

안전성 확보를 위한 먹는물 수질기준
비교 연구

연세대학교 보건대학원

환경보건학과

오 윤 영

안전성 확보를 위한 먹는물 수질기준
비교 연구

지도 정 용 교수

이 논문을 보건학석사학위 논문으로 제출함

2007년 7월 일

연세대학교 보건대학원

환경보건학과

오 윤 영

오윤영의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

연세대학교 보건대학원

2007년 7월 일

감사의 말씀

제 인생에서 한발 앞으로 전진하기 위해 대학원에 진학한지도 어느새 2년여의 시간이 흘러 이렇게 졸업을 앞두고 되었습니다.

언제나 매 순간순간마다 최선을 다해 열심히 했다고 생각했는데 지금 이 순간 조금 더 노력하지 못한 것 같아 아쉬움이 많이 남습니다.

부족함이 많은 저를 아껴주시고 다독여 주시며 지금 이 자리에 올 수 있도록 세심한 지도와 따스한 배려를 아끼지 않으신 정용 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또 본 논문이 나오기까지 바쁘신 와중에도 깊은 고민을 해주신 강형석 박사님, 날카로운 지적과 조언을 아끼지 않으신 조성준 박사님, 그리고 귀중한 강의를 통해 많은 가르침을 주신 여러 은사님께 감사드립니다.

또한 대학원 2년여의 기간을 함께 동고동락하며 끝까지 쉬지 않고 달려올 수 있도록 제게 힘이 되어주신 임성재 사무관님, 김홍균 사무관님, 이은영 선생님께도 고마운 마음을 전합니다.

그리고 논문의 마무리가 잘 될 수 있도록 배려해 주신 국립환경과학원 수질환경과 김창수 과장님과 이재관 연구관님께도 감사 인사드립니다.

언제나 제가 하는 일은 무엇이든 응원해 주시며 항상 믿어주시고 힘을 실어주시는 부모님과 이 세상에서 오직 한명뿐인 나의 가장 든든한 지원군인 언니와 형부 그리고 사랑스러운 조카 유나와 함께 이 기쁨을 나누고 싶습니다.

그리고 7년여의 시간동안 기쁨과 슬픔을 함께하며 늘 곁에서 ‘넌 할 수 있어’라며 용기를 주는 든든한 버팀목 민수 오빠에게도 이 자리를 빌려 고맙다는 말을 전합니다.

그동안의 노력으로 맺은 이 작은 결실로 대학원 생활을 마무리하며, 이곳에서 배운 지식과 경험을 제가 앞으로 나아가는 디딤돌 삼아 계속해서 노력하는 모습을 보여드리겠습니다.

2007. 7. .

오 윤 영 사뮈

차 례

국문요약

I. 서론	1
II. 이론적 배경	3
1. 먹는물 정의	3
2. 먹는물 수질기준 설정방법	5
2.1 우리나라	6
2.2 WHO	7
2.3 미국	8
3. 먹는물 수질기준	10
3.1 우리나라	10
3.2 국외	15
4. 수질 검사	29
4.1 검사주기	29
4.2 검사방법	31
4.3 검사결과	37
III. 연구 방법	38
1. 연구의 틀	38
2. 연구 범위	39
3. 연구 방법	39
3.1 건강위해성평가	40
3.1.1 개요	40
3.1.2 평가 절차	41

IV. 연구 결과 및 고찰	50
1. 먹는물 수질기준 항목수 조정	50
2. 먹는물 수질기준의 목표값 및 허용위해도	52
3. 정량한계 및 정량한계 이하값에 대한 고찰	53
4. 허용위해도 수준을 고려한 수질기준 강화	56
4.1 비발암 물질	56
4.2 발암 물질	60
5. 먹는물 수질기준의 통일	62
 V. 결론	 64
 참고문헌	 68
 Abstract	 70

표 차 례

표 2-1. 먹는물 관리법상 먹는물의 분류체계	3
표 2-2. 우리나라 먹는물 수질기준 변천과정	11
표 2-3. 먹는물 수질감시항목	12
표 2-4. 특·광역시 및 수자원공사 자체검사항목수	13
표 2-5. 우리나라 먹는물 수질기준과 정량한계	13
표 2-6. 각 국의 먹는물 수질기준 항목수	17
표 2-7. 먹는물 중 미생물의 수질기준	18
표 2-8. 먹는물 중 유해한 무기물질의 수질기준	19
표 2-9. 먹는물 중 휘발성 화학물질의 수질기준	20
표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준	21
표 2-11. 먹는물 중 소독부산물의 수질기준	26
표 2-12. 먹는물 중 기타 유기화학물질의 수질기준	27
표 2-13. 먹는물 중 심미적 영향물질의 수질기준	27
표 2-14. 먹는물 중 방사성물질의 수질기준	29
표 2-15. 먹는물 검사항목 및 주기	30
표 2-16. 무기물질 분석방법별 검사결과의 질적 수준에 따른 순위	31
표 2-17. 유기물질 분석방법별 검사결과의 질적 수준에 따른 순위	32
표 2-18. 무기물질의 분석방법별 검출한계	32
표 2-19. 유기물질 중 공업용 또는 인간활동으로 발생한 물질에 대한 분석방법별 검출한계	33
표 2-20. 유기물질 중 농약류의 분석방법별 검출한계	34
표 2-21. 유기물질 중 소독제 및 소독부산물의 분석방법별 검출한계	36

표 3-1. 각 기관별 위험성 분류 기준	41
표 3-2. 먹는물 수질항목의 위험성 분류 및 검출여부	42
표 3-3. 수질항목의 적용 오염도 수준	43
표 3-4. 수질항목의 인체노출량	44
표 3-5. 참고치 산정시 적용 불확실성 상수	45
표 3-6. 비발암성 물질의 참고치 및 평생건강 권고치	46
표 3-7. 발암물질의 발암잠재력 및 단위위해도	48
표 4-1. 서울특별시 정수장 수질검사결과 검출항목의 기술통계량 ...	55
표 4-2. 비발암물질의 위험값	57
표 4-3. 비발암물질의 평생건강권고치 및 각 국가별 수질기준 ...	58
표 4-4. 비발암물질의 수질기준 변경안	59
표 4-5. 발암물질의 초과발암위해도	60
표 4-6. 발암물질의 우리나라 및 미국, WHO 기준 비교	61
표 4-7. 발암물질의 수질기준 변경안	62
표 4-8. 먹는물, 먹는샘물, 먹는물 공동시설 수질기준의 차이	63

그 립 차 례

그림 3-1. 연구의 틀	38
그림 3-2. 위해성평가를 이용한 먹는물 수질기준 설정방법	40
그림 4-1. 각 국가별 먹는물 수질기준 항목수	48

국 문 요 약

우리나라의 먹는물 수질기준은 1963년 처음 29개 항목에 대해 제정된 이래, 여러 차례의 개정을 거쳐 현재에 이르렀다. 그동안 정수처리 기술의 발전을 기반으로 수질기준 초과율은 1%미만을 유지하고 있다. 그러나 우리나라 먹는물 수질기준은 과학적이고 체계적인 방법을 바탕으로 설정되었다기보다는 외국의 기준을 참고하여 설정되어 왔으며, 발암물질의 경우 10년 이상 동일한 수질기준을 적용하여 오고 있어, 안전한 물을 공급하고 있다고 하기엔 무리가 있다.

먹는물 수질기준은 유해물질로부터의 건강 보호와 안전한 물의 공급을 위해 필요한 것으로, 이를 위해 과학적이고 체계적인 방법을 동원하여 수질기준을 설정하고 있다.

따라서 우리나라 먹는물 수질기준의 안전성을 확보하기 위해, 위해성평가를 이용한 과학적이고 체계적인 기준 설정이 필요하다.

이에 본 연구에서는 미국, WHO 등 선진 외국의 먹는물 수질기준과 우리나라 먹는물 수질기준을 비교 분석하여 문제점을 도출하고 위해성평가를 이용하여 먹는물 수질기준의 안전성을 검토하였으며, 이를 바탕으로 앞으로 국제화 시대에 걸맞는 수질기준의 마련을 위한 개선방향을 모색해 보았다.

본 연구 결과, 수질기준 항목수의 확대, 수질기준 설정시 목표농도의 설정, 물질 특성과 초과 농도범위에 따라서 수질기준 초과에 대한 재정의가 필요할 것으로 판단되며, 수질검사 결과 표기시 정량한계 이하 값을

불검출로 표기하는 것은 정확한 수질관리를 어렵게 할 뿐 아니라, 건강위해성을 간과하는 결과를 초래하게 되므로, '정량한계 이하'로 바꾸어 표기할 것을 제안한다.

또한 위해성평가 결과 비발암물질의 유해영향 가능성은 없는 것으로 나타났으나, 안전성 강화차원에서 6가 크롬은 $0.02\text{mg}/\ell$, 카드뮴은 $0.002\text{mg}/\ell$, 톨루엔은 $0.4\text{mg}/\ell$ 로 수질기준을 강화하고, 6가 크롬, 카드뮴, 시안, 수은, 세레늄의 정량한계를 각각 $0.003\text{mg}/\ell$, $0.001\text{mg}/\ell$, $0.007\text{mg}/\ell$, $0.0005\text{mg}/\ell$, $0.01\text{mg}/\ell$ 로 강화할 것을 제안한다.

발암물질의 경우, 위해도는 대체적으로 $10^{-5}\sim 10^{-6}$ 수준으로 나타나 일반적인 수준인 것으로 판단되나, 발암물질은 비가역적인 특성을 고려해 수질기준이 강화될 필요가 있는 것으로 사료된다.

이에 납 $0.015\text{mg}/\ell$, 비소 $0.01\text{mg}/\ell$, 트리클로로에틸렌 $0.005\text{mg}/\ell$, 벤젠 $0.005\text{mg}/\ell$, 디클로로메탄 $0.005\text{mg}/\ell$ 으로 수질기준을 강화하고, 납의 정량한계는 $0.01\text{mg}/\ell$, 비소는 $0.003\text{mg}/\ell$ 으로 조정할 것을 제안한다.

마지막으로 먹는물의 종류에 따라 다르게 적용되고 있는 수질기준을 통일할 것을 제안한다.

그러나 본 연구는 서울특별시의 수질검사 자료만을 이용하였다는 점과 노출경로를 섭취에 의한 단일경로로 설정하였다는 제한점이 있는 만큼 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

핵심어 : 먹는물 수질기준, 위해성평가, 안전성

I. 서론

우리나라에 처음으로 수도가 보급된 지 어느덧 100여년의 시간이 지났다. 그동안 수도 산업은 양적·질적으로 성장하여왔다.

1963년 수도법에 의해 수돗물 수질기준이 29개 항목에 대해 마련된 이후, 시대흐름에 따라 변화되어 왔다. 연, 규산, 알칼리도, 말라티온 등의 항목은 삭제되었으며, 납, 카드뮴, 수은, 시안 등에 대한 기준 강화, 총트리할로메탄으로 관리되던 소독부산물의 세분화 등으로 발전되었다.

또한 고도정수처리 등과 같은 정수처리 기술의 발전으로 안정적인 수질을 유지할 수 있게 되어, 정수장에서의 수질기준 초과율은 2005년 기준 1% 미만인 것으로 보고되고 있다.

그러나 그동안 우리나라의 먹는물 수질기준은 과학적이고 체계적인 방법에 의해 설정되었다기보다는 외국의 기준을 참고하여 설정되고 왔으며, 납, 비소 등 발암물질의 경우, 10년 동안 동일한 기준을 적용해 오고 있어 수질기준 초과율은 낮으나, 안전한 물을 공급하고 있다고 판단하기에는 무리가 있을 것으로 보인다.

WHO에서는 먹는물의 가이드라인 설정시 안전한 물의 공급을 위해 고려해야 할 5가지 요인 중 하나로 인간 건강보호를 꼽고 있으며, 미국 먹는물 수질기준의 근거법률인 음용수 안전법(Safe Drinking Water Act, SDWA)의 목적 역시 국민 건강에 악영향을 줄 수 있는 유해물질로부터 국민건강을 보호하는 것이다. 또한 Zeilhuis는 수질기준의 타당성을 평가하기 위해 오염물질로부터 건강에 미치는 영향을 보호할 수

있는지를 확인해 보아야 한다고 말하고 있다.(Zeilhuis, 1982)

이렇듯 먹는물 수질기준은 유해물질로부터의 건강 보호와 안전한 물의 공급을 위해 필요한 것으로, 이를 위해 과학적이고 체계적인 방법을 동원하여 수질기준을 설정하고 있다.

WHO, 미국 EPA에서는 안심하고 마실 수 있는 물을 공급하기 위해, 100여 종이 넘는 화학물질에 대한 위해성평가를 실시하고, 그 결과를 토대로 수질기준을 마련하고 있다.

미국, WHO 등에서 수질기준의 판단 근거로 사용하고 있는 위해성평가는 유해물질의 건강영향을 건강 위해도라는 확률적 개념을 이용하여 평가하고, 허용 위해 수준을 결정하여 허용농도, 기준치 등과 같은 관리수준을 결정하는 방법으로, 예측된 위해도를 바탕으로 정책입안 및 규제책을 제시하는데 궁극적인 목적이 있다. (정용, 1996; 연세대 환경공해연구소, 2001)

따라서 우리나라 먹는물 수질기준이 건강을 보호하고 안심하고 사용할 수 있는 안전성을 확보하기 위해서는 위해성평가를 이용한 과학적이고 체계적인 기준 설정이 필요할 것이다.

이에 본 연구에서는 미국, WHO 등 선진 외국의 먹는물 수질기준과 우리나라 먹는물 수질기준을 비교 분석하여 문제점을 도출하고 위해성평가를 이용하여 먹는물 수질기준의 안전성을 검토하였다.

또한 이를 바탕으로 앞으로 국제화 시대에 걸맞는 수질기준의 마련을 위한 개선방향을 모색해 보고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 먹는물 정의

우리나라 먹는물 관리법 제3조에서는 ‘먹는물’을 먹는 데에 통상 사용하는 자연 상태의 물, 자연 상태의 물을 먹기에 적합하도록 처리한 수돗물, 먹는 샘물, 먹는 해양심층수 등을 말한다고 정의하고 있다. 이렇게 정의된 다양한 종류의 먹는물은 각각 먹는물 수질기준, 먹는 샘물 수질기준, 먹는물 공동시설 수질기준에 의해 수질관리가 되고 있으며, 각 기준별 다소 차이가 있다. (석금수, 1995)

이들 수질기준의 가장 큰 차이점은 미생물 항목으로 먹는 샘물의 경우, 소독과정을 거치지 않는 이유로 먹는물에 비해 항목수가 많이 설정되어 있다. 그러나 WHO에서는 수질관리에 있어 미생물을 가장 중요한 위험인자로 간주하고 있는 만큼, 수질관리는 가장 보수적인 수준에서 동일하게 적용되어야 할 것이다.

표 2-1. 먹는물 관리법상 먹는물의 분류체계

정의	내용	법적 종류	정의에 사용된 용어	적용 기준	비고
먹는물	① 먹는 데 통상 사용하는 자연상태의 물	샘터	먹는물 공동시설	먹는물 공동시설 수질기준	자연수
		우물	먹는물 공동시설		
		약수터	먹는물 공동시설		
		샘물, 용천수	암반대수층의 지하수		
② 자연상태의 물을 먹는 데 적합하게 처리한 물	수돗물	원수를 정수처리한 것	먹는물 수질기준	처리수	
	먹는 샘물	샘물이나 용천수를 처리한 것	먹는 샘물 수질기준		

자료원 : 환경부. 먹는물 다원화에 대한 정책방안 수립, 2005

또한, 자연수상태 혹은 처리한 상태로 음용하거나, 사용한 원수가 샘물, 지하수 또는 하천수에 관계없이 모두 먹는물로 분류되어 있는 음용을 위한 물이라는 점에서 공통점을 가지고 있다. 따라서 같은 기준에 의해 관리 되어야 하는 것이 마땅할 것이다.

‘원수(原水)’는 음용(飲用)·공업용 등으로 제공되는 자연 상태의 물을 말하며, 「농어촌정비법」 제2조제3호에 따른 농어촌용수는 제외한다.

‘정수(淨水)’는 원수를 음용·공업용 등의 용도에 맞게 처리한 물을 말한다. ‘수도’는 관로(管路), 그 밖의 공작물을 사용하여 원수나 정수를 공급하는 시설의 전부를 말하며, 일반수도·공업용수도 및 전용수도로 구분되며, ‘일반수도’란 광역상수도·지방상수도 및 마을상수도를 말한다.

본 연구에서는 먹는 물을 수돗물로 한정하여 정의하며, 원수, 정수는 수도법의 정의를 따르며, 수도수는 수도를 통해 공급되는 물로 정의한다.

‘수질기준’과 관련된 용어는 크게 목표(Goal), 준거치(Criteria), 권고치(Guideline), 기준(Standard)으로 구분된다.

‘목표’는 우리나라에서는 사용하고 있지 않은 개념으로, 기술적, 행정적으로 장래 도달하는 것이 바람직하다고 생각되는 수준으로, 이상적인 수질상태를 의미한다. 미국의 경우, 수질 항목에 대해 목표값을 정하여 두고 있으며, 발암물질의 경우, 목표값을 ‘0’으로 설정하고 있다.

