수질환경기준 개선방안

2000.4

환 경 부

제1장 서 론

1-1. 연구의 필요성과 목적

우리나라는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 수환경을 조성하기 위하여, 수질환경기준이라는 수질관리목표를 설정하고 이 목표를 달성하기 위한 수질규제기준을 운영하고 있다. 수질환경기준은 인간의 건강과 생활환경의 보전을 목적으로 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 환경정책기본법에 의해 규정되어 있고, 수질환경기준을 달성하기 위한 규제기준으로서는 배출허용기준과 방류수 수질기준이 수질환경보전법과 오수, 분뇨 축산폐수처리에 관한 법률 등에 의해 설정되게 된다. 이와 같은 수질관련 환경기준은 그 나라의 수자원 여건, 경제 수준, 산업 수준, 국민 욕구 등에 따라 항목과 기준을 달리하고 있으며, 여건변화에 따라 적정하게 보완되어야 한다. 최근 들어 다양한 화학물질이 이용되고 이들이 수 생태계와 인체에 미치는 영향이 속속 밝혀짐에 따라 대부분의 선진국에서는 이러한 추세를 반영해 수질 관련기준을 지속·계획적으로 보완하고 있다.

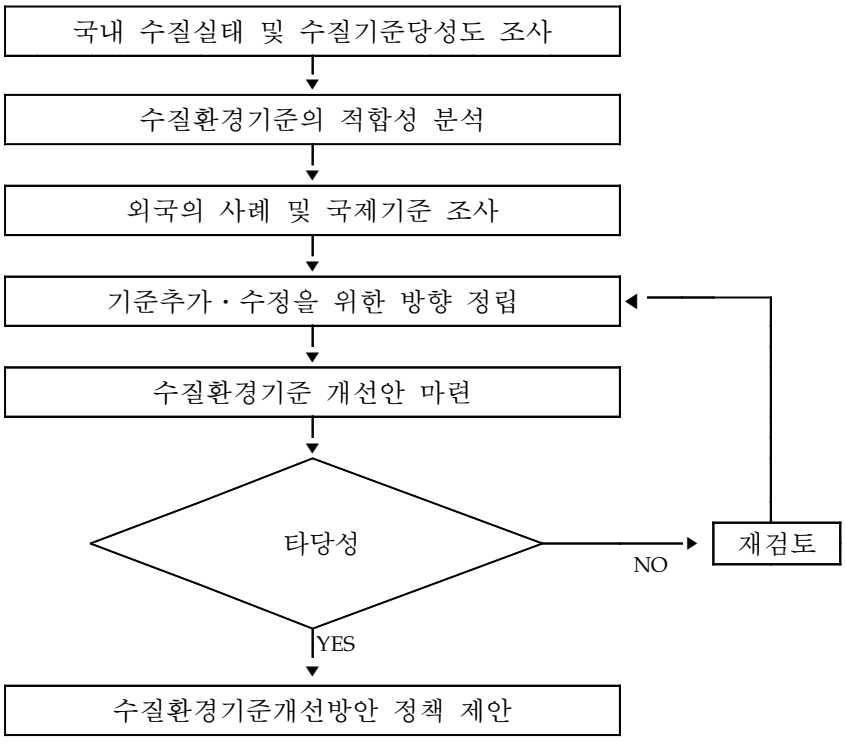
우리나라의 수질환경기준은 1978년 환경보전법 제정이후 몇 차례에 걸쳐 보완하여 적용하고 있으나, 환경에 배출되는 오염물질은 산업구조의 변화와 제조공정의 다변화로 중금속과 유독성 등 신물질사용이 급증하고 그 성상 역시 다양화되고 있어 이를 재검토하고 보완하여야 할 단계에 있다. 현재 우리나라의 수질환경기준은 수질환경기준의 등급구분이 현실을 반영하지 못하고 있으며, 항목수도 선진국에 비해 작아 고려하지 못하는 물질이도 있으며, 일부 항목은 기준이 완화되어 있는 경우도 있다. 또 일부 항목은 우리나라의 수자원 특성을 반영하지 못하고, 규제기준과 수질환경기준과의 연계성도 부족한 상황이다. 특히 최근에 대두되고 있는 내분비계장애물질(Endocrine Disruptors, 일명 환경호르몬)은 새로운 화학물질의 잠재적 유해성이 부각되고 있는 등 현 우리나라 수질환경기준의 검토가 필요한 시점에 와있다.

수질환경기준은 당해 국가의 수질실태를 반영하고 이수목적에 적합한 수질을 제공하기 위하여 필요한 기준이므로 당해 국가의 사회, 경제, 자연적 특성을 최대한 반영하여 설정하여야 한다. 그리고 수질환경기준은 공공수역의 수질이 물리적, 화학적, 생물학적으로 국민의 용수이용 뿐만 아니라 자연생태계의 건강성을 유지할 수 있도록 하는 주요 지표로서의 역할을 하여야 한다. 따라서 현재설정되어 있는 수질환경기준의 설정당시 수환경 여건과 현재의 변화된 여건을 분석함과 동시에 선진국의 수질관리체계와 수준 등을 조사·검토하여 우리나라의 변화된 수환경 여건을 반영하도록 수질환경기준의 재검토할 필요가 있다. 본 과제에서는 변화하는 수질오염물질 배출에 대한 능동적인 대처 및 우리나라의 수자원여건, 오염물질 배출실태, 처리능력 및 선진수준 등을 고려한 수질환경기준 개선방향을 제시하고자 한다.

1-2. 연구범위 및 방법

본 연구는 수질환경기준의 구체적인 항목에 대한 위해성 실험 등을 통해 각 항목별 기준을 설정하는 것이 아니고, 우리나라의 수질실태와 이때까지 국내 및 국외에서 수행되었던 각 수질항목에 대한 조사 및 위해성 분석결과를 토대로 우리나라에 적합한 수질환경기준의 조정방안을 도출하는데 있다. 수질환경기준은 하천, 호소, 해역(이상 환경정책기본법)과 지하수(지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제6조)에 설정되어 있으나 본 연구에서는 하천과 호소에 대한 것만 다루고자 한다. 이를 위해 우선 전국 주요하천과 호수의 환경기준 달성도 조사 등을 통해 우리나라의 수환경여건 분석과 국내외의 주요 수질오염물질별 위해성 평가 등의 자료를 통해 기존 수질환경기준의 적합성을 검토하였다. 그리고 미국 및 유럽 국가와 일본, 태국 등 아시아국가, UN, WHO 등 국제기구의 기준과 비교하여 기준 보완방안 등 수질환경기준 개선방안을 모색하는 방향으로 추진하였다.

구체적인 연구 추진방법으로는 문헌조사를 통해 수질관련 기준의 변천사항에 대해 조사하였고, 국내외 오염물질별 환경오염영향자료를 이용해 현재 설정된 주요항목별 타당성을 검토하였다. 일반적인 문헌 조사와 더불어 국내외 오염물질의 환경 노출량과 인체영향에 대한 자료를 참고하여 기존항목의 보완방안과 추가할 신규대상항목을 선정하였다. 특히 수질환경기준의 문제점과 개선방안 도출의 객관성과 합리성을 위해 학계, 연구계, 관계, 업계의 각 전문가들로 구성된 연구회를 운영하여 각 방안에 대한 기본골격을 도출하였다.



<그림 Ⅰ-1> 연구추진 방법

제2장 우리나라의 수질환경기준 현황 및 달성도

2-1. 수질환경기준의 의의

환경정책기본법 제10조 제1항은 「정부는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며 환경여건변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다」로 규정하고 있다. 이는 환경기준이 건전한 수생태계를 유지하고 이수목적에 적합한 수질을 유지확보하기 위한 정책목표임을 분명히 하고 있으며 수질환경기준은 이 규정에 기초하여 수질오염에 대해 인간의 건강보호, 생활환경을 보전하고 유지하는데 바람직한 기준으로 설정되어야 한다. 수질환경기준은 나라별로 각기 다른 개념, 명칭, 목적으로 설정되고 있는데, 미국, 유럽연합과 같이 법적으로 강한 구속력을 갖고 있는 국가가 있는 반면 우리나라는 구속력은 약하거나 아주 없으며 단지 행정적 목표의 의미만을 갖고 있다. 그러나 다음과 같이 행정상의 정책목표뿐만 아니라 미래지향적 정책목표 및 간접적 규제기준으로 포괄적으로 이용되고 있다.

가. 행정상의 정책목표

수질환경기준은 국가, 지방공공단체 등이 공해방지에 관한 시책을 강구할 때 목표가 되는 것이다. 환경정책기본법에서는 수질환경기준을 「국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경 조성을 위한 기준」으로 규정하여 행정상 정책목표임을 분명히 하고 있다. 그러나, 수질환경기준은 단순히 이상적인 vision만을 제시하는 것이 아니라 「정부는 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다」로 규정함으로서 수질환경기준의 적정성 유지를 위해서 방류수 및 배출수 규제, 토지이용규제, 환경영향평가 실시, 하수도 정비, 수질감시체제 확립 등, 각종 시책을 추진하는 근거가 되고 있다. 이와 같이 수질환경기준은 허용한도까지는 수인한도라는 성격이 아니고, 보다 적극적으로 유지시키는 것이 바람직한 기준으로서 행정적인 목표로서의 성격을 가진다.

나. 미래지향적 정책목표

수질환경기준이 「국민의 건강과 쾌적한 환경을 조성하기 위한 기준」으로서 이는 사후대처형이 아니라, 정책목표로서 적극적이고 미래지향형의 성격을 가지고 있다. 수질환경기준을 최대허용한도로서 설정하는 것은 아니지만 그 한도까지는 오염하지 않는 것으로 하고, 그 한도를 넘지 않는다면 직접적으로 건강 등에 큰 영향을 미치지 않는 성향을 가진다. 수질환경기준은 인간의 건강 등의 유지를 위한 최저한도로서가 아니라, 그 이상의 목표를 도모하는 것으로서 보다 적극적인 성격을 가지고 있으며, 오염이 현재 진행되고 있지 않는 지역에 대

해서는 미래에도 현재의 상황보다 악화하지 않도록 수질환경기준을 유지토록하는 미래지향적인 정책목표로서 성격도 가지고 있다.

다. 간접적 규제역할

수질환경기준은 행정상의 목표로서 환경기준이 달성되지 않는 경우에도 담당기관이 법률적으로 책임이 직접 문제가 되는 것은 아니다. 즉, 수질환경기준자체는 직접 국민의 구체적인 권리의무를 정하는 법규로서의 성격은 가지지 않는다. 따라서, 수질환경기준은 공장, 사업장 등의 배출(방류)규제의 기준이 되는 것은 아니고, 이 기준을 초과하여 배출을 행하는 자에 대한 직접적 행정조치, 벌칙 등의 법적 규제가 가해지는 것도 아니다. 그러나, 환경기준을 달성하지 못했다고 하는 것은 방류수 규제 등을 포함한 각종 시책이 불충분함을 나타내는 것으로 앞으로 그 기준을 넘지 않도록 배출수기준의 강화, 발생원의 입지규제, 사용원료의 규제 등 각종 시책이 국가와 지방공공단체에 의해 실시되도록 하여, 간접적으로 규제의 역할을 부과하는 역할도 한다.

2-2. 수질관련 환경기준의 변천

1. 공해방지법(1963～1977)

우리나라의 수질기준은 1963년에 공해방지법이 제정되면서 오늘날의 수질규제기준으로서의 의미를 가지는 공해안전기준만 제정되었다. 공해안전기준은 “공장 또는 사업장 폐액의 기준(pH, BOD, 대장균, 시안, 비소 등 21개 물질)”, “하수처리장 방류수의 수질기준(처리방법에 따라 pH, BOD, SS, 대장균 등 4개 물질)”, “공장 또는 사업장 폐수의 수질기준(공공하수에 유입되는 일반적인 경우로서 온도, pH, BOD 등 7개 항목; 공공하수로 유입되어 공공하수에 영향을 끼치는 경우로서, 온도, pH, BOD, 시안 등 총 9개 항목)” 등으로 구성되어 있으며 주로 하·폐수 및 폐액의 방류수기준이었다. 따라서 공해방지법 시기에는 하천과 호소에 대한 수질환경기준은 제정되지 않았다.

2. 환경보전법(1977～1991)

1970년대 이후 본격적인 중화학공업 위주의 국가정책추진으로 대기, 수질, 토양 등 전반적인 환경오염이 문제로 대두되자 정부는 이와 같은 각종 환경오염으로 인한 국민의 보건위생상의 위해를 방지하고 환경의 보전을 위해 환경보전법(1977년 12월 31일)을 제정하였다. 환경보전법 제4조에는 쾌적한 환경을 보전하고 환경오염으로부터 국민의 건강을 보호하기 위

해 환경기준을 설정토록 하였고, 법 제14조에서는 배출시설에서 발생하는 오염물질의 배출허용기준을 설정토록 하였다.

수질환경기준은 인체건강에 관한 기준과 생활환경의 보전에 관한 기준으로 분류하여 설정되었고 생활환경 항목의 경우, 1978년 법제정시에는 하천과 호소는 갑, 을, 병, 정의 4개 수역으로 공통 구분하여 pH, BOD, DO, 대장균의 4개 항목으로 하였고 해역은 수역 구분 없이 pH, COD, DO, 대장균의 4개 항목으로 하였다. 사람의 건강보호에 대해서는 총수은, 알킬수은 등 9개 항목으로 하였다. 이후 1980년대 후반에 시행규칙을 개정하여 하천과 호소를 분리하여 해역과 함께 3가지 수역으로 구분하였다. 하천의 경우 생활환경항목은 전국의 하천 115개 구역을 5등급으로 나누어 pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균 등 6개 항목을 채택하였고, 사람의 건강보호를 위해 카드뮴, 비소 등 8개 항목은 전 구역에 동일하게 적용하였다.

3. 수질환경보전법(1991～현재)

환경문제가 보다 복잡다단해지자, 1991년 정부는 종래의 단일법체계인 환경보전법을 체계화하여 환경정책기본법 등 총 11개 법안으로 분법화하였다. 이에 따라 국가환경기준설정에 대한 사항은 환경정책기본법으로, 배출허용기준 등에 관한 사항은 각 개별법(수질의 경우 수질환경보전법과 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률)으로 체계화되었다.

2-3. 수질환경기준 현황

우리나라는 현행 수질환경기준은 환경정책기본법 제10조, 동법 시행령 제2조 <별표 1>에 수역별, 항목별로 하천, 호소, 지하수, 해역으로 나누어 그 기준을 제시하고 있다. 하천, 호소의 수질환경기준은 “생활환경” 항목과 “사람의 건강보호” 항목으로 구성되어 있으며, “이용목적별 적용대상”에 따라 생활환경기준을 등급별로 하천·호소에 5개 등급(Ⅰ～Ⅴ), 해역에 3개 등급(Ⅰ～Ⅲ)으로 구분하여 각각 기준을 차등 설정하여 관리하고 있다. 지하수의 경우는 생활용수, 농업용수, 공업용수로 구분되어 있다.

현행 환경정책기본법에 의한 하천의 수질환경기준 항목은 pH, 생화학적 산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 용존산소(DO) 대장균수 등 생활환경항목 5개 및 카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 납(Pb), 크롬(Cr), PCB, 음이온계면활성제(ABS) 등 사람의 건강보호항목 9개 등 총 14개 항목으로 구성되어 있으며, 호소의 수질환경기준은 하천의 생활환경 항목에 BOD 항목 대신 화학적 산소요구량(COD) 항목이 들어가고 총질소(T-N), 총인(T-P) 항목이 추가되어 7개 및 사람의 건강보호 항목 9개 등 총 16개 항목으로 구성되어 있다. 지하수 수질환경기준은 3가지 용수로 이용목적을 구분하고 있고 일반오염물질 5항목, 특정유해물질 10항목으로 구성되어 있으며 <표 Ⅱ-1>에서 <표 Ⅱ-4>와 같다.

<표 II-1> 하천수 수질환경기준

구 분	등급	이용목적별 적 용 대 상	기준				
			pH	BOD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균군수 (MPN/100㎖)
생활환경	Ⅰ	상수원수1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
	Ⅱ	상수원수2급 수산용수1급 수 영 용 수	6.5~8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하
	Ⅲ	상수원수3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하
	Ⅳ	공업용수2급 농 업 용 수	6.0~8.5	8이하	100이하	2이상	-
	Ⅴ	공업용수3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기등이 떠있지 아니할것	2이상	-
사람의 건강 보호	전수역	카드뮴(Cd) : 0.01㎎/L 이하, 비소(As) : 0.05㎎/L, 시안(CN) : 검출되어서는 안됨, 수은(Hg) : 검출되어서는 안됨, 유기인 : 검출되어서는 안됨, 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨, 납(Pb) : 0.1㎎/L이하, 6가크롬(Cr^{+6}) : 0.05㎎/L이하, 음이온계면활성제(ABS) : 0.5㎎/L 이하					

※ 1. 수산용수 1급 : 빈부수성수역의 수산생물용; 2. 수산용수 2급 : 중부수성수역의 수산생물용
3. 자연환경보전 : 자연경관등의 환경보전; 4. 상수원수 1급 : 여과등에 의한 간이정수처리후 사용
5. 상수원수 2급 : 침전여과등에 의한 일반적 정수처리후 사용; 6. 상수원수 3급 : 전처리등을 거친 고도의 정수처리후 사용
7. 공업용수 1급 : 침전등에 의한 통상의 정수처리후 사용; 8. 공업용수 2급 : 약품처리등 고도의 정수처리후 사용
9. 공업용수 3급 : 특수한 정수처리후 사용; 10. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도

호소의 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도 비율이 7미만일 경우에는 총인의 기준은 적용하지 아니하며, 그 비율이 16이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다. 수산용수 1급이라 함은 빈부수성수역의 수산생물용, 수산용수 2급은 중부수성수역의 수산생물용을 말하고, 자연환경보전용은 자연경관 등의 환경보전을 위한 용수를 뜻한다.

<표 II-2> 호소수 수질환경기준

구 분	등급	이용목적별 적 용 대 상	기준						
			pH	COD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균군수 (MPN/100㎖)	T-P (㎎/L)	T-N (㎎/L)
생활환경	Ⅰ	상수원수1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	1이하	7.5이상	50이하	0.010 이하	0.200 이하
	Ⅱ	상수원수2급 수산용수1급 수 영 용 수	6.5~8.5	3이하	5이하	5이상	1,000이하	0.030 이하	0.400 이하
	Ⅲ	상수원수3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5~8.5	6이하	15이하	5이상	5,000이하	0.050 이하	0.600 이하
	Ⅳ	공업용수2급 농 업 용 수	6.0~8.5	8이하	15이하	2이상	-	0.100 이하	1.0이하
	Ⅴ	공업용수3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기등이 떠 있지 아니할것	2이상	-	0.150 이하	1.5이하
사람의 건강 보호	전수역	카드뮴(Cd) : 0.01 ㎎/L 이하, 비소(As) : 0.05 ㎎/L, 시안(CN) : 검출되어서는 안됨, 수은(Hg) : 검출되어서는 안됨, 유기인 : 검출되어서는 안됨, 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨, 납(Pb) : 0.1 ㎎/L이하, 6가크롬(Cr^{+6}) : 0.05㎎/L이하, 음이온계면활성제(ABS) : 0.5㎎/L 이하							

※ 1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7미만일 경우에는 총인의 기준은 적용하지 아니하며 그 비율이 16이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.
2. 수산용수 1급 : 빈부수성수역의 수산생물용; 3. 수산용수 2급 : 중부수성수역의 수산생물용
4. 자연환경보전 : 자연경관 등의 환경보전; 5. 상수원수 1급 : 여과 등에 의한 간이정수처리후 사용
6. 상수원수 2급 : 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리후 사용; 7. 상수원수 3급 : 전처리 등을 거친 고도의 정수처리후 사용
8. 공업용수 1급 : 침전 등에 의한 통상의 정수처리후 사용; 9. 공업용수 2급 : 약품처리 등 고도의 정수처리후 사용
10. 공업용수 3급 : 특수한 정수처리후 사용; 11. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도

<표 II-3> 해역 수질환경기준

등급	기준								
	pH	COD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균군수 (MPN/100㎖)	노말핵산추출물질(유분) (㎎/L)	T-N (㎎/L)	T-P (㎎/L)	무기물질 등 (㎎/L)
Ⅰ	7.8~8.3	1이하	10이하	포화율 95이상	200이하	검출되어서는 안됨	0.05 이하	0.007 이하	6가크롬(Cr^{6+}): 0.05이하, 비소(As): 0.05이하, 카드뮴(Cd): 0.01이하, 연(Pb): 0.1이하, 아연(Zn): 0.1이하, 구리(Cu): 0.02이하, 시안(CN)·유기인·수은(Hg)·포리크로리네이티드비페닐(PCB): 검출되어서는 안됨
Ⅱ	6.5~8.5	2이하	25이하	포화율 85이상	1,000이하	검출되어서는 안됨	0.1 이하	0.015 이하	
Ⅲ	6.5~8.5	4이하	-	포화율 80이상	-		0.2 이하	0.03 이하	

비고 : 1. DO를 농도로 표시하는 경우에는 등급Ⅰ은 6㎎/L, 등급Ⅱ와 등급Ⅲ은 5㎎/L 이상이어야 한다.
2. 등급Ⅰ은 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질을 말한다.
3. 등급Ⅱ은 해수욕 등 해양에서의 관광 및 여가선용과 등급Ⅰ외의 수산생물에 적합한 수질을 말한다.
4. 등급Ⅲ은 공업용수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.
5. 총질소는 NO_2-N, NO_3-N, NH_3-N의 합계를 말한다.
6. 총인은 PO_4-p의 형태를 말한다.

<표 II-4> 지하수 수질환경기준 (단위:㎎/L)

항목 \ 이용목적별		생활용수	농업용수	공업용수
일반 오염 물질 (5개)	수소이온농도(pH)	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
	화학적산소요구량(COD)	6이하	8이하	10이하
	대장균군수	5,000이하(MPN/100㎖/)	-	-
	질산성질소	20이하	20이하	40이하
	염소이온	250이하	250이하	500이하
특정 유해 물질 (10개)	카드뮴	0.01이하	0.01이하	0.02이하
	비소	0.05이하	0.05이하	0.1이하
	시안	불검출	불검출	0.2이하
	수은	불검출	불검출	불검출
	유기인	불검출	불검출	0.2이하
	페놀	0.005이하	0.005이하	0.01이하
	납	0.1이하	0.1이하	0.2이하
	6가크롬	0.05이하	0.05이하	0.1이하
	트리클로로에틸렌	0.03이하	0.03이하	0.06이하
	테트라클로로에틸렌	0.01이하	0.01이하	0.02이하

비고 : 1. 생활용수 : 가정용 및 가정용에 준하는 목적으로 이용되는 경우로서 음용수·농업용수·공업용수 이외의 모든 용수를 포함한다.
2. 농업용수 : 농작물의 재배·경작 목적으로 이용되는 경우에 한한다.
3. 공업용수 : 수질환경보전법 제2조제5호의 규정에 의한 폐수배출시설을 설치한 사업장에서 사업활동 목적으로 이용되는 경우에 한한다.
4. 지하수의 이용목적상 염소이온의 농도가 인체에 해가 되지 아니하는 것으로 환경부장관이 인정하는 용도로 지하수를 이용하는 경우 염소이온의 기준을 적용하지 아니한다.
※ 공통사항 : 농업용수·공업용수일지라도 생활용수의 목적으로도 함께 이용되는 경우에는 생활용수 기준을 적용한다.

자료 : 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제6조

우리나라의 수질환경기준은 일본의 수질기준과 비슷한 형태로, 수질 평가시에는 하천의 경우 BOD, 호소의 경우 COD 한 항목만 가지고 하천이나 호소의 전체 수질실태를 대표적으로 표시하고 있다. 수질기준에 제시된 항목은 가장 보편적으로 수질실태 파악에 이용되고 있으며 하천과 호소의 수질측정 항목에도 포함되어 있다.

한편, 하천 및 호소의 수질환경기준 달성을 위해 주변의 오염원 분포·지형·수리현황·수역의 동질성 등을 고려하여 전국 195개 주요하천 구간과 40개 주요 호소를 대상으로 수질목표등급과 목표달성기간을 설정하고, 수질관리 목표로 삼아 관리하고 있다. 이에 따른 하천 및 호소 수질환경기준의 달성여부를 판단하기 위하여 수질측정망을 운영하고 있으며, 측정망 운영의 목적은 전국 하천 및 호소 등 수질보전대상 공공수역에 대한 수질현황을 종합적으로 파악하여 수질변화 추세를 분석하고, 이미 집행된 주요정책 사업의 효과를 분석하며, 장래 수질보전정책수립을 위한 기초자료를 확보하려는 데 있다.

<표 II-5> 우리나라 수질환경기준의 변천과정

공해방지법 (1963)	환경보전법 (1978)	수질환경보전법 (1991->현재)
-	전반기 ○생활환경(수질) (하천과 호소 : 갑수역 - 정수역) - 상수원수1급, 2급, 3급, 공업용수, 농업용수, 수영용수 - pH, BOD, DO, 대장균 (해역) - 수산용수, 공업용수 - pH, COD, DO, 대장균 ○사람의 건강보호 - 전수역 - Cd, CN, 유기인, Pb, Cr(VI), As, 총수은, 알킬수은, P.C.B. 등 9개항목	전반기 ○생활환경 (하천) 5개항목(COD 제외) - 1등급 - 5등급 구분 - pH, BOD SS, DO, 대장균 (호소) 5개지역 - 1등급 - 5등급 구분 - BOD를 COD로 교체한 7개항목 ○건강보호 : 8개항목 - 음이온 계면활성제(ABS)추가로 9개항목
	후반기 ○생활환경 (하천) 6개항목 - 1등급 - 5등급 구분 - pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균 (호소) 5개지역 - 1등급 : 5등급 구분 - pH, BOD SS, DO, 대장균, 총인, 총질소 등 7개항목 (해역) ○건강보호 : 8개항목 - 총수은과 알킬수은을 합해 수은으로 통일)	후반기 ○상동

2-4. 주요 수질오염원의 배출과 관리 실태

1. 주요 수질오염원별 오염원 배출

가. 생활오수

인구증가 및 국민생활 수준의 향상과 더불어 오수발생량도 매년 증가하고 있으며, 1997년 말 현재 전국의 생활오수발생량은 약 16,273 천㎥/일에 이르고 있다. 오수발생량은 상수급수량과 밀접한 관계가 있으며, 주요 오염원은 일반가정, 숙박업, 식품접객업, 목욕탕업, 공장 등으로 수세식화장실, 목욕탕, 세면장, 주방 등에서 주로 발생되고 있다. 주요 오염물질은 유기물질, 부유물질 및 영양염류 등이며, 오수의 수질상태는 생활수준과 밀접한 관계가 있다. 분뇨의 발생은 인구증가와 함께 계속 증가하고 있는데, 우리나라 분뇨발생량을 보면 1987년 42,272㎥/일이던 것이 1997년에는 46,872㎥/일로 최근 10년간 연평균 약 1% 정도가 증가한 것으로 나타나고 있다. 한편 분뇨처리과정을 보면 수세식화장실이 설치된 가정 산업체 등에서 발생되는 분뇨는 각 가정과 산업체 내에 설치된 단독 정화조 또는 오수처리시설에서 처리하고, 청소과정에서 발생되는 오니는 이를 다시 수거하여 분뇨처리시설 등에서 최종처리하며, 수세식이 아닌 재래식화장실이 설치된 지역에서 발생되는 분뇨는 수거하여 분뇨처리시설 등에서 최종 처리된다.

나. 산업폐수

1998년 전국 폐수배출업소 조사결과에 따르면 전국 37,621개소의 폐수배출사업장에서 공공수역으로 배출되는 폐수방류량은 하루 2,614천㎥이며, 이를 BOD(COD)농도를 고려한 유기물질 부하량으로 산출하면 하루 97,257㎏의 유기물질을 공공수역에 배출하는 것으로 나타난다. 수계별로 구분하여 폐수방류량 및 유기물질 분포현황을 살펴보면 우리나라의 폐수배출업소는 일정지역에 특정업종의 배출업소가 편중되어 있음을 알 수 있다. 수계별 폐수방류량 및 유기물질부하량의 순위를 비교해 보면 낙동강수계의 폐수방류량 및 유기물질부하량이 높게 나타나는데, 이는 이 지역에 폐수다량 배출업종인 섬유, 산업화학 등의 업체가 밀집되어 있기 때문이다.

다. 축산폐수

축산폐수발생량은 경제성장과 더불어 축산물의 수요가 증가함에 따라 가축사육두수와 함께 증가하는 추세이며, 1997년말 기준 약 51만 축산농가에서 소·돼지 1,038만 마리를 사육하여 1일 약 200천톤의 축산폐수를 배출하고 있다. 이는 1990년과 비교하여 WTO체제에 따른 축산물 수입개방(돼지고기 1997년 7월, 쇠고기 2001년 1월) 등 축산환경의 변화에 따라 농가수(79만호)는 약 35% 감소한 반면, 사육두수(665만두)는 56%가 증가하여 단위축산농가별 사

육규모가 점점 대형화되고 있는 추세이나, 향후 총 사육두수의 증가율은 과거보다 둔화될 전망이다. 축산폐수는 오염부하량이 폐수발생량에 비해 크기 때문에 적정 처리하지 않고 공공수역으로 방류하게 되면 하천의 수질악화 및 호수의 부영양화를 초래할 뿐만 아니라 악취 및 해충피해 등으로 쾌적한 생활환경을 해치는 요인이 된다.

2. 전국 하·폐수처리장의 처리현황 및 유지관리

오염물질 배출은 일반적으로 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등으로 크게 구분할 수 있다. 1998년 말 우리나라에서 발생되는 오·폐수는 하루 20,541천톤에 이른다. 이중 인구에 의한 생활하수 발생량은 16,273천톤으로 79.2%를 차지하고 있고 산업폐수는 주로 제품제조, 세척 등 제조업시설에서 배출되는 것으로 37,621개소에서 하루 4,068천톤의 폐수가 발생한다. 축산폐수는 소, 돼지 등 가축사육과정에서 발생되는 축산분뇨를 말하는데 하루 200천톤에 이른다. 오염물질의 처리는 생활하수의 경우 시가화된 지역은 주로 하수종말처리장을 설치하여 처리하고 있으며, 농어촌지역은 개별건축물별로 오수처리시설을 설치하여 법령이 정하는 기준에 따라 처리된다. 산업폐수의 경우도 산업단지 지역은 주로 산업폐수종말처리시설을 설치하여 처리하고 있으며, 그 외의 개별공장의 경우는 자체적인 오염방지시설을 설치하여 법령이 정한 배출기준에 맞게 처리하도록 하고 있다. 축산폐수의 경우 대규모 축산농가는 자체적인 정화시설을 갖추도록 하고, 소규모농가에 대해서는 축산폐수공공처리시설을 설치하여 수거·처리하는 방식을 택하고 있다. 이 외에도 축산폐수는 질소·인 성분이 많아 농경지에 퇴비로 사용되는 경우가 많다.

전국의 하·폐수처리장의 처리현황은 하수처리장 114개소, 분뇨처리장 183개소, 폐수종말처리장 118개소 등 총 456개소의 처리장에서 17,356천톤의 시설용량을 보유하고, 하수의 경우 하수처리장에서 하루 13,995천톤을 처리하여 처리율이 65%에 달한다. 하수종말처리장의 98년 유지관리 상황은 유입수질이 BOD 평균 96.6 mg/l이고 방류수질은 13.7 mg/l로서 방류수 수질기준에 적합하게 처리되고 있으며, 산업폐수의 경우도 대부분 폐수배출허용기준에 적합하도록 관리되고 있다

<표 II-6> 환경기초시설 운영현황

구 분	개소수 (개소)	시설용량 (천㎥/일)	비 고
계	456	17,355.9	
하 수 처 리 장	114	16,618	하수처리율 65%(추정)
분 뇨 처 리 장	183	28	분뇨수거율 98%
간이오수처리장	13	3.8	특별대책지역내 설치
폐수종말처리시설	118	702	공단 31, 농공단지 88
축산폐수처리시설	10	2.8	
간이축산폐수처리시설	18	1.3	특별대책지역내 설치

자료 : 환경부, 환경백서, 1999

<표 II-7> 하수 종말처리시설 운영 상황(1999)

구 분	시설용량 (천톤/일)	유입수질 (㎎/ℓ)	유입부하량 (톤/일)	방 류	
				수질(㎎/ℓ)	제거량(톤/일)
설 계(A)	15,243.55	142.1	2,166.4	19.63	1,867.2
운 영(B)	13,995.12	96.6	1,352.0	13.73	1,159.8
효율(B/A, %)	91.8	68.0	62.4	-	62.1

자료 : 환경부, 상하수도국 내부자료, 2000

하수 종말처리장 운영에 있어서 일부 BOD가 초과하는 경우도 있으며, 이의 원인은 일시적 유입수 변동 및 운전 미숙 등이 주요 원인으로 파악되고 있다.

<표 II-8> 하수 종말처리장 초과현황(1999)

처리장 16개소	기준초과 항목	초 과 원 인
전 주	BOD	최종침전지 웨어청소로 이물질 일시적 방류
순천공단	BOD	기온상승에 따른 폭기조내의 산소결핍으로 미생물 활성화 곤란
삼 승	SS	방류조 부유물질 퇴적
난 지	BOD	정화조 상등수 과다유입으로 BOD상승
인천공촌	BOD	유입수량 순간 과다에 따른 처리시설 운전대처미흡
구 리	BOD	운전관리 미숙
구 례	BOD	슬러지 탈수설비 이상로 폭기조내 용존산소 증가
옥천동이	BOD, SS	강우로 유입수농도가 낮아 포기조 미생물활성 저하
장호원	T-N	순간적인 축산, 분뇨폐수 과다유입
인천승기	BOD	유입수질변동으로 일시적 수질상승
용 인	BOD	고농도 축산폐수 유입으로 오염부하량 증가
노 현	SS	유입량증가로 시설용량 부족
온 산	T-N	주변폐수배출업소의 질소과다 유입
제 천	BOD	유입하수량 증가로 침전농축효율 저하
충북문의	BOD	하수유입량 균등 유지곤란
통 복	BOD	처리장슬러지 운반차량이 원활하지 못하여 반송수 과다

자료 : 환경부, 상하수도국 내부자료, 2000

2-5. 우리나라의 수질환경기준 달성도

1. 수역별 환경기준 적용등급 및 달성기간

수역구간별 목표수질은 수질환경보전법에 근거하여 환경부 고시 제91-35호로 설정되어 있으며 전국 195개 주요하천 구간과 40개 주요호소에 수질적용등급과 목표수질 달성기간이 설정되어 있다. 고시에서 정부는 이들 구간별 목표수질 달성기간을 3~5년으로 정하고 있으나, 오염원 및 오염물질량의 증가와 충분하지 못한 오염방지대책 등으로 인하여 미달성 구간이 아직도 많이 존재하고 있다.

수역구간별 목표수질을 설정하기 위하여 고려할 사항은 매우 많으나 중요한 인자는 첫째, 수생태계의 다양성·안정성에 미치는 영향, 둘째, 수역이 갖고 있는 자정능력, 셋째, 수역 수질의 이수현황, 넷째, 현상수질(유량, 부하량) 및 달성 가능성 등이다. 1999년 현재 수역별 목표수질이 설정되어 있는 하천구간은 195개이며 본류구간이 45개, 지천구간이 150개이고 수계별, 환경기준 등급별 현황은 <표 Ⅱ-9>과 같다. 호소의 경우 목표수질이 설정되어 있는 호소는 40개이며 Ⅳ, Ⅴ등급으로 지정되어 있는 호소는 없으며 수계별 환경기준 적용등급 설정현황은 <표 Ⅱ-10>과 같다.

<표 Ⅱ-9> 수역별 하천 수질환경기준 적용등급 지정현황 (단위:구간수)

수계명	적용구간 합계	구 분		환경기준등급				
		본류	지천	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
한 강	52	8	44	30	11	3	2	6
낙동강	40	8	32	32	6	1	0	1
금 강	38	6	32	20	12	1	5	0
영산강	12	6	6	5	5	1	1	0
섬진강	6	2	4	6	0	0	0	0
만경강	10	3	7	6	3	0	0	1
기 타	37	12	25	22	12	3	0	0
총 계	195	45	150	121	49	9	8	8

<표 Ⅱ-10> 수역별 호소 수질환경기준 적용등급 지정현황 (단위:호소수)

수계명	적용호소 합계	환경기준등급				
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
한 강	9	9	0	0	0	0
낙동강	7	6	0	1	0	0
금 강	3	1	1	1	0	0
영산강	5	4	1	0	0	0
섬진강	4	4	0	0	0	0
만경강	2	2	0	0	0	0
기 타	10	7	1	2	0	0
총 계	40	33	3	4	0	0

2. 수질측정 현황 및 수질오염 추이

전국적인 수질오염 상태를 파악하기 위해 수질오염측정망 자료를 분석하였다. 수질측정망은 수질환경보전법 제3조의 규정에 따라 전국 하천 및 호소 등 공공수역의 수질상태를 종합적으로 파악하기 위하여 운영되는데, 수질측정망 운영현황은 <표 Ⅱ-11>과 <표 Ⅱ-12>와 같다.

<표 Ⅱ-11> 수질측정망 운영현황

구 분	측정지점수 (1,540)	측정주기	환경기준(㎎/L) ( )는 검출한계	
하 천 수	526	12회/년(48회/년)	Cd	0.01(0.002)
호 소 수	153	12회/년	As	0.05(0.005)
상수원수	593	4회/년	CN	불검출(0.010)
공단배수	75	12회/년	Pb	0.1(0.004)
도시관류	52	4회/년	Hg	불검출(0.0005)
농업용수	177	2회/년	Cr^{+6}	0.05(0.01)
			PCB	불검출(0.0005)
			유기인	불검출(0.0005)

주) 1. PCB, 유기인, TCE, PCE는 년 1회(농업용수 제외)

2. 조사횟수 란의 ( )는 4대강 및 금호강의 주요지점에 대한 조사횟수임

3. 중금속 및 기타 항목은 4회/년 실시하고 주요지점의 하천수에 대하여는 12회/년 실시

자료 : 환경부 수질보전국, 1999

<표 Ⅱ-12> 수계별 수질측정망 현황

구 분	계	하 천 수			호소수	상수원수	농업용수	기 타
		소 계	환경부	기타기관				
계	1,576	526	296	230	153	593	177	127
한 강	377	187	107	80	31	120	28	11
낙동강	308	99	75	24	21	117	39	32
금 강	172	75	35	40	11	48	29	9
영산강	68	23	12	11	11	21	8	5
섬진강	60	19	13	6	10	21	10	-
만경강	41	11	6	5	5	10	7	8
안성천	39	14	-	14	8	7	8	2
삽교천	32	12	7	5	6	6	7	1
동진강	21	11	7	4	-	3	7	-
탐진강	9	4	4	-	-	3	1	-
태화강	30	19	7	12	4	6	-	1
형산강	20	5	4	-	3	7	4	2
기 타	399	48	19	29	43	223	29	56

자료 : 환경부 수질보전국, 1999

조사지점은 1993년 1,348개에서 1999년 1,576개로 확충하여, 이수목적에 따라 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수, 도시관류 등으로 분류하여 조사하고 있으며, 측정횟수도 호소수의 경우 월1회, 4대강 주요 21개 지점 및 금호강 지점은 월4회(주 1회) 조사하고 있다. 특히, 호소수의 경우에는 호소의 특성을 고려하여 총인, 총질소, 투명도, 클로로필-a, 식물성 플랑크톤 등을 추가로 측정하고 있다. 또한, 수도법 제5조의 규정에 의거 환경부령으로 상수원관리규칙을 제정하여 상수원·정수에 대한 수질을 수도사업자(시·도 및 한국수자원공사)가 측정하도록 의무화하였다

<표 Ⅱ-13>과 <표 Ⅱ-14>에서처럼, 하천의 경우 195개 목표수질 설정구간에서 399개 지점의 수질을 측정하고, 호소의 경우 40개 호소에서 47개 지점의 수질을 측정하고 있다.

