

## 총성

## 수질유해물질에 대한 수질환경기준 설정체계

정윤철 · 고대현<sup>\*</sup>

한국과학기술연구원 수질환경 및 복원연구센터

## Framework for Deriving Water Quality Criteria of Toxic Substances

Yun-Chul Chung · Dae-Hyun Ko<sup>\*</sup>

Water Environment and Remediation Center, Korea Institute of Science and Technology

(Received 4 March 2005, Accepted 7 June 2005)

## Abstract

In these days, water environment is getting threatened by a variety of toxic pollutants discharged from industries. However, environmental standards and regulations in Korea may be in straitened circumstances to protect the water environment from it. Therefore, the purpose of this review is to compare the management state of the toxic substances in water environment and to present the framework for deriving water quality criteria in USA and Japan.

To conserve the water environment from the toxic pollutants more efficiently, the following considerations could be suggested in standards and regulation in Korea. Firstly, there should be consistency of regulated pollutants in drinking water quality standard, water quality standards and permissible wastewater discharge standards. Secondly, in case of deriving the water quality standards, it is required to consider the conservation of the aquatic ecosystem as well as the protection of human health. Finally, it is indispensable to make risk-based approach in management of toxic pollutants in water environment

**keywords** : Water quality, Toxic pollutants, Aquatic ecosystem, Human health, Risk-based approach

## 1. 서론

물은 인간과 생물체의 생명유지의 근원이며, 깨끗한 물은 건강한 삶을 위해 기본적인 요소이다. 그러나 2000년 기준으로 전 세계인구의 82%만이 깨끗한 물의 혜택을 받고 있으며, 전 세계인구의 60%만이 하·폐수처리시설 등 위생시설의 혜택을 받고 있다(WHO and UNCF, 2000). 우리나라의 경우에는 상수도 보급률이 지속적으로 증가하여 2002년 기준으로 88.7%에 도달하였으며, 하수도 보급률은 75.7%에 도달하였다(환경부, 2003c).

상수도와 하수도의 보급률이 지속적으로 증가함에도 불구하고 우리나라의 수생태계는 다양한 유해화학물질에 노출되어 생태계의 지속성이 큰 위협을 받고 있는 실정이다. 현재 국내에서 사용되는 화학물질은 약 3만 여종에 이르며, 매년 300여종의 화학물질이 신규로 사용되고 있는 것으로 알려져 있다. 조사된 화학물질의 배출량 중 대부분은 대기로 방출되고, 수계로 방출되는 양은 1999년의 경우 8%, 2000년의 경우 3.2% 정도인 것으로 조사되고 있다(환경부, 2002b). 또한 2002년의 화학물질 배출량 조사결과 총배출량 중 0.4% 정도가 수계로 배출되고 있다고 조사되었다(환경부, 2004). 이러한 화학물질 중 발암물질, 내분비계 장애물질(Endocrine Disrupter: ED) 등 여러 화학물질들은 인간

과 생태계에 유해하다. 또한 일부 수생태계에서는 유해화학물질에 의하여 생태계가 교란되고 있으며, 이들 물질이 상수원에 잔류할 가능성이 항상 존재하고 있다. 수질유해물질 중 휘발성 유기물질, 유기용제, 다환 방향족 탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) 등의 합성유기 화합물과 중금속 등에 의한 수질오염은 인간의 건강은 물론 수생태계에도 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 이들 물질에 대한 관심이 모아지고 있다.

본 연구에서는 국내외의 수질유해물질에 대한 관리현황을 파악하고, 수질유해물질에 대한 미국과 일본의 수질환경기준 설정체계에 대하여 살펴보고자 한다.

## 2. 국내외 수질유해물질의 관리현황

## 2.1. 미국

미국은 CWA(Clean Water Act), SDWA(Safe Drinking Water Act)와 그 외의 환경법을 통해 수질오염을 규제하고 있다. 주정부 및 지방정부의 도움으로 EPA(Environmental Protection Agency)는 수질기준을 설정하고 BMPs(Best Management Practices)의 가이드라인을 작성하고 점오염원과 처리시설의 허가를 관할한다.

미국은 먹는물과 관련하여, 제정된 SDWA에 따라 EPA는 의회에 의해 제시된 83개 오염물질과 건강에 악영향을 미칠 수 있거나 공공급수체계에서 발생할 것으로 예상되는

<sup>\*</sup> To whom correspondence should be addressed.  
scruphle@kist.re.kr

다른 오염물질에 대하여 MCLGs(Maximum Contaminant Level Goals)와 NPDWRs(National Primary Drinking Water Regulations)를 수립해야 한다. 따라서 EPA의 담당과는 SDWA에 의해 EPA에 인가된 권위에 의해 먹는물 기준을 제정한다. EPA는 이러한 권위를 이용하여 국가에서 공급하는 수돗물이 국민의 건강을 보호할 수 있다는 것을 확신시키기 위해 MCLGs와 NPDWRs를 제정한다(USEPA, 2001).

미국에서 먹는물 중의 오염물질은 주로 다음 세 가지의 규제 및 기준에서 관리되고 있다.

- National Primary Drinking Water Regulations(NPDWRs)
- National Secondary Drinking Water Regulations(NSDWRs)
- Unregulated Contaminants

NPDWRs는 공공상수도에 적용되는 법적 강제성이 있는 기준이며, 먹는물 중의 오염물질을 정해진 수준 이내로 제한함으로써 공공의 건강을 보호한다. NPDWRs에서 관리하는 오염물질 중 수질유해물질은 16개의 무기물질과 53개의 유기물질에 대하여 MCLs(Maximum Contaminant Levels), MCLGs 및 건강관교치를 설정하여 관리하고 있다(Pontius, 2003).