‘준거치’는 완전한 상태의 수질은 아니지만, 자연생태계나 인간 건강에 유해하지 않는 안정한 수질을 보장할 수 있는 상태의 수질을 나타낸다.

‘권고치’는 법적 구속력은 없으나, 기준과 유사한 목적으로 사용되며, 현재의 기술적, 경제적 처리수준을 반영하여 검토된 것으로, 위해성

이 적거나 오염정도를 무시할 수 있는 수질을 유지할 수 있는 상태로 정의된다. WHO에서는 오염물질의 건강에 미칠 영향에 대해 음용수 수질평가가 가능한 정보제공을 위하여 전세계회원국들에게 가이드라인을 만들어 제공하고 있다.

‘기준’은 반드시 지켜야 할 강제적 규범성격을 지닌 행정적 목표로 선정되는 것으로, 행정적 목표 달성이 이상적인 상태를 의미하는 것은 아니다. ‘먹는물 수질기준’이 이에 해당되며, 현재 55개 항목에 대해 규제하고 있다.(박석기 외. 1996; 한국환경정책평가연구원, 1997)

2. 먹는물 수질기준 설정방법

현재 전 세계적으로 유통되고 있는 화학물질의 수는 10만여 종이며, 매년 2천여 종의 새로운 물질이 개발되어 상품화되고 있다. 우리나라에서는 매년 300여종의 물질이 유통되고 있는 것으로 보고되고 있다. 이로 인해 물질의 인체 건강 및 환경에의 부정적인 영향은 갈수록 커지고 있으나, 이들 물질에 대한 안전관리는 아직 미흡한 실정이다.

특히 이들 물질들의 수계 유입은 생태계를 위협하고, 상수원으로 유입되어 급수과정을 통해 인체로 직접 섭취될 가능성이 있어 그 안전성 평가와 더불어 인체 건강 영향 평가가 요구되고 있다. (환경백서 2006; _____, 2003, 한국환경정책평가연구원, 2003)

이러한 물질의 건강에 대한 영향을 추론하기 위해 분석방법을 이용, 물질의 검출 및 오염도 측정을 토대로 한 과거의 방법에서, 최근에는

독성자료와 역학 자료를 토대로 인체 영향에 대한 계량적인 정보와 이를 활용한 허용 가능한 오염 수준을 규명하는 위해성 평가를 이용한 방법이 사용되고 있다. (정용, 조성준. 1996)

2.1 우리나라

우리나라의 먹는물 수질기준은 현재 55개 항목과 바이러스와 지아디아포낭으로 판단하는 정수처리 기준, 20개의 감시항목이 있다.

그동안 우리나라의 먹는물 수질기준은 체계적인 절차나 과학적 근거를 토대로 설정된 것이 아니라 외국의 수질기준을 준용해왔으나 최근 들어 위해성 평가를 이용한 과학적인 접근 방법이 도입되고 있다.

그러나 아직까지 수질기준 설정에 대한 법적 체계나 기준이 마련되어 있지 않은 실정이다.

미국의 경우, 일정기간마다 수질기준을 재평가하고, 이를 통해 보다 안전한 물을 공급할 수 있는 법적 근거를 갖추고 있는 점을 참고하여야 할 것이다.

또한 현재 우리나라의 먹는물 수질기준은 2002년에, 먹는물 수질공정시험법은 먹는물 수질기준 개정시 함께 개정된 이후 2005년 일부 항목에 대해 개정되었으나 일부 개정으로 10년이 넘도록 개정되지 않고 있는 부분이 대부분으로 현실을 제대로 반영하지 못하고 있다.

2.2 WHO

WHO에서는 안전한 먹는물을 확보하고 인간 건강을 보호하기 위하여 사람의 건강에 좋지 않은 영향을 미칠 가능성이 있거나, 음용수 안에서 비교적 검출빈도가 높은 경우, 또는 높은 농도로 검출되는 물질에 대한 가이드라인을 설정하여 정보를 제공하고 있다.

이 가이드라인은 수질관리를 위해 크게 미생물, 소독, 화학적, 방사성, 심미적 측면을 고려하도록 하고 있다. 이 중 미생물을 가장 중요한 인자로 보고 있다.

가이드라인 값은 역치값의 유무에 따라 설정방법이 달라진다.

역치값을 가지는 비발암물질의 가이드라인 값 산정은 일일수인섭취량(Tolerable Daily Intake, TDI)값과 음용수 섭취량, 노출시 음용수의 비율 등을 이용한다. TDI는 평생 동안 음용수와 음식물 안의 오염물질을 섭취하더라도 건강에 영향을 미치지 않는 정도의 양을 나타내는 값으로, NOAEL 또는 LOAEL를 불확실성 계수로 나누어 구하며, 이 TDI 값과 체중, TDI 중 음용수 비율, 하루 음용수 섭취량을 고려해 가이드라인 값을 산정한다.

이때 사용된 변수는 체중 60kg인 사람이 하루 2ℓ의 음용수를 소비한다고 가정하였으며, 어린아이들에 대한 위해성을 고려해야 하는 경우에는 체중 10kg의 어린이가 하루 1ℓ의 음용수를 소비하거나, 체중 5kg의 유아가 하루 0.75ℓ의 음용수를 소비하는 것을 가정하였다.

불확실성 계수는 4가지 경우로 각 1~10의 값을 가지며, 해당하는 경우의 불확실성 계수를 곱하여 결정된다. 불확실성 계수를 모두 곱한

값은 10,000을 넘어서는 안 되며, 1,000을 넘는 물질에 대해서는 불확실성 갖고 있음을 강조하기 위하여 잠정값으로 지정하게 된다. 위험도 평가에 의해 높은 불확실성 계수가 나올 경우, TDI는 정확하지 않은 것으로 간주된다.

역치를 가지지 않는 발암성 물질은 선형 다단계 모델을 적용하여 평생 동안의 발암 위험도가 10^{-5} 을 넘지 않도록 가이드라인 값을 설정하고 있다. (한무영, 1999; WHO,2006)

2.3 미국

미국은 1974년 12월 음용수관리법(Safe Drinking Water Act, SDWA)을 법률화하였으며, 1986년 개정을 통해 먹는물 수질기준의 결정권을 EPA에 부여하고 있다. 이에 따라 EPA에서는 오염물질의 MCLs를 수립하거나 오염물질의 농도를 경제적 혹은 기술적으로 확인하기 어려울 경우 TT로 규정할 수 있도록 하고 있다.

미국의 먹는물 수질기준은 먹는물 수질보호를 위해 환경에서의 출현빈도, 일반대중과 감수성이 예민한 사람들에 대한 노출시 위생상 악영향, 검출을 위한 분석방법, 기술적 가능성, 규제시 수도사업자, 경제와 공중위생 등을 고려하는 등 안전한 물의 공급을 위해 다중의 안전장치(multiple barrier)를 가지고 있으며, 먹는물 수질기준 역시 이러한 안전장치 중 하나로 인식하고 있다.

미국에서는 먹는물 수질기준을 설정하기 위해 음용수의 문제점 규명, 우선순위 설정, 기준설정의 3단계를 거치게 된다.

음용수의 문제점 규명과정은 어떠한 물질을 규제할 것인지를 결정하는 단계로 오염물질의 건강에의 영향, 음용수에서의 출현 가능성을 바탕으로 음용수 오염물질 관찰 대상표(Contaminant Candidate List, CCL)를 결정한다. 이 대상표에 있는 물질들은 (1) SDWA에서 아직 규정하고 있지 않거나, (2) 건강에 좋지 않은 영향이 있을 가능성이 있거나, (3) 물을 공급하는 과정에서 발생하는 것으로 알려져 있거나 예상되는 물질, (4) SDWA에서 규정되어야 할 물질들이다.

이 CCL상의 물질들을 대상으로 EPA는 우선순위 물질을 결정하며, 매 5년마다 재검토하여 5개 물질에 대한 규제여부를 결정하고, 규제되고 있지 않은 물질 중 30개 이상을 선정하여 감시하도록 하고 있다. 또한 6년마다 수질기준을 재평가하여 수정이 필요한 지를 결정한다.

규제 대상물질로 결정되면, 위해성을 검토하고 최대허용목표농도(MCLG)를 설정한다. MCLG는 해당 물질이 비발암물질, 발암물질, 미생물인지에 따라 설정방법이 달라진다. 비발암물질일 경우, 참고치(RfD)를 토대로 결정한다. RfD는 평생 동안 매일 섭취하여도 유해한 영향을 일으키지 않는 것으로 인정되는 농도로 이 RfD값을 이용 DWEL을 산출하고 이 DWEL에 음용수 섭취로 인한 노출 기여도의 평균비율인 20%를 곱하여 MCLG를 정한다. 발암물질은 0으로 설정되며, 0값 이상의 값으로 안전이 확인된 경우에 한해 그 값을 MCLG로 정한다. 미생물 역시 0으로 MCLG를 정하며 0 이상의 안전값을 구하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 아직까지는 설정된 값은 없다.

MCLG가 설정되면 기술적, 경제적 수준, 규제한계와 분석한계 등을 고려하여 가능한 최대허용목표농도에 가깝도록 최대허용농도(Max

imum Contaminant Level, MCL)를 결정하여 수질기준으로 확정 집행하게 된다.

미국은 수질기준 규정시 항목별 기준치 외에 검출농도에 따른 수질 측정 빈도를 단계적으로 규정하고 있으며, 수질기준 초과시의 행동지침과 수질기준위반에 대한 정의를 내리고 있다. 즉, 한 번의 농도초과가 곧바로 기준 위반이 되는 것이 아니라, 일정한 후속검사를 거쳐 정해진 기준을 초과할 경우에 한해 기준위반으로 간주한다.(EPA, 2000; _____, 2001; 최승일, 2002; 연세대 환경공해연구소, 2001)

3. 먹는물 수질기준

3.1 우리나라

우리나라의 먹는물 수질기준은 1963년 3월 제정된 이래, 여러 차례에 걸친 개정과정을 거치면서 수처리 기술의 발전, 시대여건 등이 반영된 결과 소독부산물질, 알루미늄, 사염화탄소 등의 수질기준 추가와 수은, 카드뮴 등의 기준강화, 규산, 알칼리도, 말라티온 등이 삭제되었으며, 탁도의 수질검사 방법의 변경 등의 변화를 가져왔다.

최근 개정인 2002년 6월 개정을 통해 현재의 미생물 4개, 유해영향무기물질 11개, 유해영향 유기물질 24개, 심미적 영향물질 16개 총 55개 항목과 지아디아, 바이러스의 정수처리기준을 수질기준으로 정하여 규제하고 있다.

그러나 아직까지 선진 외국에 비해 규제 항목이 적은 편이며, 납, 비소, 벤젠 등의 발암물질은 1994년 기준이 강화된 이래 10년 이상 같은 수준의 기준을 적용하고 있다. 그동안 기술의 발전으로 측정 장비의 감도가 좋아지고 정수처리 기술의 발달과 상수원 관리 등으로 원수 수질이 안정되는 등 기술적, 분석적으로 기준 강화에 대한 여건이 조성되었으며, 안전한 물에 대한 국민들의 욕구 증대와 발암물질인 점을 감안할 때 현 먹는물 수질기준의 개정이 필요할 것으로 사료된다.

표 2-2. 우리나라 먹는물 수질기준 변천과정

개정일자	관계법	개정사항	항목수
1963.3.13	수도법에 의한 수질기준	불소, 비소, 수은, 시안, 6가 크롬, 암모니아성질소, 질산성질소, 페놀 등	29
1984.3.13	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	납, 카드뮴, 세제 추가, 색도 기준 강화, 연, 규산, 광산산도, 알칼리도 삭제	28
1990.1.11	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	총트리할로메탄 추가	29
1991.7.4	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온 추가 유기인 삭제	33
1992.12.15	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	카바릴, 1.1.1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌 추가	37
1994.4.23	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	알루미늄 추가	38
1994.7.1	음용수의 수질기준 등에 관한 규칙	디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 추가 납 기준 강화	43
1995.5.1		보건사회부에서 환경부로 소관부처 이관	
1996.5.21	먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙	1.1디클로로에틸렌, 사염화탄소 추가, 불소 기준 강화	45
1999.2.11	먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙	수은, 시안, 염소이온 기준 강화, 탁도 기준 변경	45
2000.7.1	먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙	보론, 클로로포름 추가, 탁도 기준 강화	47
2002.6.21	먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙	분원성대장균, 대장균, 잔류염소, 클로랄하이드레이트, 디브로모아세토나이트릴, 1,2-디브로모-3-클로로프로판, 트리클로로아세토나이트릴, 디클로로아세토나이트릴, 할로아세틱에시드, 정수처리기준 추가, 카드뮴 기준강화, 말라티온 삭제	55

이러한 법적 규제항목 외에 환경부에서는 20개의 감시항목을 선정하여 모니터링 하고 있으며, 각 지자체별로 지역 수계 특성을 고려하여 환경부에서 지정한 감시항목 외에 자체 감시항목을 정하여 운영하고 있다.

표 2-3 먹는물 수질감시항목

항 목	구 분	수 질 기 준 (단위:µg/L)		1회/분기	1회/년
		WHO	미국	9항목	11항목
계	20	WHO	미국	9항목	11항목
휘발성 물 질	Vinyl Chloride	0.3	2		○
	Styrene	20(C)	100		○
	Chloroethane	-	-	○	
페놀류	Chlorophenol	○	-		○
	2,4-Dichlorophenol	○	-		○
	Pentachlorophenol	9(P)	1		○
	2,4,6-Trichlorophenol	200(C)	-		○
염소소독 부산물	Ethylendibromide	-	0.05		○
	Bromochloroacetonitrile	○	-	○	
농약류와 할로초산	2,4-D	30	70		○
	Alachlor	20	2		○
	Dibromoacetic acid	○	60	○	
	Monobromoacetic acid	○	-	○	
	Monochloroacetic acid	20	60	○	
프탈레이트와 아디페이트	Bis-2(ethylhexyl)phthalate	8	6	○	
	Bis-2(ethylhexyl)adipate	○	400	○	
다환방향족 탄화수소	Benzo(a)pyrene	0.7	0.2		○
무기물질	Antimony(mg/L)	0.02	0.006		○
기타	Formaldehyde	900	-	○	
	1,4-Dioxane	-	-	○	

※분기1회 검사항목은 3, 6, 9, 12월에 검사, 연1회 검사항목은 7~9월 기간 중 검사
 ※포름알데히드, 디브로모아세트에시드, 모노브로모아세트에시드, 모노클로로아세트에시드, 1,4-다이옥산 등 5개 감시항목은 2005.3/4부터 시행(7-9월 기간중 검사)
 ※C = 맛, 냄새 같은 소비자 불만을 야기시킬 수 있는 심미적 물질의 농도
 ※P = 제한기준치, 독성의 증거는 있으나 건강영향에 대한 유효한 정보가 제한적
 자료원 : 2007년 먹는물 수질관리지침, 환경부

표 2-4 특·광역시 및 수자원공사 자체검사 항목수

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	수공
자체항목	70	83	56	55	39	70	70	175
총항목	145	158	131	130	114	145	145	250

※ 총항목 = 먹는물 수질기준항목(55) + 수질감시항목(20) + 자체검사항목

자료원 : 2007년 먹는물 수질관리지침, 환경부

또한 검사결과 WHO 또는 외국의 수질기준보다 높게 검출된 정수장에 대하여는 정수처리 철저 등 관리를 강화하고 모니터링 주기의 단축과 수질 검사 결과에 대한 원인분석을 통한 개선방안을 마련하도록 하고 있다.

이와는 별도로 서울시에서는 2005년 6월 이후부터는 자체적으로 규정한 정량한계를 적용하여 수질검사를 실시하고 있다.