<표 II-13> 수계별 하천수질환경기준등급별 수질측정지점 현황 (단위:지점수)

구 분	수 계	소계	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
본 류	한 강	38	33	3	2	-	-
	낙동강	28	16	12	-	-	-
	금 강	16	8	8	-	-	-
	영산강	10	2	7	1	-	-
	기 타	46	32	14	-	-	-
	소 계	138	91	44	3	-	-
지 천	한 강	108	57	24	2	5	20[1)]
	낙동강	54	48	4	2	-	-
	금 강	51	28	12	1	10	-
	영산강	11	9	1	-	1	-
	기 타	37	13	14	9	-	1[2)]
	소 계	261	155	55	14	16	21
총 계		399	246	99	17	16	21

주) 1. 탄천(2-5), 중랑천(2-4), 안양천(1-5), 굴포천(1-3), 문산천(1-3)
2. 전주천 6

<표 II-14> 수계별 호소수질환경기준등급별 수질측정지점 현황 (단위:지점수)

구 분	수 계	소계	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
본 류	한 강	9	9	-	-	-	-
	낙동강	7	6	-	1	-	-
	금 강	3	1	1	1	-	-
	영산강	5	4	1	-	-	-
	기 타	23	14	6	2	1	-
총 계		47	34	8	4	1	-

<표 II-15> 상수원수로 사용되는 호소의 수질현황(1998년 평균)

수 계	호소명	환경기준	COD (㎎/L)	T-N (㎎/L)	T-P (㎎/L)	등급
한 강	충주호	Ⅰ등급	2.1	2.867	0.019	Ⅱ등급
	팔당호	Ⅰ등급	3.1	2.522	0.042	Ⅲ등급
낙동강	합천호	Ⅰ등급	2.3	1.588	0.023	Ⅱ등급
	진양호	Ⅰ등급	2.6	1.561	0.026	Ⅱ등급
	영천호	Ⅰ등급	3.6	1.620	0.035	Ⅲ등급
	가창호	Ⅰ등급	3.1	0.804	0.042	Ⅲ등급
	임하호	Ⅰ등급	3.2	1.993	0.031	Ⅲ등급
금 강	대청호	Ⅰ등급	3.2	2.174	0.038	Ⅲ등급
영산강	담양호	Ⅰ등급	3.4	1.765	0.066	Ⅲ등급
섬진강	옥정호	Ⅰ등급	2.6	2.028	0.023	Ⅱ등급
	주암호	Ⅰ등급	2.9	0.978	0.018	Ⅱ등급
	동복호	Ⅰ등급	3.2	0.875	0.015	Ⅲ등급
기타 수계	사연호	Ⅰ등급	2.8	1.551	0.035	Ⅱ등급
	대암호	Ⅰ등급	3.4	1.563	0.054	Ⅲ등급
	회야호	Ⅰ등급	4.8	1.928	0.059	Ⅲ등급
	상사호	Ⅰ등급	2.5	1.046	0.020	Ⅱ등급
	수어호	Ⅰ등급	2.1	1.332	0.009	Ⅱ등급

3. 수역별 수질환경기준 적용등급 달성현황 분석

수역별 수질환경기준적용구간의 목표수질 달성여부는 수질환경기준 적용구간 최하류에서 1년간 측정한 평균 BOD값을 기준으로 목표수질과 비교하여 판단하고 있다. 따라서 동일한 수질환경기준 적용구간 내에서도 목표수질 달성여부가 다를 수 있는데, 즉, 상류부분은 목표수질을 달성하였으나 구간 중류에서 오·폐수가 유입되어 목표수질을 초과하는 경우 전체구간은 미달성된 것으로 계산된다.

가. 수질환경기준 등급별 환경기준 달성현황

1998년도 자료를 기준으로 하천 및 호소 수질환경기준 등급별 목표수질 달성백분율을 계산하였으며 그 결과는 <표 Ⅱ-16>, <표 Ⅱ-17>와 같다. <표 Ⅱ-16>에 의하면 BOD의 경우 Ⅰ등급은 45.3%가 달성된 것으로 나타났으며 Ⅳ등급은 76.1%로 달성률이 가장 높았다. DO의 경우 Ⅰ~Ⅲ등급의 깨끗한 구간에서는 달성률이 90% 이상으로 나타났으나 Ⅴ등에서는 74.6%로 낮은 값을 나타내고 있다. 특히 대장균군은 달성률이 9.9~25.7%로 매우 낮은 값을 나타내 하수처리 방류수의 살균 등 수질관리에 변화가 요구되고 있다.

<표 II-16> 수질등급별 항목별 환경기준 달성백분율('98년도 기준)

구분	항목	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	비 고
	BOD	45.3	48.1	49.5	76.1	51.2	
	DO	93.8	94.5	90.2	80.7	74.6	
	F. Coli.	17.4	25.7	9.9	-	-	
하	LpH[1)]	99.5	99.6	100	99.5	100	
	HpH[1)]	98.8	98.2	98.6	96.4	100	
천	SS	94.7	84.2	72.6	98.4	-	
	T-N[2)]	0	0	0	0	0	호소기준 적용
	T-P[2)]	10.1	4.8	3.4	33.3	13.1	호소기준 적용
	COD[2)]	2.8	12.9	32.8	65.1	37.7	호소기준 적용
	COD	0.3	16.7	56.5	-	-	
	DO	84.3	100	100	-	-	
	F. Coli.	44.9	80.7	87.5	-	-	
호	LpH[1)]	99.8	100	100	-	-	
	HpH[1)]	96.2	88.7	85.2	-	-	
소	SS	7.9	30.7	58.2	-	-	
	T-N	0	0	0	-	-	
	T-P	16.5	33	29.2	-	-	
	BOD[3)]	21.6	64	95.8	-	-	하천수기준 적용

주) 1. LpH, HpH ; 낮은 쪽, 높은 쪽 pH환경기준.
2. 하천수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.
3. 호소수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.

호소의 경우 현재 Ⅳ, Ⅴ등급으로 지정된 호소는 없으며, COD 환경기준 달성률은 Ⅰ등급에서 0.3%, Ⅲ등급에서 56.5% 달성률을 나타내 Ⅰ등급에서의 달성률이 매우 낮음을 알 수 있다. Ⅰ등급에서 대장균군, SS, T-P 달성률은 낮은 편이며, 특히 총질소의 달성률은 0%로 달성된 호소가 하나도 없음을 나타내고 있다. 총질소, 총인 달성률이 낮음으로 인하여 국내 대부분의 호소는 부영양화 조류의 다량 발생으로 인하여 수자원 이용상 여러 가지 문제점을 나타내고 있으므로 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

1998년 기준 수질등급별 항목별 목표수질 달성비 산정결과인 <표 Ⅱ-17>를 보면 하천 BOD의 경우 1등급은 1.7을 나타내고 있다. 이는 Ⅰ등급 수질환경기준을 유지하기 위하여 1.7ppm을 1ppm으로 낮추어야 달성 가능함을 나타내고 있다. 하천수 Ⅰ등급 구간에서의 대장균 달성비는 2,091로 나타나 이 값을 Ⅰ등급으로 유지하기 위하여서는 대장균 발생가능성이 있는 모든 배출업소에 살균시설을 설치하여야 할 것으로 판단된다.

호소의 경우 COD 목표수질 달성비는 3.2로 나타나 Ⅰ등급 수질 달성을 위하여 많은 예산과 노력이 필요할 것으로 생각된다. 일반적으로 호소는 정체수역이며 하천으로부터 유입된 대부분의 SS 물질은 침강 제거되므로 낮은 값을 나타내는 것이 정상이나 Ⅰ등급에서의 SS값은 6.2로서 매우 높은 값을 보이고 있다. 이는 호소 부영양화로 인하여 조류의 다량 증식이 크게 기여하는 것으로 생각된다. 총질소의 경우 8.7~10.8, 총인의 경우 2.7~3.9 범위의 달성비 값을 나타내고 있어 호소 수질관리에서 이들 영양염류 관리가 매우 중요함을 알 수 있다.

<표 II-17> 수질등급별 항목별 환경기준 달성비('98년도 기준)

구분	항목	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	비 고
	BOD	1.7	1.3	1.5	0.8	1.5	
	DO	1.4	1.9	1.6	4.4	2.8	
	F. Coli.	2091.4	25.6	28.9	-	-	
하	LpH[1)]	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	
	HpH[1)]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
천	SS	0.4	0.7	0.8	0.2	-	
	T-N[2)]	17	13.1	16.7	10.2	10.8	호소기준 적용
	T-P[2)]	9.7	7.2	9.4	3.8	5.7	호소기준 적용
	COD[2)]	3.3	2	1.7	1.1	1.4	호소기준 적용
	COD	3.2	2.6	1	-	-	
	DO	1.3	2.O	1.9	-	-	
	F. Coli.	5.4	10.4	1.4	-	-	
호	LpH[1)]	1.2	1.2	1.3	-	-	
	HpH[1)]	0.9	0.9	1.0	-	-	
소	SS	6.2	2.6	1.3	-	-	
	T-N	8.7	10.8	8.8	-	-	
	T-P	3.9	3.4	2.7	-	-	
	BOD[3)]	1.7	1.3	0.5	-	-	하천수기준 적용

주) 1. LpH, HpH ; 낮은 쪽, 높은 쪽 pH환경기준.
2. 하천수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.
3. 호소수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.

참고로 하천수에 호소수 총질소, 총인, COD 수질환경기준을 적용하여 비교하여 보았다. 총질소의 경우 10.2~17, 총인의 경우 3.8~9.7의 값을 나타내 호소에서의 높은 총질소, 총인 값은 하천수 수질에 좌우되고 있음을 알 수 있다. COD의 경우 Ⅰ등급에서는 3.3으로 나타나 BOD 1.7에 비하여 약 배정도 높은 값을 나타내고 있으나 Ⅴ등급으로 갈수록 비슷한 값을 보이고 있다.

나. 연도별 항목별 목표수질 달성현황

1989년부터 1998년까지 10년간의 자료를 기준으로 연도별 하천 및 호소 목표수질 달성백분율과 달성비를 계산하였으며 그 결과는 <표 Ⅱ-18>, <표 Ⅱ-19>과 같다. <표 Ⅱ-18>에 의하면 하천 BOD의 경우 '89년에는 25.7%가 달성된 것으로 나타났으나 1998년도에는 47.8%로서 연차적으로 좋아지는 것으로 나타났다. 그러나 총질소, 총인 달성백분율은 1989년도에 12.4, 45.2%에서 1998년도에는 0.4, 11.2%로 낮아지고 있는 것으로 나타나 이제까지 BOD 위주의 수질관리에서 총질소, 총인으로의 전환이 요구되고 있다. DO의 경우 최근 BOD 달성률이 높아짐에 따라 좋아지고 있나 대장균(F. Coli.)은 개선되고 있지 않음을 알 수 있다.

<표 II-18> 연도별 항목별 목표수질 달성백분율(월별측정자료 기준)

구분	년	LpH[1]	HpH[1]	BOD[3]	SS	DO	FC	COD[2]	T-N[2]	T-P[2]
하천	'89	96.8	99.7	25.7	91.6	91.7	42.8	12.2	12.4	45.2
	'90	99.0	99.8	28.1	92.7	94.0	33.0	10.0	10.0	18.2
	'91	99.0	99.5	26.5	95.7	95.0	36.0	11.6	5.4	18.5
	'92	93.1	99.7	30.9	95.8	85.4	30.8	16.1	8.5	13.5
	'93	97.7	99.7	34.7	96.2	92.0	25.5	11.9	2.6	8.6
	'94	96.9	96.8	32.3	95.3	86.3	26.3	11.1	2.9	8.5
	'95	98.7	97.9	32.2	95.0	85.4	33.4	10.7	1.9	11.3
	'96	98.1	97.4	34.1	94.5	85.6	31.8	12.5	1.5	12.1
	'97	98.7	97.8	40.2	89.0	90.9	36.4	10.0	1.3	8.2
	'98	99.2	98.6	47.8	91.8	91.7	20.6	10.8	0.4	11.2
	평 균	97.7	98.7	33.3	93.8	89.8	31.7	11.7	4.7	15.5
호소	'92	32.9	99.8	88.7	74.6	26.1	81.2	70.3	67.9	70.9
	'93	98.5	99.2	77.3	16.9	82.5	45.8	11.0	3.1	14.8
	'94	97.9	96.5	77.3	15.0	84.8	42.9	7.5	2.7	9.4
	'95	98.1	97.1	27.5	13.3	86.0	52.9	6.9	5.0	12.9
	'96	97.3	94.2	29.4	11.7	85.8	60.8	7.3	1.9	20.6
	'97	98.1	93.3	26.5	17.9	87.3	48.1	5.0	1.9	17.1
	'98	99.0	94.6	32.5	15.8	86.2	54.2	7.9	1.7	21.2
	평 균	88.8	96.4	51.3	23.6	77.0	55.1	16.6	12.0	23.8

주) 1. LpH, HpH ; 낮은 쪽, 높은 쪽 pH환경기준.
2. 하천수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.
3. 호소수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.

<표 II-19> 연도별 항목별 목표수질 달성비

구분	년	LpH[1]	HpH[1]	BOD[3]	SS	DO	FCO	COD[2]	T-N[2]	T-P[2]
하천	'89	1.1	0.9	2.1	0.4	1.5	102.5	2.5	4.3	2.9
	'90	1.1	0.9	1.8	0.4	1.5	56.9	2.4	5.2	7.2
	'91	1.2	0.9	2.0	0.3	1.5	29.2	2.5	6.2	5.2
	'92	1.1	0.8	2.0	0.3	1.4	230.9	2.5	6.8	7.2
	'93	1.1	0.9	1.9	0.3	1.6	1505.2	2.5	8.8	7.3
	'94	1.1	0.9	2.1	0.6	1.5	204.7	3.0	9.8	8.5
	'95	1.2	0.9	2.4	0.4	1.6	24331.4	3.3	15.4	12.1
	'96	1.2	0.9	2.2	0.4	1.5	2539.6	3.1	17.3	11.0
	'97	1.2	0.9	1.8	0.6	1.5	105.8	2.9	18.9	8.9
	'98	1.2	0.9	1.6	0.4	1.6	1332.4	2.7	15.5	8.5
	평 균	1.2	0.9	2.0	0.4	1.5	3043.9	2.7	10.8	7.9
호소	'92	0.4	0.3	0.2	1.2	0.4	1.0	0.8	1.8	1.2
	'93	1.1	0.9	0.4	3.9	1.3	9.1	2.4	5.9	3.3
	'94	1.1	0.9	0.4	4.1	1.3	13.6	2.7	6.5	3.6
	'95	1.2	0.9	1.6	4.3	1.4	6.0	2.9	8.9	4.7
	'96	1.2	0.9	1.8	3.9	1.4	3.7	2.9	8.5	3.7
	'97	1.2	0.9	1.7	4.2	1.4	6.4	3.2	8.9	3.5
	'98	1.2	0.9	1.5	5.3	1.4	5.0	2.9	8.7	3.6
	평 균	1.1	0.8	1.1	3.8	1.2	6.4	2.5	7.0	3.4

<주> 1) : LpH, HpH ; 낮은 쪽, 높은 쪽 pH환경기준.
2) : 하천수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.
3) : 호소수 수질환경기준 설정되어 있지 않음.

호소의 COD 목표수질 달성백분율을 보면 1992년도에 70.3%에서 1998년도에는 7.9%로 연차별로 나빠지고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 1992년도에 총질소, 총인 달성백분율이 67.9, 70.9%에서 1998년도에는 1.7, 21.2%로 떨어지고 있음과 밀접한 관련이 있는 것으로 추측된다. <표 Ⅱ-19>의 연도별 항목별 목표수질 달성비를 보면 하천에서의 대장균 달성비는 29.2에서 24,331.4로 그 변화 폭이 매우 크며 평균 3,042로 나타나 목표수질달성을 위한 특별한 대책이 요구되고 있다. 호소 COD의 경우 목표수질 달성을 위하여 오염물질을 2.5배 저감하여야 하는 것으로 나타났으며 이는 하천에서의 평균값이 2.7임을 감안할 때 호소 COD 개선을 위하여서는 하천에서의 COD 저감방안 강구가 필요한 것으로 생각된다. 호소에서의 총질소, 총인 달성비는 각각 7.0, 3.4로 나타나 총질소 값이 매우 높은 것으로 나타났고 인의 경우에도 목표수질 달성을 위하여 3.4배 저감하여야 할 것으로 추측된다.

전체적인 관점에서 전국 하천 195개 구간의 수질환경기준 달성률(달성구간수/목표설정구간수)을 보면, 1991년에 12.8%에 불과하던 것이 1998년에는 31.8%로 향상되고 있는 것을 알 수 있다. 금강이 55.3%로 환경기준 달성률이 가장 높고 그 다음이 한강, 낙동강, 영산강의 순으로 나타났다.

<표 Ⅱ-20> 수질환경기준 달성률

년 / 지역	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
전 국	12.8	17.4	22.1	13.8	13.8	20.0	21.0	31.8
한 강	9.6	19.2	26.9	11.5	19.2	32.7	28.8	38.5
낙동강	20.0	15.0	25.0	17.5	10.0	17.5	10.0	25.0
금 강	13.2	13.2	15.8	15.8	15.8	21.0	31.6	55.3
영산강	8.3	-	8.3	-	16.7	-	8.3	16.7
섬진강	-	16.7	33.3	-	-	16.7	-	-
기타수계	12.8	25.5	21.3	17.0	10.6	12.8	19.1	19.1

자료, 환경부, 환경백서, 1999

호소의 경우 Ⅰ등급으로 지정된 33개 호소 중 기준이 달성된 곳은 없으며, Ⅱ등급 호소 3개소, Ⅲ등급 호소 19개소, Ⅳ등급 호소 3개소, Ⅴ등급 이상 호소 2개소로 나타났다. 상수원의 수질은 대부분 Ⅰ급수 ~Ⅱ급수 수질을 유지하고 있다. 498개 표류수 상수원 중 243개소(49%)는 Ⅰ등급, 209개소(42%)는 Ⅱ등급, 46개소(9%)는 Ⅲ등급으로 나타났다.

제3장 외국의 수질환경기준

3-1. 미국 및 유럽 국가의 수질환경기준

1. 미국

가. 미국의 수질기준법의 역사

미국에서의 수질준거치(Water Quality Criteria)는 CWA(Clean Water Act)하에서 2가지 의미를 가지고 있다. CWA 304조에서 EPA는 특정물질에 대한 수질기준을 인체건강 및 수생태계보호를 위해 과학적인 지식에 근거를 두고 제시를 해야하고, 각 주(州)는 이러한 자료를 바탕으로 수질기준(Water Quality Standard)을 개발해야 한다고 기술하고 있다. 준거치는 상수원의 보호(domestic water supply), 담수생태계의 보호(fresh aquatic life), 해수생태계의 보호(marine aquatic life) 등 이용목적별로 다르다. 각 주는 EPA의 수질준거치를 바탕으로 하여 수체를 보호하기 위한 수질기준을 도입하도록 권유받고 있으며 이러한 기준은 합리적/과학적 지식에 바탕을 두고 지정된 용도를 보호하기 위해 충분한 항목을 설정하도록 하고 있다.

수질기준에 관해 책임을 지고 있는 연방정부 기관은 1968년에 처음으로 Green Book(FWPCA)이라고 칭하는 수질준거치지침(Water Quality Criteria Guidance)을 제시하였고, 1976년에는 이를 보완한 Red Book(US EPA)을 제시하였다. 이들의 초기지침서는 주로 문헌에 나타난 지식과 자문회의를 통해 얻은 판단 등에 기초하였다. 그러나 인체건강과 수중생태계유지에 관한 지침을 개발해야 할 필요성에 봉착하자 준거치 설정을 위한 새로운 방법의 필요성이 대두되었다. 왜냐하면 많은 오염물질에 대한 다양한 정보가 필요한 상태에서 이러한 기존자료에만 의존하기에는 한계가 있었기 때문이다. 따라서 EPA과학자들은 과학적 근거를 가진 준거치를 설정하기 위한 공식적인 방법론을 개발하여 외부전문가와 일반인으로 구성된 EPA자문위원회의 검토를 받도록 하였다. 이와 같이 연방정부에서 발간한 각종 준거치 자료는 앞에서 언급한 Green Book 과 Red Book 외에도, Blue Book(NAS/NAE, 1973), EPA Water Quality Criteria Documents[1], Gold Book(US EPA, 1986) 등이 있다. EPA의 준거치 지침서는 각 화학물에 대한 종합적인 독성학적 평가를 하여 각각의 독성오염물에 대해서 수생태계에 대한 급성 및 만성독성치를 제시하여 수생태계보호를 위한 자료로 활용하도록 하였다.

독성물질의 수질환경기준 (Water Quality Criteria of toxic pollutants, 1992)은 독성물질(toxic water pollutants) 189종에 대하여 3개 이용목적별로 기준을 설정하여, 담수와 해수에 대해서는 최고농도(급성기준치)와 연속농도(만성기준치)로 구분하고 인체건강에 대해서는 '물

1) 이 지침서는 Acenaphthene(EPA440/5-80-015)에서 Zinc(EPA440/5-87-003)까지 108종의 독성물질에 대해 111권이 발간되었고 이 지침서를 바탕으로 각 주에서는 수질기준설정과 배출허가시 지침서를 참고한다.

과 유기체섭취'기준과 '물만 음용'기준으로 구분한다. 그래서 1개 독성물질에 대해서 최고 6개의 준거치를 제시할 수 있게 한다.

EPA는 먼저 1975년에 EPA의 수질관리기준의 한 부분으로, 수질기준 규제치를 발표하였으며, 이 최초의 수질기준 규제치는 독성오염물질이나 다른 기준을 특별히 명시하고 있지는 않았고 단순히 목적용도로 사용하는데 필요한 "적합한(appropriate)" 수질기준을 제시하였다. 1970년대 말과 1980년대 초에, 국민과 의회는 독성오염물질에 관심을 갖게 되었으나, 기존의 EPA는 유출수 규제기준이 종합적으로 독성오염물질에 대해 규제를 못하고 있음을 깨달았다. 따라서 EPA는 점오염원으로부터 독성오염물질의 농도규제를 효과적으로 수행하기 위해 NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) 허용기준과 수질기준간에 법적인 연계성을 도입하였다. 또한 이를 효율적으로 수행하기 위해 EPA는 주정부 기준에 독성기준 항목을 포함토록 수질기준을 수정하였다. 이러한 노력은 1983년 11월 8일에 공포된 수질기준 규제치(Water Quality Standards Regulation)에서 나타났다.

1980년대 중반이후로, EPA의 주정부에 대한 지침은 독성물질의 규제에 관심을 집중하였다. EPA는 EPA지침을 제정한 항목에 대해서는 주정부가 EPA기준을 채택하도록 권장하고 있다. 주정부의 EPA의 지시에 대한 반응은 다양하여 일부 주정부는 수중 생물체의 보호를 위한 목적으로 상당수의 수치적 독성 오염물질 기준을 채택하고 있는 한편, 다른 주들은 독성기준에서 "독성물질이 없어야 함"이라는 서술적으로 표현하고, 계산이 가능한 경우에 한하여 "특정농도를 수치로 제시"하고 있다. 대부분의 주들이 음용수법(Safe Drinking Water Act)에서 규정하고 있는 음용수기준만큼 세밀하게 인간의 건강에 관심을 기울이고 있지는 않았으나, 독성물질에 대한 NPDES허용기준의 수립에 있어 "독성물질이 없을 것"이라는 서술적 표현에서 탈피하여 구체적 수치기준이 포함되기 시작하였다. 그러나, 주의 입법과정에서 수치적 독성오염물질 기준 채택의 현실적 어려움 때문에 많은 주정부가 수치적 독성물질 기준의 채택을 꺼렸다.

따라서 1987년 의회는 그러한 기준의 채택에 강제성을 두어 주정부의 기준내에 독성오염물질을 위한 수치기준을 적용하도록 하였다. EPA는 주정부의 일차 독성오염물질에 대한 수질기준의 채택을 독려하기 위한 노력을 하였고, 1988년 12월에는 수치독성기준의 채택을 촉진코자하는 의회의 목적에 부합되기 위해 EPA는 독성오염물질에 대한 수질기준지침을 제공하였다. EPA의 1988년 12월 지침서는 주정부의 수행시기를 명시하고 있으며, 모든 주정부의 기준은 법 통과후 3년마다 재검토시 독성물질 수치기준의 고려를 포함해야 한다. 주정부는 독성오염물질의 수치기준에 대한 1987년의 요구사항에 민감하게 반응했다. 예를 들어 1986년에는 각 주정부가 평균적으로 수생태계에 대해 10개의 수치기준을 가지고 있었으나, 1990년 2월에는 수생태계기준이 평균 30개로 증가하였고 인간의 건강을 위한 기준은 평균 36개가 되었다. 그러나, 많은 주정부들은 연방정부의 요구사항을 모두 만족시키지는 못하였다. EPA는 법에 따르지 않고 있는 주정부에 대해 독성물질 기준을 연방법의 규모로 끌어올릴 것을 촉구했다. EPA는 22개 주와 지역정부의 일차 평가에 기초하여 1991년 11월 19일 독성오염물질에 대한 연방기준을 제안하고 1992년 12월 22일에 이들 14개 주정부에게 독성물질 기준을 공포하도록 하였다.

<표 III-1> 미국의 수질환경기준 및 음료수 기준구성

구 분			규제항목	총 항목수
음용수 기준	화 학 물 질	유기물질	54	95
		무기물질	17	
		방사능물질	3	
	심 미 적 물 질		15	
	미 생 물		6	
청정수법의 독성물질 기준	담 수	최대농도(급성)	24	126
		장기농도(만성)	29	
	해 수	최대농도(급성)	23	
		장기농도(만성)	27	
	인 체 건 강	물과 유기체 섭취	91	
		유기체 섭취	90	

자료: USEPA, Water Quality Standards Handbook, EPA-823-B-94-005a, 1994
USEPA, Drinking Water Standards, Office of Science and Technology, 1997

나. 수질환경기준 설정

미국에서의 수질환경기준은 공공수역의 수질이 물리적, 화학적, 생물학적으로 건강성을 유지하기 위한 수질규정을 포함해야 하고, 어느 곳에서든지 물고기, 조개류, 야생동물의 증식과 보존 그리고 위락용도(낚시/수영)로 사용 가능한 수질수준을 유지하는 것을 목표로 하고 있다. 이외에도 공공용수공급, 농업용수, 공업용수, 항해등의 가치와 용도도 고려하여 설정하고 있다.

1) 수용도 결정

주정부는 공공용수 공급, 물고기와 조개류, 야생생물의 유지용수, 위락용수, 농업용수, 공업용수, 항해용수를 위한 수체의 가치와 용도 고려시 유지되어야 할 적절한 수용도를 정하여 수질기준을 정하고 있다. 수체에 대한 지정용도에서 주정부는 물리적, 화학적 생물학적 특성 및 주변지역의 지질학적 환경과 경관, 그리고 사회적/경제적/농업적 특성에 기초한 용도를 위해 수체의 적합성을 검토한다. 각 수체는 특정용도로 사용되기 위한 특성이 밝혀져서 그러한 수체가 지정한 용도로 사용되도록 구분이 이루어져야 한다. 용도를 지정하지 않은 모든 수체는 새로운 정보를 얻기 위해 매 3년마다 재조사되어야 한다. 또한, 법에서는 기존의 수질기준이 현재 사용가능한 용도보다 지정용도가 과소평가 되었던 지역에 대해 실질적으로 가능한 용도의 반영을 위해 기준을 재고하도록 하고 있다.

2) 기준설정과 검토

주정부는 수질기준을 항목의 포괄성과 지정용도를 보호하기 위해 적절한 강제력을 가진 것으로 채택하고 있다. 주정부는 다음과 같은 방법을 통해 지정용도 보호를 위한 기준을 채택할 수 있다.

- CWA304(a)하에서 EPA가 권장하고 있는 기준을 채택
- 현장특성을 반영하기 위해 CWA304(a)의 지침을 수정
- 특별히 수용도를 보호하기 위한 다른 방법을 사용

기준의 기술은 수치적/서술적 기준 모두를 채택하도록 권장하고 있다. 수치기준은 원인이 알려진 독성물질이나 잠재적으로 인간의 건강에 영향을 미치거나 생물축적 가능성이 있는 오염물질로부터의 보호를 위해 중요하다. 서술적 독성기준은 독성이 특정오염물질에서 기인하는 것을 밝힐 수 없는 곳에서는 기준이 될 수 있다.

3) 수질기준 검토와 보완

청정수법은 주정부가 최소한 매 3년에 한 번씩 수질기준 재검토시 주민의견을 수렴하고 적절하다면 기준을 수정하도록 하고 있다. 주정부의 수질기준이 행정적으로 채택되면 EPA는 적정성을 결정하기 위해 주정부의 기준을 검토하고 지정용도와 기준이 수체에 적용될 수 있는지, 하류하천수의 수질기준이 보호되는지를 평가한다. 기준을 재검토한 후 EPA는 주정부 기준이 법과 EPA의 수질기준에 부합되는지를 결정한다. 만약 EPA가 주정부 기준이 불합리하다고 판단할 경우는 재고를 요청한다.

4) 주정부의 재고와 수정

주정부는 CWA305(b)조에 의거 조사보고서, 수질모니터링 자료, 수질기준, 산업체의 요구사항, 환경운동협회 또는 공공의 요구사항에 기초하여 기존의 기준에 대하여 추가 또는 수정을 한다. 수질기준의 재고와 수정은 여러 가지 형태를 가질 수 있는데 특히 용도, 기준, 수질오염 악화방지정책, 수질오염 악화방지 수행과정 또는 기타 일반정책에 대한 수정이나 첨가를 포함한다. 일부 주정부는 그들의 수질기준을 매년 재검토하고 보통은 매 3년마다 전반적으로 재검토를 시행한다. 이는 새로운 과학적 기술적 자료들이 효력을 가지게 되면서 더욱 필요하다. 오랜 시간에 걸친 환경적 변화들은 이와 같은 재검토를 필요로 한다.

5) EPA 재검토

주정부가 새로운 또는 수정된 WQS를 채택하였을 때, 재고와 허가/불허가를 위해 EPA에 수정안을 제출하도록 CWA 303(c)하에 규정되어 있다. EPA는 그들 기준에 대해 그 기준이 CWA의 요구사항을 충족시키는지에 따라 재고와 허가/불허가/부분허가를 한다. 만약 지역의 행정담당자가 제출된 재고 안이 법이나 WQS법의 요구사항에 맞지 않는 구성을 가지고 있다고 결정한다면 지역 EPA담당자는 90일 내에 그 기준을 불허한다는 내용을 통보한다. 주정부는 EPA 불허통보이후 90일 내에 필요한 재고안을 제출하여야 한다. 주정부의 수질기준은 EPA에 의해 불허가 되더라도 주정부가 그것을 수정하거나 EPA가 주정부의 수질기준보다 상위의 지침을 공표하기까지는 효력을 가진다.

다. 주요 주(州)의 수질환경기준

1) Washington 주

지표수에 대한 수질환경기준을 5개 등급 (AA, A, B, C, 호소수)별로 구분하여 제시한다. 각 등급에 대해서 8가지 이수목적 중 부합되는 이수목적을 나열하는데, 이수목적은 가정용, 산업용, 농업용, 축산용, 어패류, 야생동물서식처, 여가활동, 상업·주운 등으로 나뉜다. 또한 각 등급에 대해서 9개 항의 수질기준치를 서술하는데, 9개 항에는 대장균, DO, 총용존산소, 수온, pH, 탁도, 독성물질(28개 항목), 방사선물질, 심미적 가치 등이 포함된다. 독성물질 28개 항에 대해서는 담수와 해수별로 급성기준치(순간농도)와 만성기준치(24시간평균치)로 나누어 제시한다. 수질환경기준의 예로서 AA등급(extraordinary)은 다음에 언급한 용도나 이외의 모든 주요한 이수에 요구되는 기준을 일관성 있게 상회하여야 한다.

(a) 특징적 이수로서는 다음의 것들이 포함되나 여기에 국한하지는 않는다.

· 급수(가정, 산업, 농업)	· 야생동물의 서식처
· 가축급수	· 여가활동
· 어·패류의 사육, 산란, 수확	· 상업과 주운

(b) 수질기준치는 다음과 같다.

① 분원성 대장균

담수의 경우, 기하평균이 100ml당 50균주를 초과하여서는 안되고 동시에 100ml당 100 균주를 초과하는 시료가 기하평균치를 산출하기 위해 취한 모든 시료의 10% 미만이어야 한다.

해수의 경우, 기하평균이 100ml당 14균주를 초과하여서는 안되고 동시에 100ml당 43균주를 초과하는 시료가 기하평균치를 산출하기 위해 취한 모든 시료의 10% 미만이어야 한다.

② 용존산소

담수의 경우, 9.5ml/L를 초과해야 하고, 해수의 경우는 7.0ml/L를 초과해야 한다.

③ 총용존가스(total dissolved gas)

시료채취 당시의 가스들의 포화값의 110%를 초과하여서는 안 된다.

④ 수온

인간활동으로 인하여 16.0℃(담수), 13.0℃(해수)를 초과하면 안되고, 자연조건이 이 온도를 초과하면 0.3℃ 이상 수온을 끌어올려서는 안 된다.

⑤ pH

6.5~8.5(담수), 7.0~8.5(해수)이고 인간기인변화가 0.2단위 미만이여야 한다.

⑥ 탁도

배경탁도가 50NTU이하이면 배경탁도보다 5NTU를 초과하지 말아야하며 배경탁도가 50NTU를 초과하면 배경탁도보다 10% 이상 증가시키지 말아야 한다.

⑦ 독성물질, 방사선물질, 또는 유해한 물질

단독으로 또는 축적되어 특징적인 이수에 악영향을 미치거나 그 수역에 의지하는 가장 민감한 생물상에 상해 또는 사망케하는 급·만성조건을 조성하거나 공중보건에 악영향을 미치는 농도수준 이하이어야 한다.

⑧ 심미적 가치

시각, 취각, 촉각, 미각을 나쁘게 하는 자연적 요인을 제외하고 물질의 존재나 그 효과에 의하여 손상 받지 않아야 한다.

2) Minnesota 주

지표수에 대한 수질환경기준을 이용목적에 따라 Class 1~7로 분류하여 제시한다. 그리고 각 Class 내에서 5개 등급 (A, Bd, B, C, D)으로 구분하고 구체적인 예는 다음과 같다.

<표 III-2> 이용목적별 Class 분류

Class	이용목적	비 고
1	Domestic Consumption	- 음용수와 식품처리과정 - 공중보건, 안전, 복지를 위해서 보호
2	Aquatic life and Recreation	- 어류와 다른 수생생물, 수영과 뱃놀이 이외의 레크리에이션 - 수생/육상생물과 서식처, 공중보건, 안전, 복지를 위해서 보호
3	Industrial Consumption	- 산업활동이나 냉각수 또는 산업과 상업목적의 공급원 - 공중보건, 안전, 복지를 위해서 보호
4	Agriculture and Wildlife	- 살수나 관개용수, 물새 등의 야생생물 - 육상생물과 서식처, 공중보건, 안전, 복지를 위해서 보호
5	Aesthetic enjoyment and Navigation	- 수로운송이나 항해, 화재예방 - 공중보건, 안전, 복지를 위해서 보호
6	Other uses	- Class 1-5의 이용 또는 그 이외의 목적도 포함 - 주에서 발원되거나 거쳐가는 모든 물, 다른 주의 이용도 포함
7	Limited resource value waters	- 유량이 간헐적이거나 1 ft^3/sec 이하 - 2차 신체접촉 이용, 음용수 공급원 이용을 위한 지하수 보존, 심미적인 질의 보호를 위해서 보호

(a) Class 1 waters : Domestic consumption

① Class 1A

수처리 과정을 거치지 않아도 EPA의 음용수기준에 적합하다.

② Class 1B

간단한 염소소독과 같은 살균작용으로 EPA 음용수기준에 적합하다.(박테리아기준은 제외)

③ Class 1C

응집, 침강, 여과, 저장, 염소소독의 처리과정을 통해서 EPA의 음용수기준에 적합하다.(박테리아 기준은 제외, 탁도기준은 25㎎/L)

④ Class 1D

응집, 침강, 여과, 저장, 염소소독의 처리과정과 전, 후, 중간 단계의 처리를 통해서 EPA의 음용수 기준에 적합하다.(박테리아 기준은 제외)

(b) Class 2 waters의 기준 : Aquatic life and Recreation

① Class 2A waters

냉수어종이나 영리목적 어류의 군집 번식과 유지가 가능하고, 수영을 포함한 모든 목적의 수상 레크리에이션이 가능하다. 음용수의 원수로서 보호하여야 하며, 68개 항목에 대해서 3단계로 기준을 제시한다.

- CS(chronic standard) : 만성독성의 원인 없이 무한정 노출되었을 때의 독성물질의 최대농도
- FAV(final acute value) : 독성실험에서 급성독성의 분포의 누적확률 0.05에 상응하는 농도
- MS(maximum standard) : 사망률이 거의 없는 짧은 시간동안 수생물이 노출되는 독성물질의 최대농도

② Class 2Bd waters의 기준

냉/온수어종이나 상업성 어류 군집의 번식과 유지, 수생생활과 서식처를 보호하고, 수영을 포함한 모든 종류의 수상 레크리에이션이 가능하여야 한다. 음용수의 수원으로서 보호하며, 32개 항목에 대해서 3단계로 기준을 제시한다.

