들

4절 전환기 수질기준과 미래의 수질관리

1987년 제정되어 큰 변화 없이 운영되고 있는 한강 수질 및 수 생태계의 환경기준은 2007년 개정되어 '생활환경' 및 '사람의 건강보호' 라는 단계로 구분해 생활환경 부문은 7등급으로 사람의 건강보호의 단계는 전 수역에 적용시키는 수질기준을 마련해 놓았다.

이에 따르면 상수원수로 사용되는 생활환경 Ia, Ib, II등급의 원수는 pH가 6.5~8.5이어야 하며 BOD는 각각 1mg/ℓ이하, 2mg/ℓ이하, 3mg/ℓ이하여야 한다. 또, 부유물질량이 공히 25mg/ℓ이하여야 하며 용존산소량은 Ia등급의 경우 7.5mg/ℓ이상, Ib, II등급은 5mg/ℓ이상이어야 한다. 총 대장균수는 100mℓ중 Ia등급 50군수 이하, Ib등급 500군수 이하, II등급은 1,000군수 이하여야 한다.

사람의 건강보호 단계로 살펴보면 전수역에서 시안 및 수은이나 유기인, 폴리클로리네이티드비페날(PCB)는 검출되지 않아야 한다. 또 카드뮴은 0.01mg/ℓ이하, 비소는 0.05mg/ℓ이하, 납과 6가크롬, 음이온 계면활성제는 각각 0.05mg/ℓ, 0.05mg/ℓ, 0.5mg/ℓ를 넘지 않아야 한다. 이러한 원수수질기준은 현재까지 큰 변화를 보이지 않고 유지되어 왔는데 이는 현재의 기준이 미국이나 프랑스, 독일 및 일본 등 선진외국의 기준보다 더욱 엄격한 기준을 유지하기 때문으로 분석한다.

상수도 수질검사의 근거는 법정항목의 경우 먹는 물 관리법 제5조 및 수도법 제26조에 의하며 감시항목은 수도법 제26조와 서울특별시 수도조례 제36조의 2항에 의해, 자체검사 항목은 서울상수도 자체의 방침에 따른다.

2001년 이후 서울상수도는 수질검사의 기준을 대폭 강화해 소비자들에게 높은 신뢰성을 주고 있으며 보다 양질의 수돗물을 공급하기 위해 고도정수처리 및 수도꼭지 수질검사 등 다양한 방식의 노력을 경주하고 있다.

2001년부터 현재까지 수질검사의 총 검사 항목수를 살펴보면 꾸준히 늘어나는 추세를 보이고 있다. 2000년 전체 86개였던 항목수가 2001년 105개로 19항목이 증가하였으며 2002년 121개 항목, 2005년에는 145개 항목으로 증가하였다.

수도꼭지 수질검사를 시행하는 수도사업소

이 가운데 국가 수질기준 검사항목은 2001년 47개에서 2002년 50개 및 2003년 55개 수준으로 완만한 증가세를 보였지만, 서울특별시 자체 감시항목은 2000년 39개 항목에서 2001년 58항목, 2002년 71항목을 거쳐 2005년에는 90개 항목으로 가파른 증가세를 보였다. 이는 여타 광역상수도보다 더욱 엄격한 수질관리를 실현해 양질

표 4-5. 2002년 수요가 수도꼭지 수질검사 대상현황

(단위:전)

	계	단독	가정용 아파트	연립	목욕탕	업무용	영업용	급수탑	소화전
수도전현황	1,862,935	723,757	631,149	245,400	1,935	57,520	160,192	288	42,694
검사대상	993,600	723,800	87,200	26,800	1,900	57,500	96,100	300	
산출근거	–	2000년 상수도 통계연보	10,896개동 *8지점/동별	(382,428÷16세대) +2,845(20세대 이상)	2000년 상수도 통계연보 (영업용에서 주택에 중복된 비율 약 40% 제외)				

의 수돗물을 소비자에게 공급하려는 서울상수도의 의지를 드러내는 좋은 예이다.

이에 따라 서울상수도의 수도꼭지 수돗물 탁도(NTU)는 1995년 0.24(NTU)에서 매년 꾸준히 감소해 2000년부터는 0.13(NTU)를 계속 유지해오고 있는 상태다.

서울상수도는 2001년 들어 보다 질높은 상수도 서비스를 공급하기 위해 수도행정의 중점목표를 소비자 중심의 수도꼭지 수질관리 체계로 전환하였다. 이를 위해 2001년 11월부터 매월 3,300개의 수도꼭지 수질검사를 실시하고 수질검사 적합표지를 부착하였다.

2002년도에는 서울시내 수도꼭지 중 약 12만여 지점에 대해 잔류염소, 탁도 및 pH, 일반세균과 대장균군 등 5개 항목에 대한 수질검사를 실시하였다. 〈표4-5〉는 2002년 수도전 검사대상 현황을 나타낸 것이다.

2008년 서울상수도는, 먹는 물 수질기준 법정 항목 55항목과 서울특별시 감시항목 90항목 등 정수(淨水)한 수돗물에 대해 모두 145항목의 수질검사를 시행하고 있다. 여기에 30개소의 지점에서 시행하는 상수원 수계 하천수에 대해 수질검사가 31항목에 걸쳐 실시되며 취수 원수에 대한 수질검사도 133개 항목에 대한 수질검사를 시행하고 있다.

수도꼭지 수질검사는 매월 860개 지점에 대해 수질검사가 이루어지고 있으며 이들 검사의 주체는 상수도연구원과 수도사업소이다.

여기에 15명의 전문가들로 구성된 수돗물평가위원회가 매월 10개소에서 55개 항목의 수질검사를 시행하고 있으며 시민참여 민관합동수질확인검사가 계획에 따라 시행되고 있고, 수돗물 시민회의 등의 시민단체에서 서울지역의 일부 아파트 단지 등을 대상으로 지난 4년간 수돗물 인식개선시범사업 수질검사를 실시하였다.

〈표4-6〉은 2008년 서울상수도가 시행하고 있는 수질검사의 항목을 나타낸 것이다.

2007년 12월 서울상수도가 생산하는 수돗물의 수질은 선진국 유수의 도시들과 비교해 결코 뒤지지 않는 수준이다. 그러나 수돗물 정수 과정에서 사용되는 염소로 인한 냄새 등 수돗물에 대한 불신이 지속되는 상황이다.

이에 서울상수도는 최고의 수돗물 공급을 위한 수질관리 강화방안을 지속적으로 내놓고 있다. 우선, 안전한 수돗물 생산을 위해 기존의 145개 수질검사 항목이외에 118개 항목에 대해 연차별 추가 실태조사를 실시하고 소독부산물에 대한 대책도 강구하고 있다. 특히, 여과수의 탁

표 4-6. 2008년 1월 서울상수도 수질검사 항목

구분	총검사항목	검사부서	주기 (항목)	주요검사항목
상수원 수계 하천수	31항목	상수도 연구원	월간 15	수온, pH, BOD, DO, SS, 암모니아성질소, 질산성질소, T-N, T-P, 총대장균군, COD, TOC, 전기전도도, 음이온계면활성제, 클로로필-a
			분기 16	카드뮴, 납, 비소, 수은, 시안, 분원성대장균군, 사염화탄소, 6가크롬, 유기인, 페놀, PCB, 1,2디클로로에탄, PEC, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름
취수 원수	133항목 (13항목 중복)	상수도 연구원	주간 21	pH, BOD, DO, SS, 암모니아성질소, 질산성질소, 조류, 클로로필-a, COD, T-N, T-P, 수온, 전기전도도, TOC, 총대장균군, 분원성대장균군 등
			월간 12	세제, 불소, 망간, 철, 과망간산칼륨소비량, 탁도, 색도, 경도, 아연, 보론, 구리, 알루미늄
			분기 80	카드뮴, 비소, 시안, 수은, 납, 유기인, 세레늄, 카바릴, 트리클로로에틸렌, 페놀, 클로로포름 등
			연간 13	니켈, 벤조(a)피렌, 염화비닐, 스티렌, 카보푸란, 2,4-D, 시마진, 알라클로, 펜타클로로페놀, 에틸렌디브로마이드
		정수센터	일일 10	pH, 암모니아성질소, 냄새, 색도, 탁도, 잔류염소, 과망간산칼륨소비량, 조류, 수온, 알칼리도
			주간 10	총대장균군, 질산성질소, COD, 증발잔류물, 경도, 염소이온, 황산이온, 알루미늄, 총산도, 전기전도도
정수	145항목 (22항목 중복)	상수도 연구원	월간 55	pH, 불소, 암모니아성질소, 질산성질소, 냄새, 맛, 색도, 탁도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 카드뮴, 비소, 시안, 수은, 납, 페놀, 다이아지논, 파라티온, 페니트로치온, 디클로로메탄, 벤젠 등
			분기 68	지아디아, 바이러스, 나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 클로로에탄, MTBE, 알드린, 벤타존, 브로모디클로로메탄, 디브로모아세트산, 포름알데히드 등
			반기 22	살모넬라, 레지오넬라, 녹농균, 쉬겔라, 안티몬, 브로모포름, 클로로페놀 등
		정수센터	일일 10	pH, 암모니아성질소, 냄새, 맛, 색도, 탁도, 잔류염소, 과망간산칼륨소비량, 수온, 알칼리도
			주간 12	질산성질소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 염소이온, 분원성대장균군, 증발잔류물, 경도, 황산이온, 알루미늄, 총산도, 전기전도도
수도꼭지	법정수도꼭지 6항목 (수도꼭지628개소)	상수도 연구원	월간 6	잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 탁도, pH
	법정수도꼭지 12항목 (노후관12개소)		월간 12	잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 염소이온, 암모니아성질소, 철, 망간, 동, 아연, 탁도, pH
	급수과정 11항목 (120개소)		분기 11	탁도, pH, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 암모니아성질소, 철, 동, 아연, 총트리할로메탄
	정밀검사 142항목 (25개소)		분기 142	분원성연쇄상구균, 저온일반세균, 주석, 은, 나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 우라늄, 레지오넬라, 살모넬라, 녹농균, 니켈, 안티몬, 염화비닐 등
	법정수도꼭지 6항목 (취약지점220개소)	수도 사업소	월간 6	잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 탁도, pH
	아리수품질관리 12항목 (65만개소)		수시 12	잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 염소이온, 암모니아성질소, 철, 망간, 동, 아연, 탁도, pH
	배수지 12항목 (109개소)		분기 12	잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 대장균, 염소이온, 암모니아성질소, 철, 망간, 동, 아연, 탁도, pH

