

ORIGINAL ARTICLE

제주도 하천에 적용 가능한 지역환경기준 설정

조은일*

제주대학교 환경공학과 교수

Establishment of Applicable Local Environmental Standards for Streams in Jeju Island

Eun-Il Cho *

Department of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

For the purpose of protecting the health of citizens and creating a delightful environment, the Government shall establish the environmental standards, and make such standards keep their propriety according to any changes in environmental conditions. The Special Metropolitan City, Metropolitan City or Do may, in case where deemed necessary in view of the speciality of regional environments, set forth the separate environmental standards which are more expanded and strengthened than the environmental standards by the Municipal Ordinance of the relevant City/Do.

The purpose of this study was for the management of stream waters of Jeju Island and proposed the appropriate Jeju local river environmental standards. Jeju-Do and Daejeon-si applies the Local River Environmental Standards in Korea. While each nation's circumstances and environment are different, for the most part, environmental standards and purposes of use are similar to those in Korea. Proposed Jeju River Local Environment Standards followed The River Environment Standards of Nation(Korea) for Living Environment Standards. Newly Strengthened Value is Cd, Carbon tetrachloride, 1,2-dichloroethene, Tetrachloroethylene(PCE) and add Items is Fluorine, Selenium, Phenol and Toluene for Human Health Protection.

Key words : Jeju Island, Local environmental standards, Streams, Living environment standards, Human health protect standards, Strengthened value

1. 서론

제주특별자치도는 청정환경을 체계적으로 보전 관리해 나가기 위하여 '인간과 자연이 조화로운 녹색평화도시 실현'을 위하여 환경보전 3대 기본원칙을 마련하여 환경선진국 수준의 클린토피아를 일관되게 추진하고 있다(Cho와 Hu, 2014). 이를 위하여 사전 오염예방의 원칙을 실천하며 국가기준보다 강화된 선진국 수준의 지역환경기준을 시행하고 있다. 지역환경기준은 환경정책기

본법에서 국가뿐만 아니라 광역자치단체의 시도지사가 해당 지역의 경제적, 사회적, 지리적 여건을 고려하여 적합한 환경행정의 목표수치를 이용하여 환경부의 승인을 얻어 당해 지방자치단체의 조례로 별도의 환경기준을 설정할 수 있도록 하고 있다(Cho, 2003).

지역환경기준의 상위 기준인 국가기준 일부인 수질기준은 1960년대에 배출허용기준을 최초로 도입하면서 공해방지법을 제정하였고 이후 1978년에 미국의 국가환경정책법과 일본의 환경정책 등을 수용한 환경보전법을 제

Received 22 October, 2014; Revised 9 January, 2015;

Accepted 12 January, 2015

*Corresponding author : Eun-Il Cho, Dept. of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3447
E-mail: eunilcho@jejunu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

정하면서 환경보전법시행규칙으로 보건사회부령 제602호로 제정되어 시행되기 시작하여 2012년 11월 27일 현재 개정된 것을 마지막으로 총 9번 개정되어 시행되었다.

국내의 수질기준에 대한 연구내용을 보면 과거에는 국가환경기준에 대한 정책연구가 대부분 주를 이루었고 그 연구내용 들을 보면 국내의 수질환경기준을 비교 분석(National Institute of Environmental Research, 2000)하고 용수목적에 따른 수질환경기준 설정(Korea Environment Institute, 2008)에 관한 내용 그리고 물환경 기준에 대한 통합적인 관리 방안을 도출하는 연구(Han과 Choi, 2009) 등이 주를 이루었다. 그 이후에는 각 수계에 따른 수질관리 요구가 늘어나면서 한강이나 금강 같은 각 하천별 특성을 고려한 수질기준에 대한 연구들이 많이 진행되었다(National Institute of Environmental Research, 2008; Yoo 등, 2007). 그리고 최근에는 국가 환경기준에 대한 연구보다는 우리나라 지자체 별로 그 지역의 특성을 고려한 지역환경기준에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으며 그 연구 결과를 이용하여 지역환경기준을 설정하여 운영하고 있다. 그 연구내용들을 보면 지역환경기준 중 대부분 대기환경기준에 대하여 연구한 것으로 하천수질 지역환경기준에 대한 연구는 별로 없으며 수질 지역환경기준에 대한 연구는 Song(1999)이 경기도 수계 전체를 대상으로 유역 내 오염원과 오염발생량 등 하천수질에 영향을 미칠 수 있는 요인을 조사하고 수질환경기준과 배출규제기준에 대하여 비교 검토한 연구가 있으며 제주지역인 경우 Jeju-Do(1997)가 환경지표 설정이란 보고서를 통하여 지역환경기준을 설정한 계기가 되었다.

외국의 수질기준에 대한 연구도 많이 이루어지고 있으나 제주지역과 유사한 섬지역에 대한 연구사례를 보면 Liou 등(2004)이 타이완의 수질지표를 이용하여 하천수질기준에 대한 연구를 수행한 것이 있고 최근 Hawaii State Department of Health(2014)가 하와이 수질기준에 대하여 종합적으로 정리하여 U.S. EPA와 미국의회에 제출한 통합보고서로 제출한 연구가 있는데 그 내용 중 특이한 사항은 수질기준이 우기와 건기로 구별하여 수리수문 특성에 따른 수질기준을 별도로 정하고 있었다. 제주특별자치도는 하천주변 자연생태계의 영향, 자연수질 상태로의 복원을 원칙으로 1999년 4월 7일 하천수

질을 국가환경기준보다 강화하여 하천수질 지역환경기준을 설정되었고 그 기준은 제주도 환경기본조례를 개정, 입법화하여 운영되었는데 그 당시 세계에서 환경을 가장 강화하여 관리하고 있는 EU나 스위스 수준으로 설정되었다(Jeju Special Self-Governing Province, 2010). 그러나 제주지역인 경우 1999년 제주지역하천수질환경기준이 설정된 이래 단 한 차례도 개정되지 않았다가 2013년 11월 27일 일부 개정되었으며 국가 하천수질환경기준은 1978년 이래 몇 차례에 걸쳐 환경적, 경제적, 사회적 여건 그리고 우리나라 하천의 특성을 고려하여 수질 항목이 추가되고 기준이 강화되어 최근 개정된 것은 2012년 11월 27일이다. 제주특별자치도인 경우 청정지역 이미지를 유지하기 위해서는 제주지역 하천수질환경기준에 대한 수정이 불가피하며 제주특별자치도 환경기본조례의 제주지역 하천환경기준에 대한 적합한 등급 수정과 재 재정이 이루어져 제주지역의 현실적인 하천환경여건이 반영되고 하천이 보전될 수 있게 제주의 청정 이미지에 부합되는 하천수질환경기준을 개정될 필요가 있다.

따라서 본 연구는 제주지역에 적용 가능한 하천수질 환경기준을 제시하기 위하여 국내외의 하천수질환경기준 및 타 지역의 지역하천환경기준을 비교 검토하고 제주지역의 하천수질을 조사하여 제주지역에 적합한 하천수질환경기준을 제시하고 제주특별자치도의 하천환경관리 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하는 것이 목적이다.

2. 연구내용 및 방법

2.1. 문헌 조사

제주지역 하천에 대한 지역환경기준을 설정하기 위하여 우선 국내외 하천수질환경 기준 문헌조사를 실시하였다. 조사 내용으로는 우리나라 하천수질 기준에 대한 법적 근거와 하천수질 환경기준의 변천과정을 조사하였다. 그리고 우리나라 각 지자체별 하천수질 지역환경기준을 조사하였으며 국가별 하천 수질 환경기준을 조사하여 제주지역 하천수질 지역환경기준과 비교 검토하였다.