Unregulated Contaminants는 감시항목과 비슷한 개념으로 NPDWRs에서는 규제되지 않지만 공공상수도시스템에서 존재하거나 존재할 것으로 예상되는 오염물질로서 UCMR(Unregulated Contaminant Monitoring Rule)에 의해 모니터링 후 오염물질에 대한 평가 및 우선순위를 정하여 새로운 먹는물 수질항목으로 설정하게 된다. 이러한 Unregulated Contaminants 중 수질유해물질은 50개의 물질에 달한다(USEPA, 1998).

EPA의 수질환경기준은 CWA의 입법과 더불어 시작되었다. CWA는 EPA로 하여금 지하수를 포함한 모든 수체에서 오염물질로 인한 인간의 건강과 복지에 주는 영향의 종류와 정도에 관한 최근의 과학적 지식에 근거하여 수질기준을 마련하도록 한다. 수생태계와 인간건강에 대한 수질기준은 수생태계와 인간의 건강을 보호하기 위한 수체내의 화학물질의 농도를 설정하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 106개의 합성유기화합물질, 30개의 농약, 17개의 중금속, 7개의 무기화합물질 등 165개 오염물질에 대하여 수치적 기준을 마련하였고 이 중 101개 물질이 우선독성 오염물질(Priority toxic pollutants)이다(USEPA, 2003; USEPA, 2002c).

미국의 배출허용기준은 1972년에 CWA에 의해 설정된 것으로 업종별로 지정되어 있는 것이 특징이다. 즉 업종에 따라서 수계로 직접배출하는 경우와 폐수종말처리장으로 간접배출하는 경우를 나누어 기술수준에 근거한 배출기준을 적용하게 된다. 엄밀히 말하면, 국가배출허용기준(National effluent guideline)은 배출수가 배출되는 수계의 수질기준을 보장할 수 없기 때문에 CWA는 주정부 스스로가 필요할 경우 국가배출허용기준보다 더 엄격한 배출허용기준을 적용하여 수질에 근거한 허가제도를 마련하도록 하고 있다(Sell, 1992).

미국의 배출허용기준은 2002년에 50개 이상의 업종에 대한 배출기준을 설정하고 있으며, 이 배출허용기준을 통하여 매년 10억 파운드 이상의 독성오염물질의 배출을 예방하고 있다(USEPA, 2002b). 미국의 경우 배출허용기준을 독성물질별로 개정 또는 신규로 지정하기 보다는 산업별로 기준을 개정하거나 신규로 지정하여 왔다(USEPA, 2002a).

## 2.2. 일본

일본의 먹는물 수질기준은 법적기준항목 46종 및 쾌적수질항목 13종을 규정하여 크게 보건위생학적 측면과 심미적 영향 측면의 수질로 구분하고 있다. 이 중 법적기준항목은 인체유해물질에 관한 항목인 건강관련항목 29종과 수도수성상 관련항목 17종으로 나누어진다. 이와 동시에 감시항목으로 26종을 두어 차후 수질기준 강화의 기초 자료로 활용하고 있다(환경부, 2002a).

인간건강의 보호에 관한 일본의 수질환경기준은 전 공공수역에 카드뮴을 비롯하여 붕소 및 불소 등 총 26개 항목에 관해서 지정되어 있으며 전 공공용 수역에 대하여 일률적으로 적용되는 것으로 설정되어 있다. 또한 환경기준 유지달성의 기한은 설정 즉시 달성으로 되어있다. 이것은 인간건강은 무엇보다도 우선적으로 존중되어야 하는 이념으로 수역별 수치를 다르게 설정하거나, 일부 수역에 적용하지 않거나, 인간의 건강에 관한 문제를 기간을 정하여 실행하는 것은 적당하지 않다는 생각에 기인한 것이다.

수질환경항목 이외에 인간의 건강에 관련된 물질이지만 공공수역에서 검출상태 등을 보면서 현 시점에서는 바로 환경기준 항목으로는 하지 않고, 지속적인 관찰을 해야 된다고 판단되는 물질에 대하여 “요감시항목”으로 설정하여 연속적으로 공공수역 등의 수질측정을 실시하고 있다. 1993년의 설정 당시에는 25개 항목이었지만 이 중 질산성 질소 및 아질산성 질소 등 3개 항목이 1999년 환경기준 항목으로 설정되었다. 또한 2004년 신규로 요감시항목에 염화비닐모노머(Vinyl chloride monomer), 에피클로로히드린(Epichlorohydrin), 1,4-다이옥산(1,4-Dioxane), 총망간(Total Manganese), 우라늄(Uranium)의 5개 항목을 추가하여, 1999년의 22개 항목과 더불어 27개 항목이 요감시항목으로 설정되었다. 5개의 신규항목은 일본에 있어서 해당물질의 생산, 사용상황, 공공수역 등에서의 검출상황 등을 근거로 하여 추가하여 설정한 것이다. 또한 기존의 요감시항목 중 *p*-디클로로벤젠(*p*-Dichlorobenzene)의 지침치를 0.3 mg/L에서 0.2 mg/L, 안티모니(Antimony)의 지침치를 0.002 mg/L에서 0.02 mg/L로 조정하였다(環境省, 2004).

또한 일본은 유해물질에 대한 여러 가지 검토를 통해 수환경을 경유하여 사람의 건강이나 생태계에 유해한 영향을 줄 우려(환경 리스크)가 비교적 크지 않거나, 환경리스크는 명확하지 않지만 환경에서의 검출상황이나 복합영향 등의 관점에서 환경리스크에 관한 연구가 필요한 물질로서 300개의 요조사항목을 선정하여 조사를 실시하고 있다(環境省, 1998).

일본의 배수기준에는 모든 공공수역을 대상으로 국가의 총리부령으로 정하고 일률적으로 적용되는 일률기준과 지

방자치단체가 적용하는 수역을 지정하여 조례로 정한 상수 기준이 있다. 일률기준에는 원칙인 일반기준과 특정사업장에 한정하여 일반기준 대신 잠정적으로 적용되는 잠정기준이 있다. 일반기준 항목은 유해물질과 생활환경항목으로 구분되며 물질별, 항목별 허용한도가 정해져 있다. 유해물질에 관한 기준은 모든 특정사업장에 일률적으로 적용되고 생활환경항목에 관한 기준은 1일 평균 배출수 유량이 50 m<sup>3</sup> 이상인 특정사업장에 적용된다(中央環境審議, 2000; 環境省, 2002b).

