

飲用水 中の 異臭味 發生物質의 糾明 및 制御方案

류 재 근

국립환경연구원 수질연구부

Identification and Treatment of Taste and Odors in Drinking Water

Jae Keun Ryu

National Institute of Environmental Research, Department of Water Quality Research

I. 서 론

음용수 중의 악취 발생사건은 오염 수돗물에 의한 피해지역이 광범위할 뿐만 아니라 사건발생 즉시 해당 정수장에서 적절하게 대처하지 못할 경우 악취 수돗물에 의한 주민의 불안감은 크다고 하겠다. 뿐만 아니라 악취 오염물질을 규명하는 노력이 환경과학 및 환경공학의 체계적이고 구체적인 길잡이가 없이 이루어질 경우 원인물질을 잘못 규정하는 등 구체적인 방향성을 상실하게 되어 많은 수돗물 사용 시민의 음용수 관련행정에 대한 우려와 불신을 증폭시키게 된다.

따라서 음용수의 냄새 생성원인을 규명하고 악취 발생시 정수장 근무자들의 비상 대처방안을 마련하는 것이 시급하다고 하겠다. 본 글에서는 음용수 오염과 관련하여 악취발생의 원인을 발생인자별로 구분하고 그 대처방안에 대하여 검토하였다.

II. 음용수 중 냄새발생의 원인

수돗물에서의 냄새발생은 발생원에 따라 자연적인 원인과 인위적인 원인의 2가지 면에서 그 원인을 찾을 수 있다. 자연적인 원인의 대표적인 것은 조류(blue-green algae) 및 미생물(*Actinomyces*)의 발생과 그 분비물, 즉 Geosmin 등에 의한 것을 들 수 있으며, 인위적인 원인으로서 생활하수와 산업폐수에 의한 것을 들 수 있다. 또한 악취발생의 원인을 악취물질의 생성시기로 구분하면 이미 원수에 포함되어 있는 경우, 정수처리 과정에서 생성되는 경우 및 배급수관에서 생성되는 경우로 나눌 수 있다.

1. 생활하수

생활하수가 음용수에서 냄새발생의 원인이 되는 경우는 원수중의 암모니아성 질소와 유기계 질소성분이 과량 존재할 경우와 정수과정에서 이들이 염소와 반응하여 생성되는 염소화된 질소화합물이다. 그러나 암모니아성 질소의 냄새감지최소농도(Threshold Odour Concentration)는 매우 높아 그 자체에 의한 냄새발생 가능성은 매우 희박하다.

암모니아성 질소와 염소가 반응하여 생성되는 염소화합물은 암모니아성 질소농도, 염소주입량, 반응시간, pH, 온도 등에 따라서 모노크로로아민(NH_2Cl), 다이크로로아민($NHCl_2$), 트리크로로아민(NCl_3)이 생성된다. 일반적으로 pH가 낮을수록, 주입염소의 물비가 증가할수록 염소화가 빨리 진행된다. 크로로아민 화합물들의 냄새감지 최소농도는 문헌에 따라 차이를 보이는데 정리하면 표 1과 같다.

표 1에서 냄새감지 최소농도가 상당한 차이를 보이고 있는 이유는 상대적 후각정도를 정량화하는데 있어서의 어려움과 냄새감지 최소농도의 정의 차이로 판단된다. 표 1에서 보는 바와 같이 트리크로로아민은 상당히 낮은 농도에서 냄새를 발생시킬

표 1. 크로로아민의 냄새감지 최소농도

(단위 : mg/l as Cl_2)

구 분	White(1992)	Krasner & Barrett(1984)
모노크로로아민	5.0	0.65
다이크로로아민	0.8	0.15
트리크로로아민	0.02	-
참고 : 유리염소	20	0.28~0.36

수 있으나, 생성조건이 낮은 pH 또는 과량의 염소 주입량하에서 발생하므로 중성의 pH에서 정수처리가 행하여지고 적정량의 염소주입이 준수되었다면 생성가능성은 적다. 모노크로로아민 및 다이크로로아민은 정수장에서 염소주입 농도를 잘못 산정하였을 때 생성가능성이 있다.

유기계 질소성분은 오염의 척도로서 인식되기도 하며 염소소독시 음용수에서의 악취발생은 이미 많

이 보고되어 있다. 유기계 질소성분은 동물의 사체, 식물, 음식물 등 유기계 쓰레기 부패과정의 산물로서 암모니아성 질소로까지 분해가 이루어지지 않은 물질이다. 이에 속하는 물질로는 단백질, 폴리펩타이드 및 각종 아미노산 등이다. 냄새에 기여하는 유기계 질소 화합물을 단기간에 검출하여 밝히기는 매우 어려우며 염소와의 반응생성물질의 특성을 밝히는 기초연구가 선행되어야 한다.