2.2. 제주 하천 현황 및 수질 현장 조사

제주특별자치도는 2009년 12월 현재 총 142개 하천

Table 1. The Status of River in Jeju Special Self-Governing Province (2009. 12. 31)

Parameters	Total		Jeju-si		Seogwipo-si	
	No. of rivers And streams	Total Length (km)	No. of rivers And streams	Total Length (km)	No. of rivers And streams	Total Length (km)
Total	142	828.8	61	352.94	81	475.86
Local rivers	60	608.7	26	255.80	34	347.90
Streams	82	225.1	35	97.14	47	127.96

이 있다(Jeju Special Self-Governing Province, 2010). 제주지역의 하천현황은 Table 1에 나타내었다. 제주지역인 경우 국가하천은 없으며 지방하천이 60개소 그리고 소하천이 82개소가 있다. 제주지역의 하천의 형태는 남북사면에 걸쳐 많이 발달해있고 동서양측에서는 수계의 발달이 미약하다. 도내 모든 하천은 대부분 깊이가 40~50 m이고 하천의 폭이 20~30 m의 계곡을 형성하여 V자 형태의 건천이며 긴 하천이라고 해도 그 길이는 겨우 30 km에 불과하고 대부분 15 km내외이다. 하천의 근원지는 한라산을 정점으로 대부분 중산간지대로서 해발 200~600 m, 막대한 양의 지하수가 부존되어 있다. 이 지역은 조면암, 조면질안산암, 현무암 및 약간의 퇴적암으로 이루어져 있고 면적으로 볼 때 현무암이 약 90%로 토양 내에서 투수속도가 0.5 cm/hr로 매우 크다. 하천의 시작점과 중류지점은 지하수와 용출수를 만들 수 있는 중요한 지점이며 도면적의 약 1.5% (557.0 km²)로 지하수 부존지대인 동시에 하천을 오염시킬 수 있는 취약지역이라고 볼 수 있다. 그리고 이지역의 토양은 토양층의 깊이가 얇고 자갈함량이 10~35%로 많고 점토 함량이 20% 이하로 적으며 소립상의입단구조를 가지고 있어서 용출밀도가 매우 낮고 공극률이 크며 토양 내에서 투수속도가 다른 지대에 비해 매우 크다.

제주지역 하천의 수질특성을 조사하기 위하여 문헌조사와 현장조사를 실시하였다. 문헌조사 결과 제주도 우수하천에 대하여 보건환경연구원에서 분기별로 조사가 이루어지고 있으나 조사항목은 하천수질기준 중 생활환경기준에 포함된 일부 항목만 조사되고 있으며 사람의 건강보호관련 기준 항목은 조사되고 있지 않았다. 따라서 본 연구에서 제주도 하천수질기준 설정을 위하여 기 조사된 수년간의 수질자료와 병행하여 조사되지 않은 항목을 추가하여 조사를 실시하였다. 수질조사지점은 제주

특별자치도 보건환경연구원에서 조사되는 우수하천과 동일한 지점에서 수질기준관련 기준에 포함된 전 항목에 대하여 계절별로 현장조사를 실시하였다. 현장조사 대상 하천은 제주도 우수하천인 외도천, 옹포천, 창고천, 대왕수천, 예래천, 중문천, 강정천, 악근천, 연외천, 동홍천 그리고 산지천으로 총 12개 하천에 대하여 현장조사를 실시하였다. 하천수질을 조사한 시기는 우선 춘계인 2013년 5월 26일부터 27일까지 제주도 12개 우수하천에 대하여 1차 현장조사를 실시하였고, 2차 현장조사인 하계는 2013년 8월 22일부터 23일까지 실시하였고 3차 현장조사인 추계는 2013년 10월 24일부터 25일까지 실시하였으며 마지막 4차 현장조사인 동계는 2013년 12월 5일부터 6일까지 조사를 실시하였다.

분석 방법은 채수한 시료에 대해서 현장에서 측정 가능한 항목은 현장측정을 하였고 실험실 분석을 요하는 항목은 수질오염공정시험법에 따라 보존한 후 실험실로 이송하여 분석을 실시하였다. 자체 실험실 분석이 되지 않는 항목은 제주도 보건환경연구원, (주) 생태기술 그리고 제주대학교 생명과학기술혁신센터에 의뢰를 하여 분석하였다. 분석항목은 기본적으로 국가 하천환경 수질기준에 제시되어 있는 총 29개 항목에 대하여 실시하였고 하천수질기준 항목 외에 제주도 지역환경기준에 고려할 수 있는 수질항목을 포함하기 위하여 하천수질기준에 포함되어 있지 않지만 물관련 수질기준에 포함되어 있는 수질항목을 추가로 선정하여 분석을 실시하였다. 조사대상 하천현황과 위치는 Fig. 1과 Table 2에 나타내었다.

2.3. 제주지역 하천 지역환경기준 설정 방법

본 연구에서 지역환경기준을 설정하기 위해서는 수질 오염원 분석과 수질오염 예측 그리고 위해성 평가 등을 거친 후에 수질기준을 설정해야 하나, 제주도 하천 특성상 대부분 건천이며 긴 하천이라 하여도 하천이 계속 연



Fig. 1. Location of Stream in Jeju Island.

Table 2. Location of Sampling Streams in Jeju island

No.	Name of Stream		Latitude			longitude			Height (m)
			Degrees	minutes	seconds	Degrees	minutes	seconds	
1	Oedocheon	Jeju-si	33	29	31.50	126	26	6.8	23
2	Ongpocheon	Jeju-si	33	24	19.27	126	15	32.20	0
3	Changgocheon	Seogwipo-si	33	14	22.41	126	20	38.72	32
4	Daewangsucheon	Seogwipo-si	33	14	18.09	126	23	28.76	55
5	Yeraecheon	Seogwipo-si	33	14	36.32	126	23	49.52	32
6	Jungmuncheon	Seogwipo-si	33	14	58.49	126	24	43.88	0
7	Gangjeongcheon	Seogwipo-si	33	14	0.89	126	29	14.52	33
8	Akgeuncheon	Seogwipo-si	33	14	5.76	126	29	22.60	45
9	Yeonoicheon	Seogwipo-si	33	15	2.90	126	33	23.12	74
10	Donghongcheon	Seogwipo-si	33	14	43.70	126	34	17.20	53
11	Hyodoncheon	Seogwipo-si	33	17	53.70	126	35	22.36	258
12	Sanjicheon	Jeju-si	33	30	52.97	126	31	43.04	42

결되지 않고 복류수에 의해 흐름이 형성되고 있으며 수질오염총량제를 실시할 만큼의 대단위 오염원이 존재하지 않기 때문에 과거의 조사하천의 수질 값과 본 연구를 통하여 조사된 수질 값을 이용하여 적용가능한 지역환경 기준값을 제시하였다. 또한 하천 지역환경수질기준은 국

가 하천수질기준의 범위를 크게 벗어나지 않는 범위에서 기준을 제시하였으며 국가 환경기준과 마찬가지로 구분은 생활환경기준과 사람의 건강보호에 관련된 기준으로 나누어 제시하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 우리나라 환경기준 및 지역환경기준 설정

3.1.1. 환경기준 및 지역환경기준 법적 근거

우리나라 환경기준은 헌법 제35조 1항 ‘①모든 국민은 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 가지며, 국가와 국민은 환경보전을 위하여 노력하여야 한다.’를 근거로 환경정책기본법이 만들어졌으며 국가 및 지방자치단체의 책무를 제4조 1항과 2항에 명시하고 있다.