③ Class 2B waters

냉/온수어종이나 상업성 어류 군집의 번식과 유지, 수생생활과 서식처를 보호하고, 수영을 포함한 모든 종류의 수상 레크리에이션이 가능하여야 한다. 음용수의 수원으로서는 보호하지 않으며, 67개 항목에 대해서 3단계로 기준을 제시한다.

④ Class 2C waters

토종어류군집과 수생생활, 그 서식처의 번식과 유지가 가능하여야 하고, 보트와 기타 형태의 수상 레크리에이션이 가능하여야 한다. 아래의 항목이외에는 Class 2B standards를 적용한다.

Substance	Unit	CS	MS	FAV
DO	㎎/L	5	none	none
Temperature	˚F	자연상태보다 streams 5˚F이상, lakes 3˚F이상 (1일 최대치의 월 평균에 기초; 1일 평균치가 90˚F를 초과한 자료는 제외)		

⑤ Class 2D waters

수생/육상 토종군집과 서식처의 번식과 유지가 가능한 습지이고, 보트와 기타 형태의 수상 레크리에이션이 가능하여야 한다. 아래의 항목이외에는 Class 2B waters의 standards를 적용한다.

Substance or Charateristic	Standard
DO	If background is less than 5.0mg/l as a daily minimum, maintain background
pH	Maintain background
Temperature	Maintain background

*"Maintain background" : 수질 물질의 농도나 특성이 자연적인 배경농도나 조건의 범위를 벗어나지 않은 것을 의미

(c) Class 3 waters의 기준 : Industrial Consumption

① Class 3A waters

화학적 처리 없이(지하수의 연수화는 예외) 대부분의 산업목적(높은 수질을 필요로 하는 식품처리공정과 관련된 이용은 제외)으로 사용이 가능하다. 아래 항목이외에는 Class 1B waters의 기준을 적용한다.

Substance or Characteristic	Unit	Standard
Chlorides(Cl)	㎎/L	50
Hardness, Ca+Ma as $CaCO_3$	㎎/L	50
pH value		6.5 ~ 8.5

② Class 3B waters

적당한 처리만으로 식품과정공정을 제외한 일반적인 산업 목적에 이용이 가능하다. 아래 항목이외에는 Class 1D waters의 기준을 적용한다.

Substance or Characteristic	Unit	Standard
Chlorides(Cl)	㎎/L	100
Hardness, Ca+Mg as $CaCO_3$	㎎/L	250
pH value		6.0 ~ 9.0

③ Class 3C waters

심한 악취, 부식, 스켈링 등을 방지하기 위한 고도의 처리과정이 없어도 산업 냉각수와 물질수송에 이용이 가능하다.

Substance or Characteristic	Unit	Standard
Chlorides(Cl)	㎎/L	250
Hardness, Ca+Mg as $CaCO_3$	㎎/L	500
pH value		6.0 ~ 9.0

④ Class 3D waters

적당한 처리만으로 식품처리공정을 제외한 일반적인 산업 목적에 사용 가능한 습지이다.

Substance or Characteristic	Standard
Chlorides (Cl)	Maintain background
Hardness, Ca+Mg as $CaCO_3$	Maintain background
pH	Maintain background

이러한 기준을 정하여 놓고서 미네소타주 모든 하천과 호수에 대해서 해당 class와 등급을 목표기준으로서 설정하였다.

우리나라의 방식과 유사한 Washington주는 등급별로 이수목적을 제시하고 항목별로 기준치를 제시한 반면, Minnesota주는 이수목적별로 등급을 제시하고 항목별로 기준치를 제시하고 있다. 미국의 환경기준에는 pH, DO, 탁도는 있어도 BOD, COD는 없다.

<표 III-3> 미국의 독성물질에 대한 수질환경기준

화 합 물	담 수		해 수		인 체 건 강	
	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	물과 유기체 섭취 (㎍/L)	유기체 섭취 (㎍/L)
1. At					14	4300
2, As	340	150	69	36	0.018	0.14
3. Be						
4. Cd	4.3	2.2	42	9.3		
5a Cr(Ⅲ)	570	74				
b. Cr(Ⅵ)	16	11	1100	50		
6. Cu	13	9.0	4.8	3.1	1300	
7. Pb	65	2.5	210	8.1		
8. Hg	1.4	0.77	1.8	0.94	0.05	0.051
9. Ni	470	52	74	8.2	610	4600
10. Se		5.0	290	71	170	11000
11. Ag	3.4		1.9			
12. Ti					1.7	6.3
13. Zn	120	120	90	81	9100	69000
14. CN	22	5.2	1	1	700	220000
15. Asbestos					7,000,000fiber/L	
16. 2,3,7,8-TCDD(Dioxin)					0.000000013	0.000000014
17. Acrolein					320	780
18. Acrylonitrile					0.059	0.66
19. Benzene					1.2	71
20. Bromoform					4.3	360
21. Carbon Tetrachloride					0.25	4.4
22. Chlorobenzene					680	21000
23. Chlorodibromomethane					0.41	34
24. Chloroethane						
25. 2-Chloroethylvinyl Ether						
26. Chloroform					5.7	470
27. Dichlorobromomethane					0.56	46
28. 1,1-Dichloroethane						
29. 1,2-Dichloroethane					0.38	99
30. 1,1-Dichloroethylene					0.057	3.2
31. 1,2-Dichloropropane					0.52	39
32. 1,3-Dichloropropylene					10	1700
33. Ethylbenzene					3100	29000
34. Methyl Bromide					48	4000
35. Methyl Chloride						
36. Methylene Chloride					4.7	1600
37. 1,1,2,2-Tetrachloroethane					0.17	11
38. Tetrachloroethylene					0.8	8.85
39. Toluene					6800	200000
40. 1,2-Trans-Dichloroethylene					700	140000
41. 1,1,1-Trichloroethane						
42. 1,1,2-Trichloroethane					0.60	42
43. Trichloroethylene					2.7	81
44. Vinyl Chloride					2.0	525
45. 2-Chlorophenol					120	400

<표 Ⅲ-3> 계속

화 합 물	담 수		해 수		인 체 건 강	
	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	최고농도 (㎍/L)	연속농도 ((㎍/L)	물과 유기체 섭취 (㎍/L)	유기체 섭취 (㎍/L)
46. 2,4-Dichlorophenol					93	790
47. 2,4-Dimethylphenol					540	2300
48. 2-Methy-4,6-Dinitrophenol					13.4	765
49. 2,4-Dinitrophenol					70	14000
50. 2-Nitrophenol						
51. 4-Nitrophenol						
52. 3-Methyl-4-Chlorophenol						
53. Pentachlorophenol	19	15	13	7.9	0.28	8.2
54. Phenol					21000	4600000
55. 2,4,6-Trichlorophenol					2.1	6.5
56. Acenaphthene					1200	2700
57. Acenaphthylene						
58. Anthracene					9600	110000
59. Benzidine					0.00012	0.00054
60. Benzo(a)Anthracene					0.0044	0.049
61. Benzo(a)Pyrene					0.0044	0.049
62. Benzo(b)Fluoranthene					0.0044	0.049
63. Benzo(ghi)Perylene						
64.Benzo(k)Fluoranthene					0.0044	0.049
65. Bis(2-Chloroethoxy)Methane						
66. Bis(2-Chloroethyl)Ether					0.031	1.4
67. Bis(2-Choroisopropyl)Ether					1400	170000
68. Bis(2-Ethylhexy)Phthalate					1.8	5.9
69. 4-Bromophenyl Phenyl Ether						
70. Butylbenzyl Phthalate					3000	5200
71. 2-Chloronaphthalene					1700	4300
72. 4-Chlorophenyl Phenyl Ether						
73. Chrysene					0.0044	0.049
74. Dibenzo(a, h)Anthracene					0.0044	0.049
75. 1,2-Dichlorobenzene					2700	17000
76. 1,3-Dichlorobenzene					400	2600
77. 1,4-Dichlorobenzene					400	2600
78. 3,3′-Dichlorobenzidine					0.04	0.077
79. Diethyl Phthalate					23000	120000
80. Dimethyl Phthalate					313000	2900000
81. Di-n-Butyl Phthalate					2700	12000
82. 2,4-Dinitrotoluene					0.11	9.1
83. 2,6-Dinitrotoluene						
84. Di-n-Octyl Phthalate						
85. 1,2-Diphenylhydrazine					0.040	0.54
86. Fluoranthene					300	370
87. Fluorene					1300	14000
88. Hexachlorobenzene					0.00075	0.00077
89. Hexachlorobutadiene					0.44	50
90. Hexachlorocyclopentadiene					240	17000

<표 Ⅲ-3> 계속

화 합 물	담 수		해 수		인 체 건 강	
	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	최고농도 (㎍/L)	연속농도 ((㎍/L)	물과 유기체 섭취 (㎍/L)	유기체 섭취 (㎍/L)
91. Hexachloroethane					1.9	8.9
92. Indeno(1,2,3-cd)Pyrene					0.0044	0.049
93. Isophorone					36	2600
94. Naphthalene						
95. Nitrobenzene					17	1900
96. N-Nitrosodimethylamine					0.00069	8.1
97. N-Nitrosodi-n-Propylamine					0.005	1.4
98. N-Nitrosodiphenylamine					5.0	16
99. Phenanthrene						
100. Pyrene					960	11000
101. 1,2,4-Trichlorobenzene					260	940
102. Aldrin	3		1.3		0.00013	0.00014
103. α-BHC					0.0039	0.013
104. β-BHC					0.014	0.046
105. γ-BHC	2	0.08	0.16		0.019	0.063
106. δ-BHC						
107. Chlordane	2.4	0.0043	0.09	0.004	0.0021	0.0022
108. 4-4′-DDT	1.1	0.001	0.13	0.001	0.00059	0.00059
109. 4,4′-DDE					0.00059	0.00059
110. 4,4′-DDD					0.00083	0.00084
111. Dieldrin	2.5	0.0019	0.71	0.0019	0.00014	0.00014
112. α-Endosulfan	0.22	0.056	0.034	0.0087	110	240
113. β-Endosulfan	0.22	0.056	0.034	0.0087	110	240
114. Endosulfan Sulfate					110	240
115. Endrin	0.18	0.0023	0.037	0.0023	0.76	0.81
116. Endrin Aldehyde					0.76	0.81
117. Heptachlor	0.52	0.0038	0.053	0.0036	0.00021	0.00021
118. Heptachlor Epoxide	0.52	0.0038	0.053	0.0036	0.00010	0.00011
119. PCB-1242		0.014		0.03	0.00017	0.00017
120. Toxaphene	0.73	0.0002	0.21	0.0002	0.00073	0.00075

자료 : USEPA, National Recommended Water Quality Criteria-Correction, EPA 822-Z-99-001, 1999

<표 III-4> 미국의 비독성물질에 대한 수질환경기준

화 합 물	담 수		해 수		인 체 건 강	
	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	최고농도 (㎍/L)	연속농도 (㎍/L)	물과 유기체 섭취 (㎍/L)	유기체 섭취 (㎍/L)
1. Alkalinity		20000				
2, Aluminum pH6.5-9.0	750	87				
3. Ammonia						
4. Aesthetic Qualities						
5. Bacteria						
6. Barium					1000	
7. Boron						
8. Chloride	860000	230000				
9. Chlorine	19	11	13	7.5		
10.ChlorophenoxyHerbicide2,4,5-T, P					10	
11. Chlorophenoxy Herbicide 2,4-D					100	
12. Chloropyrifos	0.083	0.041	0.011	0.0056		
13. Color		0.1		0.1		
14. Demeton					0.00013	0.00078
15. Ether, Bis Chloromethyl						
16. Gases, Total Dissolved						
17. Guthion		0.01		0.01		
18. Hardness						
19. Hexachlorocyclo-hexane-Technical					0.0123	0.0414
20. Iron		1000			300	
21. Malathion		0.1		0.1		
22. Manganese					50	100
23. Methoxychlor		0.03		0.03	100	
24. Mirex		0.001		0.001		
25. Nitrates					10000	
26. Nitrosamines					0.0008	1.24
27. Dinitrophenols					70	14000
28. Nitrosodibutylamine, N					0.0064	0.587
29. Nitrosodiethylamine, N					0.0008	1.24
30. Nitrosopyrrolidine, N					0.016	91.9
31. Oil and Grease						
32. Oxygen, Dissolved						
33. Parathion	0.065	0.013				
34. Pentachlorobenzene					3.5	4.1
35. pH		6.5-9		6.5-8.5	5-9	
36. Phosphorus Elemental				0.1		
37. Phosphate Phosphorus						
38. Solids Dissolved and Salinity					250000	
39. Solids Suspended and Turbidity						
40. Sulfide-Hydrogen Sulfide		2.0		2.0		
41. Tainting Substances						
42. Temperature						
43. Tetrachlorobenzene,1,2,4,5-					2.3	2.9
44. Tributyltin TBT	0.46	0.063	0.37	0.010		
45. Trichlorophenol,2,4,5-					2600	9800

자료 : USEPA, National Recommended Water Quality Criteria-Correction, EPA 822-Z-99-001, 1999

<표 III-5> 미국의 감각수용성 영향에 대한 수질환경기준

화 합 물	감각수용성 영향 환경기준 (㎍/L)
1. Acenaphthene	20
2, Monochlorobenzene	20
3. 3-Chlorophenol	0.1
4. 4-Chlorophenol	0.1
5. 2,3-Dichlorophenol	0.04
6. 2,5-Dichlorophenol	0.5
7. 2,6-Dichlorophenol	0.2
8. 3,4-Dichlorophenol	0.3
9. 2,4,5-Trichlorophenol	1
10. 2,4,6-chlorophenol	2
11. 2,3,4,6-Tetrachlorophenol	1
12. 2-Methyl-4-Chlorophenol	1800
13. 3-Methyl-4-Chlorophenol	3000
14. 3-Methyl-6-Chlorophenol	20
15. 2-Chlorophenol	0.1
16. Copper	1000
17. 2,4-Dichlorophenol	0.3
18. 2,4-Dimethylphenol	400
19. Hexachlorocyclopentadiene	1
20. Nitrobenzene	30
21. Pentachlorophenol	30
22. Phenol	300
23. Zinc	5000

자료 : USEPA, National Recommended Water Quality Criteria-Correction, EPA 822-Z-99-001, 1999

2. 영국

영국의 수질환경기준에 관한 관계법령으로 유럽연합의 75/440/EEC기준(음용수 원수로서 표류수 수질기준)을 적용한다. 현재는 일반적인 하천과 호소의 수질평가를 위해 화학분석의 결과치를 이용하고 있으나 차후에 생물학적인 면, 영양소에 관한 항목, 미적인 사항도 포함시키고자 노력하고 있다. 현 수질등급은 1A, 1B, 2, 3, 4, X의 6등급으로 구분하고 있고, 수질등급판정기준은 국립수위원회(National Water Council)에서 제정한다. 수질기준항목으로 유럽연합기준의 39개 항목 및 DO, BOD, 암모니아, 어류독성여부 추가 등 총 43개 항목이 있다. 등급별 수질기준에 대해서 살펴보면 1A등급의 경우, 음용수원이나 기타의 수원으로 적당한 높은 수질로서 고급의 낚시, 고급의 쾌적성을 갖는다. 1B등급은 1A보다 덜 높은 수질이나 근본적으로 동일한 용도로 쓸 수 있는 수질을 말한다. 2등급의 경우, 고도처리후 음용 가능한 물이고 어느 정도 양질의 어로를 기대할 수 있고, 중간정도의 쾌적성을 갖는다. 3등급은 어류가 부재하거나 산발적으로만 있을 정도로 오염된 물로서 저급의 산업용수원으로 쓰일 수 있으며 정화되면 더 많은 이수잠재성이 고려될 수 있는 수질을 말한다. 4등급의 경우 많이 오염되어

불쾌감을 유발할 수 있다. X는 등외의 등급이라고 할 수 있는데, 공중 위해가 더 진전되지 않도록 막는 것이 주목적이 되는 곳의 중요치 아니한 수로나 배수로이며 그 이수는 불가능한 수질을 나타낸다.

<표 Ⅲ-6> 영국의 수질분류기준

등급	수 질 기 준	비 고	현재의 잠재적 용도
1A	기준제한등급(95%) (ⅰ) DO포화농도 > 80% (ⅱ) BOD < 3㎎/L (ⅲ) NH_3 < 0.4㎎/L (ⅳ) 음용수의 용도인 경우 A2**등급의 기준에 부합되어야 한다. (ⅴ) EIFAC상에서 물고기에 독성이 없을 것	(ⅰ) 평균 BOD ≯1.5㎎/L (ⅱ) 가시적 오염현상이 없어야.	(ⅰ) 상질의 물로 음용수 용도에 적합하고 다른 모든 용도에도 적합 (ⅱ) 위락이나 기타 고급의 낚시 (ⅲ) 고도의 쾌적성
1B	(ⅰ) DO포화농도 > 60% (ⅱ) BOD < 5㎎/L (ⅲ) 암모니아 < 0.9㎎/L (ⅳ) 음용수용도일 경우 A2**등급의 기준에 부합되어야 한다. (ⅴ) EIFAC상에서 물고기에 독성이 없을 것	(ⅰ) 평균 BOD < 2㎎/L (ⅱ) 평균 암모니아 < 0.5㎎/L (ⅲ) 가시적인 오염현상이 없어야 (ⅳ) 고농도의 유출수의 비율이 높고 수로화, 낮은 경사, 또는 부영양화 같은 물리적 인자의 영향으로 1a의 분류에 속할 수 없는 수체. (ⅴ) 1A와 1B는 모두 RPS(River Pollution Survey)의 분류 1에 해당.	1A보다 저급의 물로 같은 목적의 용도에 대치하여 사용할 수 없다.
2	(ⅰ) DO포화농도 > 40% (ⅱ) BOD < 9㎎/L (ⅲ) 음용수의 용도인 경우 A3**등급의 기준에 부합되어야 함. (ⅳ) EIFAC상에서 물고기에 독성이 없을 것	(ⅰ) 평균 BOD < 5㎎/L (ⅱ) RPS의 2급에 해당 (ⅲ) 부패색과 웨어 하부의 약간의 거품 외에 오염의 물리적 현상이 없을 것	(ⅰ) 고도처리후 음용수의 용도로 사용가능 (ⅱ) 오염에 강한 물고기가 서식할 수 있을 것 (ⅲ) 중간정도의 쾌적성
3	(ⅰ) DO포화농도 > 10% (ⅱ) 혐기상태가 아닐 것 (ⅲ) BOD < 17㎎/L	RPS 3급에 해당	물고기가 살 수 없지만, 가시적 오염현상은 없는 수체. 저급의 공업용수로 사용. 정화된다면 보다 나은 용도로 사용할 수 있음
4	거의 혐기상태로 3급수보다 열악	RPS 4급에 해당	심하게 오염, 불쾌감을 일으키는 물
X	DO포화농도 > 10%		중요하지 않은 수로나 도랑으로 이용

주)

(a) 열악한 기후조건하에서(예 : 홍수, 가뭄, 또는 강추위), 또는 식물의 성장과 부패하에서는, 1, 2, 3으로 분류되는 강들이 이들 등급에 대한 기준이상의 BOD, DO, NH_3농도를 갖는다. 이런 상황은 분석적 결과에 따라 설명되어야 한다.

(b) BOD는 5일간의 탄소BOD이다.(ATU) ; NH_3는 NH_3-N을 나타낸다.

(c) 상기의 대부분의 화학적 분석의 예들은 적합하여야 하나, 분류기준은 화학적 항목의 수를 정하도록 하고 있어, 분류에 사용된 항목이외의 화학적 기질이 존재하는 경우가 있을 수 있다. 이런 경우, 수질분류는 생태계에 실질적으로 존재하는 것에 따라 행해져야 하고, 그 원인을 설명해야 한다.

(d) EIFAC(European Inland Fisheries Adversary Commission) 규제는 95%제한으로 표현되어야 한다.

* 고도의 재폭기가 있는 경우에는 적용되지 않음

** EEC항목의 A2, A3의 요구사항들은 회원국에서 음용수의 추출을 위한 지표수의 수질에 관해 1975년 6월 16일의 EEC Council Directive에서 정해졌다.

자료 : M.A. House, 1988

Department of The Environment, U.K. Environment, 1992

한편 하천에서의 BOD농도를 기준으로 일반적으로 사용하는 수질의 정도 및 용도에 대한 기준은 다음과 같다.

<표 III-7> 영국 하천에서의 일반적 수질등급

등급	상황	수질의 정도	용도	BOD(㎎/L)
1A	very good	- 상당히 좋은 수질 - 고급위락용수	용수공급 낚시 고급어종	3.0 이하
1B	good	- 좋은 수질	용수공급 낚시 일반어업	5.0 이하
2	fair	- 양호한 수질 - 일반적 위락용수	고도처리후 음료 오염내성종	9.0 이하
3	poor	- 오염이 진행되어 물고기가 거의 살 수 없음	저급의 용수공급 처리후 일반용수공급	17.0 이하
4	bad	- 오염이 심화되어 불쾌감 조성		

자료 : Paul W. O'Callagban, 1996

3. 독일

독일의 수질기준 관계법령은 유럽연합의 75/440/EEC기준(음용수 원수로서 표류수 수질기준)을 적용한다. 수질등급판정기준은 "주간(州間) 물분야 협력위원회" (Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser : LAWA)가 정한 수질기준등급기준도 있다. LAWA에서는 수질등급판정기준은 7개 등급으로 구분한다. 등급기준의 경우 유럽연합기준은 유럽각국과 마찬가지로 동일하게 적용하는데, 수질특성을 서술적으로 기술하고 있고 수량이 풍부하고 변화가 적어 저서생물에 의한 판정을 중시하며 이화학적 지표는 보조적으로 이용한다. 독일의 수질환경기준은 7가지 등급으로 이루어져 있으며 각 등급별 구분은 전반적인 수질상태에 따라 판단하도록 하고 있다.

독일의 대부분의 하천은 양호(수질 Ⅱ 등급) 수준에서 위험한 수준(수질 Ⅱ-Ⅲ 등급)을 나타내고 있으며 대부분의 하천의 수질목표는 Ⅱ등급에 두고 있다. 오염정도가 심한 하천(수질 Ⅲ-Ⅳ 등급)과 아주 심한 하천(수질 Ⅳ 등급)은 국지적으로 나타난다. 다음은 독일의 수질평가 단계이다. 수질등급별 수질특성을 자세히 살펴보면, Ⅰ등급은 청정 내지 아주 경미한 오염이 있는 상태를 나타낸다. 청정하며 항시 용존산소량이 포화상태에 가깝고 영양물질이 적은 물로서 박테리아량이 적고 조류, 이끼, 편충류, 곤충의 유충이 약간 살며 고급어류의 산란지가 되는 수질을 말한다.

<표 III-8> 독일 LAWA에 의한 수질등급 분류

수질 등급	유기오염도	오수생물계열	오수생물지수	BOD_5 (㎎/L)	NH_4-N (㎎/L)	DO최소 (㎎/L)
Ⅰ	청정 내지 극경미 오염	빈부수성	1.0-<1.5	1	많아야 흔적정도	>8
Ⅰ-Ⅱ	경미한 오염	빈-β부수성 천이구역	1.5-<1.8	1-2	0.1내외	>8
Ⅱ	보통 오염	β-중부수성	1.8<2.3	2-6	<0.3	>6
Ⅱ-Ⅲ	상당한 오염	β-α중부수성 천이구역	2.3-<2.7	5-10	<1	>4
Ⅲ	강한 오염	α-중부수성	2.7-<3.2	7-13	0.5내지 (㎎/L)	>2
Ⅲ-Ⅳ	매우 강한오염	α-중부수성 내지 강부수성 천이구역	3.2-<3.5	10-20	(㎎/L)	<2
Ⅳ	지나친 오염	강부수성	3.5-<4.0	>15	(㎎/L)	<2

* 오수생물지수(Saprobic Index)의 산출방법 : 출현저서생물의 種連番號, 단위오탁계급치, 출현도, 지표가중치, 출현종수를 고려하여 산출

<표 III-9> 독일의 수질 등급 구분

등급	수 준	수 질 실 태
Ⅰ	No to very low pollution	- 용존산소 포화된 순수한 물 - 영양물 농도 낮음 - 연어의 산란가능
Ⅰ-Ⅱ	Low pollution	- 용존산소를 고갈물질이 없음 - 유기 및 무기물질 농도 낮음 - 다양한 종류의 조류(algae) 존재
Ⅱ	Moderate pollution	- 약간 오염은 있으나 용존산소 공급이 좋음 - 수생태계의 다양성 유지 - 단일종류의 다량의 조류 존재, 수초 번식, 달팽이 등
Ⅱ-Ⅲ	Critical pollution	- 과량의 용존산소 고갈하는 유기물 함유 - 용존산소결핍으로 물고기 폐사 시작 - 종의 다양성 감소, 조류의 다량 발생이 나타남
Ⅲ	Severe pollution	- 상당량의 용존산소 고갈하는 유기물 함유 - 용존산소결핍으로 주기적인 물고기 폐사 - 조류나 수초보다 하수박테리아 군집 다량 존재
Ⅲ-Ⅳ	Very severe pollution	- 용존산소 부족 및 독성물질로 인해 생존 제한 - 고기는 제한된 지역에서 간혹 발견 - 슬럿지의 퇴적, 실지렁이 다량 서식
Ⅳ	Excessive pollution	- 용존산소 고갈물질 다량 함유 - 용존산소가 거의 고갈 또는 완전 제로 - 박테리아 편모충 서식, 종종 독극물로 인해 생물 멸종

자료 : Federal Ministry for the Environment, 1994

Ⅰ-Ⅱ등급의 경우, 경미한 오염을 나타내며, 뚜렷한 용존산소의 소모가 없는 상태에서 유·무기성의 영양물질이 가볍게 들어 있는 물이며 다양한 저서생물종이 많이 사는 수질을 말한다. Ⅱ등급은 보통 오염도를 나타내는데, 조류·달팽이·가재류·유충이 다양하게 개별 군집형태로 살며 수생식물이 수면 대부분을 덮고 어류의 번식력이 풍부한 수질을 말한다. Ⅱ-Ⅲ등급은 상당한 오염정도를 말한다. 산소소모적인 유기성의 물질로 오염되어 상당한 문제를 갖고 있는 물로서 용존산소결핍에 따른 어류가 폐사 가능하며 Macroorganism의 종이 감퇴되어 특정한 종이 대량 발생하는 경향이 있고 조류가 광범위한 수면을 덮는 수질을 말한다. Ⅲ등급은 강한 오염도를 나타내며, 산소소모적인 유기성의 물질로 강하게 오염되고 용존산소량이 매우 적은 물로서 군데군데 혐기성 슬러지가 퇴적되며 纖維狀의 폐수미생물(박테리아)과 定住하는 纖毛狀 동물들이 수면 전반적으로 군체를 이루어 조류나 고등식물을 능가하는 상태로서 산소결핍에 둔감한 동물성 Macroorganism(해면, 거머리, 물지네)이 이따금 상당수 나타나며 어류의 번식력이 적고 어류가 주기적으로 폐사하는 것을 고려해야 하는 수질을 말한다. 매우 강한 오염을 나타내는 Ⅲ-Ⅳ등급은 산소소모적인 유기성의 물질로, 매우 강하게 오염되고 때로는 독성영향이 상승작용을 일으켜 생존조건이 최소로 위축된 물로서 시간에 따라 산소가 완전히 고갈되기도 하며 폐수 중 부유물질로 인하여 탁해지고 혐기성 슬러지의 퇴적이 확장되며 하루살이 적유충류나 슬러지 지렁이류가 밀집하여 살고 섬유상의 폐수 박테리아가 퇴조하며 어류가 늘 보이지 않고 단지 군데군데 부분적으로만 제한적으로 볼 수 있는 수질을 특징으로 한다. 지나친 오염도를 나타내는 Ⅳ등급은 산소소모적인 유기성의 물질로 과도하게 오염된 물로서 혐기성 반응이 전반적으로 진행되고 용존산소가 장기간에 걸쳐 극히 적게 들어있거나 완전히 고갈되며 박테리아류·편모류·자유생존적인 섬모류가 지배적으로 존재하고 강한 독성 오염시 생물학적 사멸이 발생하는 수질을 특징으로 한다.

4. 프랑스

프랑스의 수질기준 관계법령은 유럽연합의 75/440/EEC기준(음용수 원수로서 표류수 수질기준)을 적용하고, 수질등급판정기준은 하천관리청별로 제정한다. 등급기준의 경우, 유럽연합기준은 유럽각국과 마찬가지로 동일하게 적용하며, 수질등급판정기준은 5개 등급 (1A, 1B, 2, 3, 4)으로 구분한다. 수질기준항목으로 총 28개항목이 있고, 생활환경항목인 BOD, DO, TKN, NH_4, 계면활성제, 대장균, 연쇄상구균, 전기전도도, COD, pH, 색도 등 17개 항목과 건강기준항목인 Cr, Se, Fe, Zn, Mn, Cd, Mn, F, Cu, Zn, CN 의 11항목 등이 있다.

<표 III-10> 프랑스의 수질환경기준 (단위: ㎎/L)

등 급	1A	1B	2	3	4
Temp℃	<20	20-22	22-25	25-30	>30
수소이온농도pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9.5	<5.5 or >9.5
용존산소	>7	5-7	3-5	<3	<3
용존산소포화율%	>90	70-90	50-70	<50	<50
BOD_5	<3	3-5	5-10	10-25	>25
COD	<20	20-25	25-40	40-80	>80
황산이온SO_4		<250		>250	>250
NH4	<0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	>8
NO_3		<44		44-100	>100
페놀류	<0.001	<0.001	0.001-0.05	0.05-0.5	>0.5
H_3PO_4	<0.4	0.4-0.7		>0.7	
음이온계면활성제	<0.2	<0.2	0.2-0.5	>0.5	>0.5
CN		<0.05		>0.05	>0.05
C_r		<0.05		>0.05	>0.05
F	<0.7	0.7-1.7	0.7-1.7	>1.7	>1.7
Pb		<0.05		>0.05	>0.05
Se		<0.01		>0.01	>0.01
CU	<0.05	<0.05	0.05-1	>1	>1
Zn	<3	0.5-1	3-5	>5	>5
As	<0.05	<0.05	0.05-0.1	>0.1	>0.1
Fe	<0.5	0.5-1	1-1.5	>1.5	>1.5
Mn	<0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	>0.5	>0.5
Cd		<0.005		>0.005	>0.005
추출물질	<0.2	0.2-0.5	0.5-1	>1	>1
대장균군N/100㎖	<2000	<2000	>2000	>2000	
연쇄상구균N/100㎖	<20	20-1000	1000-10000	>10000	>1000
염분도	0	1	2	3	4
전기전도도	<400	400-750	750-1500	1500-3000	>3000
(μmhos/cm)					
염소이온$C1^-$	<100	100-200	200-400	400-1000	>1000

자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

5. 벨기에

벨기에의 수질기준 관계법령은 유럽연합의 75/440/EEC기준(음용수 원수로서 표류수 수질기준)을 적용하고, 수질등급판정기준은 벨기에 표준협회에서 제정한다.

등급기준은 유럽연합기준은 유럽각국과 마찬가지로 동일하게 적용하고, 수질등급판정기준은 생물지수에 의하여 6개 등급으로 구분한다.

<표 III-11> 벨기에의 생물지수에 의한 수질기준등급

등 급	생물지수	수 질
Ⅰ	10-9	비오염 또는 경미하게 오염
Ⅱ	8-7	기볍게 오염
Ⅲ	6-5	적당히 오염(Critical Situation)
Ⅳ	4-3	중하게 오염
Ⅴ	2-0	매우 중하게 오염
-	0	조사가 불가능: 생물지표가 완전히 不在

자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

6. 스위스

스위스는 하수처리시설 등 환경기반시설이 잘 갖추어져 있고 알프스산의 만년설이 녹은 저온의 맑은 물이 많이 흘러 호소나 하천이 깨끗하다는 우리들의 인식과는 달리 수질목표를 1구분으로 하여 BOD가 4.0㎎/L이하, 용존산소가 6.0㎎/L이상으로 정하여 우리의 3급수 수준 유지를 목표로 하고 있다. 총 53개 항목에 대해서 언급하고 있고, 우리나라와는 달리 생활환경 보전을 위한 환경기준과 건강보호를 위한 환경기준을 구분하고 있지 않다. 다만 다양한 유·무기 화합물에 대한 수질기준을 정하고 있고 중금속 대부분의 기준은 우리보다 강한 편에 속한다.

<표 III-12> 스위스의 표류수 수질목표

구분	지표수의 수질목표 연 347일 이상 준수수	구분	지표수의 수질목표 연 347일 이상 준수수
온도	최고온도차 3℃ 최고온도 25℃	NH_3/NH_4+	0.5(㎎/L), 음용수공급에 비사용시 완화된 값인 0.1㎎자유NH_3/L 설정가능
투명도법	탁도 없음	활성화 Cl	무독성
색깔	색도 없음	활성화 Br	무독성
냄새와 맛	냄새와 맛 없음	$ClCO_2$	무독성
독성	독성 없음	Cl	100(㎎/L)
염분	수질을 악화시키지 않는 정도	CN	0.01(㎎/L)
총불용성물질	슬럿지 생성없음	F	1.0(㎎/L)
침강성고체	슬럿지 생성없음	NO_3	25(㎎/L), 음용수에 비사용시 더 완화된 값 설정가능
pH	자연 pH	NO_2	무독성
산소	최소 6.0㎎O_2/L	총인	- 호소에서 가능한 한 낮아야 함 - 호소유역 외에서의 조류와 잡초의 증식이 제한되어야 함
표면장력	20℃에서 >65dyne/㎝	SO_4	100(㎎/L)
Al	0.1(㎎/L)	S	무독성
As	0.01	SO_3	무독성
Ba	0.5	용존유기탄소	2.0(㎎C/L)
Pb	0.05(㎎/L)	총유기탄소	불특정
B	1.0(㎎/L)	COD	불특정
Cd	0.005(㎎/L)	$KMnO_4$ 값	불특정
Cr^{3+}	0.05(㎎/L)	BOD_5	4.0(㎎O_2/L)
Cr^{6+}	0.01(㎎/L)	방향족아민(디클로로아민으로)	0.005(㎎/L)
Fe	1.0(㎎/L)	기름과 지방산	불명시
Co	0.05(㎎/L)	총탄화수소	0.05(㎎/L)
Cu	0.01(㎎/L)	염소화 용매	0.005(㎎/L), Cl로
Ni	0.05(㎎/L)	비휘발 친유성 염소화합물	0.005(㎎Cl/L)
Hg	0.001(㎎/L)	총유기염소살충제	0.0005(㎎Cl/L)
Ag	0.01(㎎/L)	페놀(휘발성)	0.005(㎎/L)
Zn	0.2(㎎/L)	페놀(비휘발성)	0.005(㎎/L)
Sn	0.5(㎎/L)		

자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

7. 헝가리

헝가리는 구 동구권에 속했던 나라 중에서는 모든 분야에서 가장 서구수준에 근접하고 있어서 구 동구권의 특색과 서구의 특색과의 중간에 서 있는 상태이다.

<표 III-13> 헝가리의 수질환경기준

성분		바람직한 수준(D)	허용가능한 수준(A)
고빈도모니터링	온도(℃)	25	30
	전기전도도(20℃)(㎲/㎝)	800	1600
	총용존 고체(㎎/L)	500	1000
	pH	6.5-8.0	6.5-8.5
	용존산소(㎎/L)	6	4
	CODd(㎎/L)	25	40
	CODps(㎎/L)	8	15
	BOD_5(㎎/L)	5	10
	총경도(CaO로)	150	350
	알칼리도(mmol/L)	2-15	<2 >15
	Mg(㎎/L)	50	100
	NH_4+(㎎/L)	1.0	2.5
	NO_s(㎎/L)	0.10	0.30
	NO_3(㎎/L)	20	40
	PO_4(㎎/L)	0.3	2.0
	Cl_2(㎎/L)	100	200
	SO_4(㎎/L)	100	250
	광물유(UV)(㎎/L)	0.02	0.2
	페놀(㎎/L)	0.005	0.020
	계면활성제(㎎/L)	0.20	0.50
	Na(%)	35	45
	Mn(㎎/L)	0.5	1.0
	Fe(총)(㎎/L)	0.5	2.0
	유막(%)	0	10
	Pantle-Buck 지수	2.5	3.5
저빈도모니터링	As(㎎/L)	0.05	0.10
	Zn(㎎/L)	0.05	0.5
	Ag(㎎/L)	0.005	0.01
	Hg(㎎/L)	0.0005	0.001
	Cd(㎎/L)	0.003	0.005
	Cr(총)(㎎/L)	0.020	0.100
	Ni(㎎/L)	0.020	0.100
	Pb(㎎/L)	0.010	0.050
	Cu(㎎/L)	0.2	1.0
	B(㎎/L)	0.5	1.0
	Co(㎎/L)	0.01	0.50
	Se(㎎/L)	0.01	0.02
	총질소(㎎/L)	10.0	20.0
	총인(㎎/L)	1.0	3.0
	총SS(㎎/L)	500	1000
	플루오르화합물(㎎/L)	0.9-1.7	X
	CN(㎎/L)	0.01	0.10
	클로로필-a(㎎/㎥)	20	80
	조류수(藻類數)(i/L)	5×10^5	10×10^5

자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

헝가리는 표류수의 수질을 바람직한 수준, 허용할만한 수준, 허용할만한 수준 외의 3가지로 구분해 놓고 있다. 바람직한 수준(Desirable level : D)은 단순처리 후 음용가능하고, 생태

계의 지속성유지에 적절히 좋은 수질을 말한다. 허용할만한 수준(Acceptable : A)은 생태계에 위해는 없으나, 음용수용으로는 복합적인 처리기술이 요구되는 상당히 오염된 수질을 나타내고, (A) 이하의 수준 외의 경우는 수서생물이 심각하게 영향을 받으며, 음용수로 더 이상 타당성이 없을 정도로 고도로 오염된 수질을 말한다. BOD가 단순처리 후 음용가능하다고 하는 바람직한 수준에서 5㎎/L이하로 정하고 있고 용납할만한 수준에서는 10㎎/L이하로 우리의 3급수 내지 5급수에 해당되도록 정하고 있다. 용존산소의 경우에도 각각 6㎎/L이상 4㎎/L이상으로서 우리보다 이완되어 있고 총질소, 총인의 경우에는 우리의 등외수준으로 목표를 두고 있는 반면 중금속류는 대체로 더 강한 편이다.