표 4-7. 수질관리 강화를 위한 연차별 계획

구분		맛있는물 기준	2007	2008	2009	2010	2011	2012
수질 검사	상수원수질 조사(항목)		31	31	33	환경부 기준 연동		
	실태조사 (연도별 신규 항목 수)		38	30	17	13	11	9
안전한 물	THMs	0.1mg/L	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.010
	소독능 확보 (제거율)		지아디아 : 99.9% 이상 제거 크립토스포리디움 : 99.968% 이상 제거			지아디아 : 99.9% 이상 제거 크립토스포리디움 : 99.99% 이상 제거		
맛있는 물	알루미늄 (0.1이하)	0.1mg/L	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.010
	TOC (1.0mg/L이하)	기준없음	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
	2-MIB (10ng/L이하)	기준없음	6	5	5	5	5	3
	지오스민 (10ng/L이하)	기준없음	3	3	3	3	3	3
	수도꼭지잔류 염소(0.1~0.4유지) 860개소/월 검사	4.0 mg/L 이하	473 개소/월 (56%)	516 개소/월 (60%)	559 개소/월 (65%)	602 개소/월 (70%)	645 개소/월 (75%)	688 개소/월 (80%)
	탁도 (0.1NTU이하)	0.5NTU 이하	0.13	0.12	0.11	0.1이하	0.1이하	0.1이하

도를 0.15(NTU) 이하로 유지하여 지아디아 및 현재 특별한 기준이 없는 크립토스포리디움 등 병원성 미생물에 대한 안전성 확보에 주력하고 있다.

또, 분말활성탄의 투입 강화와 고도정수처리를 적극 도입해 알루미늄과 총유기탄소를 감소시켜 맛있는 수돗물 생산에 심혈을 기울이고 있다.

나아가 양질의 상수원 확보를 위한 취수원의 다변화에 대한 검토와 원 · 정수에 대한 연차별 신발생 미량유해물질실태 조사 등 상수원 불신을 해소하기 위해 노력하고 있다.

〈표4-7〉은 서울상수도의 수질관리 강화를 위한 연차별 추진계획이다.

표 4-8. 2007년 각 정수센터별 정수수질현황

검사항목	수질기준	광암	암사	구의	뚝도	영등포	강북
일반세균	100CFU/㎖이하	0	0	0	0	0	0
총대장균군	불검출/100㎖	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
대장균	불검출/100㎖	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
분원성대장균군	불검출/101㎖	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
납	0.05이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소	1.5이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
비소	0.05이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
셀레늄	0.01이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은	0.001이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안	0.01이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬	0.05이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소	0.5이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소	10이하	2.0	1.8	1.9	1.9	2.0	1.9
보론	0.3이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카드뮴	0.005이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	0.02이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바닐	0.07이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1.1-트리클로로에탄	0.1이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	0.03이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	0.02이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	0.01이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	0.7이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	0.3이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1-디클로로에틸렌	0.5이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	0.03이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,2-디브로모-3-클로로프로	0.002이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
판	0.003이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
유리잔류염소	4.0이하	0.55	0.71	0.60	0.67	0.62	0.72
총트리할로메탄	0.1이하	0.018	0.012	0.013	0.011	0.013	0.012
클로로포름	0.08이하	0.0146	0.0094	0.0100	0.0088	0.0098	0.0092
클로랄하이드레이드	0.03이하	0.0022	0.0043	0.0040	0.0029	0.0025	0.0025
디브로모아세토니트릴	0.1이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로아세토니트릴	0.09이하	0.0011	0.0020	0.0020	0.0018	0.0015	0.0016
트리클로로아세토니트릴	0.004이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
할로아세틱에시드	0.1이하	0.0092	0.0168	0.0156	0.0125	0.0098	0.0112
경도	300이하	58	59	67	70	62	61
과망간산칼륨소비량	10이하	1.2	1.2	1.2	1.7	1.4	1.2
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동	1이하	0.003	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

표 4-8. 2007년 각 정수센터별 정수수질현황

검사항목	수질기준	광암	암사	구의	뚝도	영등포	강북
색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검불
세제	0.5이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도	5.8~8.5	7.1	7.3	7.2	7.2	7.3	7.1
아연	1이하	0.003	불검출	0.001	0.001	불검출	불검출
염소이온	250이하	13	15	17	19	15	14
증발잔류물	500이하	98	102	101	103	108	97
철	0.3이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간	0.3이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
탁도	0.5NTU이하	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
황산이온	200이하	12	17	12	14	12	10
알루미늄	0.2이하	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03

2장
수질감시 · 관리시스템

서울상수도는 원수에서부터 수요가의 수도꼭지에 이르기까지 철저한 수질감시시스템을 운용하고 있다. 이는 1985년 '서울시 상수도시설 현대화사업 기본계획'이 세워지면서 본 궤도에 오른 것이다. 2008년 현재 수질자동감시시스템(SWN)이 구축되어 운용되고 있으며 1996년부터 '조류예보제'를 실시하고 있다. 여기에 '수돗물 냄새발생 경보제', '수돗물 품질확인제' 등 다양한 관리시스템이 운용되고 있다.

서울시민들이 안심하고 마실 수 있는 양질의 수돗물을 공급하기 위해서는 무엇보다 수질관리가 중요하다. 이러한 수질관리는 크게 세 가지 영역의 관리로 구분할 수 있다.

그 첫째는, 상수원을 보호하고 깨끗한 원수를 확보하는 일이다. 산업의 발전과 구조적 변화에 따른 산업폐수 및 인구증가에 따른 생활하수의 증가로 인해 심각한 오염이 발생하고 있는 현실 속에서 상수원의 보전과 관리는 무엇보다 중요하다.

둘째는 정수처리시설의 현대화 및 정수약품, 정수처리기술의 개발과 공정관리 강화를 통해 질 높은 정수(淨水)를 생산하는 것이고 마지막으로 깨끗하게 생산된 수돗물이 배급수관을 통해 수요가에까지 전달되는 과정에 대한 철저한 관리와 감시다.

근대적 상수도 태동기의 서울지역 음용수는 1장 초반에서 다루었던 것처럼 수질에 대한 문제를 제기할 수 있을 만큼 감시 · 관리할 수 있는 시스템이 부재하였다. 따라서 콜레라 같은 물을 매개로 한 수인성 전염병이 발생하면 뾰족한 대응방안이 없이 피해를 입어야만 하였다.

〈조선휘보(朝鮮彙報)〉 1915년 6월 1일자를 보면 서울의 음용수 수질에 대한 언급이 나타난다. '경성거주자의 음용수별(飮用水別)'이라는 꼭지에는 "음료수는 개개인의 건강 및 도시의 위생과 밀접한 관계를 가지고 있는데도 불구하고 그 양부(良否)의 감별과 주의 등이 아직도 일반에게 널리 알려져 있지 않다."고 쓰고 있다. 즉, 우물물이 대부분의 음용수였던 당시 상황에 대해 수질감시나 관리에 대한 문제제기를 한 것으로 보인다. 이 문헌에는 1910년 당시 서울의 우물 1만 1,410개 중 13%인 1,499개만이 음용이 가능한 우물이라고 밝히고 있다.

표 4-9. 1914년 서울상수도 여과수 수질과 원수수질의 비교

수별 성분	염소이온 (格魯兒)	경도 (度)	고형물 (개)	유기물 (마리)	세균수 (마리)
원수	3,584	1,635	86,083	1,278	696
여과수	3,213	1,570	45,375	816	14
여과효율(%)	9	4	45	36	98

서울에서 최초로 수질에 대한 문제제기가 된 것은, 1887년 당시 서울에 거주하고 있던 일본 거류민들에 의해서다. 이들은 현재의 충무로 2가 80번지 지점에 우물을 파고 사용하였으며 1903년 소규모의 사설수도를 부설해, 일본의 거류민들에게 공급하였다.

1절 광복 전 수질의 변화

일제강점기 때의 한강 원수는 비교적 깨끗하였으며 가을과 겨울철에는 전국의 다른 지역과 비교해도 손색이 없을 만큼 양호하였다. 서울상수도는 원수를 큰 강에서 취수하였으며 유역이 거대한 데 비해서 수용인구가 극히 작아서 이를 관개에 이용하는 것도 상대적으로 적었으며, 강의 상류에 규모가 큰 공장이나 오염원이 없기 때문에 당연히 수질이 좋을 수밖에 없었다. 그렇지만 봄과 여름철이 되면 기온의 상승과 강수량이 증가하고 이에 따라 해빙기 얼어있던 먼지와 세균이 씻겨 내렸으며 이와 함께 수중 미생물 및 유기물이 현저하게 증가하였다. 또 여름철이면 장마 때의 많은 비 때문에 강기슭의 토사가 흘러 한강으로 유입되어 탁도가 급격하게 상승하는 등 한강 원수의 수질변화가 심하였다.

1912년의 시료 1㎖ 중 세균 수가 평균 214마리였던 것이 1913년에는 평균 315마리로 약 70%가 증가하였고 1914년에는 평균 696마리, 즉 80% 가량이 증가하였다. 1912년에 비해 약 3배 증가한 수치로 3년간 매우 심각한 오염도를 보여주고 있는 것이다.

당시 일본 오사카수도의 원수와 비교해보면 오염의 심각성을 알 수 있는데 오사카수도 원수의 경우 1906년 같은 상황에서 세균수가 약 1,400마리였던 것이 7년 후인 1913년에는 2,047마리로 그 증가폭이 45% 가량에 머문 것이다.

다시 말해 오염속도에서 오사카수도 원수에 비해 한강이 빠른 속도로 오염되었다는 사실이다. 그 이유로는, 관개사업 및 기타 개발 혹은 한강 유역에서의 인구의 증가 등 한강의 개발속도가 오사카 지역 부근의 개발속도에 비해 빨랐기 때문이다.

이러한 오염은 당시 원수 수질의 보호 측면에서 보면 실로 우려할만한 일이었다. 특히 인천상수도와 같이 서울지역 한강 하류의 표류수를 상수원으로 하는 곳에 있어서는 심각한 주의를 요하였다.

뚝도 정수장 인근 한강 전경(1960년대초)

이에 대해 당시 경기도에서는 미리 원수 수질의 보호, 여과장치의 개선, 정수처리의 연구 및 개선에 관해 큰 주의를 기울였으며 밤낮으로 꾸준하게 연구하기도 하였다.