그 조항을 근거로 제12조에 환경기준의 설정에 관한 내용과 지역환경기준에 관한 내용을 명시하고 있다. 그 조항 중 3항을 보면 특별시·광역시·도·특별자치도(이하 “시·도”라 한다)는 해당 지역의 환경적 특수성을 고려하여 필요하다고 인정할 때에는 해당 시·도의 조례로 제1항에 따른 환경기준보다 확대·강화된 별도의 환경기준(이하 “지역환경기준”이라 한다)을 설정 또는 변경할 수 있다.’이다. 따라서 각 지자체는 그 지역의 환경 특성을 고려하여 지역환경기준을 운영할 수 있다(Korea Ministry of Government Legislation, 2014).

우리나라 수질기준체계는 등급 분류형으로 등급에 따라 사용가능한 용수를 서술적으로 명시하고 있으며 용수 사용에 있어 규제 역할이 아닌 수질관리차원에서 수체에 적용하는 기준을 적용하고 있다.

3.1.2. 수질환경기준 설정 및 지역환경기준 설정

수질환경기준은 수질오염으로부터 인간의 건강, 수역의 자연생태와 수자원의 질을 보전하기 위하여 정해진 값으로 크게 준거치, 권고치 그리고 기준으로 나눌 수 있다. 이 중에 준거치는 가장 이상적인 수질 상태로 현재의 과학적 기술수준과 경제적 수준을 고려하지 않고 나타낼 수 있는 값이고 권고치는 완전히 이상적인 수질은 아니지만 위해성을 무시할 수 있는 수준으로 현재의 과학적 기술수준과 경제적 수준을 최대한 감안하여 설정되는 값이나 법적 구속력은 없는 값이다. 기준은 행정적 목표로 설정되는 값으로 국가나 지방단체에서 최대한 자연생태나 인간 건강의 위해성을 배제하기 위한 수단으로 각종 과학 기술과 경제적 수준을 고려한 값이다(Han과 Choi, 2009).

우리나라 환경기준은 국민의 건강과 쾌적한 환경을 조성하기 위한 기준으로서 사후 대처형이 아닌 정책목표

로서 적극적이고 미래지향적인 성격을 가지고 있다. 이는 환경기준을 최대허용한도로 설정하는 것은 아니지만 그 한도까지는 오염시키지 않는 것으로 하고 이 한도를 넘지 않는다면 건강 등에 직접적으로 큰 영향을 미치지 않는 것으로 한다. 또한 행정상의 목표인 환경기준을 달성하지 못했다고 해서 담당기관이 직접 법률적인 책임을 지는 것은 아니다. 즉 환경기준 자체는 직접 국민의 구체적인 권리의무를 정하는 법규로서의 성격을 가지지는 않는 것이다. 그리고 배출규제 기준과는 달리 이 기준을 초과하도록 배출한 자에 대한 직접적 행정조치나 벌칙 같은 법적 규제를 가해하지는 않는다. 그러나 환경기준을 달성하지 못하는 것은 방류수나 배출수 규제 등을 포함한 각종 시책이 불충분함을 나타내는 것으로 그 기준을 넘지 않도록 배출수기준의 강화, 발생원의 입지규제, 사용원료의 규제 등 각종 시책이 국가와 지자체에 의해 실시되도록 하여 간접적인 규제 역할을 하기도 한다(Han과 Choi, 2009).

3.2. 우리나라 하천환경기준 변천과정과 지역환경기준

3.2.1. 우리나라 하천환경기준 변천

우리나라 하천환경기준은 생활환경과 사람의 건강보호를 위해 필요한 기준 두 가지로 나누어져 있다. 1978년 하천기준이 최초로 설정되고 변천이 되면서 최근까지 개정된 내용을 정리하여 중요한 개정내용을 Table 3에 나타내었다.

우리나라 수질환경기준은 환경보전법시행규칙으로 1978년 7월 1일부터 보건사회부령 제602호로 제정되어 시행되기 시작하여 2012년 11월 27일 현재 개정된 것을 마지막으로 총 9번 개정되어 시행되었다. 신규제정 내용을 보면 경제성장에 따른 고도의 생산 활동으로 인한 각종 오염물질의 배출과 인구밀집 그리고 소비생활의 신장 등으로 인하여 발생하는 오염물질 및 폐기물 등은 환경오염을 점차로 심화시키고 있어 현행 공해방з법에 의한 규제만으로는 환경보전을 기할 수 없는 상황에 이르렀다고 판단되어 적절한 환경을 보전하여 국민의 건강과 재산 그리고 쾌적한 자연환경을 보호하는데 필요한 환경기준의 설정, 특별대책지역의 지정, 배출허용기준의 합리적인 설정 등 제반대책을 수립하려는 것을 목적으로 제정되었다(Korea Ministry of Government Legislation, 2014).

Table 3. The Amendments of River Water Quality Standards

Date	Standards	Amendment Item	NO.
1978 07.01	Human Health Protection Standards	[New Establishment] ○ CN, Alkyl Hg, Org. P, PCB(N.D.), Pb(0.1 mg/L), Cr ⁶⁺ (0.05 mg/L), As(0.05 mg/L)	7
	Living Environmental Standards	[New Establishment] ○ pH, BOD, DO, Coliform	4
1981 01.07	Human Health Protection Standards	⊕ Add Item: Cd(0.01 mg/L), Total Hg(N.D.)	9(+2)
	Living Environmental Standards	⊕ Add Item: COD	5(+1)
1983 09.01	Human Health Protection Standards	⊕ Add Item : Hg(N.D.) ⊖ Deletion Item : : Total Hg, Alkyl Hg(N.D.) ⊗ Changing Item: Cr ⁶⁺ (0.05 mg/L→0.005 mg/L)	8(-1)
	Living Environmental Standards	○ Changing Grade : Gab, Eul, Byeong, Jeong → I ~ V ⊕ Add Item: SS ⊗ Changing Item I : Coliform (100→50), III : Coliform (10000→5000)	6(+1)
1987 08.03	Human Health Protection Standards	⊗ Changing Item: Cr ⁶⁺ (0.005 mg/L→0.05 mg/L)	8
	Living Environmental Standards	-	6
1989 01.05	Human Health Protection Standards	-	8
	Living Environmental Standards	○ Separating River Standards and Lake Standards	6
1991 02.02	Human Health Protection Standards	⊕ Add Item: ABS(0.5 mg/L)	9(+1)
	Living Environmental Standards	⊖ Deletion Item : COD	5(-1)
2007 01.01	Human Health Protection Standards	⊕ Add Item : Carbon Tetrachloride(0.004 mg/L), 1,2-dichloroethene(0.03 mg/L), Tetrachloroethylene(PCE, 0.04 mg/L), Dichloromethane(0.02 mg/L), Benzene(0.01 mg/L), Chloroform(0.08 mg/L), DEHP(0.008 mg/L), Antimon(0.02 mg/L)	17(+8)
	Living Environmental Standards	⊕ Add Item: Total Coliform, E.Coli. ⊗ Changing Grade: 5 Grade → 7 Grade	6(+1)
2009 07.07	Human Health Protection Standards	-	18
	Living Environmental Standards	⊕ Add Item: COD, T-P	8(+2)
2012 11.27	Human Health Protection Standards	⊕ Add Item: 1,4-Dioxane(0.05 mg/L), Formaldehyde (0.5 mg/L), hexachlorobenzene(0.00004 mg/L)	20(+3)
	Living Environmental Standards	⊕ Add Item: TOC	9(+1)