8. 이태리

북부이태리의 알프스산자락에 크고 작은 자연호가 많은 이태리는 호소의 분류기준과 그 잠재적 이수의 범위를 바탕으로 수질판정기준은 총인 항목에 의하여 A, B, C, D, I의 5개 등급으로 구분한다. 빈영양호인 등급 A는 총인 10㎎/㎥이하인 EU의 음용수기준 1등급으로 단순한 물리적 처리 후 음용할 수 있는 수질에 해당한다. 등급 B는 빈-중영양호로 총인 10～20㎎/㎥, EU의 음용수기준 2등급으로 통상의 물리적 처리후 음용이 가능하고 어업1등급인 연어과가 서식가능한 수질이다. 등급 C는 중영양 내지 중-부영양호로 총인 20～50㎎/㎥, EU의 음용수기준 3등급인 고도처리 후 음용할 수 있고, 어업2등급으로 잉어과가 서식하는 수질을 말한다. 부영양호인 등급 D는 총인 50～100㎎/㎥, 어업2등급으로 잉어과가 서식하고, 농・공업용수로도 사용되며, 수서생물에 급성영향이 없는 물을 말한다. 마지막으로 오염된 호소인 등급 I는 선박수송 외에는 사용할 수 없는 수질상태는 나타낸다.

<표 III-14> 이태리의 호소 영양상태분류기준

등급	호소	상 태
A	빈영양호	총인<10㎎/㎥, EU(구주공동체)의 음용수기준 1등급(단순물리적 처리후 음용), 자연환경의 보존과 B-D의 수질
B	빈-중영양호	총인 10-20㎎/㎥, EU의 음용수기준 2등급(통상의 물리적 처리후 음용), 어업1등급(연어과 서식), 자연환경의 보존과 C-D의 수질
C	중영양 내지 중-부영양호	총인 20-50㎎/㎥, EU의 음용수기준 3등급(고도처리후 음용), 어업2등급(잉어과 서식), 자연환경의 보존, 수욕과 D의 수질
D	부영양호	총인 50-100㎎/㎥, 어업2등급(잉어과 서식), 농・공업용수, 수서생물에 급성영향이 없음.
I	오염호	선박수송외의 불가수질

자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

9. 스웨덴

스웨덴은 호소의 나라로 불릴 정도로 자연호가 많으나 호소의 산성화가 큰 문제로 대두되었던 나라이다. 스웨덴의 호소분류의 한 체계가 국립환경보호위원회에 의하여 개발이 추진되고 있는데, 이 분류법의 주된 초점은 이수가 아니라 물의 생태적 질에 맞추어져 있다. 영양상태, 산성도, 산소상태, 광여건, 물·침전물·생물계속의 중금속 출현 등이 고려되며 자연배경과 비교한 그 영향과 현재의 상태를 5개 질등급(質等級)과 4개의 오염등급으로 다음과 표들과 같이 분류하는 안으로 되어 있다. 국지적 여건상 필요하면 등급의 추가도 가능하다.

5개의 질등급은 영양상태, 산소/유기물질, 밝기조건, 알카리도·pH, 수중금속, 저질금속, 어류중의 금속 등의 7개 상위항목을 고려하고, 27(8)개의 하부항목으로 나누어 나타내 진다. 4개 오염등급은 부영양화, 산소/유기물질, 산성화, 밝기조건, 물·물이끼 및 저질에서의 금속으로 5개 상위항목과 10개 하위항목으로 나타낸다.

<표 III-15> 생태학적 호소수질분류체계

분류	영양상태		산소/유기물질			밝기 조건			알카리도, pH		
	총인 (㎍/L)	총질소 (㎍/L)	산소 (㎎/L)[1]	산소 (%)[2]	TOC, COD(㎎/L)	색깔 (㎎Pt/L)	탁도 (JTU)	SS (㎎/L)	Secchi disc(m)	알카리도 (meqv/L)	pH
1	<7.5	<0.30	>7	>90	<5	≤10	≤0.5	≤1.5	>8	>0.5	>7.1
2	15	0.45	5	80	10	25	1.0	3	5	0.1	6.8
3	25	0.75	3	70	15	60	2.5	6	3	0.05	6.3
4	50	1.50	1	60	20	100	7.0	12	1	0.01	5.7
5	>50	>1.50	≤1	≤60	>20	>100	>7.0	>12	≤1	≤0.01	≤5.7

분류	수 중 금 속(㎍/L)							어류중의 금속(Esox Lucius, Muscle)(㎎/㎏ w.s.)
	Cd	Pb	Cr	As	Cu	Ni	Zn	Hg
1	≤0.1	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.3	≤0.2	≤1	≤0.25
2	0.05	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5	0.50
3	0.1	2	2	2	2	2	15	0.75
4	0.3	5	10	10	5	10	75	1.5
5	>0.3	>5	>10	>10	>5	>10	>75	>1.0

주) 1) 성층화호소 : 저질수에서 연 최소
2) 비성층화호소, 개울 : 연 최소(산소)나 최고(TOC) : 사용되는 최고 분류를 주는 크기
자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

<표 III-16> 수질오염분류 권고치 : 분류는 현재치/배경치로 확인

분류	부영양화		산소/유기물질			산성화	밝 기 조 건		물, 물이끼 및 저질에서의 금속	
	총인	총질소	산소[1]	산소 (%)[2]	TOC, COD(㎎/L)[2)3)]	알카리도 (meq/L)	SS (㎎/L)[4]	Secchi disc(m)	물, 물이끼	저 질
0	≤5		>0.75	≤10	≤5	>0.75	≤1.3	>0.75	≤1.5	≤1.5
1	2.0		0.50	20	10	0.50	2	0.50	3	6
2	3.0		0.25	30	15	0.25	4	0.25	10	20
3	>3.0		≤0.25	>30	>15	<0.25	>4	≤0.25	>10	>20

주) 1. 성층화호소 : 저질수에서 연최소
2. 비성층화호소, 개울 : 연최소(산소)나 최고(TOC, COD) : 최고등급을 주는 항목을 사용해야 함
3. 현재농도-배경농도
4. 층화호소 : 저질수에서 연최소
자료 : 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

이상 유럽의 주요국에 대한 기준을 비교해 보면 독일과 벨기에는 생물학적지수를 가장 중요하고, 독일에서 이화학적지표는 보조자료로서 사용된다. 프랑스는 BOD와 COD를 동시 적용하고 있다. EU의 기준에서 BOD와 COD는 호수의 경우 적용되지 않을 수도 있다. 유럽에서 BOD는 1등급이 3이하로서 엄격한 기준이 아니며, 특히 헝가리는 BOD 5가 1등급이다. 항목수는 영국과 독일은 유럽연합기준의 39개 항목 및 DO, BOD, 암모니아, 어류독성여부 추가 등 총 43개 항목이고 프랑스는 유럽연합 기준보다 작은 항목을 이용하고 있다.

<표 III-17> 유럽 주요국가 및 EU의 수질환경기준 비교 (BOD중심)

국 가	독일	영국	프랑스		EU	
등급 \ 항목	BOD	BOD	BOD	COD	BOD	COD
1	1	3	3	20	3	-
2	1 - 2	5	5	20 - 25	5	-
3	2 - 6	9	10	25 - 40	7	30
4	5 -10	17	25	40 - 80		
5	7 -13	-	>25	>80		
6	10 -20	-				
7	>15					
총항목수	39+4	39+4	28		39	

3-2. 아시아 지역 국가의 수질환경기준

1. 일본

일본은 1950년경 환경문제(미나마따 등) 발생으로 1958년에 수질보전법 및 공장폐수 배출규제법을 제정하였고, 이어 1967년 공해대책기본법(환경오염규제기본법 : 대기, 수질, 소음, 진동, 지반침하, 악취, 토양오염 등 환경오염현상 및 중앙정부, 지방정부, 기업체의 책임 등을 규정)을 제정하였다. 1967년에 공해대책기본법이 시행된 이후, 수질오염에 대한 환경기준을 작성하여 1971년에 고시하였다. 수질환경기준은 우리나라와 같이 대상항목에 따라 인간건강의 보호에 관한 기준과 생활환경의 보전에 관한 기준으로 나누어 정하고 있다. 인간의 건강보호에 관한 환경기준으로는 시안, 메틸수은, 유기인, 카드뮴, 납, 크롬(VI) 및 비소의 7항목, 생활환경의 보전에 관한 환경기준으로는 하천, 호소 및 해역으로 나누어, 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(BOD)(하천에 적용), 화학적 산소요구량(COD)(호소 및 해역에 적용), 부유물질량(SS)(하천 및 호소에 적용) 및 용존산소량(DO)의 5항목으로 하였다. 특징으로 우리나라의 등급 I 에 해당하는 최상위 등급을 AA와 A로 나눈 것과 수산등급에서 지표어종을 표시한 것을 지적할 수 있다.

그후, 1970년 5월 인간의 건강보호에 관한 환경기준의 항목 중 메틸수은 대신 알킬수은

및 총수은을 정하고, 생활환경보전에 관한 환경기준의 항목으로 대장균을 첨가하였고, 1971년 5월에는 생활환경의 보전에 관한 환경기준 중 해역에 대해 노말핵산추출물질(유분 등)을 첨가해 환경기준의 일부를 개정하였다. 그러나, 그후로도 PCB와 수은에 의한 어패류의 오염이 지속적으로 사회적인 문제가 되고, 수은과 PCB 등의 어패류 오염에 대해 어느 정도 기작의 해명이 되고, 분석기술의 발전과 실험기구보급에 의해 저농도분석이 가능하게 되자 수은에 대해서는 1973년, PCB에 대해서는 1975년에 환경기준을 개정하였다. 1982년에는 부영양화로 인해 수돗물의 異臭味와 여과장해, 赤潮 등의 발생으로 수산피해 등의 문제가 발생되자 이들 부영양화에 따른 장해를 제거하기 위해 질소와 인을 호수의 생활환경 보전에 관한 환경기준항목으로 추가하였다.

<표 III-18> 생활환경 보전을 위한 환경기준(하천)

유 형	적 용 대 상	기 준 치				
		pH	BOD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균수 (MPN/100㎎/L)
AA	수도1급, 자연환경보전 A이하 유형	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이상	5.이하
A	수도 2급, 수산 1급, 수영, B이하 유형	6.5~8.5	2이하	25이하	7.5이상	1000이하
B	수도 3급, 수산 2급, C이하 유형	6.5~8.5	3이하	25이하	5.0이상	5000이하
C	수산 3급, 공업용수 1급 D이하 유형	6.5~8.5	5이하	50이하	5.0이상	-
D	공업용수 2급, 농업용수 E이하 유형	6.0~8.5	8이하	100이하	2.0이상	-
E	공업용수 3급, 환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기 등의 부유물질이 없을 것	2.0이상	-

주) 1. 기준치는 일 평균에 기초한 것임(호소 해역에 이에 준함)
2. 농업용수로 쓰이는 경우 pH는 6.0이상, 7.5이하, DO는 5㎎/L이상이어야 한다.
3. 자연환경의 보존 : 경치와 자연적 자원의 보존
4. 용수등급 1 - 여과와 같은 간단한 처리조작에 의해 처리된 물
등급 2 - 침전이나 여과 같은 일반적인 처리조작에 의해 처리된 물
등급 3 - 전 처리를 포함해서 고도로 복잡한 처리조작을 통해 처리된 물
5. 수산등급 1 - 산천어 등이 살 수 있는 물
등급 2 - 연어, 은어 등이 살 수 있는 물
등급 3 - 잉어, 붕어 등이 살 수 있는 물
6. 공업용수등급 1 - 침전같은 일반적인 처리방법으로 처리된 물
등급 2 - 화학약품같은 처리방법으로 처리된 물
등급 3 - 특별한 처리방법으로 처리된 물
7. 환경의 보존 : 강변산책 등을 포함해 사람들에게 불쾌감을 유발하지 않는 한도

자료 : 水質法令研究會, 1996

1992년에는 인간의 건강보호에 관한 환경기준에서 1975년 이래로 수은, 카드뮴, PCB등 9가지 물질에 대해 개정하고 화학물질에 의한 공공용수역 등의 오염을 처리하기 위해 15항목(유기염소계화합물, 농약 등) 추가, 1항목(유기인)의 삭제, 2항목(납, 비소)의 기준치 강화를 행했다. 현재 일본의 환경기준은 우리나라와 같이 사람의 건강보호를 위한 항목과 생활환경 보전을 위한 항목으로 구분되어 있다. 사람의 건강을 위한 항목에는 법적 규제대상 23항목

외에 모니터링을 위한 25항목이 있다. 모니터링을 위한 항목은 고시항목에 포함시키지 않으나 수환경에서 지속적으로 검사되어야 할 항목을 지정하여 감시하고 있다.

<표 Ⅲ-19> 일본의 생활환경 보전을 위한 환경기준
(호소 : 천연호소 및 저수량 천만톤 이상의 인공저수지)

유형	적 용 대 상	기 준 치				
		pH	COD	SS	DO	대장균수
AA	수도 1급 수산 1급 자연환경보존 A이하 유형	6.5-8.5	1㎎/L이하	1㎎/L이하	7.5㎎/L 이상	50MPN/ 100㎎/L이하
A	수도 2, 3급 수산 2급 목욕 및 B이하 유형	6.5-8.5	3㎎/L이하	5㎎/L이하	7.5㎎/L 이상	1000MPN/ 100㎎/L이하
B	수산 3급 공업용수 1급 농업용수 및 C이하 유형	6.5-8.5	5㎎/L이하	15㎎/L 이하	5㎎/L이상	-
C	공업용수 2급 환경보존	6.0-8.5	8㎎/L이하	쓰레기등이 없어야 함	2㎎/L 이상	-

주) 1. 수산등급 1, 2, 3에 있어 SS에 대한 기준은 당분간 적용되지 않는다.
2. 용수공급 - 하천에 대한 것 참조
3. 공업용수 1 - 침전 등과 같은 일반적인 처리로 처리된 물
공업용수 2 - 약품주입 등에 의한 고도의 정수조작, 또는 특수한 정수조작을 행하는 것
4. 환경보존 - 일상생활에서 사람에게 불쾌감을 주지 않을 정도
자료 : 水質法令硏究會, 1996

<표 Ⅲ-20> 일본의 호수 및 저수지의 총질소 및 총인 기준

구 분	물 이 용 목 적	T-N	T-P
Ⅰ	자연환경의 보존과 Ⅱ이하 유형	0.1㎎/L이하	0.005㎎/L이하
Ⅱ	수도 1,2,3 ; 수산등급 1 ; 목욕과 Ⅲ이하 유형	0.2㎎/L이하	0.01㎎/L이하
Ⅲ	수도 3급과 Ⅳ이하 유형	0.4㎎/L이하	0.03㎎/L이하
Ⅳ	수산 2급과 Ⅴ이하 유형	0.6㎎/L이하	0.05㎎/L이하
Ⅴ	수산 3급 공업용수 농업용수 환경의 보존	1㎎/L이하	0.1㎎/L이하

주) 1. 기준치는 연간평균 임
2. 총질소에 대한 기준치는 질소가 식물성플랑크톤의 증식요인이 되는 호소에 적용
3. 총인에 대한 기준은 농업용수에는 적용하지 않음
4. 자연환경의 보존 - 경관 및 기타 자연자원의 보존

<표 III-21> 일본의 인간의 건강보호에 관련된 항목(23항목)

	항 목	기 준 치
1	Cd	0.01㎎/L이하
2	Total CN	ND
3	Pb	0.01㎎/L이하
4	Cr(Ⅵ)	0.05㎎/L이하
5	As	0.01㎎/L이하
6	Total Hg	0.0005㎎/L이하
7	Alkyl Hg	ND
8	PCB	ND
9	Trichloroehtylene	0.03㎎/L이하
10	Tetrachloroethylene	0.01㎎/L이하
11	Carbontetrachloride	0.002㎎/L이하
12	Dichloromethane	0.02㎎/L이하
13	1, 2 - Dichloroethane	0.004㎎/L이하
14	1, 1, 1 - Trichloroethane	1㎎/L이하
15	1, 1, 2 - Trichloroethane	0.006㎎/L이하
16	1, 1 - Dichloroethylene	0.02㎎/L이하
17	Cis - 1, 2 Dichloroethylene	0.04㎎/L이하
18	1, 3 - Dichloropropene	0.002㎎/L이하
19	Thiram	0.006㎎/L이하
20	Simazine	0.003㎎/L이하
21	Thiobencarb	0.02㎎/L이하
22	Benzene	0.01㎎/L이하
23	Se	0.01㎎/L이하

주) 일년 평균치이나 Total CN은 최대치에 기초한 기준치임

자료 : 水質法令研究會, 1996

<표 III-22> 일본의 주요감시항목 및 지침치

	항 목 명	지 침 치
1	Chloroform	0.06 ㎎/L이하
2	trans-1,2-Dichloroethene	0.04 ㎎/L이하
3	1,2-Dichloropropane	0.06 ㎎/L이하
4	p-Dichlorobenzene	0.3 ㎎/L이하
5	Isoxathion	0.008 ㎎/L이하
6	Diazinon	0.005 ㎎/L이하
7	Fenitrothion	0.003 ㎎/L이하
8	Isoprothiolane	0.04 ㎎/L이하
9	Oxide-copper	0.04 ㎎/L이하
10	Chlorothalonil	0.04 ㎎/L이하
11	Propyzamide	0.008 ㎎/L이하
12	EPN	0.006 ㎎/L이하
13	Dichlorvos	0.01 ㎎/L이하
14	Fenobucarb	0.02 ㎎/L이하
15	Iprobenfos	0.008 ㎎/L이하
16	Chlornitrofen*	-
17	Toluene	0.6 ㎎/L이하
18	Xylene	0.4 ㎎/L이하
19	Di-2-ethylhexyl phthalate	0.06 ㎎/L이하
20	Boron	0.2 ㎎/L이하
21	Fluorine	0.8 ㎎/L이하
22	Nickel	0.01 ㎎/L이하
23	Molybdenum	0.07 ㎎/L이하
24	Antimony	0.002 ㎎/L이하
25	Nitrate-N & Nitrite-N	10 ㎎/L이하

주) * : 잠정기준, 0.005㎎/L이하('94. 2월에 발암성 물질로 판명됨에 따라 전면생산금지조치로 기준삭제, 기존의 판매된 제초제의 사용이 끝날 때까지 잠정유지)

자료 : 水質法令研究會, 1996

2. 말레이시아

말레이지아는 수질상황을 6등급으로 나누며 Ⅰ등급은 자연적 환경용수로서 각종 용도로서 공급시 실질적으로 처리가 필요 없으며, 오염에 매우 민감한 수종이 생존가능한 용수이다. ⅡA등급은 용수공급을 위해 표준처리가 필요하고 수산용수로서는 오염에 민감한 어종이 생존가능한 수준이다. ⅡB등급은 신체접촉성 위락용도로 사용이 가능하고, Ⅲ등급은 용수공급을 위해 고도처리가 필요하고, 수산용수로서는 오염에 내성이 있는 종이 생존하고 축산용수로 사용가능한 수준이다. 기타 Ⅳ등급은 관개용수, Ⅴ등급은 상기에 해당하지 않는 기타의 용수를 뜻한다. BOD, DO, 부유물질, 대장균군수, 중금속류는 대체로 한·일과 유사한 수준으로 기준치가 정하여져 있으나 중금속, 농약성분, 방사선 등에 관한 기준을 상당히 많이 두고 있는데 실제적으로 관리가 되고 있는지 의문이다.

<표 Ⅲ-23> 말레이지아의 수질기준

항 목	등 급					
	Ⅰ	ⅡA	ⅡB	Ⅲ#	Ⅳ	Ⅴ
NH_3-N, ㎎/L	0.1	0.3	0.3	0.9	2.7	2.7
BOD, ㎎/L	1	3	3	6	12	12
COD, ㎎/L	10	25	25	50	100	100
DO, ㎎/L	7	5.7	5.7	3.5	3	1
pH	6.5-8.5	6.5-9.0	6.5-9.0	5-9	5-9	-
Color, TUC	15	150	150	-	-	-
전기전도도, μmhos/cm**	1000	1000	-	-	6000	-
부유물질	NV	NV	NV	-	-	-
냄새	NOO	NOO	NOO	-	-	-
염도, %**	0.5	1	-	-	2	-
맛	NOT	NOT	NOT	-	-	-
TDS, ㎎/L	500	1000	-	-	4000	-
TSS, ㎎/L	25	50	50	150	300	300
온도, ℃	-	Normal	-	Normal	-	-
탁도, NTU	5	50	50	-	-	-
대장균						
- fecal coliform no./100㎖	10	100	400	5000(20000)@	5000(20000)@	-
- total coliform no./100㎖	100	5000	5000	5000	5000	5000
Al, ㎎/L	-	-	-	0.056	0.5	-
As, ㎎/L	N	0.05	NR	0.045(0.44)	0.1	+
Ba, ㎎/L	N	1	NR	-	-	+
Cd, ㎎/L	N	0.005	NR	0.001(0.011**)	0.01	+
Cr(Ⅵ), ㎎/L	N	0.05	NR	0.054(1.45)	0.1	+
Cr(Ⅲ), ㎎/L	N	-	NR	-(2.53)	-	+
Cu, ㎎/L	N	1	NR	0.01(0.012*)	0.2	+
경도, ㎎/L	N	100	NR	-	-	+
Ca, ㎎/L	N	-	NR	-	-	+
Mg, ㎎/L	N	0.05	NR	-	-	+
Na, ㎎/L	N	-	NR	-	3SAR	+
K, ㎎/L	N	-	NR	-	-	+
Fe, ㎎/L	N	0.3	NR	1	1(Leaf), 5(Others)	+
Pb, ㎎/L	N	0.05	NR	0.01(0.014*)	5	+
Mn, ㎎/L	N	0.1	NR	0.1	0.2	+

<표 Ⅲ-23> 계속

항 목	등 급					
	Ⅰ	ⅡA	ⅡB	Ⅲ#	Ⅳ	Ⅴ
Hg, ㎎/L	N	0.001	NR	0.0001(0.004)	0.002	+
Ni, ㎎/L	N	0.05	NR	(0.9*)	0.2	+
Se, ㎎/L	N	0.01	NR	0.037(0.25)	0.02	+
Ag, ㎎/L	N	0.05	NR	(0.0002)	-	+
Sn, ㎎/L	N	NR	NR	0.05	-	+
U, ㎎/L	N	NR	NR	-	-	+
Zn, ㎎/L	N	5	NR	(0.35)	2	+
B, ㎎/L	N	1	NR	3.4	0.75	+
Cl, ㎎/L	N	200	NR	-	79	+
Cl_2, ㎎/L	N	-	NR	0.022	-	+
CN, ㎎/L	N	0.02	NR	0.0023(0.058)	-	+
F, ㎎/L	N	1	NR	(11)	1	+
NO_3/NO_2, ㎎/L	N	7/3	NR	0.028(0.37)	5	+
P, ㎎/L	N	0.1	NR	0.1	-	+
Si, ㎎/L	N	50	NR	-	-	+
SO_4^{2-}, ㎎/L	N	200	NR	-	-	+
S, ㎎/L	N	0.05	NR	0.001	-	+
CO_2, ㎎/L	N	-	NR	-	-	+
Radioactivity	N	0.1	NR	-	-	+
-Gross-α, becquerel	N	1	NR	-	-	+
-Gross-β, becquerel	N	+0.1	NR	-	-	+
Ra-226, becquerel	N	+0.1	NR	-	-	+
Sr-90, becquerel	N	500	NR	-	-	+
CCE, ㎍/L	N	500	NR	200	NR	+
MBAS/BAS, ㎍/L	N	40;NF	NR	NL	NR	+
O&G(Mineral), ㎎/L	N	7000;NF	NR	NL	NR	+
O&G(Emulsified), ㎍/L	N	0.1	NR	0.044(6.1)	NR	+
PCB, ㎎/L	N	10	NR	(9900)	NR	+
Phenol, ㎍/L	A	0.02	NR		NR	NR
Pesticides					NR	NR
- Aldrin/Dieldrin, ㎍/L	A	-	NR	0.008(0.2)	NR	NR
- BHC, ㎍/L	A	2	NR	0.13(9.9)-	NR	NR

<표 Ⅲ-23> 계속

항 목	등 급					
	Ⅰ	ⅡA	ⅡB	Ⅲ#	Ⅳ	Ⅴ
- Chlordane, ㎍/L	A	0.08	NR	(2.2)0.004	NR	NR
- t-DDT, ㎍/L	A	0.1	NR	(1)	NR	NR
- Endosulfan, ㎍/L	A	10	NR	(0.01)	NR	NR
- Heptachlor, ㎍/L	A	0.05	NR	0.06	NR	NR
- Epoxide, ㎍/L	A	-	NR	(0.91)	NR	NR
- Lindane, ㎍/L	A	2	NR	0.38(2.9)	NR	NR
- 2,4-D, ㎍/L	A	70	NR	(450)	NR	NR
- 2,4,5-T, ㎍/L	A	10	NR	(160)	NR	NR
- 2,4,5-TP, ㎍/L	A	4	NR	(850)	NR	NR
- Paraquat	A	10	NR	(1800)	NR	NR

주) NV : 가시적인 부유성 폐기물이 없어야 함;
NOO : 냄새가 없어야 함
NOT : 맛이 없어야 함;
** : 관련항목, 사용용도에 따라 규제
@ : 최대치를 초과하면 안됨;
NR : 해당치 없음
* : 50㎎/L $CaCO_3$의 경도
# : 24시간 평균농도와 최대농도가 제시됨
NF : 가시적인 필름, 광택, 변색, 침전물이 없어야 한다.
NL : 가시적인 층, 변색, 침전물이 없어야 한다.;
N : 자연수준
+ : Ⅳ등급 이상;
A : 없음
O&G : 기름과 유지

자료 : United Nations Environment Programme, 1996

3. 필리핀

필리핀은 5개 등급으로 된 수질환경에 관한 준거치와 공중건강의 보호를 위한 유독물질에 관한 준거치를 정하여 놓고 있는데, 기준치는 한·일과 대체로 비슷한 수준으로 책정되어 있고 농약성분도 유독물질 분야에 다수 포함되어 있다. 하천수에서 오염물질에 대한 수질기준은 색도, 온도, ph, DO, BOD5 등의 16개 항목을, 독성물질과 유해성 기질에 대한 하천수질기준은 Cd, CN, Cr, PCB 등의 17개 항목을 고려한다.

<표 Ⅲ-24> 필리핀 하천수에서 오염물질에 대한 수질기준

항 목	Unit	AA	A	B	C	D[b]
색도	PCU	15	50	(c)	(c)	(c)
온도[d]	상승℃	--	3	3	3	3
pH(범위)	포화%	6.8-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0
DO[e]	㎎/L	70	70	70	60	40
	㎎/L	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0
BOD_5, 20℃	㎎/L	1	5	5	7(10)	10(15)
TSS	㎎/L	25	50	(f)	(g)	(h)
TDS	㎎/L	500[i]	1,000[i]	--	--	1,000[i]
계면활성제(MBAS)	㎎/L	nil	0.2(0.5)	0.3(0.5)	0.5	--
Oil & Grease	㎎/L	nil	1	1	2	5
NO_3-N	㎎/L	1.0	10	nr	10[j]	--
PO_4-P	㎎/L	nil	0.1[k]	0.2[k]	0.4[k]	--
페놀성 물질	㎎/L	nil	0.002	0.005[l]	0.02[l]	--
총대장균	MPN/100㎖	50[m]	1,000[m]	1,000[m]	5,000[m]	--
분변성대장균	MPN/100㎖	20[m]	100[m]	200[m]	--	--
Cl^-	㎎/L	250	250	--	350	--
Cu	㎎/L	1.0	1.0	--	0.05[o]	--

주) <표 Ⅲ-25>의 (주)의 내용 참고

자료 : United Nations Environment Programme, 1996

<표 Ⅲ-25> 필리핀의 독성물질과 유해성 기질에 대한 하천수질기준 (단위 : ㎎/L)

항 목	AA	A	B	C	D
As(i)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
Cd(i)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Cr(Ⅵ)(i)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
CN	0.05	0.05	0.05	0.05	--
Pb(i)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
총Hg(i)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
유기인	nil	nil	nil	nil	nil
Aldrin	0.001	0.001	--	--	--
DDT	0.05	0.05	--	--	--
Dieldrin	0.001	0.001	--	--	--
Heptachlor	nil	nil	--	--	--
Lindane	0.004	0.004	--	--	--
Toxaphane	0.005	0.005	--	--	--
Methoxychlor	0.10	0.10	--	--	--
Chlordane	0.003	0.003	--	--	--
Endrin	nil	nil	--	--	--
PCB	0.001	0.001	--	--	--

주)
(a) 괄호안의 수치는 최대치
(b) 관개용수로 사용하기 위해서는 SAR가 8~18, B는 0.75㎎/L미만이어야 함
(c) 인위적 오염원에 의한 비정상적인 변색이 없어야 한다.
(d) 해당 월에 평균온도 이상의 가능최대상승온도. 이 상승은 현장에서 한달간 매일의 측정기록치의 평균에 따른 것으로 혼합영역의 상부지역은 제외
(e) 시료는 오전 9:00와 오후 4:00에 채집된다.; (f) 30㎎/L이상 증가되면 안됨.
(g) 30㎎/L이상 증가되면 안된다.; (h) 60㎎/L이상 증가되면 안됨
(i) 자연적 농도가 기준농도보다 높다면 기준을 적용하지 않으며 이와같은 사례가 빈번하면 자연적 농도로 기준점을 수정; (j) 호수, 저수지, 등 호소에만 적용
(k) 호수나 저수지에 적용시, 인산염농도는 평균 0.05㎎/L미만이어야 하고 최대 0.1㎎/L을 넘지 않아야 한다.
(l) 물고기의 향취에 영향을 미치는 농도가 되지 않아야 한다.
(m) 3개월간의 대장균수에 대한 최확수의 기하평균치 ; 한계치는 같은 기간에 취해진 시료의 20%가 기준치를 초과하지 말아야 한다.
(n) Chanoschanos와 기타 유사종의 산란지역; (o) 용존구리농도
nil : 매우 낮은 농도로 기존의 장비로는 검출이 불가능
-- : 이 기질에 대한 기준이 현재는 필요 없음; nr : 기준이 없음

자료 : United Nations Environment Programme, 1996

4. 태국

태국은 산업화가 덜 이루어져 있고 인구에 비하여 국토가 넓으며 강수량이 많아 하천의 수질을 관리하는데는 상당히 유리한 조건이다. 이를 반영하듯 태국의 수질환경기준은 BOD기준이 비록 80 Percentile값 기준이지만 1등급은 자연수준, 2~4등급이 1.5내지 4.0㎎/L로 정하고 있어 상당히 엄격한 편이다. 중금속류나 농약류도 마찬가지로 기준은 상당히 엄격하게 정하여져 있다. 태국은 하천수질 특히 방콕삼각주의 수질이 급격히 악화하기 시작한 1981년부터 하천수질 감시제도가 수행되기 시작하였다. 현재 전국의 하천을 5단계로 나누어 환경목표를 설정하고 각각 수질기준을 정하여 관리하고 있다.

등급별 특성과 잠재적 이수의 범위는 다음과 같다. 1등급은 오염이 없는 상태로 극히 맑은 자원을 가리킨다. 2등급은 매우 깨끗한 자원으로 경미한 오염정도를 나타내며 수처리와 소독을 해야하며, 수생 유기물의 보전, 휴양, 어업용수에 사용될 수 있다. 3등급은 보통 깨끗한 자원으로 적당히 오염된 수질상태로서 수처리와 소독이 요구되며, 농업용수로 사용된다. 4등급은 꽤 오염된 수자원이며, 3차처리와 소독이 요구되고 공업용수로 사용한다. 5등급은 상당히 오염된 자원으로 등급 1~4에 분류되지 않은 수자원으로 운하용도로만 사용한다.

<표 III-26> 태국의 하천수질등급 및 목표

등 급	환 경 / 목 표
1	(1) 일차소독만 필요함 (2) 자연생태계 생물유지를 위한 보전과 생태계에 사용되는 매우 깨끗한 수자원(오염되지 않은)
2	(1) 수처리와 소독을 필요로 함 (2) 수중 미생물의 보존 (3) 낚시 (4) 위락용도를 위한 매우 깨끗한 수자원(약간 오염된)
3	(1) 수처리와 소독을 필요로 함 (2) 농업용수를 위한 깨끗한 수자원(오염된)
4	(1) 고도처리와 소독을 필요로 함 (2) 공업용수로 사용되는 하천수(많이 오염된)
5	(1) 항해용도로만 사용되는 1~4등급에 속하지 않는 매우 심하게 오염된 물

자료 : United Nations Environment Programme, 1996

<표 III-27> 태국의 수질분류기준

항 목	기준치 / 수질등급				
	1	2	3	4	5
온도, ℃					
pH	n	n′	n′	n′	-
DO*, ㎎/L	n	5-9	5-9	5-9	-
BOD_5*, ㎎/L	n	6	4	2	-
대장균*	n	1.5	2.0	4.0	-
- 총대장균	-	5000	20000	-	-
- 분변성대장균	-	1000	4000	-	-
NO_3-N, ㎎/L	n	→	≤5.0	←	-
NH_3-N, ㎎/L	n	→	≤0.5	←	-
Phenols, ㎎/L	n	→	≤0.005	←	-
Cu, ㎎/L	n	→	≤0.1	←	-
Ni, ㎎/L	n	→	≤0.1	←	-
Mn, ㎎/L	n	→	≤1.0	←	-
Zn, ㎎/L	n	→	≤1.0	←	-
Cd, ㎎/L	n	→	≤0.005	←	-
Cr(Ⅵ), ㎎/L			≤0.05[21]	←	-
Pb, ㎎/L	n	→	≤0.05	←	-
Hg, ㎎/L	n	→	≤0.05	←	-
As, ㎎/L	n	→	≤0.002	←	-
CN, ㎎/L	n	→	≤0.01	←	-
방사능물질	n	→	≤0.005	←	-
- Gross α, becquerel/L	n	→	≤0.1	←	-
- Gross β, becquerel/L	n	→	≤1.0	←	-
살충제					
- Total, ㎎/L	n	→	≤0.05	←	-
- DDT, ㎍/L	n	→	≤1.0	←	-
- αBHC, ㎍/L	n	→	≤0.02	←	-
- Dieldrin, ㎍/L	n	→	≤0.1	←	-
- Aldrin, ㎍/L	n	→	≤0.1	←	-
- Heptachlor&Heptachlor Epoxide, ㎍/L	n	→	≤0.2	←	-
Endrin, ㎍/L	n	→	none	←	-

주) n : 자연적

n′: 자연적, 그러나 3℃이하로 변화

* : 시료의 수치가 백분위수 80에 있어야

1 : 경도 ≤ 100㎎/Las $CaCO_3$

2 : 경도 > 100㎎/Las $CaCO_3$

자료 : United Nations Environment Programme, 1996

5. 중국

중국의 수질환경기준은 3계급으로 나누어져 있으며, 우리나라의 인체건강기준이 단수임에 비하여 중국에서는 3급으로 차등화하고, 내수면어업에 관한 환경기준을 따로 정하고 있는 것 등이 특이하다.

<표 III-28> 중국의 표류수 환경기준

구 분	1 급	2 급	3 급
pH	6.5-8.5		
온도	표면수가 폐열을 받으면 혼합지역 경계선 근처에서는 약 3℃의 온도가 상승, 하절기 최대 수온이 35℃를 넘지 않아야 함		
시정	거품, 기름막 및 이물질 등이 없어야 함		
색도(백금-코발트법), 도,<	10	15	15
악취	없음	악취도1	악취도2
용존산소	포화비율 90% 이상	6mg/L 이상	4mg/L 이상
BOD_5(20℃)mg/L	1	3	5
COD_{MN}mg/L	2	4	6
휘발성페놀mg/L	0.001	0.005	0.01
시안화물mg/L	0.01	0.05	0.1
비소mg/L	0.01	0.04	0.08
총 수은mg/L	0.0001	0.0005	0.001
카드뮴mg/L	0.001	0.005	0.01
크롬mg/L	0.01	0.02	0.05
납mg/L	0.01	0.05	0.1
구리mg/L	0.005	0.01	0.03
석유mg/L	0.05	0.3	0.5
대장균군Number/L	500	10000	50000
총 인mg/L	0.1		
총 질소mg/L	1.0		

일반적으로 인체건강기준에 관한 항목, 특히 발암물질 등에 관한 안전수준은 없다는 것이 사계의 통설이고 따라서 국민이 감내해야 하는 기준의 경우에도 단일기준을 채택하고 있는 국제적 경향과는 크게 거리가 있다. 다만 그 기준치는 우리나라의 기준치에 비하여 대체로 많이 강화되어있는 편이나 동구의 구 사회주의국가에서도 기준만 있을 뿐 무시되어 전혀 지켜지지 않았던 사례로 미루어 이들 기준이 실제에서 어느 정도나 존중되고 지키려 노력하는지는 의문시된다.

<표 III-29> 중국의 어업에 관한 환경기준

No.	항 목	기 준
1	색깔, 이취・미	물고기, 새우, 조개 및 조류 등은 비정상적인 색깔이나 냄새 또는 맛이 나지 않아야 함
2	부유물	물표면에 기름막이나 거품 등이 없어야 함
3	부유고형물	인위적 증가분이 10㎎/L를 넘지 않아야 함 물고기, 새우, 조개 및 조류 등에 부유고형물의 침전으로 인한 해로운 영향이 없어야 함
4	pH	지표수 : 6.5-8.3, 해수 : 7.0-8.5
5	BOD_5(20℃)	5㎎/L를 넘지 않아야 함; 동절기 : 3㎎/L이하
6	용존산소	24시간 중 16시간 동안은 5㎎/L이상, 나머지 3㎎/L이하
7	수은	0.005㎎/L를 초과하지 않아야 함
8	카드뮴	0.005㎎/L를 초과하지 않아야 함
9	납	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
10	크롬	1.0㎎/L를 초과하지 않아야 함
11	구리	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
12	아연	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
13	니켈	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
14	비소	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
15	시안	0.02㎎/L를 초과하지 않아야 함
16	황산화물	0.2㎎/L를 초과하지 않아야 함
17	불소산화물	1.0㎎/L를 초과하지 않아야 함
18	휘발성 페놀	1.0㎎/L를 초과하지 않아야 함
19	황인	0.002㎎/L를 초과하지 않아야 함
20	유분	0.05㎎/L를 초과하지 않아야 함
21	아크릴로니트릴	0.7㎎/L를 초과하지 않아야 함
22	아크롤린	0.02㎎/L를 초과하지 않아야 함
23	BHC	0.02㎎/L를 초과하지 않아야 함
24	DDT	0.01㎎/L를 초과하지 않아야 함
25	말라치온	0.005㎎/L를 초과하지 않아야 함
26	쏘다움펜타클로로페놀	0.01㎎/L를 초과하지 않아야 함
27	아닐린	0.4㎎/L를 초과하지 않아야 함
28	p-니트로클로로벤젠	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
29	p-아미노페놀	0.1㎎/L를 초과하지 않아야 함
30	하이드라진하이드레이트	0.01㎎/L를 초과하지 않아야 함
31	디부틸프탈레이트	0.06㎎/L를 초과하지 않아야 함
32	테레빈유	0.3㎎/L를 초과하지 않아야 함
33	1,2,3-크리클로로벤젠	0.06㎎/L를 초과하지 않아야 함
34	1,2,4,5-테트라클로로벤젠	0.02㎎/L를 초과하지 않아야 함

수질등급별 특성과 잠재적 이수의 범위를 살펴보면, 1급은 최상급의 수질상태, 인간의 활동 등에 영향받지 않은 강의 최상류 부근 수질과 동등한 상태의 수질로 어떤 용도로도 쓰일 수 있다. 2급은 매우 양호한 수질상태로서, "가정용 음용수 위생기준"에 규정된 원수 및 "어업용 수질기준"의 수질과 비슷한 정도의 수질상태를 나타낸다. 3급의 경우, 양호한 수질상태, 수질기준자료를 근거로 지표수 오염방지를 위한 최소한의 수질요건을 나타낸다. 또한 어업에 관한 환경기준으로서 23개항에 대한 환경기준을 정한 것이 특징이다.