### 2.3. 유럽연합

유럽연합에서 먹는물과 관련된 주요지침인 Drinking Water Directive는 공공을 위한 안전하고 깨끗한 먹는물에 대해서 모든 함유물의 부정적인 영향으로부터 보호하고자 하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 규정은 미생물, 화학물질과 몇 가지 물리화학적 인자들을 포함하고 있으며, 모니터링이 필요성과 몇 가지의 분석 또는 그 수행에 대한 특성을 제시하고 있다. Drinking Water Directive에는 총 62개 항목에 대한 기준이 설정되어 있으며, 1998년에 개정되면서 48개 항목에 대한 기준치가 강화되었다.

유럽연합은 물을 이용하는 측 또는 배출하는 측의 개별 목적에 부응하여 수질기준에 관한 규정(지표수 수질규정, 해수욕장 수질규정, 어류 수질규정, 음료수 수질규정 등)과 배수기준에 관한 규정(도시하수처리규정, 어패류 수질규정, 음료수 수질규정)을 정하고 있다. 특히 몇몇 유해물질에 대한 지침이 1976년(76/464/ECC)에 마련되어 1991년 개정(91/692/ECC) 등을 거친 후 오늘에 이르고 있는데, 1982년에 회의를 통해 76/464/ECC 지침을 기본으로 독성, 지속성, 생물농축과 생산량이 높은 물질을 조사하여 약 130여 개의 물질을 선정하였다.

현재 유럽연합에서는 76/464/ECC 지침만으로는 수계에서의 유해물질 관리가 곤란함을 인식하고 최근 Water Framework Directive(Directive 2000/60/EC for Priority substances)을 마련하여 수계관리를 위한 우선물질 선정 작업을 새롭게 수행하였다. 우선물질 선정을 위해 모니터링과 모델링을 기본으로 한 COMMPS(Combined monitoring-based and modelling-based priority setting)를 통해 지정하고 있다.

### 2.4. 국내

먹는물 수질기준 항목은 처음 제정 당시 28개 항목이었으나 연차적으로 강화되어 2002년 7월 개정 후 55개의 항목으로 확대·강화되어 미생물 4항목, 심미적 영향물질 16항목, 유해영향 무기물질 11항목, 유해영향 유기물질 24항목(휘발성 유기물질 11항목, 농약 5항목, 소독부산물 8항목)의 먹는물 수질기준이 정하여져 있다(환경부, 2003a).

또한 먹는물의 안전성을 확보하고 장래 먹는물 수질기준 설정에 필요한 기초 자료를 확보하기 위하여 먹는물 수질기준 항목 이외에 “감시항목”을 정하여 운영하고 있는데 먹는물 수질감시항목은 전국적으로 먹는물에서의 검출수준이 매우 낮아 현재로서는 먹는물 수질기준으로 관리할 필

요는 없으나 먹는물의 안전성 확보를 위하여 체계적이고 조직적으로 검출상태 등의 감시가 필요한 물질이다. 검출결과 검출량이 잠정기준 또는 외국의 기준에 비하여 월등히 높은 경우 재검사를 실시하고 원인규명 및 대책을 강구하여야 하며, 이후 전문가의 검토를 거쳐 먹는물 수질기준의 설정여부를 결정하게 된다(환경부, 2001). 특히 2003년 8월에 휘발성 유기물질로 Formaldehyde와 소독부산물로 Dibromoacetic acid 2종의 물질을 먹는물 수질감시항목에 추가하여 24개 항목으로 운영되고 있다.

국내의 수질환경기준은 환경권을 수환경 측면에서 구현하기 위한 계량적 목표이며, 이를 유지하기 위하여 각종 계획이 수립되고 수질개선투자가 증대되어 왔다. 수질환경기준은 하천·호소에 공통적으로 적용되는 건강항목(9개 항목)과 하천(5개 항목)·호소(7개 항목)에 달리 적용되는 생활환경항목으로 구분된다(환경부, 2003c).

국내 배출허용기준은 1963년 크롬, 수은, 시안 등 21개 항목에 대하여 규제하기 시작하여, 이후 1978년에 환경보전법이 제정되면서 23개 항목에 대하여 BOD, COD, SS은 규모, 지역에 따라 차등 적용하고, 페놀류 등 20개 항목은 지역에 따라서만 차등 적용하였다(한국환경정책·평가연구원, 1997).

이후, 1990년대에 수질환경보전법이 제정되면서 현재의 배출허용기준으로 이어지고 있다. 현재의 수질환경보전법에서는 수질유해물질에 대하여 지역에 따라서 배출허용기준을 차등 적용하고 있다. 또한 수질환경보전법 제2조 제3호 및 동법 시행규칙 제3조 별표2에 특정수질유해물질을 지정하여 배출시설의 설치 허가 및 특별대책지역안에서의 특정수질유해물질을 배출하는 배출시설의 설치를 제한할 수 있도록 하고 있다(환경부, 2003b). 특정수질유해물질은 17개 항목에 대하여 지정되어 운영되고 있다.

## 3. 수질유해물질에 대한 수질환경기준 설정체계

### 3.1. 인체건강에 대한 수질환경기준 설정방법

미국의 인체건강에 대한 수질환경기준은 오염물질의 농도와 인체건강에 대한 영향간의 관계에 대한 자료와 과학적 판단에 의해서만 설정되는데, 경제적인 영향이나 기술적 타당성에 대한 고려는 반영되지 않는다. 수질환경기준을 설정하는데 있어 과학적 분석(scientific analysis), 과학정책(science policy), 위해도 관리 결정(risk management decision)에서 나온 독성학적 변수를 포함한다.