하천수질 환경기준은 최초에 제정될 당시 하천과 호수를 동일한 기준을 설정하고 해역인 경우도 단일 기준을 적용하고 있었으나 1989년 1월 5일 개정되면서 하천과 호수가 분리되어 기준이 설정되었다. 수질환경기준은 크게 두 가지로 나누어 구분하고 있는데 사람의 건강보호기준과 생활환경 기준으로 나눌 수 있다. 사람의 건강보호기준인 경우 등급화를 하고 있지 않지만 생활환경기준인 경우는 1978년 갑, 을, 병 그리고 정수역 4등급 수역을 시작으로 현재(2012년)는 I a, I b, II, III, IV, V 그리고 VI등급으로 총 7개 등급으로 나누어 시행하고 있

다. 기준항목을 보면 사람의 건강보호기준은 1978년 제정될 때 7개 항목으로 시작하여 2012년에는 총 20개 항목으로 증가하였고 생활환경기준은 4개 항목으로 시작되어 2012년에는 9개 항목으로 증가하여 많은 수질항목이 기준항목으로 설정되었다.

3.2.2. 우리나라에서 실시하는 지자체별 하천 지역환경기준

1) 지자체별 지역환경기준

우리나라 환경정책기본법 제12조 ③항에 광역자치단

체의 시, 도지사가 해당지역의 경제적, 사회적, 지리적 여건을 고려하여 환경개선에 대한 지역주민의 요구에 부응할 수 있는 환경행정의 목표수치를 지역환경기준으로 설정할 수 있도록 하고 있다. 이에 따라 각 지역의 특성에 맞게 국가 환경기준을 기준으로 지방자치단체가 지역적 특성을 고려하여 국가의 환경보전계획에 따라 그 지방자치단체의 계획을 수립하여 시행할 수 있도록 하였으며 해당지역의 환경적 특수성을 고려하여 별도의 환경기준인 지역환경기준을 설정할 수 있게 되었다. 그리하여 우리나라 일부 지자체의 경우 그 지역의 환경 여건을 고려하여 지역환경기준을 운영하고 있다.

지역환경기준의 경우, 1997년 서울시의 지역환경기준 설정을 시작으로 인천, 대전, 경기도 그리고 제주특별자치도 등이 지역환경기준을 설정하여 각 지역 환경관리에 활용하고 있다. 각 지역의 지역환경기준을 보면 대부분 대기환경의 악화로 인하여 대기환경을 보호하기 위해 대기 환경기준을 중심으로 설정하여 운영되고 있다. 하천수질환경을 위하여 하천지역환경기준을 설정하여 운영하는 곳은 제주특별자치도와 대전광역시 두 지자체에서 운영하고 있으며 나머지 지자체는 국가 하천 수질환경기준을 그대로 적용하여 운영되고 있다.

2) 제주지역 하천 지역환경기준

제주특별자치도는 청정환경을 지니고 있는 곳으로 잘

알려져 있으며 이 환경을 지키고 체계적으로 보전 관리하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 그 일환으로 사전오염예방의 원칙을 실천하며 국가기준보다 강화된 선진국 수준의 지역환경기준을 시행하고 있다. 하천수질환경기준은 하천주변 자연생태계의 영향, 자연 수질 상태로의 복원을 원칙으로 1999년에 하천수질기준을 국가환경기준보다 강화하여 하천수질 지역환경기준을 설정하여 운영하였는데 그 당시 기준 값은 세계에서 환경을 가장 강화하여 관리하고 있는 EU나 스위스 수준으로 설정되었다(Jeju Special Self-Governing Province, 2010).

제주도 환경기본조례는 1998년 5월 27일에 제정되었다. 제정될 당시에는 제주도 지역환경기준이 설정되지 않았으나 1999년 4월 7일 다시 개정되면서 제23조의2(지역환경기준설정)항을 추가하여 제주지역 지역환경기준을 대기환경기준과 하천환경기준으로 최초로 설정하여 운영하였다. 제주도의 하천은 다른 지역과 달리 음용수로 이용되지 않고 바다로 자연 유하되고 있으며 하천수변 자연생태계의 영향, 자연수질 상태로의 복원을 원칙으로 1999년 4월 7일자로 하천수질을 국가환경기준보다 강화하여 하천수질 지역환경기준을 정하였고 그 값은 Table 4에 나타내었다.

이 지역환경기준은 Jeju-Do(1997)가 환경지표설정용역을 통해 나온 연구결과를 이용하여 기준을 설정하였으며 사전 오염예방의 원칙을 실천하며 그 당시 국가기

Table 4. Local River Water Quality Standards in Jeju Island (Amended April 7, 1999)

Division	Grade	Object	Values				
			pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	Coliform (MPN/100mL)
Living Environment	I	Drinking Water 1 grade Natural Environment Conservation	6.5~8.5	1 ≥	25 ≥	≥ 7.5	50 ≥
	II	Drinking Water 2 grade Fisheries 1 grade Swimming Water	6.5~8.5	3 ≥	25 ≥	≥ 5	1,000 ≥
	III	Drinking Water 3 grade Fisheries 2 grade Industrial Water 1 grade	6.5~8.5	6 ≥	25 ≥	≥ 5	5,000 ≥
	IV	Industrial Water 2 grade Agricultural Water	6.0~8.5	8 ≥	100 ≥	≥ 2	-
	V	Industrial Water 3 grade Living Environment Conservation	6.0~8.5	10 ≥	No floating Wastes	≥ 2	-
Human Health Protection	Whole Scale	Cd: 0.005 mg/L ≥, CN : ND, Hg : ND, Org. P : ND, PCB : ND, As : 0.005 mg/L ≥ , Pb: 0.04 mg/L ≥, Cr ⁶⁺ : 0.01 mg/L ≥, ABS : 0.2 mg/L ≥					

준보다 강화된 선진국 수준의 지역환경기준을 설정하였다. 그 이후 제주도가 제주특별자치도로 시군이 통합 운영이 되면서 제주특별자치도 환경기본 조례(제정 2006. 4.5 조례 제2554호)는 2006년 다시 제정되어 2006년 7월 1일부터 시행되었으나 지역환경기준은 1999년에 설정된 값 그대로 운영하였다.

최근 제주특별자치도 지역환경기준을 설정하고 있는 제주특별자치도 환경기본조례는 2013년 11월 27일 일부 개정되었으며 개정된 지역환경기준에 관한 내용을 보면 도의 지역 특성과 환경여건을 고려하여 지역환경기준을 설정하게 하고 설정된 제주특별자치도 지역환경기준에 대하여 5년 마다 환경여건 변화에 적합하지를 계속 조사하는 내용을 신설하였다(Jeju Special Self-Governing Province, 2014).

개정된 하천환경기준을 보면 생활환경기준은 국가 기준을 그대로 따르고 있다. 그러나 사람의 건강보호기준은 항목만 그대로 따르고 있고 일부 항목은 강화되어 적용되고 있다. 강화된 항목은 4가지 항목으로 비소(As)는 국가기준이 0.05 mg/L이나 제주지역환경기준은 0.005 mg/L로 10배 강화되어 있고 납(Pb)은 국가기준이 0.05 mg/L이나 제주지역환경기준은 0.04 mg/L로 0.01 mg/L가 낮게 되어 있으며 6가 크롬은 국가기준이 0.05 mg/L이나 제주지역환경기준은 0.01 mg/L로 5배 강화되었고 음이온계면활성제(ABS)는 국가기준이 0.5 mg/L이나 제주지역환경기준은 0.2 mg/L로 강화되어 있다. 강화된 사람의 건강보호 기준 4개 항목은 이미 1999년 4월에 최초로 제정될 당시 적용된 값으로 그 당시 적용된 값이 현재의 국가환경기준보다 강화된 기준값이므로 2013년 11월 개정될 때 그 항목들은 그대로 적용된 것으로 사료된다.

