

한국수자원공사의 수돗물 수질향상을 위한 종합대책



이 환 기
한국수자원공사 수도관리 1차장

1. 서론

물은 인간생활의 가장 기본적인 요소로 하루도 없어서는 안될 기본재이다.

우리나라의 상수도는 1908년 서울 쪽도에 설치된 1일 12천㎥ 규모의 근대식 수로가 도입된 이래 1960년대까지는 도시별 인근의 수원을 이용한 자족적 수원을 개발하였다. 이러한 개발은 기능면에서는 생활의 편리성 제공과 전염병 예방 등 공중위생 확보가 주된 기능이었다.

1970년대 이후에는 고도성장파 산업구조의 개편 시기를 맞아 국가산업기지 조성, 인구의 도시집중에 의한 대단위 용수수요가 발생되었고 산업폐수, 생활하수로 인해 도시 인근 수원의 오염이 심화되

기 시작하였다. 그러나, 이러한 상수원 오염에도 불구하고 우리나라의 정수처리 분야 기술발전 속도는 산업기술 발달속도에 미치지 못하여 각종 수질 사고가 발생하게 되었다.

1989년 중금속 오염, 1990년 발암물질인 THM 과다검출 및 1991년 낙동강 폐농 오염 사고 등 일련의 수질사고는 국민에게 수돗물에 대한 불신감을 심어주는 계기가 되었다.

정부에서는 수돗물에 대한 안전성 확보를 위해 각종 지원과 병행하여 점검 등을 수행하였으나, 일부 지방상수도에서의 바이러스 검출 및 위해성 논란 등이 불거지면서 수돗물에 대한 불신은 오히려 과거보다 한층 증대되었다.

표 1.2 각국의 먹는물 수질기준 항목수

물 질 명	한 국	WHO	미 국		일 본			영 국	호 주	캐나다	
			1차	2차	법정항목	감 시	과 적				
계	55	111	83	15	46	27	13	50	204	90	
미 생 물	4	2	5	0	2	0	0	6	2	1	
무기물질	11	16	17	2	9	4	0	17	18	11	
유 기 물 질	계	24	79	58	19	23	1	7	160	58	
	휘발성물질	11	18	20	0	10	4	0	3	18	12
	농 약	5	33	30	0	4	13	0	1	119	39
	소독부산물	8	19	1	0	5	6	1	1	15	3
기 타	0	9	6	0	0	1	0	2	8	2	
심미적물질	16	12	1	13	16	0	12	28	17	16	
방사능물질	0	2	3	0	0	0	0	0	7	6	

표 1.1 우리나라 각종 수질사고 사례

시 기	주요내 용	비 고
1989.8	홍금속 오염	
1990.7	THM 과다검출	
1991.3	낙동강 페놀 오염	
1997~2001	수돗물 바이러스 검출 논란	
2001.12	정수장 할로초산 과다 검출 논란	
2003.2	정수장 Cryptosporidium 검출 논란	

일부 조사결과에 따르면 대도시의 경우 수돗물을 2차 처리없이 직접 마시는 경우가 1~5%에 불과하며, 대다수가 지하수나 정수기를 이용하여 식수로 사용하는 것으로 보고되고 있다.

이러한 수돗물 불신의 원인은 여러 가지가 있을 수 있으나, 가장 큰 원인중 하나는 국민의 인식은 선진국 수준으로 상승하였으나 수돗물 수질은 그 수준에 미치지 못한 점이 가장 큰 원인으로 판단된다. 또한, 그동안 국민들이 수돗물을 불신하는 이유중 하나는 국내 수질기준에는 없으나 국외 수질기준을 초과한 경우들이 종종 언론에 보도된 사례도 한 몫을 하고 있다. 따라서 우리나라 수도사업자 입장에서는 국내 수질기준은 물론 국외 수질기준 항목들도 동시에 검사하여 새롭게 발생되고 있는 인체 유해물질 존재 여부를 조사하여야 한다. 그러나, 새로운 오염물질 또는 국외 수질기준 항목들에 대해 조사하기 위해서는 분석기술이 선행되어야 하나 국내 상당수의 수도사업자 또는 먹는 물 수질검사기관들이 국내 먹는물 수질기준 항목 분석에 치중하고 있어 새롭게 발생 또는 발견되고 있는 인체 유해물질 검사능력이 부족한 현실이다.

수돗물 수질개선을 위해서는 분석기술도 중요하나 직접적인 영향인자는 시설개선 및 운영인력의 전문화이다.

시설개선에는 유지보수를 위한 단순한 시설개선도 있으나, 수돗물 수질개선을 달성하기 위해서는 전면적인 시설개선이 필요한 경우가 대다수이며, 막대한 투자가 수반되어야 한다. 그러나 우리나라의 경우 외국에 비해 낮은 물값 등으로 인해 상당수의 수도사

업자가 적자를 면치 못하고 있어 시설 재투자에 소극적인 입장이다.