표 2. 화학물질의 냄새감지 최소농도

구 분	White(1992)		V & N(1977) ^a	WHO(1984)
	평 균	범 위		
Acetic acid	24.4	5.07~81.2	0.007~200	
Acetophenone	0.17	0.0089~2.02	—	
N-amyl acetate	0.08	0.0017~0.86	—	
Aniline	70.1	2.0~128	70	
Anisole			0.05	
Benzene	31.8	0.84~53.6	2~30	
Chlorobenzene				0.02~0.1
N-Butanol	2.5	0.012~25.3	—	
4-Chlorophenol	1.24	0.02~20.4	0.0005~1.2	0.001
<i>o</i> -Cresol	0.66	0.016~4.1		
<i>m</i> -Cresol	0.63	0.016~4.1		
2,4-Dichlorophenol	0.21	0.02~1.35	0.002~0.21	0.001
Phenol	5.9	0.016~16.7	1~5.9	1
Pyridine	0.82	0.007~7.7		
2,3,8-Trichloroanisole				3×10^{-10}
2,4,6-Trichloroanisole				3×10^{-8}
Toluene				1
N-Buthyl mercaptan	0.006	0.001~0.06		

^aV & N : Van Gemert, L. J. & Nettekrijer, A. H. eds., 1977.

표 3. 맛을 유발하는 중금속의 특성

물질명	오염원	허용량	장해 종류
철	지하수(환원형) 공·광업폐수, 관의 녹	0.3 mg/l(일본, 미국) 0.1 mg/l(WHO)	적수와 불쾌한 맛을 유발함
망 간	지하수(환원형) 공·광업폐수	0.3 mg/l(일본) 0.05 mg/l(미국, WHO)	흑수와 불쾌한 맛을 유발함
구 리	살충제	1.0 mg/l(일본, 미국) 5.0 mg/l(WHO)	1.5 mg/l에서 착색되며 불쾌한 맛을 유발하나, 미량에서는 독성이 적음
아 연	공·광업폐수 아연제 수도관에서 용출	1.0 mg/l(일본) 5.0 mg/l(미국, WHO)	수십 mg/l까지 인체에 해가 없지만, 20~30 mg/l에서 휘발하여 운활유 같은 피막이 생김
칼슘 및 마그네슘	지하수	CaCO ₃ 로서 300 mg/l(일본) 100~500 mg/l(WHO)	보일러에 스케일이 생기며 불쾌한 맛을 유발함

2. 산업폐수

산업폐수 중에서 악취생성의 원인물질인 화합물의 냄새감지 최소농도를 표 2에 나타내었다.

위의 표 2에서 보는 바와 같이 대표적인 냄새기여 화합물질은 페놀류, 아민류, 머캅탄류 등의 화합물이다. 페놀의 냄새감지 최소농도는 1~5.9 mg/l로 다른 화합물에 비해 높으나 염소와의 반응시 생성되는 염화페놀 화합물은 극미량의 낮은 농도에서도 냄새를 일으키는 성질을 지닌다. 이외의 냄새원인 물질로는 아민류 및 머캅탄류 화합물을 들 수 있다.

일부의 중금속 등에 의해서는 불쾌한 맛을 유발하게 되는데 맛유발 물질의 특성은 표 3과 같다.

3. 조류

많은 조류 및 조류사체들은 상수원에서의 냄새

유발물질 중의 하나이다. Blue-green algae가 함유되어 있는 물을 염소소독하면 클로로페놀 냄새를 야기시킨다. 조류에 의해 여러 유기화합물이 방출되는데, blue-green algae에 의해 생성되는 휘발성 물질의 대부분은 냄새 유발물질이다. 조류의 사체는 2가지 경로에 의하여 냄새를 야기시키는데, 첫째는 조류가 죽어서 분해될 때 냄새물질이 방출되는 경우이며, 둘째는 조류사체가 냄새 유발 미생물인 *Actinomyces*의 성장을 촉진하는 경우이다. Blue-green algae가 분해되면 methylmercaptan, isobutylmercaptan, n-butylmercaptan, dimethylsulfide, dimethyltrisulfide 등 여러 종류의 냄새유발물질인 황화합물을 생성한다. 부영양화 상태의 저수지에서는 살아있는 조류에 의해서도 휘발성 황화합물이 생성된다. 조류에 의해 유발되는 냄새는 향료냄새, 풀냄새,