3) 대전광역시 하천 지역환경기준

대전광역시 지역환경기준은 2003년 12월 30일 조례 제3216호로 개정된 후 2007년 8월 17일에 2차 개정되어 조례 제3530호로 설정된 후 현재까지 운영되고 있으며 대전광역시 환경기본조례의 별표에 구성되어 있다. 대전광역시인 경우, 지역환경기준은 대기환경기준, 소음환경기준과 하천수질 환경기준 3가지 환경기준이 설정되어 있다. 하천수질 환경기준인 경우, 사람의 건강보호 기준과 생활환경 기준 두 가지로 나눌 수 있는데 사람의 건강보호기준인 경우는 국가환경기준을 그대로 적용하

고 있으나 생활환경기준은 별도로 정하여 운영하고 있다(Daejeon Metropolitan City, 2014).

하천수질 국가환경기준 중 생활환경기준을 보면 9개 수질항목에 7개 등급을 정하여 운영하고 있으나 대전광역시인 경우는 국가환경기준에 포함되어 있는 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC)와 총인(T-P)항목을 제외한 나머지 6개 수질항목과 수계에 따른 각 하천별로 I a 등급부터 IV등급까지 적용하고 있다. 수계는 대전천을 비롯하여 총 11개 하천에 대하여 하천구간별로 수질 등급을 정하고 있으며 각 하천별로 수질 등급을 달리하여 정하고 있으나 물 등급별 수질항목 농도 값은 국가환경기준의 물 등급과 동일한 값을 적용하고 있다.

대전광역시의 하천수질기준인 경우 많은 하천의 수질 특성을 고려하여 수질기준을 정하고 있으며 한 하천이라도 하천의 유역 특성에 맞게 수질을 유지할 수 있도록 다양하게 하천구간별로 나누어 수질기준을 정한 것이 특색이 있다.

3.2.3. 선진국의 하천수질기준 체계

각 나라별 하천수질기준을 보면 각국의 특성과 실정에 맞게 수질기준을 설정하여 적용하고 있다. 일반적으로 수질기준 체계를 분류해보면은 등급 분류형, 용수분류형 그리고 혼합형으로 나눌 수 있는데 우리나라에서는 등급분류형을 적용하고 있다(Korea Environment Institute, 2008).

등급분류형이란 수체에 대표적인 항목을 동일하게 적용하고 기준값에 따라 등급을 결정하여 관리하는 방법으로 이를 적용하는 나라는 일본, 핀란드 그리고 타이완 등에서 사용하고 있으며 미국도 일부 주에서 사용하고 있다. 일본의 경우는 우리나라와 같이 생활환경보전과 인간건강보호에 관한 기준으로 나누어져 있다. 핀란드의 수질기준체계는 유럽연합의 물관리지침을 만족하도록 운영되고 있으며 수체의 유형을 하천과 호수로 구분하지 않고 이용하고 있고 미국 커네티컷 주는 하천의 수질에 따라 5등급으로 구분하여 사용하고 있으며 3개 등급에 대해서만 항목과 기준을 정하고 있다.

용수분류형은 용수 목적에 따라 각각에 맞는 수질항목 및 기준값을 다르게 설정하여 용수별 수질을 유지관리하는 방법이다. 일반적으로 용수분류형 체계를 유지하는 나라는 국가가 넓으며 수체를 지역 요구에 따라 구간

을 나누어 관리하는 경우가 많으며 미국과 캐나다 등에서 주로 사용하고 있으며 미국과 캐나다의 경우는 유사한 체계를 가지고 있으며 연방정부에서는 권고치를 마련하면 주정부가 이를 바탕으로 각 주의 실정에 맞는 수질 기준을 설정한다. 그리고 호주와 뉴질랜드는 수질기준을 별도로 연구하여 마련하는 것이 아니라 국가수질관리전략 내에서 전체적인 수자원 이용을 검토하고 실제로 이용이 많은 용수목적을 분류하여 이에 대한 수질기준을 근거자료와 함께 제시하고 있다. 그리고 제주지역과 유사한 섬지역인 하와이의 수질기준은 크게 해수와 담수로 구분하여 수질기준을 정하고 있으며 담수부분에 하천수, 복류수 등을 포함하여 13개 용수로 나누어 수질기준을 정하고 있다. 하와이의 수질기준에서 특이한 점은 우기와 건기를 구분하여 수질기준을 정하고 있었다(Hawaii State Department of Health, 2014)

혼합형은 등급분류형과 용수분류형을 접목한 방식으로 수체에 동일한 항목을 적용하여 등급을 나타내며 특별한 관리가 필요할 경우 용수목적에 대하여 항목과 기준값을 별도로 지정하여 추가적으로 수질을 관리하는 방법으로 유럽연합(EU)에서 사용하는 방법이다. 그 내용을 보면 하천은 10개 항목을 지정하고 있으며 각 항목별로 3등급으로 나누어 설정하고 있다.

수질기준의 유형별 장단점을 살펴보면 등급분류형인 경우 전 국토에 대한 일괄적인 수질관리에 효율적이고 정책목표로 이용이 가능하며 일반인에게 쉽게 인식될 수 있는 장점은 있으나 용수목적에 적합한 수질의 수자원을 공급하는 데 용이하지 않을 수 있으며 규제기준으로 사용 시 용수에 따라 적합하지 않는 경우가 있다. 그리고 용수분류형인 경우 용수목적에 적합한 수질의 수장원 공급이 용이하며 규제기준으로 사용이 가능하나 단일 수체에 대하여 여러 용수를 이용하는 경우에는 기준 적용에 혼란을 초래할 수 있으며 분류되지 않는 용수에 대해서는 적용이 불가능한 경우가 있다. 마지막으로 혼합형인 경우는 일괄적인 수질관리와 용수목적에 적합한 수질의 수자원 공급이 동시에 가능하나 두 유형의 혼합으로 현장에서 적용 시 적용 범위에 대한 혼란을 초래할 수 있다.

3.3. 제주지역 우수하천에 대한 수질 조사 결과

3.3.1. 문헌조사를 통한 하천 수질 현황

제주지역 하천인 경우는 제주도 보건환경연구원은 분

기별로 제주도내 우수하천 12개 하천에 대하여 조사를 실시하고 있다(Jeju Provincial Research Institute of Health & Environment, 2014). 하천 수질 기준 전 항목에 대해서는 분석을 하고 있지 않으나 생활환경기준 항목 일부를 조사하여 제공하고 있다. 제공된 일부 항목의 경우 2000년부터 2013년까지 조사된 자료를 정리하여 Fig. 2에 나타내어 경년 변화를 살펴보았다.