아시아국가의 수질환경기준을 BOD를 중심으로 비교하면 단계는 일본과 말레이시아가 6단계로 가장 많고 그 다음이 한국과 필리핀이고 중국이 3단계이다 BOD는 모든 국가가 1등급을 BOD 1 mg/L의 엄격한 기준을 적용하고 있다. 일본과 말레이시아는 상위 등급간의 수질차이를 작게 하여 상위 등급을 늘이는 반면 우리나라와 중국은 각 등급간 비교적 균일한 수질값을 부여하고 있다.

<표 III-30> 아시아 주요국의 수질기준 비교 (BOD 중심)

국가	한 국		일 본		중 국		말레이지아		필리핀
등급 \ 항목	BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD
1	1	1	1	1	1	2	1	10	1
2	3	3	2	3	3	4	3	25	5
3	6	6	3	5	5	6	3	25	5
4	8	8	5	8			6	50	7
5	10	10	8				12	100	10
6			10				12	100	

3-3. 국제기구

1. UN

UN에서는 수질부문의 등급으로서 수중생태계에 대한 수체의 적합성에 중점을 두고 5개 등급으로 구분하고 있다. 구체적 항목은 DO, COD 등의 산소관련 항목, 총인, 총질소, 클로로필-a 등의 부영양화관련 항목, pH, 알칼리도 등의 산성화 관련항목, Al, As, Cd, Cr 등 금속관련 항목, Dieldrin, DDT & metabolite Endrin 등 염소미량물질 관련항목, 기타 유해물질 및 방사능물질로 구분하고, 각 등급에 대한 이들 기준과 각각의 부문에 대한 세부내용은 다음 표와 같다.

등급의 구분은 중금속과 유기화합물 등과 같이 유해물질의 경우는 정확히 구분하기가 어렵다. 일반적으로 5등급은 급성독성을 나타내는 수준, 4등급은 만성 독성을 나타내기 시작하는 단계로 하였다. 그러나 이와 같은 등급을 일률적으로 적용할 수는 없다. 즉 만성독성을 일으키는 농도가 장기간 노출될 경우, 급성독성을 일으키는 농도보다 오히려 더 생태계에 문제가 되는 경우가 있기 때문이다. 그리고 3등급에서 1등급까지의 독성기준은 수학적으로 표시하기는 곤란한 경우도 있다. 따라서 독성물질에 대한 등급구분은 자연수에서 발견되는 최고농도를 1등급으로 하고 만성독성을 일으키는 농도를 3등급으로 하고 그 중간을 2등급으로 하는 동시에 3등급은 만성독성 이하의 수준으로 하였다.

<표 Ⅲ-31> UN의 수질환경 등급기준

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
A. 산소관련					
DO(%) 상층	90-110	70-90, 110-120	50-70, 120-130	30-50, 130-150	<30, >150
중층	90-70	70-50	50-30	30-10	<10
하층	90-70	70-50, 110-120	50-30, 120-130	30-10, 130-150	<10, >150
DO(㎎/L)	>7	7-6	6-4	4-3	<3
COD_{Mn}(㎎/L)	<3	3-10	10-20	20-30	>30
COD_{Cr}(㎎/L)	…	…	…	…	…
B. 영양화					
총 P(㎍ P/L)	<10(<15)	10-25(15-40)	25-50(40-75)	50-125(75-190)	>125(>90)
총 N(㎍ N/L)	<300	300-750	750-1500	1500-2500	>2500
클로로필 a(㎍ /L)	<2.5(<4)	2.5-10(4-15)	10-30(15-45)	30-110(45-165)	>110(>165)
C. 산성화					
pH(9.0>만)	9.0-6.5	6.5-6.3	6.3-6.0	6.0-5.3	<5.3
알칼리도(㎎$CaCO_3$/L)	>200	200-100	100-20	20-10	<10
D. 금속					
Al(pH<6.5, ㎍/L)	<1.6	1.6-3.2	3.2-5	5-75	
As(㎍/L)	<10	10-100	100 -190	190-360	>75
Cd(㎍/L)	<0.07	0.07-0.53	0.53-1.1	1.1-3.9	>360
Cr(㎍/L)	<1	1-6	6 -11	11-16	>3.9
Cu(㎍/L)	<2	2-7	7 -12	12-18	>16
Pb(㎍/L)	<0.1	0.1-1.6	1.6-3.2	3.2-82	>82
Hg(㎍/L)	<0.003	0.003-0.007	0.007-0.012	0.012-2.4	>2.4
Ni(㎍/L)	<15	15-87	87 -160	160-1400	>1400
Zn(㎍/L)	<45	45-77	77 -110	110-120	>120
E. 염소미량물질과 기타유해기질(㎍/L)					
Dieldrin	n.a	n.a	<0.0019	0.0019-2.5	>2.5
DDT & metabolite	n.a	n.a	<0.001	0.001-1.1	>1.1
Endrin	n.a	n.a	<0.0023	0.0023-0.18	>0.18
Heptachlor	n.a	n.a	<0.0038	0.0038-0.52	>0.52
Lindane	n.a	n.a	<0.08	0.08-2.0	>2.0
Pentachlorophenol	n.a	n.a	<13	13-20	>20
PCBs	n.a	n.a	<0.014	0.014-2.0	>20
자유암모니아(NH_3)	n.a	n.a	…	…	…
F. 방사능물질					
Grossα-activity(mBq/l)	<50	50-100	100-500	500-2500	>2500
Grossβ-activity(mBq/l)	<200	200-500	500-1000	1000-2500	>2500

주) 한계치에 해당되는 측정치는 낮은 등급에 포함시킴.

( )은 하천수에 적용

n.a. : not applicable

자료 : United Nations, 1993

어떤 물질의 농도만 가지고 수질을 판단하는데는 많은 문제가 있다. 즉 같은 농도라도 생태계에 미치는 영향이 시기, 지역, 미생물에 따라 다양하기 때문이다. 따라서 여기에 제시된 기준은 단지 수질의 정도를 파악하는데 절대적으로 적용되는 것이 아니고, 지역과 국가에 따라 전문가의 의견이 충분히 반영하여야 한다. 수질의 정도파악은 각각의 항목분류에 따라 되어 있고 오염물질의 농도로 수질등급이 구분되도록 하였다.

1) 산소소모량 - 산소요구물질의 존재에 따른 산소농도와 수중생물에 대한 산소농도의 영향을 고려

○ Ⅰ등급 : 거의 포화에 가까운 산소농도. 산소소모물질의 존재가 미미

○ Ⅱ등급 : 적당한 산소포화수준. 산소요구물질의 농도가 산소포화수준에 영향을 미치지 않음

○ Ⅲ등급 : 성층에서 산소결핍이 발생함. 산소요구물질의 농도가 수중생물체에 악영향을 미칠 위험이 있음

○ Ⅳ등급 : 표층에서 산소과포화나 산소부족이 발생하고 성층에서는 산소요구물질의 증가에 따라 산소부족현상이 빈번하게 발생

○ Ⅴ등급 : 산소소모량에 급성적인 문제발생. 성층에서 혐기성 상태가 일어남.

2) 부영양화 - 영양상태와 수중생물체에 대한 영양상태의 영향에 대한 전문가의 판단이 변수

○ Ⅰ등급 : 빈영양. 영양물질이 거의 없고 연어서식이 가능함

○ Ⅱ등급 : 약간 오염된 중영양상태. 부하에 의해 일차산물의 증가를 유발

○ Ⅲ등급 : 약간 부영양상태로 일차산물이 상당히 많아지고 생태계구조와 물고기 종에 일부 변화가 관찰됨

○ Ⅳ등급 : 심한 부영양상태. 유기물질과 영양물질, 유해물질이 유입되면서 적조가 발생하고 유기물의 분해증가로 혐기성 상태가 되면서 물고기의 떼죽음이 관찰됨. 오염에 내성이 강한 물고기가 주로 서식하고 물고기 개체수와 저니유기체의 개체군에 영향을 끼침

○ Ⅴ등급 : 매우 심한 부영양상태. 물고기와 저서 동물들이 더 이상 살지 못함

3) 산성화 - 수중생물체에 대한 산성화의 독성적 영향고려

○ Ⅰ등급 : 뛰어난 완충능

○ Ⅱ등급 : 적당한 완충능

○ Ⅲ등급 : 완충능이 약하지만 대부분의 물고기에 적합한 수준으로 수환경을 산성화로부터 보호할 수 있음

○ Ⅳ등급 : 완충능을 초과하여 산란에 영향을 미칠 정도로 산성화됨

○ Ⅴ등급 : 완충능이 없고 산성이 물고기종에 독성이 됨

4) 금속류 - 수중생물체의 독성고려

○ Ⅰ등급 : 인위적 무기물의 오염이 없음

○ Ⅱ등급 : 중간농도 이하의 농도

○ Ⅲ등급 : 중간농도 이상의 농도

○ Ⅳ등급 : 만성농도기준 이상이지만 농도, 기간, 빈도에 있어서는 만성독성상태가 아닌 상태

○ Ⅴ등급 : 농도, 기간, 빈도에 있어 실질적으로 만성농도기준 이상인 상태

5) 기타 유해물질 - 수중생물체에 독성을 미치는 것을 고려

○ Ⅰ등급 : 해당항목 없음

○ Ⅱ등급 : 해당항목 없음

○ Ⅲ등급 : 부하는 있으나 농도가 만성, 급성 기준농도 이하임

○ Ⅳ등급 : 만성기준이상의 부하가 발생하나 농도, 기간, 빈도에 있어 만성독성상태가 아님

○ Ⅴ등급 : 농도, 기간, 빈도에 있어 실질적으로 만성농도기준인 상태

6) 방사능에 의한 오염 : 수중생물체에 대한 독성을 유·무로 고려

<표 Ⅲ-32> 유럽연합의 환경기준

	항 목		A1		A2		A3	
			G	I	G	I	G	I
1	pH	㎎/L	6.5-8.5	-	5.5-9	-	5.5-9	-
2	색도(여과후)	㎎/L	10	20(O)	50	100(O)	-	-
3	TSS		25	-	-	-	-	-
4	온도	℃	22	25(O)	22	25(O)	22	25(O)
5	전도도	$\mu s/cm^{-1}$(20℃)	1000	-	1000	-	1000	-
6	냄새	희석률(25℃)	3	-	10	-	20	-
7	질산성질소	㎎/L	25	50(O)	-	50(O)		50(O)
8	F	㎎/L	0.7-1	1.5	0.7-1.7	-	0.7-1.7	-
9	총 유기염소	㎎/L	-	-	-	-	-	-
10	Dissolved Iron	㎎/L	0.1	0.3	1	2	1	-
11	Mn	㎎/L	0.05	-	0.1	-	1	-
12	Cu	㎎/L	0.02	0.05(O)	0.05	-	1	-
13	Zn	㎎/L	0.5	3	1	5	1	5
14	B	㎎/L	1	-	1	-	1	-
15	Be	㎎/L	-	-	-	-	-	-
16	Co	㎎/L	-	-	-	-	-	-
17	Ni	㎎/L	-	-	-	-	-	-
18	V	㎎/L	-	-	-	-	-	-
19	As	㎎/L	0.01	0.05	-	0.05	0.05	0.1
20	Cd	㎎/L	0.001	0.005	0.001	0.005	0.001	0.005
21	Cr	㎎/L	-	0.05	-	0.05	-	0.5

<표 Ⅲ-32> 계속

	항 목		A1		A2		A3	
			G	I	G	I	G	I
22	Pb	㎎/L	-	0.05	-	0.05	-	0.5
23	Se	㎎/L	-	0.01	-	0.01	-	0.01
24	Hg	㎎/L	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
25	Ba	㎎/L	-	0.1	-	1	-	1
26	CN	㎎/L	-	0.05	-	0.05	-	0.05
27	SO_4	㎎/L	150	250	150	250(O)	150	250(O)
28	Cl	㎎/L	200	-	200	-	200	-
29[1]	계면활성제	㎎/L	0.2	-	0.2	-	0.5	-
30*	인산염	㎎/L	0.4	-	0.7	-	0.7	-
31	페놀	㎎/L	-	0.001	0.001	0.005	0.01	0.1
32	용존, 에멀젼탄화수소	㎎/L	-	0.05	-	0.2	0.5	1
33	방향족 탄화수소	㎎/L	-	0.0002	-	0.0002	-	0.001
34[2]	총 살충제	㎎/L	-	0.001	-	0.0025	-	0.005
35	COD	㎎/L	-	-	-	-	30	-
36	용존산소포화율	$\%O_2$	>70	-	>50	-	>30	-
37	BOD_5	㎎/L	<3	-	<5	-	<7	-
38	킬달질소	㎎/L	1	-	2	-	3	-
39	암모니아	㎎/L	0.05	-	1	1.5	2	4(O)
40[3]	계면활성제	㎎/L	0.1	-	0.2	-	0.5	-
41	총유기탄소	㎎/L	-	-	-	-	-	-
42[4]	TOC	㎎/L	-	-	-	-	-	-
43	총대장균 37℃	개/100㎖	50	-	5000	-	50000	-
44	Fecal coliforms	개/100㎖	20	-	2000	-	20000	-
45	Fecal streptococci	개/100㎖	20	-	1000	-	10000	-
46	Salmonella	-	ND[5]	-	ND[5]	-	-	-

주) [1] 메틸블루와 반응하는 계면활성제; [2] 파라치온, BHC, Dieldrin
[3] 클로로포름으로 추출 가능한 계면활성제; [4] 응결과 막여과후의 잔류유기탄소(5㎛)
[5] 5000㎖내 검출되지 않아야 함; I = 강제농도(mandatory); G = 권고농도(guide)
O = 예외적인 기후 또는 지질학적 상황

자 료 : 환경부, EU의 환경관련 법률규정(수질), 1995

2. 유럽연합(European Union)

유럽연합(European Union)국가에서는 회원국의 국내법화하는 절차가 필요 없이 회원국의 주권영토에 직접적인 효력이 발생하는 규정으로 유럽연합이사회 지침 75/440/EEC(음용수원 수로서의 표류수 수질기준)에 따른다.

유럽연합에서는 46개 항목에 대해 정수방법의 수준을 기준으로 A1, A2, A3의 3등급으로 수질기준이 설정되어 있다. A1등급은 간단한 물리적 처리 및 소독(예:급속여과, 소독)만으로 음용이 가능한 수체로서 우리나라의 상수원수 1~2급에 해당하며, A2등급은 일반적인 물리적 처리, 화학적처리, 소독(예:전염소처리+응집+혼화+여과+후소독)이 필요한 수체로 우리나라 상수원수 2~3급 수준을 말하며, A3등급은 고도의 물리·화학적처리, 후속처리, 소독(예:파괴점 염소소독, 응집, 혼화, 여과, 흡착(활성탄), 소독(오존, 후염소처리))이 필요한 수체로 우리나라

의 상수원수3급 이상의 수준에 해당된다. 특이한 점으로는 각 단계마다 권고농도(G : Guide), 강제농도(I : Mandatory)를 두고 있으며 특히 강제농도에서는 기후 및 지질조건을 고려해 예외를 인정하도록 하였고, 항목 중 *표시된 항목은 호수의 수심이 20m이내이거나 체류시간이 1년 이하인 경우에만 사용한다. 따라서 1항목에 대하여 최대 6개의 수질기준치를 제시할 수 있다.

3. WHO

WHO에서는 1984년과 85년에 걸쳐 음료수기준에 관한 권고안을 발간하였다. 이 권고안을 바탕으로 1988년에 유엔환경계획(UNEP), 국제노동기구(ILO)와 공동으로 인간의 건강에 장해를 주는 각종 화학물질을 포함한 음료수 수질기준에 대한 권고치를 1993년에 제시하였다. 이 권고치를 바탕으로 미국, 영국, 일본, 독일 등은 음료수기준을 이 권고치를 이용해 보완하거나 평가하는 사업을 시작하였다. 물론 수질환경기준 설정시에도 WHO의 음료수기준을 처리공정에서 상기물질의 제거정도와 안정도를 고려하여 수질기준을 결정하는 기본자료로 활용하였다.

<표 Ⅲ-33> WHO 음료수 권장기준

대 상 물 질	권고치	비 고
Inorganic constituents(㎎/L)		
Antimony	0.005	임시권고치
Arsenic	0.01	임시권고치, 피부암 발생확률 6×10^{-4}
Barium	0.7	
Beryllium		NAD
Boron	0.3	
Cadmium	0.003	
Chromium	0.05	
Copper	2	ATO
Cyanide	0.07	
Fluoride	1.5	
Lead	0.01	
Manganese	0.5	ATO
Mercury(total)	0.001	
Molybdenum	0.07	
Nickel	0.02	
Nitrate	50	
Nitrite	3	
Selenium	0.01	
Uranium		NAD

<표 Ⅲ-33> 계속

대 상 물 질	권고치	비 고
Organic constituents(㎎/L)		
Chlorinated alkanes		
Carbon tetrachloride	2	
Dichloromethane	20	NAD
1,1-dichloroethane		
1,2-dichloroethane	30	
1,1,1-trichloroethane	2000	
Chlorinated ethenes		
Vinyl chloride	5	
1,1-dichloroethene	30	
1,2-dichloroethene	50	
Trichloroethene	70	
Tetrachloroethene	40	
Aromatic hydrocarbons		
Benzene	10	ATO
Toluene	700	ATO
Xylenes	500	ATO
Ethylbenzene	300	ATO
Styrene	20	
Benzol(a)pyrene	0.7	
Chlorinated benzenes		
Monochlorobenzene	300	ATO
1,2-dichlorobenzene	1000	ATO
1,3-dichlorobenzene		NAD
1,4-dichlorobenzene	300	ATO
Trichlorobenzene(total)	20	ATO
Miscellaneous	80	
Di(2-ethylhexyl)adipate	8	
Di(2-ethylhexyl)phthalate	0.5	
Acrylamide	0.4	
Epichlorohydrin	0.6	
Hexachlorobutadiene	200	
Edietic acid(EDTA)	200	
Nitrilotriacetic acid	2	NAD
Dialkyltins		
Tributyltin oxide		

<표 Ⅲ-33> 계속

대 상 물 질	권고치	비 고
Pesticides(㎎/L)		
Alachlor	20	
Aldicarb	10	
Aldrin/dieldrin	0.03	
Atrazine	2	
Bentazone	30	
Carbofuran	5	
Chlordane	0.2	
Chlorotoluron	30	
DDT	2	
1,2-dibromo-3-chloropropane	1	
2,4-D	30	
1,2-dichloropropane	20	
1,3-dichloropropane		NAD
1,3-dichloropropene	20	
Ethylene dibromide		NAD
Heptachlor and heptachlor epoxide	0.03	
Hexachlorobenzene	1	
Isoproturon	9	
Lindane	2	
MCPA	2	
Methoxychlor	20	
Metolachlor	10	
Molinate	6	
Pendimethalin	20	
Pentachlorophenol	9	
Permethrin	20	
Propanil	20	
Pyridate	100	
Simazine	2	
Trifluralin	20	
Chlorophenoxy herbicides other than 2,4-d and MCPA		
2,4-DB	90	
Didhloroprop	100	
Fenoprop	9	
MCPB		NAD
Mecoprop	10	
2,4,5-T	9	

<표 Ⅲ-33> 계속

대 상 물 질	권고치	비 고
Disinfectants(㎎/L)		
Monochloramine	3	
Di-and trichloramine		NAD
Chlorine	5	
Chlorine dioxide		
Iodine		NAD
Disinfectant by-products(㎍/L)		
Bromate	25	
Chlorate		NAD
Chlorite	200	
Chlorophenols		
2-chlorophenol		NAD
2,4-dichlorophenol		NAD
2,4,6-trichlorophenol	200	
Formaldehyde	900	
MX		NAD
Trihalomethanes		
bromoform	100	
dibromochloromethane	100	
bromodichloromethane	60	
chloroform	200	
Chlorinated acetic acids		
monochloroacetic acid		NAD
dichloroacetic acid	50	
trichloroacetic acid	100	
Chloral hydrate		
(trichloroacetaldehyde)	10	
Chloroacetone		NAD
Halogenated acetonitriles		
dichloroacetonitrile	90	
dibromoacetonitrile	100	
bromochloroacetonitrile		NAD
trichloroacetonitrile	1	
Cyanogen chloride(as CN)	70	
Chloropicrin		NAD

Chemical	비고
Asbestos	U
Silver	U
Tin	U

주) U - 음용수내 검출시 건강에 위해하므로 권고치를 정할 필요가 없음

Radioactive constituents	Screening value(Bq/L)	비고
gross alpha activity	0.1	
gross beta activity	1	

<표 Ⅲ-33> 계속

* 소비자가 불만을 표시할 수 있는 기질과 항목

Substances and parameters	
Physical parameters	
colour	15TCU
taste and odour	-
temperature	-
turbidity	5NTU
Inorganic constituents	
aluminium	0.2㎎/L
ammonia	1.5㎎/L
chloride	250㎎/L
copper	1㎎/L
hardness	-
hydrogen sulfide	0.05㎎/L
iron	0.3㎎/L
manganese	0.1㎎/L
dissolved oxygen	-
pH	-
sodium	200㎎/L
sulfate	250㎎/L
total dissolved solids	1000㎎/L
zinc	3㎎/L
Organic constituents	
toluene	24-170㎍/L
xylene	20-1800㎍/L
ethylbenzene	2-200㎍/L
styrene	4-2600㎍/L
monochlorobenzene	10-120㎍/L
1,2-dichlorobenzene	1-10㎍/L
1,4-dichlorobenzene	0.3-30㎍/L
trichlorobenzenes(total)	5-50㎍/L
synthetic detergents	-
Disinfectants and disinfectant by-products	
chlorine	600-1000㎍/L
chlorophenols	
2-chlorophenol	0.1-10㎍/L
2,4-dichlorophenol	0.3-40㎍/L
2,4,6-trichlorophenol	2-300㎍/L

주) NAD : 자료부족으로 건강에 관한 기준제시 불가능
ATO : 건강기준이하에서 색, 맛, 냄새문제는 발생할 수 있음
TCU : true colour unit; NTU : nephelometric turbidity unit
자료: World Health Organization, 1996

4. OCED(경제협력개발기구)

OECD는 호소의 영양상태를 판정하는 한 방법인 Vollenweider의 모델(1982)을 발표하였고, 이 모델을 해석하는데 있어 호수의 수질등급판정시 클로로필 농도와 용존산소농도, Secchi Disc 값을 기준으로 분류하였다. Ⅰ등급은 빈영양호로 클로로필이 3.5㎎/㎥, 성층 끝의 용존산소가 70%인 호소를 말한다. 중영양호인 Ⅱ등급의 경우, 클로로필이 7㎎/㎥이고, 성층

끝의 용존산소가 30～70%이며, Secchi Disc 값이 2m이상인 수질을 말한다. Ⅲ등급은 부영양호로 클로로필이 약 11㎎/㎥, 성층 끝의 용존산소 0～30%이고, Secchi Disc 값이 2m이상인 수질이다. 과영양호인 Ⅳ등급의 호소는 클로로필이 11㎎/㎥이상이고, 수심 깊은 곳에 무산소층을 형성하는 경우를 말한다.

<표 Ⅲ-34> OECD의 호소 영양상태분류기준

등급	호소	상 태
Ⅰ	빈영양호	클로로필 3.5㎎/㎥, 성층끝의 용존산소 70%
Ⅱ	중영양호	클로로필 7㎎/㎥, 성층끝의 용존산소 30-70%, Secchi, 디스크값>2m
Ⅲ	부영양호	클로로필 약 11㎎/㎥, 성층끝의 용존산소 0-30%, Secchi, 디스크값>2m
Ⅳ	과영양호	클로로필 >11㎎/㎥, 수심깊은 곳에 무산소층 형성

자료 : 각국의 수질환경기준 비교분석, 1997

한국과 일본, 미국, 영국, EU간 환경기준을 비교하였다. 주로 하천에 대한 것으로 우리나라의 환경기준은 일본과 유사하며 미국과 EU에 비하여 항목이 적은 것을 알 수 있다.

<표 Ⅲ-35> 주요 항목별 환경기준의 비교

구분	한국		일본		미국	EU	영국 (나머지 EU 준용)
	하천	호소	하천	호소			
대상항목	총 14	총 16	총 28	총 30	총 29	총 39	총 40
BOD	Ⅰ: 1이하 Ⅱ: 3이하 Ⅲ: 6이하 Ⅳ: 8이하 Ⅴ:10이하	-	AA:1이하 A : 2이하 B : 3이하 C : 5이하 D : 8이하 E :10이하	-	-	A1 : 3이하 A2 : 5이하 A3 : 7이하	1A: 3이하 1B: 5이하 2 : 9이하 3 :17이하
COD	-	Ⅰ: 1이하 Ⅱ: 3이하 Ⅲ: 6이하 Ⅳ: 8이하 Ⅴ:10이하	-	AA: 1이하 A : 3이하 B : 5이하 C : 8이하	-	A3 : 30이하	-
SS	Ⅰ-Ⅲ : 25이하 Ⅳ : 100이하 Ⅴ : 쓰레기등이 떠있지 않을 것	Ⅰ: 1이하 Ⅱ: 5이하 Ⅲ:15이하 Ⅳ:15이하 Ⅴ: 쓰레기등이 떠있지 않을 것	AA ～ : 25이하 B C : 50이하 D : 100이하 E : 쓰레기등이 부유하되지 않을 것	AA: 1이하 A : 5이하 B : 15이하 C : 쓰레기 등이 부유하지 않을 것	-	A1 : 25이하	-
DO	Ⅰ:7.5이상 Ⅱ: 5이상 Ⅲ: 5이상 Ⅳ: 2이상 Ⅴ: 2이상	Ⅰ:7.5이상 Ⅱ: 5이상 Ⅲ: 5이상 Ⅳ: 2이상 Ⅴ: 2이상	AA-A : 7.5이상 B-C : 5이상 D-E : 2이상	AA-A : 7.5이상 B : 5이상 C : 2이상	-	*포화율 A1 : 70이상 A2 : 50이상 A3 : 30이상	1A : 80%이상 1B : 60%이상 2 : 40%이상 3 : 10%이상
pH	Ⅰ-Ⅲ : 6.5～8.5 Ⅳ-Ⅴ : 6.0～8.5	Ⅰ-Ⅲ : 6.5～8.5 Ⅳ-Ⅴ : 6.0～8.5	AA-C : 6.5-8.5 D-E : 6.0-8.5	AA-B : 6.5-8.5 C : 6.0-8.5	-	A1 : 6.5-8.5 A2 : 5.5-9.0 A3 : 5.5-9.0	-

<표 Ⅲ-35> 계속

구분	한국		일본		미국	EU	영국
	하천	호소	하천	호소			
대장균수	Ⅰ: 50이하 Ⅱ:1000이하 Ⅲ:5000이하	Ⅰ: 50이하 Ⅱ:1000이하 Ⅲ:5000이하	AA:50이하 A:1000이하 B:5000이하	AA: 50이하 A:1000이하	-	A1: 50이하 A2: 5000이하 A3:50000이하	-
T-N	-	Ⅰ: 0.2이하 Ⅱ: 0.4이하 Ⅲ: 0.6이하 Ⅳ: 1.0이하 Ⅴ: 1.5이하	-	Ⅰ: 0.1이하 Ⅱ: 0.2이하 Ⅲ: 0.4이하 Ⅳ: 0.6이하 Ⅴ: 1.0이하	-		(암모니아) 1A:0.4이하 1B:0.9이하
T-P	-	Ⅰ:0.01이하 Ⅱ:0.30이하 Ⅲ:0.05이하 Ⅳ:0.10이하 Ⅴ:0.15이하	-	Ⅰ:0.005이하 Ⅱ:0.01이하 Ⅲ:0.03이하 Ⅳ:0.05이하 Ⅴ:0.1이하	-		-
Cd	0.01이하	0.01이하	0.01이하	0.01이하	0.0039	0.005	0.005
As	0.05이하	0.05이하	0.01이하	0.01이하	0.36	0.05	0.05
CN	ND	ND	ND	ND	0.022	0.05	0.05
Hg	ND	ND	총수은 : 0.0005이하 알킬수은 : ND	총수은 : 0.0005이하 알킬수은 : ND	0.0024	0.0005	0.0005
유기인	ND	ND	ND	ND	-		
Pb	0.1이하	0.1이하	0.01이하	0.01이하	0.082	0.05	0.05
Cr^{+6}	0.05이하	0.05이하	0.05이하	0.05이하	0.016	0.05	0.05
PCB	ND	ND	ND	ND			-
ABS	0.5이하	0.5이하	-	-		0.2	0.2
Cu	-	-	-	-	0.018	0.05	0.05
Ni	-	-	-	-	1.4		-
Ag	-	-	-	-	0.0041		-
Sr	-	-	-	-	0.12		-
Se	-	-	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

주) 단위 ㎎/L, 단 대장균수는 MPN/100㎖
미국의 경우 담수 급성농도기준 사용

제4장 현 수질환경기준의 적정성 검토

현재 설정되어 있는 우리나라의 수질환경기준의 적정성을 검토하기 위해서, 등급구분의 적정성, 화학물질 유통량 및 종류 증가에 따른 지정된 항목의 적절성, 항목별 수치 기준의 합리성 등을 검토하고자 한다.

4-1. 등급구분의 적정성

기존의 수질환경기준 등급이 Ⅰ급에서 Ⅴ급까지 5단계로 구분되어 있으나 실제로 국민이 접하는 수질은 대부분이 Ⅱ급과 Ⅲ급으로 2단계에 불과하고 Ⅱ급은 보통, Ⅲ급은 위험한 물 등으로 인식되고 있다. 이와 같이 우리나라의 수질환경기준은 등급간 기준이 너무 단순하면서 격차가 심해 국민이 느끼는 수질의 차이가 실제의 수질보다 과장되게 전달되는 게 일반적이다. 이는 국민이 공공수역의 수질을 제대로 전달하지 못하고 불신하는 원인이 될 뿐만 아니라 과도한 수처리비의 원인이 될 수도 있다. 등급구분에 대한 구체적인 분석은 다음과 같다.

1. 수질관리목표와 이수목적의 획일적 규정

현행 수질환경기준은 하천 및 호소의 수질관리목표를 설정한 기준에 이수목적을 동시에 규정함으로서 수질환경기준의 활용에 혼란을 초래하고 있다. 즉 BOD 1ppm 이하를 수질환경기준 Ⅰ급으로 하고, 동시에 상수원수 1급의 이수목적을 규정함으로서 등급(Ⅰ～Ⅴ)간 이용목적별 적용대상의 적합성 여부가 문제로 지적되고 있다. 즉, 일반 국민들 간에는 수질환경기준을 만족하지 못하면 사용할 수 없는 물로 잘못 인식하고 있다. 하천이나 호소 수질의 1~2등급은 정수처리 기술상 아무런 문제가 없는데도, 상수원은 1등급이어야 안전하다는 인식이 팽배해 있고, 수질환경기준(호소)상의 농업용수수질기준에는 작물비료성분인 총질소와 총인 항목이 설정되어 있는 등 농업용수로 이용하는데 지장이 없는 물도 이수기준을 획일적으로 규정하여 국민의 수질불신의 원인을 제공함과 동시 불필요한 투자를 유발하는 요인이 되고 있다.

2. 단순하고 격차가 심한 등급간 기준

현행 우리의 수질기준은 등급간의 격차가 너무 심하게 단순히 배열되어 있다. 1998년 기준 수질등급별 항목별 환경기준 달성백분율에 따르면, 현행 환경기준의 등급체계가 5단계로

되어 있지만 대부분 국민이 접하는 수질이 2급과 3급의 두 단계에 해당하고 있어 변별력을 지니지 못함을 의미한다. 이와 같이 단계를 단순화하여 각 등급간의 수 용도를 구분함에 따라 실제로는 용수이용에 영향을 미치는 수질에는 큰 차이가 없어도 먹을 수 있는 물(3등급 : BOD 5.99 ㎎/L)과 먹지 못하는 물(4등급 : BOD 6.0 ㎎/L)로 구분되어 실질적인 수질실태를 반영하지 못하고 있다. 이에 비해 대부분의 국가에서는 국민이 일반적으로 접하는 물의 단계를 많게는 4단계까지로 확대하여 현 수질에 대한 정확한 실태를 전달하고 있다. 그러나 우리나라의 수질환경기준의 등급구분이 현 수질실태를 국민에게 정확하게 전달할 수 있는 시스템으로 구성되어 있지 못하다.

3. 수질환경기준 달성률 저조와 과중한 환경비용 발생

현행 수질환경기준은 국가수질관리 목표로서 그 동안 10년 가까이 목표달성을 위해 국가적인 차원에서 적극적인 정책을 추진하여 왔음에도 불구하고, 우리나라의 수질환경기준 달성률('98 환경부 수질측정망 자료분석 결과)은 저조하여 수질정책의 불신의 원인을 제공하고 있다. 주요항목의 달성률은 호수의 경우 총질소 0%, 총인 18.7%, COD 24.5% 등이고 하천은 BOD가 54%로 나타나고 있어 국가 수질정책에 대한 국민의 신뢰가 떨어지고 있다. 이에 따라 수질환경기준이 오히려 수자원의 효율적 활용에 장애가 되는 경우가 있으며 국민의 과중한 환경비용부담이 발생되고 있다.

4-2. 지정항목의 수의 적절성

하천의 경우 수질환경기준은 총 14개 항목이고, 호수의 경우는 이보다 2개 많은 16개 항목을 이용하고 있다. 그러나 이와 같은 항목수는 10여년전 수질환경기준 설정시와 큰 변화가 없다. 이에 비해 전세계적으로는 1,200만 여종의 화학물질이 존재하고, 이중 10만 여종이 상업적으로 생산 유통중이며, 매년 2천여 종의 신규화학물질이 상품화되고 있다. 국내에서도 35,000여종의 화학물질이 유통중이며 매년 200여종이 신규로 등장하고 있다. 1998년말 현재 국내의 유독물 유통량이 19,623,571ton/year에 이르고 있고, 약 490개의 유독물이 지정되어 있다. 이와 같이 국내 산업구조의 고도화, 화학제품의 시장주기 단축, 국제교역 규모의 증가 등으로 인해 화학물질 유통량 및 종류는 크게 증가하는 추세에 있다. 따라서 수환경이 유해 화학물질에 노출될 위험도 증가하고 있다.

한편, 화학물질은 환경에 배출되거나 인체에 노출된 후 오랜 시간이 경과한 후에야 피해가 가시화되는 것이 많기 때문에 국민의 건강한 삶을 위해 수환경에 대한 유해물질의 관리는 현재도 중요할 뿐만 아니라 미래지향적 수환경을 위해서도 매우 바람직하다. 국제적으로도 각국의 화학물질 규제 및 관리기준을 조화·통합하여 무역장벽의 요소를 제거하려는 노력이 경제협력개발기

구(OECD) 등을 중심으로 활발히 진행중이며, 우리나라가 OECD 회원국이 됨에 따라 화학물질 관련 규정 준수는 피할 수 없는 현안 사항이다. OECD의 전체규정 중 40%는 환경관련규정(65개항)이며, 환경관련 규정 중 화학물질 관련규정은 22개로서 규정이 가장 많다.

최근 국민적 관심사로 떠오른 내분비계장애물질(Endocrine Disruptors, 일명 환경호르몬)은 화학물질의 잠재적 유해성을 부각시킨 사례라고 할 수 있다. 즉, 그 동안 화학물질의 유해성은 급성독성, 만성독성, 잔류성 등의 관점에서 검토해왔으나 이러한 유해성외에 인체의 호르몬 계통에 영향을 줄 수 있다는 새로운 위해 가능성이 바로 내분비계장애물질이다. 환경오염 물질 중에서 특히 최근 2년간에 미국을 비롯한 선진국에서 앞다투어 규제하려는 물질이 산업화 과정에서 자연 생태계로 유입되는, 인간이 만든 내분비계 장애물질이다. 현재까지 명확하게 내분비계에 장애를 준다고 밝혀진 물질은 없으나, 국가별로 또는 기관별로 다양하게 내분비계장애물질을 선정하고 있다. 미국 EPA는 69종을, 세계야생보호기금(WWF)과 일본 환경청은 67종을 목록에 등재해놓고 있으며, OECD는 식품첨가물, 공산품세정제로 쓰이는 알킬페놀류 등으로 분류하여 27개 부류를 우려 물질로 분류해놓고 있다. 화학물질과의 접촉이 빈번한 환경을 감안한다면, 생태계 보호차원과 사람의 건강보호 측면에서 주요 유해물질에 대한 수질환경기준으로서 주기적인 검토가 필요하다.

<표 Ⅳ-1> 유독물 유통량 현황 (단위 : 톤/년)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
계 (Total)	12,938,137	14,315,488	16,551,972	16,746,674	15,768,929	20,193,857	19,623,571
제 조 (Manufacture)	9,515,621	10,713,484	12,306,914	13,146,770	12,110,607	15,281,512	15,281,519
수 입 (Import)	3,422,516	3,602,004	4,245,058	3,599,904	3,658,322	4,912,345	4,342,052
수 출 (Export)	1,082,276	1,303,229	1,630,903	2,005,679	2,316,529	302,837	5,428,338

* 주 : 유통량 : 제조+수입

자료 : 환경부, 폐기물자원국 화학물질과, 1999

다행히 최근의 다양한 화학물질의 사용확대에 따라 유기염소계 화합물질에 의한 오염이 문제화되면서 이러한 새로운 문제에 대응하기 위해 트리크로로에틸렌, 테트라크로로에틸렌을 먹는물 수질기준으로 추가하는 등 일부 유기염소계화합물에 대한 대책이 강구되었다. 구체적으로 유기염소계화합물 중 디크로로메탄, 사염화탄소, 1·1-디크로로에틸렌, 트리크로로에틸렌, 테트라크로로에틸렌에 대해서는 발암성을 고려하고, 1·1·1-트리크로로에탄에 대해서는 만성독성을 고려하여 새로운 기준치가 설정되었다. 한편 벤젠은 발암성의 우려를 고려하고, 셀레니움은 만성독성을 고려하여 먹는물 수질기준에 기준치가 설정되어 있지만 수질환경기준에는 아직 도입하지 못하고 있다. 우리나라의 환경기준으로 추가해야 할 중요 물질이나 현재 누락된 물질을 파악하기 위해 국내사용실적, 외국의 기준, 국내외 유독물질 위해도 평가에 관한 사항은 최지용(1997)보고서를 정리하였다.