이와 같이 원수는 관개사업 등 개발 및 인구의 증가와 비례해 차츰 오염되고 상수도의 소비자들은 해마다 수질의 개량을 추구하므로, 당연한 결과로 상수도 경영주체의 입장에서는 유지 경영상 정수처리의 연구에 의한 수질향상 작업이 가장 필수적인 과제가 되지 않을 수 없었다. 그러므로 서울상수도의 깨끗한 수돗물 생산에 대한 기술과 노력은 큰 발전을 보여, 원수가 혼탁하면 약품을 투입하고 현탁물질을 응집, 침전시키며 여사(濾砂) 역시 대소 · 형상 · 색채와 광택 · 비중에서 화학적 성분에 이르기까지 적합한 수준에 이르지 않으면 사용하지 못하게 하였다.

1914년 서울상수도의 여과수수질과 취수한 원수의 수질을 몇 개의 항목만 비교해 보면 〈표 4-9〉와 같다.

1937년 경성부(京城府)가 발행한 〈조선수도통계표〉에 의하면 서울상수도의 경우 원수 및 여과수와 시내전(市內栓) 별로 수질시험을 연 평균 약 50여회 실시한 것으로 나타나며 인접 지역인 인천의 상수도보다 수질이 좋은 것으로 드러났다. 이는 지방으로 갈수록 수질검사의 횟수가 줄어들었을 뿐만 아니라 당시 수질감시에 대한 서울상수도의 노력이 컸기 때문이다.

1945년 8월, 일제가 제2차 세계대전에서 패망하고 우리나라가 광복이 되자 모든 행정 부문이 그러하였듯, 일본인들이 빠져나간 행정공백을 메우고 상수도의 공급을 유지하기 위해 상수도 관계자들은 분주히 움직였다. 상수도의 각 부서 책임자들이 배치되었고 바로 집무를 개시하였다. 같은 해 9월 군정이 실시되고 곧바로 10월 미군정장관과 한국인 고문관의 임명이 뒤따랐으며 상수도 책임자는 중단된 상수도 관련 공사를 재개하기 시작하였다. 더불어 수도행정사무의 통일적인 기획과 관리를 시작하였다.

광복 후 경제개발이 본격적으로 시작된 1960년대 중반까지 원수의 수질은 큰 변화없이 양호하였다. 또 특별한 정수기술의 진보가 없던 터라 정수수질 역시 큰 변화는 없었다.

2절 안정성장기의 수질관리

서울상수도는 안정 및 균등급수를 위한 효율적인 생산관리 및 수질향상을 위해 취수에서부터 급수에 이르기까지 전 상수도시설의 효율적인 운영관리체계를 위한 상수도시설의 중앙감시제어 및 자동제어시스템을 도입하기 위해 1985년 12월 '서울특별시 상수도시설 현대화사업 기본계획' 을 수립하였고 1992년 12월에 '수원지시설 현대화사업 실시설계' 를 시행한 바 있다.

1990년대 들어와서 서울상수도는 상수원 관리를 효율적으로 하기 위해 환경기초 시설 운영을 지원하고 오염 상시감시체제를 가동하기 시작하였다. 1990년대 이후 지방자치제가 실시된 이후로 한강 상류의 오염배출원이 증가함에 따라 원수의 수질이 해가 갈수록 나빠졌다.

서울상수도의 상수원수의 수질검사는 환경부 및 수자원공사와 함께 월 1회 이상 측정하였으며 1990년대 들어 보건환경연구원과 수도기술연구소에서 4개소를 측정하였다.

그러나 수도기술연구소에서는 종합적인 수질의 현황파악과 정밀성을 더하기 위해 43개 지역을 자체적으로 선정해 20개 항목을 월 1회 이상 수질검사를 시행하고 있다.

원수수질을 월 1회 이상 측정하는 것은 중장기적 수질변화의 추이를 파악할 수 있는 자료로 활용되었으며 각 정수장도 조류발생량, 알칼리도, 과망간산칼륨소비량 등 정수처리에 필요한 항목에 대해 일일 · 수시 · 주간검사 등으로 구분해 실시하고 있다.

또 5개의 취수장에 대해 수질자동감시장치를 설치, 24시간 연속적으로 측정하고 있으며 유해물질이 일정기준을 초과해 유입되면 경보가 울려 즉각 취수를 중단할 수 있게 하였다. 자동감시장치로 감시하는 항목은 페놀 · 카드뮴 · 납 · 구리 · 비소 · 크롬 등 6개 항목이며 광암 · 암사 · 구의취수장은 1992년부터, 자양취수장과 풍납취수장은 1995년부터 가동에 들어갔다.

한편, 수돗물에 대한 올바른 인식과 홍보를 위해 수돗물과 먹는샘물, 정수기물 및 지하수와 약수의 수질을 현장에서 시민 참여하에 실시하는 '시민과 함께하는 수질검사'를 1994년 2월부터 실시해 서울시민들로 하여금 큰 호응을 이끌어내기도 하였다. 〈표4-10〉은 1995년 '시민과 함께하는 수질검사'의 결과이다.

표 4-10. 시민과 함께하는 수질검사 결과(1995년)

(1995년)

구분	수질검사(건)	검사결과		
		적합	부적합	부적합률(%)
계	5,011	4,674	337	6.7
수돗물	2,508	2,505	3	0.1
지하수(약수)	1,389	1,159	230	16.6
정수기물	798	718	80	10.0
먹는샘물	316	292	24	7.6

1997년에는 서울시와 경기도 및 인천시가 함께 '한강상수원수질관리협의회'를 구성하고 팔당댐 하류를 상수원 보호구역으로 지정하였다. 이 때 상수원 수질개선사업의 효과적인 추진방안을 협의하기도 하였다.

또 협의회는 환경부와 함께 환경기초시설 운영실태와 방류수 수질에 대해 하수처리 8개소, 간이오수 13개소 및 축산폐수 16개소 등 모두 37개소를 대상으로 합동점검을 실시하였다.

원수의 취수과정 감시기능을 강화하기 위해 한강의 44개 지점에서 월 1회 BOD, pH 및 총인, 총질소, 페놀류 등 20여개 항목에 대해 수질검사는 물론 5개 전 취수장을 대상으로 페놀, 시안 등 9개 물질에 대해 24시간 자동감시를 실시하였다.

정수 수질에 대한 관리는 매년 수질검사를 강화함으로써 이루어진다. 특히 정수 수질의 대표적인 수질지표인 탁도에 대한 관리는 1997년 당시 9개의 정수장에 자동탁도계를 설치해 운영되고 있으며 수질기준 초과시 경보가 작동되게끔 하였다. 송배급수 과정의 수질관리는 일일검

수질측정용 기기

산업화 이후 상수도에 있어 수질향상 작업이 필수적인 과제였다.

수돗물수질평가위원 위촉장 수여 모습

사 및 정밀검사를 통해 이루어지며 특히, 잔류염소는 각 배수지 및 가압장에서 일일검사가 시행되었다.

서울시내 전역 450개소의 수도전(水道栓) 수질검사는 공급 최종단계의 수질확인으로 매일 25~30개 지점씩 탁도 · 일반세균 · 대장균군 등 5개 항목을 검사하며 매월 30개 지점에 대해 먹는 물 수질기준 45개 항목에 대한 검사를 실시하는 시스템을 가동하였다. 1997년 수도전 수질검사는 총 5,048전(栓)에 대해 검사를 시행하였으며 전 항목이 기준을 통과해 안전한 수돗물로 판명되었다.

서울상수도는 원수수질이 3급수 이하로 저하되는 것에 대비하여 효과적이고 객관적인 수돗물의 수질관리를 위해 2000년 이후 고도정수처리를 면밀히 검토하기 시작하였다.

고도정수처리는, 일반정수처리에 활성탄처리 및 오존처리, 막여과 등을 추가 설치해 페놀 등 악취물질과 미량의 유기화학물질, 색도 등을 제거하고 맛과 냄새 등을 향상시킬 수 있는 시설이다.

이와 함께 정수처리시설의 현대화작업에 착수하여 2001년 이후 급수율을 100% 이상 달성하기 위한 기초 작업으로 광암 · 뚝도 · 영등포정수장의 시설현대화작업을 1992년 완료하였고 암사 · 구의(제4공장) · 선유 · 보광동정수장은 1995년에 완료하여 운영해오고 있다.

한편, 수돗물에 대한 일반 시민들의 불신해소와 수질감시를 위해 민간인들 중심으로 구성된 수질감시위원회가 1989년부터 운영되기 시작하였다. 수질감시위원회는 환경분야 교수 및 연구기관, 언론 및 소비자단체, 시의원과 시민 등 다양한 분야의 전문가 21명으로 구성되어 자율적으로 원수 및 정수, 수도전과 물탱크의 수질을, KIST 등 외부 수질검사전문기관에 의뢰해 검사하고 그 결과를 언론에 공표, 수돗물 신뢰도 향상에 크게 기여하였다.

이러한 수돗물 감시활동을 벌인 수질감시위원회는 1994년 8월, 수도법이 개정되면서 수돗물진단위원회로 조직의 명칭이 변경되었으며 새로 구성된 수돗물진단위원회는 수질관련 전문가 5명, 소비자단체 3명, 언론인 1명, 공무원 1명 등 모두 10명으로 구성되었으며 임기는 2년이었다. 위원회는 수돗물의 정기적 수질검사와 공표, 수도사업자에 대한 수질관리기술의 자문을 담당하였다.

수돗물진단위원회는 1998년에 수돗물 수질평가위원회로 명칭이 변경되었으며 수돗물의 정기적인 검사와 공표, 수도사업자에 대한 수질관리기술의 자문을 담당해오다, 2006년에는 수돗물평가위원회로 명칭이 변경되었으며 기존의 수질검사와 수질관리기술의 자문 이외에 수도시설의 운영에 관한 자문 추가 등 기능을 넓혀 활동하고 있다.

3절 전환기 수질감시 및 관리시스템과 미래전망

서울상수도는 원수에서부터 수요자의 수도꼭지까지 철저한 수질감시와 현대적 수질관리를 위해 2001년 6월부터 2005년 6월까지 4년간 수질자동감시시스템(Seoul Water-Now)을 구축해 서울상수도의 브랜드인 '아리수'에 대한 서울시민들의 신뢰도를 제고하고 있다.

환경기술(ET)과 정보기술(IT)을 접목시켜 수질관리의 선진화를 구현하고자 기획된 수질자동감시시스템은 총 사업비 48억 7,400만여원을 투자해 6개 취수원과 6개 정수센터 및 공급과정 등에 총 577대의 수질자동측정기를 설치하고 상수도 사무관리시스템을 통해 사업본부 및 사업소에 수질을 공개할 수 있게 한 시스템이다.

