

총설

# 수돗물에서 미량유해물질의 체계적 관리방안 연구

박선구<sup>†</sup> · 임연택

국립환경연구원 물환경연구부 수질검사과

## The Systematic Management for Trace Hazard Compounds in Drinking Water

Sun-Ku Park<sup>†</sup> · Yeon-Taek Rim

Water Quality Research Department, National Institute of Environmental Research, Kyungseo-Dong, Incheon, 404-170, Korea  
(Received 18 April 2005, Accepted 26 May 2005)

### Abstract

The study was carried out to improve and regulate the drinking water quality standard and drinking water quality monitoring substances.

For the reliability and safety of finished water, It has been monitored for trace organic and inorganic compounds of 333 in finished water of water treatment plants during 1989 to 2003. As a result of monitoring, 51 compounds were detected from 333 compounds, and it has been regulated the drinking water quality standard of 26 substances and 20 monitoring substance.

Improvement and regulation method of the drinking water quality standard was performed by comparing and analyzing with detection concentration, detection frequency, risk assessment and foreign drinking water quality standard.

**keywords** : Drinking water quality standard, Drinking water quality monitoring substances, Detection concentration, Detection frequency, Risk assessment

## 1. 서론

석유화학공업의 발달과 자동차 산업 발전 등에 따라 인간의 삶은 보다 안락하고 풍요로워 졌으나 인구의 도시 집중화와 더불어 급속한 도시화 등을 야기시켰다. 이에 따라 생활 양식 등 문화적 가치 등이 커다랗게 변화되었을 뿐만 아니라 환경오염물질도 증가되어 지구 생태계 및 환경에 막대한 영향을 미치게 되었다. 즉 지구의 온난화, 멸종 동식물의 증가, 지구 오존층의 파괴, 산성비 등 인간이 삶을 영위하는데 필수적인 자연환경이 지속적으로 파괴되어져 오고 있으며, 이러한 현상은 생체의 기형화를 야기하는 상태까지 도달하고 있다.

화학산업의 발달에 따라 사용되는 유해성 유기화학물질의 종류가 다양해지고 그 사용량도 점차 증가되고 있으며, 수질오염물질의 종류도 무수하고 다양하게 발생되어 이들이 상수원수로 사용되고 있는 하천이나 호소 등으로 유입됨으로서 자연정화능은 떨어지고 수질환경은 점차 악화되고 있는 추세이다. 따라서 호소의 부영화로 식물플랑크톤이 대량 증식되어 상수원수의 냄새와 맛의 문제, 유기염소계 화학물질과 각종 농약 등이 하천 등에 유입되어 새로운 오염물질이 발생되고, 그 빈도도 증가되고 있는 실정이다 (박 등, 1999a; 박 등, 2000a).

이렇게 다양하고 무수한 종류의 유해화학물질이 포함된

상수원수를 정수장에서 먹는물 수질기준에 적합하도록 정수처리하여 안전하고 신뢰성 있는 수돗물을 공급하고 있으나, 생활수준 향상과 함께 편안하고 안락한 생활을 추구하고 건강의 관심도도 크게 높아짐에 따라 질이 더 좋은 다양한 형태의 먹는물에 대한 국민들의 관심이 증대되고 있다.

세계보건기구(WHO)에 의하면 물 중에는 약 2000여 가지의 화학물질이 존재하며, 750여 가지의 물질이 먹는물 중에서 검출되고 있고, 이중 600여 가지 이상이 유기오염물질로 알려져 있다. 이들 물질 중에는 발암성, 돌연변이성 및 유독성 물질이 포함되어 있어 우리가 매일 마시는 먹는 물에 대한 관리의 중요성이 날로 증가되고 있는 실정이다. 특히, 먹는물 중 미량유해물질인 휘발성 유기물질, 유기용제, 소독부산물, 페놀, 농약, 다환방향족 탄화수소, 프탈레이트 등의 유기합성화합물 및 중금속과 최근에 커다란 관심의 대상이 되기 시작한 내분비계장애물질 등이 인간의 건강에 큰 영향을 미치게 되기 때문에 끊임없는 관심과 지속적인 연구의 대상이 되어 왔다.

따라서 먹는물 중에 이들이 극미량으로 함유되었다 할 지라도 인체의 건강과 직결되기 때문에 미량유해물질에 대한 지속적인 함유실태조사와 인체에 영향을 미치는 안전성 연구가 절대적으로 필요한 과제라 할 수 있다. 그러나 수돗물 중 미량유해물질에 대한 조사연구가 다른 환경분야에 비해 예산이 미흡하여 이에 대한 좀더 폭넓고 전문적인 연구가 미흡한 실정이다.

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
nierpsk@hanmail.net

우리가 매일 마시는 먹는물의 안전성을 판단하는 지표가 되는 것은 먹는물 수질기준이다. 지금까지도 먹는물 수질기준을 설정하는데 과학적이며, 체계적으로 수행되어져 왔으나 좀더 효율적이고 체계적인 수질기준을 설정하기 위해서는 지속적인 함유실태조사 및 인체 위해성 평가와 함께, 간편하고 용이하며 신뢰도가 우수한 분석데이터를 산출할 수 있는 분석방법을 마련해야 하는 것이다. 즉 먹는물 수질기준 설정과 함께 시험방법이 동시에 마련되어야 한다. 따라서 먹는물로 인한 인체 건강의 안전성을 판단하는 수질기준을 효율적으로 설정하기 위해서는 수돗물 중에 무수하고 다양한 미량유해물질에 대하여 체계적이고 과학적인 관리 시스템을 구축하고 확립하는 등의 지속적인 조사가 필요하다.

2004년 1월에 “수돗물에서의 미량유해물질 분석방법 연구 및 함유실태조사” 연구사업 수행결과인 1,4-다이옥산이 낙동강수계에서 고농도로 검출되었다는 내용과 함께 외국에서도 수질기준에 없고, 경제적인 적절한 처리기술이 없는 등 세계적으로 관리방안이 없거나 수립할려는 시점에서의 새로운 미량유해물질의 검출 등이 언론에 보도됨에 따라, 1,4-다이옥산에 대한 적극적이고 걱정한 대처와 함께 새로운 미량유해물질이 포함된 먹는물에 대한 안전성과 신뢰성을 사전에 검증하는데 있어서 이들 미량유해물질에 대한 신뢰도 있는 분석방법을 마련하는 등의 체계적이고 과학적인 관리를 위한 조사가 필요하다라는 것을 인식하게 되었다. 그리고 환경정책적으로도 좀더 과학적이며 지속적인 조사를 토대로 이들에 대한 체계적인 관리가 필요하다라는 것에 커다란 관심을 갖게되는 계기가 되었다(박 등, 2005).

이에 환경부에서는 2004년 12월 환경부 훈령으로 새로운 미량유해물질 발견시 처리규정안을 제정하여 향후 이들에 대한 관리를 체계적으로 할 수 있는 방안을 수립하였다. 또한 국내의 많은 전문가들에게는 먹는물 중 미량유해물질에 대한 커다란 관심을 갖게 하였을 뿐만 아니라 좀더 과학적이고 체계적인 조사의 필요성을 인식하게 하는 동기를 부여하였을 것으로 기대된다.