표 2-5. 우리나라 먹는물 수질기준과 정량한계

성분명	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
일반세균	100 CFU/m ³ 이하	0	0
총대장균군	불검출/100ml	-	-
분원성대장균군	불검출/100ml	-	-
대장균	불검출/100ml	-	-
납	0.05mg/ℓ	0.04mg/ℓ	0.01mg/ℓ
볼소	1.5mg/ℓ	0.15mg/ℓ	0.1mg/ℓ
비소	0.05mg/ℓ	0.005mg/ℓ	0.003mg/ℓ
세레늄	0.01mg/ℓ	0.005mg/ℓ	0.003mg/ℓ
수은	0.001mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
시안	0.01mg/ℓ	0.01mg/ℓ	0.01mg/ℓ
6가크롬	0.05mg/ℓ	0.02mg/ℓ	0.01mg/ℓ
암모니아성질소	0.5mg/ℓ	0.01mg/ℓ	0.01mg/ℓ
질산성질소	10mg/ℓ	0.1mg/ℓ	0.05mg/ℓ
보론	0.3mg/ℓ	0.01mg/ℓ	0.01mg/ℓ
카드뮴	0.01mg/ℓ	0.002mg/ℓ	0.001mg/ℓ
페놀	0.005mg/ℓ	0.005mg/ℓ	0.005mg/ℓ
총트리할로메탄	0.1mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0001mg/ℓ
클로로포름	0.08mg/ℓ	0.0001mg/ℓ	0.0001mg/ℓ
다이아지논	0.02mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
파라티온	0.06mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ

표 2-5. 우리나라 먹는물 수질기준과 정량한계(계속)

성분명	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
페니트로티온	0.04mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
카바릴	0.07mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
1.1.1-트리클로로에탄	0.1mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
테트라클로로에틸렌	0.01mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
트리클로로에틸렌	0.03mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
디클로로메탄	0.02mg/ℓ	0.002mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
벤젠	0.01mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
톨루엔	0.7mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
에틸벤젠	0.3mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
크실렌	0.5mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
1.1디클로로에틸렌	0.03mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
사염화탄소	0.002mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
1.2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/ℓ	0.001mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
잔류염소	4.0mg/ℓ	0.05mg/ℓ	0.05mg/ℓ
클로랄하이드레이트	0.03mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
디브로모아세토니트릴	0.1mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
디클로로아세토니트릴	0.09mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
트리클로로아세토니트릴	0.004mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
할로아세틱에시드	0.1mg/ℓ	0.0005mg/ℓ	0.0005mg/ℓ
경도	300mg/ℓ	1 mg/ℓ	1 mg/ℓ
과망간산칼륨소비량	10mg/ℓ	0.3mg/ℓ	0.3mg/ℓ
냄새	이취없을것	-	-
맛	이미없을것	-	-
동	1.0mg/ℓ	0.008mg/ℓ	0.005mg/ℓ
색도	5도 이하	1도	1도
세제	0.5mg/ℓ	0.1mg/ℓ	0.1mg/ℓ
수소이온농도	5.8-8.5	-	-
아연	1.0mg/ℓ	0.002mg/ℓ	0.002mg/ℓ
염소이온	250mg/ℓ	0.4mg/ℓ	0.1mg/ℓ
중발잔류물	500mg/ℓ	2mg/ℓ	2mg/ℓ
철	0.3mg/ℓ	0.05mg/ℓ	0.01mg/ℓ
망간	0.3mg/ℓ	0.005mg/ℓ	0.001mg/ℓ
탁도	1 NTU	0.02 NTU	0.02 NTU
황산이온	200mg/ℓ	2mg/ℓ	0.1mg/ℓ
알루미늄	0.2mg/ℓ	0.02mg/ℓ	0.01mg/ℓ
지아디아	99.99% 제거		
바이러스	99.99% 제거		

3.2. 국외

전 세계 회원국에 먹는물 수질기준의 가이드라인을 제공하고 있는 WHO와 환경 분야에서 엄격한 기준을 가지고 있는 미국과 유럽연합, 그리고 일본의 먹는물 수질기준을 검토하였다.

각 국가들은 안전한 물을 공급하기 위하여 여러 제도와 방법을 도입하여 수질기준을 마련하고 있으며, WHO, 미국은 100여 종 이상의 물질에 대해 기준치를 설정하고 있으며, 일본은 86개, 영국, 독일, 프랑스는 우리나라와 비슷한 수준인 51~59개 항목의 수질기준을 가지고 있으며, 수질기준 항목을 미생물, 무기물질, 유기물질, 심미적 영향물질, 방사성물질 등으로 구분하여 관리하고 있다.

WHO에서는 앞에서 살펴본 대로 가이드라인 값을 설정하여 음용수 수질에 대한 정보제공과 수질 평가가 가능하도록 각 회원국에 제공하고 있으며, 이 가이드라인은 WHO에서 음용수 수질에 대해 회원국에 권고하는 수준으로, 회원국이 의무적으로 지켜야하는 규정치는 아니다. 또한 각 지역 또는 국가별 경제, 사회, 문화, 환경 등의 사정을 고려하여 수질기준 선정시 판단을 위한 참고 수치로, 유연성을 가지고 있다. (한무영, 1999; WHO,2006)

미국의 먹는물 수질기준은 강제적 성격을 가지는 먹는물 기본수질기준(National Primary Drinking Water Regulation, NPDWR)과 비강제적 규정인 2차 먹는물 수질기준(Secondary Drinking Water Regulation, SDWR) 으로 구분되어 있다.

먹는물 기본수질기준은 미생물, 합성유기화합물질(SOCs), 휘발성 유

기화합물질(VOCs), 무기물질(IOC), 방사성물질에 대해 MCL과 MCLG를 설정하고 있다. 미생물은 박테리아, 바이러스 등 수돗물 사용자의 건강을 위협할 수 있는 물질을 포함하고 있으며, SOCs는 농약 및 공업용 화학물질 등의 인공 화학물질, VOCs는 물에서 공기로 쉽게 이동 가능한 자연 발생적 혹은 인공적 화학물질이며, IOCs는 자연적 또는 인간 활동으로 상수도에 유입될 수 있는 금속 또는 광물질이다.

2차 먹는물 수질기준(National Secondary Drinking Water Regulation, NSDWR)은 1979년 제정되었으며, 피부나 이의 변색 등 표면적인 영향과 맛, 냄새, 색도 등 심미적인 영향과 관련된 사항을 정하고 있으며, 먹는물 기본수질기준과 달리 비강제적이다.(EPA, 2000 ; _____, 2001)

일본의 경우는 1957년 제정된 수도법을 근거로 하여 1958년 최초의 먹는물 수질기준이 제정된 후 여러 차례에 걸친 보완과정을 거쳐 현재는 기준항목, 쾌적수질항목, 감시항목으로 구분한 85개 항목에 대한 기준을 가지고 있다. 기준 46개 항목은 인체 유해물질에 관한 건강관련 26개 항목, 색, 탁도, 냄새 등 수도수 정상관련 17개 항목으로 구분되어 있으며, 법적으로 강제성을 가지는 규제값이다. 쾌적수질 13개 항목은 질적으로 보도 향상된 수도수를 보장하기 위한 항목으로 목표값으로 설정하고 있으며, 전국적인 오염상황감시를 통한 수질기준 고려대상인 감시항목은 26개로 지침값을 두어 관리하고 있다. 수질검사는 기준항목의 경우는 월 1회 이상, 감시항목은 년 1회 이상 실시하도록 하고 있다. (국립환경과학원. 2000; 권숙표, 2000)

유럽의 각국들은 유럽연합의 음용수를 위한 지표수의 오염 방지 및 저감을 위한 지침인 75/440/EEC를 토대로 하여 각 국가의 실정에 맞는

수질기준을 가지고 있다.

프랑스는 1989년에 먹는물에 관한 법령을 제정하여 먹는물로 사용되는 물의 수질기준에 대해 1980년에 제정된 유럽공동체 규격을, 먹는물 수질기준은 부칙으로 정한 기준을 따르도록 하였다. 이 부칙에서는 수질항목을 A~G까지의 7개 그룹으로 구분한 총 59종에 대해 규정하고 있다. 독일은 1986년에 먹는물 수질기준을 제정하였으며 화학물질, 물리화학 및 먹는물 수질평가 항목 등으로 구분하여 총 46종을 규정하고 있다. 영국은 1989년에 제정된 수도법을 적용하여 먹는물 수질기준을 가지고 있으며 이 기준은 물질의 특성에 따라 A~E까지 5개의 그룹으로 구분하여 총 55종을 규정하고 있다. (국립환경과학원, 2000)

표 2-6. 각국의 먹는물 수질기준 항목수

물질명	한국*	WHO**	미국***		일본			영국	독일	프랑스	
			1차	2차	법정항목	감시	패적				
계	55	111(121)※	91	15	46	27	14	59	51	58	
미생물	4	2	6	0	2	0	0	6	4	8	
무기물질	11	16	17	2	9	4	0	17	17	16	
계	24	79	64	-	19	23	1	8	7	7	
유기물질	휘발성물질	11	18	20	0	10	4	0	3	4	1
	농약	5	33	30	0	4	13	0	1	0	2
	소독부산물	8	19	7	0	5	5	1	1	0	1
	기타	0	9	6	0	0	1	0	2	3	3
심미적물질	16	12	1	13	16	0	12	28	23	25	
방사능물질	0	2	3	0	0	0	0	0	0	2	

※ WHO는 121개 항목 중 10종이 중복이고, 미국은 1차와 2차에서 1종이 중복임

자료원 : 국립환경과학원, 2000, 정책결정자를 위한 수질기준 비교분석

* : 2002, ** : 2006, *** : 2006 기준

표 2-7. 먹는물 중 미생물의 수질기준

물질명	단위	한국	WHO	미국			일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시 패적				
계		4	2		6	0	2	0	0	6	4	8
Heterotropic plate count (중온세균) (저온세균)	cfu /ml "	100		NA	TT		100		Normal Normal	100 100 (20) ¹⁾		
Total Coliforms	No/100ml	0	0	0	0 (95%)		0		0	0 (95%)	0 (95%)	
Thermotollerant Coliforms	No/100ml		0						0	0	0	
Faecal streptococci	No/100ml	0							0		0	
Escherichia Coli	No/100ml	0										
Sulphite-reducing clostridia	No/20ml								1		0	
Staphylococcus	No/100ml											0
Salmonella	No/ 5ℓ											0
Legionella				0	TT							
Viruses	No/10 ℓ	99.99% 제거		0	TT							0
Giardia lamblia		99.99% 제거			TT							
Faecal bacteriophage	No/50 ℓ											0
Cryptosporidium					TT							

표 2-8. 먹는물 중 유해한 무기물질의 수질기준

물질명	단위	한국	WHO	미국			일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시 채적				
계		11	16		17	2	9	4	0	17	17	16
Arsenic	μg/ℓ	50	10(P)	0	10		10			50	10	50
Cadmium	μg/ℓ	5	3	5	5		10			5	5	5
Chromium	μg/ℓ	50(+6)	50(P)	100	100		50(+6)			50	50	50
Lead	μg/ℓ	50	10	0	15		50			50	40	50
Mercury	μg/ℓ	1	1	2	2		0.5			1	1	1
Selenium	μg/ℓ	10	10	50	50		10			10	10	10
Antimony	μg/ℓ		20	6	6			2		10	10	10
Barium	μg/ℓ		700	2000	2000					1000	1000	
Beryllium	μg/ℓ			4	4							10
Boron	μg/ℓ	300	50					200		2000	1000	
Molybdenum	μg/ℓ		70					70				
Nickel	μg/ℓ		20					10		50	50	50
Silver	μg/ℓ					100				10	10	10
Thallium	μg/ℓ			0.5	2							
Ammonia (NH ₄ ⁺)	mg/ℓ	0.5	1.5							0.5	0.5	0.5
Nitrite (as NO ₂)	mg/ℓ		3(P)	1	1					0.1	0.1	0.1
Total NO ₃ /NO ₂	mg/ℓ			10	10		10					
Nitrate (as NO ₃)	mg/ℓ	10	(50)	10	10					(50)	50	50
Kjeldahl nitrogen	mg/ℓ									1	1	1
Cyanide	mg/ℓ	0.01	0.07		0.2		0.01			0.05	0.05	0.05
Fluoride	mg/ℓ	1.5	1.5	4	4	2	0.8			1.5	1.5	0.7~ 1.5
Iodide	mg/ℓ											
Asbestos	MF/ℓ				7							

P : Provisional guideline value , MF : Million Fiber

표 2-9. 먹는물 중 휘발성 화학물질의 수질기준

물 질 명	단위	한국	WHO	미국		법정 항목	일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차		2차	감시				패적
계		10	18		20	0	10	4	0	3	4	1
Organic chloro compound ¹⁾											10	
Carbon tetrachloride	µg/ℓ	2	4	0	5		2				3	
Dichloromethane	µg/ℓ	20	20	0	5		20					
1.2-Dichloroethane	µg/ℓ		30	0	5		4					
1.1.1-Trichloroethane	µg/ℓ	100	2000(P)	200	200		300				25	
1.1.2-Trichloroethane	µg/ℓ			3	5		6					
Vinyl chloride	µg/ℓ		3	0	2							
1.1-Dichloroethene	µg/ℓ	30	30	7	7		20					
1.2-Dichloroethene(cis)	µg/ℓ		50	70	70		40					
1.2-Dichloroethene(trans)	µg/ℓ			100	100		40					
Trichloroethene	µg/ℓ	30	2(p)	0	5		30			30		
Tetrachloroethene	µg/ℓ	10	40	0	5		10			10		50
Tetrachloromethene	µg/ℓ									3	3	
Benzene	µg/ℓ	10	10	0	5		10					
Toluene	µg/ℓ	700	70 (24-17)	1000	1000		600					
Xylenes	µg/ℓ	500	50 (2-18)	10000	10000		400					
Ethylbenzene	µg/ℓ	300	300 (2-20)	700	700							
Styrene (Chlorinated benzenes)	µg/ℓ		20 (4-20)	100	100							
Monochlorobenzene	µg/ℓ		30 (10-12)	100	100							
1.2-Dichlorobenzene	µg/ℓ		1000 (1-10)	600	600							
1.3-Dichlorobenzene	µg/ℓ											
1.4-Dichlorobenzene	µg/ℓ		300 (03-30)	75	75		300					
Trichlorobenzenes (Total)	µg/ℓ		20 (5-50)									

1) 1.1.1- Trichloroethane, Trichloroethene, Tetrachloroethene, Dichloromethane의 합계
P: Provisional guideline value, ()는 심미적인 영향물질 수질기준임

표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준

물질명	단위	한국	WHO	미국			일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시				쾌적
계		5	33		30	0	4	13	0	1	0	2
Pesticide(each)	μg/l									0.1		0.1
Pesticide(total)	μg/l									0.5		0.5
Acephate	μg/l											
Alachlor	μg/l		20	0	2							
Aldicarb	μg/l		10	1	3							
Aldicarb sulfone	μg/l			1	2							
Aldicarb sulfoxide	μg/l			1	4							
Aldrin / dieldrin	μg/l		0.03									0.03
Ametryn	μg/l											
Amitrole	μg/l											
Asulam	μg/l											
Atrazine	μg/l		2	3	3							
Azinphos-methyl	μg/l											
Bendiocarb	μg/l											
Benomyl	μg/l											
Bentazone	μg/l		30									
Bioresmethrin	μg/l											
Bromacil	μg/l											
Bromophos-ethyl	μg/l											
Bromoxynil	μg/l											
Cabaryl	μg/l	70										
Carbendazim	μg/l											
Carbofuran	μg/l		5	40	40							
Carbophenothion	μg/l											
Carboxin	μg/l											
Chlordane	μg/l		0.2	0	2							
Chlornitrofen (CNP)	μg/l							5				
Chlorothalonil (TPN)	μg/l							40				
Chlorotoluron	μg/l		30									

표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준(계속)

물질명	단위	한국	WHO	미국		일본		영국	독일	프랑스
				MCLG	1차	2차	법정 항목			
Chloroxuron	μg/l									
Chlorfenvinphos	μg/l									
Chlorphenvinphos	μg/l									
Chlorpyrifos	μg/l									
Chlorsulfuron	μg/l									
Clopyralid	μg/l									
Cyanazine	μg/l									
2.4 - D	μg/l		30	70	70					
Dalapon	μg/l			200	200					
2.4 - DB	μg/l		90							
D D T	μg/l		2							
DDT+Metabolites	μg/l									
Diazinon	μg/l	20					5			
1,2-Dibromo- 3-Chloropropane	μg/l		1	0	0.2					
Dicamba	μg/l									
Dichlobenil	μg/l									
Dichlorprop	μg/l		100							
1,2 - Dichloropropane	μg/l		20	0	5		60			
1,3 - Dichloropropene	μg/l		20			2				
Dichlorvos (DDVP)	μg/l						10			
Diclofop-methyl	μg/l									
Dicofol	μg/l									
Difenzoquate	μg/l									
Dimethote	μg/l									
Dinoseb	μg/l			7	7					
Diphenamid	μg/l									
Diquat	μg/l			20	20					
Disulfonton	μg/l									
Diuron	μg/l									
DPA	μg/l									
Endosulfan	μg/l									

표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준(계속)

물질명	단위	한국	WHO	미국		법정 항목	일본		영국	독일	프랑스
				MCLG	1차 2차		감시	쾌적			
Endothall	$\mu\text{g}/\ell$			100	100						
Endrin	$\mu\text{g}/\ell$			2	2						
EPN	$\mu\text{g}/\ell$						6				
EPTC	$\mu\text{g}/\ell$										
Ethion	$\mu\text{g}/\ell$										
Ethoprophos	$\mu\text{g}/\ell$										
Etridiazole	$\mu\text{g}/\ell$										
Ethylene dibromide (EDB)	$\mu\text{g}/\ell$			0	0.05						
Fenamiphos	$\mu\text{g}/\ell$										
Fenarlmol	$\mu\text{g}/\ell$										
Fenchlorphos	$\mu\text{g}/\ell$										
Fenitrothion	$\mu\text{g}/\ell$	40									
Fenitrothion (MEP)	$\mu\text{g}/\ell$						3				
Fenobucarb (BPMC)	$\mu\text{g}/\ell$						20				
Fenoprop	$\mu\text{g}/\ell$		9								
Fensulfothion	$\mu\text{g}/\ell$										
Fenvalerate	$\mu\text{g}/\ell$										
Flamprop-methyl	$\mu\text{g}/\ell$										
Fluometuron	$\mu\text{g}/\ell$										
Formothion	$\mu\text{g}/\ell$										
Fosamine	$\mu\text{g}/\ell$										
Glyphosate	$\mu\text{g}/\ell$			700	700						
Heptachlor & Heptachlor Epoxide	$\mu\text{g}/\ell$		0.03	0	H:0.4 HE:0.2						0.03
Hexachlorobenzene	$\mu\text{g}/\ell$		1	0	1						
Hexachlorocyclope ntadiene	$\mu\text{g}/\ell$			50	50						
Hexaflurate	$\mu\text{g}/\ell$										
Hexazinone	$\mu\text{g}/\ell$										
Iprobenfos (IBP)	$\mu\text{g}/\ell$						8				
Isoprothiolane	$\mu\text{g}/\ell$						40				