미국의 인체건강에 대한 수질환경기준의 설정방법은 발암성 영향과 비발암성 영향에 따라 다음과 같은 식에 의해 설정된다(USEPA, 2000).

- 비발암성 영향

$$AWQC = RfD \times RSC \times \left( \frac{BW}{DI + \sum_{i=1}^4 FI_i \times BAF_i} \right)$$

- 발암성 영향 : 비선형 저용량 외삽법(Nonlinear Low-Dose Extrapolation)

$$AWQC = \frac{POD}{UF} \times RSC \times \left( \frac{BW}{DI + \sum_{i=2}^4 FI_i \times BAF_i} \right)$$

- 발암성 영향 : 선형 저용량 외삽법(Linear Low-Dose Extrapolation)

$$AWQC = RSD \times \left( \frac{BW}{DI + \sum_{i=2}^4 FI_i \times BAF_i} \right)$$

여기서

- AWQC : 수질환경기준(Ambient Water Quality Criterion, mg/L)
- RfD : 비발암성 영향에 대한 참고치(Reference Dose; mg/kg/day)
- POD : 발암물질에 대한 비선형 저용량 외삽법의 출발점(Point of departure, mg/kg/day)
- UF : 발암물질에 대한 비선형 저용량 외삽법에서의 불확실성 인자(Uncertainty factor)
- RSD : 선형 저용량 외삽법에서 발암물질에 대한 위해도(10-6)에 따른 용량(Risk-specific dose, mg/kg/day)
- RSC : 물을 통하지 않은 노출에 대한 오염원 상대기여도(Relative source contribution)
- BW : 사람의 체중(Body weight)
- DI : 먹는물 섭취량(Drinking water intake)
- FI : 어류섭취량(Fish intake)
- BAF : 생물축적계수(Bioaccumulation factor, L/kg)이다.

일본에서는 수질환경기준을 먹는물을 통한 영향과 수질 오염으로 인한 식품을 통한 영향을 고려하여 설정한다. 먹는물을 통한 영향에서는 역치가 있는 경우와 역치가 없는 경우로 나누어 설정한다. 역치가 있는 경우에는 1일 먹는 물의 양을 2 liter, 사람의 평균체중을 50 kg, 먹는물의 노출비율을 원칙적으로 10%로 가정하여 대상물질의 1일 노출량이 TDI(Tolerable Daily Intake)를 초과하지 않는 값을 기준치로 설정한다. 발암성과 같이 독성에 역치가 없다고 생각되는 물질에 대해서는 단일물질의 물로부터의 섭취에 대해 평생 동안의 위해도 증가를 10<sup>-5</sup> 이내로 하는 것을 기본으로 하여 기준치를 설정하며, 외삽법으로는 선형다단외삽법을 기본으로 한다.

수질오염으로 인한 식품을 통한 영향에서는 먹는물 및 어패류의 통상적인 섭취량을 감안하여, 먹는물을 섭취하는 경우의 안전성을 고려한 공공수역의 수질의 농도보다 어패류의 생물농축을 고려한 어패류의 식품으로서의 안전성을 고려한 공공수역의 수질의 농도가 낮은 경우에 이를 기준치로 설정한다(環境省, 2003b).

일본에서 수질환경기준과 요감시항목의 지침치를 설정할 때 고려하는 사항은 다음과 같다.

- 수질환경기준 및 요감시항목 지침치는 일본이나 WHO

등의 국제기관에서 검토되어 집약된 과학적 지식, 관련 있는 각종기준의 설정 상황을 기초로 검토함.

- 먹는물을 통한 영향에 대해서는 WHO가 먹는물 수질 가이드라인 설정에 널리 채용하고 있는 방법을 기초로, 다른 노출원으로부터의 기여를 고려하여 평생 동안 섭취하여도 건강에 영향이 없는 수준을 기초로 안전성을 충분히 고려함.
- 특히 유·소아에 대하여 특정한 화학물질에 대한 위해도가 크다고 판단될 경우에는 유·소아의 먹는물 소비량을 기초로 하여 지침치를 검토하는 등의 필요한 검토를 실시함.
- 수질오염으로 인한 식품을 통한 영향에 대해서는 현재 수집 가능한 어패류의 농축성에 관한 자료를 고려하여 설정함.
- 요감시항목으로 이미 지침치가 정해져 있는 항목에 대해서는 기존의 지침치를 활용하여 수질환경기준을 설정하고, 일본이나 국제기관에서 새로운 평가를 하는 경우에 한하여 수질환경기준이나 지침치를 재검토를 실시함.

### 3.2. 수생생물에 대한 수질환경기준 설정방법

미국의 수생생물에 대한 수질환경기준의 설정방법은 “1980 Guidelines for Deriving Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Life and Its Uses”와 “1985 Guidelines for Deriving Numerical National Aquatic Life Criteria for Protection of Aquatic Organisms and Their Uses”를 통하여 설정되었는데, 현재 “Guidelines for Deriving Numerical National Aquatic Life Criteria for Protection of Aquatic Organisms and Their Uses”의 개정을 진행하고 있다(USEPA, 2003).

1985 Guideline에 의하면, 수생생물에 대한 수질환경기준의 설정은 수생독성학(Aquatic toxicology)의 여러 분야의 자료를 활용하는 복합적인 과정이다. 대상물질에 대한 수질환경기준의 설정시 수생생물에 대한 독성 및 생물농축에 대한 가능한 모든 자료가 수집되며, 자료의 신뢰성을 검토한다. 수생생물의 급성독성에 대한 충분한 자료가 있을 경우, 수생생물에 부정적인 영향을 유발하지 않는 1시간 평균농도 최고치를 산정한다. 또한 수생생물의 만성독성에 대한 자료를 이용하여 장기간의 노출시 수생생물에 독성을 유발하지 않는 4일 평균농도 최대치를 산정한다.