표 1.3 각국의 수돗물 값 비교

구 분	요 금(원/㎥)	비 교(배)
한 국	459.1	1
이탈리아	670	1.4
미 국	769	1.6
호 주	1,003	2.1
일 본	1,590	3.3
영 국	1,897	3.9
프 랑스	2,101	4.3
독 일	2,241	4.6

* 외국수도요금 : The price of water tariffs in OECD countries (OECD, 1998)
국내수도요금 : 갈수도 통계자료(2002)

2 수자원공사의 수돗물 수질향상 종합대책

한국수자원공사에서는 수돗물 수질개선을 위해 먼저 인체에 유해한 것으로 알려지거나 가능성이 있는 다양한 미량 유해물질에 대한 검사능력을 확보하고, 이를 바탕으로 가장 안전하고 맑은 물 생산을 위한 시설개선을 추진하되, 상수원 보호 및 원수 수질 모니터링 기능을 강화하여 갑작스런 원수사고에도 대처할 수 있도록 추진하고 있다.

2.1 수질검사내실화

위에서 일부 언급했듯이 수돗물 수질향상을 위해서는 수돗물에 포함될 수 있는 각종 오염물질에 대한 정확한 분석이 선행되어야 한다.



그림 2.1 수질 종합검사센터 전경

따라서, 이러한 필요성에 따라 수돗물을 대상으로 수질을 검사 및 분석할 수 있는 능력을 확보하기 위해 노력하고 있으며, 먼저 시설확보를 위해 200여억 원을 투자 1,100여명 규모의 수질 종합검사센터를 신축하고 있다.

현재도 약 250항목에 대한 분석능력을 확보하고 있고, 이러한 분석능력은 선진외국과 비교해도 전혀 손색이 없는 것으로 판단되며, 수돗물 유해성 및 정수처리 효율 등을 정확하게 판단할 수 있는 정도이다.

수질 종합검사센터 신축이 완료되면 수돗물에 대한 분석능력 및 전문성은 더욱 향상되어 세계적인 수준의 검사센터로 도약할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

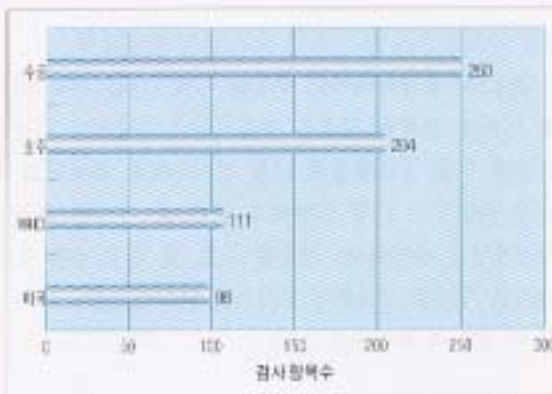


그림 2.2 수공 검사항목 및 각국의 수질기준 항목수

이와같이 세계적인 수준의 분석센터를 설치하기 위해서는 상당한 자금이 필요하므로 모든 수도사업자가 이러한 분석능력을 보유하기는 어렵다. 따라서, 지방상수도 분석 지원 등을 통해 수돗물을 정확하게 분석하여 맑고 깨끗한 물을 생산할 수 있도록 지방상수도에 대한 서비스도 강화할 계획이다.

2.2 공정개선 추진

수자원공사에서의 정수처리공정개선은 그동안 지속적으로 진행되어 온 사항이나, 국제적인 수준의 수도분야 경쟁력 확보를 위해서는 좀 더 체계적이고 선진화된 시설개선 필요성이 대두되었다. 따라서, 2001년 하반기부터 선진외국 우수정수장과의 비교·평가를 통해 공사에서 관리중인 정수장의 장·단점들을 파악하였다. 또한, 자체에서 수립중인 시설개선 방안의 적관성 확보 및 검증에 위해 국내·외 전문가들에게 자문을 받았다.