생물화학적 산소요구량(BOD)을 보면 0.2 mg/L에서 1.7 mg/L까지의 값을 보였고 년 간 변화는 2001년부터 감소하는 경향을 보이나 그 이후는 변화가 크게 없으며 전 하천 수질은 좋음에 해당하는 I b등급 이하의 수질을 보였으며 하천별 수질을 비교해 보면 다른 하천에 비해 창고천이 다소 높은 수질을 보였다. 화학적 산소요구량(COD)을 보면 0.2 mg/L에서 3.1 mg/L까지의 값을 보였고 각 하천별로 년간 변화는 크게 없는 것으로 보였고 전 하천 수질은 좋음에 해당하는 I b등급 이하의 수질을 보였으며 하천별 수질을 비교해 보면 다른 하천에 비해 창고천이 다소 높은 수질을 보였다. 부유물질(SS)을 보면 0.2 mg/L에서 6.2 mg/L까지의 값을 보였고 년도 별로 큰 차이는 없으나 2012년에는 전 하천이 다소 높은 값을 보이는 것을 알 수 있었다. 그러나 전 하천 수질은 매우좋음에 해당하는 I a등급의 수질을 보였다. 용존산소(DO)를 보면 8.0 mg/L에서 12.8 mg/L까지의 값을 보였고 년 간 변화는 큰 차이를 보이지는 않았으며 2007년에는 다소 높은 값을 보였으나 전 하천 수질은 매우좋음에 해당하는 I a등급의 수질을 보였다. 총인(T-P)을 보면 0.007 mg/L에서 0.187 mg/L까지의 값을 보였고 각 하천별로 년간 변화는 크게 없는 것으로 보였고 각 하천 수질을 보면 대체적으로 산지천인 경우는 III등급에 해당하는 수질을 보였다. 총질소(T-N)을 보면 0.36 mg/L에서 12.45 mg/L까지의 값을 보였고 각 하천별로 년간 변화는 크게 없었다.

이상의 제주도 우수하천의 항목별 수질농도의 년 간 변화는 크게 없었으며 생활환경기준에서 총인을 제외한 대부분의 하천 수질은 매우좋음과 좋음에 해당하는 I a, I b 등급의 수질을 보였다.

3.3.2. 현장조사를 통한 하천 수질 현황

1) 하천환경기준 중 생활 환경 기준

하천환경 수질기준 중 생활환경 기준에 대하여 분석

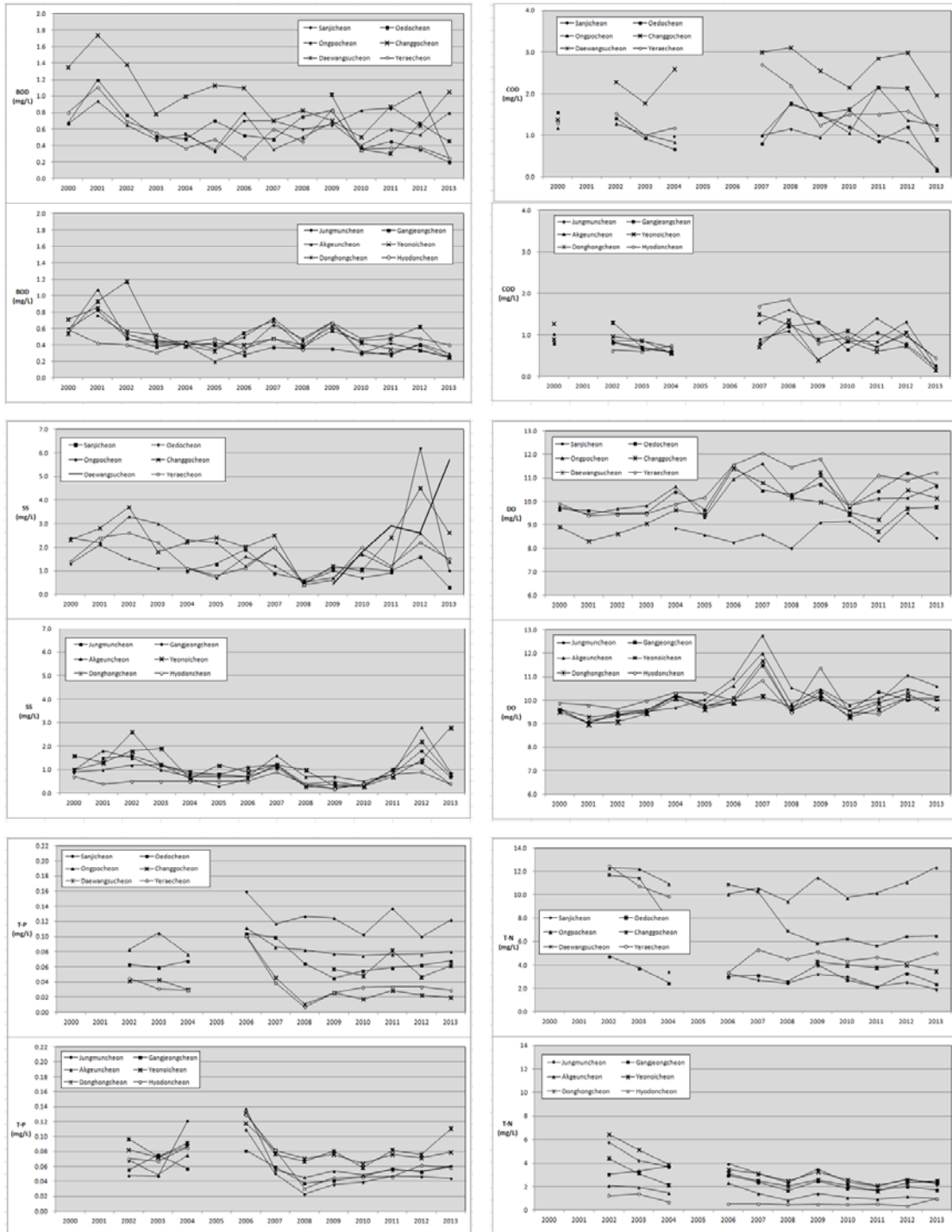


Fig. 2. The Annual Variations of Water Quality Items at Each Streams in Jeju Island.

Table 5. Comparison of Standards and Observed Concentration(Living Environment)

Grade	pH	Value													
		BOD (mg/L)		COD (mg/L)		TOC (mg/L)		SS (mg/L)		DO (mg/L)		T-P (mg/L)		Coliform (MPN/100mL)	
		Std.	Range	Std.	Range	Std.	Range	Std.	Range	Std.	Range	Std.	Range	Std.	Std.
Very Good	Ia	6.5~8.5	1 ≥	2 ≥	0.1 ~ 1.9	2 ≥	25 ≥	0.005 ~ 4.20	≥7.5	0.02 ≥			50 ≥	10 ≥	
Good	Ib	6.5~8.5	2 ≥	0.00 ~ 3.68	4 ≥	3 ≥	25 ≥	≥5.0	6.40 ~ 14.92	0.04 ≥	0.00 ~ 0.28	500 ≥	100 ≥		
Fairly Good	II	6.5~8.5	3 ≥	7.05 ~ 9.03	5 ≥	4 ≥	25 ≥	≥5.0		0.1 ≥		1,000 ≥	200 ≥		
Fair	III	6.5~8.5	5 ≥		7 ≥	5 ≥	25 ≥	≥5.0		0.2 ≥		5,000 ≥	1,000 ≥		
Fairly Poor	IV	6.0~8.5	8 ≥		9 ≥	6 ≥	100 ≥	≥2.0		0.3 ≥					
Poor	V	6.0~8.5	10 ≥		11 ≥	8 ≥	No floating Wastes	≥2.0		0.5 ≥					
Very bad	VI		>10		>11	>8		2.0 >		>0.5					

한 결과는 Table 5에 나타내었다.

수소이온농도 기준 값은 I a등급에서 III등급까지가 6.5 ~ 8.5 그리고 IV등급에서 V등급까지가 6.0 ~ 8.5로 되어 있다. 12개 하천 수질 결과를 보면 각 하천별 평균값으로 7.23 ~ 9.01의 범위를 보였다. 하천별로는 대왕수천과 예래천이 pH 8.5 보다 높은 값을 보였다.