수질자동감시시스템은 실시간 감시로 수질이상 발생 시에 즉각적인 상황 파악 및 현실적인 조치가 가능하도록 시스템화 되어 있으며 상수도연구원에서 총괄 감시하고 있다.

이와 함께 조류측정 방식을 현미경방식에서 자동측정방식으로 전환해 조류 증식량 변화에 따른 이취미(異臭味) 발생에 대한 신속 대처를 위해 조류자동측정시스템을 2004년 6월, 여섯 군데에 구축 완료하였으며 여과지별 실시간 탁도감시시스템 역시 240개소에 구축하였다.

1996년부터 환경부 주관 하에 한강유역환경관리청이 팔당호를 대상으로 시행한 '조류예보제(藻類豫報制)'는 2000년부터 서울시 환경관리실 담당으로 매년 4월부터 11월까지 약 8개월간 한강본류에서 시행되고 있으며, 2008년부터는 잠실수중보 상류지역은 연중실시로 변경되었다.

팔당댐은 한강수질검사소가, 잠실수중보 상류와 하류는 각각 상수도연구원과 보건환경연구원이 맡아 조류검사를 실시하고 이상 발생시 경계령을 발령하는 등 원수수질의 감시 및 관리를 철저히 시행하고 있다.

녹조발생의 직접적 지표인 클로로필-a(Chl-a)의 농도가 15~25mg/㎥이거나 남조류의 세포수가 500~5,000개체/㎖인 경우 조류주의보를, 클로로필-a(Chl-a)의 농도 25mg/㎥ 이상이거나 남조류 세포수 5,000개체/㎖이상인 경우는 조류경보를 발령하게 되며 클로로필-a(Chl-a)의 농도 100mg/㎥ 이상이거나 남조류 세포수 100만개체/㎖이상일 시에는 조류대발생 경보를 발령, 긴급하게 수질개선을 위한 조치를 하도록 하고 있다.

표 4-11. 수질감시시스템 단계별 측정항목

단계	측정기 설치지점		측정항목
원수	6개 취수장(취수 원수)		수온, pH, 탁도, 페놀, 시안, TOC, NH_3-N
정수공정 및 정수	광암, 암사, 강북, 구의, 뚝도, 보광, 영등포, 신월	착수정	탁도, pH, 알칼리도, 잔류염소, 수온, 전기전도도
		침전지	탁도, pH, 알칼리도, 잔류염소
		여과수	탁도, pH
		정수	탁도, pH, 잔류염소, 전기전도도, 수온
공급과정	정수장 수계별 주요지점		탁도, pH, 잔류염소, 전기전도도, 수온
	대배수지(만㎥이상 시설)		탁도, pH, 잔류염소, 전기전도도, 수온

그림 4-1. 수질자동감시시스템 구성현황도

2000년 이후 2007년까지 2년간 팔당호는 7회의 주의보가 발령되었으며, 한강본류도 3회 발령된 바 있다.

이와 함께, 2001년 7월부터는 '수돗물 냄새발생 경보제'를 시행하였다. '수돗물 냄새발생 경보제'는 여름철 수온 상승 시 상수원의 남조류가 다량 증가하여 정수 처리된 수돗물에서 곰팡이 냄새 등이 발생할 때 경보를 발령, 냄새발생 원인의 안내 및 인체 유해성에 대한 시민들의 오해가 없도록 안내하고 수질 및 조류검사 강화 등 철저한 경향분석이 이루어지는 시스템이다.

'수돗물 냄새발생 경보제'는 모두 3단계로 운용, 냄새발생 및 조류경향분석 등 주의단계를 1단계로, 정수처리공정 및 최종여과수에서 심하게 냄새가 발생하면 경보를 발령하게 되는데 이 단계를 2단계로, 상황이 해제되고 평시로 전환되는 경우를 3단계로 운용하게 된다.

2001년 11월부터 시민고객이 체감하는 수도꼭지 수질 개선을 위해 '수돗물 품질관리제'를 실시하였다. 이는 서울상수도 산하 수도사업소 수질팀 직원들과 시민단체 회원 또는 지역의 통·반장들이 함께 수요가 및 공공시설을 직접 방문하여 수질검사와 옥내배관 및 물탱크의 관리상태 등을 종합적으로 점검하고 관리하여 미흡한 부문에 대해 지속적으로 개선하는 제도였다.

이 제도는 2007년에 '수돗물품질확인제'로 명칭을 변경하였으며, 수돗물의 안전성과 음용율 향상을 위하여 2008년부터 2010년까지 서울시내 260만 전 가구에 대해 수질검사를 실시하는 것으로 확대되었다.

2007년 12월까지 아파트·단독주택·연립 등의 주거지와 일반건물·주상복합건물 및 학

교 · 공원 · 관말정체개소 등에 대해 44만 1,625건을 점검하였으며 수질기준 초과율은 0.1%, 잔류염소 부족율은 0.44%로 나타났다.

수질평가위원회 정례회의

일반시민들이 품질확인제를 쉽게 이용할 수 있도록 전화 120번 서비스를 가동, 신청을 하면 우선적으로 수질검사원이 수요가를 직접 방문해 진단 및 검사를 실시하도록 하였다. 또 2003년 4월, 내부 직원 및 관계자들을 대상으로 상수도의 수질에 대한 이해도를 높이기 위해 '상수도 수질가이드' 책자를 500부 제작하여 본부 및 상수도연구소, 각 사업소별로 배부해 활용하도록 하였다.

한편, 수도법 제30조와 서울시 수돗물평가위원회 조례에 따라 1998년 4월 30일 출범하여 2008년 제5기 체제를 맞은 수돗물평가위원회는 위원장과 부위원장을 포함해 수질전문가, 시민환경단체 시의원 및 언론인과 일반 시민이 모인 총 15명의 위원들이 서울시 6개 정수장 중 2개 정수장을 대상으로 먹는 물 수질기준 전 항목에 대한 정기적인 수질검사와 검사대상 및 지점 선정 등을 결정하기 위한 매월 정례회의, 조사 및 연구사업과 심포지엄 등 수질관리 및 수도시설의 운영에 관한 자문기능을 담당하고 있다.

수돗물평가위원회는 서울시의 부속기관이 아니고 수도법에 명시된 민간 전문위원회로서 수요자의 요구에 부응하는 수질 및 수량을 공급하도록 지방수도사업자에게 조언하며 감시하는 목적을 가지고 있다.

3장
수질사고 사례와 개선의 노력

지난 100년간 서울상수도의 역사 속에는 많은 수질사고가 발생했다. 하지만 서울상수도는 사고 발생 즉시 관계자를 현장에 투입하여 사고의 원인과 현황을 점검, 빠른 시간 안에 사소를 수습하고 재발방지를 위한 조치를 해오고 있다. 사고의 대부분은 자연재해에 의한 시설물 파괴와 그로 인한 수돗물의 오염이나 노후 급수관에 의한 문제, 정수약품으로 인한 사고였다.

원수의 취수와 생산 및 공급 등 상수도의 전체공정에 있어 가장 치명적인 사고라 할 수 있는 것은 바로 '수질사고' 이다. 왜냐하면 수질사고는 바로 소비자들의 건강문제와 직결되어 있기 때문이다.

서울상수도 100년간 여러 가지 원인에 의한 수질사고가 있었는데 당국은 매번 빠르고 합리적인 대처로 시민들의 안전에 만전을 기해 사고의 여파를 최소화하는 데 노력을 기울였다.

수질사고는 여러 가지 원인에 의해 발생하는데 특히 노후된 배급수관으로 인한 오염이나 정수약품으로 인한 사고 등이 가장 많은 비율을 차지한다. 지난 100년간 발생하였던 사고 중 대표적인 몇 가지 사고를 소개해 본다.

1. 송수관내부 도장 아스팔트 부스러기가 함유된 정수공급 사례(1959. 8.)

보통 배수관 내부의 도장재가 벗겨져 정수의 수질에 문제가 되는 경우는 거의 없지만 특수한 경우에는 가능할 수도 있다는 사실을 보여주는 예로 1959년 8월 구의정수장에서 발생한 사건이다.

당시 구의정수장은 시설확장으로 제2정수장을 시설하고 6만㎥/일을 증산하였는데 통수과정에서 일이 생겼다. 당시만 해도 아직 우리나라에서는 배수관의 국내생산이 없었던 시절로 외국으로부터 수입하거나 원조물자로 배수관을 지원받아 사용하던 때인데 이 시설확장공사에 쓰인 송수관도 외국원조물자로 지원받아 부설한 것이었다.

왕십리펌프장 흡수정으로 이동한 정수에 아스팔트 불순물이 섞여 있었고, 정수장에서 직송된 정수는 수용가의 양수기에까지 도달해 양수기를 고장 내고 또 급수전을 통해 출수된 정수에도 미세한 아스팔트 불순물이 섞여 공급된 것이다. 문제는 여기에서 그치지 않았다. 아스팔트 부스러기가 펌프의 '임페라' 에 흡착되어 가동이 불가능해지는 사태까지 발생하였던 것이다.

사태가 여기까지 이르자 응급조치로 성동교 앞의 이토변(泥土弁)을 열어 장시간 아스팔트를 방류시키는 한편 왕십리펌프장에 아스팔트 처리장을 설치하고 시내 도처에 스크린 장치를 설

치해 수습하였는데 앞쪽에는 조(粗)스크린, 뒤쪽에는 세(細)스크린 장치를 하였고 양수기에서도 아스팔트 불순물이 모이면 걸러내는 등 법석을 떨어야 하였다. 결국 아스팔트 불순물은 떨어져 내릴 만큼 충분히 떨어져 내린 후 멈추었다.

성동교앞 송수관 이설 공사(1967년)

원인은 어이없게도 송수관 문제였다. 800mm 송수관의 내부에 도장된 아스팔트가 수송선에 선적되어 장기간 수송되면서 뜨거운 태양에 열을 받아 아스팔트가 녹아있었고 녹은 아스팔트가 강한 수압을 받자 씻겨 떨어져 강한 물살에 휩쓸려 흘러들었던 것이다.

2. 여과층 파손에 의한 지렁이 유출 수돗물 공급 사례(1968. 8.)