1. 기존 국내연구의 검토

정부에서는 1994년부터 「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구」를 실시하고 있다. 이중「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구(Ⅱ)」에 따르면 건강보호 및 환경관리 측면에서 우선적으로 관심을 기울여야 하는 화학물질을 선정하기 위해 유해화학물질관리법에서 유독물로 지정된 화학물질의 목록과 세계보건기구에서 음용수 수질기준으로 권고되고 있는 물질 및 미국의 수질관련 유해화학물질의 목록 등에 수록된 물질 중 551종의 화학물질에 대하여 위험성확인 정보자료를 조사하였다. 이 조사에서는 각국의 우선순위 선정기법을 조사하는 한편 음용수의 위해성평가 연구를 위한 화학물질의 우선 순위를 결정하기 위하여 유해물질이 환경에 노출되어 인체에 영향을 미칠 수 있는 주요 요인인 유통량에 대한 자료, 분해성과 농축성에 대한 자료, 급성경구독성 및 발암성, 변이원성 등의 자료를 조사하였다. 연구결과, 각 화학물질에 대한 우선 순위 목록은 다음 표와 같다.

선정된 30개의 화학물질 중에서 농약은 10개 물질이었으며, 일반 화학물질은 20개였고, 수계에 유출시 문제가 많은 화학물질로는 Acrylonitrile, Benzene, Toluene, Methyl Chlorofomate, Triton, 1,4-Butandiol 등으로 일반 유기용매의 위험도가 높게 계산되었는데 그 이유는 이들 화합물에 대한 생산 및 소비량이 매우 많기 때문인 것으로 판단되었으며, 농약으로는 Carbofuran과 EPN, Terbufos, Parathion등이 위험성이 높은 화합물로 선정되었다.

<표 Ⅳ-2> 주요 우선관리대상 화학물질

구 분	화 학 물 질
1. 일반 화학물질	Acrylonitrile, Benzene, Toluene, Methyl chlorofomate, Triton, Carbofuran, 1,2-Dichloroethane, Phenol, Epichlorohydrin, Acrylamide, EPN, Parathion, 1,3-Butadiene, Methyloxiran, Butyl benzyl phthalate, Endosulfan, Chloroform, Carbon tetrachloride, Dichloromethane
2. 장기독성 화학물질	Diazinon, Chlorpyrifos, Chloripyrifos methyl, Demeton-S-methyl sulfon, Fenobucarb
3. 단기독성 화학물질	1,4-Butanediol, Terbufos
4. 돌연변이 유발물질	Methyl methacrylate, Ethyl acetate
5. 발암성 화학물질	Tetrachloroethylene, Ethyl acrylate

자료 : 환경부,「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구(Ⅱ)」, 1995

1996년에 실시된 3차년도 연구보고서에서는 우리나라에서 새롭게 대두되고 있는 수질오염물질을 파악하기 위하여 환경부에서 수행한 위해성평가 연구를 토대로 발암, 비발암물질을 합하여 총 5개 단계로 우선관리대상물질들을 분류하였다. 우선관리대상 "1순위 그룹"은 사람에 대한 확인된 발암물질(위험분류 A) 또는 사람에 있어 가능한 발암물질(위험분류 B)이면서 산출된 초과 발암위해도가 10^{-5}(만명~십만명당 1명의 초과발암 확률)이상인 물질로 상수도에서의 검출률과 실제안전농도 초과율이 높게 조사된 것을 분류하였다. 이 그룹에 해당하는 물질은 Vinyl chloride, Carbon tetrachloride, Bromodichloromethane, Chloroform, Benzene, Arsenic 등 총 6종이다. 이 가운데 벤젠은 10^{-6}대의 초과발암위해도를 나타내고 사

람에 있어 확인된 발암물질로써 시료의 검출률과 실제적 안전용량 초과율이 높아 1순위 그룹에 할당하였다.

우선관리대상 "2순위 그룹"은 위험분류 B이면서 산출된 초과발암위해도가 10^{-6}대(백만명당 1명의 초과발암확률)이며 검출율, 실제안전용량 초과율이 높은 물질 그룹이다. 여기에는 Lead, Dichloromethane, 1,2-Dichloroethane등 3종이 해당된다. 우선관리대상 "3순위 그룹"은 발암분류 B이면서 산출된 초과발암위해도가 10^{-7} 이하 이거나 초과발암위해도가 10^{-5} 이상으로 조사되었지만 사람에 있어 가능한 발암물질(발암분류C)그룹으로써 Trichloroethylene, Bromoform, Benzo(a)pyrene, Tetrachloroethylene, 1,1-Dichloroethylene, 1,1,1,2-Tetrachloroethane, Dibromochloromethane 등이 여기에 해당되었다.

우선관리대상 "4순위 그룹"은 이번 조사 결과 모든 시료(원수, 정수, 가정수, 하천수)에서 검출된 적은 없으나 발암물질 B일 뿐만 아니라 단위위해도가 높은 물질그룹으로써 Aldrin, Heptachlor, Heptachlor Epoxide, Dieldrin, Pentachloro- phenol, 2,4,6-Trichlorophenol, Berylium 등이 해당된다. 특히, 이 그룹에 해당하는 물질의 대부분은 현재 우리나라의 수질기준에 설정되어 있지 않을 뿐만 아니라 이번 연구에서의 분석수준으로는 불검출로 처리되었으나 독성이 매우 강한 물질들로 계속적인 관리가 요구되는 물질들이다. Aldrin을 비롯한 일부 농약류는 우리나라에서 사용이 금지되어 현재 국내에서는 사용되고 있지 않지만 잔류성이 높기 때문에 분석 기술을 더욱 발전시켜 실제의 오염수준을 정확히 파악하는 것이 급선무가 될 것이다. 우선관리대상 "5순위그룹"은 위험분류 C이고 초과발암위해도, 검출율, 실제안전용량초과율이 낮은 물질이거나 사람에 있어 비발암물질(발암분류 D)로 알려져 있지만 현재의 오염수준이 평생건강권고치를 초과하고 있는 물질들로 분류하였다. 여기에는 1,1-Dichloroethane, 1,1,2-Trichloroethane, 1,1,2,2-Tetrachloroethane 과 무기물질인 Mercury가 해당되었다.

<표 Ⅳ-3> 우선관리대상 수질오염 물질의 다단계 분류

우선관리대상	오 염 물 질	그 룹 분 류
1순위	Arsenic; Benzen; Bromodichloromethane; Carbon - tetrachloride; Chloroform; Vinyl chloride	발암분류 A 또는 B이고 초과발암위해도가 10^{-5} 이상으로 검출율, 실제안전용량 초과율이 빈번한 물질, 단 Benzen은 10^{-6}의 초과발암위해도를 나타내나 검출율, 실제안전용량초과율이 높아 A로 분류
2순위	Dichloromethane; 1,2-Dichloroethane; Lead	발암분류 B이고 초과발암위해도가 10^{-6} 이면서 검출율, 실제안전용량 초과율이 빈번한 물질
3순위	Benzo(a)pyrene; Bromoform; 1,1-Dichloroethylene; Dibromochloromethane; 1,1,1,2-Tetrachloroethane; Tetrachloroethylene; Trichloroethylene	발암분류 B이고 초과발암확률이 10^{-7}이하이거나 초과발암위해도가 10^{-5}이상이지만 발암분류 C인 물질
4순위	Aldrin; Berylium; Dieldirin; Heptachlor; Heptachlor epoxide; Pentachlorophenol; 2,4,6-Trichlorophenol	발암분류 B이고 초과발암위해도가 10^{-5} 이상이나 불검출된 물질
5순위	1,1-Dichloroethane; 1,1,2,2-Tetrachloroethane; 1,1,2-Trichloroethane; Mercury	발암분류 C이고 초과발암위해도가 10^{-6} 이하이거나 발암분류 D이면서 위험값 1을 초과하는 물질

자료 : 환경부,「수질오염물질의 위해성 평가 및 관리기술」, 1996

한편 1994년부터 시행된 화학물질의 유통량 조사에서 상위 50위 내에 속하는 물질과 50위 안에는 들어가지 않았지만 각 연구에서 위해한 물질로 언급된 항목은 최지용(1997)을 참고하기 바란다.

2. 선진외국의 항목강화 추이

최근의 다양한 화학물질의 생산·사용확대·보급에 따라 이들 물질에 의한 공공용수역의 오염을 방지하고, 국민의 건강을 보호하는 것이 큰 과제로 되었다. 국제적으로는 WHO(세계보건기구)에서 음료수 수질지침의 대폭적인 재고가 진행되고 있는 한편, 미국에서도 수청정법(Clean Water Act : CWA)에 기초하여 수질기준과 안전음료수법(Safe Drinking Water Act)에 따라 음료수 수질기준의 대상항목을 확대하고 있다.

영국과 EU의 경우도 증가하는 신규 위해물질에 대한 항목을 지속적으로 늘리고 있으며, 일본에서도 이들 국제적 동향을 쫓아 각종 화학물질의 사용확대에 따라 1991년 2월에 음료수 수질에 관한 기준의 확대·강화가 행해졌다. 구체적으로는 유기염소계화합물인 Dichloromethane 등 9개, Thiram 등 농약 4가지, Benzene 등 기타 2가지 등 총 15개 항목을 설정하였고 이에 근거해 1993년에는 인간의 건강보호에 관한 수질환경기준을 기존의 Cd, Total CN, Pb, Cr(Ⅵ), As, Total Hg, Alkyl Hg, PCB 외에 다음과 같이 15개 항목을 추가하여 총 23항목으로 선정하였다.

<표 Ⅳ-4> 일본의 인간의 건강보호에 관련된 수질환경 추가항목

화합물질군	화합물		우선고려사항
	명칭	농도(㎎/L)	
유기염소계화합물	Dichloromethane	0.02 ㎎/L이하	발암성
	Carbon tetrachloride	0.002 ㎎/L이하	
	1,2-Dichloroethane	0.004 ㎎/L이하	
	1,1-Dichloroethylene	0.02 ㎎/L이하	
	1,1,2-Trichloroethane	0.006 ㎎/L이하	
	Trichloroethylene	0.03 ㎎/L이하	
	Tetrachloroethylene	0.01 ㎎/L이하	
	Cis-1,2-Dichloroethylene	0.04 ㎎/L이하	만성독성
	1,1,1-Trichloroethane	1 ㎎/L이하	
농약	1,3-Dichloropropene	0.002 ㎎/L이하	만성독성
	Thiram	0.006 ㎎/L이하	
	Simazine	0.01 ㎎/L이하	
	Tiobencarb	0.02 ㎎/L이하	
기타	Benzene	0.01 ㎎/L이하	발암성
	Selenium	0.01 ㎎/L이하	만성독성

주) 일년 평균치에 기초함

3. 수질환경기준 누락항목의 검토

수질환경기준 중 건강관련 항목은 먹는물 및 음식물을 통해서도 유입되므로 최소한 먹는물 수질기준을 참고로 정해지는 것이 바람직하다. 우리나라 먹는물(상수도) 수질기준의 제정은 1963년에 최초로 29항목을 제정한 것을 시초로 하여 그후 9차에 걸친 개정과정을 통하여 유해성이 없는 4개의 물질은 제외하고 농약성분, 휘발성유기물질 등 20개 물질은 새로 추가하여 현재는 Benzene, Toluene, Xylene, Ethylbenzene, Dichloromethane을 포함하여 총 45종이 설정 규제되고 있다. 현재 먹는물 기준은 미국 85항목, 영국 56항목, 독일 49항목, 일본 46항목, 호주 44항목으로 구성되어 있으며 우리나라는 일본과 호주 수준의 항목을 유지하고 있다. 한편 수질환경기준은 먹는물기준, 배출허용기준, 방류수수질기준 등과의 관계는 다음과 같다.

<표 Ⅳ-5> 각종 수질관련기준별의 설정 항목

항 목	수질환경기준	배출허용기준	방류수수질기준	먹는물기준
수소이온농도	○	○	△	○
BOD	○	○	○	
COD	□	○	○	
SS	○	○	○	
대장균	○			○
DO	○			
총질소	□	○	○	
총인	□	○	○	
음이온계면활성제	○	○	△	○
카드뮴	○	○	△	○
비소	○	○	△	○
시안	○	○	△	○
수은	○	○	△	○
유기인	○	○	△	
납	○	○	△	○
크롬(VI)	○	○	△	○
PCB	○	○	△	
노말핵산추출물질		○	△	
페놀		○	△	○
철		○	△	○
아연		○	△	○
구리		○	△	
망간		○	△	○
불소		○	△	○
색도		○	△	○
온도		○	△	
트리클로로에틸렌		○	△	○
테크라클로로에틸렌		○	△	○
먹는물 기준에만 있는 항목	일반세균,세레늄, 암모니아성질소, 질산성질소, 다이아지논, 말라티온, 파라티온, 페니트로티온, 카바릴, 총트리할로메탄, 1.1.1트리클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1.1 디클로로에틸렌, 사염화탄소, 경도, 과망간산칼륨소비량, 냄새, 맛, 동, 염소이온, 증발잔류물, 황산이온,알루미늄			

주) □ : 호소에 대해 추가로 규제하는 수질환경기준 항목임

△ : 방류수수질기준 중 공단폐수종말처리시설에 대해 설치사업자의 요청에 의해 환경부 장관이 정함

「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구」중 1순위 그룹에 해당한 물질

들은 반드시 수질환경 기준항목으로 설정해야 하며 주기적으로 조사하여 수질기준을 초과하지 않도록 감시해야 한다. 이 그룹 가운데 Vinyl chloride, Carbon tetrachloride 등은 현재 우리나라의 수질환경기준에 포함되어 있지 않은 실정이며, 그 외 비소의 규제 농도(0.05㎎/L)는 만명당 3명의 초과발암위해도를 갖는 수준이다. 또한 Chloroform, Bromodichloromethane과 같은 물질은 우리나라의 경우 총트리할로메탄으로 규제하고 있으나, 세계보건기구의 경우 위해도를 고려하여 각각의 규제치를 제시하면서 동시에 총량으로도 규제하고 있다.

우선관리대상 2순위 그룹 가운데 1,2-Dichloroethane과 Dichloromethane도 현재 우리나라의 수질환경기준에 누락되어 있으며, 납은 포함되어 있지만 외국의 수질기준과 큰 차이가 있다. 특히 Benzo(a)pyrene은 세계보건기구에서는 이를 포함한 다른 다환방향족 탄화수소류(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)를 포함하여 총 PAHs로 규제하고 있으며 미국의 경우에는 Benzo(a)pyrene외의 PAHs 물질 각각을 규제하고 있다.

<표 Ⅳ-6> 우선관리대상 수질오염 물질과 수질관련기준

우선관리 대상그룹	오염물질	단위(㎎/L)		
		수질환경기준	먹는물 기준	배출허용기준
1순위	Arsenic	0.05	0.05	0.1 - 0.5
	Benzen	-	0.01	-
	Bromodichloromethane	-	-	-
	Carbon tetrachloride	-	0.002	-
	Chloroform	-	-	-
	Vinyl chloride	-	-	-
2순위	Dichloromethane	-	0.02	-
	1,2-Dichloroethane	-	-	-
	Lead	0.1	0.05	0.2 - 1
3순위	Benzo(a)pyrene	-	-	-
	Bromoform	-	-	-
	1,1-Dichloroethylene	-	0.03	-
	Dibromochloromethane	-	-	-
	1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-
	Tetrachloroethylene	-	0.01	0.02 - 0.1
	Trichloroethylene	-	0.03	0.06 - 0.3
4순위	Aldrin	-	-	-
	Berylium	-	-	-
	Dieldirin	-	-	-
	Heptachlor	-	-	-
	Heptachlor epoxide	-	-	-
	Pentachlorophenol	-	-	-
	2,4,6-Trichlorophenol	-	-	-
5순위	1,1-Dichloroethane	-	-	-
	1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-
	1,1,2-Trichloroethane	-	-	-
	Mercury	불검출	불검출	불검출 - 0.005

특히, 유기 물질의 연소나 열분해 과정에서 생성되어 환경 중에 분포하는 PAHs는 많은 화학 오염물질 가운데 동물 및 인체에 미치는 발암능력(carcinogenic activity)과 환경중의 다양한 분포성, 오랜 지속성 때문에 관리되어져야 할 대상이 되고 있다. PAHs는 주로 석탄 및

석유의 연소공정과 자동차의 배기가스, 공장의 폐・하수・도로유출수(run-off)에 의해 배출되어 물에 유입되는데 일반적으로 물 중의 PAHs는 대기 중에 존재하는 PAHs에 의해 가장 큰 영향을 받으며 폐수와 오염된 하천수는 지하수보다 100~10,000배 이상 높은 농도를 함유한다고 알려져 있다. PAHs는 인체 유해성 때문에 관리가 필요한 항목이나 오염발생원, 수중으로의 유입 경로 등에 대한 기초 연구의 부족으로 체계적인 관리가 이루어지지 못하고 있다. 더구나 비점오염원, 도시하수 및 폐수 중에서의 오염도에 관한 조사는 그 동안 거의 이루어진 것이 없기 때문에 오염현황 파악이 어려운 실정이다.

PAHs를 법적(배출허용기준)으로 규제하고 있는 나라는 없으나, 미국 EPA에서는 16종의 PAHs를 특별관리 유해물질(priority pollutant)에 포함시켜 공장에서 배출되는 폐수 중에서의 함유량을 엄격히 규제하고 있으며, WHO 음용수 수질기준에 포함되어 있다. 또한 음용수 중에서 발견되는 PAHs 가운데 benzo[a]pyrene, benzo[b]fluorene, benzo[k]fluoranthene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, benzo[g,h,i]perylene, fluoranthene 등은 대표적인 발암물질로 WHO에서 정하는 PAHs의 지표물질이다. 이와 같은 수질 환경에서의 PAHs의 오염을 배제할 수 없는 상황이고 PAHs에 대한 각 업종별 수질환경을 별도로 규정 관리하지는 못하더라도 기본적인 PAHs의 위해성을 조사, 파악하여 적어도 상수원에서는 고려되어야 할 것으로 여겨지며, 추후 단계적인 관리로 발전해나가는 것이 바람직하다고 여겨진다.

수중생물에 대해서는, 대개 두 화합물을 이용한 단기간 생물농축 연구에서 PAHs의 유용한 담수 데이터 베이스가 제한되어 있어서, 급성이나 만성독성에 관한 내용이 충분치 않다. 공중 보건에 대해서, 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10-5, 10-6, 10-7에서 추정한 해당 권고 준거치는 각각 28.0μg/L, 2.8μg/L, 0.28μg/L이다. 위 추정치가 물을 제외한 수중생물 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각 311.0μg/L, 31.1μg/L, 3.11μg/L이다. 이외에도 2차, 3차년도 「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구결과」와 1996년의 화학물질별 유통량 조사결과 비교적 유통순위가 높은 화학물질로 1,2-Dichloroethane과 Benzene도 고려하여야 할 대상이다.

4-3. 항목별 수지기준의 합리성

1. 생활환경의 보전에 관한 환경기준

생활환경의 보전에 관한 환경기준은 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(하천:BOD), 화학적 산소요구량(호소:COD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수, 총질소(호소) 및 총인(호소) 등의 항목에 대해 수역군별로 설정되어 있다. 수역군은 하천, 호소 및 해역별로 각 이수목적에 따라 설정된 3~5가지 유형으로 다시 구분된다. 하천은 5개 유형의 수역에 BOD 등 5항목, 호소도 5개 유형의 수역에 COD 등 5항목 외 총질소 및 총인에 관한 것이 추가되어 7항목이 적용된다. 생활환경 보전에 관한 환경기준이 수역군별 방식을 채용한

것은 각 공공용수역의 「생활환경」이 개별수역에 따라 다양하고, 수질오염방지행정의 목표인 환경기준도 그에 따라 관리되어야 함을 의미한다. 즉, 여기에서 말하는 생활환경은 인간의 생활에 밀접한 관계가 있는 재산과 동·식물 및 그 생육환경을 포함하며, 공업용수도, 상수도와 수산업, 농업 등의 생산물 등도 그 보호대상에 포함되게 된다.

가. 수소이온농도(pH)

pH를 수질기준에 넣어 관리하는 목적은 pH와 이산화탄소, 경도, 알카리도 및 온도 등 다른 성분이나 특성사이의 복잡한 관계에서 형성되는 급수계통중의 부식 및 물때 형성을 최소화하기 위해서이다. 산성이나 알카리성이 강한 물은 생물체에 해롭고 콘크리트나 동을 부식하므로 용수 목적에 따라 pH의 허용 범위가 정해져 있다. 상수도 측면에서는 관 및 급수장치의 부식면에서 pH 7.0에 가까운 정도가 바람직하다. 지나치게 높으면 염소살균효과가 저하되고 너무 낮으면 응집효과에 악영향을 미친다. pH의 준거치 설정을 위해서 Mount(1973)는 fathead minnow(피라미류)에 대한 생물학적 정량(bioassys)을 수행하였는데 다음과 같은 결과를 제시하였다. Pimephales promelas에 대해 13개월간에 걸친 실험 결과, 한 세대에 미치는 pH의 만성적 영향은 가장 낮은 pH 수준이었던 4.5와 5.2에서 행동 양태가 비정상적이었으며 기형이 나타났다. 대조군과 비교해 보았을 때 6.6 보다 낮은 수준에서는 어류의 알 생산성과 부화율이 저하되었다. 따라서 pH 6.6의 수준이 생명체 기능을 유지하기 위한 한계치(marginal)라는 결론을 얻은 바 있다. 또 다른 연구의 결과에 의하면 유기물의 50%가 문제가 생기는 pH 값 범위는 4.0에서 6.6까지 였으며 이 범위 내에서 pH 값이 증가함에 따라 발생빈도도 증가함을 알 수 있었다.

pH 값이 담수에서 어류의 직접적인 치사가 나타나지 않는 pH 범위는 5~9이다. 그러나 여러 다른 오염물의 독성이 현저하게 이 범위 내에서 pH 변화에 따라 변화를 일으키고 산도 또는 알카리도를 증가시켜 독성물질들을 더욱 강한 독성물로 만든다. 또한 산성의 증가는 수중에서 중탄산염(bicarbonate)으로부터 이산화탄소를 유리시켜 직접적인 독성을 띠게 하거나 또는 pH 5~6의 범위 내에서 치명적으로 작용하게 된다. 현재까지의 증거를 근거로 하여 담수어의 적합한 생존과 저생무척추어류(bottom dwelling invertebrate fish)의 먹이 생태계를 보전하기 위해서 pH 6.5~9.0의 범위가 유지되어야 한다. 이 범위 밖에서는 어류에 치명적으로 해로운 물리적인 영향이 증가되는 것으로 나타나 있다.

일반적으로 우리나라 하천의 pH는 감조역을 제외하면 대부분의 pH는 7.0 전후의 중성인 수질이 많다. 상수원수로서 pH가 8.5를 넘으면 화학반응에 의해 염소살균력이 떨어지고 반면, 6.5이하가 되면 처리시 응집효과에 악영향을 미친다. 또한 6.5~8.5의 범위는 수도관과 급수장치의 부식방지의 면에서도 바람직한 수치라고 한다. 수영에 대해서도 미국 내무성에서 수질오염에 관한 조사자료에 의하면, pH가 이 범위를 벗어나면 피부에 자극을 가져온다고 한다. 수산동식물의 생육, 증식의 면에서 보면 가장 생산적인 하천의 pH는 대부분 6.5~8.5이고, 이를 넘으면 영양소의 상당 부분이 결합을 시작해 식물에 섭취되지 않고 사료생물의 생산성이 낮아져 수역 전체의 생물학적 생산성이 저하된다고 한다. 농작물 중 특히 벼에 있어

서 생육에 적절한 pH는 일반적으로 6.5~7.5범위라고 한다. pH가 낮으면 벼의 뿌리발육이 불량해지고 토양중의 염기유실로 토양이 노후화되어 생육이 불량해 진다. 한편, pH가 높으면 철결핍을 일으켜 황화현상을 가져와 pH 8정도에서는 잎 길이, 줄기 수, 이삭 수 등에서 각종 장애를 가져와 생산성 저하를 가져온다. 따라서 우리나라의 각종용수 기준으로서는 pH를 6.5~8.5범위로 정하고, 농업용 이수면에서는 pH 6.0~8.5로 설정한 것은 타당하다.

나. 생물화학적 산소요구량(BOD)

오염물은 수중에서 세균에 의해 산화되어 질산, 아질산, 탄산가스, 질소, 탄소 등으로 분해되는데 이때 세균이 필요로 하는 산소량을 생물화학적 산소요구량(BOD)이라고 한다. 하천의 정화작용은 미생물을 매체로 하는 유기물의 산화에 의한 무기화의 작용이기 때문에 하천수질오염의 일반지표로서는 화학적 산소요구량(COD)보다도 BOD가 오염의 상황을 명확하게 나타낸다. BOD는 수질환경기준의 5항목중의 하나지만 이중에서도 수질을 나타내는 지표로서 가장 많이 인용되고 있다. Sladeck(1965)의 분류 방식에 따른 생물화학적 수질오염 지표의 관계를 살펴보면 BOD 측정치와 수질오염정도를 비교할 수 있다. 수질오염 정도와 생물학적 측정치와의 관계는 <표 Ⅳ-7>와 같다.

<표 Ⅳ-7> 수질오염도와 DO 및 BOD5와의 관계

	수질오염정도	약자	DO(㎎/L)	DO포화도(%)	BOD_5(㎎/L)	수질평가
0	katharopity	k	various	various	0	깨끗한 물(음용수)
1	xenosaprobity	x	8	60	1(2)*	양성대(陽性帶), P/R**>1 정수(淨水) : 각종 용수로 사용가능
2	oligosaprobity	o	6	50	2.5(4)*	
3	β-mesosaprobity	β	4	40	4(6)*	
4	α-mesosaprobity	α	2	20	7(9)*	음성대(陰性帶), P/R**<1 오수 : 전처리 후 용수로 사용가능
5	polysaprobity	p	0.5	10	40(80)*	
6	isosaprobity	i	trace	0	40-400(600)*	ciliate, 무색 flagellate 세균, 진균류 및 유기물(비독성)의 정도에 따른 분류 : 이하 폐수
7	metasaprobity	m	0	0	200-700	
8	hypersaprobity	h	0	0	500-1500(2000)*	
9	ultrasaprobity	u	0	0	1000-60000	

주 : *1-5는 유수(流水)와 정수(停水)에서 각기 다른 수치를 보인다.

**P/R = Producer/Reproducer

BOD 1㎎/L이하의 하천은 일반적으로 거의 인위적 오염이 없는 하천으로, 가장 자연상태를 유지한다고 말한다. 그러나 현실적으로는 이와 같은 수질의 확보가 어렵고 일률적으로 상수원수 급수와 BOD기준과를 연결시킴으로서 수질에 대한 불필요한 우려를 낳을 수도 있다. 먹는물 수질기준 항목에서는 BOD가 포함되지 않으므로 일반 오염지수로서 보는 경우, 이를 정수처리과정과 연관시켜 상수원수급수와 직접 비교시키는 것은 무리가 있다고 본다. 따라서 기존의 BOD기준과 수질등급(상수원수 급수)과의 차이를 더욱 세분화하여 현실성을 반영하든지 또는 이수목적 기준을 전반적으로 보완하는 것이 바람직하다. 환경보전의 측면에서는 악

취한계에 있어 DO와의 관계를 고려한다면 BOD 10㎎/L로 설정한 것은 타당하다.

다. 부유물질량(SS)

1) 하천

하천오염 관련 연구에서 부유물질은 수질오염을 파악할 수 있는 중요한 오염지표 중의 하나이다. 부유물질은 하천에서의 오염 파악뿐만 아니라 폐수 처리의 효율을 판단할 수 있는 지표로 활용되기도 한다. 그러나 부유물질은 측정상 세밀한 주의를 필요로 하기 때문에 시료 보관과 실험이 부적절하였을 경우 오차가 생겨 수질 판정에 오류를 범할 수 있다. 또한 생활용수와 산업용수의 경우는 총고형물양의 측정이 매우 중요하고, 상수원 개발의 적합성을 판단하는데 중요한 지표가 된다. 단물화가 필요한 경우 총고형물의 농도에 따라 각종 정수 공정의 형태가 결정되며, 또한 부식 방지를 위해 흔히 pH 조절을 통해 물을 안정화시키는데 이때 pH는 알칼리도 및 온도뿐 아니라 총고형물의 양에도 일정 정도 의존하는 것으로 알려져 있다. 실제로 부유 고형물과 휘발성 부유물질의 측정자료는 가정하수와 공장폐수의 강도를 평가하는데 이용된다. 하천오염 관리측면에서는 보통 부유물질의 제거가 BOD 제거와 마찬가지로 중요하고 각종 처리 시설의 설계 및 부하량, 운영에 유용하다.

청정하천에서도 자연오염에 의해 부유물질 농도는 25㎎/L정도로 예상되며, 상수원수로서 완속여과에 의한 경우 설계시설기준에 의해서도 일반적으로 30㎎/L이하가 이상적이다. 하천에서 SS는 주로 수산생물의 생육과 밀접한 관계가 있으며, 일반적으로 25㎎/L이하면 수산생물에 적당한 생육환경이 유지될 수 있고 50㎎/L이상이면 어류의 질식사 등 피해발생의 우려가 있다고 한다. 따라서 SS 25㎎/L 이하는 일반적으로 자연적인 수준으로서 각종 용수이용에 지장을 초래하지 않는 1급수 범위 내에 든다고 말할 수 있다.

잉어, 붕어 등은 혼탁한 물에서도 서식이 가능하나 은어, 송어 등의 맑은 물에서 서식하는 어류는 탁도가 높아지면 정상적인 호흡이 곤란해진다. 각종 어류가 서식하는 하천임을 고려하여 25㎎/L, 100㎎/L 정도를 한계로 볼 수 있다. 유럽내륙어업자문위원회(EIFAC)의 자료에 의하면 부유물질의 농도에 따라 어업에 미치는 영향을 다음과 같이 소개하고 있다.

- 25㎎/L이하 : 어업에 유해한 영향이 거의 없다.
- 25~80㎎/L 이하 : 양호 또는 중간 정도의 어업이 가능하다.
- 80~400㎎/L 이하 : 양호한 어업을 유지할 수 없다.
- 400㎎/L 이상 : 거의 어업을 기대할 수 없다.

농업용수에 대한 SS의 영향은 규사, 산업배수 등의 無機微粒子의 유입축적에 의해 토양의 투수성을 저하시킴으로서 작물의 생육을 저해한다. 이에 대해서는 용수 중에 SS가 100㎎/L 이하이면 큰 문제가 없는 것으로 나타나고 있다. 환경보전의 관점에서라면 일상생활에서 불쾌감을 일으키지 않는 한도로서 폐기물 등의 부유가 있지 않을 것이 필요하다. 따라서 SS에 대한 위의 각 기준은 타당하다고 사료된다.

2) 호소

호소의 부유물질량(SS)에 대해서는 일반적으로 투명도가 3m인 경우 1㎎/L이하가 된다고 한다. 한편, 빈영양호의 경우에는 투명도가 5m이상인 경우가 많고 부영양호에서는 투명도가 작고 5m이하가 많다. 일반적으로 SS에 대한 기준은 호소의 경우는 하천에 비해 엄격하게 설정되어 있다. 우리나라의 호소 수질 환경기준Ⅰ등급에 해당되는 최청정 호소의 경우 1~2㎎/L이고 Ⅱ등급 해당 호소의 경우는 2~5㎎/L, Ⅲ등급 해당 호소의 경우는 5~10㎎/L 정도로 측정되고 있다. 농업용수의 기준치 등이 하천 수질기준과 동일하게 적용 받지 않는 이유는 실제로 호소 수질 등급의 개념이 하천에서와는 다르기 때문에 이를 일률적으로 맞출 필요는 없다고 사려된다. 즉 호소의 경우는 정체수역으로서 유속이 느려 침강이 일어나므로 보다 낮은 농도인 1~15㎎/L로 설정된 것이다. 그러나 우리나라의 인공호소는 대부분 용수목적을 위해 하천을 댐으로 막아 그대로 수로를 막아 놓은 형태의 하천성 호소이기 때문에, 수계의 특성에 따라 각기 유속 등 수리·수문학적 요소가 다르므로 하천과 호소의 명확한 구분은 보다 상세한 연구와 조사를 수행한 후 적용함이 바람직하다. 환경보전 측면에서는 하천과 마찬가지로 일상생활에서 불쾌감을 발생시키는 않는 한도로서 쓰레기 등이 떠 있지 않을 것으로 하고 있다.

그러나 현재 수질환경기준상 측정하게 되어 있는 부유물질의 정의로는 수질의 오염정도를 정확하게 측정할 수 없는 맹점 또한 가지고 있다. 따라서 이를 보완할 수 있는 탁도 또는 투명도(Turbidity : Secchi Disk 법 적용)로 항목을 하천과 호소의 특성에 맞게 분류하여 조정하는 방안을 고려해 볼 필요가 있다.

라. 용존산소량(DO)

용존산소량(DO)의 측정은 오염물질이 유입되는 자연수와 가정 및 산업폐수를 정화시키고자 하는 호기성 처리에 있어서 호기성 상태를 지속시키는데 매우 중요하다. DO가 충분치 못해 호기성 상태가 유지되지 못한다면 특정 무기염류의 환원을 유발시켜 메탄(CH_4) 등을 생성하는 혐기성 상태를 초래한다. 용존산소 측정값은 하천 오염의 제어에 필요한 각종 수중 생물의 성장과 생식에 필요한 조건을 파악하는데 유용하게 이용될 수 있다. DO는 유기물을 산화하여 안정한 형태로 만들기 위해 필요한 산소가 물에 용해되어 있는 양으로 비교적 수질이 양호한 수역에서 DO는 7.5㎎/L이상이 된다. 수산용수의 면에서 본다면 붕어, 잉어등의 부화시 환경조건으로 DO 7.0㎎/L이상이 적당하고 기타 일반 수산생물의 생육은 6.0㎎/L이상이면 아무런 문제가 없다. 우리나라는 수산용수 2급수 수준으로 DO를 5.0㎎/L이상으로 채택하고 있으며 이는 DO에 관해 연구가 많이 된 오하이오강의 수산용수기준이 5.0㎎/L이상임에 비추어 볼 때 문제가 없으리라 사료된다. 농업용수로서는 DO 2㎎/L이상으로 다소 낮게 책정되고 있으며, 이는 DO가 5.0㎎/L이하이면 뿌리가 썩을 수 있으므로 농업용 이수면에서 볼 때 과소하게 책정된 것으로 사료된다. 한편 생활환경보전을 위한 기준으로는 혐기성 발효를 방지하고 악취가 생기지 않는 한계가 2㎎/L이상임에 비추어 볼 때 최소한도를 2㎎/L로 설정한 것은 타당하다.

마. 대장균군수

하천과 같은 수질환경에 가정하수가 유입될 때에는 그에 포함되어 있는 장내세균들은 그 하천의 수질환경에 의한 자정작용으로 사멸되는 반면 유기물질들은 탄소와 에너지원으로 이용되어 생장이 조절됨으로서 다양한 미생물 군집이 하천수에 형성된다. 하천수에서 장내 세균을 포함하는 미생물의 생존율에 관해서는 주로 수온 변화, predator의 포식효과, 태양광선의 살균효과 그리고 bacteripphage의 용균작용 등 환경요인과의 관계에 대한 연구가 보고되고 있다. 그러나 하천의 수중환경에서도 여러 유기 및 무기오염물들이 침전 누적되어 있고 수시로 혼합되면서 하천수의 수질 상태에 영향을 준다. 하천수에서 보다 그 침전물에서 10^2~10^3배의 분원성 대장균이 발견된다고 보고된 바 있으며 호소의 수질환경에서도 유사하다고 지적되었다.

대장균은 그 자체가 인간의 건강에 유해한 것은 아니고, 대장균이 다수 존재하는 경우에는 티푸스균 등의 병원균이 같이 존재할 가능성이 있으므로 공중위생상의 문제가 된다. 따라서, 대장균은 병원균 등에 의한 오염의 지표로서 사용되는 것이지 그 자체가 인간건강의 저해물질로서 취급되는 것은 아니다. 먹는물 수질기준에서 대장균군은 「음성」으로 되어 있고, 상수도에서 염소소독에 의해 사멸되는 대장균군수의 안전한계치는 50MPN/100㎖이라고 한다. 한편, 상수도에서 정수처리에 의한 대장균군의 제거율은 완속여과처리에서 약 99%, 급속여과처리에서는 약 95%, 고도처리에서는 98%수준이 된다. 따라서, 일반적인 상수처리를 고려한 상수원수 2급에서는 1000MPN/100㎖, 고도의 상수처리를 고려한 상수원수 3급에서는 2500~5000MPN/100㎖가 상수원수로서의 안전한계라고 한다. 우리나라의 상수도 취수원에서 취수하고 있는 표류수에서는 1000MPN/100㎖이하의 것이 가장 많고, 5000MPN/100㎖를 넘는 것은 드물며 수영기준으로 대장균군수는 1000MPN/100㎖ 이하가 적당하다고 한다. 따라서 대장균에 대한 기준은 타당하다고 볼 수 있다.