이중에는 미국 Black & Veatch사에게 공사에서 관리중인 정수장에 대한 경쟁력 강화 방안 용역을 수행토록 하여 시설개선 및 운영관리체계 개선 방안을 도출토록 하였다. 그 결과를 활용, 국내와 국외 전문가 간 정수장 개선을 위한 방안과 인식의 차이점을 비교하는 등 수자원공사의 장·단점을 파악하는데 객관적

표 2.1 수자원공사의 중점 수질관리항목 수질목표

구분	탁도(NTU)		소독부산물($\mu\text{g/L}$)			부식지수	냄새	잔염분(mg/L)	
	평균	Peak	TTHM	HAA ₅	CH	LI			
수공 목표	2002	0.1이하 70%이상	0.5이하	80이하	60이하	30이하	후후설정	3TON 90%	1.5
	2006	0.1이하 95%이상	0.3이하	80이하 (관망기준)	60이하 (관망기준)	30이하 (관망기준)	*	3TON이하	1.0
국내기준(예정포함)	0.5NTU이하	1.0이하	100이하	100이하	30이하	—	무취	4.0이하	—
미국 기준	0.3NTU이하 95%이상	1.0이하	80이하 (평균)	60이하 (평균)	—	—	3TON	*	—
미국 목표(AWWA)	0.1이하 95%이상	0.3이하	—	—	—	—	3TON	—	—
일본 기준(목표)	1.0이하 (0.5이하)	—	100이하	340이하	—	—	무취 (-1-0)	무취 (3TON)	1.0 (0.4)

시각을 유지할 수 있도록 노력하였다.

선진 외국 우수정수장과의 비교 결과, 대부분의 국민이 우려한 바와 달리 환경호르몬이나 유해 중금속 등은 불검출 또는 매우 낮은 수준으로 나타남에 따라 큰 차이점을 발견할 수 없었으며, 오히려 아래와 같은 기본적인 항목들에서 차이점이 발생하는 것으로 나타났다.

- ① 최고탁도
- ② 소독부산물
- ③ 맛·냄새
- ④ 잔류염소
- ⑤ 부식지수

2.2.1 수질목표 설정

선진외국의 우수정수장과의 비교·평가 결과를 바탕으로 현재의 운영관리 능력 및 시설상태와 향후 투자 가능한 비용 등을 종합적으로 감안하여 수질목표를 설정하였다. 또한, 선정된 수질목표는 단계별로 설정하여 시설개선 및 운영관리 체면 개선의 지표로 삼았다.

현재 126개 수질항목들에 대해 수질목표를 설정하였으며, 아래 표는 위에서 언급한 5개 중점 수질관리항목들에 대한 수질목표이다. 이중 부식지수는 2001년부터 관내 부식방지를 위한 방안들에 대해 연구 및 실험을 수행하고 있으나 우리나라 수질특성이 알칼리도가 낮고 연수인 경우가 많아 부식지수 관리 및 시설개선방안 도출이 어려웠다.

따라서 연구가 완료되는 2003년중 수질목표를 설정하여 시설개선을 추진할 예정이다.

2.2.2 최고탁도 저감

수자원공사에서의 정수처리공정에 대한 개선사업은 여러 가지가 있으나 중점 수질관리항목에 대한 추진사항을 살펴보면, 먼저 최고탁도는 병원성미생물에 의한 위험을 최소화하기 위한 방안으로서 우리나라

실정에서 가장 시급히 개선되어야 할 항목 중 하나로 평가되었다. 병원성미생물을 제어하는 방법에는 크게 소독제에 의한 방법과 여과수의 최고탁도를 저감하는 방법으로 구분된다.

일반적인 병원성미생물은 기존 소독공정으로도 충분히 대처가 가능하나, 1993년 미국 밀워키시에서 대형 수질사고를 발생시킨 *Cryptosporidium*과 같은 소독내성 미생물은 염소와 같은 일반적인 소독제에는 상당한 내성이 있어 현실적으로 소독이 곤란하다.

반면에 오존으로는 매우 쉽게 소독이 가능하므로 *Cryptosporidium*이 다량 발생하는 원수를 취수하는 정수장에서는 오존과 같은 고도산화공정을 도입하여야 한다.

표 2.2 *Cryptosporidium* Oocysts 소독제별 필요소독능

소독제	2 log CT (mgL·min)	참고문헌	비고
Free Chlorine	7,200이상	Koehn et al.	
이산화염소	78	Koehn et al.	
오존	~15	Finch et al.	

그러나 수자원공사에서 관리하고 있는 모든 정수장에 대해 바이러스는 물론 *Cryptosporidium*과 *Giardia*와 같은 원생동물들에 대해 수년간 민발한 조사를 수행한 결과, *Cryptosporidium*과 *Giardia*와 같은 원생동물들의 발생빈도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 따라서, 오존과 같은 투자비용이 높고 운영관리가 어려운 공정보다는 기존 처리공정을 최적화시켜 병원성미생물을 처리하는 방법으로 추천하는 것이 합리적이라 판단되었다.

먼저, 최고탁도가 발생하는 시기를 조사하였으며, 그 결과, 계절별로는 홍수기와 같은 급작스러운 수질 변화시기에 최고탁도가 높게 나타났으며, 일별로는 정수생산량 변화시기 및 여과지 역세척시기에 발생하는 것으로 나타났다.