표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준(계속)

물질명	단위	한국	WHO	미국		법정 항목	일본		영국	독일	프랑스
				MCLG	1차		2차	감시			
Isoproturon	μg/l		9								
Isoxanthion	μg/l						8				
Lindane	μg/l		2	0.2	0.2						
Malathion	μg/l										
Maldison	μg/l										
MCPA	μg/l		2								
Mecoprop	μg/l		10								
Methidathion	μg/l										
Methiocarb	μg/l										
Methomyl	μg/l										
Methoxychlor	μg/l		20	40	40						
Metolachlor	μg/l		10								
Metribuzin	μg/l										
Metsulfuron-methyl	μg/l										
Mevinphos	μg/l										
Molinate	μg/l		6								
Monocrotophos	μg/l										
Napropamide	μg/l										
Nitralin	μg/l										
Norflurazon	μg/l										
Oryzalin	μg/l										
Oxamyl (vydate)	μg/l			200	200						
Paraquat	μg/l										
Parathion	μg/l	60									
Parathion-methyl	μg/l										
Pebulate	μg/l										
Pendimethalin	μg/l		20								
Pentachlorophenol	μg/l		9	0	1						

표 2-10. 먹는물 중 농약의 수질기준(계속)

물질명	단위	한국	WHO	미국		법정 항목	일본		영 국	독 일	프랑 스
				MCLG	1차		2차	감시			
Permethrin	μg/l		20				40				
Phoroate	μg/l										
Picloram	μg/l										
Piperonyl butoxide	μg/l										
Pirimicarb	μg/l										
Pirimiphos-ethyl	μg/l										
Pirimiphos-methyl	μg/l										
Profenophos	μg/l										
Promecarb	μg/l										
Propachlor	μg/l										
Propanil	μg/l										
Pyridate	μg/l										
Propargite	μg/l										
Propazine	μg/l										
Propiconazole	μg/l										
Propyzamide	μg/l						8				
Pyrazophos	μg/l										
Quintozene	μg/l										
Simazine	μg/l		2	4	4	3					
Sulprofos	μg/l										
2.4.5 - T	μg/l		9								
Temephos	μg/l										
Terbacil	μg/l										
Terbufos	μg/l										
Terbutryn	μg/l										
2.3.7.8-TCDD(dioxin)	μg/l			0	3/105						
2,3,4,6-tetracholophenol	μg/l										
Tetrachlorvinphos	μg/l										
Thiobencarb	μg/l						20				
Thiometon	μg/l										
Thiophanate	μg/l										
Toxaphene	μg/l			0	3						
2.4.5 - TP (Silvex)	μg/l			0	50						
Triadimefon	μg/l										
Trichlorfon	μg/l										
Triclopyr	μg/l										
Triallate	μg/l										
Trifluralin	μg/l		20								
Vemolate	μg/l										

표 2-11. 먹는물 중 소독부산물의 수질기준

물질명	단위	한국	WHO	미국			일본			영국	독일	프랑스
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시	쾌적			
계		8	19		7	0	5	5	1	1	0	1
Trihalomethane	μg/ℓ	100					100			100		
Chloroform	μg/ℓ	80	30	70	80		60					
Bromodichloromethane	μg/ℓ		60	0	80		30					
Dibromochloromethane	μg/ℓ		100	60	80		100					
Bromoform	μg/ℓ		100	0	80		90					
Chloral hydrate (Trichloroacetaldehyde)	μg/ℓ	30	10(P)				30					
Dibromoacetonitrile	μg/ℓ	100	70									
Dichloroacetonitrile	μg/ℓ	90	2(P)				80					
Trichloroacetonitrile	μg/ℓ	4	1(P)									
Chloroacetic acid	μg/ℓ											
Dichloroacetic acid	μg/ℓ		50(P)	0	60		40					
Trichloroacetic acid	μg/ℓ		100(P)	20	60		300					
Formaldehyde	μg/ℓ		900				80					
Cyanogen chloride (as CN)	μg/ℓ		70									
2 - Chlorophenol	μg/ℓ		(0.1~10)									
2,4-Dichlorophenol	μg/ℓ		(0.3~40)									
2,4,6-Trichlorophenol	μg/ℓ		200 (2~300)									10
Monochloramine	mg/ℓ		3									
Chlorite	μg/ℓ		200(P)	0	1000							
Bromate	μg/ℓ		10(P)	0	10							
Chlorine	mg/ℓ	4	5(0.6~1.0)	0.004	0.004				1			
Chlorine dioxide	mg/ℓ			0.8	0.8							
Haloacetic acid	mg/ℓ	0.1			0.06							

P : Provisional guideline value, () : Aesthetic guideline value

표 2-12. 먹는물 중 기타 유기화학물질의 수질기준

물 질 명	단위	한국	WHO	미국			일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시 쾌적				
계		0	9		6	0	0	1	0	2	3	4
Di (2-ethylhexyl) adipate	µg/ℓ		80	400	400							
Di (2-ethylhexyl) phthalate	µg/ℓ		8	0	6			60				
Acrylamide	µg/ℓ		0.5	0	TT							
Epichlorohydrin	µg/ℓ		0.4(P)	0	TT							
Hexachlorobutadiene	µg/ℓ		0.6									
Edetic Acid(EDTA)	µg/ℓ		100(P)									
Nitrilotriacetic Acid	µg/ℓ		200									
Tributyltin Oxide	µg/ℓ		2									
Polycyclic aromatic Hydrocarbons	µg/ℓ								0.2	0.2	0.2	
Benzo[3.4]pyrene	µg/ℓ		0.7	0	0.2				0.01		0.01	
PCB	µg/ℓ			0	0.5							
PCB, PBB & PCT (each)	µg/ℓ									0.1	0.1	
PCB, PBB & PCT (total)	µg/ℓ									0.5	0.5	

표 2-13. 먹는물 중 심미적인 영향물질의 수질기준

물 질 명	단위	한국	WHO	미국			일본		영국	독일	프랑스	
				MCLG	1차	2차	법정 항목	감시 쾌적				
계		17	12		1	14	16	0	12	28	23	25
Color	도	5	15 TCU			15	5		20	0.5 m-1	15 mg/ℓ	
Turbidity	NTU	0.5	5				2도	1도	4*	1.5*	2**	
Odor (12℃, 25℃)	희석도	무취				3	무취	3 ton	(-, 3)	(2, 3)	(2, 3)	
Taste (12℃, 25℃)	희석도	무미					무미		(-, 3)		(2, 3)	
pH		5.8~ 8.5				6.5~ 8.5	5.8~ 8.6	7.5	5.5 ~ 9.5	6.5 ~ 9.5	6.5 ~ 9.0	
Temperature	℃								25	25	25	
Dissolved Oxygen												

* : FORMAZIN, ** : JACSON

표 2-13. 먹는물 중 심미적인 영향물질의 수질기준(계속)

물질명	단위	한국	WHO	미국		일본		영국	독일	프랑스
				MCLG	1차	2차	법정 범항목			
Corrosivity	-					비부 식성		-1~0		
Conductivity (20, 25°C)	µS/cm							1500	2000	
Alkalinity (France)	mg/ℓ							30 이상		2.5 도
Total dissolved solids	mg/ℓ	500	1000			500	500	30~ 200	1500	1500
Total Hardness (France)	mg/ℓ	300					300	10~ 100	60 이상	15 이상
Calcium	mg/ℓ							250	400	-
Magnesium	mg/ℓ					0.05		50	50	50
Aluminium	mg/ℓ	0.2	0.2			0.05 ~0.2		0.2	0.2	0.2
Copper	mg/ℓ	1	2 ^{(P)(1)}	1.3	TT	1	1		3	3
Iron	mg/ℓ	0.3	0.3			0.3	0.3		0.2	0.2
Manganese	mg/ℓ	0.3	0.5(P) (0.1)			0.05	0.05	0.01	0.05	0.05
Zinc	mg/ℓ	1	3			5	1		5	5
Sodium	mg/ℓ		200				200		150	150
Potassium	mg/ℓ								12	12
Chloride	mg/ℓ	250	250			250	200		400	250
Sulfate	mg/ℓ	200	250			250			250	240
Hydrogen sulfide	mg/ℓ		0.05							0
Carbon dioxide	mg/ℓ							20		
Phosphorus(P ₂ O ₅)	mg/ℓ								2.2 (P)	6.7 (PO ₄)
Permanganate value	mg/ℓ	10				10		3	5	5
Phenols	µg/ℓ	5	-				5		0.5	0.5
Foaming agent	mg/ℓ	0.5				0.5	0.2		0.2	0.2
Total organic carbon	mg/ℓ							Norm al		
Dissolved hydrocabons (minernal oils)	mg/ℓ							0.01	0.01	0.01
Substance extractable in chloroform	mg/ℓ							1	1	
2-methylisoborneol	µg/ℓ							0.02		
Geosmin	µg/ℓ							0.02		

HU : Hazen Unit

P : Provisional guideline value, () : Aesthetic guideline value

표 2-14. 먹는물 중 방사성물질의 수질기준

물 질 명	단위	한국	WHO	미 국		일 본		영 국	독 일	프 랑 스
				MCLG	1차	2차	법정 항목			
계		0	2		3	0	0	0	0	2
Gross alpha activity	bq/ℓ		0.1		15 (pCi/ℓ)					3 (pCi/ℓ)
Gross beta activity	mrem/yr		1 bq/ℓ		4					30
R 226 + R 228	pCi/ℓ				5					
R-226	bq/ℓ									
R 228	bq/ℓ									
Cesium-137	bq/ℓ									
Iodine-131	bq/ℓ									
Strontium-90	bq/ℓ									
tritium	bq/ℓ									
Uranium	μg/ℓ				30					
Radon	bq/ℓ				300 (pCi/ℓ)					
Unspecified α and β emitter	mSv									

자료원 : 국립환경과학원 2000 정책결정자를 위한 수질관련기준 비교분석

4. 수질 검사

4.1 검사주기

먹는물 수질기준 항목의 수질검사 방법 및 주기는 먹는물 관리법 제5조의2(먹는물 수질공정시험방법)에 의해 정해져 있으며, 먹는물의 수질검사 항목 및 주기는 검사 시설의 종류에 따라 달라진다. 정수장의 경우, 검사 항목에 따라 매일, 매주, 매월 검사로 구분하여 수질관리를 하고 있

으며, 먹는물 수질기준 55개 항목에 대한 검사는 한 달에 1번 실시한다. 또한, 각 시설별로 용도와 검사 목적에 맞는 항목을 선정하고, 그에 따른 검사주기를 결정하여 검사를 실시하고 있다.

표2-15. 먹는물 검사항목 및 주기

구분	측정항목
정수장	매일검사 (6항목) 냄새, 맛, 색도, pH, 탁도, 잔류염소
	매주검사 ¹⁾ (8항목) 일반세균, 총대장균군, 대장균 또는 분원성대장균군, 암모니아성질소, 질산성질소, 과망간산칼륨소비량, 증발잔류물
	매월검사 ²⁾ (49항목) 소독부산물 중 총트리할로메탄 및 클로로포름을 포함한 먹는물 수질기준 전항목
	매분기 (6항목) 8개 소독부산물중 6개항목(잔류염소, 클로랄하이드레이트, 디브로모아세토니트릴, 디클로로아세토니트릴, 트리클로로아세토니트릴, 할로아세틱에시드)
수도꼭지	매월검사 (5항목) 일반세균, 총대장균군, 대장균 또는 분원성대장균군, 잔류염소
수도관 노후지역 수도꼭지	매월검사 (11항목) 일반세균, 총대장균군, 대장균 또는 분원성대장균군, 암모니아성질소, 철, 동, 아연, 망간, 염소이온, 잔류염소
급수과정별 시설	매분기검사 (12항목) 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균, 암모니아성질소, 총트리할로메탄, 동, pH, 아연, 철, 탁도, 잔류염소
마을·전용 상수도 소규모 급수시설	분기검사 ³⁾ (16항목) 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균, 암모니아성질소, 냄새, 맛, 질산성질소, 색도, 탁도, 불소, 망간, 알루미늄, 잔류염소, 보론 및 염소이온(해수에 한함)
	년 전항목검사 (55항목) 먹는물 수질기준 전항목
먹는물 공동시설	매분기검사 ⁴⁾ (8항목) 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균, 암모니아성질소, 질산성질소, 과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물
	매년검사 (48항목) 먹는물 수질기준 전항목(소독제 및 소독부산물질 제외)

- 1) 일반세균, 총대장균군 항목은 반드시 매주 1회 이상 검사를 실시하고, 기타 항목은 지난 1년간의 수질검사 결과에 따라 매월 1회 이상으로 조정하여 검사 가능
 - 2) 염소이온, 망간, 알루미늄 항목은 반드시 매월 1회 이상 검사를 실시하고, 기타 항목은 지난 3년간의 수질검사 결과에 따라 매분기 1회 이상으로 조정하여 검사 가능
 - 3) 지난 3년간의 수질검사 결과에 따라 매분기 1회 이상으로 조정하여 검사 가능
 - 4) 3/4분기 중에는 매월 수질검사 실시
- ※ 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제4조 및 별표1의 규정에 의거 실시

4.2 검사방법

수질검사의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 「먹는물 수질공정시험방법」에서는 검사 방법 및 검사시 필요한 제반사항에 대하여 규정하고 있다. 그러나 먹는물 수질공정시험방법은 2002년에 이어 2005년에 개정되었으나 일부항목에 한하였으며, 분석기술이 발달하여 검출한계가 ppb 수준으로 낮아지고 있으나, 아직까지 우리나라에서는 이러한 부분이 제대로 반영되지 못하고 있다.

WHO에서는 2006년에 먹는물 가이드라인을 개정하여 발표하였으며, 여기에서 물질별 분석 방법과 검출한계를 정리하여 소개하고 있다.

분석방법은 무기물질은 8가지, 유기물질은 5가지가 있으며, 검사 결과의 질적 수준에 따라 순위를 매겼으며, 순위가 높을수록 보다 정교한 과정을 거쳐 좋은 결과를 얻을 수 있으며, 검사비용 역시 올라간다.

실제로 각 항목의 분석 방법별 검출한계를 보면, ICP, PT-GC 등 장비가 정교해 질수록 검출 범위가 낮아지는 것을 볼 수 있다.

표 2-16. 무기물질 분석방법별 검사 결과의 질적 수준에 따른 순위

순 위	분 석 방 법
1	Volumetric method, colorimetic method
2	Electrode method
3	Ion chromatography
4	High-performance liquid chromatography(HPLC)
5	Flame atomic absorption spectrometry(FAAS)
6	Electrothermal atomic absorption spectrometry(EAAS)
7	Inductively coupled plasma(ICP)/atomic emission spectrometry(AES)
8	ICP/mass spectrometry(MS)

자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

표 2-17. 유기물질 분석방법별 검사 결과의 질적 수준에 따른 순위

순 위	분 석 방 법
1	HPLC
2	Gas chromatography (GC)
3	GC/MS
4	Headspace GC/MS
5	Purge-and trap GC, Purge-and trap GC/MS

자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

우리나라의 경우 유기물질은 감도가 좋은 PT-GC 또는 GC를 사용하고 있었으나, 무기물질은 대체로 흡광광도법을 이용하는 경우가 대부분으로 나타났다.