바. 화학적 산소요구량(COD)

화학적 산소요구량은 수중의 오염물을 화학적으로 산화하여 안정시키는데 필요한 산소의 양으로 호소의 경우, 수질오염의 일반지표로서 플랑크톤의 영향 등을 감안하면 BOD보다 COD가 적당하여 BOD대신 COD를 기준으로 채택하고 있다. 구체적으로 호소수질 저하의 가장 큰 원인은 주로 유기물 농도의 증가이며 수질항목 중 가장 보편적인 중요성을 가지는 것 또한 유기물 함량이다. 수중의 유기물 함량은 용존산소량, 부유물질의 양, 환원 기체의 발생 등을 결정하게 된다. 호소의 유기물 유입원은 유역으로 유입되는 외부(allochthonous)생성유기물과 식물플랑크톤에 의해 생성되는 내부(autochthonous)생성유기물로 구별된다. 특히 체류시간이 긴 호소일수록 식물성 플랑크톤에 의해 생성되는 내부생성유기물이 많은 부분을 차지한다. 무기영양염류의 유입이 증가하여 부영양화되면 호소 자체내 생성 유기물의 비중이 커지게 되며 호소의 일차 생산력이 수중 생태계의 전반적인 특징을 결정짓는 가장 중요한 요소가 된다. 호소의 오염지표로 COD를 채택하는 이유는 식물성 플랑크톤의 광합성 등에 의해

호소 자체가 부영양화 등 오염이 심함에도 불구하고 BOD 값이 오히려 낮게 나오거나 변동이 너무 심하여 일상적으로 오염의 정도를 파악하기 어렵기 때문에 영양염류의 무기물 지표로서 COD 측정값이 대표성을 띨 수 있다.

COD 1㎎/L이하는 인위적 오염이 없는 호소로 간주된다. 먹는물 수질기준은 과망간산칼륨소비량으로 10㎎/L이하로 되고, 이를 COD로 환산하면 2.5㎎/L이하가 된다. 이를 처리기술능력을 감안하면 상수도용수의 적응성으로는 3㎎/L이하가 된다. 수산용수 면에서는 빈영양호형과 부영양호형으로 분류하고 빈영양호형 중에서도 특히 청정한 수역을 좋아하는 수산생물에게는 COD 1㎎/L이하, 빈영양호형중 보통정도의 것 및 부영양호형 중 비교적 청정한 수역에 생식하는 수산생물에 대해서는 3㎎/L이하가 적당하다. 부영양호형의 수산생물 중 보통정도의 것에 대해서는 5㎎/L이하가 적당하다. 기타, 수영에 대해서는 COD 3㎎/L이하에서 문제가 되지 않으며, 농업용수로서 COD가 높은 경우 토양이 환원촉진 등에 의해 지속적으로 뿌리의 활력을 저하시키고 뿌리부패가 발생하는데, 10㎎/L이하까지는 관개용수로 전혀 무해한 수준이다.

사. 총질소 및 총인(Total Nitrogen & Total Phosphorus)

수중의 질소 및 인의 농도상승으로 수역이 부영양화 하면 투명도의 저하 등에 의해 경관악화, 상수도의 異臭味와 정수장의 여과장해 발생, 어패류의 질식사망 등, 수역 이용상의 장해가 발생한다. 이들 장해는 주로 조류 등의 증식에 의한 것으로 조류증식은 기본적으로 질소 및 인의 농도에 의해 지배된다. 부영양화에 따른 수질변화는 기본적으로 수역내에서 식물의 유기성생산 증대에 의한 것으로 이러한 현상을 막기 위해서는 질소, 인농도 외에 수온, 일사량, 체류시간 등의 조건도 필요하지만 일반적인 호소에서는 이와 같은 조건은 항상 충족되므로 조류 증식은 기본적으로는 질소와 인에 지배된다고 할 수 있고 인위적으로 호소의 부영양화를 방지하기 위해서는 질소와 인에 대한 규제 필요성에 따라 질소와 인에 대한 기준이 설정되었다.

보건위생 측면으로 살펴보면, 질소의 경우 시간의 흐름에 따라 유기질소가 점차 암모니아성 질소로 전환되며 만약 호기성 상태가 존재하면 아질산염과 질산염으로 암모니아 산화가 일어난다. 질소는 대부분 하수와 새로이 오염된 물에서 처음에는 유기성(단백질) 질소와 암모니아 형태로 존재한다. 시간이 흐름에 따라 유기질소는 점차로 암모니아성 질소로 전환되며 만약 호기성 상태가 존재하면 아질산염과 질산염으로 암모니아 산화가 이루어진다. 이러한 진행과정은 물의 위생학적 질을 보다 정밀하게 해석할 수 있는 근거를 제공한다. 따라서 유기성 및 암모니아성 질소를 주로 함유하고 있는 물은 최근에 오염된 것으로서 분변성 세균에 대한 오염의 지표로 평가할 수 있다. 질소의 대부분이 질산염 형태로 있는 물은 오랜 시간 전에 오염된 것으로 생각되며 공중 위생상 위협을 주지는 않는다. 한편 아질산염의 경우는 그 양이 많은 경우 위해를 줄 수 있다. 높은 농도의 질산염을 포함하는 음용수를 복용한 경우 영아에게서 methemoglobinemia를 일으킨다는 사실이 밝혀져 미국공중보건성(USPHS)는 1962년 공공급수에서 질산염 농도는 질소로서 10㎎/L를 초과해서는 안 된다고 권고한 바 있

다.

인산염은 독성이 없으며 인체에 직접적인 건강 피해는 주지 않으나 수질에 간접적인 영향을 준다. 인산염은 수중 생물에 제한적 영양소가 된다. 공급량이 증가하게 되면 수중 식물플랑크톤이 급격히 성장하게 되어 심각한 부영양화를 초래한다. 도시하수나 폐수에서는 세제류에 함유된 인산염이 주요 발생원이 되고 이는 질산염과 함께 플랑크톤의 번식에 있어서 주영양분이 되기 때문에 매우 중요한 뜻을 갖는다. 담수에서는 인이 일차적인 제한 영양염류로 작용하는 것으로 알려져 있으나 인이 과다하게 유입되는 호소에서는 상대적인 질소 요구량이 증가되어 식물체의 N/P 원자 구성비가 16이하를 유지할 경우 식물플랑크톤의 성장에 질소가 제한 영양염으로 작용하게 된다.

호소내 질소 유입량은 우리나라의 대표적인 인공호인 소양호의 경우 유역에서 들어오는 양, 양어장 사료 투여에 의해 배출되는 질소의 양, 남조류에 의한 질소고정량에 의해 결정되는 것으로 보고되고 있다. 호소내 질소 방류량은 퇴적물에 침전되는 양, 탈질화 과정에 의해 대기로 방출되는 양, 방류수에 의해 방류되는 양으로 결정된다. 소양호에서 호소내로 유입되는 질소 부하량의 약 40%가 호소내에 체류된다고 보고한 바 있다.

투명도를 충분히 유지시킬 수 있는 호소의 수질을 감안하면 자연환경보전을 위한 환경기준치는 총질소가 0.1㎎/L이하, 총인이 0.005㎎/L이하가 되는 것이 적당하다. 간단한 정수조작을 규정한 상수원수 1급에 있어, 이취미의 문제와 여과지 폐색을 일으키는 장해가 없는 호소의 수질을 감안하면 현 기준이 적절하다. 그러나 일반적인 정수처리와 고도정수처리를 고려한 상수원수 2, 3급의 경우 원수중의 조류에 의한 응집침전지 등에서 약품사용량의 증가와 급속여과지의 여과유지시간의 단축 등 정수조작상의 각종장해를 일으킨다. 이 경우 우리나라의 상수원수2급과 상수원수3급의 경우 총질소, 총인의 기준이 과대하게 지정되고 있다.

우리나라의 농업용수는 관개용수를 사용하는 것을 고려할 경우 호수의 환경기준치를 총질소 1㎎/L 과 총인 0.1㎎/L 이하를 책정한 것은 우리나라의 호수 수질여건을 반영할 때 과도하게 책정되었다. 따라서 농업용수의 경우 총질소와 총인을 적용하는 것은 불필요한 환경비용을 지출하는 원인으로 작용할 우려가 있다. 공업용수에 대해서는, 수역이 부영양화하고 조류 등의 증식으로 물이 탁해져 그 이용에 장해가 생기지 않는 호소의 수질 등을 감안하면 환경기준치로 총질소 1㎎/L, 총인 0.1㎎/L이하가 적당하다. 환경보전의 관점에서는 부영양화가 진행하고 조류의 이상증식과 대형수초의 번식으로 이들이 부패하여 악취를 발생시키는 등 국민의 일상생활에 불쾌감을 일으키므로 총질소 1.5㎎/L, 총인 0.15㎎/L이하로 설정한 것도 적당하다. 그러나, 우리나라의 수자원 여건상 안정적인 물자원의 확보를 위해 호소의 의존도는 더욱 커질 것이며, 현재 설정된 호소기준은 호소의 물 이용상황과 중요도를 반영해 설정되었지만 상수도로 이용되고 있지 않은 호수의 경우 용수의 안정적 공급과 과다한 환경비용의 저감을 위해 호수의 수질기준을 일부 재검토할 필요가 있다.

2. 인간건강의 보호에 관한 환경기준

인간건강보호에 관한 환경기준은 카드뮴, 총시안, 납, 크롬(Ⅵ), 비소, 총수은, 알킬수은, PCB 등 9개 항목을 채택하고 있다. 인간건강의 보호에 관한 환경기준은 전국 공공용수역에서 일률적으로 적용되고 있으며, 이는 인간의 건강이 무엇보다도 우선적으로 존중되어야하기 때문이다. 이들 기준치는 대체로 우리나라의 먹는물기준과 같은 기준수치를 가지고 있다. 그러나, 수은 및 PCB에 대해서는 어패류의 생물농축을 통해 식품으로서 인체에 유입될 위험성이 커서, 먹는물 및 어패류의 통상 섭취량을 감안하고 음료수로서 섭취하는 경우의 안전성도 고려되고 있다. 인간의 건강에 관한 환경기준의 항목과 기준치의 근거는 다음과 같다.

가. 카드뮴(Cd)

카드뮴은 널리 알려진 이타이이타이병의 원인으로 만성독성에 의해 신장의 미세 요도관에 병을 일으켜 재흡수기능에 장해를 가져와 골연화증을 일으키는 것으로 알려지고 있다. 이타이이타이병의 발생원인은 대량의 카드뮴이 장기간 체내에 유입됨에 따른 것이며, 소량인 경우에는 오줌을 통해 배출되지만 다량이면 일부가 체내에 축적되는 것으로 보인다. 체내유입량의 60% 정도는 음료수와 음식물을 통해서 유입되며 30%정도는 호흡을 통해 유입된다. 유럽과 북아메리카의 음용수, 대기, 음식물을 통한 1일 총카드뮴 섭취량은 10～40㎍/day이고, 유입된 카드뮴의 50～75%정도가 간장과 신장에 주로 축적되며 체내 반감기는 30년 정도라고 한다.

먹는물 수질기준에서는 먹는물 중의 카드뮴농도를 0.01㎎/L이하로 정하고 있다. 이 기준치의 근거는 먼저 지표수 및 지하수내에는 아연의 1/100～1/50정도의 카드뮴이 함유되어 있으므로 아연에 관한 먹는물의 기준(1.0㎎/L이하)에서 먹는물에는 0.01㎎/L이하의 카드뮴이 함유되어 있다고 추정한 것이다. 두 번째로, 먹는물 및 각종 음식물에 함유된 형태로 인간 및 동물에 섭취된 카드뮴은 대부분이 체외로 배출되고 소화관에서 흡수된 것도 절반정도는 소변으로서 체외로 배출되지만 흡수된 양이 소변으로 배출될 수 있는 양을 넘는 경우에는 체내에 축적되어 여러 악양향을 일으키는 것으로 고려된다. 세 번째로, 먹는물중의 카드뮴의 허용량은 WHO국제기준, 미국, 일본, 소련의 기준에서 0.01㎎/L으로 되어 있다. 미국의 경우 음용수 이외의 다른 오염원을 통한 1일 섭취량은 0.06㎎/L(60㎍/L)을 초과하지 않도록 권고하고 있다.

수중생물에 대한 카드뮴의 담수 급성값은 44속(genera) 종에 대해서 유효하고, 무지개송어에서 하루살이까지 1.0㎍/L에서 28,000㎍/L 정도의 범위를 가진다. 급성독성에 대한 경도(hardness)의 상극효과는 5종에서 나타나고 있다. 카드뮴의 만성 테스트는 12종의 민물고기와 4종의 무척추동물에 대해서 시행되었는데, 물벼룩 0.15㎍/L에서 대서양 연어 156㎍/L까지의 범위를 나타내었다. 급/만성비율은 8종에 유효하고 그 범위는 치누크연어 0.9021에서 플래그피쉬(flagfish) 433.8까지이다. 담수식물은 2㎍/L～7,400㎍/L 농도에서 영향받는다. 이 값들은 물고기와 무척추동물 종의 급성독성치와 같은 범위이고, 만성값보다도 상당히 높다. 담수에서

카드뮴의 생물농축인자(Bioconcentration factors; BCFs)는 물고기의 경우 3～2,213의 범위를 나타낸다.

어류, 동식물에서 카드뮴의 축적 메커니즘은 현재까지도 완벽하게 밝혀지지 않았고, 카드뮴은 정수과정에서 제거가 곤란하므로 먹는물의 기준정도라면 문제되지 않을 것으로 고려된다. 이와 같은 측면에서 볼 때 우리나라의 카드뮴의 환경기준치를 0.01㎎/L이하로 정한 것은 타당하다.

나. 시안(CN)

시안은 흔히 청산가리로 알려진 것으로 인체에 유해한 물질로서 인체 조직내 질식을 일으키는데 통상 수 초내지 수 분내에 중독증상이 나타나고, 두통, 현기증, 의식장해, 경련, 체온강하를 유발하여 수 분내에 사망하게 된다. 소량섭취의 경우는 두통, 귀울림, 구토, 맥박증가 등이 나타난다고 한다. 시안의 경구치사량에 대해서는 사고에 의한 인체사례, 동물실험의 결과 등에서 시안화합물 약 150～300㎎/인으로 사료되고 이를 시안으로 환산하면 60㎎/인～120㎎/인이 LD_{50}(반수치사농도)의 치사량으로 고려된다. 50～200㎍/L의 시안 농도범위에서 대부분의 어류에게 급성독성을 유발하고, 어류에 독성을 나타내지 않는 농도는 10㎍/L 이하이다.

유리시안(free cyanide : CN으로 표현된, HCN과 CN-으로 존재하는 시안화물의 합)의 급성독성 자료는 다양한 집합 기능과 연관되는 여러 가지의 담수 종들에게 유용하다. 급성민감도의 범위는 44.73㎍/L～2,490㎍/L이지만, 무척추동물의 모든 종은 400㎍/L이상에서 급성민감도를 보인다. 물고기의 장기간 생존실험, 일시적 실험, 라이프사이클 실험에서, 각각 13.57, 7.849, 16.39㎍/L의 만성값을 얻었다. 두 담수 무척추동물 종의 만성값은 18.33㎍/L과 34.06㎍/L이었다. 30㎍/L～26,000㎍/L의 농도 범위에서 담수식물이 영향받는다.

시안 등의 독극물에 대해서는 통상 100배정도의 안전율을 곱하므로 그 허용한도를 1㎎/인으로 정할 수 있다. 일반적으로 인간이 일회에 음용하는 물의 양은 500㎖정도이므로 음용시의 허용한도는 1L에 대해 2㎎/L인으로 고려된다. 수돗물에 어느 정도의 안전율을 곱하는가에 대해서는 여러 가지 의견이 있다. 외국의 예를 들면, WHO의 유럽기준에서는 0.2㎎/L, 소련에서는 0.1㎎/L, 미국에서는 0.01㎎/L로 다양하다. 우리나라의 먹는물 수질기준은 이들을 참고하여 「불검출」(정량한계 0.01㎎/L)로 정하고 있다. 환경기준치는 이상에서 서술한 수도 등 먹는물에 대해 배려하고, 환경위생 등 국민건강의 면도 고려하여 「불검출」로 정하고 있으므로 타당하다. 그러나 수계관리자 설문에서도 시안의 경우 검출한계치를 설정하자는 의견도 있었다.

다. 납(Pb)

대량의 납이 인체내로 들어오면, 급성독성을 일으키고 복통, 구토, 설사, 뇨폐 등이 나타나고 격렬한 위장염 등에 의해 사망하기도 한다. 소량의 납이 장기간으로 인체내에 들어오면

식욕부진, 변비, 두통, 전신권태, 빈혈, 시력장해, 경련, 혼수상태에 이른다고 한다. 납의 인체에 대한 독성은 급성적인 것보다는 누적적으로 나타나는 만성적인 독성이 문제되기 때문에 안전하다고 볼 수 있는 섭취량은 분명하지 않다. 미국수도협회(AWWA)에서는 납의 섭취량이 하루 1.0㎎을 넘을 경우에는 배출량을 초과하여 체내에 축적된다고 한다. 납의 위장관 흡수 및 저류는 어른보다(18%) 소아(53%)가 훨씬 높아서, 0～5세 소아의 1일 납 섭취량의 제한농도는 10㎍/㎏이다.

30㎍/L의 농도에서 3주간 노출시킨 어류의 16% 정도가 생식계 장애를 유발하였다. 수중생물 중에서 몇몇 담수동물 종들에 대한 납의 급성독성은 물의 경도가 증가할수록 감소하였다. 경도 50㎎/L에서 10종의 급성민감도는 단각목의 동물(amphipod) 142.5㎍/L에서부터 각다귀 235,900㎍/L까지 범위를 나타내었다. 또한 납의 만성독성은 경도가 증가함에 따라 감소하여 Cladoceran은 연수(軟水)와 경수(硬水)에서 만성값은 최저치 12.26㎍/L와 최고치 128.1㎍/L이다. BCFs은 무척추동물 4종과 물고기 2종에 대해 조사한 결과 42에서 1,700의 범위를 갖는다.

납은 다른 중금속에 비해 소아에게 위해의 정도가 크고 수도수를 통해 가정에 도달시 오염도가 증가할 수 있으므로 장기적으로는 현행의 기준을 강화해 나갈 필요 있다. 우리나라의 경우 먹는물 기준에서는 납의 함유량을 0.05㎎/L이하로 정하고 있으며, 상수도의 정수과정에서 납을 제거, 분해하는 것은 곤란하므로 공공용수역의 수질은 먹는물 수질이하로 함유되도록 하여야 하나 현 기준치는 0.1㎎/L이하로 과다하게 설정되어 있다.

라. 크롬(Cr^{+6})

크롬(Ⅵ)을 대량으로 섭취하면 구토, 복통, 뇨량감소, 경련, 혼수상태, 뇨독병 등을 일으켜 사망에 이른다. 피부에 접촉해도 피부병, 부종, 궤양 등이 일어난다. 1일 크롬섭취량 5～100㎍으로 매우 다양하다. 일반적으로 크롬(Ⅲ)은 무해하나, 크롬(Ⅵ)은 크롬(Ⅲ)에 비해 섭취, 흡입, 피부흡수시 점막자극 등의 영향이 크고 폐암, 궤양, 비중격천공, 순환기 장해를 유발시킨다. 0.33㎎/L의 크롬(Ⅵ)에 노출된 어류의 16%가 생식계 장애 유발하였다.

크롬(Ⅵ)의 급성독성값 범위는 cladoceran 23.07㎍/L에서 돌파리(stonefly) 1,870,000㎍/L이다. 무지개송어와 하천송어에 대한 크롬(Ⅵ)의 만성값은 264.6㎍/L이고, 이것은 연준모치(fathead minnow)의 만성값 1,987㎍/L보다 훨씬 낮다. 이 3가지 물고기에 대한 급/만성 비율은 18.55에서 260.8의 값을 가진다. 3가지 모든 만성 실험에서는 저농도에서 일시적인 성장저해가 일어났다. 5종의 daphnids를 가지고 한 6가지 만성실험에서 만성값은 2.5㎍/L이상에서 40㎍/L까지 범위를 나타내었고, 급/만성 비율은 1.130에서 9.680이하까지의 범위였다. 녹색조류는 크롬(Ⅵ)에 아주 민감하고 무지개송어의 BCF는 3보다 작았으며, 16㎍/L에서 치누크연어의 성장은 감소되었다.

크롬(Ⅵ)은 일반적으로 0.1㎎/L이하로는 무해하다고 하나, 먹는물 수질기준에서는 먹는물 중 크롬(Ⅵ)의 안전성을 고려해 0.05㎎/L이하로 하고 있다. 크롬은 정수과정에서 제거되는 것이 곤란하므로 국민의 건강 측면에서도 공공용수역내 환경기준치를 먹는물의 기준과 동등한

수준인 0.05㎎/L이하로 정하고 있어 타당하다.

마. 비소(As)

비소화합물을 대량으로 섭취한 경우 구토, 설사, 탈수증상, 복통 등을 일으킨다. 더욱이 일시에 다량으로 섭취할 경우에는 혈변, 혈압저하, 경련, 혼수상태 등에 의해 사망한다고 한다. 수질오염의 경우 문제가 되는 것은 축적에 의한 만성중독으로, 장기간 섭취하면 지각장해, 피부청동화, 부종, 손바닥의 각화, 심해지면 구토, 복통, 간장비대, 간경련, 빈혈 등을 일으키고 순환장해로 사망한다고 한다. 0.3㎎/L의 비소를 함유한 음용수 섭취시 각화증, 피부암을 유발한다.

물 속에서 비소의 화학적 성질은 복잡해서, Eh, pH, 유기물 함유량, SS 농도 등 환경 조건에 의해 용해상태가 좌우된다. 여러 형태의 상대적 독성은 종에 따라 다양하며, 무기비소(Ⅲ)의 경우, 16가지 담수 동물 종에 대한 급성값은 cladoceran 812㎍/L에서 각다귀 등의 작은벌레 97,000㎍/L의 범위를 갖는다. 담수자료에서 비소가 높은 정도로 생물농축 되지는 않지만 물고기보다 하등 수생물에 더 높게 비소가 농축될 수 있다고 지적되었다. 낮은 생물농축인자와 물고기 조직 내에서 비소의 짧은 반감기는 수생물의 포식동물에게 문제가 안될 수도 있다고 시사한다. 담수식물은 비소(Ⅲ)과 비소(Ⅴ)에 따라 민감도가 상당히 다르고, 비교실험에서 조류, Selenastrum capricornutum은 비소(Ⅲ)보다 비소(Ⅴ)에 45배 이상 민감하였다. 무기비소(Ⅲ)에 대한 많은 식물 값들은 담수 동물의 만성값(chronic value)과 같은 범위를 나타내었다.

만성독성은 일반적으로 먹는물로서 상용하고 있는 경우 0.21~14㎎/L이상 함유되어 있거나 그 위험이 있는 것을 말한다. 먹는물 수질기준에서는 비소를 0.05㎎/L이하가 되도록 하고 있고 수질환경기준에서도 이를 반영해 먹는물과 같은 정도의 기준을 채택하고 있다. 그러나 비소의 독성과 발암성으로 인해 WHO와 일본에서는 0.01㎎/L로 정하고 있고, 미국의 경우도 음료수와 유기체의 동시 섭취시의 기준을 0.018㎎/L로 정하고 있다. 따라서 비소의 환경기준치는 선진국과 국제기구에서 채택하고 있는 기준치를 상회하므로 재검토가 필요하다.

바. 수은(Hg)

수은은 알킬수은 등의 유기수은과 무기수은과의 총량이며, 이중 무기수은은 인체에 무해하다고 볼 수도 있지만 공공용수역내에서 유기수은화하는 경우가 있기 때문에 이들 수은을 총괄하여 「수은」으로서 환경기준의 대상으로 한 것이다. 수은에 관한 환경기준에 대해서 당초에는 인체 내로의 축적이 배려되기도 하였지만, 수중의 먹이사슬 등을 통해 어패류 중으로 농축되는 것과, 자연계에서 수중의 수은 존재상태 및 측정방법에 대해서도 고려하여야 한다. 관계인자로서 선진국의 어패류의 잠정적 규제치(수은 0.4 ㎎/L), 생물농축과 농도비, 자연계의 물과 수은함유량 등을 고찰해 보았다. Methylmercuric chloride로서 수은 0.04㎍/L의 농도에서 어류에게 생식계 장애를 유발한다. 총수은의 농도가 0.05㎍/L라 하더라도 화합물 형

태에 따라 독성이 각기 다르다. 해양 수질 환경의 criteria는 0.1㎍/L이다.

수은(Ⅱ)의 무척추동물종에 대한 급성값은 Daphnia pulex에 대해 2.2㎍/L에서 부터 벌레에 대해 2,000㎍/L까지 범위를 갖는다. 물고기에 대한 급성값의 범위는 guppy의 30㎍/L에서 Mozambique tilapia의 1,000㎍/L까지이다. 유기수은화합물(organomercury compounds)과 질산수은(mercurous nitrate)에 대한 자료는 별로 없고, 수은(Ⅱ)보다 4에서 31배 더 급성 독성을 나타낸다. 수은화합물 실험에서 메틸수은(methylmercury)이 만성적으로 가장 유독하다고 지적한다. 메틸수은에 대한 Daphnia magna와 하천송어 실험에서 0.07㎍/L보다 적은 만성값을 나타내었다. Daphnia magna의 수은(Ⅱ)에 대한 만성값은 약 1.1㎍/L이고, 급/만성 비율은 4.5였다. 연준모치의 라이프사이클 실험과 유넌 단계실험에서 염화수은(mercuric chloride)의 만성값은 0.26㎍/L이하였고, 급/만성 비율은 600이상이었다. 담수식물은 수은에 넓은 범위에서 민감하지만, 수은(Ⅱ)과 메틸수은에 대해서 담수식물이 담수동물보다 덜 민감한 것으로 나타났다. 수은(Ⅲ)은 BCFs가 4,994이지만, 메틸수은의 BCFs는 4,000에서 8,500의 범위를 갖는다.

생물농축에 대해서는 물 또는 저질중의 수은 또는 세포막을 통한 어패류의 체내로 투입되는 경로와 먹이사슬에 의해 플랑크톤, 중・소 동식물을 경유하여 유입하는 경로가 고려되었지만, 그 농축 정도는 어패류의 생태에 따라 크게 다르다. 물과 생물간의 수은의 양적 관계를 나타내는 지표로서 농축비(생물체의 원소농도/환경수중의 원소농도)는 관련인자가 많고 복잡하여 반드시 일정하다고는 할 수 없어 생물농축비에 대해서는 어느 정도의 지식이 있지만 충분한 것은 아니다. 일반적으로 수중농도 0.0005~0.001㎎/L정도로 유지한다면 충분한 안전율을 취한 것으로 선진국의 어패류 수은함유량 규제치 이하로 된다는 것이 통설이다. 따라서 우리나라의 주요하천의 수은함유량은 모두 정량한계치(0.0005㎎/L)미만이 되고, 알킬수은은 현재 검출되지 않으며, 이상의 현상에 기초하여 수은의 수질환경기준 및 음료수 기준이 모두 「불검출」로 되어 있다. 그러나 분석기술의 발달로 정량한계가 0.0005㎎/L이므로 구체적 수치인 0.0005㎎/L이하로 함이 보다 타당하다고 하겠다.

사. PCB(Polychlorinated biphenyl)

PCB(폴리염화비페닐)는 인체에 들어오면 배설되지 않고 지방층에 축적되어 모체를 통해 태아에게 전달되는 특징을 가지고 있다. PCB를 다량으로 섭취하면, 눈까풀부종, 여드름상피병 등을 일으켜 진행하면 전신권태, 시력감퇴, 색소이상침착, 관절병 등이 일어난다고 한다. PCB의 수질환경기준의 적정성 검토는 현 오염의 실태, 생물농축 및 분석기술수준 등에 대해 검토하여 보았다. 수중 및 침전물중의 PCB는 직접 또는 먹이연쇄를 통해 어패류에게 농축, 축적되므로 식품의 경우 3㎎/L를 넘지 않는 것이 바람직하다. PCB의 어패류내 축적은 수중 또는 저질중의 PCB가 아가미 등을 통해 어패류의 체내로 들어오는 경로와 먹이연쇄에 의해 플랑크톤, 저서생물 등을 경유하여 들어오는 것이 주요 경로이다. 이 축적의 정도는 어패류의 생태, 특히 식성에 따라 현저하게 차이가 있고, 동일 어종에 대해서도 계절적으로 변동하며 장기간 생존하는 것일수록 농축비가 증가하는 것으로 알려져 있다.

EPA 지침서에서 유도된 것 같이 담수생물을 보호하기 위한 PCB의 준거치는 24시간 평균으로 0.014㎍/L이다. 이 농도는 매우 높을 수 있는데, 왜냐하면 실험실에서 측정된 BCF에 기초하지만, 물고기에 대한 현장 조사는 분명히 적어도 10배 이상 높은 BCF를 나타내기 때문이다. 담수생물에 대한 급성독성이 2.0㎍/L이상에서 발생할 수 있고, 24시간평균은 급성독성에 대한 적절한 보호를 할 수 있다. PCB의 BCF는 평균 7360이나 먹이사슬 등의 요인을 고려한 경우, PCB 농축비는 10,000 정도로 하는 것이 적당하다. 따라서, 환경수중의 PCB농도는 선진국의 어패류 규제치 3㎎/L이하의 1/10000, 즉 0.0003㎎/L이하로 된다. 현재 우리나라 PCB의 기준치는 「불검출」(정량한계 0.0005㎎/L)로 설정하고 있어 타당하다. 수계관리자 설문에서는 PCB도 시안과 같이 검출한계치를 설정하자는 의견이 있었다.

아. 음이온계면활성제(ABS)

음이온계면활성제(ABS)는 사람의 건강보호 항목에 포함되어 있기는 하나 다른 항목들과는 달리 특정수질 유해물질에서 제외되어 있어 그 규제방법에 대한 타당성과 건강상 중요성 여부가 더욱더 문제점으로 거론되었던 항목이다. 음이온계면활성제의 건강장해 효과로는 4～17%의 LAS를 함유한 세제의 피부자극성, 1일 1～10㎎ 정도씩 장기적인 경구 섭취시 체중감소, 만성적 기능장해 초래 및 카드뮴, 색소, PCB, 유기수은의 독성 상승효과 등이 동물실험을 통해 보고된 바 있다. 최근에는 이들 자체의 독성이 건강상 크게 위해를 줄만한 정도의 것이 아니며 또한 환경중 농도로서는 이들의 독성이 문제시 될만한 정도가 아니라는 보고가 있다. ABS는 나라마다 차이가 있고, 현재 우리나라는 먹는물 기준과 수질환경기준 중 사람의 건강보호항목으로서 0.5㎎/L를 택하고 있다. 오늘날 ABS가 건강에 크게 위해를 주는 근거도 희박하므로 수질환경기준 중 건강보호항목으로서 고려할 중요성이 없다고 본다.

자. 유기인

우리나라의 농약류 규제는 외국과 달리 유기인으로 총칭하여 수질환경기준으로 지정하고 있다. 유기인계 농약으로 먹는물 기준에는 diazinon, phenitrothion, malathion, parathion 등이 있으나, 유기인계 농약류는 많이 사용하고 있는 농약류도 아니며, 실제 malathion 과 같은 농약은 현재 사용하지 않는다. 일본의 경우 농약 중 1・3-디크로로프로판, 티오람, 벤젠, 티오벤캅의 4가지 물질에 대해서는 만성독성을 고려해 기준치가 설정되고 있다. 그리고 수계관리 담당자 들에 의한 설문조사 결과에서 유기인 항목을 삭제하고 수질오염공정시험법에 규정한 5개 유기인계농약으로 기준을 설정하고 기준은 먹는물수질기준과 같이 개별항목의 검출한계치를 설정하자는 의견이 있었다.

<표 Ⅳ-8> 사람의 건강보호 항목의 문제점

항 목	규제치	문 제 점	비 고
Hg	불검출	불검출의 한계기준 불명확, 총수은과 알킬수은 구분검토	일본 : 총수은 0.0005 알킬수은 ND
유기인	불검출	불검출의 한계기준 불명확, 규제방법의 타당성, 유기인계농약만 규정	미국 : 유기염소계 일본 : 유기염소계
Pb	0.1	기준 과다	EU : 0.05 일본 : 0.05
As	0.05	기준 과다	WHO : 0.01 일본 : 0.01
ABS	0.5	건강보호 항목으로 지정하는 것은 불합리	EU : 0.1 ~ 0.5

제5장 수질환경기준의 개선방안

우리나라는 국내적으로는 국민의 생활의식수준의 향상으로 깨끗하고 쾌적한 환경에 대한 국민의 요구가 날로 증가하고 있으며, 국외적으로는 그린라운드(Green round)등과 같이 지구적으로 환경을 고려해야 한다는 요구에 효율적이고 적극적으로 대처해야 할 상황에 있다. 우리나라의 현실은 기본적인 환경용량이 열악하여 외국과 동일한 수준의 환경을 유지하기 위해서는 많은 노력과 희생을 필요로 한다. 단일 배출원에서의 오염이 개별적으로는 거의 피해가 생기지 않는 배출농도로 방류되어도, 이러한 배출원이 많이 모여 수역의 환경용량을 초과하게 되는 지역에는 수질오염문제가 발생하게 된다. 이 경우 아무리 개개의 배출원을 규제하여도 문제를 근본적으로 해결할 수 없으며, 집적된 오염전체를 대상으로 한 대책강구가 필요하게 된다. 수질환경기준은 이러한 개별적 환경오염 발생원이 집적되어 오염물 총량이 증대된다는 사실을 바탕으로, 국민의 건강과 생활환경을 보호하기 위해서 수환경의 바람직한 조건이나 상태를 규정하는 것이다.

환경정책기본법에서는「환경여건의 변화에 따라」여건반영을 규정하고 있다. 수질환경기준은 과학적으로 규명된 오염물질의 양과 인간의 건강과 생활환경 등의 영향과의 관계를 기초로 설정된 것이고, 과학적인 조사연구의 결과를 가지고 많은 부분이 합리적으로 정해질 수 있다. 과학적인 조사연구에서 새로운 사실이나, 인체와 생활환경 등에 대한 새로운 오염물질 등이 발견될 수도 있기 때문에, 수질환경기준은 항상 적절한 과학적 판단에 의해 계획적으로 개정을 하는 것은 당연하다. 또한 수질환경기준은 수질에 미치는 영향을 면밀히 검토하여 설정되어야 하는데, 수질은 토질, 강우형태 등 자연적 인자와 인간활동에 의한 인위적 인자에 크게 영향을 받게 된다. 그리고 국민의 욕구에 부응하는 수준의 이수목적에 적합한 수질과 수질보전을 위한 경제적, 기술적 수준 또한 고려하여야 한다.

한편, 1976년 WHO환경보전 판정조건위원회에서 환경목표의 수준 유형을 아래와 같이 제시하였다. 첫째, 최대 안정도 이상의 수준에서 사람의 건강에 위해하지 않을 것, 둘째, 최대 허용수준에서 환경을 적당히 보호하지 않으면 안 되는 것, 셋째, 최고의 바람직한 수준의 건강한 환경질을 유지하는 목표로 구분하고 있다. 따라서 무엇보다도 건전한 수생태계를 유지하고, 이수목적에 필요한 수자원을 확보 수질을 유지할 수 있도록 수질환경기준을 설정하여야 한다.

정부의 환경기준 확보를 위한 노력에 대해서도 환경정책기본법에서는 정부는 「환경기준의 적정성이 유지되도록 하여야 한다.」로 규정하고 있다. 여기에서는 국가시책의 구체적인 실시주체인 「정부」에 대해 환경기준이 확보되도록 노력해야 하는 의무를 명기한 것이다. 이 규정에 의해 정부가 직접 법률적으로 문책되는 것은 없으나 노력의무가 있으므로 수질환경기준의 달성을 정책목표로 하여 수질관리시책을 종합적으로 강구할 필요가 있다. 수질환경기준의 설정은 이상적, 논리적 기준인 준거치(Criteria)에 접근하기 위한 것으로 기술적, 경제적인 수준을 고려하여 우선 준거치를 설정한 후 단계적인 목표를 제시하면서 기준(Standard)

을 정하는 것이 일반적인 순서이다. 이러한 준거치에 적합하기 위한 수단으로서 수질규제기준이 정해지며 이때에도 역시 기술수준과 경제성을 검토하여 최적의 기준에 도달할 때까지 feedback을 거쳐야 한다. 일반적으로 주요달성목표는 사람의 건강보호 또는 생태계 보전 등의 목적에 부합하도록 설정하고, 특히 사람의 건강보호에 대한 기준은 위해성 평가에 따라 준거치에 근접하여야하며 설정 후 즉시 달성할 수 있어야 한다. 본 장에서는 이때까지 검토한 사항과 선진국의 연구결과 및 우리의 변화된 여건을 반영해 우리나라의 수질환경기준에 대한 개선방안을 제시코자 한다.

5-1. 등급의 조정

현 우리나라는 수질환경기준에서 용수등급을 1등급~5등급으로 구분하고 있으며 등급간 구분은 수질기준의 항목 설정상 BOD에 크게 의존하고 있다. 따라서 BOD의 미미한 농도차이에 따라 등급이 구분됨에 따라 국민이 느끼는 물에 대한 체감오염도는 상대적으로 크게 전달되고 있다. 수질종합지표를 이용해 점수별로 체감용수기준을 산정해 본 결과 상당수의 2급수가 1급수로 간주될 수 있음이 파악되었으며, 따라서 국민이 느끼는 실제의 수질상태를 반영하기 위해 기존의 수질환경기준의 등급을 재조정할 필요성이 있다. 대부분의 선진국에서도 수질등급을 우리나라와 같이 등급간 균일배분식 구별을 하는 예가 드물며, 이 방법은 수질실태를 과대평가하게 되는 결과를 초래하는 경향이 있다. 따라서 수질등급구분을 재조정하여 불필요한 국민의 불신이 발생하지 않도록 하여야 한다. 다음은 각국의 수질기준 구분과 BOD와의 관계를 보여주는 비교표로서 수질등급을 보다 현실성 있게 구분하고 있음을 알 수 있다.

<표 Ⅴ-1> 주요국의 환경 기준등급과 BOD수준

	한 국		일 본		영 국		독 일		말레이지아		EU*)	
	등급	BOD (㎎/L)	등급	BOD (㎎/L)	등급	BOD (㎎/L)	등급	BOD (㎎/L)	등급	BOD (㎎/L)	등급	BOD (㎎/L)
1 등급	Ⅰ	1	AA	1	1A	3	Ⅰ	1	Ⅰ	1	A1	3
2 등급	Ⅱ	3	A	2	1B	5	1-Ⅱ	1-2	ⅡA	3	A2	5
3 등급	Ⅲ	6	B	3	2	9	Ⅱ	2-6	ⅡB	3	A3	7
4 등급	Ⅳ	8	C	6	3	17	Ⅱ-Ⅲ	5-10	Ⅲ	6	-	-
5 등급	Ⅴ	10	D	8	4	-	Ⅲ	7-13	Ⅳ	12	-	-
6 등급	-	-	E	10	X	-	Ⅲ-Ⅳ	10-20	Ⅴ	12	-	-
7 등급	-	-	-	-	-	-	Ⅳ	15이상	-	-	-	-

주) * EU는 상수원수에 한해 3등급으로 구분

<표 Ⅴ-1>에서 보여지듯이 일본을 제외한 대부분의 국가가 하부 등급으로 갈수록 농도차가 증가하는 역삼각식을 취하고 있다. 따라서 대부분의 선진국들과 같이 우리나라도 수질등급을 역삼각식으로 재조정할 필요가 있다. 즉, Ⅰ등급과 Ⅱ등급의 차이를 현실적으로 조정하고, 필요이상으로 과대평가 되고 있는 Ⅲ등급을 적절히 평가할 수 있도록 Ⅰ등급을 ⅠA, Ⅱ등급을 ⅠB, Ⅲ등급을 추가하고 Ⅳ등급부터 Ⅴ등급까지는 기존의 등급을 유지하도록 하여 기존의 5단계 구분을 6단계로 조정하는 것이 바람직하다.