홍수기 고탁도 원수의 특성은 수질이 시시각각 변

한다는 점에서 정수처리가 매우 어려우며, 이러한 특성은 하류보다는 상류에서 더욱 심해지는 특성을 나타낸다. 따라서, 홍수기 고탁도 원수의 적정한 처리를 위해서는 실시간 전처리공정 제어가 필요하며, 또한 급격한 수질변화로 인해 일시적으로 적정한 양의 응집제가 주입되지 않아도 이를 보완할 수 있는 방안이 필요하다.

이러한 필요성에 따라 수자원공사에서는 실시간 전처리공정 제어를 위해 1996년부터 유동전류계(SCD) 및 회귀분석방법을 이용한 인산제어 방식을 검토해 왔다. 그 결과 양자를 조합한 방식을 선정하여 2003년중 전 정수장에 도입할 예정이다. 또한, 급격한 수질변동에 대응하기 위한 고분자응집제 주입장치도 2003년중 전 정수장에 도입할 계획이다.

정수장 가동률 또는 생산량이 변동될 경우에도 여과지에서 일시적인 탁질 누출이 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 원인에는 침전탁도가 상승하는 이유도 있으나, 주로 유량변화에 따른 충격부하로 여과지에서 전단력 변화가 발생하여 탁질이 누출되는 것으로 판단되었다.

특히, 우리나라 정수장 유입유량 제어는 펌프의 대수로 제어하기 때문에 펌프를 1대 운영하다 정수 생산량을 증가시키기 위해 2대를 운영하게 되면 곧바로 유량이 2배로 증가하게 되어 정수처리공정에 충격부하로 작용하게 된다.

이러한 현상을 저감할 수 있는 가장 좋은 방법은 정수장에서 일중 일정유량을 생산하는 것이 가장 좋은 방법이나, 우리나라의 경우, 정수장 용량이 작고 또한 배수지에서 직결급수 방식으로 운영되는 곳이 많아 일중 일정유량을 생산하는 것이 현실적으로 어려운 정수장이 상당수 있다.

따라서, 정수장 유입유량 변동에 대응하기 위해서는 여과지 여과방식을 변경시키거나 현재와 같이 유입유량이 급증 또는 급감하는 상태를 짐증 또는 짐감할 수 있도록 시설 또는 설비로 변경시켜 주어야 한다.

한국수자원공사에서는 장기적으로는 일중 일정유량 생산 또는 여과방식 변경을 최종 목표로 설정하고 있다. 단기적으로는 유입유량 변화를 짐증 또는 짐감할 수 있는 설비인 조절용펌프를 설치할 계획이며, 그 효과를 검증하기 위해 2003년중 시범사업을 실시하고 그 결과를 바탕으로 전 사무소로의 확대를 계획하고 있다.

또한 가장 대표적인 탁질누출 시기 중 하나는 역세척 직후에 발생하는 탁질누출이며, 이러한 현상을 제어하는 방법으로는 시동방수(Filter to Waste), 여과지숙성(Aging) 및 역세척시 고분자응집제 주입 등이 있다.

이중 고분자응집제의 경우, 역세척에 사용될 수 있는 고분자응집제가 우리나라 수처리제로 등록돼 있지 않으므로 실공정 도입을 통한 평가는 수행하지 않고 있으며, 다만 향후 도입을 예상하여 효율평가 등을 위한 연구를 수행중에 있다.

반면에 시동방수 및 여과지숙성 방법은 2003년중 시범사업을 추진하여 그 결과를 감안, 최종 시설개선 방안을 확정할 예정이다. 그러나, 건설중인 사업의 경우에는 기본적으로 시동방수 설비를 의무적으로 설치토록 하였다.

이밖에 최고탁도 저감을 위해 여과지 역세척 등 운영·관리 패턴 최적화, 유입원수 pH 조정 및 여과깊이(L/d비) 증가 등에 대한 시설개선을 추진하고 있다.

그러나 이러한 최고탁도 제어는 여과지에서의 감시 설비가 없으면 그 효과가 반감되거나 현상을 충분히 이해하지 못할 수 있다. 따라서, 정부에서는 정수처리기준(TT)을 제정하여 여과지별 감시설비를 2006년까지 설치토록 규정하였으며, 국민의 건강과 수도물 수질개선 차원에서 매우 시의적절한 정책이라고 판단된다.

한국수자원공사에서는 2004년까지 전 정수장에 여과지별 탁도계를 설치 완료할 예정이며, 2003년까지 전 정수장의 약 70% 정도를 설치할 예정이다. 또

한, 이동식 입자계수기를 설치하여 여과지별 탁도계를 보조하여 정확한 여과지별 탁질 누출 및 정도 등을 감시할 계획이다.