따라서 본 총설에서는 수돗물의 안전성 확보와 신뢰도 향상을 위해, 현재 먹는물 수질기준과 감시항목으로 설정되어 있지 않은 미량유해물질을 대상으로 1989년부터 2003년까지 수돗물에서의 함유실태 조사현황 및 검출 현황과 체계적이고 과학적인 먹는물 수질기준의 설정방법 및 인체 위해성평가 방법 등의 수돗물에서의 미량유해물질에 대한 체계적이고 과학적인 관리방안에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1. 정수장 수돗물에서의 미량유해물질 함유실태조사

#### 2.1.1. 조사대상 미량유해물질 선정방법

어느 물질을 조사대상물질로 선정하여야 하는가는 먹는물의 안전성과 신뢰성을 확보하는데 있어서 매우 중요한 기본요소이며, 또한 선정된 조사물질은 지속적인 함유실태

조사 뿐만 아니라 기술적·경제적 여건 등을 감안한 현실성을 충분히 고려하여 관리방안을 마련하였을 때 환경정책적으로 효율적인 먹는물 수질관리가 이루어 질 것이다.

따라서 수돗물에서의 미량유해물질 선정은 우선적으로 국내에서 먹는물 수질기준이나 감시항목으로 지정되지 않는 항목이어야 하며, 둘째로 외국에서 수질기준으로 설정하여 관리하고 있는 항목이어야 하고, 셋째로 독성 및 발암성 등 인체 위해성이 큰 화합물이며, 넷째 국내의 산업체에서의 다양하게 사용되고 있거나 그 사용량이 많은 항목이어야 한다. 다섯째 환경 중에 잔류성이 큰 화합물로 분류되고, 여섯째 정수장에서 소독공정과정 중에 2차적으로 발생가능성이 높은 소독부산물이어야 한다. 일곱째로 외국에서 수질기준으로 설정되지는 않았으나 인체 건강에 위해가 있다고 판단되어 모니터링하고 있는 항목이다. 여덟째로 비교적 간편하고 용이하며 가능한 검출한계를 낮게하고, 비용·경제적인 동시분석방법이 가능한 항목이어야 하고, 끝으로 사회적으로 관심도가 매우 높은 항목 등을 우선적으로 고려하여 선정한다.

최근 미국 등 환경선진국에서는 근원적인 환경질을 개선하기 위해서 최근에는 법적규제 및 기술적 처리 등을 수반한 수질관리에 치우쳐 왔으나 정수처리과정 등 수처리 과정 중에 2차적으로 독성이 더 강한 새로운 수질오염물질이 발생하는 메카니즘을 규명하는 쪽으로 중점적인 연구를 수행하고 있어, 발생가능성이 있는 다양하고 무수한 종류의 오염물질을 사전에 예방하는 데 크게 중점을 두고 있다. 따라서 국내에서도 이러한 연구가 거의 없는 실정임으로 이에 대한 연구의 활성화가 매우 필요하며, 그 연구결과를 토대로 2차적으로 발생가능한 새로운 수질오염물질을 조사대상물질로 선정하여 지속적인 모니터링을 실시함으로써 사전 예방적인 효율적인 먹는물 수질관리가 이루어질 것으로 기대된다(박 등, 1999b).

#### 2.1.2. 조사대상 정수장

국내의 정수장은 정수처리공정이 약간 또는 크게 다른 약 550여개가 있다. 이들 모든 정수장에 대하여 미량유해물질의 함유실태를 조사하여 검출농도 및 빈도 등을 파악해야 하지만 비용·경제적인 측면 등을 고려할 때 현실적으로 모든 정수장에 대하여 조사가 어려우므로 대표성이 있는 정수장을 선정하여 실태조사를 하는 것이 모든 정수장을 조사하는 것과 동일한 효과를 가져올 수 있으므로 대표성 있는 조사대상 정수장을 선정하는 것이 중요하다.

약 550여개의 정수장은 정수처리공정별로 크게 4가지로 분류할 수 있는데, 첫째 시설용량과 일일생산량이 큰 취수구 → 착수정 → 혼화지 → 응집지 → 침전지 → 여과지 → 정수지 → 배수지 → 급수과정의 형태, 둘째 비교적 시설용량이 중간 정도인 취수구 → 착수정 → 여과지 → 정수지 → 배수지 → 급수과정 형태, 셋째 두 번째 처리공정에서 배수지가 없는 형태, 넷째 시설용량이 적은 취수구 → 착수정 → 여과지 → 급수과정의 형식이 있다. 이와 같이 정수처리 공정별 분류와 시설용량이 비교적 큰 정수장

을 우선적으로 선정하였으며, 둘째로 원수의 수질특성이 다른 4대강 수계별 정수장을 지역적인 차별화를 두어 분배하였다. 이상에서와 같은 방법으로 선정된 35개 정수장과 12개 상수원수에 대하여 모니터링을 실시하였다(Table 1).

그러나 향후 수질오염물질의 종류가 무수하고 다양해짐에 따라 원수 특성이 다른 상수원수를 사용하는 정수장을 좀더 세분화하여 조사할 필요성이 있으므로 향후에는 좀더 많은 예산을 확보하여 보다 체계적이고 효율적인 조사연구를 수행해야 할 것으로 판단된다.

**2.1.3. 년도별 미량유해물질 조사현황**

전국 수계별 정수장의 원수와 수돗물에서 국내에서 수질기준으로 정하고 있지 않거나 WHO와 미국 등 환경선진외국에서 수질기준으로 정하고 있는 미량유해물질에 대한 함유실태를 조사하고, 그 결과를 토대로 수질기준 설정 등의 관리방안을 마련하기 위해서 1989년부터 2004년까지 조사연구를 실시하였다. 1989년부터 1992년까지 국립보건원에서 37종을 조사하였고, 1992년부터 지금까지 한국과학기술연구원에서 296종을 조사하였다. 1989년부터 2004년까지 16개년 동안 총 333종의 미량유해물질에 대한 함유실태조사를 실시하였다(국립환경연구원, 2004).

년도별 미량유해물질에 대한 조사현황은 Table 2에 구체적으로 나타내었다.

**2.1.4. 미량유해물질 함유실태조사결과**

1992년부터 2004년까지 수돗물에서의 296종에 대한 미량유해물질을 조사한 결과, 휘발성(VOCs) 및 준휘발성유기화합물(SVOCs) 17종, 소독부산물 11종, 중금속 5종, 다환방향족탄화수소 6종, 농약류 2종, 기타 10종으로 총 51종이 검출되었다. 검출된 51종은 최소 3년이상 조사된 물질들이다. 이들 물질들은 WHO 등 선진외국에서 수질기준으로 정하여 관리하고 있거나 수질기준으로 정하지는 않았으나

**Table 2.** Number of yearly compounds in drinking water

Year	No. of compound	No. of sampling site	No. of survey
1989	· Thihalomethanes (1)	-	-
1990	· Parathion etc. (9)	-	-
1991	· Carbaryl etc. (16)	-	-
1992	· Fluorancene etc. (11)	-	-
	· Carbon tetrachloride etc. (22)	35	4
1993	· Benzene etc. (26)	35	4
1994	· Atrazine etc. (29)	35	2
	· Toluene etc. (19) <sup>1)</sup>	7	3
1995	· Carbofurane etc. (25)	35	4
1996	· Chloroethane etc. (25)	47	4
1997	· Bromate etc. (25)	43	4
1998	· Dichloropropane etc. (25)	43	4
1999	· Bisphenol A etc. (22)	43	4
2000	· Dieldrine etc. (24)	43	4
2001	· Benimyl etc. (25)	43	4
2002	· Amitrol etc. (14)	47	4
2003	· Chloropicrine etc. (15)	47	4
<b>Total</b>	<b>333 Compound</b>	-	-

1) Special survey substances

인체 위해성이 크다고 판단되어 모니터링하고 있는 항목들이며, 미국 EPA와 국제암연구센터(IARC)에서 발암성이 있는 물질로 분류하고 있다. 년도별 미량유해물질에 대한 검출현황을 Table 3에 구체적으로 나타내었다.