표 2-18. 무기물질의 분석방법별 검출한계

순 위	현 장		실 험 실				
	Col	Absor	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP/MS
Arsenic		#		+(H), ◆	++□+++ (H)	++(H)	+++
Barium				+	+++	+++	+++
Boron		++		◆		++	+++
Chromium		#		+, ◆	+++	+++	+++
Fluoride	#	+	++, ◆				+++
Manganese	+	++		++	+++ , ◆	+++	+++
Molybdenum					+	+++	+++
Selenium		#		#	+++ (H), ◆	++ (H)	+
Uranium						+	+++
Cadmium		#			++, ◆	++	+++
Cyanide	#	+	+	◆			
Mercury					+, ◆		
Nitrate/Nitrite	+++	+++	#	◆			
Antimony				#	++ (H)	++ (H)	+++
Copper	#	+++		+++	+++ , ◆	+++	+++
Lead		#			+, ◆	+	++
Nickel		+		#	+	+++	++

주) + : 검출한계가 가이드라인 값이거나 가이드라인 값의 1/10
 ++ : 검출한계가 가이드라인 값의 1/10~1/50
 +++ : 검출한계가 가이드라인 값의 1/100 보다 낮은 경우
 # : 가이드라인 값 수준의 농도는 검출가능하나 1/10 수준의 검출은 어려운 분석방법
 □ : 각 항목에 적당한 검출방법
 (H) : 하이브리드 제너레이터를 이용 변환하여 검출하여야 하는 방법
 ◆ : 우리나라 먹는물수질공정시험방법 상 적용방법
 자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality

표 2-19. 유기물질 중 공업용 또는 인간 활동으로 발생한 물질의 분석방법별 검출한계

순 위	Col	GC	GC /PD	GC/EC	GC/ FID	GC/ FPD	GC/ TID	GC/ MS	PT- GC/MS	HPLC	HPLC/ FD	HPLC/ UVPAD	EAAS	IC/FD
Benzene				++, ◆	+, ◆				+++, ◆					
Carbon Tetrachloride				+, ◆					+, ◆					
2-ethylhexyl phtalate								++						
1.2-Dichlorobenzene			+++	+++					+++					
1.4-Dichlorobenzene			+++	+++					+++					
1.2-Dichloroethane				+++					++					
1.1-Dichloroethene				+++, ◆	+				+++, ◆					
1.2-Dichloroethene				++	++				+++					
Dichloromethane				#, ◆	+				+++, ◆					
EDTA								+++						
Ethylbenzene								+++						
Hexachlorobutadiene				+++	+++				+++					
Nitritotriacetic acid		+++							+					
Pentachlorophenol				++					+++	+++				
Styrene				++	+				+++					
Tetrachloroethene				+++, ◆	+				+++, ◆					+
Toluene				◆	+++, ◆				+++, ◆					
Trichloroethene				+++, ◆	+				+++, ◆					
xylenes				◆	+++				+++, ◆					

주) 표 2-18과 동일

자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

표 2-20. 유기물질 중 농약류 분석방법별 검출한계

순 위	Col	GC	GC /PD	GC/EC	GC/ FID	GC/ FPD	GC/ TID	GC/ MS	PT- GC/MS	HPLC	HPLC/ FD	HPLC/ UVPAD	EAAS	IC/FD
Alachlor				□				+++						
Aldicarb												+		
Aldrin/Dieldrin				+										
Atrazine								+++□						
Carbofuran							++		++		++			
Chlordane				+										
Chlorotoluron				□										
Cyanazine								++					+	
2,4-D				++				+++						
2,4-DB				++				++						
1,2-Dibromo-3-chloropropane				□, ◆				+++ , ◆	++					
1,2-Dibromoethane								+	+					
1,2-Dichloropropane				+++					+++					
1,3-Dichloropropane				+++					+++					
Dichloroprop(2,4-DP)								+++						
Dimethoate								+++						
Endrin				+				#						
Fenoprop				+								+++		
Isoproturon				+										

주) 표 2-18과 동일

자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

표 2-20. 유기물질 중 농약류 분석방법별 검출한계(계속)

순 위	Col	GC	GC/ PD	GC/ EC	GC/ FID	GC/ FPD	GC/ TID	GC/ MS	PT- GC/MS	HPLC	HPLC/ FD	HPLC/ UVPAD	EAAS	IC/ FD
Lindane				+										
MCPA				+++				+++				+++		
Mecoprop				++				++						
Methoxychlor		+++												
Metolachlor				+++										
Molinate								+++						
Pendimethalin				+++			++	+++						
Simazine					+		+	+++						
2.4.5-T			+	+++										
Terbutylazine								+++				++		
Trifluralin		+++						+++				+		
Chlorpyrifos				+++	+++	+	+++	+++						
DDT				+++				+						
Pyriproxyfen								+++						

주) 표 2-18과 동일
 자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

표 2-21. 유기물질 중 소독제 및 소독부산물 분석방법별 검출한계

순 위	Col	GC	GC /PD	GC/EC	GC/ FID	GC/ FPD	GC/ TID	GC/ MS	PT- GC/MS	HPLC	HPLC/ FD	HPLC/ UVPAD	EAAS	IC
Monochloramine	+++													
Chloride	+++									+++				+++
Bromate														+
Bromodichloromethane				+++, ◆					+++, ◆					
Bromoform				+++, ◆					+++, ◆					
Chloral hydrate				+, ◆				+, ◆						
Chlorate														□
Chlorite	□													□
Chloroform				+++, ◆					+++, ◆					
Cyanogen chloride														□
Dibromocetonitrile				□, ◆				□, ◆						
Dibromochloromethane				+++, ◆					+++, ◆					
Dichloroacetate				□				□						
Dichloroacetonitrile				+++, ◆				+, ◆						
Formaldehyde				□				□						
Monochloroacetate		++						++						
Trichloroacetate				□				□						
2,4,6-Trichlorophenol				+++				+++						
Trihalomethanes				+++, ◆					+++, ◆					
Acrylamide		+					+					+		
Epichlorohydrin				+	+				+					
Benzopyrene								++				++		
Vinyl chloride				+					+					

주) 표 2-18과 동일

자료원 : WHO, Guideline for drinking water quality, 2006

4.3 검사결과

먹는물 수질 검사 결과는 먹는물 수질공정시험방법에서 정하여 놓은 각 항목별 유효숫자 표기 방법에 따라 유효숫자를 표기하며, 정량한계 이하 값은 '불검출'로 표기하도록 하고 있다.

그러나 정량한계 이하 값을 의미하는 '불검출'은 우리나라에서는 실제로 수돗물 중에 존재하지 않는 '0' 값으로 인식하는 경향이 있다.

또한 우리나라에서 적용하고 있는 시험방법은 무기물질의 경우, 대체로 수질기준값의 1/10 수준의 정량한계를 가지는 방법으로 납, 비소, 카드뮴 등 발암물질의 정량한계가 높게 설정되어 있는 경향이 있다. 이러한 상황에서 정량한계 이하의 값을 '불검출'로 표기하는 것은 안전성을 간과하는 결과를 초래하게 될 가능성이 있다.

정해진 주기에 따라 실시한 수질검사결과는 지역 언론 등을 이용하여 공표하되 수도사업자별로 적어도 2가지 이상의 공표매체를 활용하여 주기적으로 공표하도록 하고 있으며, 정수장 등 수도시설의 수질검사결과 수질기준을 초과할 때에는 검사주기를 단축하여 검사를 실시하고, 초과원인 분석 및 시설개선 등 필요한 조치를 강구하고, 검사주기를 단축하여 5회 이상 검사한 결과, 먹는물 수질기준을 계속 준수한 경우에는 당초 규정된 검사주기로 복귀하도록 하고 있다.(환경부, 2007년도 먹는물 수질관리 지침)

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구의 틀

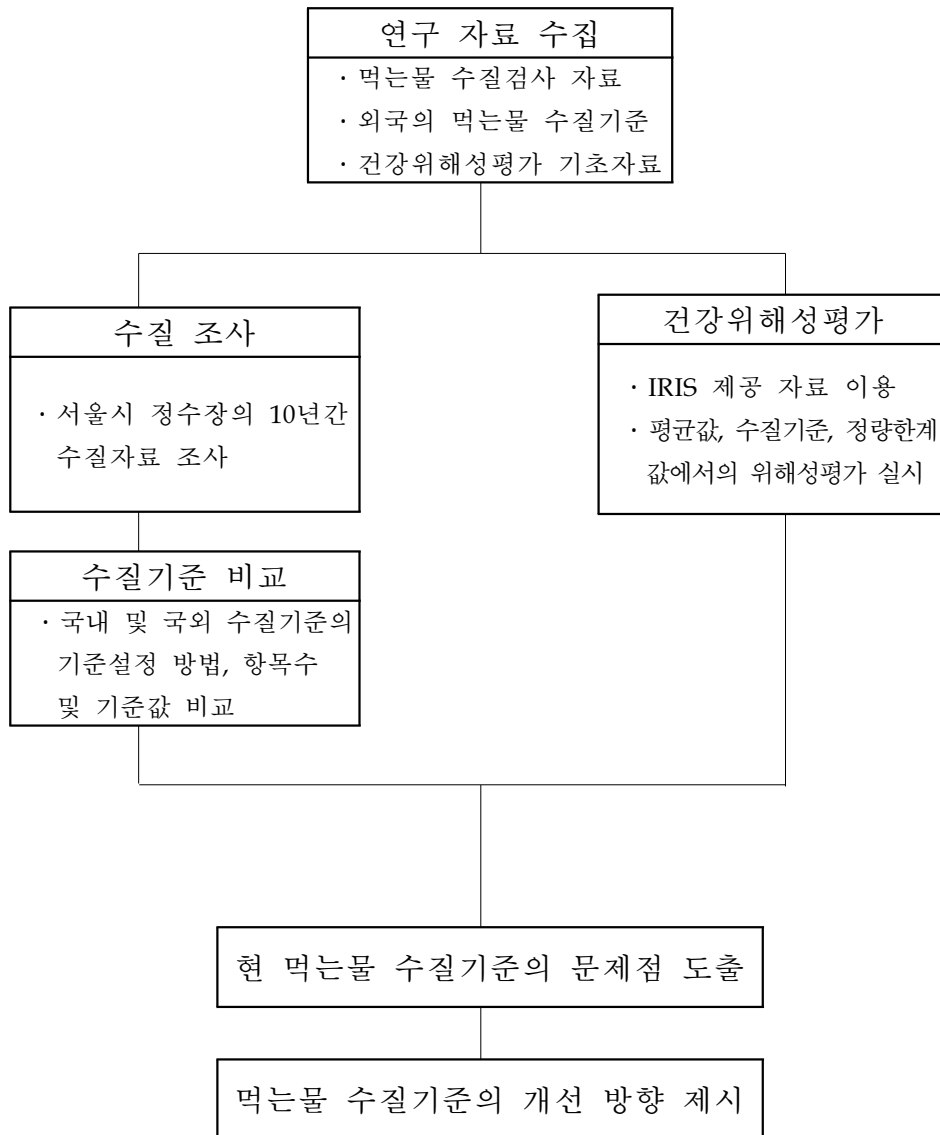


그림 3-1. 연구의 틀

2. 연구 범위

우리나라 먹는물 수질기준의 현재 위치를 돌아보고 나아갈 방향을 모색하기 위하여 WHO, 미국의 수질기준과 기준설정 방법, 관리체계 등을 비교 검토하였다. 이를 통해 우리나라 먹는물 수질기준의 문제점을 짚어 보고, WHO, 미국에서 수질기준 설정시 사용하는 위해성 평가를 이용 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 위해도를 기준으로 현 우리나라 수질기준을 진단해 보았다.

이를 통해 앞으로 우리나라 먹는물이 안전하고 국제수준에 도달할 수 있기 위한 개선방향을 모색해 보았다.

3. 연구 방법

먹는물 수질기준의 문제점을 도출하기 위하여, WHO, 미국 EPA, 일본, 유럽 영국, 독일, 프랑스의 먹는물 수질기준을 비교하고, WHO와 미국의 먹는물 수질기준 설정 방법 및 관리 체도를 검토하였다. 또한 화학물질의 인체 영향에 대한 위해도를 과학적인 방법으로 추계할 수 있는 위해성평가를 이용하여 먹는물 수질기준 항목에 대한 안전성을 검토하였다.

3.1 건강위해성평가

3.1.1 개요

건강 위해성 평가는 유해화학물질의 건강 영향을 건강위해도 개념을 도입하여 확률적으로 평가하고, 이를 이용하여 허용 가능한 위해도 수준을 결정하는 방법으로 위해성평가를 이용 수질기준을 설정하는 절차는 그림 3-2와 같다.

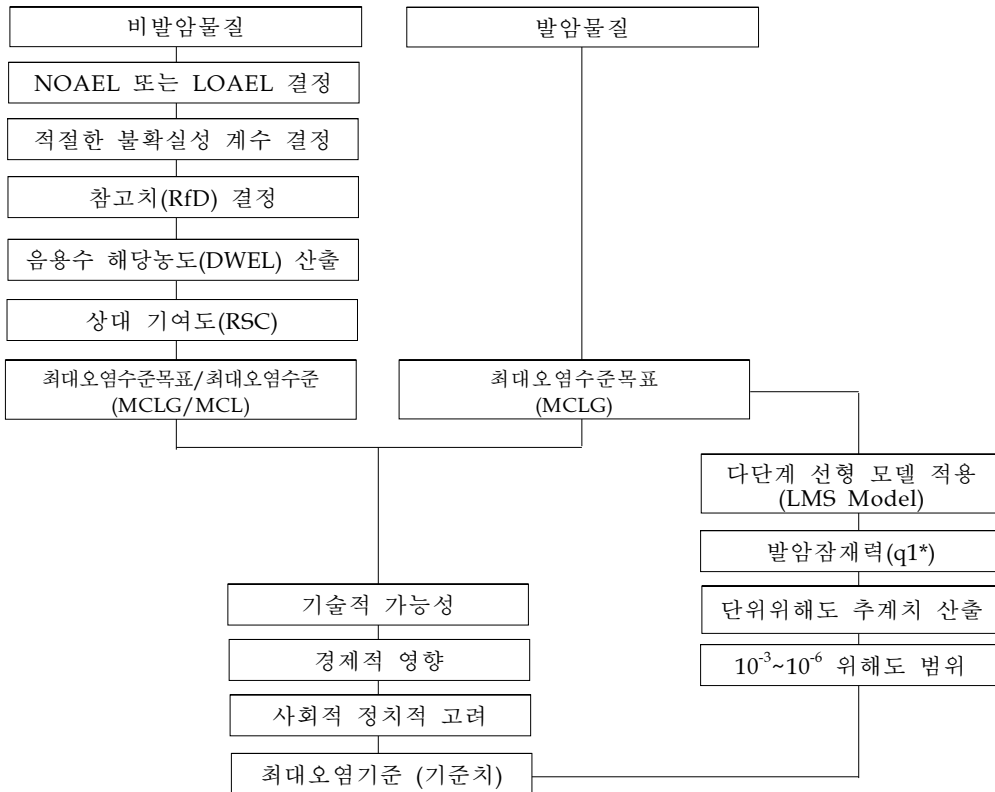


그림 3-2. 위해성 평가를 이용한 먹는물 수질기준 설정방법

자료원 : 정용, 조성준. 1996

3.1.2 평가 절차

(1) 위험성 확인

위험성 확인(Hazard identification) 과정은 화학물질의 인체 영향에 대한 잠재적인 독성 유발 가능성을 결정하는 과정으로, 모든 동물실험 자료, 사람에 대한 역학 자료를 바탕으로 그 자료의 가중(weight-of-evidence)에 따라 위험성을 결정한다. 위험성을 분류하는 등급은 기관마다 조금씩 다르며, 각 기관별 분류체계는 표 3-1과 같으며, 먹는물 수질 기준 항목의 발암등급은 표 3-2와 같다.

표 3-1. 각 기관별 위험성 분류 기준

국제암기구 (IARC)	미국 환경보호청 (US EPA)	유럽 공동체 (EU)	독일	노르웨이
1. Carcinogenic to Humans	A. Human Carcinogen	1. Known to be Carcinogenic to Man "May cause Cancer"	A1. Carcinogenic in Man	I. Sufficient Evidence of Carcinogenicity
2A. Probably Carcinogenic to Humans	B. Probably Human Carcinogenic B1-Limited evidence B2-Sufficient evidence	2. Regarded as if Carcinogenic to Man "May cause Cancer"	A2. Animal Carcinogen	II. Limited Evidence of Carcinogenicity
2B. Possibly Carcinogenic to Humans	C. Possible Human Carcinogenic	3. Concern for Man Owing to Possible Carcinogenic Effect	B. Suspect Carcinogen	
3. Not Classifiable as to its Human	D. Not classifiable as to Human			
4. Probably Not Carcinogenic to Humans	E. Evidence of Noncarcinogenicity for Human			

자료원 : 환경부, G7 프로젝트 수질오염물질의 위해성 평가 지침서, 2001

표 3-2. 먹는물 수질항목의 위험성 분류 및 검출여부

성분명	EPA	검출여부	성분명	EPA	검출여부	성분명	EPA	검출여부
납	B2	●	철	N.A	○	크실렌	D	○
불소	N.A	○	망간	D	○	1,1-디클로로에틸렌	C	●
비소	A	●	일루미늄	-	○	사염화탄소	B2	●
세레늄	D	●	페놀	D	●	총트리할로메탄	-	○
수은	D	●	1,1,1-트리클로로에탄	D	●	클로로포름	B2	○
시안	D	●	테트라클로로에틸렌	N.A	●	클로랄하이드레이트	B2	○
6가크롬	D	●	트리클로로에틸렌	B2	●	디브로모아세토니트릴	C	●
보론	N.A	○	디클로로메탄	B2	○	디클로로아세토니트릴	C	○
카드뮴	D	●	벤젠	A	●	트리클로로아세토니트릴	-	●
구리	D	○	톨루엔	D	○	할로아세틱에시드	-	○
아연	D	○	에틸벤젠	D	○			

○ : 검출, ● : 불검출

(2) 노출 평가

노출평가는 환경 중에 존재하는 원인 물질에 대한 인간 또는 인체 노출의 강도(magnitude), 빈도(frequency) 및 기간을 측정 또는 평가하는 과정으로, 노출평가를 실시하기 위해서는 가능한 인체노출경로와 노출기간, 노출 가능한 인구집단이 정해져야한다.

인체노출경로는 크게 구강경로를 통한 음용수 섭취, 샤워, 가사노동시의 호흡경로 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉에 의한 흡수로 분류된다.

본 연구에서는 정수장을 통해 공급된 물을 섭취하는 경우로 한정하여, 단일 경로(음용수 섭취)에 의한 인체 노출량을 산정하였다.

인체 노출량 산정을 위한 변수는 건강한 성인을 기준으로, 1일 음용수 섭취량 2ℓ, 노출기간 및 기대수명 70년, 체중은 60kg을 적용하였다.