표 4. 냄새 유발 조류의 종류, 냄새감지 농도 및 특성

조류의 종류	냄새감지 최소농도		냄새의 특성(다량존재시)
	cell/100 ml	colonies/100 ml	
Cyanophytes			
<i>Anabaena</i>	530,000	20,000	시궁창, 분뇨, 약품
<i>Aphanaizomonon</i>	660,000	20,000	시궁창, 분뇨, 약품
<i>Gomphosphosphaeria</i>	—	17,000	풀냄새
<i>Microcystis</i>	3,500,000	—	시궁창, 분뇨, 약품
<i>Oscillatoria</i>	5,300,000	300,000	곰팡이, 향료냄새
Chlorophytes			
<i>Ankistrodesmus</i>	400,000	—	풀냄새, 곰팡이냄새
<i>Chlamydomonas</i>	360,000	—	비린내, 분뇨, 약품
<i>Closterium</i>	20,000	—	풀냄새
<i>Eudorina</i>	—	8,000	비린내
<i>Pandorina</i>	20,000	—	비린내
<i>Scenedesmus</i>	—	150,000	풀냄새
Euglenophytes			
<i>Euglena</i>	80,000	—	비린내
Chrysophytes			
<i>Dinobryon</i>	300,000	—	비린내
<i>Mallomonas</i>	45,000	—	비린내
<i>Synura</i>	—	1,000	비린내
Diatoms			
<i>Asterionella</i>	300,000	—	비린내
<i>Cyclotella</i>	220,000	—	비린내
<i>Melosira</i>	250,000	—	곰팡이냄새
<i>Synedra</i>	300,000	—	비린내, 곰팡이냄새
<i>Tabellaria</i>	75,000	—	비린내
Pyrrophytes			
<i>Ceratium</i>	20,000	—	시궁창, 분뇨, 약품
<i>Cryptomonas</i>	120,000	—	비린내, 제비꽃냄새

표 5. 냄새의 종류에 따른 대표적인 화학물질

냄새의 종류	화 학 물 질
1. 흙, 곰팡이냄새	MIB, Geosmin
2. 표백제냄새	유리염소, 모노, 다이, 트리클로로아민
3. 풀냄새	조류종류(<i>Anabaena</i>)
4. 시궁창냄새	머캅탄류, 유기 및 무기황화합물, 사이올류
5. 분노냄새	Skatol, Indole 등
6. 화장품냄새	생물학적인 기원
7. 비린내	Trimethylamine
8. 약품냄새	페놀화합물
9. 석유냄새	석유화학물질

표 6. 냄새 유발물질과 처리법

발생원인	물 질	처리법
- 조 류	Geosmin 2-methylisoborneol(2-MIB)	산화(aeration) 및 흡착
- 부 패	H ₂ S CH ₄	
- 유기 및 부유물질	암모니아성 질소 Chlorophenol(C ₆ H ₅ ClO) : 농약의 원료 Toluene(C ₇ H ₈) : 신나, 도료, 인쇄용 잉크 Benzene(C ₆ H ₆) : 유기용재로서 사용 Phenolic compounds : 화학공장, 가스제조과정	

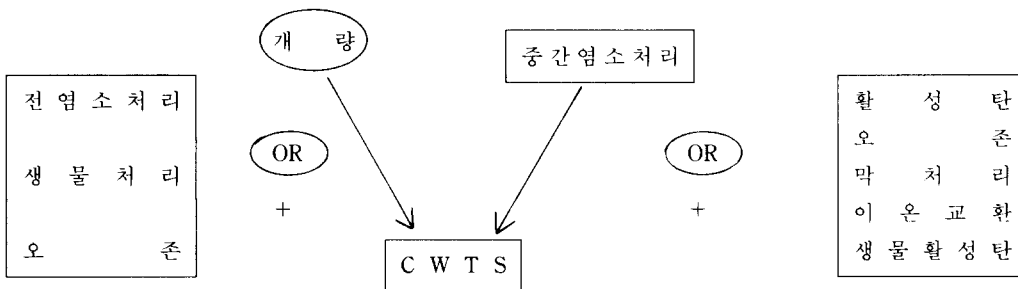


그림 1. 고도정수처리의 전개방향.

—고도정수처리란 기존의 기본 정수처리시스템의 전·후과정에 추가공정을 보완함으로써 맛, 냄새 등을 제거하여 음용수에 적합한 맛있는 물을 생산, 공급하는데 목적이 있음.

비린내 및 흙냄새로 크게 분류되는데 표 4에 냄새를 유발하는 조류의 종류, 냄새감지 최소농도 및 냄새 특성을 요약하였다. Palmer(1962) 등은 blue-green algae 및 *Hydrodictyon*이나 *Cladophora* 등의 green-algae가 많이 존재하면 분노냄새를 야기시킨다고 하였다.

4. 기타 미생물

박테리아, 균류 및 동물성 플랑크톤 등에 의하여도 상수원의 냄새문제를 야기시킬 수 있다. 철박테리아는 수심이 깊은 물 및 송수시스템에서 냄새를 야기시키며, 황산염을 환원시키는 박테리아는 황산염을 황화수소로 환원시켜 썩은 계란냄새를 야기시킨다. *Pseudomonas*와 같은 몇몇 박테리아는 아미노산을 황화수소, methylmercaptan, dimethylpolysulfides 등의 냄새 유발물질로 전환시키며, 균류인

표 7. 고도정수처리의 종류와 장·단점

종 류	장 점	단 점	비 고
전 염소처리	암모니아성 질소 질소제거	THM(발암성물질) 생성 조류파괴	중간 염소처리
생물처리	암모니아성 질소 산화 탈 질 경제적	수온의 영향을 받음(10℃ 이하에서는 효율성 저하)	슬러지 관리 중요
오존처리	강력한 산화력으로 탈취, 탈 색이 가능	암모니아성 질소 제거 불가능 알데히드류 등 생성물질 발생 지속성이 없음 다량의 에너지 소모	환경에의 영향 고려
활성탄 처리	Humic 등의 유기물질 흡착 능력이 큼	높은 투자비용	흡착물질의 재방출 우려
막처리	THM 제거 바이러스 제거	높은 투자비용 처리용량의 비용	
이온교환	유해음이온 제거 THM의 제거	높은 투자비용	이차오염
자외선	잔류물질 부존 과잉주입우려 無	처리용량이 문제 유지관리의 어려움	