**2.1.5. 미량유해물질분류별 분석방법 적용 현황**

먹는물 수질기준은 인체의 건강과 직결되기 때문에 먹는물 중에 수질오염물질이 어느정도 함유되어 있는가를 정확하게 파악하는 것이 먹는물의 안전성과 신뢰성을 확보하는데 매우 중요하다. 이러한 오염물질의 함유정도를 정확하게 파악하기 위해서는 신뢰도 있는 분석방법이 설정되어야 한

**Table 1.** Number of water treatment plants for survey of trace hazard substances in drinking water

River	Region	No. of water treatment plant	No. of raw water	Capacity of water treatment (ten thousand ton/daily) (Minimum~Maximum)	Daily average amount of production (ten thousand ton/daily) (Minimum~Maximum)
Han river	Seoul	7	2	60~160	25~106
	Incheon	2		15~56	14~24
	Wonju Jaechun	2		8.5	3.2~6.7
	Yeosu Anyang	2		2.5~12	2.0~7.5
Nakdong river	Busan	4	2	0.8~155	0.3~76
	Daegu	4		4~80	2.5~48
	Masan	1	1	40	31
Kyum river	Daejun	2	2	20	15~33
	Gongju	1		2.8	2.6
Youngsan river	Kwangju	2	2	24~44	15~21
Others		8	3	1.5~9.6	0.6~6.2
<b>Total</b>		<b>35</b>	<b>12</b>	<b>0.8~160</b>	<b>0.3~106</b>

**Table 3.** Results Detected compounds in drinking water yearly

Year	Compounds	No. of compound	Subtotal
'92	VOCs	4	6
	Metals	2	
'94*	VOCs	5	5
'94	Disinfection by-products	7	8
	Metals	1	
'95	Pesticides	1	8
	VOCs	2	
	Polyaromatic hydrocarbons	3	
	Metals	2	
'96	VOCs	1	3
	Disinfection by-products	2	
'97	Others	1	1
'98	Disinfection by-products	2	5
	Others	3	
'99	Others	2	2
'02	VOCs	3	3
'03	Polyaromatic hydrocarbons	3	10
	Pesticides	1	
	VOCs	2	
	Others	4	
Total			51

다. 분석데이터를 산출할 수 있는 분석방법 마련은 다양한 방법과 과정을 거쳐 신뢰도 있는 분석데이터를 산출하고 그 산출된 분석데이터는 통계적인 방법에 의한 검증으로 확인하는 등의 과학적인 근거하에 표준화하여야 한다. 이러한 방법에 따라 설정된 분석방법은 공신력이 있을 뿐만 아니라 국제적으로 공인될 수 있다(박 등, 2000b).

1989년부터 2004년까지 총 333종의 미량유해물질을 조사하였으며, 조사대상물질에 대한 분석방법은 각국의 분석방법을 고찰하고 비교·분석하였으며, 물질별로 유사성을 그룹화하여 비용·경제적이고 동시분석을 할 수 있는 방향으로 설정하였다. 또한 각 분석방법들은 분석데이터의 신뢰도를 검증하고 동시에 모니터링 실시와 함께 개선하고 보완하는 과정을 거쳐 설정하여 왔다. 지금까지 조사대상물질별로 적용된 분석방법의 현황을 Table 4에 구체적으로 나타내었다(국립환경연구원, 1992~2004).

**2.1.6. 과학적·체계적 분석방법 표준화**

수돗물에서 미량유해물질을 함유실태조사 하기 위해서는 우선적으로 신뢰도 있는 분석방법이 과학적인 근거하에 마련되어야 하며 이러한 분석방법의 표준화 과정은 1,4-다이옥산을 예로들어 간단히 살펴보고자 한다. 1998년부터 1999년까지 35개 정수장을 대상으로 년 4회씩 조사한 결과, 모든 정수장에서 1,4-다이옥산이 검출되지 않았는데, 이때는 퍼지&트랩(Purge&Trap, 검출한계 50 µg/L)에 의한 기체크로

**Table 4.** Number of yearly applied analytical methods for trace hazard substance in drinking water

Year	No.	Compounds	Analytical methods	MDL(µg/L)
'89	1*	VOCs(1)	P&T	-
'90	9	Pesticide A(8), Metal(1)	LLE(MC)/GC-MS, ICP-AES	-
'91	16	Pesticide A(9), Metal(2), PAH(1) VOCs(3), Formaldehyde(1)	LLE(MC)/GC-MS ICP-AES, P&T SPE(Hexane)HPLC-DAD	-
'92	11	Acidic herbicide(2), Pesticide A(2), Chlorophenol(1), PAHs(6)	LLE/TFAA-TFE/GC-MS LLE(MC)/GC-MS	-
'92	22	VOCs(7), Hexachlorobenzene(1) Acidic herbicide A(1), Pesticides A(5), Chlorophenol(3), Metals(4), Inorganic ion(1)	P&T, LLE(MC)/GC-MS LLE/TFAA-TFE/GC-MS LLE(MC)/GC-MS Evap/ICP-AES, Filter/IC	0.005(2,4-D) ~ 500(NO <sub>2</sub> )
'93	26	VOCs(18), Acidic herbicideA(2) Pesticide A(2), Alkylphenol(1) Metals(3)	P&T, LLE/TFAA-TFE/GC-MS LLE(MC)/GC-MS LLE(MC)/TMS/GC-MS, ICP-AES	0.005(Benzene) ~ 20(Thallium)
'94*	19	VOCs(18) PAH(1)	P&T, LLE(MC)/GC-MS	0.01 (Benzo(a)pyrene) ~ 2(Vinyl chloride)
'94	29	VOCs(8), DBP(6), Pesticide B(1), Acidic herbicideA(1), Pesticide A(10), PAH(1) Metals(2)	P&T, LLE(MTBE)/GC-MS LLE/TFAA-TFE/GC-MS, LLE(MC)/GC-MS, ICP-AES	0.01(Alachlor) ~ 10(Boron)
'95	25	VOCs(5), DBP(3), Pesticide A(8), PAH(7), Metals(2)	P&T, LLE(MTBE)/GC-MS LLE(MC)/GC-MS, ICP-AES	0.01(Pyrene) ~ 5 (Nitrophenol(4-))
'96	25	VOCs(2), HAAs(3) Acidic herbicideA(4), PesticideA(3), PAH(7) Phthalate(5), etc.(1)	P&T LLE/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -MeOH/GC-MS, LLE/TFAA-TFE/GC-MS LLE(MC)/GC-MS	0.01 Permethrin(trans-) ~ 4(Monochloro acetic acid)