수생식물에 대한 독성자료는 수생동물에 영향을 미치지 않는 농도에서도 식물이 영향을 받을 수 있는지 여부를 결정하게 된다. 또한 생물축적에 대한 자료는 잔류물이 식용생물에 영향을 주는지 여부와 수생생물을 먹는 야생동물에 영향을 주는지 여부를 결정하게 된다. 이외의 가능한 자료들이 부정적인 영향에 대하여 조사된다. 이러한 검토과정을 통하여 충분한 자료가 확보될 경우, 담수생물 및 해양생물에 대한 단기간의 고농도 노출 및 장기간의 저농도 노출에 대한 수치적 수질환경기준이 설정된다. 이러한 미국의 수생생물에 대한 수질환경기준의 설정방법을 Fig. 1에 나타내었다.

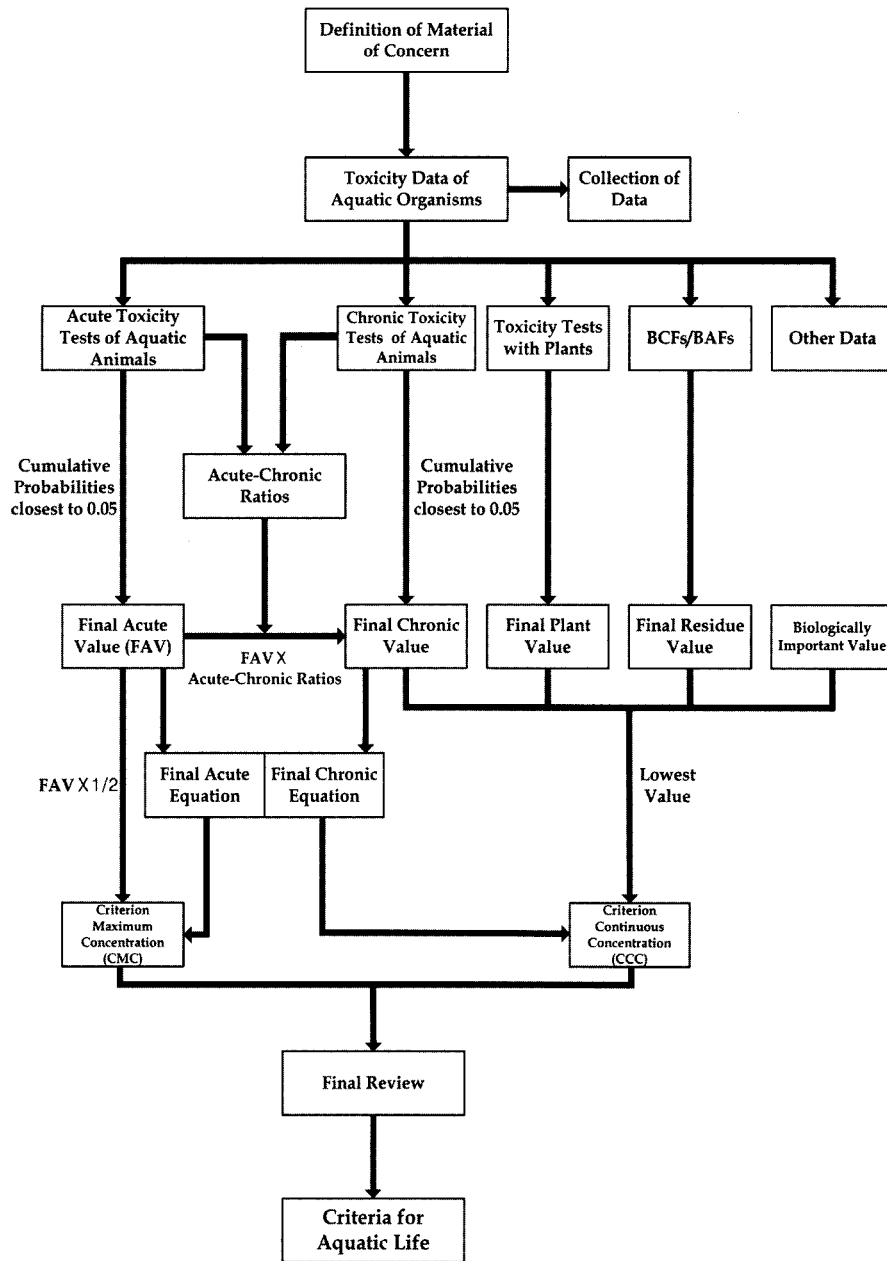


Fig. 1. Framework for deriving the water quality criteria for aquatic organisms in USA(水生生物保全水質檢討會, 2002).

일본에서는 수생생물보전을 위한 수질목표를 설정하기 위해 81개의 조사대상물질을 선정하여 수역의 구분, 수생생물의 구분, 수생독성의 평가 등을 통하여 수질목표의 설정을 준비하기 시작하였다(環境省, 2000). 이후 2001년 81개의 조사대상물질 중 26개의 물질을 우선적으로 검토하여 포름알데히드(formaldehyde), 아닐린(aniline), 클로로포름(chloroform), 나프탈렌(naphthalene), 페놀(phenol), 엔도수판(endosulfan), 2,4-디클로로페놀(2,4-dichlorophenol), 카드뮴(cadmium), 아연(zinc)의 9개 물질에 대한 수질목표를 설정하였으며, 나머지 17개의 물질에 대해서는 수질목표를 설정하지 않았다. 이러한 수생생물에 대한 수질목표의 설정과

정에서 수생생물에 대한 수질목표치 설정방법을 제시하였다. 수생생물보전을 위한 수질목표치의 설정방법은 Fig. 2와 같이 주요 어패류에 대한 수질목표치의 설정방법과 Fig. 3과 같이 주요 어패류들이 먹이로 하는 먹이생물에 대한 수질목표치의 설정방법으로 구분되며, 이 두 가지 설정방법을 통해 산출된 수질목표치 중에서 작은 값을 수질목표치로 설정한다(水生生物保全水質檢討會, 2002; 環境省, 2002a).