표 8. 각 단위조건의 제거특성 비교

대상분석	처리법	종래처리		고도처리					
		중속 여과	응집·침전 속도여과	오존 처리	활성탄 처리	폭기	생물막 처리	UF막	RU막
철		○	○	○	○	X	△	○	○
망간	간	○	○	○	X	X	△	○	○
페놀	늘	X	X	○	○	X	X	X	○
음이온계면활성제	성	△	X	○	○	△	△	△	○
암모니아성 질소	제	X	X	X	X	△	○	X	○
곰팡이류		○	X	○	○	X	○	X	X
THMF P		X	△	○	○	X	△	△	○
휘발성 유기염소		X	X	△	○	○	△	X	△
비휘발성 유기염소		X	X	△	○	X	X	X	△
유리탄산		X	X	△	X	○	X	X	X
세계균류		△	X	○	X	X	X	△	○
중발잔류물		X	X	X	X	X	X	X	○
KMnO ₄ 소비량		○	△	○	○	X	○	△	○

○ : 제거효과 대, △ : 어느 정도 제거효과 있음, X : 제거효과 없음.

Chaetomium globosum 및 *Basidiobolus ranarumi*는 냄새유발물질인 Geosmin을 생성하고 곰팡이류는 흙냄새를 유발하는 것으로 알려져 있다. 갑각류인 *Cyclops*와 *Daphnia* 및 후생동물인 *Keratella* 같은 동물성 플랑크톤이 다량 존재하면 비린내를 야기시키며, 선충류는 흙냄새를 야기시키고 몇몇 아메바

종류도 냄새를 야기시킬 수 있다.

III. 냄새종류에 따른 분류

미국 수도협회는 최근에 냄새종류를 9가지로 크게 분류하여 각각의 냄새발생에 기여하는 화합물을 정

리하였는데 그 중 일부를 소개하면 표 5와 같다.

분뇨냄새를 내는 대표적인 물질로는 황화합물로서 머캅탄류, 사이올 및 황화수소 등을 들 수 있으며, 약품냄새는 페놀화합물, 표백제 냄새는 모노, 다이, 트리크로로아민 등이다.

IV. 정수장에서의 비상대책

수돗물에서의 이취미에 관한 소비자의 인원은 산업화가 우리나라보다 빨리 이루어진 선진 공업국가에서 많이 발생되어 이미 이에 대한 많은 연구가 축적되어 있다. 따라서 이들 국가들의 경우 냄새가 발생한 수돗물의 발견시 정수장이 대처해야 할 조치들도 확립되어 있다. White(1992)가 제안한 냄새 발생시의 정수장 응급조치를 소개하면 다음과 같다.

- ① 정상시의 염소주입량으로 시간에 따른(5, 15, 30, 45, 60분 등) 염소요구량 실험을 하며 동시에 냄새테스트를 실시한다. 이때에 잔류염소 파괴점이 관찰되었는지를 확인한다.
- ② 정상시의 염소주입량 보다 많이 또는 적게 같은 실험을 반복하면서 냄새테스트를 실시한다.
- ③ 위의 모든 조건에서 계속 냄새가 발생시 암모니아를 주입하는데, 총질소에 대한 염소량의 비율을 3~12가지 변화시키면서 냄새테스트를 한다. 이때의 반응시간을 30분과 60분으로 선정한다.
- ④ 냄새의 계속 발생시 염소주입 전후로 활성탄 주입량을 변화시키면서 같은 실험을 반복한다.
- ⑤ 냄새가 계속 발생시 염소주입 전후로 과망간 산칼륨량을 변화시키면서 주입하여 같은 실험을 반복한다.
- ⑥ 냄새가 계속 발생시 염소주입 전후로 활성탄 량과 과망간산량을 변화시키면서 주입하여 같은 실험을 반복한다.

V. 고도정수처리 시스템 기술도입

—음용수의 문제점은 정수과정 뿐만 아니라 배수 및 급수과정에서도 발생되고 있음. 고도정수처리 시스템의 도입은 정수과정의 문제점을 해결할 수 있는 방법이지만, 음용수 송·배수관, 대형건물 및 아파트 등의 저수시설의 개선이 없이는 최종 소비자에게 깨끗한 물을 공급하기는 불가능하다고 판단된다. 따라서 고도정수처리 시스템설치 효과를 극대화하기 위한 전제조건으로 송·배수관의 교체 및 저수시설의 관리강화가 필수적으로 판단

된다.