2.2.3 소독부산물 저감

소독부산물에는 크게 염소계, 오존계 및 이산화염소계 소독부산물들이 있다.

이중 오존계 소독부산물의 경우, 대표적인 소독부산물인 Bromate(BrO₃)이며, 4대강중 금강과 낙동강 하류에는 Bromate의 전구물질인 Bromide 농도가 높아 오존 사용시 Bromate 발생 가능성이 높은 것으로 나타났다.

또한 이산화염소계 소독부산물에는 Chlorite(ClO₂) 및 Chlorate(ClO₃)가 있으며, 일반적으로 이산화염소 투입량을 1mg/L 이하로 투입할 경우 미국 수질기준 및 수자원공사 자체 수질목표 달성에는 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.

수자원공사 산하 정수장에서는 현재 오존 및 이산화염소를 투입하고 있지 않으므로 현황자료 위주로 검토하였으며, 시설개선 방안은 수립하지 않았다. 따라서, 시설개선을 위한 소독부산물 저감방안은 염소계 소독부산물 위주로 검토하였다.

염소계 소독부산물은 여러 가지가 있으나 가장 대표적인 부산물은 THMs와 HAAs가 있다. 수자원공사 자체 조사결과, 우리나라의 경우 미국이나 유럽에 비해 소독부산물 발생량이 적은 것으로 나타났다.

그러나 취수장이 주요 하천 하류에 위치한 정수장에서는 소독부산물에 대한 대응책이 필요하며, 농도기준으로는 DOC 3mg/L 이상이 유입될 경우 소독부산물 저감을 위한 집중 관리가 필요한 것으로 나타났다.

그러나 수자원공사에서는 자체 수질목표를 강화시켰기 때문에 DOC 2mg/L 이상부터 소독부산물 저감을 위한 관리에 들어가며, 관리방법으로는 고도응집 또는 분말활성탄 투입을 추진할 예정이다.

우리나라의 수질특성은 염소계 소독부산물중에서

THMs보다는 HAAs가 문제가 되는 것으로 나타났다. 특히, THMs의 경우는 고도응집(Enhanced Coagulation) 등에 의해 기존표준식정수처리공정에서 어느 정도 저감이 가능하나 HAAs의 경우에는 기존 정수처리공정에서 거의 제거가 되지 않는 것으로 조사되었다.

따라서, HAAs가 높게 나타나는 정수장에서는 고도정수처리 등의 추가공정이 필요하며, 수자원공사 산하 정수장중에서는 하천 하류에 위치한 B정수장 및 S정수장에서 HAAs가 비교적 높게 검출되었다.

HAAs 저감을 위한 시설개선 방안을 조사한 결과, 고도응집 등 기존정수처리공정에서의 저감율은 10%이내의 낮은 제거율을 나타냈다. 또한 입상활성탄 공정의 경우에도 운영기간이 5개월 이내인 GAC(Granular Activated Carbon)는 제거율이 30~55%로 비교적 낮게 나타났다.

반면에 운영기간이 5개월 이상이 되면 비록 DOC 제거율은 낮아지나 HAAs 제거율이 70% 정도를 유지하는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 감안할 때 현재 낙동강 하류에 설치되어 있는 BAC(Biological Activated Carbon) 개념의 고도정수처리공정은 합리적이라 판단되었다. 반면에 NOM(Natural Organic Carbon)중 Fulvic부분과 친수성(Hydrophilic) 유기물질이 많은 우리나라 원수에 오존공정 사용에 대해서는 재검토가 필요한 것으로 판단되었다.

따라서 이러한 결과 등을 종합하여 한국수자원공사에서 관리하고 있는 정수장중 HAAs가 문제가 되는 정수장은 BAC 개념의 경제적인 처리공정인 Filter-adsorber 공정 도입을 추진하고 있다.

이밖에 일시적으로 소독부산물이 수질목표를 초과하는 정수장에 대해서는 위에서 일부 언급했듯이 실시간 DOC 계측기를 설치하여 소독부산물 발생량 증가가 예상되는 시기에는 고도응집 또는 분말활성탄 투입 등으로 대처할 계획이다.