이러한 수질목표의 설정과 더불어 수생생물보전과 관련된 수질유해물질에 대해서는 환경기준 및 요감시항목으로 설정하여 환경관리시책 및 모니터링을 위한 토대를 마련하고 있다. 즉 설정된 수질목표치를 토대로 하여 대상물질을

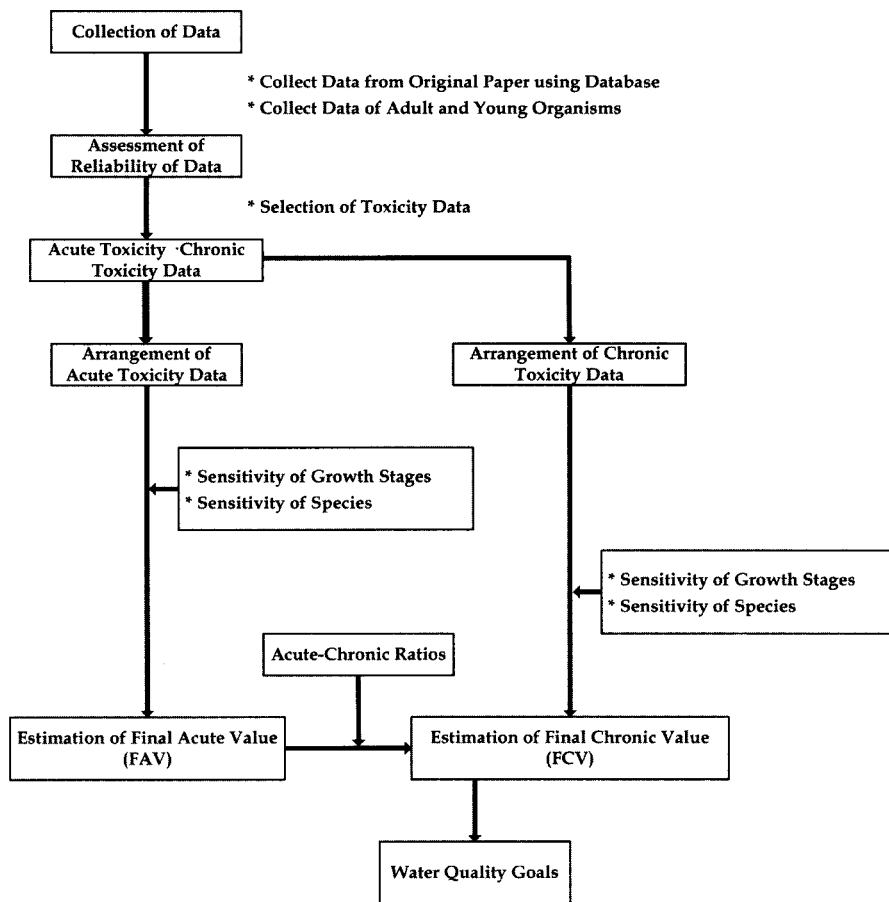


Fig. 2. Framework for deriving water quality goals for aquatic organisms in Japan(水生生物保全水質検討會, 2002; 環境省, 2002a).

환경기준 항목 및 요감시항목으로 설정할 것인지를 판단하게 된다.

일본에서 환경기준항목은 수환경의 오염을 통하여 인체 건강이나 생활환경에 영향을 미칠 우려가 있어 수질오염에 관한 정책을 종합적, 효과적으로 강구할 필요가 있는 물질로, 공공용수역에서 전국적으로 목표치를 초과하는 지점이 있거나 목표치에 근접한 수준이 될 가능성이 있는 물질이다. 또한 공공용수역에서의 검출상황(목표치의 초과 및 목표치의 10%를 초과)에서 볼 때, 현시점에서는 즉시 환경기준항목으로 설정하지는 않고, 지속적으로 환경 중의 검출상황에 관한 자료의 축적이 필요하다고 판단되는 물질을 요감시항목으로 설정하여 지속적으로 공공용수역의 수질측정을 실시하고 있다.

수질목표치를 판단근거로 한 수생생물보전에 관한 환경기준 및 요감시항목의 설정방법은 Fig. 4에 나타내었다. 이러한 수생생물보전에 관한 환경기준 설정과정을 통하여 아연(zinc), 아닐린(aniline), 카드뮴(cadmium), 클로로포름(chloroform), 2,4-디클로로페놀(2,4-dichlorophenol), 나프탈렌(naphthalene), 페놀(phenol), 포름알데히드(formaldehyde)의 8개 물질에 대한 수질목표치를 설정하였고, 수질목표치

와 검출상황 등을 고려하여 총아연(total zinc)를 환경기준항목으로 설정하고 수역별로 기준치를 설정하였다. 또한 클로로포름(chloroform), 페놀(phenol), 포름알데히드(formaldehyde)를 요감시항목으로 설정하고 지침치를 설정하였다(中央環境審議會水環境部會水生生物保全環境基準專門委員會, 2003)

#### 4. 결론

수질유해물질에 대한 국내의 최근의 관리현황과 수질환경기준의 설정체계를 통하여 국내 수질유해물질의 관리시 다음과 같은 점을 고려할 것을 제안하는 바이다.