노량진정수장 제3정수장에서 일어난 이 사고는 정수장 배수구역의 한 수요가 급수전에서 지렁이가 나옴에 따라 세상에 알려지게 되었다. 사고의 원인은 여과지의 역세척 시행지연으로 여과막에 이물질이 퇴적, 여과기능의 부전현상을 가져오자 하중을 이기지 못하고 무너져 내리면서 여과층에 들어 있던 지렁이가 그대로 배급수관을 통해 급수전까지 도달해 나온 것이다.

3. 홍수로 인한 탁도 초과 수돗물의 공급 사례(1993. 8.)

침사지 · 여과지 · 침전지 · 정수지 등 일련의 정수처리과정을 거치는 동안 물리적 여과처리는 물론, 약품처리에 의해 그 효율을 높이고 있기는 하지만 홍수로 인해 원수의 탁도가 높을 경우 비록 정수처리에 최선을 다한다 할지라도 정수탁도의 기준을 유지한다는 것은 매우 어려운 일임에 틀림이 없다. 그래서 홍수 시 수도전을 통해 공급되는 상수는 욕조 등에 물을 받아 놓았을 때 얼마 지나지 않아 붉은 색의 앙금이 바닥에 가라앉는 것을 흔히 볼 수 있다.

그것은 어쩌면 대량공급을 해야 하는 기존 상수도의 상황에서는 기술적으로도 한계인지 모른다. 하지만 정수장 근무자들은 홍수 때문에 원수의 탁도가 높아지면 정수탁도의 기준을 유지하기 위해 온갖 지혜를 짜고 불철주야 안간힘을 다하는 것이 현실이다.

다음의 사례는 1993년 8월 28일 한강 상류지역의 집중호우로 팔당댐의 방류량이 증가되면서 원수의 탁도가 높아져 뚝도 · 노량진 · 선유정수장의 탁도가 평상시보다 높게 나타난 상수의 문제와 이에 대한 각 정수장의 대처내용을 제시한 것이다.

8월 28일 한강상류지역의 집중호우로 팔당댐의 방류량은 평상시 200CMS이나 8월 29일 오후 4시에는 6,340CMS를, 8월 30일 10시경에는 21,000CMS를 방류하였는데 그 결과 원수의

탁도는 평상시 4~9NTU이던 것이 29일 밤 11시 이후에는 150~200NTU까지 높아졌으며 이러한 원수를 사용한 정수장별 정수탁도는 30일 새벽에 선유2정수장이 평상시 0.25에서 30일 새벽에는 3.40까지 오르고 노량진 3정수장의 경우는 평상시 0.30에서 2.80, 뚝도정수장은 평상시 0.2에서 2.40까지 오르게 되었다. 정수탁도가 크게 높아지자 정수장마다 실태를 점검하고 가능한 대책을 강구하였는데 정수장별 내용은 다음과 같다.

▶ 선유정수장

선유정수장은 1 · 2정수장 모두 정수처리 방식이 맥동식(Pulsator) 침전지로 되어 있었으나 2정수장의 경우에는 설계기준보다 유효면적 및 체류시간이 짧아 유량부하변동 및 고탁도(100NTU) 이상에서는 플록(Floc)형성층이 깨져 정수처리가 어려우므로 운영하지 않고 있었다.

참고로 1 · 2정수장의 침전면적과 체류시간을 비교해 보면 1정수장은 침전면적이 1,697㎡인데 체류시간이 1.8시간이나, 2정수장은 침전면적이 936㎡인데 체류시간은 1.1시간이었다.

예상외로 정수탁도가 높아지자 8월 30일 오전 9시 점검을 한 바 알칼리도는 24mg/ℓ 이하로 하강되고 있으나 1 · 2정수장 모두 소석회를 투입하지 않고 있었으며 1공장의 경우 맥동주기가 맞지 않는다는 것을 알게 되었다.

점검결과를 알게 된 정수처리팀은 즉시 '자-테스트'를 실시하여 약품을 투입하도록 지시, 10시부터 1정수장에 한해 소석회 3mg/ℓ를 투입하는 한편, 맥동주기를 '흡입 30, 배기 10'에서 '흡입 20, 배기 10'으로 조정한 바 정수처리 효율이 높아졌다.

다음 제2정수장은 취수량을 6,800㎥/hr에서 4,500㎥/hr으로 감량하고 맥동을 운영치 않은 상태에서 횡류식 중력침전형태로 운영한 결과 정수처리 효율이 높아졌다.

▶ 노량진정수장

노량진정수장의 경우 당시 제1 · 2정수장은 정상 운영되고 있었지만 3정수장은 침전지 4지 중 1지가 경사판 공사 중으로 운영 중지상태에 있어 처리효율이 저하되고 있었을 뿐만 아니라 수질실험실과 정수장이 원거리에 있어 수질관리에 있어서 즉시 대응이 어려운 문제가 있었다.

정수처리팀은 숙의 끝에 제3정수장의 원수유입량을 6,400㎥/hr에서 5,000㎥/hr로 줄이고 남은 물량은 1정수장에서 대체해 처리하도록 하는 한편 PAC 및 소석회 주입률을 37mg/ℓ에서 42mg/ℓ로, 소석회를 1.5mg/ℓ로 조정한 결과 정수처리 효율이 높아졌다.

▶ 뚝도정수장(1 · 2정수장의 경우)

8월 29일 밤 10시 원수의 탁도가 150NTU까지 상승되자 알칼리제(NaOH)150ppm을 투입하였지만 당시 PAC정량펌프의 교체공사 중이어서 수동조작에 의해 투입하는 등 적기 대응을 하지 못하였고 착수정에서 실험실까지의 거리가 500m로 수질변화가 있을시 즉시 감지하기가 어

려운 문제가 있었다. 정수처리팀은 주어진 상황에서 최선을 다할 수 있도록 하기 위해 시험요원과 기능직 1명을 배치해 수질변화가 있을시 즉시 대응하도록 하는 한편 PAC정량펌프를 조속히 교체 설치함으로써 처리효율을 높이게 하였다.

수질자동측정기
서울상수도는 수질사고를 최소화하는 데 심혈을 기울이고 있다.

▶ 구의정수장(제3정수장의 경우)

구의정수장에서는 원수탁도가 높아지자 8월 29일 오전 9시 이취대비로 이산화염소 및 후처리염소로 대응해 알칼리도 22mg/ℓ 이하로 떨어뜨리게 되었으나 적기에 알칼리제(소석회)를 투입하지 않아 상대적으로 PAC 주입률이 높아지고 정수 pH강하(pH 6.0) 결과를 가져왔다. 그래서 8월 30일 오전 7시~10시 사이에는 소석회를 1~3mg/ℓ 정도 투입함으로써 정상 운영하게 되었다.

이상은 1993년 8월 29일 홍수로 인해 팔당댐의 수문개방으로 방류량이 많아짐에 따라 원수의 탁도가 높아지고 이에 미리 대비하지 못한 데서 정수탁도가 높은 상수를 공급하게 된 결과로서 수문개방이 정수수질유지에 막대한 영향을 미친다는 교훈을 준 것으로 상수도사업본부에서는 1994년 8월 31일 한국전력공사 팔당수력발전소에 수문개방시 사전에 팩스를 통해 연락을 주도록 요청하는 한편 9월 6일에는 9개 정수장 수질계장회의를 소집, 이번 홍수시의 경험을 살려 정수장별로 시설 운영실태를 점검하여 조치하였다.

4. 부적정량의 약품투입으로 비린내가 나는 수돗물 공급 사례(1994. 3.)

정수장에서 쓰이는 정수약품은 원수 중 함유된 오염물질을 제거하기 위해 쓰이는 것이지만 그 약품이 부적정하게 사용될 시에도 이상한 냄새가 발생할 수도 있는 경우를 보여주는 사례이다.

이 사고는 1994년 3월 23일 밤 8시 30분경 구의정수장 급수구역인 중랑구 면목동 · 묵동 · 중화동과 동대문구 전농동 · 이문동 그리고 광진구 구의동 일대 수요가의 급수전을 통해 공급된 정수에서 비린내가 난다는 항의전화가 쇄도하면서 발생하였다.

급수전에서 받은 정수에서 비린내가 나자 수요가들 중에서는 구의정수사업소에 항의전화를 보내오는가 하면 어떤 수요가의 경우 신문사에 연락하여 중앙지에 보도되기도 하였다. 이에 상수도사업본부 및 관할 수도사업소 그리고 구의정수사업소가 긴급 돌발 사태에 대응, 현장에 출동 실태를 점검하는 한편 24일 자정을 조금 지난 0시 30분부터 해당 수계 제3정수장계통관로의 밸브를 열어 퇴수작업을 실시하고 이산화염소투입량을 1.8ppm정도 강화, 조정하여 새로운

정수를 공급하였다.

사고를 수습하는 한편 구의정수장에서는 비린내가 나는 원인을 조사하였는데, 결론은 환절기와 갈수기 현상으로 사고 3일전부터 조류가 많이 발생해 이산화염소전처리를 강화하였지만 23일 오후 일시적으로 이산화염소투입량이 적정하지 못함에 따라 조류에 의한 약한 비린내가 발생한 것으로 드러났다.

5. 수돗물 바이러스 논란

1997년 10월에 병원성 미생물인 바이러스가 수돗물에서 검출되었다는 언론과 관련하여 우리나라에서 바이러스에 대한 검사 및 관리방안이 확립되는 계기가 되었으나 수돗물에 대한 불신을 다시 한번 초래하는 사례가 발생하였다.

환경부에서는 언론보도와 관련하여 서울시 수돗물 중 6개소의 수돗물에 대한 바이러스 검사결과 검출되지 않았으며, 상수도사업본부에서도 연세대와 강원대에 '수돗물 바이러스 분포실태조사 및 제어방안 연구용역'(1998.12)을 의뢰하여 정수 및 수도꼭지 수돗물 80개소에 대한 검사결과 바이러스가 검출되지 않아 서울시 수돗물은 바이러스로부터 안전함을 입증하였다. 아울러 1999년도 수도기술연구소 연구원 2명을 미국 환경보호청(EPA)의 바이러스 분석 공인기관인 남네바다 정수장에 파견하여 분석방법을 연수하였고, 용역이 완료된 2000년 7월부터 자체 검사능력을 갖추어 전 취수장 원수에 대한 자체 검사를 실시하고 있으며 원수에서 100MPN/100ℓ 이상 검출시 정수에서도 검사를 실시하도록 하였다.