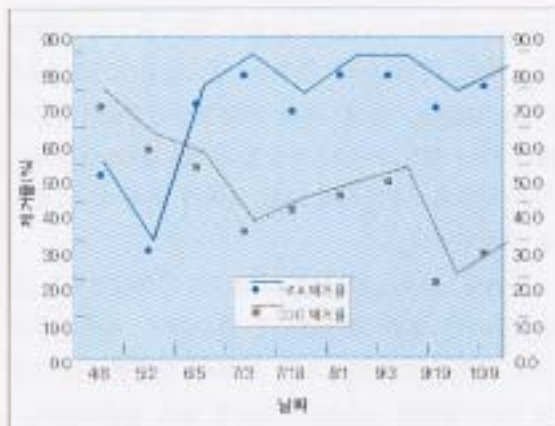


그림 2.3 GAC Filter-adsorber 공정에서의 운영기간별 DOC 및 HAA 제거율 변화

2.2.4 맛·냄새 저감

맛·냄새는 인체에는 무해하나 국민의 수도물 불신을 야기시키는 가장 대표적인 물질이다. 이러한 문제점은 수자원공사에서 관리중인 28개 정수장 중 약 82%에 해당하는 23개 정수장에서 맛·냄새로 인한 민원이 발생하고 있다는 점을 감안할 때 맛·냄새 문제가 수도물 불신의 주요 문제라는 사실을 알 수 있다. 따라서 맛·냄새 문제는 수자원공사에서 수도물 불신해소 등을 위해 가장 중점적으로 시설개선을 추진하고 있는 사항 중 하나이다.

현재 맛·냄새와 관련하여서는 2002년부터 본격적인 시설개선에 착수하였으며, 수자원공사 산하 28개 정수장 중 17개 정수장은 대책이 완료된 상태이고 향후 11개 정수장에 대한 시설개선을 추진할 예정이다.

대책이 완료된 정수장은 기본적으로 맛·냄새 발생농도가 낮고 발생기간이 짧은 정수장이며, 이들에 대한 시설개선 대책은 분말활성탄 시설을 최선 시설로 개량하여 운영관리의 용이성을 개선하고 투입량을 증가할 수 있도록 하였다.

나머지 11개 정수장은 고도정수처리공정 등의 도입이 필요한 것으로 나타났으며, 최적공정을 선정하기 위해 연구를 수행중에 있다.

그동안 맛·냄새 저감을 위해 1994년부터 연구를 수행하였으나 최적공정이 선정되지 못한 가장 큰 이유는 정확한 맛·냄새에 대한 정량분석이 미흡했던 점과 다양하고 종합적인 연구가 추진되지 못했던 점으로 나타났다. 따라서 2002년부터는 지금까지 나타난 문제점을 해소하기 위해 먼저 맛·냄새에 대한 분석방법을 정립하는 연구와 최적 고도정수처리공정 선정을 위한 다양하고 종합적인 맛·냄새 저감 방안 연구로 병행하여 연구를 추진중이다.

현재 연구중인 공정은 다음과 같으며, 일부 연구의 경우, 전문성 극대화 차원에서 선진외국기관과도 공동연구를 추진하고 있다.

- ① 산화공정: 오존 및 염소 등
- ② 흡착공정: Post GAC, Filter/Adsorber, 분말 활성탄접촉조
- ③ 막(Membrane)공정: Nano 및 Dense UF
- ④ 조합공정: 분말활성탄+각 단위고도정수처리공정 대안

이러한 연구결과를 바탕으로 2004년에 실시, 설계를 수행하고 2005년부터 시설키관을 추진할 예정이다.

2.2.5 관내부부식 방지

관 내부부식은 수도물 수질악화(적수 발생 등), 송배수관 동수능력 저하, 관수명 감소의 원인을 제공하고 있다. 우리나라의 경우, 녹물 발생이 수질불만 사항의 1/3에 달하고 있고, 향후 노후관 증가로 인해 관 부식과 관련한 민원 및 수도물 불만사례가 증가할 것으로 예상되고 있다. 수도물의 부식도는 일반적으로 LI(Langelier Index)를 사용하고 있으며, -2.0 이하일 경우 강부식성에 해당한다.

표 2.2 LI별 부식정도

LI < -2.0	-2.0 ~ -0.5	-0.5 ~ -0.0	LI > 0.0
강부식성	보통부식성	약부식	비부식성

수자원공사 산하 정수장은 물론 우리나라 대부분의 수돗물은 상당수가 강부식성에 해당하고 있다. 현재, 관내 부식제어를 위해서는 상당한 시설과 설비가 투자되어야 하므로 국내에서는 아직까지 부식제어를 위한 실공정 적용 사례는 없는 것으로 나타나고 있다.

선진국에서는 부식제어(Corrosion Control)를 위해 법적으로 규제하고 있는 추세이며, 국내에서도 장래에는 수질기준과 같은 규제가 예상된다.

가장 대표적인 관내 부식제어 방법에는 다음과 같이 6가지 방법이 있다.