- 일본의 경우 고도정수처리 시스템의 도입을 위하여는 인구 5만의 소도시에서 이취미가 발생하는 시기에만 고정상 방식의 입상활성탄 처리에 연간 2,000만원의 비용이 소요되는 것으로 추정되고 있으며, 따라서 우리나라에서 고도정수처리 시스템의 도입을 위하여는 필요한 연차적 투자소요금액을 추정하고, 필요한 재원을 조달하는 방안을 강구할 필요가 있다(국내 활성탄 가격은 1톤당 200만원).
- 국내 화명정수장의 경우 오존처리시설 도입에 80억원이 소요되었으며, 따라서 모든 국내 정수장에 오존처리시설을 도입할 경우 막대한 환경예산이 필요하게 된다.
- 정수처리 과정에서 발생하는 문제점의 많은 부분은 기술적인 운영상의 미숙으로 발생되고 있다고 판단된다. 이러한 문제점의 재발을 방지하기 위하여서는 pilot-plant의 실험 및 운전을 관리할 현장 종사자들이 참여하는 실제 현장적용 실험을 통하여 충분한 기술축적물을 이룰 수 있는 사전 시간이 필요하다고 판단된다. 고도 정수처리 시스템의 기술도입, 수질오염의 특성에 따라 연구 검토 후 설치되어야 할 것이며, 수질의 양호한 지역에는 적합하지 않은 공업이라고 사료된다.

VI. 결 론

음용수 관련 오염사건이 연이어 발생하여 국민의 수돗물에 대한 불신이 크게 심화되어 가고 있어서 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다. 최근 정부에서는 많은 대책들을 발표하였으나, 이러한 좋은 대책들이 성과를 거두기 위해서는 문제에 대한 정확한 파악이 선행되어야 한다. 음용수 중의 냄새원인물질에 대한 정확한 원인 규명은 문제의 성격에 따라 단시간에 밝혀질 수도 있으나 연구를 필요로 할 경우도 있다. 문제에 대한 구체적인 이해없이 대규모의 투자를 하면 효과를 극대화하기 어렵다. '74년 미국에서 트리할로메탄이 전국 정수장에서 검출되었을 때 이에 대한 대책마련으로 트리할로메탄의 기준만을 설정한 것이 아니라 지표수처리법을 통하여 병원성 미생물의 소독조치가 강화되었으며 각 정수장 처리수의 특성에 맞는 조치들이 아직도 이루어지고 있음은 눈여겨 볼 만한 사실이다.

수돗물 냄새발생을 막고 질 좋은 수돗물을 생산하기 위해서는 냄새발생 규명 및 제어를 위한 관련연구, 정수장 및 학계의 협동연구가 절실하다고 하

졌다. 뿐만 아니라 정수장에서 종사하는 사람들의 전문성 강화와 사고발생시 대비하는 교육훈련이 되어 있어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) World Health Organization(WHO) : Guidelines for Drinking Water Quality, 2, 1984.
- 2) Yoon, J. and J. N. Jensen : Analysis of Organic and Inorganic Monochloramines by HPLC. Proceedings of the 1992 Water Quality Technology Conference, 475-482, 1993.
- 3) Wollovial, E. J. *et al.* : Identification and Treatment of Taste and Odors in Drinking Water. American Water Works Association Research Foundation, 1987.
- 4) 日本水道協會 : 高度淨水施設技術資料(活性炭處理施設), 1988.
- 5) 日本水道協會 : 高度淨水施設導入ガイドライン, 1988.
- 6) 윤세용 : 음용수 중의 악취발생물질 규명과 제어를 위한 제언(낙동강 하류지역 음용수 오염사건을 중심으로). 아주대학교, 1994.
- 7) 이상은 : 고도정수처리기술(이취미 제거기술 중심으로), 1994.