'97	25	VOCs(4), Epichlorohydrin(1) PesticideA(15), Acidic herbicide B(1) Inorganic ion(2) EDTA/NTA(1), PCBs(1)	P&T, LLE(MTBE)/GC-MS LLE(MC)/GC-MS Evap/TFAA-TFE/GC-MS Filter/IC Evap/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -EtOH/GC-MS LLE/GC-MS, ECD	0.01 (Chlorphyrifos) ~ 0.5 (Aldicarbulsulfoxide)
'98	25	VOCs(3), HAAs(3) Quats(2), PesticideA(7) PAH(2), DBP(2) Formaldehyde(1) Inorganic ion(1), etc(2) Dioxane(1,4-)(1), Tins(1)	P&T Evap/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -EtOH/GC-MS SPE/HPLC-DAD, LLE(MC)/GC-MS LLE(MTBE)/GC-MS SPE(Hexane)/HPLC-DAD Filter/IC, LLE(MC)/GC-MS LLE(MC)/GC-MS-2 LLE(Haxane)/NaBEt <sub>4</sub> /GC-MS	0.01(Terbofos) ~ 5 (Formaldehyde)
'99	22	VOCs(8), Acidic herbicideA(1) PesticideA(7), Acidic herbicideB(1) Alkylphenol(3) Dichloroacetaldehyde(1) EDTA/NTA(1)	P&T, LLE/TFAA-TFE/GE-MS LLE(MC)/GC-MS LLE/GC-MS-1 Evap/TFAA-TFE/GC-MS LLE/TMS/GC-MS LLE(MC)/GC-ECD Evap/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -EtOH/GC-MS	0.01(Ametryn) ~ 2 (Pentachloroethane)
'00	24	VOCs(4), Acidic herbicideB(1) PesticideA(9),PesticideB(1) PesticideC(3), PAH(2) etc(4)	P&T, Evap/TFAA-TFE/GC-MS LLE(MC)/GC-MS, LLE/GC-MS-1 LLE(MTBE)/GC-MS Evap/CH <sub>3</sub> I/GC-MS LLE(MC)/GC-MS	0.01(Fonofos) ~ 1 (Diuron)
'01	25	PesticideA(10), Bronomyl(1) Alkylphenol(6) Phthalate(4), etc(4)	LLE(MC)/GC-MS LLE/CH <sub>3</sub> I/GC-MS LLE/TMS/GC-MS LLE(MTBE)/GC-MS LLE(MC)/GC-MS	0.01 [Nonachlor(trans-)] ~0.1 (6-bromo-2-naphtol)
'02	14	VOCs(3), Amitrole(1) PesticideA(6), Acidic herbicideA(1) Toxaphene(1) Alkylphenol(1), Acrylamide(1)	P&T, Evap/Iso-BCF/GC-MS LLE(MC)/GC-MS LLE(MC)/GC-ECD LLE/TFAA-TFE/GC-MS LLE/TMS/GC-MS, Evap/LC-DAD	-
'03	15	VOCs(4), Hexachlorobenzene(1) PAH(3), DBP(3) EDTA/NTA(2) Dioxane(1,4-)(1) Dichloroacetaldehyde(1)	P&T, LLE(MC)/GC-MS LLE(MTBE)/GC-MS Evap/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -EtOH/GC-MS LLE(MC)/GC-MS-2 LLE(MC)/GC-ECD	-
Total	333	27	21	

\*PAH(Polyaromatic hydrocarbon), DBP(Disinfection By- Products), HAAs(Haloacetic acids)

마토그래피/질량분석계(Gas Chromatography /Mass Spectrometry, GC/MS)를 사용하여 분석하였다. 그러나 2000년 이후에는 일부 정수장 수돗물에서 1,4-다이옥산이 검출되었는데, 이때는 액-액 추출(Liquid-Liquid Extraction, 검출한계 0.5µg/L)에 의한 기체크로마토그래프/질량분석계(Gas Chromatograph/Mass Spectroscopy, GC/MS)를 이용하여 분석하였다(US EPA, 1992, 1996a, 1996b, 2003; WCAS, 2004; Akemi, 1997).

이처럼 퍼지-트랩방법으로는 1,4-다이옥산이 검출되지 않았으나 각국의 다양한 분석방법들을 비교·분석하고 국제적으로 단일의 분석방법이 없다는 것과 산업체에서 다양하게 사용되고 있음을 감안하여 검출 가능성이 있다고 판단되어 검출 가능한 새로운 분석방법을 개발하기 위하여 다양한 분석방법들을 정밀하게 비교·분석하였고, 신뢰도 있는 시험분석 등 심도있는 조사연구로 새로운 액-액 추출법을 개발하였다.

이상에서와 같이 분석방법의 차이에 따라 분석결과가 다르게 나타날 수 있기 때문에 서로 다른 분석방법을 이용한 분석결과는 서로 비교·분석하기가 어렵다. 따라서 분석결과와의 비교는 반드시 동일한 분석방법을 사용해야 한다. 즉 신뢰도가 우수한 분석데이터를 산출하고 불종의 오염물질의 농도를 정확하게 파악하기 위한 분석방법 설정은 심도 있고 지속적인 조사연구를 통하여 과학적 근거하에 표준화시켜 마련되어야 하는 것이 매우 중요하다는 단적인 예를 보여주는 것이라 할 수 있다.

35개 정수장의 수돗물을 대상으로 년 4회씩 1998년부터 2003년까지 조사한 결과, 1998년부터 1999년까지는 모든 정수장에서 검출되지 않았으나 2000년부터 2003년까지 일부 정수장에서 산발적으로 검출되었으며, 특히, 대구 두류정수장(217.6 µg/L) 및 매곡 정수장(173.7 µg/L)과 마산 칠서정수장(72.3 µg/L) 등 낙동강 수계에서 고농도로 검출되었다. 2000년부터 2003년까지 전국 수계별 35개 정수장

**Table 5.** Result of 1,4-dioxane in finished water during 2000~2003

Area Code	No. of water treatment plant	2000 year	2001 year	2002 year	2003 year
A-1	7	N.D	N.D~1.56	N.D	N.D
A-2	4	N.D~27.70	N.D~37.26	N.D~24.31	N.D~27.68
A-3	4	N.D~70.10	N.D~240.20	N.D~47.97	N.D~44.47
A-4	2	N.D	N.D~114.09	N.D	N.D
A-5	2	N.D	N.D	N.D	N.D
A-6	2	N.D	N.D~2.06	N.D	N.D
A-7	4	N.D~1.44	N.D~1.64	N.D	N.D
A-8	1	N.D	N.D	N.D	N.D
A-9	1	N.D	N.D	N.D	N.D
A-10	1	N.D	N.D~5.94	N.D~0.96	N.D~5.61
A-11	1	N.D	N.D	N.D	N.D
A-12	1	N.D	N.D	N.D	N.D
A-13	1	N.D	N.D~0.62	N.D	N.D
A-14	3	N.D~39.20	N.D~72.28	N.D~25.01	N.D~26.34
A-15	1	N.D	N.D~0.72	N.D	N.D
MDL		0.5	0.2	0.05	1.0
Detection range		N.D~70.10	N.D~240.20	N.D~47.97	N.D~44.47

의 정수에서 1,4-다이옥산의 조사 결과를 Table 5에 구체적으로 나타내었다(국립환경연구원, 2003).

지금까지는 분석데이터의 신뢰도를 확인하고 검증하여 체계적으로 분석방법을 설정하기 위한 조사연구가 매우 미흡하였고 그 관심도도 부족한 실정이었으나, 본 연구를 통하여 과학적인 근거하에 체계적으로 신뢰도 있는 분석방법이 설정되어야 한다는 것에 커다란 관심을 갖게 되었다. 본 연구에서의 과학적이고 체계적인 분석방법은 다음과 같이 설정되어왔다고 판단된다.

첫째, 분석하고자 하는 분석대상물질의 선정은 상기에서 언급한 내용에 따라 선정하였다. 둘째, 외국의 분석방법을 조사하고 다양한 분석방법들을 비교·분석하는 등 분석방법들에 대하여 면밀한 조사연구를 하였다. 셋째, 설정된 분석방법은 경제적이고 간편하며 용이한 동시분석방법 위주로 하였고, 정밀도, 정확도 및 회수율 등을 통계적인 방법에 따라 검증하여 분석데이터의 신뢰도가 우수함을 확인하였다. 넷째, 분석데이터의 신뢰도가 우수하다고 검증된 방법은 최적의 분석방법으로 설정하였다. 다섯째 측정분석 데이터 등의 자료를 토대로 관련 전문가들로부터 분석방법에 대한 자문의견을 수렴하여 개선 및 보완하였다. 다섯째, 먹는물 수질공정시험방법 및 감시항목 시험방법으로 표준화하였다. 여섯째, 정기적인 모니터링에 의한 신뢰도 있는 분석데이터를 산출할 수 있도록 측정분석관련 기관들에게 동 시험방법을 교육시켰다.