임의의 농도로 오염된 음용수를 건강한 성인이 평생 동안 섭취했을

경우의 인체노출량은 다음의 식을 이용하여 산정된다.

$$\text{섭취인체노출량 (mg/kg/day)} = \frac{\text{현오염도수준 (mg/l)} \times \text{일 섭취량 (l/day)} \times \text{노출기간 (day)}}{\text{체중 (kg)} \times \text{기대수명 (day)}}$$

노출량을 산정하기 위해 서울특별시 수질검사결과의 평균값, 현 수질기준과 정량한계값, 서울특별시의 정량한계값을 적용하였으며, 서울시 수질검사자료의 평균값을 이용하기 위해 평균값에 많은 영향을 주는 불검출 항목은 검출한계의 1/2값을 적용하여 처리하였다.(EPA, 2001)

표 3-3. 수질항목의 적용 오염도 수준

성분명	평균값 (mg/l)	수질기준 (mg/l)	정량한계 (mg/l)	서울시 정량한계 (mg/l)
납	-	0.05	0.04	0.01
불소	0.0906	1.5	0.15	0.1
비소	-	0.05	0.005	0.003
세레늄	-	0.01	0.005	0.003
수은	-	0.001	0.001	0.0005
시안	-	0.01	0.01	0.01
6가크롬	-	0.05	0.02	0.01
암모니아성질소	0.0031	0.5	0.01	0.01
질산성질소	1.794	10	0.1	0.05
보론	0.0066	0.3	0.01	0.01
카드뮴	-	0.005	0.002	0.001
구리	0.00059	1	0.008	0.005
아연	0.005	1	0.002	0.002
철	0.0202	0.3	0.05	0.01
망간	0.0025	0.3	0.005	0.001
알루미늄	0.0475	0.2	0.02	0.01
페놀	-	0.005	0.005	0.005
1,1,1-트리클로로에탄	-	0.1	0.001	0.0005
테트라클로로에틸렌	-	0.01	0.001	0.0005
트리클로로에틸렌	-	0.03	0.001	0.0005
디클로로메탄	0.000008	0.02	0.002	0.0005
벤젠	-	0.01	0.001	0.0005
톨루엔	0.000011	0.7	0.001	0.0005
에틸벤젠	-	0.3	0.001	0.0005
크실렌	0.000005	0.5	0.001	0.0005
1,1-디클로로에틸렌	-	0.03	0.001	0.0005
사염화탄소	-	0.002	0.001	0.0005

표 3-3. 수질항목의 적용 오염도 수준(계속)

성분명	평균값 (mg/ℓ)	수질기준 (mg/ℓ)	정량한계 (mg/ℓ)	서울시 정량한계 (mg/ℓ)
총트리할로메탄	0.0155	0.1	0.001	0.0001
클로로포름	0.0120	0.08	0.0001	0.0001
클로랄하이드레이트	0.0034	0.03	0.0005	0.0005
디브로아세토니트릴	-	0.1	0.0005	0.0005
디클로로아세토니트릴	0.0023	0.09	0.0005	0.0005
트리클로로아세토니트릴	-	0.004	0.0005	0.0005
할로아세틱에시드	0.0132	0.1	0.0005	0.0005

표 3-4. 수질항목의 인체노출량

성분명	평균값 (mg/kg/day)	수질기준 (mg/kg/day)	정량한계 (mg/kg/day)	서울시 정량한계 (mg/kg/day)
납	-	1.67×10^{-3}	1.33×10^{-3}	3.33×10^{-4}
불소	3.02×10^{-3}	5.0×10^{-2}	5.0×10^{-3}	3.33×10^{-3}
비소	-	1.67×10^{-3}	1.67×10^{-4}	1.0×10^{-4}
세레늄	-	3.33×10^{-4}	1.67×10^{-4}	1.0×10^{-4}
수은	-	3.33×10^{-5}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
시안	-	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}
6가 크롬	-	1.67×10^{-3}	6.67×10^{-4}	3.33×10^{-4}
암모니아성질소	1.03×10^{-4}	1.67×10^{-2}	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}
질산성질소	5.98×10^{-2}	3.33×10^{-1}	3.33×10^{-3}	1.67×10^{-3}
보론	2.20×10^{-4}	1.0×10^{-2}	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}
카드뮴	-	1.67×10^{-4}	6.67×10^{-5}	3.33×10^{-5}
구리	1.97×10^{-5}	3.33×10^{-2}	2.67×10^{-4}	1.67×10^{-4}
아연	1.67×10^{-4}	3.33×10^{-2}	6.67×10^{-5}	6.67×10^{-5}
철	6.73×10^{-4}	1.0×10^{-2}	1.67×10^{-3}	3.33×10^{-4}
망간	8.33×10^{-5}	1.0×10^{-2}	1.67×10^{-4}	3.33×10^{-5}
알루미늄	1.58×10^{-3}	6.67×10^{-2}	6.67×10^{-4}	3.33×10^{-4}
페놀	-	1.67×10^{-4}	1.67×10^{-4}	1.67×10^{-4}
1,1,1-트리클로로에탄	-	3.33×10^{-3}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
테트라클로로에틸렌	-	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
트리클로로에틸렌	-	1.0×10^{-3}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
디클로로메탄	1.67×10^{-7}	6.67×10^{-4}	6.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}
벤젠	-	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
톨루엔	3.67×10^{-7}	2.33×10^{-2}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
에틸벤젠	-	1.0×10^{-2}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
크실렌	1.67×10^{-6}	1.67×10^{-2}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
1,1-디클로로에틸렌	-	1.0×10^{-3}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
사염화탄소	-	6.67×10^{-5}	3.33×10^{-5}	1.67×10^{-5}
총트리할로메탄	5.17×10^{-4}	3.33×10^{-3}	3.33×10^{-5}	3.33×10^{-6}
클로로포름	4.0×10^{-4}	2.67×10^{-3}	3.33×10^{-6}	3.33×10^{-6}
클로랄하이드레이트	1.13×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}
디브로아세토니트릴	-	3.33×10^{-3}	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}
디클로로아세토니트릴	7.67×10^{-5}	3.0×10^{-3}	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}
트리클로로아세토니트릴	-	1.33×10^{-4}	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}
할로아세틱에시드	4.40×10^{-4}	3.33×10^{-3}	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-5}

(3) 용량-반응평가

가. 비발암 물질

비발암성 물질의 용량-반응평가는 역치(threshold) 용량 이상의 노출에서 유해영향이 관찰된다는 가정을 전제로 하여, 독성 종말점(toxic endpoint)에서의 무관찰 영향수준(NOAEL, No Observed Adverse Effect Level) 또는 최저관찰영향수준(LOAEL, Lowest Observed Adverse Effect Level)을 산정하고, 불확실성 상수를 고려하여 참고치(RfD)를 결정한다.

$$\text{참고치}(\text{mg/kg}/\ell) = \frac{\text{NOAEL or LOAEL}}{\text{불확실성상수} \times \text{첨가상수}}$$

표 3-2. 참고치 산정시 적용 불확실성 상수

불확실성이 발생할 경우(UF, Uncertainty Factor)	적용 상수
사람에 있어 적절한 노출기간에 따르는 다양한 실험결과를 이용하고, 인구집단 내 개인간의 민감성을 고려한 불확실성	10
사람에 대한 자료가 유용하지 않아 동물장기연구의 타당한 결과를 이용한 경우, 동물에서 사람으로의 외삽과정의 불확실성	10
사람에 대한 자료가 유용하지 않고 단기노출연구의 실험결과를 이용한 경우, 노출기간의 외삽과정에서의 불확실성	10
NOAEL 또는 LOAEL을 사용한 경우의 불확실성	10
첨가상수(MF, Modifying Factor)	적용상수
과학적인 판단에 의거하여 첨가되는 불확실성 상수로 크기는 과학적 불확실성의 전문적인 판단에 의존하여 판가름(기본값=1)	1 < MF < 10

참고치는 음용수에 해당하는 농도인 DWEL (Drinking Water Equivalent Level)로 전환한 후, 오염원 상대기여도를 곱하여 평생건강 권고치를 결정한다.

$$DWEL(\text{mg}/\ell) = \frac{\text{참고치}(\text{mg}/\text{kg}/\ell) \times \text{평균 체중}}{\text{일일음용수섭취량}(\ell/\text{day})}$$

$$\text{평생건강권고치}(\text{mg}/\ell) = DWEL \times \text{오염원상대기여도}$$

표 3-6. 비발암성물질의 참고치 및 평생건강권고치

성분명	발암등급	참고치 (mg/kg/day)	DWEL (mg/ℓ)	오염원상대 기여도(%)	평생건강권고치 (mg/ℓ)
세레늄	D	5x10 ⁻³	0.15	10	0.015
불소	N.A	6x10 ⁻²	1.8	10	0.18
수은	D	-	-	10	-
시안	D	2x10 ⁻²	0.6	10	0.06
6가크롬	D	3x10 ⁻³	0.09	10	0.009
구리	D	-	-	10	-
아연	D	3x10 ⁻¹	9	10	0.9
망간	D	1.4x10 ⁻¹	4.2	10	0.42
카드뮴	D	5x10 ⁻⁴	0.015	10	0.0015
보론	N.A	2x10 ⁻¹	6	10	0.6
페놀	D	3x10 ⁻¹	9	20	0.9
1.1.1-트리클로로메탄	D	-	-	20	-
톨루엔	N.A	8x10 ⁻²	2.4	20	0.48
에틸벤젠	D	1x10 ⁻¹	3	20	0.6
크실렌	N.A	2x10 ⁻¹	6	20	1.2
1.1 디클로로에틸렌	C	5x10 ⁻²	1.5	20	0.3
디브로모아세토니트릴	C	-	-	20	-
디클로로아세토니트릴	C	-	-	20	-
클로랄하이드레이트	C	1x10 ⁻¹	3	20	0.6
테트라클로로에틸렌	N.A	1x10 ⁻²	0.3	20	0.06

자료원 : IRIS(www.epa.gov/iris)

비발암물질의 용량-반응평가를 통해 산출되는 평생건강권고치(Life time Health Advisories, HAs)는 건강한 성인이 하루 2ℓ의 물을 평생

마신다고 가정할 때 유해영향이 발생하지 않을 것으로 기대되는 일일 평균 농도이며, 미국 환경보호청에서는 이 값을 음용수 수질기준의 최대허용농도(MCL)로 정하고 있다.

오염원상대기여도(RSC)는 다양한 매체 중 어떤 물질의 총 오염도에 각각의 매체가 기여하는 비율로, 음용수로 인한 기여도는 실측치가 없는 경우, 유기화합물 20%, 무기화합물 10%를 가정한다.

나. 발암물질

발암물질의 용량-반응평가는 비발암성물질과 달리, 역치가 존재하지 않으며, 이는 저농도에서 유해한 반응이 발생할 가능성이 있음을 의미한다. 또한, 암은 일단 발생할 경우 회복이 불가능하므로 절대적인 안전은 노출이 없어야 한다는 이론을 전제로 하며, 동물실험을 통한 용량-반응 자료를 사람에게 적용하기 위한 외삽 과정을 거쳐 발암잠재력과 단위위해도를 산출한다.

발암잠재력은 용량-반응 곡선에서 95% 상한값에 해당하는 기울기로, 건강한 성인이 어떤 화학물질의 단위 노출용량(mg/kg/day)으로 오염된 환경 매체에 기대수명동안 노출될 경우, 그로 인해 발생 가능한 초과발암확률의 95% 상한값을 의미한다. 단위위해도는 발암잠재력과 동일한 의미를 가지며, 다만, 단위용량(mg/kg/day)을 단위농도($\mu\text{g}/\ell$)로 환산하여 산출한 발암확률이다.

발암물질의 용량-반응평가의 결과인 발암잠재력과 단위위해도는 미국 EPA IRIS에서 제공하는 최신 자료와 2001년 환경부 G7 프로젝트 실

시 후 발간된 수질오염물질의 위해성평가 지침서의 산출값을 이용하였다.

표 3-7. 발암물질의 발암잠재력 및 단위위해도

성분명	발암등급	발암잠재력 (mg/kg/ℓ)	단위위해도 (μg/ℓ) ⁻¹
납	B2	-	1.3x10 ⁻⁶ (*)
비소	A	1.5	5x10 ⁻⁵
트리클로로에틸렌	B2	-	6.15x10 ⁻⁷ (*)
벤젠	A	5.5x10 ⁻²	1.6x10 ⁻⁶
사염화탄소	B2	1.3x10 ⁻¹	3.7x10 ⁻⁶
총트리할로메탄	-	-	-
클로로포름	B2	1x10 ⁻²	9.6x10 ⁻⁷ (*)
디클로로메탄	B2	7.0x10 ⁻³	2.1x10 ⁻⁷

자료원 : IRIS(www.epa.gov/iris) * : G7참고

(4) 위해도 결정

가. 비발암 물질

비발암물질의 위해도는 용량-반응평가를 통해 산출된 참고치 또는 평생건강권고치를 비교하여 위험값을 산출하여 평가한다. 위험값이 1을 초과할 경우 유해영향이 발생할 가능성이 있는 것으로, 1이하인 경우에는 가능성이 없는 것으로 판단한다.

일반적으로 음용수에는 여러 물질이 함께 존재하고 있으므로, 각 물질의 위험도의 합이 1을 초과할 경우 잠재적인 건강장해를 유발할 수 있을 것으로 가정한다.

$$\text{위험값} = \frac{\text{현 오염도 수준에서의 인체노출량}(\text{mg/kg/day})}{\text{참고치}(\text{mg/kg/day}) \times \text{오염원상대기여도}}$$

또는 $\frac{\text{현 오염도 수준}(\text{mg/l})}{\text{평생건강자문치}(\text{mg/l})}$

나. 발암물질

발암물질의 위해도는 용량-반응평가에서 도출된 발암잠재력 또는 단위위해도와 노출평가에서 도출된 항목별 오염도를 이용하여 초과 발암위해도를 산출하여 결정된다.

$$\text{초과발암위해도} = \text{현오염도수준}(\mu\text{g/l}) \times \text{단위위해도추계치}(\mu\text{g/l})^{-1}$$

또는 $\text{인체노출량}(\text{mg/kg/day}) \times \text{발암잠재력}(\text{mg/kg/day})^{-1}$

일반적으로 10^{-6} 의 위해도는 인체 위해 수준은 무시해도 무방한 미미한 수준으로 자연재해로 인해 사망할 확률이다. 미국의 경우, 발암물질의 최대 허용농도 목표치(MCLG)는 '0'으로 정하고 있으며, 최대허용농도(MCL)는 일반적으로 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 의 위해도 범위에서 결정되며, WHO는 가이드라인 결정시 10^{-5} 수준의 위해도를 고려한다.(정용 등, 1995)

IV. 연구 결과 및 고찰

1. 먹는물 수질기준의 항목수 조정

우리나라의 먹는물 수질기준은 처음 28개 항목을 시작으로 그동안 여러 차례의 개정을 통해 현재의 55개 항목으로 확대되었으나, WHO, 미국, 일본과 비해 아직 부족한 실정이다. 특히, 유기물질의 수가 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 유기물질은 합성 유기화합물질인 SOCs와 휘발성 유기화합물질인 VOCs 등이 있으며, 이들은 자연적으로 발생된 물질이 아닌, 농약 및 공업용으로 사용되는 물질이거나 인공적으로 제조된 물질로 환경과 인간건강에 미치는 영향이 자연발생적으로 생산된 물질에 비해 더 크다고 할 수 있다. WHO와 미국의 먹는물 수질기준에서 이들 물질이 차지하는 비중은 약 70%로 50%에도 미치지 못하는 우리나라에 비해 높은 수준이다. (EPA, 2000)

따라서 전 세계적으로 사용되고 있거나, 새롭게 만들어지는 화학물질이 2만 여종을 넘는다는 점을 상기할 때, 안전한 물의 공급과 국제화 시대에 걸맞는 수질기준의 마련을 위해 유기물질 중심의 수질항목 추가가 필요할 것으로 판단된다.

또한 미국에서는 수질기준 항목의 설정을 위해 음용수 오염물질 관찰 대상표(Contaminant Candidate List, CCL)를 결정하고, 매 5년마다 재검토하여 5개 물질에 대한 규정여부를 결정하고, 규제되고 있지 않은 물질 중 30개 이상을 선정하여 감시하도록 하고 있다. 우리나라에서도

먹는물 감시항목을 정하여 모니터링을 하고 있으며, 각 지자체에서는 법정 감시항목과 별도로 자체적으로 감시 가능한 항목을 정하여 수질관리를 하고 있다. 또한 WHO, 미국 USA의 수질기준항목 또는 조사 중인 미량유해물질에 대한 실태조사를 실시하여 먹는물 감시항목의 지정을 계획하고 있다.(환경부, 2007년도 먹는물 수질관리지침)

그러나 아직까지 감시항목 및 모니터링 항목의 지정 관리에 대한 체계가 잡혀 있지 않고, 기초 자료의 확보 단계에 있다고 할 수 있다. 지금까지 우리나라에서 수질항목 및 기준 설정시 외국의 것을 준용해오던 관행을 벗고 우리나라의 수질특성을 고려하고, 국제화 시대에 걸맞는 수질기준을 마련하기 위해서는 법적 관리 체계의 마련과 이를 토대로 한 항목수의 확대가 필요할 것이다.