그러나 2000년 5월에 서울의 수돗물에서 바이러스가 지속적으로 검출되었다는 언론보도에 따라 상수도사업본부와 검출결과 발표자와의 검사방법 등에 대한 논란이 일자 환경부에서는 2002년 7월 1일부터 정수처리에 관한 기준을 고시하여 검사방법 및 관리방안 등을 마련하였으며, 이에 따라 서울의 수돗물은 환경부에서 정한 처리기준 99.00%보다 높은 99.99999999%이상 제거하고 있고, 분기 1회 취수원수에 대해 검사를 실시하고 있으며, 취수에서 일정 수준이상으로 바이러스가 검출될 시에는 정수에 대해 2회 이상 검사를 실시하고 있는 등 바이러스에 대해 보다 철저히 관리하고 있다.

6. 수은 함유 정수약품의 납품 사례(1994. 10.)

상수도가 원수에 함유된 유해물질을 물리적, 화학적 처리과정을 거쳐 정수하여 공급하는 시설이므로 그 관리가 부실하게 되면 오히려 유해물질이 함유된 정수를 공급할 수도 있다는 것을 말해주는 사례다.

문제의 정수약품은 원수 중 탁질을 제거하는 데 사용하는 '폴리염화알루미늄'으로서 이 약품은 어느 정수장에서나 흔히 사용하고 있는 약품이다. 그런데 문제가 발단된 것은 1994년 10월 12일 영등포정수사업소가 중원화학(주)으로부터 폴리염화알루미늄 180㎥를 구입, 자체 약품탱

크에 보관하였다가 시의 보건환경연구원의 검사결과가 나올 때까지 사용을 보류하였는데 그 해 11월 2일 1시 보건환경연구원으로부터 '수은부적합' 통보가 왔고, 이어 11월 10일 2차로 검사 의뢰한 것 역시 11월 17일 '수은부적합' 통보가 옴에 따라 11월 19일까지 전량 반품하게 되었다.

이 사례는 다행히 서울시보건환경연구원의 검사과정에서 '부적합' 판정이 내려져 전량 반품함으로써 유해물질이 함유된 정수공급을 하지 않게 된 것으로 검사제도의 확실한 정비는 물론 정수사업소의 수질관리담당 공무원들의 투철한 사명감이 요구되는 사례라 할 수 있다.

7. 노후상수도관의 부식에 따른 납성분 검출 논란 사례(2001. 9.)

낡은 상수도관을 통해 공급되는 수돗물의 수질에 대한 논란은 지속적으로 반복해 나타나는 현상이다.

한국과학기술원(KIST) 재료연구부의 김현태 박사가 '2001 서울 상수도 기술세미나'에서 제기한 사례로, 20년 이상 노후 상수도관 표면에 형성된 부식물(스케일)의 성분 분석실험에서 동밸브의 경우 670ppm의 고농도 납성분이 검출되었다고 밝혔다. 또, 인산염과 황화물 등도 미량 검출됐는데 이는 상수도관의 부식에 의한 균열로 토양물질이 유입돼 수돗물의 '간접오염'이 야기된 것으로 발표하였다.

이에 대해 서울상수도는, 동밸브 부식물질에 고체물질로 포함된 납성분이 물에 녹아들 가능성의 미약함을 강조, 가정 수돗물에 대해 월1회 시행하는 모니터링에서 먹는 물 기준(0.05ppm) 이상으로 납 성분이 검출된 경우는 한 번도 없었다고 발표, 자체적으로 진상조사를 벌이고 노후관을 스테인리스 강관으로 대체하는 개량사업에 총력을 기울이고 있다고 입장을 밝혔다.

4장
수질 보전을 위한 노력

서울상수도는 수돗물의 수질보전을 위한 노력과 아울러 원수의 수질보전을 위한 노력도 함께 병행하고 있다. 이처럼 과학적이고 합리적인 수질관리를 위해 1989년 수도기술연구소를 발족시켰고 2006년부터 2015년까지 10년간 지속되는 '한강 대권역 물환경관리정책'의 주요 실행관리 주체로서 다양한 활동과 연구를 시행해오고 있다.

1990년대 당시 환경부는 한강의 수질보전을 위해 수역별로 환경기준을 정하고 있어 한강상류지역의 환경기준은 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 BOD 기준 1.0㎎/ℓ이하로 설정되어 있었다. 환경부가 1994년에 조사한 수질측정치에 의하면 1994년의 연평균치로 볼 때 의암댐 1.5㎎/ℓ, 충주댐 0.9㎎/ℓ, 팔당댐 1.2㎎/ℓ로 의암댐과 팔당댐의 경우 이미 초과된 기준치를 보이고 있다. 그리고 이와 같은 오염실태는 효과적인 수질관리가 뒷받침되지 않는 한 점차 악화될 수밖에 없는 상황이었다. 이에 따라 1990년대부터 한강의 수질을 체계적으로 관리하기 위한 여러 가지 법적 장치와 노력들이 나타나기 시작하였다.

보건사회부는 1990년 1월 11일 보건사회부령을 개정해 '총 트리할로메탄'을 규제하게 되었고 이어 1991년 7월 4일과 1992년 12월 15일에 발표한 법령을 통해 연쇄적으로 수질기준을 엄격히 강화하였다. 즉 농약류 및 중금속류, 미량유기물 등 인체에 해를 끼칠 수 있는 유해유기물질 등을 추가로 규제하고 수질강화에 대한 국민적 인식이 확대될 수 있도록 홍보에 주력하기 시작하였다. 또한 1994년 7월 1일을 기해 보건사회부령 제932호로 43개 항목의 음용수 수질기준을 제정한바 맑은 물 공급을 위한 보다 철저한 수질관리에 역점을 두고 특별히 독립된 기관으로 '수도기술연구소'를 설치, 상수도처리기술의 기술 향상과 취수원인 한강의 과학적인 수질관리에 박차를 기하기도 하였다.

지난 2006년부터 약 32조 7,000억여원을 투입하기로 하고 추진된, '4대강 수질보전 기본계획(물환경관리 기본계획)'은 하천, 호소(湖沼), 연안 수계 등 한강을 비롯한 4대강 대권역 전체의 물환경 개선을 위한 국가 기본방침으로 1998년부터 2005년까지 8년간 추진된 '4대강 물관리종합대책'의 업그레이드 판이다. 즉, '4대강 물관리종합대책'이 상수원 수질개선에 초점을

맞춰 BOD 위주의 오염물질 관리에 치중한 정책이었던 반면, '4대강 수질보전 기본계획' 은 국민건강 보호와 수생태 복원을 위한 친환경 정책의 비중을 대폭 강화한 특징을 지니고 있으며 상수원 상류 매수 토지에 수변생태벨트 조성 및 유해물질 평가관리 강화, 하천 및 호소의 부영양화대책이 본격 추진되었다. 이에 따라 한강의 수질이 환경 보전 차원에서 한층 강화, 실효화된 기준을 통한 엄격한 관리가 기대되고 있다.

상수원 수질검사(2000년대)

1절 한강 대권역 물환경관리의 목표와 주요 대책

4대강 물관리종합대책 중 한강 대권역 물환경관리의 10년간(2006~2015)의 정책방향을 담은 '한강 대권역 물환경정책' 은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률의 규정에 의한 법정기본계획으로서 물환경 조성 · 수생태계보전을 위한 정부의 최상위 계획으로서 구체적인 정책의 목표와 주요대책은 다음과 같다.

1. 정책의 목표와 지표

정책의 목표는 '물고기가 뛰어놀고 아이들이 멱 감을 수 있는 물환경 조성' 으로서 이는 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물환경을 조성하겠다는 의지를 나타낸 것이다. 정책이 목표를 반영한 지표는 'Clean Water, Eco River 2015' – '다슬기 2015' 로 2015년에는 물환경의 82%를 다슬기가 살 수 있는 정도의 좋은 물로 만들 계획이다. 한강 대권역 물환경 정책의 항목별 지표는 〈표4-12〉와 같다.

표 4-12. 한강 대권역 물환경 정책 항목별 지표

	지표 항목	2005	2015
	좋은 물(하천/호소)비율 (298개 구간)	74%	82%
	• '매우 좋은 물' (Ia)	33%	41%
	• '좋은 물' (Ib)	25%	33%
	• '약간 좋은 물' (II)	16%	8%
	하수도보급률	87%	94%
	• 상수원 주변 하수도보급률	30%	70%
공통지표	훼손된 하천구간 자연형복원 비율	1%	25%
공통지표	수변생태벨트(REB) 조성률 (수변지역 매입토지 대비)	0%	30%
공통지표	국민건강보호 기준(항목)	9개	30개
공통지표	• 특정수질유해물질 관리(항목)	17개	35개

2. 물환경관리 주요 대책

한강 대권역 물환경관리정책에는 상수원 수질보전을 위해 팔당호 수질관리 강화, 수질오염총량관리제, 비점오염원관리대책 등이 있다.

1) 팔당호 수질관리 강화

수도권 시민의 식수원인 팔당호의 부영양화 및 조류발생 억제를 위해 상류부 오염원에 대한 지속적인 관리와 함께 호소내 생태학적 방법에 의한 수질관리를 강화한다.

상수원으로 사용되는 호소를 보호하기 위해 기초시설투자, 상류부 인접지역 입지규제정책을 추진하였으나 영양염류 삭감 및 조류증식 억제, 탁수관리, 호안 생태관리 등 호소특성을 고려한

표 4-13. 우리나라 호소 입지 및 원인에 따른 조류발생도

구분	호소형 인공호	하천형 인공호 및 강의 하류
호소명	소양호, 충주호, 대청호, 안동호 등	팔당호, 춘천호, 의암호, 괴산호 등
영양물질 체류정도	큼	적음
성층형성기	7월~10월	
집중호우 이후 영양염류	조류증식에 이용됨	Wash out됨
조류대발생 시기 및 종류	하절기 집중호우 이후 남조류	- 봄 · 가을 갈수기시 규조류 - 갈수상태 하절기에 남조류
순환기 (12월~4월)시 조류발생 경향 *대체로 순환기는 갈수기	낮음 (수심이 깊어 혼합과정에 희석, 적은 영양염류 유입, 방류량이 유입량을 초과)	높음 (수심이 얕아 희석효과가 낮음, 영양염류 유입 풍부, 체류시간 장기화)
성층기 (6월~11월)시 조류발생 경향 *대체로 성층기는 풍수기	높음 (높은 영양염류 유입, 성층형상으로 표층에 조류 축적, 홍수조절로 방류제한)	낮음 (홍수시 탁도로 빛투과 감소, 짧은 체류시간)

대책이 미흡하였다. 또한 댐이 밀집한 한강수계의 경우 규조류의 대량발생기인 봄철 상류 댐의 방류량이 조류 발생도 및 수질에 직접적인 영향을 미치나 이에 대한 통합관리가 미흡하였다.