- 수질유해물질의 효율적인 관리를 위해서는 먹는물 수질기준, 수질환경기준, 배출허용기준에서의 수질유해물질 항목 및 기준의 연관성이 필요하다.
- 수질유해물질에 대한 국내의 관리현황을 통하여 우리나라의 수질유해물질의 항목수가 미국, 일본, 유럽 등에 비하여 매우 적으며, 수질환경기준과 배출허용기준이 독립적으로 설정되어 운영되고 있는 것으로 파악되었다. 지표수를

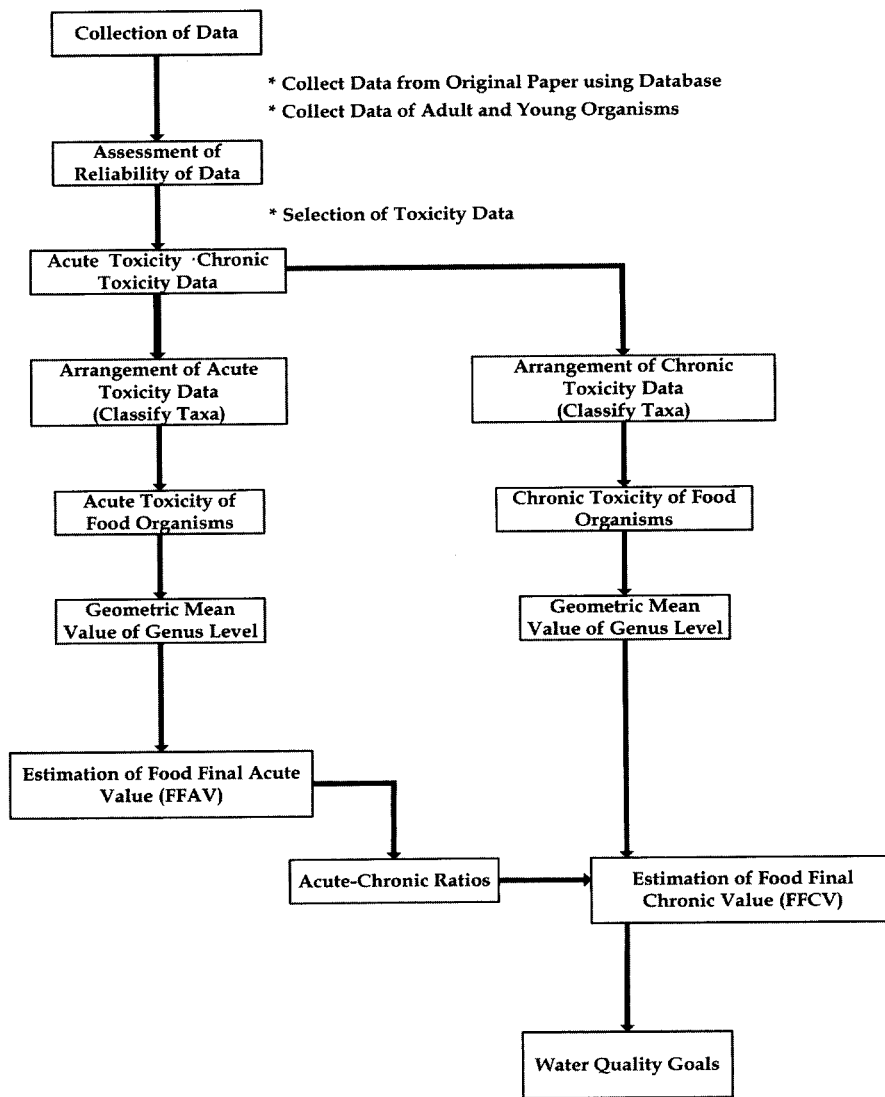


Fig. 3. Framework for deriving water quality goals for aquatic food organisms in Japan(水生生物保全水質検討會, 2002; 環境省, 2002a).

먹는물의 원수로 사용하는 우리나라의 경우, 수질유해물질은 배출원, 지표수계, 수생태계, 인간의 건강과 연관되어 있기 때문에 먹는물에서의 수질유해물질에 대한 관리를 위해서는 상수원인 지표수에서의 수질유해물질의 거동 파악 및 관리가 중요하다. 또한 지표수에서의 수질유해물질의 효율적인 관리를 위해서는 배출원의 배출규제가 중요하다고 볼 수 있다.

- 수질유해물질에 대한 수질환경기준의 설정시 인체건강 뿐만 아니라 수생태계도 함께 고려하여야 할 것으로 판단된다.

미국의 수질환경기준은 인체건강에 대한 기준과 해수 및 담수에서의 수생태계의 보전을 위한 최고농도와 연속농도를 함께 제시하고 있으며, 수생생물에 대한 기준의 설정시 급성독성, 만성독성, 식물에 대한 영향, 생물농축 등의 다

양한 자료를 활용한다. 또한 일본의 경우, 2001년 이후 수생생물에 대한 수질목표치의 설정을 통해, 수환경중에서 수질유해물질의 검출현황을 파악하여 수생생물에 대한 수질환경기준 및 요감시항목을 설정하였다.

- 수질유해물질에 대한 관리시 “위해도 감소”를 중심으로 한 접근방식이 필요할 것으로 판단된다.

미국의 경우, 인체건강에 대한 수질환경기준의 설정시 수질유해물질을 발암물질과 비발암물질로 나누어, 발암물질은 발암위해도를  $10^{-6}$ 으로 하는 농도를 기준으로 수질환경기준을 설정하며, 비발암물질은 RfD를 고려하여 설정하게 된다. 또한 일본의 경우, 인체건강에 대한 수질환경기준의 설정시 발암물질은 평생 동안의 위해도 증가를  $10^{-5}$  이내로 하는 것으로 하여 기준치를 설정하며, 비발암물질은 1일 노출량이 TDI(Tolerable Daily Intake)를 초과하지 않는 값