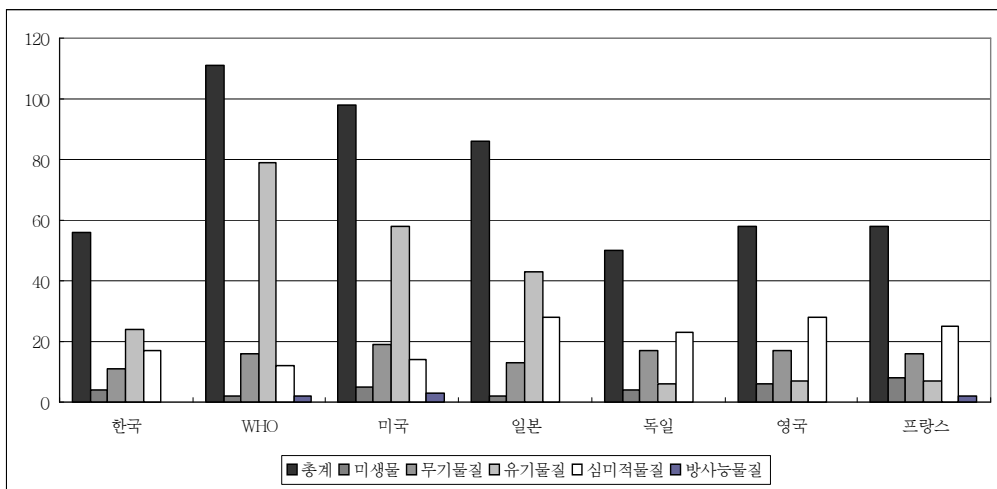


그림 4-1. 각 국가별 먹는물 수질기준 항목수 비교

2. 먹는물 수질기준의 목표값 및 허용위해도

먹는물 수질기준을 설정하기 위해서 WHO, 미국에서는 건강위해성 평가를 통한 위해도를 결정하고, 이를 토대로 경제적, 기술적 타당성을 고려하여 수질기준으로 결정한다. 일반적으로 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 위해도 수준에서 결정되나, 발암물질의 경우, 최대허용목표농도를 정하여, 가능한 최대허용목표농도에 근접하도록 수질기준을 설정을 하고 있다.

우리나라는 새로운 물질의 기준 설정시 위해성평가를 실시하여 기준 설정의 근거로 활용하고 있으나, 기존 항목에 대한 위해성평가를 토대로 한 기준 설정에 관한 연구는 거의 없어 과학적인 안전성 검증이 이뤄지지 않고 있는 실정이며, 수질기준 설정시 허용 위해도 수준에 대한 기준 역시 마련하지 못하고 있는 실정이다.

또한, 우리나라 수질기준은 그동안 항목수의 추가 및 기준 강화 등으로 발전하여 왔으나, 납, 비소, 벤젠 등은 10년이 넘도록 같은 기준을 적용하고 있다. 납, 비소, 벤젠 등은 발암물질로 미국에서 최종 목표값을 '0'으로 정하고 있는 물질이며, 서울시에서 10년간 검출되지 않고 있는 물질이다. 그러나 이들 물질의 수질기준이 WHO, 미국의 기준과 비교하여 높은 수준이므로 검출되지 않고 있지만, 결코 안전하다고는 할 수 없다.

따라서 수질기준 항목의 안전성 검토가 필요한 것으로 사료되며, 체계적인 관리를 위해 목표값 설정과 수질기준 설정에 대한 허용 위해도 수준의 확정을 통해 단계적이고 체계적인 수질기준의 강화가 필요한 것으로 판단된다.

3. 정량한계 및 정량한계 이하값에 대한 고찰

앞서도 언급했듯이, 분석기술의 발달로 인해, ppb 수준의 오염정도에 대해서도 분석이 가능해졌다. 그러나 아직까지 우리나라에서는 이러한 수준의 검사방법을 도입하지 못하고 있는 항목이 많이 있다.

따라서 먹는물 수질공정시험방법의 개정을 통한 보다 높은 수준의 분석방법 도입과 이를 통한 정량한계의 조정이 필요할 것으로 판단된다.

또한 먹는물 수질관리지침 별표14에서 규정하고 있는 수질검사의 정량한계 및 검사결과 표시는 정량한계 이하일 경우, 불검출로 간주될 수 있는 '0'으로 표기하도록 되어 있어 불합리한 것으로 판단된다.

불검출은 정량한계 이하의 농도일 경우로, 실제로 검출되지 않은 '0' 값으로 인식되고 있으나, 불검출은 정량한계 이하의 값을 의미하는 것이지, '0'을 의미하는 것은 아니다.

이처럼 정량한계 이하 값에 대해 불검출로 표기하는 것은 정확한 수질관리를 어렵게 할 뿐만 아니라, 건강위해성을 간과하는 결과를 초래하게 된다.

서울특별시의 1997년 2월부터 2007년 1월까지 10년 동안의 먹는물 수질기준 항목에 대한 수질검사 자료를 조사한 결과, 수질기준을 초과하는 경우는 탁도와 총대장균군에서 각각 단 한건씩 있었으며, 유해영향을 줄 수 있는 무기물질이나 유기물질의 기준 초과율은 0.0%로 나타났다. 또한, 무기물질 중 납, 비소, 세레늄, 수은, 시안, 6가크롬, 카드뮴과 유기물질 중 농약 5종과 페놀, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 벤젠, 톨루엔, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소,

디브로모아세토니트릴 그리고 심미적 영향물질 중 세제가 검출되지 않았으며, 검출된 항목들 역시 그 농도가 기준치를 크게 밑도는 수준으로 나타났다.

우리나라 수질기준이 외국의 기준과 견주어, 항목수가 적은 편이고, 기준치 역시 완화되어 있는 점을 볼 때 기준을 초과하는 경우가 없다는 것이 안전한 물의 공급을 의미하는 것은 아닐 것이다.

발암 물질로 알려진 납의 경우, 우리나라에서는 $0.04\text{mg}/\ell$ 이하일 경우, 검출되지 않았다고 표기되지만, 미국의 수질기준은 $0.015\text{mg}/\ell$ 로 상당한 차이가 있다. 납의 농도가 $0.03\text{mg}/\ell$ 로 측정되었을 경우, 미국에서는 수질기준을 초과하는 수준이나, 우리나라에서는 불검출로 판단되어 건강위해성이 없는 것으로 여겨지게 되는 것이다.

또한 서울시에서는 2005년 6월 이후부터, 환경부에서 정한 정량한계보다 낮은 수준에서 정량한계를 정하여 적용하고 있다. 이러한 상황에서도 불검출로 나타난 것은 현재의 정량한계가 높이 설정되어 있다는 반증일 것이다.

따라서 현재 불검출로 표기되고 있는 정량한계 이하 값에 대해 ‘정량한계 이하’로 표기하도록 하고, 정량한계를 가능한 낮추어 수질상태에 대한 정확한 모니터링과 안전한 수질기준 설정의 기초 자료로 활용되어야 할 것이다.

표 4-1. 서울특별시 정수장의 수질검사 결과 검출된 항목의 기술통계량

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	기준초과율 (%,(건))
TCC	264	.00	.000	0	0	0.0
TC	127	3.94	44.37	0	500	0.1(1)
FC	116	.00	.000	0	0	0.0
F	240	.0906	.0233	.19	.05	0.0
NH3-N	264	.0031	.0096	.06	.00	0.0
NO3-N	264	1.794	.3156	2.9	1.1	0.0
B	192	.0066	.0028	.020	.005	0.0
Dichloromethane	264	.000008	.0001231	.0020	.0000	0.0
Toluene	264	.000011	.0001846	.0030	.0000	0.0
EthylBenzene	264	.000000	.0000000	.0000	.0000	0.0
Xylene	264	.000005	.0000800	.0013	.0000	0.0
Residual Chloride	264	.7734	.1577	1.240	.1100	0.0
THMs	264	.0155	.0074	.0478	.0030	0.0
Chloroform	192	.0120	.0067	.0435	.0018	0.0
Chloralhydrate	127	.0034	.0019	.0091	.0005	0.0
Dichloroacetonitrile	127	.0023	.0021	.0240	.0001	0.0
HAA	127	.0132	.0046	.0280	.0051	0.0
Hardness	264	57.28	8.83	88.00	27.00	0.0
KMnO4	264	1.74	.39	3.50	.90	0.0
Cu	240	.00059	.00504	.073	.000	0.0
Color	264	.36	.48	1.00	.00	0.0
pH	264	7.19	.19	7.8	6.6	0.0
Zn	240	.005	.01115	.0770	.0010	0.0
Cl	264	13.7	3.30	22.00	7.00	0.0
Total solids	264	97.56	16.83	145	43	0.0
Fe	240	.0202	.0108	.090	.005	0.0
Mn	240	.0025	.0019	.014	.0005	0.0
Turbidity	264	.1033	.0619	.600	.009	0.4(1)
SO4	264	12.629	2.695	23.00	6.00	0.0
Al	240	.0475	.0270	.170	.010	0.0

4. 허용위해도 수준을 고려한 수질기준 강화

먹는물 수질기준 항목의 인체 영향을 알아보기 위하여 위해성평가를 실시하여 위해도를 추계하였다.

이를 토대로 발암물질은 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 수준의 위해도를, 비발암물질은 평생건강권고치를 안전한 먹는물을 공급하기 위해 허용 가능한 위해도 수준으로 보고, 이 값을 기준으로 현 먹는물 수질기준을 검토하였다.

4.1 비발암 물질

먹는물 수질기준 항목 중 비발암성 물질에 대한 위해성평가를 실시한 결과, 위험값이 1을 초과하는 물질이 없어 모두 안전역에 속하는 것으로 나타났으며, 총 위험값 역시 1을 초과하지 않아, 유해영향에 대해 안전한 것으로 판단된다.

그러나 현재 수질기준을 적용한 경우의 총 위험값이 0.8을 넘어 여유가 많지 않은 것으로 생각된다. 더구나 아직까지 참고치가 밝혀지지 않은 물질이 많이 있으며, 현재 사용되고 있거나, 새롭게 만들어진 물질들 중 관리가 되지 않고 있는 물질이 많고 계속해서 새로운 물질이 만들어져 수계로 유입되는 점으로 미루어 안전한 물을 위해서 꾸준한 모니터링과 더불어 일부 항목의 수질기준 강화가 필요할 것으로 판단된다.

비발암물질의 평생건강권고치는 평생 동안 권고치 이하 농도의 물을 섭취해도 안전한 것으로 판단할 수 있는 수치이다.

이 값을 현 수질기준과 비교한 결과, 6가 크롬, 카드뮴, 톨루엔, 시안의 수질기준 조정이 필요할 것으로 판단된다.

6가 크롬과 카드뮴은 서울시에서 검출되고 있지 않은 항목으로, 현재 수질기준은 WHO의 권고치나 미국 EPA의 수준과 비슷하기는 하나, 위해성평가 결과 평생건강권고치보다는 높은 수준이다. 따라서 안전성 확보 차원에서 정량한계 수준인 카드뮴 0.002mg/ℓ, 6가 크롬 0.02mg/ℓ로 강화하고 단계적으로 평생건강허용수준을 목표로 강화해 나가야 할 것이다.

표 4-2. 비발암 물질의 위험값

성분명	발암등급	평균값	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
세레늄	D	-	2.22x10 ⁻²	1.11x10 ⁻²	6.67x10 ⁻³
불소	N.A	1.68x10 ⁻²	2.78x10 ⁻¹	2.78x10 ⁻³	1.85x10 ⁻²
수은	D	-	-	-	-
시안	D	-	5.56x10 ⁻³	5.56x10 ⁻³	5.56x10 ⁻³
6가 크롬	D	-	2.2x10 ⁻²	2.2x10 ⁻²	2.2x10 ⁻²
구리	D	-	-	-	-
아연	D	1.85x10 ⁻⁴	3.70x10 ⁻²	7.41x10 ⁻⁵	7.41x10 ⁻⁵
망간	D	1.98x10 ⁻⁴	2.38x10 ⁻²	3.97x10 ⁻⁴	7.94x10 ⁻⁵
카드뮴	D	-	1.11x10 ⁻¹	4.44x10 ⁻²	2.22x10 ⁻²
보론	N.A	3.67x10 ⁻⁴	1.67x10 ⁻²	5.56x10 ⁻⁴	5.56x10 ⁻⁴
폐놀	D	-	9.26x10 ⁻⁵	9.26x10 ⁻⁵	9.26x10 ⁻⁵
1.1.1-트리클로로메탄	D	-	-	-	-
톨루엔	N.A	7.64x10 ⁻⁷	4.86x10 ⁻²	6.94x10 ⁻⁵	3.47x10 ⁻⁵
에틸벤젠	D	-	1.67x10 ⁻²	5.56x10 ⁻⁵	2.78x10 ⁻⁵
크실렌	N.A	1.39x10 ⁻⁷	1.39x10 ⁻²	2.78x10 ⁻⁵	1.39x10 ⁻⁵
1.1 디클로로에틸렌	C	-	3.33x10 ⁻³	1.11x10 ⁻⁴	5.56x10 ⁻⁵
디브로모아세토니트릴	C	-	-	-	-
디클로로아세토니트릴	C	-	-	-	-
클로랄하이드레이트	C	1.89x10 ⁻⁴	1.67x10 ⁻³	2.78x10 ⁻⁵	2.78x10 ⁻⁵
테트라클로로에틸렌	N.A	7.33x10 ⁻³	5.56x10 ⁻²	2.78x10 ⁻⁴	2.78x10 ⁻⁴
총 위험값		0.0250	0.8192	0.1647	0.0912

톨루엔의 경우, 현재 수질기준은 평생권고치보다 높은 것으로 나타났다. 또한 10년 동안 검출 최대 농도가 0.003mg/l이었으므로, 평생건강권고치 수준인 0.4mg/l로 강화할 것을 제안한다.

시안은 평생건강권고치와 WHO의 권고치나 미국 EPA의 수준과 비교한 결과 현재 수질기준이 다소 강화되어 있는 것으로 판단된다. 또한 수질기준과 정량한계가 같은 수준으로 설정되어 있는 점을 감안하여, 정량한계를 다소 강화하여 관리하는 것이 보다 효율적일 것으로 판단된다.

표 4-3. 비발암 물질의 평생건강권고치 및 각 국가별 수질기준

성분명	평생건강권고치	수질기준	정량한계	서울시 정량한계	WHO	미국 EPA
세레늄	0.015	0.05	0.04	0.01	0.01	0.05
불소	0.18	1.5	0.15	0.1	1.5	4
수은	-	0.001	0.001	0.0005	0.001	0.002
시안	0.06	0.01	0.01	0.01	0.07	0.2
6가 크롬	0.009	0.05	0.02	0.01	0.05	0.1
구리	-	1	0.008	0.005	2	1
아연	0.9	1	0.002	0.002	3	5
망간	0.42	0.3	0.05	0.01	0.5	0.05
카드뮴	0.0015	0.005	0.002	0.001	0.003	0.005
보론	0.6	0.3	0.01	0.01	0.05	-
페놀	0.9	0.005	0.005	0.005	-	-
1.1.1-트리클로로메탄	-	0.1	0.001	0.0005	2	0.2
톨루엔	0.48	0.7	0.001	0.0005	0.7	1
에틸벤젠	0.6	0.3	0.001	0.005	0.3	0.7
크실렌	1.2	0.5	0.001	0.0005	0.5	10
1.1 디클로로에틸렌	0.3	0.03	0.001	0.0005	0.03	0.007
디브로모아세토니트릴	-	0.01	0.005	0.005	0.07	-
디클로로아세토니트릴	-	0.09	0.0005	0.0005	0.002	-
클로랄하이드레이트	0.6	0.03	0.0005	0.0005	0.01	-
테트라클로로에틸렌	0.06	0.01	0.001	0.0005	0.04	0.005

■ : 기준 또는 정량한계 조정 필요 항목

WHO 가이드라인에서는 시안의 분석방법으로 가이드라인값의 1/10 수준의 검출한계를 가지는 IC를 분석방법으로 채택하였으며, 가이드라인 값이 0.07mg/ℓ 이므로 검출한계는 약 0.007mg/ℓ 수준이 될 것으로 판단된다. 따라서 시안의 정량한계를 0.007mg/ℓ 로 낮출 것을 제안한다. 또한 우리나라의 먹는물 수질공정시험방법에서 시안은 원자흡광광도법을 이용하여 분석하고 있으며, 이는 IC보다 분석 감도가 높은 방법이므로, 면밀한 검토를 통해 정량한계를 단계적으로 낮춰나가야 할 것으로 판단된다.

또한 수은과 세레늄의 정량한계를 강화할 것을 제안한다.

수은의 경우는 현재의 수질기준이 평생건강 허용수준으로 정해져 있으나 수질기준과 정량한계가 같은 수준으로 설정되어 있어 정확한 모니터링이 되지 않고 있다. 이에 수은의 정량한계를 서울시 수준인 0.0005 mg/ℓ 로 낮출 것을 제안한다.

세레늄은 현재 미국 EPA와 같은 수준으로 수질기준이 설정되어 있으나, 평생건강권고치와 차이가 다소 있고, 현재 검출되지 않고 있는 점을 감안하여, 정량한계를 서울시 수준인 0.01mg/ℓ 로 강화한 후 모니터링 과정을 거쳐 단계적으로 기준이 강화되어야 할 것으로 사료된다.