— 일본의 유기물 등에 의한 수원오염사고 사례 —

<별첨 1>

사 례	시 기	상황 및 원인	대 책	비 고
1. 공장유압펌프에서 기름 유출	64년 10월 8일	淀川鳥飼大橋 부근에 다량의 重油상의 물질이 유하가 확인되어 상류의 오염조사를 실시한 바 神足橋 상류의 陶業 KK會社の 油壓펌프 가동 중 重油가 소량씩 배출되어 배수로 부근에 퇴적하다가 강우로 일시적으로 다량으로 유하됨.	유압펌프주변의 기름에 흘러나오지 않도록 방지 및 배수구에서 기름을 모은 후 배출하도록 지시하고, 정수장에서는 유입된 기름을 침사지에서 흡수제거 시키도록 하였으며, 着水井, 혼화지에서는 수위를 높여 표면에 부상한 기름을 제거하였다.	
2. 염색공장에서의 착색 폐수	67년 5월 8일	大阪市·府·阪神水道합동조사에 의해 오락원은 高槻市 소재의 大日本セル로판 공장으로 밝혀졌다. 당시 이 공장은 적색셀로판을 제조하고 있었으나 염색도가 악화되어 염색액은 5월 6일 약 1톤, 그후 다시 8일경에 약 2.5톤을 배출하였다. 이 염색액 중에는 로잘린레드B 등의 염료가 함유되어 있었으나 이 당시 침전지의 양수펌프고장으로 이 염색액이 직접 新川으로 배출되어 芥川을 거쳐 淀川右岸에 혼입되어 하류의 淀川右岸이 분홍색으로 변함.	다행히 정수장에서 前鹽素로 표백되고 황산알미늄의 플럭에 의해 흡착되어 침수에는 영향이 없었다. 大阪通産局에서는 행정지도를 하여 이 공장은 ① 염색액을 바꿀때에는 농후폐액은 표백하여 내보낸다. ② 염색공장관계 폐수는 상시 회색하여 내보낸다.	이후 재사고가 발생
3. 시안폐수	68년 3월 2일	早朝市民이 瀬田川, 宇治川 일대에 물고기가 떠있다는 통보로 滋賀縣에서 상황조사 결과 瀬田川에서 東海道線鐵橋하류에 關電취수구 부근과 宇治川에서 다수의 물고기가 죽어있는 것을 알아내어 관련정수장에서는 취수를 중단하여 수질을 검사하였다. 원수에서 伏見취수장, 宇治川宇治橋, 關電방류구에서 시안이 검출되어 물고기부상의 원인은 시안액 유출로 판정되었다.	신사부근까지의 수원수질조사를 실시하였으나 시간적인 관계로 瀬田川에서는 시안이 검출되지 않았으며 원수 수질에 이상이 없었다. 滋賀縣의 조사에서 오락원은 명확히 파악할 수 없었으나 의문점이 가는 도금공장에서 공장배수 유입 후에 盛越川에서 시안이 검출되므로서 滋賀縣은 배수처리시설의 개선 등 행정지도를 실시하고 위생연구소에서는 수질검사를 강화시켰다.	

사 례	시 기	상 황 및 원 인	대 책	비 고
4. 공장에서의 디클로로벤질아민 추출	69년 4월 4일	京都市伏見區의 新日本理化學 KK공장은 디클로로벤질아민과 키세이소다를 원료로 사이크로아민소다(치크로)를 제조하고 있었으나 제 조용 반응병을 세정할 때 디클로로벤질아민을 포함한 세정폐수가 宇治川을 거쳐 淀川으로 유하하였다. 이 배수는 淀川유량 상황에 의해 희석되지 않고 유하하여 下流左岸 각 정수장에 유입되어 정수장에서 주입한 염소와 반응하여 자극성의 약품냄새 발생을 시킴.	정수장에서는 사건당일 원수에 염소수를 첨가하여 臭氣측정을 하였으나 자극성약품냄새가 臭氣농도가 약 4.0 이상으로 취수를 일시 중단하여 臭氣가 감소한 후 취수를 재개하였으며 오탁원으로 판명된 공장에 대하여 淀川수질협 회에서는 염중항의와 개선방안을 강하게 요망 하였으며 大阪通産局은 행정지도를 실시하였 다.	
5. 불법폐기폐유의 강우에 의한 유출	69년 5월 19일	정수장원수가 기름오염으로 상수가 이취를 일으켜 조사결과 산업투기장에 불법투기된 폐유가 강우에 의해 유출하여 北川, 天野川을 거쳐 淀川본류에 유입된 것으로 판명.	정수장에서는 이취의 제거를 위해 분말활성탄 을 주입하였으며, 사고당일의 정수원수, 정수 수질에서는 일반항목은 이상이 없었고, 폐놀 류도 정수에서는 검출되지 않았고 중금속도 기준치 이내지만 평소보다 다소 높은치를 나타냈다. 또 폐기물 주변에 체류하고 있는 오 수의 수질은 폐놀류 및 취기가 높았으나 양이 적어 淀川원수에는 영향이 없었다. 그러나 폐 유를 포함한 오수 및 정원원수에 PCB가 함유되어 있다는 것이 판명되었으며 취기원인물 질에 대해서는 명확히 알 수 없었다. 원인자 부담으로 제방을 건축하여 폐유의 유출을 막고 또한 폐기물투기장 주변은 공업단지조성에 따 라 복토, 整地되고 수도도 콘크리트로 하여 폐유유출을 전면 차단하였다.	