생물화학적 산소요구량(BOD)의 기준값은 I a등급에서 IV등급까지 1 mg/L 이하에서 10 mg/L 초과까지다. 12개 하천 수질 결과, 각 하천별 평균값으로 0.18 mg/L ~ 2.56 mg/L의 범위를 보였다. 가장 낮은 값을 보인 하천은 효돈천이고 가장 높은 하천은 창고천이었다. 수질 등급으로 비교해 보면 대부분의 하천 평균값은 I a 등급을 만족하였으나 예래천과 중문천은 I b등급으로 조사되었고 창고천은 II등급 수질을 보였다.

화학적 산소요구량(COD)의 기준값은 I a등급에서 IV등급까지 2 mg/L 이하에서 11 mg/L 초과까지다. 12개 하천 수질 결과, 각 하천별 평균값으로 0.15 mg/L ~ 1.50 mg/L의 범위를 보였다. 가장 낮은 값을 보인 하천은 강정천이고 가장 높은 값을 보인 하천은 대왕수천

다. 수질등급으로 비교해 보면 전 조사하천이 매우좋은 I a 등급에 해당되었다.

총유기탄소량(TOC)의 기준값은 I a등급에서 IV등급까지 2 mg/L 이하에서 8 mg/L 초과까지다. 12개 하천 수질 결과, 각 하천별 평균값으로 0.20 mg/L ~ 15.45 mg/L의 범위를 보였다. 가장 낮은 값을 보인 하천은 연외천이고 가장 높은 값을 보인 하천은 창고천이었다. 수질등급으로 비교해 보면 대부분의 하천이 매우좋은에 해당하는 I a등급에 해당되었으나 예래천은 좋음에 해당하는 I b등급 하천이고 대왕수천은 보통에 해당하는 III등급 하천이며 강정천은 약간나쁨에 해당하는 IV등급이었으며 중문천은 나쁨에 해당하는 V등급 하천이고 옹포천과 창고천은 매우나쁨에 해당하는 VI등급 하천으로 조사되었다.

부유물질(SS)의 기준값은 I a등급에서 IV등급까지 25 mg/L 이하에서 쓰레기 등이 떠 있지 않을 것까지다. 12개 하천 수질 결과, 각 하천별 평균값으로 0.15 mg/L ~ 1.42 mg/L의 범위를 보였다. 가장 낮은 값을 보인 하천은 강정천이고 가장 높은 값을 보인 하천은 대왕수천

이었다. 그러나 수질등급으로 비교해 보면 전 하천이 매우 좋음에 해당하는 I a등급에 해당되었다.

용존산소(DO)의 기준값은 I a등급에서 IV등급까지 7.5 mg/L 이상에서 2.0 mg/L 미만까지다. 12개 하천 수질 결과, 각 하천별 평균값으로 7.92 mg/L ~ 10.74 mg/L의 범위를 보였다. 가장 높은 값을 보인 하천은 예래천이고 가장 낮은 값을 보인 하천은 산지천이었다. 수질등급으로 비교해 보면 전 조사 하천이 매우 좋음에 해당하는 I a등급에 해당되었다.

총인(T-P)의 기준값은 I a등급에서 VI등급까지 0.02 mg/L 이하에서 0.5 mg/L 초과인 범위이다. 가장 낮은 값을 보인 하천은 동홍천이고 가장 높은 값을 보인 하천은 옹포천과 산지천으로 나타났다. 수질등급으로 비교해 보면 매우 좋음에 해당하는 I a등급 하천은 중문천과 동홍천이었고 좋음에 해당하는 I b등급 하천은 의도천, 예래천, 약근천 그리고 효돈천이었고 약간 좋음에 해당하는 II등급 하천은 나머지 하천으로 산지천, 옹포천, 창고천,

대왕수천, 강정천 그리고 연외천이 해당되었다.

대장균군과 분원성 대장균군은 전 조사대상 하천에서 전 기간 동안 대장균이 검출되었다.

2) 하천환경기준 중 사람의 건강 보호 기준

사람의 건강보호기준 항목을 조사한 결과는 Table 6에 나타내었다. 사람의 건강보호기준에는 총 20개 항목이 들어 있는데 이 중 19개 항목은 검출한계 이하의 값을 나타내었다. 2007년에 새로 추가된 클로로포름 항목인 경우 대왕수천, 예래천, 중문천 그리고 연외천이 검출되었으나 모두 기준값인 0.08 mg/L 이하보다 매우 낮은 값을 보였다.

3) 하천환경기준 항목 외 수질 현황

하천수질 환경기준에 포함되지 않지만 물 환경기준에 포함되는 항목을 추가하기 위하여 먹는물 수질기준과 지하수 수질기준 항목을 중심으로 추가 조사를 실시하였고 추가항목 수는 총 33개 항목이며 하천수질보다 양호

Table 6. Comparison of Standards and Observed Concentration(Drinking Water Standards)

Item	Value(mg/L)	Range(mg/L)
Cd	0.005 ≥	ND ~ ND
As	0.05 ≥	ND ~ ND
CN	Not Detected (Detection Limit0.01)	ND ~ ND
Hg	Not Detected (Detection Limit0.001)	ND ~ ND
Org. P	Not Detected (Detection Limit0.0005)	ND ~ ND
PCB	Not Detected (Detection Limit0.0005)	ND ~ ND
Pb	0.05 ≥	ND ~ ND
Cr ⁶⁺	0.05 ≥	ND ~ ND
ABS	0.5 ≥	ND ~ ND
Carbon tetrachloride	0.004 ≥	ND ~ ND
1,2-dichloroethene	0.03 ≥	ND ~ ND
Tetrachloroethylene(PCE)	0.04 ≥	ND ~ ND
Dichloromethane	0.02 ≥	ND ~ ND
Benzene	0.01 ≥	ND ~ ND
Chloroform	0.08 ≥	0.003 ~ 0.017
Di-(2-ethylhexyl)phthalate(DEHP)	0.008 ≥	ND ~ ND
Antimon	0.02 ≥	ND ~ ND
1,4-dioxane	0.05 ≥	ND ~ ND
Formaldehyde	0.5 ≥	ND ~ ND
Hexachlorobenzene	0.00004 ≥	ND ~ ND

Table 7. Comparison of Standards and Observed Concentration(Drinking Water Standards & Other)