- ① 탄산염 침전 (Carbonate precipitation)
- ② 탄산염 불용화 (Carbonate passivation)
- ③ polyphosphate와 결합
- ④ Orthophosphate 주입
- ⑤ ortho/polyphosphate 혼합물을 사용한 억제
- ⑥ sodium silicate으로 처리

우리나라의 원수특성은 알칼리도 및 경도가 낮아 부식지수 관리가 매우 어려운 특성을 내포하고 있다. 따라서, 부식지수 관리를 위한 최적공정은 아직 선정되지 못한 상태이나, 2001년부터 모형실험 등 연구가 진행중에 있으므로 2003년까지 최적방안을 수립하여 시설개선을 추진할 예정이다.

2.2.6 잔류염소 상한선 유지

광역상수도는 공급범위가 2개 이상의 지자체로서, 그 특성상, 관로가 장대(長大)하여 관말까지의 도달 시간이 상대적으로 긴 것이 특징이다. 따라서, 일반 지방상수도와 달리, 정수장에서 비교적 고농도의 염소를 주입하여야만이 관말에서 소기의 잔류염소가 유지되는 경우가 많다.

잔류염소는 미생물 불활성화를 유지하기 위해 반드시 필요하며, 수질기준으로 하한선을 정하고 있다. 하지만 잔류염소 농도가 너무 높을 경우 염소취로 인해 수돗물에 대한 불만이 발생하고 물맛을 저하할 수 있다.

따라서, 일부 선진국에서는 잔류염소 상한선을 목표로 설정하여 관리하고 있다.

표 2.3 각국의 잔류염소와 관련한 수질기준

나라	기준
미국	· MCL: 4.0ppm) · 최고 : 1.8 ~ 2.0 · 평균 : 1.2 ~ 1.4 · 최저 : 0.5 ~ 0.6
한국	· US Public Health standards (0.8 ~ 1.2ppm) · 2002.7월 1일부 먹는물수질기준 신규 설정 운영 (4.0ppm)
일본	· 일본 후생성 (1.0ppm) · 맛있는 물공급 가이드라인 (0.4ppm)
영국	· 법적기준 없이 기관별 운영지침 (1.0ppm)

수자원공사에서 관리중인 정수장 중 정수장에서 잔류염소 1.0 ppm 유지시 관말에서 0.2 ppm 유지가 어려운 정수장은 7개소로 조사되었으며, 이러한 정수장에 대해서는 관로에 제염소 주입시설을 설치하여 정수장에서 수용가에 이르기까지 잔류염소가 1.0 ppm 이하가 되도록 시설개선을 추진할 예정이다.

2.2.7 기타 시설개선 추진사항

이밖에 건설된 지 20년 이상이 경과된 노후정수장은 설치 당시에 비해 수질기준 강화, 원수수질 악화 등의 문제가 있으므로 수자원공사 자체 수질목표 달성과 수돗물 수질향상을 위해서는 전면적인 시설개량 (Rehabilitation)이 필요한 것으로 나타났다.

따라서, 노후정수장에 대해서는 단기내에 시설개선을 추진할 예정이다. 또한, 수돗물 수질의 안전성 확보와 나아가 운영관리상의 용이성 등을 감안하여 모든 액체 및 분체약품에 대한 자동화를 추진하고 있다. 이러한약품 주입자동화는 향후 선진화된 지역별 통합운영체계 구축에도 기여할 것으로 기대하고 있다.

액체약품 주입 자동화에는 용집제, 염소(전염소, 후염소 등), pH 콘트롤제, 알칼리제(가성소다), 불

소 등이 포함되며, 분쇄약품 투입 자동화에는 알칼리제(소식회), 분말활성탄 등이 포함된다.

2.3 정수장 공정개선 추진을 위한 검증실험 및 투자 계획

수자원공사에서는 각종 기초연구 및 실용연구를 수행중에 있으며, 이러한 연구는 수자원연구소가 주축이 되어 수행하고 있다.

연구가 진행된 이후에는 현장에서 실공정에 적용하여 검증과정을 거친후 최종적으로 타 사업장으로의 확대 여부 등이 결정되게 된다.

현재 연구수행 단계를 거쳐 정수장 공정개선을 위한 실공정 검증을 위해 2003년중 수행 또는 수행예정인 시범(검증)사업은 9개 항목이며, 다음과 같다.

- ① 원수 pH 조절 : 외부정수장
- ② 감쇄여과개선 : 일산정수장
- ③ 여재 L/d비별 평가 : 수도권 7개 정수장 비교·평가
- ④ 시동방수(Filter to Waste) : 구미정수장
- ⑤ 고도응집 및 스크제거 : 석성정수장
- ⑥ 부식지수관리 : 부안정수장
- ⑦ 조절용평프 평가 : 구미정수장
- ⑧ 맛·냄새 제거 고도정수처리공정(Pilot 규모) : 수지정수장

또한, 실공정 검증과 더불어 필요시 다양한 영향인자 검토가 필요한 경우에는 Pilot 실험을 통해 인자검증을 보완하게 되는데, 시범사업과 관련한 Pilot 규모 실험현황은 다음과 같다.