## 2.2. 먹는물 수질기준 반영 및 제·개정 현황

1989년부터 2004년까지의 총 333종의 화합물에 대한 조사결과를 토대로 검출농도 및 빈도, 그리고 위해성 평가와 외국수질기준 등을 종합적으로 검토하여 수차례에 걸쳐 제·개정 되어왔다.

국내 먹는물 수질기준의 제·개정 현황을 구체적으로 살

펴보면 1963년 보건사회부령 제106호로 “수도법에 의한 수질기준, 수질검사방법, 건강진단 및 위생상에 관한 규정”을 제정하여 처음으로 시행되었다. 그리고 1984년 보건사회부령 제 744호에 의한 개정은 “음용수의 수질기준 등에 관한 규칙”으로 개칭하였고 그 보완과 함께 가정의 수도전, 간이 급수시설 및 공동우물에 대한 수질검사규정을 신설하였다. 1986년 보건사회부령 제791호에서는 “음용수의 수질기준 등에 관한 규칙”을 개정하여 몇가지 검사방법을 더 정밀한 방법으로 측정하도록 하였다. 그 이후 수차례에 걸쳐 개정이 이루어졌고 1994년 낙동강 수질오염사고를 계기로 수질관리 업무가 환경부로 이관되었다. 그리고 먹는물에 관한 사항이 통합되어 1995년에 먹는물 관리법이 제정되었다.

1994년 음용수 중 미량유해물질 특별조사 결과로부터 휘발성 유기물질 5종이 1994년에 수질기준으로 설정되었고, '92년~'94년의 조사결과로부터 휘발성 유기물질 2종이 1996년에 기준으로 추가 설정되었다. '94년~'96년의 조사결과와 위해성 평가결과를 기초로 하여 1997년 후반기에 20개 유해물질을 먹는물 수질감시항목으로 설정하고 시험방법을 제정하였다. 2000년도에는 이들 감시항목 중 클로로포름과 브롬이 먹는물 수질기준에 추가되었고, 2002년에는 소독부산물 4종, 농약 1종, 할로아세틱에시드 1종, 그리고 기타 3종이 추가로 설정되었다. 2004년 현재 우리나라의 먹는물 수질기준은 55개 항목이며, 먹는물 수질감시항목은 1,4-다이옥산, 포름알데히드, 할로초산 3종을 포함하여 총 5종을 감시항목에 추가하여 총20종으로 지정하여 운영하고 있다(환경부, 2001, 2002).

이와 같이 우리나라의 현행 먹는물 수질기준은 급속히 발달된 산업활동으로부터 다양하고 무수한 종류의 유해화학물질들이 배출되고 사회·경제적 환경이 크게 변화됨에 따라 미국 등 선진외국에서와 같이 지속적인 연구결과 등에 의한 과학적인 근거와 전문가들의 충분한 의견수렴을

토대로 우리자체의 실정에 맞는 수질기준이 지속적으로 보완되어 왔다.

그러나 WHO와 같은 수질기준까지 맞추어 보다 안전하고 신뢰성 있는 먹는물을 확보하기 위해서는 먹는물의 수질에 대한 지속적인 모니터링과 동시 분석방법 확립 등을 위한 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것이다.

### 2.3. 위해도 평가

수돗물에서의 미량유해물질에 대한 효율적인 관리를 하기 위해서는 이들이 인체에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 것이 무엇보다도 중요하다. 즉 수돗물을 평생동안 하루 2L씩 매일 마셨을때, 수돗물 중에 어느정도로 미량유해물질이 함유되었는가는 인체의 건강과 직결되기 때문에 이들로 인한 인체 위해성 평가에 대한 올바른 개념과 그 필요성을 아는 것이 매우 중요하다

유해화학물질과 환경오염물질에 대한 관리가 1970년대에 활발하게 이루어졌으며, 그 당시에는 이들이 인체에 미치는 건강영향정도가 개략적 혹은 비정량적으로 설명되어 정량적으로 설명할 필요성이 요구되었다.

따라서 National Academy of Science에서의 인체 위해성 평가를 어떤 화학물질의 노출이 원인이 되어 인체건강과 환경에 나타날 수 있는 부작용의 발생가능성을 정량적으로 평가하는 것이라고 정의하고 있다. 즉 인체 및 환경에 유해한 영향을 일으키는 정도에 기인하여 발생하는 유해영향의 발생가능성을 확률적인 결과로 하기 때문에 수학적 모델의 활용이나 통계학적인 개념을 도입하여 유해환경에 대한 정성적인 규명과 발생가능성을 정량화 하는 것이다.

어떤 특정화학물질에 대한 위해성 평가시 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다. 어떤 화학물질에 대한 유해영향 정도를 파악하고, 그 화학물질을 사용하는 환경에 노출되었을때 초기에 발생가능한 개인, 인구집단, 지역사회 또는 생태계 등 취약한 대상을 조사하며, 일차적인 반응으로 나타나는 피해가 지속성이 있는지 또는 어느정도인지를 파악해야 한다.

#### 2.3.1. 인체위해성 평가의 방법론

인체 위해성 평가의 필요성이 제기되고 난 후 20여년 동안 위해성 평가의 방법론에 대한 분분한 의견들이 논의 되어 왔다. 그 결과 대체로 아래 4단계의 과정을 거쳐서 위해성 평가의 결과를 도출하는 것이 가장 타당한 방법으로 받아들여지게 되었다(US EPA, 1986, 1989; National Research Council, 1983; Kraus et al., 1988; McConnel, 1980). 4단계는 위험성확인, 용량-반응 평가, 노출평가, 위해도 결정으로 이루어 졌으며 각각의 구체적인 내용은 다음과 같다.

##### 2.3.1.1. 위험성확인

위험성 확인이란 말 그대로 어떤 화학물질이나 환경오염물질의 위험성을 확인하는 과정이며, 크게 자료수집과 자료평가의 2 단계로 구분된다.

여기서 수집, 평가된 자료들은 용량-반응 평가에서 동물자료 및 독성정보 등을 제공해 주고, 노출평가의 오염원에

대한 관련 정보와 오염물질의 분석에 필요한 정보, 그리고 인체 노출량 계산에 필요한 인체 노출관련 정보도 제공해 준다. 또한 미국 EPA에서는 발암정도를 분류하는 기준에 관한 정보를 제공하여 용량-반응 평가단계에서 발암물질과 비발암물질로 구분하여 용량-반응평가의 방법론을 결정해 준다. 어떤 화학물질이나 환경오염물질에 대한 발암정도를 분류하기 위해서 수많은 전문가들이 오랜기간에 걸친 자료검색과 논의가 수반되어진다. 한 예로서 WHO에서 최근 smoking에 대한 발암정도의 분류를 재검토한 결과, 그룹 A로 구분하여 보고한 것을 보아도 새롭게 알려지고 있는 정보에 대한 수집, 평가를 통해 지속적인 재검토를 하고 있음을 알 수 있다.

##### 2.3.1.2. 용량-반응 평가

용량-반응 평가과정은 위해성 평가가 진보된 방법론으로 인정받게 된데 기여한 비중이 가장 큰 부분이라 생각되어진다. 용량-반응 평가는 위험성확인 단계에서 도출된 동물자료와 독성정보들을 선택하여 인체노출변수와 모델의 활용, 그리고 수학적 방법에 의해 화학물질 또는 오염물질의 단위용량당 실질적인 위험성의 정도를 제시하여 주는 과정이다. 즉 정성적인 자료를 정량화 시키는 과정이다.