사 레	시 기	상황 및 원인	대 책	비 고
6. 4개의 공장에서 기름유출	72년 2월	① 카본페이퍼 KK공장의 중유서비스탱크의 고장으로 C중유가 船橋川으로 유출 ② 酒造공장의 저장탱크에 급유 중 B중유가 유출 ③ 급식센터의 저장탱크에 관리자의 부주의로 급유한 A중유가 유출 ④ 공장의 서비스탱크의 자동스위치의 고장으로 C중유가 유출되어 도랑, 車谷川, 船橋川을 거쳐 본류까지 흘러나옴.	① 다행히 淀川本류의 수위가 높아 船橋川에 멈추어 공장측에서 거의 회수 ② 平戶橋 부근까지 공장측이 회수 ③ 利根川까지 거의 회수하였으나 일부소량이 본류에 유입 ④ 공장측에서 진공차, 오일펜스 등을 이용하여 제거한 결과 80%정도를 회수하였고 정수장에서는 침사지에서 회수하였다. 공장측의 적극적인 회수작업을 함으로 피해는 적어졌다.	
7. 불법투기물에서 강우에 의한 폐물의 유출	72년 10월 30일	船橋川에서 폐물류를 포함하는 폐수가 유하하여 하류 각 정수장에서 이취가 나는 사고가 발생. 사고의 원인은 우수관에 불법투기된 타르물질이 車谷川, 船橋川을 거쳐 淀川本流로 유하됨.	우수관의 타르물질의 제거를 위해 우수관면홀에 활성탄을 투입하여 우수관의 상류측에서 수세하여 이 오수를 오수관으로 수중필프로 배출하여 우수관에서 복구하수처리장까지 운반하여 처리하였으나 오수관이 도중에 막혀 소량씩 車谷川으로 유출하여 강우에 의해 폐물을 함유한 폐수가 淀川까지 유하되었다. 정수장에서는 정수를 따듯히 하여 이취가 약해지더니 차가울 때 완전히 이상이 없어져 활성탄을 투입하지 않았다. 폐액의 정량시험결과 관련성분이 함유된 폐액을 배출하는 전기질연계로관계 공장 혹은 산업폐기물 처리업자를 조사하였으나 판명하지 못하였다.	
8. 불법투기 폐유 유출	74년 5월 23일	광제를 매립한 토지에 폐유 약 72톤을 불법 투기하여 폐유가 수로에 새어나옴.		오일펜스 또는 오일캐처를 이용하여 제거하고 구멍내의 폐유는 응고제를 이용하여 굳게한 후 업자가 제거하였다.

사 례	시 기	상황 및 원인	대 책	비 고
9. 공장에서 시인액의 유출	74년 8월 23일	<p>枚方市小松제작소에서 동도금조와 여과기 사이의 연결 고무호스가 균열되어 시인 8%를 함유한 도금액 약 1500l가 유출되어 즉시 침전조, 비상조에 남은 액은 처리조로 펌프하고 최종처리지에 있는 유분리조의 배수구도 막아 처리를 하였으나 유출한 액의 반정도가 信之柴川에 유출되어 물고기가 하얀배를 보이며 부상.</p>	<p>하류에 각 수도에서는 엄중한 원수질감시를 하던 중 유출점에서 약 10 km하류의 寝屋川市수도의 취수장의 원수에서 시인혼적을 검출하여 취수를 중단하였다. 그러나 약 5 km 하류의 취수점외에서는 거의 시인이 검출되지 않았으며 원수질감시용으로 淀川원수에서 기르는 물고기에도 이상이 없었다. 이후 大阪府, 枚方市の 공해당국의 지도로 공장은 시인 도금공정을 전면중단.</p>	
10. 불법투기물에서 강우에 의한 폐놀의 유출	75년 2월 5일	<p>京都府 毛原川의 물을 끌어 이용하는 정원의 연못에서 물고기가 부상한 것이 발견되어 상류를 조사하여 砂利採取場에 산염폐기물이 불법폐기되어 있는 것이 발견됨.</p>	<p>불법투기된 靑綠色 약품냄새의 폐액이 採砂를 위해 지하수를 배수할 때 手原川에 배출하여, 이후 배출을 금지하였으며 폐액에 폐놀류가 많다는 것, pH가 높다는 것을 밝혔다. 채석장 주변에 폐유와 폐유오니를 처리하는 공장에서 혼화조의 물이 연못의 폐액에 가까운 색과 취기를 하고 있었으나 이를 연소처리하고 있어 이 사고와 직접적 관련이 없다고 보이나 우천시에는 도량을 통해 흘러나올 위험도 있으므로 개선토록함. 정수장에서는 취수량을 줄이고 전염소주입율을 올려 응집지의 유리잔류 염소 목표치를 0.7에서 1.5로 하였다.</p>	
11. 유기인계 살충제의 투입	75년 12월 4일	<p>유스리카의 유충을 驅除하기 위해 枚方市の 黒田川상류에 유기인계 살충제를 원액 그대로 투입하여 물이 백탁이 되고 물고기가 부상함.</p>	<p>오염된 물이 직접 淀川에 유출되는 것을 막기 위해 黒田川수문을 폐쇄하였으나 상류에서 내려오는 물이 채류될 때 수문부근이 침수될 우려가 있으므로 미리 분말활성탄과 카세이소다를 이용하여 오염수를 흡착분해하고 분말활성탄을 투입하여 소방펌프로 교환하였다. 이후 수문을 열어 정전본류로 배출할 때 분말활성탄과 카세이소다를 투입하면서 방류하면서 원수수질감시를 하였다. 다행히 정전본류의 유량이 200 m³/s 이상으로 하류의 정수원수에는 이상이 없었다.</p>	