- ① 석성 Pilot Plant
 - 규모 : 10m³/일
 - 검토사항 : 스크 제거 및 고도응집
- ② 고산 Pilot Plant
 - 규모 : 24m³/일
 - 검토사항 : 분말활성탄집축조(실공정)와 오존, Post GAC 및 오존+Post GAC와의 비교 검토

③ 반송 Pilot Plant

- 규모 : 14.4m³/일
- 검토사항 : GAC Filter-Adsorber 공정의 효율평가

④ 수지 Pilot Plant

- 규모 : 150m³/일
- 검토사항 : 각종 고도정수처리공정 비교 평가
- * 비교대상 : 오존, Post GAC, 오존+Post GAC, GAC Filter-adsorber, 분말활성탄집축조, Membrane, 조합공정 등

⑤ 부안 Pilot Plant

- 규모 : 해당없음
- 검토사항 : 부식지수와 연계한 알칼리제별 쿨 폰 테스트

위와 같이 실공정에서의 검증이 완료되면 각종 내·외부 자문은 물론 수자원공사 자체 『공정개선추진실무지원단』을 통해 시범사업 등에 대한 분석·평가를 수행하는등 실공정 도입 확대에 대한 다양한 검토과정을 거쳐 시행착오를 최소화할 수 있도록 추진하고 있다.

위와같은 시설개선을 위해 수자원공사에서는 2003년에 970억원의 시설 개대체 사업비를 투자하고 있으며, 투자자금은 점차 확대할 예정이다. 수도물 값에 반영되고 있는 시설 개대체 자금은 약 300여억원에 불과한 점을 감안할 때, 수자원공사에서 추진하고 있는 시설개선 자금은 수도물 수질개선을 통해 국민에게 맑고 깨끗한 물을 공급하겠다는 의지를 반영하는 것이라고 볼 수 있다.

3. 결론

- 한국수자원공사에서는 수도물 수질개선을 위해
- 취수원 관리
 - 수도물종합검사센터 구축을 통한 세계적 수준의 수도물 분석방법 정립 및 수질항목 분석
 - 국내·외 자문을 통한 합리적이고 객관적인 시설

개선 방안을 수립·추진하고 있으며,

이러한 노력 등을 통해 2006까지 11개소의 고도정수처리공정 도입을 포함한 대부분의 시설개선을 완료하고, 2010년까지는 세부적인*시설개선도 완료하여 선진 외국 우수정수장 수준의 수돗물을 공급함으로써 국민의 수돗물에 대한 불신을 해소할 예정이다.

이러한 수돗물 수질개선을 위한 노력을 통해 취득된 기술은 지방상수도 분석 및 시설개선 기술지원, 교육 등을 통해 정보가 공유되도록 하여 기술노하우

가 이전되도록 추진할 계획이다.

특히, 수자원공사에서 추구하고 있는 세계적 수준의 수돗물 수질은 향후 예상되는 다국적 기업의 진출에 대한 국내 수도사업 보호는 물론 국외 진출의 발판으로 삼아 우리나라 수도사업자, 수도관련 기업들이 세계로 진출할 수 있는 기반이 될 것으로 기대하고 있으며, 그러한 방향으로 진행될 수 있도록 노력할 것이다. ☺

참고문헌

Koich, D.G., Mead, J.R., Madrie, M.S., Sindlar, N.A. and Sterling, C.R. 1990. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:1423-1428.

Finch, G.R., L.L. Gyurek, et al., "Selecting Ozone Disinfection Design Criteria for *Cryptosporidium*," Proceedings of the International Conference on Minimizing the Risk from *Cryptosporidium* and Other Waterborne Particles, Paris, France, April 19, 1999.


AWWA 정기회의 및 전시회 참관단 모집

한국상수도협회에서는 상수도부문의 해외의 최신 기술습득 및 유관기관과의 국제적인 정보교류를 위하여 노력하고 있습니다. 이에 아래와 같이 미국상수도협회(AWWA) 정기회의 및 전시회에 희망대상으로 참관단을 모집하여 지원키로 하였습니다.

- 행사명 : '미국상수도협회 정기회의 및 전시회'
- 기 간 : (일 18일 일) (월 19일) (화 20일)
- 장 소 : 미국 애리조나(미국 일리노이주 소재)

*보다 자세한 일정과 내용은 웹페이지(www.kwwa.or.kr)에서 참조하실 수 있습니다.

www.kwwa.or.kr

 한국상수도협회
KWWA
대한 생명 그대가 미래입니다

고급 회원

정보

행사

시협