대부분의 동물자료들은 고농도에서 수행된 결과들이어서 실제로 환경매체를 통해 인체에 노출될 수 있는 저농도의 오염물질 상황과 매우 다르다. 따라서 이러한 동물자료들을 활용하기 위해서 용량-반응 평가 단계에서는 고용량 결과를 저용량으로 외삽시키는 절차이고, 또 하나는 동물에서 사람으로의 용량전환이다.

##### 2.3.1.2.1. 비발암성물질의 용량-반응 평가

사람이나 동물에 있어서 어떤 반응을 일으킬 수 있는 최소용량의 뜻인 역치의 개념을 이용하는 것이다. 즉 일정용량이하로 노출되었을 때 유해영향이 발생하지 않을 것을 기대하는 것이다.

비발암성물질의 용량-반응관계에서는 동물실험을 통하여 Lowest Observed Adverse Effect Level(LOAEL)과 No Observed Adverse Effect Level(NOAE)을 결정하게 되는데, LOAEL은 어떤 유해영향이 관찰되는 최저수준을 뜻하고, NOAEL은 유해영향이 관찰되지 않는 수준을 뜻한다.

여기서 Acceptable Daily Intake(ADI)와 Reference Dose(RfD)에 대한 개념도 필요하다. ADI는 사람이나 동물에게 유해영향이 관찰되지 않는 최고용량에 안전상수를 적용하여 결정하는 것이다. RfD는 ADI의 개념을 약간 수정한 것인데 만성노출을 가정하고 NOAEL에 불확실성 상수를 환산하여 줌으로서 계산 할 수 있다. NOAEL은 실질적인 동물실험이나 사람의 역학연구결과를 통해 결정되는 수치이고, RfD는 이 수치를 근거로 계산한 개념적인 수치이다.

불확실성 상수는 동물실험자료를 근거로 사람에게 나타날 수 있는 유해영향의 정도를 예측하는 것이므로 여러단계의 가정을 거치는 것이다. 즉 인간의 다양성, 동물에서 사람으로 외삽, 만성연구자료 부족, NOAEL 대신 LOAEL 값 등이 사용된다.

2.3.1.2.2. 발암성물질의 용량-반응 평가

역치개념을 도입한 비발암물질의 경우와는 달리 단 한번의 노출에서도 영향(effect)이 있다는 것을 가정하여 아주 저농도에서도 유해한 영향이 발생할 가능성이 있다는 가정 하에서 시작된다.

발암성물질의 용량-반응 평가과정은 우선 유용한 동물자료를 선택하여 용량-반응 관계식을 구하고 저용량에서의 용량-반응 관계를 파악하기 위한 수학적 모델을 선택·활용하고 동물에서 사람으로 전환함으로써 유용한 파라미터를 구해내는 것이다. 즉 고용량에서 얻어진 결과로부터 수학적 모델을 사용함으로써 저용량에서 예측되는 위해성의 정도를 구할 수 있다. 여기서 유용한 파라미터 중 가장 중요한 것은 slope factor  $q_1^*$ 인데 이것은 저용량에서 용량-반응관계를 명확히 해주는 지표가 된다. 고용량에서 저용량으로 외삽을 위해 수학적 모델을 사용하였을 때  $q_1^*$ , 단위위해도, 실제적 안전용량이 얻어진다. 단위위해도란 단위 농도당 초과발암확률을 의미하고, 실제적인 안전용량은 허용위해도를 10<sup>-6</sup>으로 간주하였을 때 이에 해당하는 대상물질의 농도를 의미하는 것이다.

2.3.1.3. 노출평가

노출평가의 과정은 실제로 주어진 현환경에서 오염물질의

농도를 측정하고, 그 결과에 근거하여 인체노출변수를 적용하여 주므로 실질적인 인체노출량을 산출하는 과정이다. 노출평가에는 환경노출평가와 인체노출평가로 구분된다.

환경노출평가에서는 대표할 수 있는 농도 산출이 무엇보다도 중요한데, 이는 분석기술의 발전 등 기술적, 경제적, 인적지원이 가장 필요로 요구되어진다. 인체노출평가는 노출대상과 노출경로, 그리고 노출량을 계산하는 것이라 할 수 있다. 그런데 인체에 노출될 수 있는 것은 물의 섭취량, 체중, 공기에 의한 흡입률, 토양 및 음식물 등에 의하여 다양하게 노출될 수 있는 변수들이 작용하여 실제 노출량과 차이가 있다. 따라서 이러한 문제점을 고려한 모델링방법이 Monte Carlo Simulation인데, 이것은 화학물질의 데이터와 노출 파라미터의 다양성을 고려한 것이다.

2.3.1.4. 위해도 결정

위해도 결정단계는 수집된 모든 정보를 통합하는 과정이라고 말할 수 있으며, 각 단계에서 도출된 결과를 연계시키는 단계이다. 비발암물질의 위해도는 만성 1일 노출량을 RfD에 적용하여 도출하고, 발암성 물질의 위해도는 발암력  $q_1^*$ 에 만성 1일 노출량을 곱하여 산출한다. 이상에서와 같이 인체 위해성을 평가하는 방법을 Fig. 1에 체계적으로 요약하여 나타내었다.

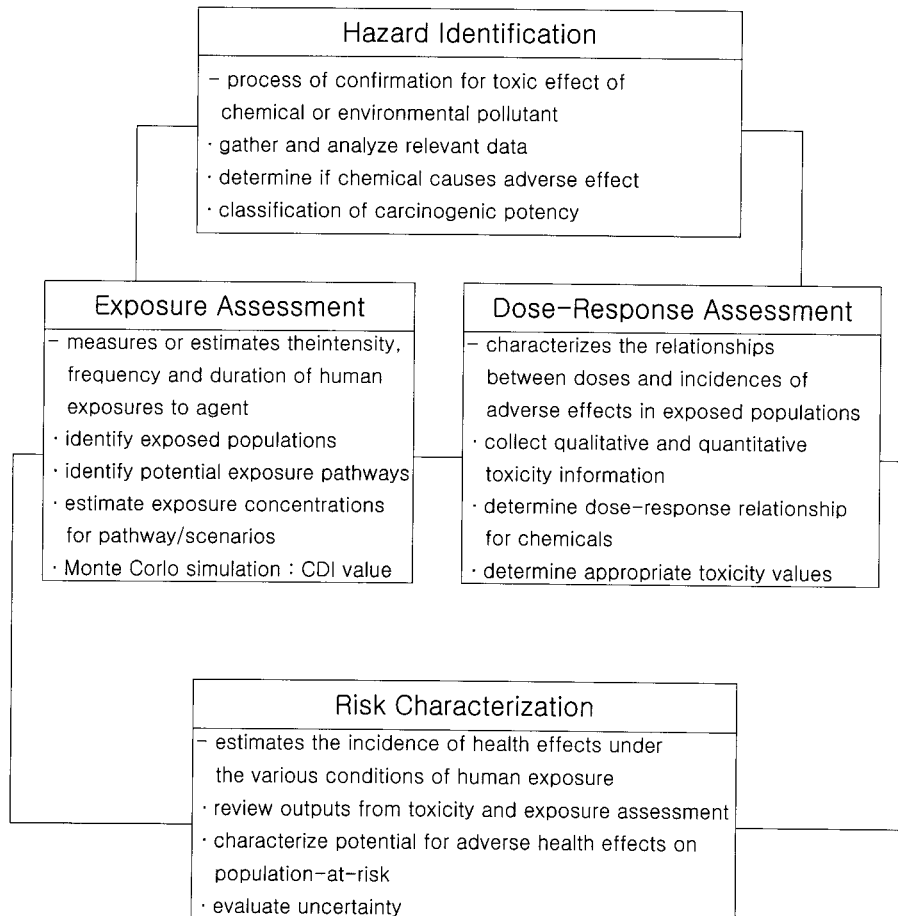


Fig. 1. Method of risk assessment.