상수원의 조류발생을 억제하기 위한 대책으로는 첫째, 총인 초과 원인을 분석하여 별도 총인 관리 대책을 강구한다. 조사지점 및 횟수를 늘린 3차원적 조사기법을 사용하여 발생원인을 규명하고 생태학적 조류제어 방식 등을 적용한다. 또한 2단계 수질오염총량관리제 시행시 다른 수역에 우선하여 인 항목 추가 방안을 마련한다. 상수원 호소 상류지역의 환경기초시설에 대한 화학적 인 처리시설 타당성을 검토한 후 도입한다. 다른 나라의 경우 도시하수처리장 방류수의 인농도는 스웨덴은 1972년부터 0.5mg/ℓ, 스위스는 1985년부터 0.8mg/ℓ, 호주의 캔버라 지역은 0.2mg/ℓ, 유럽공동체는 1mg/ℓ로 규제하고 있으며 일본의 주요 호수인 비와호와 가수미가우라호 유역내 해당자치 단체는 조례를 통하여 0.1mg/ℓ로 관리하고 있다.

둘째, 오염물질이 집적되는 호소전이대에 수질개선 저류조(Pre-dam)를 설치하여 수위를 안정시키고 오염물질을 제거함으로써 상류부 생태계를 안정화하고 호소본류의 수질개선을 도모한다. 현재 화천호 Pre-dam(양구군 소재)의 효과를 검토 후 확대 실시한다.

그림 1. 우천시 도로 및 도로주변 먼지 하수도 유입

그림 2. 초기강우 한강유입

그림 3. 초기우수시 오염빗물(좌)과 한강원수(우) 비교

그림 4. 초기강우시 오염띠

셋째, 생태 먹이사슬(Biomanipulation)이용 등 미래형 호소관리를 한다. 호소수질은 외부 유입원과 내부 호소생태 현상에 따라 변하므로 식물성 플랑크톤과 동물성 플랑크톤과의 관계를 규명하여 생태학적 방법으로 호소수질을 관리하는 방안을 지속적으로 추진한다. 또한 조류 제어를 위한 미생물, 바이러스 연구 등의 생물공학 연구, 조류 제어를 위한 생태공학적 연구 등 미래형 호소관리 기법 연구를 지속적으로 추진한다.

넷째, 수초재배섬 조성을 통한 호안 생태면적율을 제고한다. 화천호 수초재배섬(강원도 추진) 운영결과 및 팔당호 수초재배섬 시범사업 결과를 분석하여 적용 및 확대방안을 마련한다.

2) 수질오염총량관리제

한강 대권역에서도 3대강 수계와 마찬가지로 수질오염총량제를 의무적으로 시행하도록 관련 법령을 정비하고 관리대상 오염물질 항목을 단계적으로 확대한다.

낙동강, 금강, 영산강 · 섬진강 수계(의무제)는 현재 해당 광역시 · 도의 오염총량관리 기본계획이 모두 수립되어 승인되었다. 그러나 한강수계는 오염총량제 실시여부를 지자체장이 결정(임의제)하도록 규정하고 있어 현재 경기도 광주시만 오염총량관리계획을 수립 · 시행 하고 있다. 2005년 9월 팔당수질정책협의회에서 한강수계 의무제 총량제 도입에 합의하여 현재 한강수계법 개정을 추진중이나 목표수질 설정, 오염부하량 할당, 시행계획 수립 등의 과정에서 기초 데이터 미비, 총량관리제에 대한 인식 부족으로 상 · 하류간, 지역간 갈등의 소지가 있어 오염총량관리제의 기반강화를 위한 기초연구사업 등을 지속적으로 실시하고 있다. 이러한 기초연구사업에는 유량조사, 비점오염원 원단위 조사, 비점오염원 저감시설 적용방안, 지역실정을 고려한 안전율 적용 개선방안 등이다. 또한 지역사회의 인식부족을 해결하기 위한 교육 및 홍보 프로그램을 개발하고 있다.

3) 비점오염원 관리 대책

비점오염원 관리를 위해 고랭지 경작지 토사유출, 도시지역 초기강우시 비점오염원 등에 효과적으로 대응하기 위한 지역별 · 유역별 특성에 맞는 비점오염 저감 시범사업을 실시하고 효과 검증을 거쳐 사업시행을 확대한다.

그림 5. 한강 지점별 월별 BOD농도

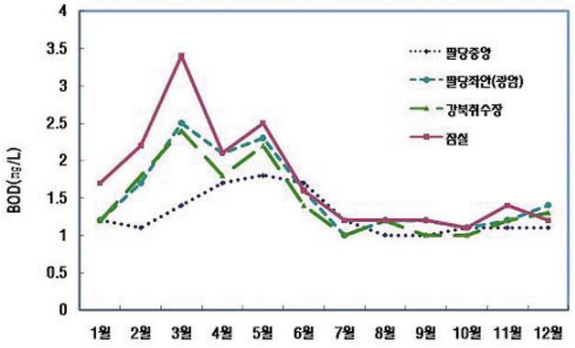


그림 6. 합류식 관거 월류수(CSOs)개선 Quick Plan의 개요

그림 7. 팔당댐~잠실수중보 오염빗물저류조 설치예상지점

(1) 고랭지 경작지 토사유출

한강수계 상류에는 전국 고랭지 경작지 면적의 50%(3만 6,949ha)가 위치하고 있으며 고랭지밭은 해발 400m 이상에 위치한 밭으로 대부분 경사도가 높아 강우시 다량의 비점오염물질이 유출되고 있다. 산지개발, 과다한 비료사용, 잦은 객토, 환경훼손형 영농들이 비점오염물질 유출의 주 원인이다. 강우시 유출되는 토사로 인해 수체의 혼탁도 증가, 다량의 비료성분 유출, 토사 퇴적으로 인한 하천 건천화, 수생태계 교란, 상수도 취수장 기능 상실, 주민의 수질에 대한 불신이 증가하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

이에 대한 대책으로는 첫째, 비점오염물질 저감시설 설치 시범사업 추진이다. 2008년까지 한강수계 하천주변을 대상으로 8종 27개 비점오염물질 저감 시설 설치 시범사업을 실시한다. 또한 국내 최초로 비점오염원 관리를 위한 대표 소유역(경안천 예상)을 지정하여 한국형 비점관리 대표 모델사업을 실시하고 교육학습장으로 활용한다.

둘째, 비점오염물질 저감사업을 본격적으로 추진한다. 객토 등으로 심각한 수질오염을 유발하는 일정경사도 · 표고의 고랭지밭을 대상으로 객토원 및 채토장 관리 요령 마련 · 보급 등 집중관리를 하며 고랭지 밭에 맞는 농약 살포 표준시비량 설정과 환경친화적 해충방제시스템을 개발한다. 또한 피복작물의 재배, 등고선 경운 등 비점오염저감을 위한 영농기법을 보급한다.

우수저류시설을 지역외(인공 · 자연 조정지), 지역내(학교운동장 및 근린공원) 일정 면적 이상의 건물에 설치하도록 유도하며 우수유출수가 지하로 침투하기 쉽도록 침투도랑, 침투포장, 침투통, 우물 등 다양한 시설을 설치한다.

완충식생대, 우회수로, 식생밭두렁 등 경작지 주변에 비점오염저감시설을 설치하며 고랭지밭에서 유출된 토사로 오염된 하

천에 대한 자연형 하천정화사업을 확대한다.

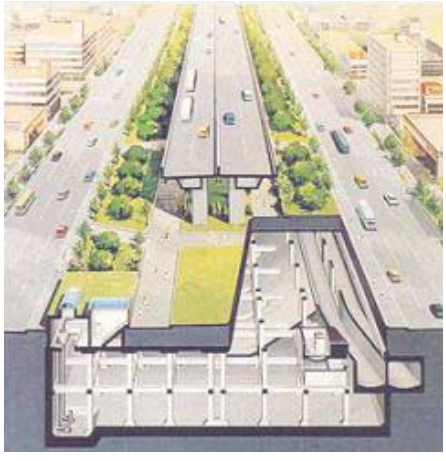
셋째, 비점오염원 대책에 대한 교육 · 홍보 및 사후 지도 · 단속을 강화한다. 농민 · 지자체 공무원을 대상으로 비점오염원 표준관리요령 등 교육을 강화하고, 불법 산림훼손행위에 대한 단속 강화 및 신고포상금제를 확대한다.

(2) 도시지역 초기강우시 비점오염원

동절기와 봄철에 쌓인 비점오염물질이 봄철 강우시부터 하절기 장마 직전까지 빗물에 씻겨 하수관을 월류하여 한강에 유입된다. 봄철강우는 10~20㎜에 불과하여 초기강우 유출수의 오염농도는 최고 BOD 300~500mg/ℓ에 달한다. 초기강우가 한강으로 유출되는 모습은 〈그림 1〉~〈그림 4〉와 같다.

각 하수처리장은 초기강우시 3Q(하수처리장 시간당 처리용량의 3배)를 처리할 수 있는데 3Q는 서울의 경우 강수량 1.75㎜/h에 해당되어 이 이상의 빗물은 하수처리장에서 처리되지 않고 그대로 한강으로 유입된다. 또한 하수처리장으로 유입된 3Q의 하수중 1Q는 정상처리, 2Q는 최초 침전만을 거쳐 사실상 부유물질만 제거되어 최종 혼합방류수는 BOD 100mg/ℓ내외가 된다. 따라서 봄철에 강우시 고농도의 한강오염의 주 원인이 되고 있다. 〈그림 5〉는 봄철 강우시 비점오염원이 유입되어 한강의 BOD농도가 증가되고 있는 것을 나타내고 있다.

그림 8. 후쿠에 우수체수지 및 와카미아 오오도오리 조절지 완성도



초기우수가 한강을 오염시키는 것을 방지하기 위하여 각 지천에 〈그림 7〉과 같은 빗물저류조를 설치하여 간이하수처리하거나 또는 비강우시 기존하수처리장에 이송하여 처리하는 방법이 있다.

일본의 경우 비점오염원이 하천에 그대로 유입되는 것을 방지하기 위하여 〈그림 8〉과 같이 계획하고 있으며 실제로 우수저류조를 설치하여 운영하고 있다.