<표 Ⅴ-2> 수질등급 구분의 개정방안

등 급 개정(안)	기 존	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	-	Ⅳ	Ⅴ
	개 정 (1 안)	ⅠA	ⅠB	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
	개 정 (2 안)	AA	A	B	C	D	E
BOD 개정(안)	기 존	1	3	6	-	8	10
	개정안	1	3	6	8	10	10
이수목적 구분	기 존	상수원수1급 자연환경보전	상수원수2급 수산용수 1급 수영용수	상수원수 3급 수산용수 2급	-	공업용수 2급 농업용수	공업용수 3급 생활환경보전
	개정안	상수원수1A급 자연환경보전	상수원수1B급 수산용수 1급 수영용수	상수원수 2급 수산용수 2급	상수원수 3급 공업용수 1급	공업용수 2급 **관개용수**	공업용수 3급 생활환경보전

5-2. 기존 항목의 조정

1. 생활환경기준

생활환경의 기준조정은 기존의 이수기준을 유지하는 경우와 유지하지 않는 경우로 나누어 구분해 볼 수 있다. 기존의 이수목적 적용대상은 현 이수용도에 대한 기준이 없어 현 수질기준에서의 이수목적 적용대상이 마치 이수용도기준으로 활용되고 있다. 이와 같이 수질환경기준과 이수목적기준(먹는 물 기준)과의 뚜렷한 구분이 없이 수질환경기준을 이수목적기준으로 혼동하여 사용할 경우에는 국민의 수질환경기준에 대한 뜻을 제대로 전달 못하고 있다. 다음은 각 항목에 대한 조정방안을 제시하고자 한다.

가. 용존산소량(DO)

용존산소량(DO)은 비교적 수질이 양호한 수역에서 7.5㎎/L이상이 된다. 수산용수의 면에서 본다면 붕어, 잉어등의 부화시 환경조건으로 DO 7.0㎎/L이상이 적당하고 기타 일반 수산생물의 생육은 6.0㎎/L이상이면 아무런 문제가 없다. 따라서 수산용수 1급으로는 기존의 5.0㎎/L이상에서 6.0 ㎎/L이상으로 상향조정되어야 한다. 그리고 현 농업용수기준은 2.0㎎/L이상으로 되어 너무 과소하게 책정된 것으로 DO 2㎎/L에서는 혐기성발효가 발생하여 뿌리가 썩을 우려가 있다. 따라서 대부분의 농업용수가 관개용수로 이용되고 있는 현실을 감안해 DO를 기존의 2㎎/L에서 5㎎/L이상으로 상향조정함이 바람직하고 적용대상도 농업용수로 하기보다는 관개용수로 국한함이 타당하다.

나. 생화학적 산소요구량(BOD)

농업용수의 경우, 대부분이 관개용수로 이용되기 때문에 생화학적 산소요구량(BOD)이 15㎎/L이상이 되어도 관개용수로는 큰 지장이 없다는 것이 일반적인 실험결과이다. 일본의 연구에서는 8㎎/L이상에서는 벼수확의 감수가 예상된다는 자료가 있기도 하나 중국에서는 관개용수 기준으로 30～50㎎/L정도에서도 묘목생장기, 성장기, 결실기에 큰 영향이 없음을 발표하고 있으며, 이스라엘은 직접 생식하는 농작물의 경우도 15㎎/L이하로 정하고 있다. 따라서 관개용수의 기준으로 BOD는 10㎎/L로 조정하여도 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

다. 총질소 및 총인

수역의 부영양화에 의한 상수도 피해로서는 수돗물의 이취미 문제와 증식한 조류 등에 의한 여과지 폐색으로 인한 정수조작상의 장해가 있다. 간단한 정수조작을 규정한 상수원수 1급에 있어, 완속여과정도로 악취물질의 분해제거가 행해지므로, 이취미의 문제는 없다고 고려되지만 원수중의 조류 등의 증식에 의해 여과지가 막히는 경우 여과능력이 현저히 저하된다. 이와 같은 장해가 발생하는 것을 방지하기 위한 기준치는 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하가 되는 것이 적당하며 이는 상수원수 1급의 환경기준으로서 타당하다. 그러나 통상의 정수조작과 고도정수조작을 상정한 상수원수 2, 3급의 경우 원수중의 조류 등의 증식에 의한 응집침전지 등에서 약품사용량의 증가와 급속여과지의 여과시간의 단축 등 정수조작상의 각종장해를 유발할 수 있으므로, 이들 장해를 일으키는 수질을 감안하면 정수시설의 정상적 기능을 유지하기 위해서는 총질소 0.4㎎/L, 총인 0.03㎎/L이하가 되는 것이 바람직하지만 이들 정수조작에서는 이취미물질 등의 제거는 곤란하므로, 악취 등의 이취미수의 발생을 방지하기 위해서는 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하로 강화하는 것이 바람직하다.

따라서 상수원수 1급의 경우에는 기존과 같이 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하로 하고, 2급의 경우에도 통상의 정수처리를 하는 경우에는 1급과 같은 수준을 유지하도록 하여야 하므로 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하로 상향조정하여야 한다. 단, 상수원수3급의 경우에

는 악취물질의 제거가 가능한 특수 정수조작을 행하는 경우에 한해 총질소 0.4㎎/L, 총인 0.03㎎/L이하로 하는 것이 적당하고 수영에 대해서는 수역이 부영양화 하면 조류 등의 증식으로 물이 탁해지고 냄새가 나는 등 불쾌감을 가져오므로 수영용수로서 양호한 상태를 유지하기 위해서는 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하로 하는 것이 적당하다.

수산생물의 경우, 수중의 질소 및 인의 농도가 상승하면 조류의 대량발생, 빈산소수역의 발생 등의 현상이 생기고 수산생물의 번식, 생육에 영향을 미친다. 수산생물의 번식, 생육과 질소 및 인의 관계를 보면, 질소와 인의 농도가 낮은 호소에서는 연어과 어류, 질소 및 인의 농도가 높은 호소에서는 붕어, 잉어등의 오염에 강한 어류가 대부분을 차지하고 있다. 이들 수산생물이 생식하는 호소에서 생식상황과 수질과의 관계를 감안하면 연어, 은어 등이 서식하는 경우 수산용수 1급으로 하여 환경기준치는 총질소 0.2㎎/L, 총인 0.01㎎/L이하로 상향조정하는 것이 적당하다. 반면에 농업용수의 경우 관개용수로 대부분이 이용되므로 질소와 인의 경우 현재와 같은 기준을 적용할 경우 경제적인 용수이용에 무리가 있고 과도한 환경비용이 소요될 우려가 있다. 따라서 이수목적인 적용대상을 삭제하든지 또는 관개용수(농업용수)에는 총 질소와 총인 기준을 적용치 않음을 고려하여야 한다.

<표 Ⅴ-3> 생활환경 보전을 위한 환경기준(하천)

유 형		적 용 대 상	항 목				
기존기준	개정기준(안)		pH	BOD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균수 (MPN/100㎖)
Ⅰ	**ⅠA**	상수원수1A급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
Ⅱ	**ⅠB**	상수원수1B급 수산용수 1급 수영용수	6.5~8.5	3이하	25이하	**6이상**[1] (5이상)[2]	1000이하
Ⅲ	**Ⅱ**	상수원수 2급 수산용수 2급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5000이하
추가	**Ⅲ**	상수원수 3급 공업용수 1급	**6.5~8.5**	**8이하**	**25이하**	**5이상**	**5000이하**
Ⅳ	**Ⅳ**	공업용수 2급 **관개용수** (농업용수)	6.0~8.5	**10이하** (8이하)	100이하	**5이상** (2이상)	-
Ⅴ	**Ⅴ**	공업용수 3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기등이 없을것	2이상	-

주) 진한 고딕은 수정안 임
( )는 기존 값임

<표 Ⅴ-4> 생활환경 보전을 위한 환경기준(호소)

유형		적 용 대 상	pH	COD (㎎/L)	SS (㎎/L)	DO (㎎/L)	대장균수 (MPN /100㎎/L)	T-P (㎎/L)	T-N (㎎/L)
기존 기준	개정 (안)								
Ⅰ	**ⅠA**	상수원수1A급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	1이하	7.5이상	50이하	0.01	0.2
Ⅱ	**ⅠB**	상수원수1B급 수산용수 1급 수영용수	6.5~8.5	3이하	5이하	5이상	1000이하	**0.01**[1)] (0.03)[2)]	**0.2** (0.4)
Ⅲ	**Ⅱ**	상수원수 2급	6.5~8.5	6이하	15이하	5이상	5000이하	**0.03** (0.05)	**0.4** (0.6)
추가	**Ⅲ**	상수원수 3급 공업용수 1급 수산용수 2급	**6.5~8.5**	**8이하**	**15이하**	**5이상**	**5000이하**	**0.05**	**0.6**
Ⅳ	**Ⅳ**	공업용수 2급 **관 개 용 수**[3)] (농업용수)	6.0~8.5	**10이하** (8이하)	15이하	**5이상** (2이상)	-	0.1	1.0
Ⅴ	**Ⅴ**	공업용수 3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기등 없을 것	2이상	-	0.15	1.5

주 1) 진한 고딕은 수정안 임
2) ( )는 기존 값임
3) 호수에서의 관개용수는 질소와 인 기준을 적용하지 않음

2. 건강보호 항목

가. 납

일반적으로 납(Pb)의 섭취량이 하루 1.0㎎을 넘는 것은 체내에 축적된다고 한다. 우리나라 먹는물 수질기준에서는 납의 함유량을 0.1㎎/L이하로 정하고 있고, 상수도의 정수과정에서 납을 제거, 분해하는 것은 곤란하므로 공공용수역의 수질은 먹는물 수질기준 이하로 함유되도록 하여야 하기 때문에 납의 환경기준치는 0.1㎎/L이하로 정하고 있다. 그러나 납독성의 축적성, 납관에서의 용출에 의한 수도수중의 농도상승 가능성, 어패류의 농축성 등을 고려하여 WHO음료수 수질지침의 수정안 등에서는 0.01㎎/L로 하향조정하고 있으며, 이웃 일본도 1993년부터 0.01㎎/L으로 하향 조정하였다. 이와 같은 추세를 반영해서 우리나라도 0.01㎎/L로 기준을 강화함이 바람직하다.

나. 비소

먹는물 수질기준에서는 비소(As)의 안전성을 고려하여 0.05㎎/L이하가 되도록 하고 있고,

일반처리장에서의 제거기작도 확실하지 않기 때문에 환경기준치도 먹는물과 같은 수준인 0.05㎎/L이하로 하였다. 그러나, 이 농도는 만명당 3명의 초과발암위해도를 갖는 수준이므로 WHO음료수 수질지침 등을 반영하여 0.01㎎/L이하로 조정하는 것이 바람직하다.

다. ABS

ABS의 경우 건강상의 주요한 위해물질이 아니므로 건강상 위해물질에서 생활환경항목으로 이동함이 바람직하다.

5-3. 신규항목의 추가

현재까지 인간이 사용하고 있는 화학물질의 수는 자연적인 것과 인공적인 것을 합하여 약 800만종 정도로 파악되고 있으며, 이중 유독하다고 판단되는 화학물질은 약 6만 여종으로 추정되고 있다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 화학물질의 수만도 약 16,000여종에 달한다.

이와 같이 근본적인 인간의 안전에 대한 문제를 고려할 때, 유기오염물질에 대한 항목도입은 필수 불가결하다. 날로 증가하는 새로운 유해물질에 의한 공공용수역 등의 오염을 방지하고 국민의 건강을 보호하기 위해서 건강보호에 관한 환경기준을 지속적으로 검토하여 항목추가 등의 대책이 요구된다. 따라서 화학물질 사용 및 유통실태, 수질관련 기준, 위해도 등을 바탕으로 수질환경기준에서 추가되어야 할 항목은 다음과 같이 제시하고자 한다.

1. 먹는물기준과 배출허용기준과의 연계

일차적으로 수질환경기준 항목 중 사람의 건강보호항목으로 포함되어야 할 항목으로는 먹는물 수질기준과 배출허용기준에는 있으면서 수질환경기준으로 지정되어 있지 않은 항목으로서 Phenol, Tetrachloroethylene, Trichloroethylene이다.

가. 페놀

페놀 화합물 중 가장 유해 정도가 큰 것은 pentachlorophenol이며, 수질 환경에서 문제시되고 있는 화합물로 chlorophenols이 있다. Chlorophenols는 상수원에 포함되어 있던 페놀이 염소소독을 하므로 변화되어 생성되는 것으로 주로 2-chlorophenol, 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol 등이 생성되는 것으로 보고되고 있다. 2-chlorophenol, 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol 등의 냄새 역치농도는 모두 1.0㎍/L로 다른 화합물에 비해 매우 낮고, 2,4,6-trichlorophenol은 발암성을 나타내는 것으로 알려지고 있다. 일반적으로 2,4,6-trichlorophenol과 pentachlorophenol은 phenol이 포함되어 있는 상수원

의 염소소독에 의해 그 생성량이 매우 낮으며, 일반적으로 1.0㎍/L이하의 수준이라고 한다.

<표 Ⅴ-5> 페놀과 페놀화합물들의 독성

Compounds	Exposure Limit	Fatal Dose(g or ㎖)
Amyl phenol		5
Benzylchlorophenol		5
o-sec-Butylphenol	5ppm	10
Carvacrol		2
Catechol*	5ppm	2
p-Chloro-m-cresol		5
Chlorophenols		5
Cresote(coal tar)		10
Cresol, o-, m-, or p-	5ppm	2
Dichlorophene*		10
Gallic acid		20
Guaiacol		2
Hexachlorophene*		5
Hexylresorcinol**		5
Hydroquinone	2㎎/㎥	2
Methanol		2
4-Methoxyphenol	5㎎/㎥	10
Monobenzene(Benzylhydroquinone)		5
Naphthol(α or β)		5
Pentachlorophenol	0.5㎎/㎥	1***
Phenol	5ppm	2
o-phenyl phenol		10
Pyrogallol*		2
Resorcinol	10㎎/㎥	2
Saponated solution of cresols		10
Tannic acid		20
Tetrachlorophenol		5
Thiocresol		5
Thymol		2
Wood tar		10

* May Cause sensitivity dermatitis, photo sensitivity, or stomatitis.

** Contraincated in peptic ulcer

*** Serum 46㎍/㎖

미국의 수질준거치(water quality criteria)로 제시되고 있는 phenol의 음용수로서 criteria는 1.0㎍/L이며 일부 자료에 의하면 수질환경을 보호하기 위한 자연수(natural water)에서의 pentachlorophenol의 농도는 3.0㎍/L를 초과하지 않을 것을 권고하고 있다. 페놀과 페놀화합물의 일반적인 급·만성독성 증상을 살펴보면 대량 섭취한 경우 급성증상으로 오심, 구토, 설사, methemoglobinemia에 의한 청색증, 혈압강하, 상복부 통증, 용혈, 경련, 폐부종, 황달, 무뇨 혹은 핍뇨 등이 나타난다고 하며 hexachlorophenol의 피부 흡수시는 중추신경계 장해, 근경축 등의 증상이 나타난다고 한다. 만성증상으로는 피부 민감반응이 나타나고, 용혈성 빈혈 및 방광암과 같은 증상이 보고되고 있다. Pentachlorophenol의 경우는 이외에도 현기증, 정신

쇠약, 두통, 호흡곤란, 고열, 심장빈맥, 간장비대, 발한 등의 급·만성 증상들이 보고되고 있다. 미국의 National Research Council(1977)의 보고에 의하면 pentachlorophenol의 1일허용섭취량(ADI)을 3㎍/㎏으로 산출하고 있다. 인체 독성 이외에도 어류독성에 대한 보고를 살펴보면, o-chlorophenol, p-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol의 어류독성 역치범위는 0.1～15㎍/L이며 이들 중 특히 o-chlorophenol이 가장 독성이 심하며, 페놀에 노출된 어류의 경우 6.5㎍/L의 농도에서 12시간 후 사멸한다고 한다.

US EPA의 준거치 설정 근거로서 2,4-Dichlorophenol의 담수생물에 대한 급성독성과 만성독성이 각각 2,020㎍/L와 365㎍/L의 낮은 농도에서 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성 및 만성독성이 발생하기도 한다. 어떤 종의 어린 물고기 사망률(Mortality to early life stages)이 70㎍/L의 농도에서 발생하였다. 유용한 독성 자료를 기초로, 공공의 건강을 보호하기 위해서 유도된 수준은 3.09㎎/L이다. Pentachlorophenol의 담수생물에 대한 급성독성과 만성독성이 각각 55㎍/L와 3.2㎍/L의 낮은 농도에서 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성 및 만성독성이 발생하기도 하며, 공공의 건강을 보호하기 위해서 유도된 수준은 1.01㎎/L이다.

나. Tetrachloroethylene

Tetrachloroethylene의 담수생물에 대한 급성독성과 만성독성이 각각 5,280㎍/L와 840㎍/L의 낮은 농도에서 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성 및 만성독성이 발생하기도 한다. 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 8.0㎍/L, 0.80㎍/L, 0.08㎍/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 88.5㎍/L, 8.85㎍/L, 0.88㎍/L이다.

다. Trichloroethylene

Trichloroethylene 45,000㎍/L의 낮은 농도에서 담수생물에 대한 급성독성이 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성독성이 발생하기도 한다. 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 27㎍/L, 2.7㎍/L, 0.27㎍/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 807㎍/L, 80.7㎍/L, 8.07㎍/L이다.

2. 먹는물기준과의 연계

그 다음으로는 배출허용기준으로는 설정되지 않았지만 먹는물기준으로 설정되어 있고, 동시에 사용량도 많으면서 독성도 있는 항목인 Benzene, Dichloromethane이 가능하다. 그 외

먹는물기준으로 설정된 항목중 위해도가 높은 항목인 1.1-Dichloroehtylene, Carbon tetrachloride와 먹는물 감시항목인 Vinyl Chloride 도 해당한다.

가. Benzene

Benzene 5,300㎍/L의 낮은 농도에서 담수생물에 대한 급성독성이 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성독성이 발생하기도 한다. 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 6.6㎍/L, 0.66㎍/L, 0.066㎍/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 400㎍/L, 40.0㎍/L, 4.0㎍/L이다.

나. Dichloromethane

Dichloromethane은 낮은 급성독성을 가진다. 쥐를 대상으로 한 흡입 연구에서 발암성의 결론적 증거를 알게되었던 반면에 먹는물 연구에서는 암시적인 증거만을 알게되었다. IARC는 dichloromethane을 그룹 2B(인간에 대한 발암 가능성)로 분류하였다. 그러나, 이러한 증거들은 유전독성 발암인자가 아니라는 것과 유전독성 대사물이 시험관내에서 상당한 양으로 형성되지 않는다는 것을 의미한다. 6㎍/체중㎏의 TDI(tolerable daily intake)가 생쥐에 대한 2년간 먹는물 연구에서 간독성 영향에 대해 일당 6㎎/체중㎏가 산정되었다.

다. 1.1-Dichloroehtylene

1.1-Dichloroethylene의 경우, 11,600㎍/L의 낮은 농도에서 담수생물에 대한 급성독성이 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성독성이 발생하기도 한다. 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 0.33㎍/L, 0.033㎍/L, 0.003㎍/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 18.5㎍/L, 1.85㎍/L, 0.185㎍/L이다.

라. Carbon tetrachloride

Carbon tetrachloride의 경우, 35,200㎍/L의 낮은 농도에서 담수생물에 대한 급성독성이 발생하고, 더 낮은 농도에서도 실험된 생물보다 더 민감한 생물에게서 급성독성이 발생하기도 한다. 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 4.0㎍/L, 0.4㎍/L, 0.04㎍/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 69.4㎍/L, 6.94㎍/L, 0.69㎍/L이다.

마. Vinyl Chloride

Vinyl Chloride의 경우 일생동안 점진적인 암 위험성 증가를 초래할 수 있는 수준을 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}에서 추정하면, 해당 권고 준거치는 각각 20μg/L, 2.0μg/L, 0.2μg/L이다. 이 같은 추정치가 물을 제외한 수생물의 섭취에 대해서만 이루어졌다면, 각각의 그 수준은 5,246μg/L, 525μg/L, 52.5μg/L이다.

3. 수질관련기준에는 없으나 사용량이 많고 독성이 강한 항목

그 외 먹는물기준 등 수질관련기준에는 설정되지 않았어도 사용량이 많고 독성이 강한 항목인 1,2-Dichloroethane이 해당한다. IARC(Internation Agency for Research on Cancer)는 1,2-Dichloroethane을 그룹 2B(인체에 발암성이 있는 그룹)로 분류하고 있다. 이는 실험실에서 동물을 대상으로 발암의 여러 형태에 있어 급격한 증가를 나타내고 있다는 것을 보여주고 있다. 수컷 쥐를 대상으로 한 78주간의 관찰된 사항을 기초로, 각각 10^{-4}, 10^{-5} 및 10^{-6}의 초과암 위험도에 상당하는 300, 30 및 3μg/L의 먹는물 농도에서 선형 다단 모델을 사용하여 계산하였다. 1,2-Dichloroethane에 대한 급성 구강폭로가 인간에 있어 중앙신경계, 간장, 위장, 호흡, 신장과 심장혈관에 영향을 불러일으킨다고 보고하였다. 급성독성에 따른 사망은 심장혈관과 호흡계통에 의해 발생된다. 작업장에서 반복되는 호흡폭로는 식욕부진, 메스꺼움, 구토, 허약과 피로, 신경질, 상복부의 고통과 호흡계통의 눈의 자극을 발생시킨다.

수질농도는 먹는물기준을 참고하고 그 외의 발암성과 유독성을 고려하여 농도를 설정하여야 한다. 미국과 세계보건기구에서는 음료수 수질기준에서 발암물질의 경우 최대 허용농도 목표치(Maximum Contaminant Level Goals ; MCLGs)를 “0”으로 정하고 있는 반면, 실제 수질기준치라고 할 수 있는 최대의 허용농도(Maximum Contaminant Levels ; MCLs)는 위해성 평가를 통해 10^{-6}의 위해도에 해당하는 농도에 가능한 근접할 수 있도록 설정하고 있으며, 일반적으로 10^{-5}~10^{-6}의 위해도 범위에서 설정하고 있다. 그러나 MCL은 현실성을 고려한 기준치이므로 일부 물질(예 : vinyl chloride)의 경우는 분석 및 공학적 처리기술 문제 때문에 10^{-5} 위해도 이상에서 설정하기도 한다. 이상 검토한 수질환경기준으로 추가하여야 할 항목은 다음과 같다.

<표 Ⅴ-6> 수질환경기준으로 추가해야 할 항목(안)

우선순위	수질환경기준 추가항목	고려사항				
		먹는물 기준	배출허용 기준	사용량 50위 이내	독성의 강도	먹는물 감시항목
1	Phenol(Chlorophenol; 2,4-Dichlorophenol; Pentachlorophenol; 2,4,6-Trichlorophenol)	○ (종합규제)	○ (종합규제)		○	○ (개별항목)
	Tetrachloroethylene	○	○		○	
	Trichloroethylene	○	○		○	
2	Benzene	○		○	○	
	Dichloromethane	○		○	○	
3	1.1-Dichloroehtylene	○			○	
	Carbon tetrachloride	○			○	
	Vinyl Chloride				○	○
	1,2-Dichloroethane			○	○	

5-4. 표기방법의 개선과 항목의 세분화

1. 표기방법의 세분화

우리나라의 기준에는 수은으로 규정되어 있고 이는 총 수은을 뜻한다. 총수은은 알킬수은 등의 유기수은과 무기수은과의 총량으로서 무기수은은 인체에 무해하다고 볼 수도 있지만 공공용수역내에서 유기수은화하는 경우가 있기 때문에 분리해서 간단히 무시할 수 없다. 따라서, 이들 수은을 일괄하여 「총수은」으로서 환경기준의 대상으로 하는 것이 바람직하다. 그런데 유기수은중의 알킬수은은 水俣病의 원인이 되며, 알킬수은에 만성중독되면 지각, 청력, 언어 등의 장해, 시야협착, 사지마비 기타 중추신경장해를 일으키므로 알킬수은에 대해서는 따로 엄격한 기준을 설정하는 것이 바람직하다. 따라서 어패류의 총수은의 잠정적 규제치(0.4㎎/L), 생물농축비, 자연계 물의 수은함유량을 고려하여 환경수질 0.0005㎎/L에서 0.001㎎/L정도로 보존한다면 충분한 안전율을 취한 것으로 연구되고 있다. 이상의 현상에 기초하여 수은에 대한 환경기준치를 총수은과 알킬수은으로 구분하여 총수은의 환경기준치는 0.0005㎎/L이하, 알킬수은의 환경기준치는 불검출로 하는 것이 바람직하다.

2. 항목의 세분화

우리나라는 수질환경기준에서 농약류 규제를 유기인으로 통합하여 규제하고 있어, 효율적 관리를 위해서는 실제 유해가 되는 주요 항목별로 세분하여야 한다. 우리나라에서는 외국에서 금지된 농약을 사용하는 경우도 있고 유기인계라도 독성과 환경 내에서의 영향이 각각

다르므로 농약류기준을 유기인으로 묶어 하나로 관리하는 것보다는 실제로 사용하는 주요항목별로 관리하는 것이 타당하다. 유기인계 농약으로는 Chlorophenbinfos, Diazinon, Disuphoton, EPN, Phenitriothione, Malathione, Parathione, Phentoate, Fosmet 등이 있다. 현재 먹는물기준에서는 유기인계 화합물을 Diazinon(0.02㎎/L), Parathione(0.06㎎/L), Malathione(0.25㎎/L), Fenitrothion(0.04㎎/L)으로 구분하여 규제하고 있는데 이중 사용량측면과 건강의 위해성측면을 고려하여 Diazinon과 Parathione을 수질환경기준으로 추가하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

5-5. 감시항목의 설정

당장 인체에 유해한 영향을 미치는 물질은 아니지만 공공용수역 등에서 검출상황, 사용실태, 외국의 지정사례 등을 검토해 볼 때, 현시점에서는 수질환경기준항목은 아니더라도 계속 주의를 가지고 물질의 배출과 환경영향에 대해 감시가 필요하다고 판단되는 항목을 「감시항목」으로 설정하여 공공용수역 등에서 수질측정을 행하고 그 추이를 파악할 필요가 있다. 구체적인 항목으로서는 건강영향 등에 관한 지식에 따라 우리나라에서의 생산·사용상황, 먹는물 수질기준 및 먹는물 수질감시항목 설정상황, 공공용수역 등에서 검출상황 등을 감안하여 검토하여 유기염소계화합물, 농약, 일반유기화합물 및 유기물 등이 고려될 수 있다. 감시항목에 대해서는 국가와 지방공공단체에서 물질의 특성, 사용상황 등과 공공용수역의 수질측정 결과를 집약하여 수질환경기준항목으로의 이행 등을 검토할 수 있게 된다.

정부는 우선 먹는물의 안전성 확보를 위해 1997년 9월 현행 45개 먹는물 수질기준항목 이외에 별도로 감시항목을 정하여 정기적으로 검사하도록 하였다. 감시항목 제도는 현재의 수돗물 중에서는 검출 수준이 지극히 낮기 때문에 당장 기준항목으로 정할 필요는 없지만 장래의 수돗물 안전성 확보 측면에서 체계적이고 조직적인 감시를 통하여 검출실태를 파악하여 수질기준으로 설정여부를 검토하기 위한 것이다. 이번에 감시대상물질로 선정된 물질은 소독부산물 7종, 페놀류 4종 농약류 3종, 휘발성물질 3종, 무기물질 2종, 방향족탄화수소 1종으로 구성되어 있다. 정해진 감시항목은 다음의 <표 Ⅴ-7>와 같다.

<표 Ⅴ-7> 우리나라 먹는물 수질감시 항목

물질구분	항목수	물 질 명
소독 부산물	7	Chloralhydrate; Dichloroacetonitrile; Ethylene-dibromide(EDB); Bromochloroacetonitrile; Dibromoacetonitrile; Trichloroacetonitrile 1,2-Dibromo-3-Chloroproane(DBCP);
휘발성 물질	3	Vinyl Chloride; Styrene; Chloroform
농 약	3	2,4-D; Alachlor; Atrazine
무 기 물 질	2	Antimony(Sb); Boron
방향족탄화수소	1	Benzo(a)pyrene
페 놀	4	Chlorophenol; 2,4-Dichlorophenol; Pentachlorophenol; 2,4,6-Trichlorophenol

<표 Ⅴ-8> 우리나라의 먹는물 수질기준 항목

구 분	항목수	항 목
미 생 물	2	일반세균, 대장균군
건강상유해영향 무 기 물 질	10	Pb, F, As, Se, Hg, CN, Cr^{+6}, NH_3-N, NO_3-N, Cd
건강상유해영향 유 기 물 질	17	Phenol, Total-trihalomethane, Diazinon, Malathion, Parathion, Phenitrothion, Cabaril, 1,1,1-Trichloroethane, Tetrachloroethane, Trichloroethylene, Dichloromethane, Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, 1,1-Dichloroethylene, Tetrachloroethylene
심미적영향물질	16	경도, 과망간산칼륨 소비량, 냄새, 맛, Cu, 색도, 세제, pH, Zn, Cl^- 증발잔류물, Fe, Mn, 탁도, 황산이온, Al

<표 Ⅴ-9> 일본의 25개 감시항목 기준

항 목 명
Chloroform; trans-1,2-Dichloroethene; 1,2-Dichloropropane; p-Dichlorobenzene; Isoxathion Diazinon; Fenitrothion; Isoprothiolane; Oxine-copper; Chlorothalonil; Propyzamide; EPN Dichlorvos; Fenobucarb; Iprobenfos; Chlornitrofen; Toluene; Xylene; Boron; Fluorine; Di-2-ethylhexyl phthalate; Nickel; Molybdenum; Antimony; Nitrate-N & Nitrite-N

이상을 참고하면 수질환경기준에서의 감시항목 대상은 먹는물 수질기준 중 수질환경기준에서 제외된 Malathion, Fenitrothion, Cabaryl, 1.1.1-Trichloroethane, Toluene, EthyleBenzene, Xylene, Carbontetrachloride를 우선 물질로 하고, 먹는물 감시항목 중 추가항목으로 제시된 Vinyl chloride과 소독 부산물 등을 제외한 8개 항목도 대상으로 될 수 있다. 정부는 2005년까지 먹는물 수질기준을 WHO권장수준인 120개 항목까지 확대할 계획이므로 이를 위한 기초자료의 수집측면에서도 감시항목의 점진적 확대가 바람직하다.

<표 Ⅴ-10> 16개 감시항목(안)

	항 목 명
1 차	Malathion, Fenitrothion, Cabaryl, 1.1.1-Trichloroethane, Toluene, EthyleBenzene, Xylene, Carbontetrachloride
2 차	Styrene, Chloroform, 2-4-D, Alachlor, Atrizine, Antimony, Boron, Benzo(a)pyrene

5-6. 생물학적인 수질환경지표 개발

환경정책기본법 제10조 “국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다.”에서

지적한 것처럼, 적정성을 유지하기 위해 수질환경기준을 과학적이고 합리적이며 계획적으로 개정하고, 이를 위한 다각적인 연구가 필요하다. 현 수질환경기준은 미래지향적인 목표로 수자원을 보호하는 측면에서 생물학적 환경기준 개발에 대한 고려가 필요한 시점이다. 전통적인 배출규제 방식의 근본적인 한계, 친환경적인 지속가능성을 고려하고 장기적인 수질관리를 위해서 수질에 대한 시각의 변화가 필요하며, 이화학적인 수질기준의 한계 또한 생물학적인 고려를 해야하는 이유이다. 생물권 즉, 농작물, 가축, 산림, 강이나 도시 교외 환경에서 자라는 식물, 동물 등 모두는 직접적으로 연결되어 있고, 이들의 상호 작용을 통해 수자원의 상태가 결정된다.

폐수 등의 화학적 오염뿐만 아니라 부적절한 토지이용 등의 폭넓은 요인에 의해 수자원, 특히 생물학적 구성요소가 급격히 감퇴되고, 오늘날의 규제는 수질악화에 대해서 시기 적절하게 반응하지 않고 있다. 따라서 수질환경기준을 종합적인 생물학적 지표로 표현되는 서술적이고 포괄적인 기준을 제시하여 국민들이 이해하기 쉬운 생물학적 기준을 도입하고 현 기준의 일부를 보완하여 두 가지를 공용하는 방안을 검토하여야 한다. 예를 들면, 생물지표를 4대강 본류 보다 유량이 적어 오염충격에 민감한 지역인 소하천에 도입하는 방안이 그것이다. 이와 같이 근본적인 수자원 보호를 위해서는, 생물학적 환경기준 개발이 중요하다.

<참 고 문 헌>

국립환경연구원, 「각국의 수질환경기준 비교분석」, 1997

국립환경연구원,「환경오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구(Ⅰ) - 환경위해성 평가 및 관리기술(제1차년도 보고서)」, 국립환경연구원, 1994.

최지용, 신은성, 「수질환경 및 규제기준의 합리적 조정」, 한국환경정책·평가연구원, 1997

환경부 수질보전국, '98 주요업무계획보고, 1997. 12

환경부, 「EU의 환경관련 법률규정(수질)」, 1995

환경부, 「세계보건기구(WHO) 먹는물 수질관리 지침서」, 1998

환경부, 「환경통계연감」, http://www.me.go.kr, 1998

환경부,「각국의 환경관리기준(수질, 대기, 음용수 관리부문)」, 국제협력관실, 1996.

환경부,「수질오염물질의 위해성 평가 및 관리기술 - 환경위해성 평가 및 관리기술(제3차년도 최종보고서)」, 연세대학교 환경공해연구소, 1996.

환경처, 「수질환경기준 및 배출허용기준적정화 연구」, 1992

張 坤民, "中國の環境規制および環境・排出基準", 「日本水環境學會誌」, Vol. 19, No. 1, 1996.

昆 信明, "下水處理水の水質管理に係る法規制について", 「月刊下水道」, Vol. 18, No. 2, 24～29, 1996. 10.

鈴木 繁, "水質保全の現狀と今後の課題", 「環境技術」, Vol.23, No.1, 8～13, 1994.

滋賀縣, 「滋賀縣環境關係條例集」, 滋賀縣琵琶湖環境部, 1996.

大津市,「大津市の生活環境の保全と增進に關する條例」, 1997.

大阪府,「瀨戶內海環境保全特別措置法及び水質汚濁防止法關聯法令集」, 大阪府環境保健部環境局水質課, 1995.

片山信浩,「水質保全行政における水質計測技術の動向」, 1994. 5.

浜田康敬昆 "水質基準の見直しについて", 「水道協會雜誌」, 제62권, 제3호, 1993.

環境保全局,「濕及び窒素の水質管理目標置における指導要領」, 1992. 7.

水質法令研究會,「水質汚濁防止法」, 中央法規出版, 1996.

A. Hernandez & Jose Roman Sanchez de la Nieeta, "Water Qaulity Standards", 『World Water Supply Proceding of 14th World Congress of the International Water Supply Association』, No. GR5, pp. 1～27, 1982.

Davis, W. S., Simon, T. P., 「Biological Assessment and Criteria tools for water resource planning and decision making」, CRC Press, Inc., 1995

Department of The Environment, 『U.K. Environment』, 1992

EC, 「European Community Environment Legislation」, 86/280/EEC, June 1991

EC, 「European Community Environment Legislation」, 91/271/EEC, May 1991

Ernesto Espino et al., "A Simplified Procedure for Setting Effluent Quality Standards",

『Water Science and Technology』, Vol. 30, No. 10, pp. 65～72, 1994.

F. J. Marino, E. Martinez-Manzanares et. al., "Applicability of the Recreational Water Quality Standard Guidelines", 『Water Science and Technology』, Vol. 31, No. 5-6, pp. 27～31, 1995.

Federal Ministry for the Environment, "Environmental Policy in Germany", 1994

Government Gazette., 「Board of Pollution Control Committee」, September 23, 1993

J. Seager, "Developments in Water Quality Standards and Classification Schemes in England and Wales", 『Water Science and Technology』, Vol. 30, No. 10, pp. 11～19, 1994.

K. R. Imhoff, "Treatment Standards and Wastewater Discharge Fee in Germany", 『Water Science and Technology』, Vol. 26, No. 7-8, pp. 1897～1903, 1992.

Ken Murakami, "River Basin Water Qaulity Management in Japan", 『Water Science and Technology』, Vol. 23, Kyoto, pp. 29～39, 1991.

Lambetus Lijklema, "Water Quality Standards : Sense and Nonsense", 『Water Science Technology』, Vol. 31, No. 8, pp. 321～327, 1995.

Maria M., Teixerira de Araujo, "Portuguese Legislation Concerning Effluent Standards and Charges : A Critical Review and Proposal for a Different Methodology", 『Environmental Pollution』, 1-ICEP.1, pp. 545～552, 1991.

NRA, 「Discharge Consents and Compliance - The NRA's Approach to Control of Discharges to Water.」, 1994.

Paul W. O'Callagban, 「Integrated Environmental Management Handbook」, John Wiley & Sons Ltd., 1996

Peter Cullen, "The Link Between Standards and Receiving Water Guideline", 『Austrian conference on biological nutrient removal from wastewater』, pp. 25～30, 1994.

United Nations Environment Programme, 『Assessment and Promotion of Human Resources for River Water Quality Management」, 1995

United Nations, 「Readings in International Environment Statistics」, 1993

US EPA, 「National Recommended Water Quality Criteria - Correction」, 1999

US EPA, 「Quality Criteria for Water」, 1986

US EPA, 「Water Quality Criteria and Standards Plan - Priorities for the Future 」, 1998

USEPA, 「Drinking Water Standards, Office of Science and Technology」, 1997

USEPA, 「Water Quality Standards Handbook」, EPA-823-B-94-005a, 1994

USEPA,「Water Quality Standards Handbook - Second Edition」, 1994.

WHO, 「Guideline for Drinking Water Quality」, Vol. 2, Health Criteria and other Supporting Information, 1996.