2.4. 위해성 평가 결과

본 연구에서의 수돗물에서 미량유해물질에 대한 위해성 평가는 상기에서와 같은 위해성 평가 방법론을 근거로하여, 함유실태조사 결과에 의한 검출된 미량유해물질 중 독성자료가 있는 물질을 대상으로 하였다. 평가방법은 3년간 연속하여 조사한 결과, 검출빈도와 농도를 Monte Carlo Simulation의 통계적인 프로그램으로 (95 percentile) 산출하였고, 발암물질은 WHO의 허용위해도와 비교하였고, 비발암물질은 위험지수와 비교하여 평가한 결과 안전한 것으로 평가되었다.

인체 위해성 평가에서 중요한 것은 발암위해도도는 장기간에 걸쳐 가급적 많은 수의 분석결과로부터 통계기법을 사용하여 장기간(만성) 1일 노출량을 계산한 후 발암력을 곱하여 산출하는 것으로, 한 지점에서 단 1회의 농도 값을 사용하여 위해도를 평가하지는 않는다. 그러나 한 지점에서 한번이라도 위해도 범위를 벗어나는 미량유해물질이 있을 경우에는 인체의 건강에 조금이라도 영향을 미치는 것을 사전에 예방하고 방지하기 위해서 이들에 대해서는 먹는물 수질감시항목 또는 수질기준 항목으로 정하여 지속적으로 관리하고 있다.

2.5. 위해성 평가에 의한 수질기준 설정방법

인체 위해성 평가결과를 토대로 먹는물 수질기준을 설정하는 방법에 대하여 1,4-다이옥산과 붕소를 예로 들어 기술하고자 한다.

먼저 각 물질이 발암성인지 비발암성인지를 파악한 다음, 외국에서 동물실험을 통한 독성자료의 유무를 조사한다. 독성자료가 없을 경우에는 인체 위해성을 평가하기가 어렵다. 몇 kg의 체중을 갖는 사람이 평생동안 어느 정도의 농도가 함유된 물을 매일 2L씩 음용하였을때 인체에 미치는 위해

성은 통계적인 기법에 따라 평가하게 된다. 이때 물 중에 어느 정도의 농도로 함유되었는가는 실태조사로부터 알 수 있다. 그리고 다매체 중 물에 의한 기여도와 불확실성 상수는 얼마로 할 것인가 등을 고려하여 수질기준을 설정하게 된다.

평생건강권고치는 NOAEL 또는 LOAEL에 체중을 곱한 것을 불확실성 상수와 일일 음용수 섭취량으로 나누어 준 다음 상대적인 오염 기여도를 곱함으로써 산출되게 된다.

여기에 대한 구체적인 것은 Table 6에 나타내었다.

2.6. 과학적 먹는물 수질기준 설정 및 관리방안

먹는물 수질기준은 국민의 건강과 직결되기 때문에 지속적인 연구결과를 토대로 과학적인 근거하에 체계적으로 설정되지 않으면 안된다. 과학적이고 체계적인 먹는물 수질기준 설정방법에 대하여 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저 국내에서 먹는물 수질기준과 감시항목으로 지정되지 않는 항목 중 선진외국의 수질기준을 조사하여 비교·분석하고, 독성 및 발암성 등의 위해성과 국내에서의 사용량 및 유통량 파악, 그리고 선진외국에서의 관리현황파악 등을 종합적으로 검토하여 조사대상물질을 신중하게 선정한다.

두 번째로 선정된 조사대상물질에 대하여 외국의 분석방법과 비교·검토하고 분석데이터의 정밀도와 정확도 등 통계적인 방법으로 데이터의 신뢰도를 검증한 후 최적의 분석방법을 결정한다.

세 번째로 설정된 분석방법에 따라 선정된 조사대상물질을 지속적으로 몇 년간 모니터링을 실시하고, 검출농도와 빈도가 있는 물질에 대하여 위해성 평가를 실시한다. 위해성 평가결과 세계적으로 통용되는 허용위해도를 초과할 경우 이들을 관리하기 위하여 먹는물 수질기준이나 감시항목

Table 6. Scientific determination method of drinking water quality standard under risk assessment

	Boron		1,4-dioxane
	Canada	WHO	WHO
Standard base	Health risk	Health risk	Health risk
Assessment method	Risk assessment of noncarcinogen	Risk assessment of noncarcinogen	Risk assessment of carcinogen and noncarcinogen
Health effects	Reproduction toxicity, testicle shrinkage	Reproduction toxicity, testicle shrinkage	Damage of nerve system
Dose response level (mg/Kg/day)	NOAEL 17.5, 8.75	NOAEL 9.6	NOAEL 16
Uncertainty factors	500	60	1000
Acceptable level (mg/Kg/day)	ADI 0.035, 0.0175	TDI 0.16	-
Average body weight	70	60	60
Contribution by drinking water(%)	20	10	0.1
Water intake (L/day)	1.5(Average)	2	2
Acceptable concentration (mg/L)	0.2 ~ 0.3	0.5	0.05
Standard	Temporary 5 mg/L	Advisory	Advisory

으로 지정하기 위한 잠정적인 안을 도출한다.

네 번째로 도출된 기준이나 감시항목에 대하여 시험방법의 타당성을 관련 전문가들로부터 자문의견을 수렴하여 먹는물 공정시험방법이나 먹는물 수질감시항목의 시험방법으로 제정한다.

다섯 번째로 최종적인 수질기준 및 감시항목 설정은 외국기준, 사용량, 독성 및 발암성, 검출빈도 및 농도, 위해성 평가, 시험방법의 타당성과 외국의 관리현황 등을 종합적으로 검토하고, 시민단체를 포함한 관련 전문가들로부터 검토·의견을 수렴하여 최종적으로 수질기준이나 감시항목으로 지정한다.

최종적으로는 도출된 기준항목이나 감시항목에 대한 시험방법을 지자체 등 먹는물 관련 분석기관들에게 교육을 실시한다.

이상에서와 같은 방법 및 과정을 통하여 먹는물 수질기준이나 감시항목을 설정하게 되는데, 이것은 환경선진국에서와 같이 거의 동일한 과정으로 설정된다고 판단되지만, 좀더 과학적이고 체계적이며 효율적으로 먹는물 수질기준을 설정하기 위해서는 많은 예산확보와 환경정책적으로 보다 많은 관심과 배려가 있어야 할 것으로 판단된다.

## 2.7. 새로운 미량유해물질 발견시 관리방안

2004년 “수돗물에서의 미량유해물질 함유실태 조사결과”에서 1,4-다이옥산이 낙동강 수계에서 고농도로 검출되었다는 내용이 언론에 보도됨에 따라 수돗물의 안전성과 신뢰성을 확보하고 먹는물의 효율적인 관리를 하기 위해서 새로운 미량유해물질에 대하여 체계적으로 신속하게 대처하고 강구할 필요성을 인식하게 되었다.