표 4-4. 비발암물질의 수질기준 변경안

성분명	본 연구에서의 제안		우리나라		
	수질기준	정량한계	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
시안	변동 없음	0.007	0.01	0.01	0.01
6가 크롬	0.02	0.003	0.05	0.02	0.01
카드뮴	0.002	0.001	0.005	0.002	0.001
톨루엔	0.4	변동 없음	0.7	0.001	0.0005
수은	변동 없음	0.0005	0.001	0.001	0.0005
세레늄	변동 없음	0.001	0.05	0.04	0.01

4.2 발암 물질

본 연구에서 분석한 자료의 평균값, 현 수질기준, 정량한계, 서울시 자체 정량한계에 대한 초과발암위해도를 계산한 결과, 클로로포름이 현재 수질 오염수준에서 10^{-5} 수준의 위해도를 보였으며, 현재의 수질기준의 위해도는 대체로 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 수준인 것으로 나타났다. 또한, 현재 서울시에서 검출되지 않고 있는 유해물질들의 수질기준과 정량한계에서의 위해도 역시 10^{-5} 수준의 위해도를 보이고 있다. 그러나, 비소의 경우, 수질기준의 초과발암위해도가 10^{-4} 수준으로 나타나, 안전한 수돗물의 공급을 위해 수질기준의 강화가 필요할 것으로 판단된다.

표 4-5. 발암물질의 초과발암위해도

성분명	발암등급	평균값	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
납	B2	-	6.5×10^{-5}	5.2×10^{-5}	1.3×10^{-5}
비소	A	-	2.5×10^{-4}	2.5×10^{-5}	1.5×10^{-5}
트리클로로에틸렌	B2	-	1.85×10^{-5}	6.15×10^{-7}	3.08×10^{-7}
벤젠	A	-	1.6×10^{-5}	1.6×10^{-6}	8×10^{-7}
사염화탄소	B2	-	7.4×10^{-6}	3.7×10^{-6}	1.85×10^{-6}
총트리할로메탄	-	-	-	-	-
클로로포름	B2	1.15×10^{-5}	7.68×10^{-5}	9.6×10^{-8}	9.6×10^{-8}
디클로로메탄	B2	1.68×10^{-9}	4.2×10^{-6}	4.2×10^{-7}	1.05×10^{-7}

현재 수질기준에서의 초과발암위험도는 일반적인 수준인 것으로 판단되나, 발암물질은 비가역적인 특성을 가지는 물질로 일단 암이 발생할 경우, 치유가 어려워 아주 저농도에 노출된 경우에도 유해 영향이 있을 수 있다는 가정하에 미국에서는 최대허용목표농도를 '0'으로 잡고 있는

만큼, 안전한 물의 공급을 위하여 단계적으로 강화해 나갈 필요가 있다.

발암물질의 먹는물 수질기준을 WHO의 권고치와 비교할 경우, 트리클로로에틸렌, 사염화탄소, 벤젠은 권고치보다 조금 강화되거나 같은 수준이나, 납과 비소의 경우는 권고치수준에 미치지 못하고 있는 실정이다.

또한 미국의 기준과 비교하면, 클로로포름, 사염화탄소를 제외한 모든 물질이 우리보다 강화되어 있으며, 총트리할로메탄과 클로로포름을 제외한 모든 물질의 수질기준이 미국의 수질기준에 미치지 못하고 있으며, 납의 경우 우리나라의 정량한계값이 수질기준보다 더 높은 수치로 나타났다.

서울시의 수질검사 결과, 납, 비소, 벤젠, 트리클로로에틸렌, 사염화탄소는 10년 동안 한차례도 검출되지 않고 있다.

그러나 10년 동안 이들 물질이 검출되지 않고 있다고는 하지만, 미국의 수질기준을 적용할 경우, 기준을 초과하는 경우가 발생할 수 있다.

표 4-6. 발암물질의 우리나라 및 미국, WHO 기준 비교

성분명	우리나라			WHO	미국	
	수질기준	정량한계	서울시 정량한계		MCLG	MCL
납	0.05	0.04	0.01	0.01	Zero	0.015
비소	0.05	0.005	0.003	0.01	Zero	0.01
트리클로로에틸렌	0.03	0.001	0.0005	0.07	Zero	0.005
벤젠	0.01	0.001	0.0005	0.01	Zero	0.005
사염화탄소	0.002	0.001	0.0005	0.004	Zero	0.005
총트리할로메탄	0.1	0.001	0.0001	1*	-	0.08
클로로포름	0.08	0.0001	0.0001	0.2	0.07	0.08
디클로로메탄	0.02	0.002	0.0005	0.02	Zero	0.005

* : The sum of the ration fo the concentration of each to its respective guideline value should not exceed 1

따라서 이들 물질의 수질기준과 정량한계를 강화할 필요가 있으며, 본 연구에서는 납, 비소, 트리클로로에틸렌, 벤젠, 디클로로메탄의 수질기준을 미국의 수질기준수준으로 강화할 것과 납과 비소의 정량한계는 현재 서울시에서 적용하고 있는 정량한계 수준으로 조정할 것을 제안한다.

즉, 납의 수질기준은 0.015mg/ℓ 정량한계는 0.01mg/ℓ, 비소의 수질기준은 0.01mg/ℓ, 정량한계 0.003mg/ℓ 로, 트리클로로에틸렌, 벤젠, 디클로로메탄의 수질기준은 0.005mg/ℓ로 강화할 것을 제안한다.

또한, 지속적인 모니터링을 통한 감시와 우리나라에서도 이러한 목표치를 설정하는 방향으로 먹는물의 수질관리가 이루어져야 할 것을 제안한다.

표 4-7. 발암물질의 수질기준 변경안

성분명	본 연구에서의 제안		우리나라		
	수질기준	정량한계	수질기준	정량한계	서울시 정량한계
납	0.015	0.01	0.05	0.04	0.01
비소	0.01	0.003	0.05	0.005	0.003
트리클로로에틸렌	0.005	변동 없음	0.03	0.001	0.0005
벤젠	0.005	변동 없음	0.01	0.001	0.0005
디클로로메탄	0.005	변동 없음	0.02	0.002	0.0005

5. 먹는물 수질기준의 통일

우리나라 먹는물 관리법에서는 먹는물을 수돗물, 먹는샘물, 우물물 등으로 구분하고 있으며, 이들 각각에 대해 먹는물 수질기준, 먹는 샘물

수질기준, 먹는물 공동시설 수질기준을 적용하고 있다.

이들 수질기준은 각기 조금씩 차이가 있으며, 가장 큰 차이는 미생물과 소독부산물 항목에 있다. 이는 먹는 샘물의 소독처리를 허용하지 않고, 장기간 보관하여야 하는 특징을 가지고 있기 때문에 미생물 항목을 먹는물에 비해 추가하고 있는 것이다.

그러나 WHO에서는 미생물을 수질관리에 있어 가장 중요한 인자로 보고 있으며, 수돗물, 먹는 샘물, 우물물 모두 먹는물로, 먹는물 관리법에 의해 관리되고 있다. 또한 이들의 수질을 관리하는 수질기준은 인체에 위해 가능한 항목을 관리하기 위해 설정해 놓은 것인 만큼, 가장 보수적인 수준의 동일한 기준을 적용하여야 타당할 것이다.

표 4-8. 먹는물, 먹는샘물, 먹는물 공동시설 수질기준의 차이

	항 목	먹는물	먹는샘물	먹는물 공동시설
미생물	일반세균 저온 중온	100CFU/ml	100CFU/ml 20CFU/ml	100CFU/ml
	총대장균군	ND/100ml	ND/250ml	ND/100ml
	분원성대장균군	ND/100ml	-	ND/100ml
	대장균군	ND/100ml	-	ND/100ml
	녹농균	-	ND/250ml	-
	분원성연쇄상구균	-	ND/250ml	-
	아황산환원혐기성포자형성균	-	ND/250ml	-
	살모넬라	-	ND/250ml	-
	쉬겔라	-	ND/250ml	-
	여시니아	-	-	ND/2 l
소독 부산물	유리잔류염소	4.0 mg/l	-	-
	총트리할로메탄	0.1 mg/l	-	-
	클로르포름	0.08 mg/l	-	-
	클로랄하이드레이트	0.03 mg/l	-	-
	디브로모아세토니트릴	0.1 mg/l	-	-
	디클로로아세토니트릴	0.09 mg/l	-	-
	트리클로로아세토니트릴	0.004 mg/l	-	-
할로아세틱에시드	0.1 mg/l	-	-	

본 연구를 통해, 우리나라 먹는물 수질기준의 문제점을 살펴보고 앞으로 안전한 물의 공급을 위해 개선되어야 할 점들을 살펴보았다.

이를 통해 앞으로 먹는물 수질기준 제도개선 및 기준강화의 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

그러나 이 연구는 수질 분석을 위해 서울특별시의 자료만을 이용하여, 우리나라 전체의 수질로 대표하기에는 다소 부족함이 있는 만큼, 추후 우리나라 전체 수질에 대한 분석과 이를 바탕으로 위해성평가를 실시하여 그 결과를 토대로 한 수질기준의 안전성 평가가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 위해성평가 단계 중 노출평가에서 노출경로를 섭취에 의한 단일경로를 가정하여 노출량을 산정하였다. 그러나, 정수장을 통해 공급되는 수도수는 음용수로 뿐 아니라, 목욕, 샤워, 음식조리 등에 다양하게 이용되고 있다. 특히, 휘발성 유기물질의 경우 이러한 활동으로 흡입노출과 직접적인 피부접촉에 의한 노출이 발생할 수 있다.(정용, 신동천, 김종만, 양지연, 박성은. 1995)

따라서 이러한 경로에 의한 노출의 반영은 노출량 및 위해도 추계에 변화를 줄 수 있는 만큼, 이를 반영한 추가 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

물은 사람이 살아가는데 있어 반드시 필요한 것으로, 정수과정을 거쳐 상수도 시설을 통해 가정으로 공급되는 수도물은 음용수로 사용되는 것 뿐 아니라 음식 조리, 샤워, 기타 인간 활동 등 다양한 곳에서 사용되고 있다.

이렇듯 물은 일상생활에서 쓰임이 많은 만큼, 안심하고 사용할 수 있는 안전한 물의 공급은 건강보호를 위해 반드시 확보되어야 한다.

따라서 먹는물 수질기준은 건강보호가 최우선이 되어야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 개선방향을 제안한다.

1. 먹는물 수질기준의 항목수 조정

우리나라의 먹는물 수질기준은 55개 항목으로 구성되어 있으며, 이는 WHO, 미국에 비하여 다소 부족한 실정으로, 특히 유기물질이 부족한 것으로 나타났다.

따라서 유기물질에 대한 수질기준 항목의 추가와 이들 영향물질의 안전성을 확보하기 위해 위해성평가를 통한 과학적인 기준설정이 필요할 것이다.

2. 수질기준의 목표값 및 허용위해도

수질기준 설정에 있어 허용 가능한 위해도 수준을 정하고 최대허용 목표농도를 설정하여, 지속적이고 단계적인 수질기준의 강화가 필요할 것으로 판단된다.

특히 발암물질의 경우, 미국의 경우와 같이 목표농도를 '0'으로 설정하여 관리해 나가야 할 것이다.

또한, 수질기준 설정시 기준이 되는 허용위해도 수준을 결정하고 이를 토대로 기준을 마련해 나가야 할 것이다.

3. 정량한계 및 정량한계 이하값

분석기술의 발달로 ppb 수준의 오염정도에 대해서도 분석이 가능해진 만큼 먹는물 수질공정시험방법의 개정을 통한 보다 높은 수준의 분석방법 도입과 이를 통한 정량한계의 조정이 필요할 것으로 판단된다.

또한 정량한계 이하 값을 불검출로 표기하는 것은 건강위해성을 간과하는 결과를 초래하게 되므로 '불검출'의 표기대신 '정량한계 이하'로 표기할 것을 제안한다.

4. 허용 위해도 수준을 고려한 수질기준 강화

비발암 물질 중 6가 크롬은 수질기준 0.02mg/ℓ, 정량한계 0.003mg/ℓ로 강화하고, 카드뮴은 수질기준 0.002mg/ℓ, 정량한계 0.001mg/ℓ, 톨

루엔의 수질기준은 0.4mg/ℓ 로 강화할 것을 제안한다.

또한 시안, 수은, 세레늄의 정량한계를 각각 0.005mg/ℓ, 0.0005 mg/ℓ, 0.01 mg/ℓ 으로 강화할 것을 제안한다.

발암물질의 경우, 납 0.015mg/ℓ, 비소 0.01mg/ℓ, 트리클로로에틸렌 0.005mg/ℓ, 벤젠 0.005mg/ℓ, 디클로로메탄 0.005mg/ℓ 으로 수질기준을 강화하고, 정량한계는 납 0.01mg/ℓ, 비소는 0.003mg/ℓ 으로 조정할 것을 제안한다.

5. 먹는물 수질기준의 통일

우리나라에서 먹는물 관리법에서 정의하고 있는 먹는물은 종류가 다양하고, 각각에 대해 다른 수질기준이 적용되고 있다. 그러나 종류와 명칭은 다르더라도 다 같은 먹는물이므로 이들 수질기준의 통일이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 정 용. 수질오염물질의 건강위해성 평가 및 관리, 한국수질보전학회지, 1986;12(2):107-118
- 정용, 조성준. 수질오염과 위해성평가 및 관리, 화학세계 1996;36(7):19-23
- 최승일, 먹는물 수질기준 강화와 합리적 조정방안, 상하수도학회지, 2002;16(3):205-217
- 권숙표, 우리나라 먹는물의 수질오염과 수질기준, 한국막학회 심포지움, 2000 제11권 p39-74
- 정용, 신동천, 김종만, 박성은, 양지연, 이자경 외. 음용수 중 유해화학물질에 대한 위해성 평가에 관한 연구 I. 발암성 화학물질을 중심으로, 한국환경독성학회, 1995; 10(1):1-14
- 정용, 신동천, 김종만, 양지연, 박성은. 음용수 중 휘발성 유기오염물질의 노출 경로에 따른 위해도 추정치 비교연구, 한국환경독성학회, 1995;10(1) :1-2,21-35)
- 석금수, 우리나라의 먹는물 수질기준과 전망, 대한위생학회심포지움, 1995
- 연세대 환경공해연구소. G7 프로젝트 수질오염물질의 위해성평가 지침서, 환경부, 2001
- 국립환경과학원. 정책결정자를 위한 수질관련기준 비교 분석, 2000
- 한국환경정책평가연구원. 먹는물 다원화에 대한 정책방안 수립, 환경부, 2005
- 한국환경정책평가연구원, 수질환경 및 규제수준의 합리적 조정, 1997

_____. 서울시 수질검사항목의 위해성 평가, 서울특별시 수돗물수질평가위원회, 2003

환경정책평가연구원, 화학물질관리 선진화를 위한 조직체계 개선방안, 2003

_____. 미국의 먹는물 수질기준에 대한 해설, 2001

한무영. WHO 음용수 수질가이드라인 제2판 제1권, 1999

박석기 외. 먹는물의 수질관리, 동화기술, 1996

환경부. 환경백서, 2006

환경부. 먹는물 관리법

환경부. 수도법

환경부. 먹는물 수질관리 지침, 2007

환경부, 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 지침, 2006

R.L. Zielhuis, Standards for chemical quality of drinking water; A critical assessment, Int Arch Occup Environ Health, 1982;50:113-130

WHO. Guideline for drinking water quality, 2006

US EPA, Setting Standards for safe drinking water, Office of Ground water and Drinking water web site, 2000

US EPA. Edition of drinking water standards and health advisories, 2006

US EPA. Robust estimation of mean and variance using environmental data sets with below detection limit observation, 2001

IRIS(Integrated Risk Information system) www.epa.gov/iris

ABSTRACT

A Comparative Study of the Drinking Water Quality Standards for Establishment of Safety

Yoon Young Oh

Dept. of environmental Health

Graduate School of

Public Health, Yonsei University

(directed by Professor Yong Chung, Ph.D)

The Korean drinking water quality standard has thus far been amended several times. But the Korean drinking water quality standard has been established by reference to the foreign standard and the same water quality standard has been applied to carcinogenic substances for more than 10 years. Therefore, it is unreasonable to say that safe drinking water has been supplied for people.

The drinking water quality standard is needed to protect public health from hazardous substances and supply people with safety water. For this purpose, the drinking water quality standard was

established by mobilizing the scientific, systematic method from WHO, the US and the like.

The results of this study revealed that it would be necessary to extend the number of items of the water quality standard, set the goal of concentrations and proposed to indicate the value of less than the quantitation limit as less than 'less than the detection limit' in indicating the result of water quality examination.

And in case of non-carcinogenic substances, the water quality standard was reinforced to hexachromium $0.02\text{mg}/\ell$, cadmium $0.002\text{mg}/\ell$, toluene $0.4\text{mg}/\ell$. The detection limit of hexachromium, cadmium, cyanide, mercury, selenium was reinforced to $0.003\text{mg}/\ell$, $0.001\text{mg}/\ell$, $0.007\text{mg}/\ell$, $0.0005\text{mg}/\ell$, $0.01\text{mg}/\ell$, respectively. In case of carcinogenic substances, the water quality standard was reinforced to lead $0.015\text{mg}/\ell$, arsenic $0.01\text{mg}/\ell$, trichloroethylene $0.005\text{mg}/\ell$, benzene $0.005\text{mg}/\ell$, dichloromethane $0.005\text{mg}/\ell$.

This study proposed to adjust the detection limit of lead and arsenic to $0.01\text{mg}/\ell$ and $0.003\text{mg}/\ell$, respectively.

Finally, this study proposed to unify the water quality standard applied differently according to the kinds of drinking water.

Key words : drinking water quality standard, environment health risk assessment, safety