사 례	시 기	상황 및 원인	대 처	비 고
12. 공장에서 톨루엔, 초산에틸의 유출	80년 4월 22일	하천개수공사 중 油脂臭 및 刺激臭를 발견하고 조사결과 셀로판공장에서 톨루엔(75~80%)과 초산에틸(20~25%)의 혼합액을 펌프이송 중에 약 400l가 부주의로 저장탱크에서 유출됨.	중화제(계면활성제)를 실포하여 처리하였고 하루 각 수도에는 이상이 없었다.	
13. 공장에서 페놀의 유출	84년 12월 22일	攪拌공업단지 중 페놀수지를 제조하는 공장에서 시설불량과 관리자의 부주의로 흘러나온 페놀이 우수와 혼합되어 수중펌프로 순환용수로 배출된 것이 순환용수로의 수온도가 상승하여 그 물을 하천으로 배출하여 사고의 원인으로서는 하천에서 다량의 물고기가 부상하였으 며 강한 크레졸 냄새가 남.	공장에서 용수로에 페놀유입수의 유출방지를 위해 진공차로 흡입시켜 처분하였으나 먼저 유출된 페놀은 본류인 淀川으로 유입되었다. 그러나 그 당시 淀川은 80 m ³ /s으로 예전에 없던 갈수상태로 페놀은 보통의 수배의 체류 시간으로 정천에서 취수하지 않는 정수장에서 는 한번의 준비를 하였으나 원수 중의 고농도의 페놀이 검출되어 취수정지와 분말활성탄을 투입하여 대처하기도 하였다. 한편 취기제 거 실험에서 페놀은 유리염소에 의해 분해되므로 淀川의 상류조사결과 원수 중의 페놀농도는 0.2 mg/l 넘지 않는다고 판단되므로 pH를 7.5정도로 제어하여 활성탄을 사용하지 않고 불연속 염소처리하여 대처할 수 있다. 이때 유리염소는 1 ppm 이상 유지하는 것에 유의.	
14. 불법투기물에서 톨루엔, 에틸벤젠의 유출	86년 10월 24일	산업폐기물의 불법투기로 靑山川이 백탁이 되고 특별천연기념물의 물고기가 죽음.	폐액의 검사결과 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠 등이 검출되었으며 본류인 淀川에서의 영향은 없었다.	
15. 농약의 유출	90년 11월 19일	奈良市에서 농약 calcium polysulfide의 희석액 200l가 도랑을 통하여 淀川으로 유출하여 부근일대 하천수가 백탁이 됨.	淀川에서 취수하는 市간이수도의 취수점을 다 른 수원으로 바꾸고 정수장원수를 취수중지하 고 안전성을 확인하였으나 이상은 발견되지 않았으며 淀川에서의 물고기 停止은 확인되지 않았다.	

사 례	시 기	상황 및 원인	대 책	비 고
16. 지하매설탱크에서 중유의 유출	91년 1월 7일	奈良市에서 지하매설탱크의 A중유 1,800l가 배수구를 거쳐 白砂川으로 유출되어 오일펜스 등을 사용하여 일부 제거하였으나 일부는 에멀전 상태로 유하됨.	하류의 간이수도의 취수를 정지하였으며 白砂川本津川 합류지점까지 기름냄새가 났으나 합류 후 냄새는 나지 않았다. 정수장에서도 취수를 일시 중단하였으나 이상은 나타나지 않았다.	
17. 공장에서 에틸렌페놀의 유출	91년 11월 8일	滋賀縣의 三井化學공장 관리자의 부주의로 에틸렌페놀 1드럼이 유출되어 하천의 물고기가 죽음.	유출방지 등의 대책을 실시하고 감시를 하였으나 이후 피해가 발생하지 않음으로 감시체제를 해제하고 하류의 정수장에서의 영향은 없었음.	
18. 공장에서 切削油 유출	92년 11월 4일	枚方市 중소기업단지내 공장에서 수용성의 切削油가 유출되어 상류지천에서 백색의 물이 유하됨.	현장의 유출방지조치로서 유하를 막고 고인물이나 멘홀의 물은 퍼올려 제거하고 船橋川으로 유출된 것이 淀川본류로 유출된 것으로 확인되었다. 회수유를 200배 희석하여도 냄새가 나므로 정수장에서 활성탄을 주입하였으며 淀川左岸의 조사에서는 이상없었다.	
19. 공장에서 切削油 유출	93년 3월 19일	船橋川에서 하천의 물이 백탁이 됨. 조사결과 원인은 枚方市 중소기업단지내 電線제조회사에서 수용성이 切削油가 탱크에서 OVERFLOW하여 船橋川으로 유출되는 것으로 밝혀짐.	淀川의 유입오염방지조치로서 船橋川의 淀川 합류지점에서 약 2 km 상류지점에서 흙을 쌓아 하천의 물을 막아 진공차로 백탁수를 회수하였으나 흙이 무너져 淀川으로 백탁수가 유하하여 淀川합류지점 직전에서 淀川하천부지에 구멍을 파서 고인 물을 수중펌프로 주입하여 淀川으로의 직접 유입을 막아 백탁수를 제거하였다. 각 취수장에서는 분말활성탄을 주입.	