따라서 환경부에서는 정수장, 하천, 호소 등을 대상으로 한 각종 조사연구 과정에서 법적 제도적으로 관리되지 않고 새로운 미량유해물질이 세계보건기구(WHO) 및 선진국에서 정하고 있는 먹는물 수질기준을 초과하거나 기준이내일 지라도 국민건강에 위해를 줄 우려가 있다고 판단될 경우 이에 대한 배출원 추적조사 및 미량유해물질 저감 등 종합적인 관리체계를 관련기관들과 협력하여 구축하고, 신속하게 대처하기 위한 새로운 미량유해물질 발견시 처리규정을 제정하여 공포하였다.

규정의 주요내용을 살펴보면 새로운 미량유해물질이 검출되고, 이 물질이 국민건강에 위해를 줄 우려가 있다고 판단되는 경우에 발견단계, 대책단계, 대응단계, 장기대책단계 등으로 구분하여 각 단계별로 환경부, 국립환경연구원, 유역(지방)환경청, 지방자치단체 등 관련기관에서 추진하여야 할 업무를 구체적으로 규정하고 있다.

우선 환경부는 유해물질관리대책 수립, 배출원 추적, 처리기술개발, 먹는물 수질기준 및 폐수배출허용기준 설정 등 유해물질 관리를 총괄한다. 그리고 국립환경연구원은 유해물질 특성파악, 분석방법 검증 및 관련기관에 분석방법 전수교육, 먹는물 수질기준 및 폐수배출허용기준 설정검토 등 기술적인 분야를 담당하게 된다. 아울러 유역(지방)환경청은 하천, 호소에서 가이드라인 설정, 가이드라인 준수여

부, 사후관리 등 해당지역에서의 유해물질관리를 총괄한다. 지방자치단체는 환경감시대와 합동으로 배출원 추적조사, 배출원에서의 저감대책 추진, 가이드라인 준수를 위한 협약 체결 등 배출사업장에 대한 관리를 하게 된다.

정수장은 처리공정을 최적화하고, 상수원수 및 수돗물에 대한 유해물질 실험분석을 담당하게 된다.

또한 환경부는 환경정책 신뢰성 제고를 위해 발견초기 단계부터 배출원 파악, 처리기술 등 유해물질 관리과정 및 유해물질의 검출사항 등에 대한 전문가의 자문을 받도록 학계, 환경단체 등으로 자문회의를 구성 운영하고 동 위원회를 통해 대책추진사항과 사고대응 요령 등을 투명하게 국민에게 알리기로 하였다(환경부, 2004).

이러한 처리규정 마련에 따라 새로운 미량유해물질이 발견될 경우 각 기관별로 이 규정에 따라 분장된 업무를 차질없이 수행하고 신속한 조치로 국민건강에 위해한 영향을 미치는 것을 효과적으로 차단하여 더욱더 안전한 수돗물이 공급될 것으로 기대된다.

## 3. 결 론

수돗물에서의 미량유해물질에 대한 효율적인 관리를 하기 위해서는 과학적이고 체계적인 먹는물 수질기준을 설정하기 위한 지속적이고 체계적인 조사연구가 수행되어야 할 것이다. 따라서 수돗물에서의 미량유해물질에 대한 체계적이고 과학적이며 효율적인 관리방안을 강구하기 위해서는 다음과 같은 사항이 요구되어질 것으로 판단된다.

첫째, 산업화의 다양화에 따라 오염가능성이 있는 다양하고 무수한 종류의 미량유해물질에 대하여 지속적이고 체계적인 모니터링을 실시하여야 한다.

둘째, 먹는물 중에 극미량의 오염물질이 존재한다 할지라도 인체에 위해성을 줄 우려가 있기 때문에 가능한 한 최저의 농도까지 검출할 수 있고, 용이하고 간편하며 가장 일반적으로 이용될 수 있으며, 비용·경제적으로도 효과적인 분석방법의 개발 등을 위한 심도있는 조사연구가 필요하다.

셋째, 미량유해물질에 대한 독성 및 발암성 등 위해성 분야를 활성화시키기 위한 많은 연구인력을 양성하고 관련 연구기관을 확대하여야 할 것으로 판단된다.

넷째, 수돗물에서의 미량유해물질에 대한 보다 체계적이고 과학적이며 효율적인 관리방안을 강구하기 위해서는 조사연구를 위한 많은 예산확보 등 환경정책적으로 커다란 관심과 배려가 있어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 국립환경연구원, 수돗물에서 미량유해물질 분석방법 연구 및 함유실태 (1992-2004).
- 국립환경연구원, 수돗물에서 미량유해물질 분석방법 연구 및 함유실태조사 (2003).
- 국립환경연구원, 수돗물에서 미량유해물질 분석방법 연구

- 및 함유실태조사 (2004).
- 박선구, 김성수, 고오석, 업종별 산업폐수의 수질오염물질 배출특성, *한국분석과학회지*, **12**, pp. 141-150 (1999a).
- 박선구, 류재근, 업종별 산업폐수의 유기화학물질 배출특성에 관한 연구, *한국물환경학회지*, **15**, pp. 571-580 (1999b).
- 박선구, 고오석, 신대운, 화학적 폐수처리 중 GC/MS에 의한 폐놀생성 규명에 관한 연구, *한국환경과학회지*, **9**(6), pp. 89-93 (2000a).
- 박선구, 송기봉, 김평청, 먹는물 수질오염물질 표준시료에 대한 신뢰도 검증, *한국분석과학회지*, **13**(2), pp. 229-233 (2000b).
- 박선구, 임연택, 1,4-다이옥산 분석방법의 과학적 표준화 체계 구축, *세계 물의 날 기념 국제 세미나, 국립환경연구원*, pp. 77-98 (2005).
- 환경부, 먹는물 수질감시항목 운영지침 및 시험방법 (2001).
- 환경부, 먹는물 수질공정시험방법 (2002).
- 환경부, 새로운 미량유해물질 발견시 처리규정안 (2004.12).
- 日本, 新しい水質基準の制度の制定・改正, 固相抽出-ガスクロマトグラフ-質量分析法 ここで対象とする項目は, 1,4-ツオキサンである (2004).
- Akemi, A. B. E, Determination Method for 1,4-Dioxane in Water Samples by Solid Phase Extraction - GC/MS, *Journal of Environmental Chemistry*, **7**(1), pp. 95-100 (1997).
- Kruas, N. N. and Silvic, P., Taxonomic Analysis of Perceived Risk : Modeling Individual and Group Perceptions within Homogeneous Hazard Domains, *Risk Analysis*, **8**, pp. 435-455 (1988).
- Lawrence, E. H., William, L. B. and James, W. E., Direct Analysis of Water Samples for Organic Pollutants with Gas Chromatography-Mass Spectrometry, *Analytical Chemistry*, **46**(13), pp. 1912-1917 (1974).
- McConnel, E. E., Acute and Chronic Toxicity. Carcinogenesis, Reproduction, Teratogenesis, and Mutagenesis in Animal, Elsevier? *North-Holland Biomedical Press*, New York, pp. 241-2660 (1980).
- National Research Council, *Risk Assessment in Federal Government : Managing the Process National Academy Press*, Washington, D.C. (1983).
- US EPA Method 8240A, *Volatile Organics by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)* (1992).
- US EPA Method 8260B, *Volatile Organics by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)* (1996).
- US EPA Method 8270C, *Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)* (1996).
- US EPA Method 503C, *Purge-and-Trap for Aqueous Samples* (2003).
- U.S. EPA, *Risk Assessment, Management and Communication of Drinking Water Contamination* (1986).
- U.S. EPA, *Risk Assessment Guidance for Superfund Vol. I, Human Health Evaluation Manual (Part A)*, Washington, D.C. EPA 540/1-89/001 (1989).
- WCAS, *1,4-Dioxane by GC/MS*(<http://www.wcas.com/tech/DIOXANE.htm>).