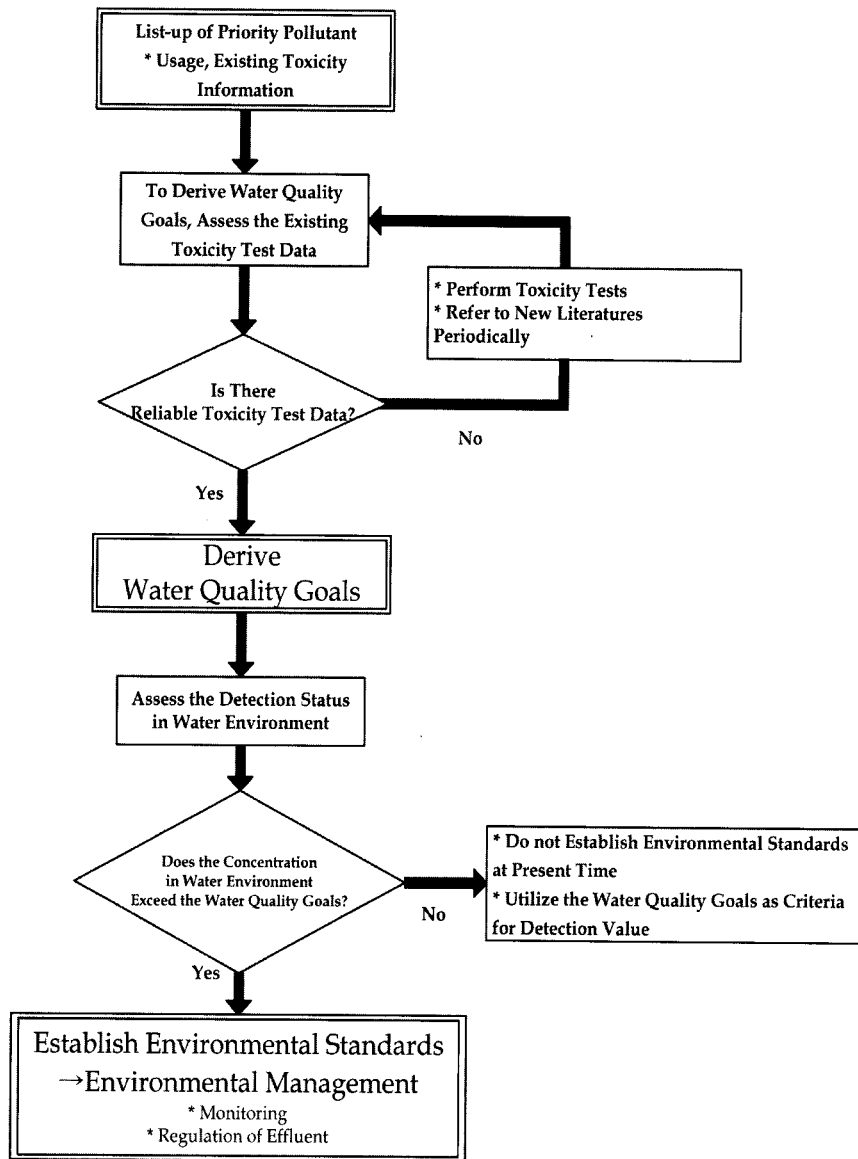


Fig. 4. Framework for deriving the water quality criteria for aquatic organisms in USA(環境省, 2003a).

을 기준으로 수질환경기준을 설정한다. 이처럼 인체건강에 대한 수질환경기준의 설정에는 위해도를 기준으로 한 접근 방식이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

한국환경정책·평가연구원, 수질환경 및 규제기준의 합리적 조정, KEI/1997/ RE-18, pp. 13-19 (1997).  
 환경부, 먹는물 수질감시항목 운영지침 및 시험방법 (2001).  
 환경부, 각국의 먹는물 수질기준 (2002a).  
 환경부, 화학물질배출량 조사결과(1999-2000) (2002b).  
 환경부, 2003년도 먹는물 수질관리지침 (2003a).  
 환경부, 수질환경보전법·시행령·시행규칙 (2003b).  
 환경부, 환경백서 2003 (2003c).

환경부, 2002년도 화학물질 배출량 조사결과 (2004).  
 水生生物保全水質檢討會, 「水生生物の保全に係る水質目標について」報告, 環境省 (2002).  
 中央環境審議, 「水質汚濁防止法に基づく排出水の排出、地下浸透水の浸透等の規制に係る項目追加等について」, 環境省 (2000).  
 中央環境審議會水環境部會水生生物保全環境基準専門委員會, 水生生物の保全に係る水質環境基準の設定について(第一次報告(案)), 環境省 (2003).  
 環境省, 「水環境保全に向けた取組のための要調査項目リスト」について (1998).  
 環境省, 水生生物保全に係る水質目標の検討について (2000).  
 環境省, 目標値設定の手順, 環境省 中央環境審議會水環境部會水生生物保全環境基準専門委員會(第1回) 配付資料 (2002a).  
 環境省, 水質汚濁防止法, 施行令, 施行規則, 排水基準を定め



- る省令, 環境省, pp. 1511-1590 (2002b).
- 環境省, 水生生物保全環境基準設定までの流れ, 環境省 中央環境審議會水環境部會 水生生物保全環境基準専門委員會 (第6回) 參考資料14 (2003a).
- 環境省, 化學物質に係る環境基準値の導出方法, 環境省 中央環境審議會水環境部會 環境基準健康項目専門委員會(第2回) (2003b).
- 環境省, 水質汚濁に係る人の健康の保護に關する環境基準等の施行等について, 環境省環境管理局水環境部 (2004).
- Pontius, F. W., *Drinking Water Regulation and Health*, John Wiley & Sons, New York, pp. 583-619 (2003).
- Sell, N. J., *Industrial Pollution Control-Issues and Techniques*, Von Nostrand Reinhold, New York, pp. 26-37 (1992).
- USEPA, *Methodology for Deriving Ambient Water Quality Criteria for the Protection of Human Health(2000)-Technical Support Document, Volume 1 : Risk Assessment*, EPA-822-B-00-005 (2000).
- USEPA, *EPA's Regulated Contaminant Timeline*, USEPA (2001).
- USEPA, *A Strategy for National Clean Water Industrial Regulations-Effluent Limitations Guidelines, Pretreatment Standards, and New Source Performance Standards(Draft)*, EPA-821-R-02-025 (2002a).
- USEPA, *Effluent Guidelines Program Plan for 2002/2003*, EPA821-F-02-017 (2002b).
- USEPA, *National Recommended Water Quality Criteria-2002*, EPA-822-R-02-047 (2002c).
- USEPA, *Draft Strategy: Proposed Revisions to the "Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses."* USEPA (2003).
- WHO and UNCF, *Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report*, New York (2000).