한강에도 일본과 같이 오염빗물저류조를 수돗물 원수에 영향을 직접적으로 미치는 팔당댐과 잠실수중보사이에 〈그림 7〉처럼 각 지천 하류에 설치한다면 수돗물 원수의 안정적인 수질을 보장할 수 있을 것으로 판단된다.

한강수계의 수질개선 및 주민지원 사업을 관장하기 위해 1999년 8월 출범한 한강유역환경청은 상수원 관리지역의 수질개선사업을 위해 2006년까지 한강수계관리기금 1조 8,913억원을 조성하여 환경기초시설 설치 등에 투자해왔다. 즉, 환경기초시설 설치비로 하수처리장 등 708개소 5,261억원, 환경기초시설운영비로 1,955개소 3,094억원, 주민지원사업으로 4,932억원, 수변구역 등에 대한 토지매수 558만 8,000㎡에 3,275억원 및 기타 수질개선지원사업 등에 2,351억원을 투자해 온 것이다. 이러한 투자의 결과로 팔당호 수질이 1997년 BOD 1.5㎎/ℓ에서 2005년 1.1㎎/ℓ로 낮아졌다.

한강유역환경청은 한강수계 상수원의 적정한 관리와 상수원 상류지역의 수질개선 및 주민지원 사업을 효율적으로 추진하기 위해 2007년도에 총 3,693억원의 한강수계관리기금을 투자하는 등 한강의 수질관리 및 개선사업에 큰 일익을 담당하고 있다.

2절 정수처리과정 수질관리

한강의 수질뿐만 아니라 시민들에게 공급하고 있는 정수 또한 엄격한 관리 하에 고품질의 제품을 생산하기 위해 서울상수도는 항상 노력하고 있다. 2007년 서울상수도의 정수 수질검사항목은 145개로 미국의 환경보호청(EPA)의 102개, 일본 도쿄상수도의 111개 등 외국의 사례보다 항목이 많아 엄격한 수질검사를 시행하고 있음을 알 수 있다. 또, 정수장과 송수관, 배수관 등 공급과정 및 수도꼭지 72개소를 대상으로 수질감시시스템(Seoul Water-Now)을 운영, 실시간으로 수질을 감시하며 이상 상황의 발생 시 즉각적인 상황파악 및 조치를 취할 수 있는 원스톱 시스템을 가동하고 있다.

1. 정수과정에서의 수질관리

1) 정수탁도 관리

최근에 정수탁도는 크게 향상되었고 서울시의 수질관리 목표는 0.1NTU이하로 매우 강화되었다. 탁도는 정수처리기준 등에 관한 규정에 의해 매월 측정시료의 95% 이상이 0.3NTU를 초과하지 않고 각각의 시료에 대한 측정값이 1NTU를 초과하지 않도록 규정되어 있으며, 수도법에서는 1NTU를 24시간이상 초과하거나 5NTU를 초과하는 경우 24시간이내에 주민 공지를 하도록 하는 등 탁도가 심미적 영향 뿐만아니라 병원성 미생물관리에서도 중요성이 날로 증가되고 있다.

서울시에서는 이러한 탁도 관리를 위해 여과지별로 지별 탁도계를 설치하여 관리하고 있으며, 병원성 원생동물인 지아디아 및 크립토스포리디움의 감시 강화를 위해 여과지에 온라인 입

자계수기를 설치하여 감시를 강화하고 있다.

2007년말 서울시 정수탁도의 경우 0.05NTU를 유지하고 있어 양호한 상태이나 조류발생 등으로 인하여 원수수질이 악화되거나 일시적 물 수요증가로 정수장 가동율이 증가될 경우에 대비하여 정수장 기술진단 등을 실시하여 정수장 성능 개선작업을 지속적으로 실시하고 있다.

2) 고도정수처리

현재 서울시 정수장은 혼화 → 응집 → 침전 → 여과 → 소독 공정으로 이루어져 있으나 이 공법만으로는 맛 · 냄새물질 · THM전구물질 및 계면활성제 등이 잘 제거되지 않기 때문에 고도정수처리시설 도입을 서두르고 있다. 현재 영등포 정수장에서 입상활성탄 처리시설 및 막여과 설비공사를 진행하고 있다. 이 외의 고도정수시설로는 생물학적 처리, 오존처리, 고급산화공정, 분말활성탄 흡착, 부상분리법 등이 있다.

(1) 생물학적 처리

유기물질에 의해 오염된 지표수를 원수로 사용하는 경우에 주로 사용되는 방법으로 회전원판법인 Honeycomb Tube 또는 입상접촉재법이 있다. 이 방법을 이용할 경우 증식능이 느린 질산화미생물 등을 효과적으로 포집하여 활용할 수 있다는 이점을 가지고 있다. 보통 정수공정의 앞에 위치하게 되며 처리과정에서 암모니아성질소의 제거와 악취유발물질의 제거효과도 얻을 수 있으나 접촉시간과 수온의 영향을 크게 받는 단점이 있다. 이 방법은 주로 일본에서 성공적으로 사용되고 있다.

(2) 오존처리

오존의 강력한 산화력을 바탕으로 원수중의 미량유기물질의 성상을 변화시켜 산화 및 탈취 · 탈색효과가 뛰어난 방법으로 THM전구물질이나 냄새물질의 제거에 효과적이다. 그러나 오존은 오염물질을 완전히 제거하지 못하거나 건강에 해로운 부산물을 형성하기도 한다. 따라서 오존처리 후에는 활성탄 흡착을 거치도록 하는 것이 일반적이다. 오존-활성탄 공정에서는 오존이 수중의 난분해성 유기물질을 생분해도가 높은 저분자성 물질로 변화시킬 뿐 아니라 용존산소도 증가하여 활성탄 표면에 미생물의 성장을 촉진시키는 장점이 있다. 또한 오존은 소독효과가 우수하면서도 THM을 형성하지 않는다는 장점이 있지만 잔류성이 없어 염소소독을 실시해야 배 · 급수관에서의 미생물 성장을 막을 수 있다. 이때 잔류염소의 농도는 0.1~0.3mg/ℓ로 기존공정에서보다 낮게 운전이 가능하다.

(3) 고급산화공정

오존처리는 대부분의 유기물질을 처리할 수 있는 최신의 공법이지만 정수장에서 일반적으로

적용되는 주입조건(O_3 5mg/ℓ주입, 20분 접촉)에서는 살충제, THMs, 염소계용매 및 유기탄소물질 등과는 느리게 반응하거나 전혀 반응하지 않는다. 특히 생물활성탄 공정과 오존처리를 병행하더라도 염소계 용매, 알콜, 알데히드류 등의 물질들에 대한 오존의 산화효과가 낮아 활성탄에 흡착되지 않는다. 오존처리의 이러한 단점을 보완하여 오존처리의 처리효율을 극대화 할 수 있는 방법으로는 오존과 과산화수소, UV 등을 혼합하는 고급산화법이 있다.

(4) 활성탄 흡착

활성탄처리에는 분말활성탄과 입상활성탄을 사용하는데 두 가지 모두 냄새유발물질 등과 같은 미량 유기물질을 흡착 제거하는 데 사용된다. 분말활성탄은 비상시에 정수장의 착수정에 주입하여 흡착후에는 침전지와 여과지에서 사용된 활성탄을 회수하여 폐기한다. 입상활성탄은 기존의 여과지 다음에 설치하거나 오존공정과 조합하기도 한다. 입상활성탄을 흡착조에 충전시키고 연속적으로 물을 통과시키면 활성탄 표면에 호기성미생물이 성장하여 암모니아성 질소나 용존성유기물이 분해되고 활성탄 세공(細孔)에 각종 오염물질들이 흡착된다. 이와 같이 생물학적 분해기능과 흡착기능을 얻기 위해서는 유기물질이 있는 물을 연속적으로 통과시키고 운전기간이 길어야 하므로 간헐적으로 운전할 때에는 이러한 기능을 기대하기가 어렵다. 또한 수온에 따라 미생물 활성도가 달라지므로 수온이 낮은 겨울철에는 생물학적 분해기능을 기대하기 어렵다. 따라서 구체적인 공정의 도입여부는 실제원수를 대상으로 Pilot Plant를 운전하면서 원수의 성상, 기존공정과의 조합방법, 적용될 공정의 운전인자 및 설계인자, 주의점을 사전에 충분히 파악한 뒤 결정하는 것이 바람직하다.

(5) 부상분리법

원수에 비중이 낮은 입자가 많거나 응집과정에서 가볍고 서서히 침전하는 플록을 형성하는 용존공기부상법(DAF, Dissolved Air Flotation)을 중력 침강 대신에 사용하여 정수효과를 높일 수 있다. DAF를 이용하면 응집제 소요량이 절감되고 높은 부하율로 운전이 가능하며 고액분리에 소요되는 시간이 짧아 결국 부지절감의 효과를 얻을 수 있다. 또한 THM과 같은 휘발성물질을 포기시킴으로써 수중에서 제거하는 효과를 동시에 얻을 수 있다.

(6) 막분리법

막분리법은 선택적인 투과성을 가지는 막의 양단에 걸리는 추진력의 차이에 의해서 물질을 분리, 정제, 농축시키는 방법을 말한다. 막여과는 상수원수중에 존재하는 다양한 오염물질을 동시에 제거할 수 있으며 처리수의 수질을 지속적으로 양호하게 유지할 수 있다. 또한 상수원수에 대해 응집제 주입이 필요없고 자동화와 무인화가 가능하여 간헐적 운전에 대응할 수 있으며 차지하는 소요면적도 적고 별도의 부산물을 생성하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 그러나

막을 투과해서 나오는 물이 있다면 막을 투과하지 못한 오염물질들이 막여과공정에 계속해서 쌓이게 되어 오염물질 농도가 증가하면 막여과 효율이 떨어지는 단점도 지니고 있다.

2. 배급수과정에서의 수질관리

관말단의 잔류염소농도 관리 목표치는 급수전 수중의 유리잔류염소가 0.1mg/ℓ이상이 되도록 급수과정에서 잔류염소농도가 감소되는 것을 고려하여 결정해야 한다. 따라서 관로 내 잔류염소농도 감소에 대응하기 위하여 배 · 급수계통 염소주입시스템, 체류시간 제어 시스템, 계획적인 관세척 및 소화전 등을 활용한 퇴수 등을 활용할 수 있다. 배 · 급수계통 염소주입을 위하여 소금물의 전기분해 또는 차아염소산나트륨수용액을 투입할 수 있다. 체류시간을 제어하기 위한 것으로는 배수지 운용시 배수계통의 재편성 및 수위조정 등이 있다.