Item	Value	Range
General Bacteria	100 CFU/mL	370 ~ 78,000
Fluorine	1.5 mg/L	ND ~ ND
Selenium	0.01 mg/L	ND ~ ND
NH ⁴⁺ -N	0.5 mg/L	0.02 ~ 0.29
NO ³⁻ -N	10 mg/L	0.4 ~ 10.9
Boron	1 mg/L	ND ~ ND
Phenol	0.005 mg/L	ND ~ ND
1,1,1-Trichloroethane	0.1 mg/L	ND ~ ND
Trichloroethylene	0.03 mg/L	ND ~ ND
Toluene	0.7 mg/L	ND ~ ND
Ethylbenzen	0.3 mg/L	ND ~ ND
Xylene	0.5 mg/L	ND ~ ND
1,1 Dichloroethylene	0.03 mg/L	ND ~ ND
Diazinon	0.02 mg/L	ND ~ ND
Parathion	0.06 mg/L	ND ~ ND
Fenitrothion	0.04 mg/L	ND ~ ND
Carbaryl	0.07 mg/L	ND ~ ND
1,2-Dibromo-3-Chloropropan	0.003 mg/L	ND ~ ND
Free Residual Chlorine	4 mg/L	ND ~ ND
THMs; Trihalomethanes	0.1 mg/L	ND ~ ND
Chloralhydrate	0.03 mg/L	ND ~ ND
Dichloroacetonitrile	0.09 mg/L	ND ~ ND
Trichloroacetonitrile	0.004 mg/L	ND ~ ND
Bromidichloromethane	0.03 mg/L	ND ~ ND
Dibromochloromethane	0.1 mg/L	ND ~ ND
HAA; Haloaceticacid	0.1 mg/L	ND ~ ND
Dibromoacetonitrile	0.1 mg/L	ND ~ ND
Chlorine	250 mg/L	4 ~ 4,354
Fe	0.3 mg/L	0 ~ 0
Mn	0.05 mg/L	0.01 ~ 0.01
Turbidity	0.5 NTU	0.16 ~ 1.79
Sulfate	200 mg/L	2 ~ 556
Al	0.2 mg/L	0.02 ~ 0.14

한 먹는물 수질기준과 지하수 수질기준을 이용하여 비교 분석한 결과는 Table 7에 나타내었다.

추가 분석한 항목 수는 총 33개 항목인데 그 중 24개 항목은 검출한계 이하의 값을 나타내었다.

일반 세균인 경우는 평균값으로 1,000 CFU/mL ~ 42,000 CFU/mL의 범위를 보였으며 전 조사대상 하천에서 검출되었다. 가장 낮은 농도를 보인 하천은 악근천

이고 가장 높은 농도를 보인 하천은 산지천 이었다. 암모니아성 질소는 산지천에서만 전 조사기간 동안 검출이 되었는데 값은 0.02 ~ 0.29 mg/L의 범위에 평균 0.13 mg/L로 먹는물수질기준값인 0.5 mg/L보다 낮은 값을 보였고 질산성 질소는 전 하천에서 0.6 ~ 10.0 mg/L의 범위로 검출되었으나 옹포천을 제외하고 전 조사하천에서 먹는물 수질기준값인 10.0 mg/L 이하의 값을 보였다.

염소이온은 5 ~ 2,388 mg/L의 값을 보였고 기준값인 250 mg/L를 초과한 하천은 산지천과 창고천으로 각각 492 mg/L과 2,388 mg/L의 값을 보였다. 망간은 산지천만 검출이 되었는데 기준값인 0.05 mg/L보다 낮은 0.012 mg/L 값을 보였다. 탁도는 0.166 ~ 1.785 NTU의 값을 보였고 기준값인 0.5 NTU를 초과하는 하천은 산지천, 외도천, 창고천, 대왕수천, 예레천, 약근천, 연의천 그리고 동홍천이나 탁도의 경우는 우수하천에는 적용되지 않은 항목이다. 황산이온은 1 ~ 353 mg/L의 값을 보였고 기준값인 200 mg/L를 넘는 하천은 창고천으로 325 mg/L의 농도를 보였다. 알루미늄은 옹포천, 창고천, 대왕수천, 예레천이 검출이 되었으나 기준값인 0.2 mg/L보다 낮은 값인 두 하천 모두 0.01 ~ 0.05 mg/L 값을 보였다.

3.4. 제주지역 하천에 대한 지역환경기준 설정

3.4.1. 제주지역 하천 지역환경기준 중 생활환경기준 설정

우리나라 생활환경기준은 총 7개 등급으로 나누어져 있으며 기준항목으로는 9개 항목이 설정되어 있다. 생활환경기준에 해당되는 등급에 대한 국가환경기준을 보면 우리나라와 제일 유사한 기준을 가지고 있는 나라가 일본이며 일본의 경우 AA등급에서 E등급까지 총 6개 등급으로 나누고 있고 기준항목은 pH, BOD, SS, DO 그리고 대장균수로 총 5개 항목이 포함되어 있다. 그리고 중국의 경우는 하천수질환경기준을 3등급으로 나누었으며 특이한 점은 인체건강기준이 우리나라와 일본은 단일 값이지만 중국은 이것도 3등급으로 차등한 것과 내수면 어업에 관한 환경기준을 따로 정하고 있다. 태국은 하천수의 수질환경기준을 1-5등급으로 나누어 정하고 있으며 말레이시아의 경우는 6개 등급으로 나누어 정하고 있으며 필리핀의 경우는 5개 등급으로 나누어 정하고 있다. 제주특별자치도와 같은 섬지역인 타이완의 하천수질기준을 보면 생활환경기준에 해당하는 부분은 4개의 등급으로 나누어 DO를 포함한 8개 항목에 대하여 수질 값을 정하고 있으며 중금속의 경우는 Cd를 포함한 5개 항목에 대하여 수질기준을 운영하고 있었다(Liou 등, 2004).

우리나라 하천환경기준에서 7개 등급으로 정한 것은 다른 국가에 비하여 하천 특성을 잘 구분한 것으로 보이며 제주지역의 생활환경기준은 7개 등급을 그대로 유지

하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 그러나 대전광역시처럼 하천을 구간별로 물등급을 구분하는 방법은 제주도의 우수하천은 유로구간이 짧고 복류수에 의해 구간별로 유수가 형성되므로 구간별로 수질등급을 구분하기 어려울 것으로 사료된다. 또한 제주지역 하천별로 수질기준을 적용하는 방법은 조사된 각 하천별 수질값을 보면 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS)와 용존산소(DO)와 같은 항목은 전 조사하천이 매우좋음에 해당되는 Ia등급 전 하천이 만족하고 있으나 다른 항목인 경우는 같은 하천이라 할지라도 계절별로 여러 등급의 범위로 조사가 되고 있으며 일부항목으로 인하여 몇 등급 이하 하향 조정을 해야 하는 문제가 발생될 수 있다. 따라서 생활환경기준의 경우는 현재 2013년 11월 27일 개정되어 적용되고 있는 국가환경기준을 그대로 운영하는 것이 좋을 것으로 사료된다(Table 8).

3.4.2. 제주지역 하천 지역환경기준 중 사람의 건강보호기준 설정








1) 사람의 건강보호기준 설정방법

사람의 건강보호와 관련된 항목은 수질환경기준의 성격을 어떻게 규정하는가와 밀접한 관련이 있으므로 법적 강제성을 인정하도록 방향을 정한다면 미국의 방식(독성물질의 종류를 지정하고 기준도 정하되 그 기준은 최신의 과학지식이나 정보에 의하여 그때그때 산정한 기준과 다르면 새로운 기준이 우선하도록 하는 방식)으로 가야 할 것이고 만약 그렇지 않다면 유럽 방식(대상항목을 지정함이 없이 오염원에서 배출되는 모든 독성물질은 일단 대상으로 하여 안전 수준 내지 주민이 감내해야 하는 수준이하로 배출하도록 하는 방식)으로 가야 할 것이다.

배출수역의 어느 곳에서도 배출되는 독성물질이 생태계에 회복 불가능할 정도의 중대한 손상을 주어서는 안되므로 급·만성독성별 기준이 초과되는 혼합구역의 범위를 각각 최소한으로 확정하는 방안이 아울러 강구되어야 할 것이다. 이렇게 하기 위해서는 분기별, 월별 또는 주별로 측정되는 수질자료 만으로는 시간적, 공간적으로 변화하는 수질을 종합적으로 판단하기 어려우므로 연속측정수질자료를 기준으로 분석할 수 있는 시스템이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 문헌조사와 현장 수질조사를 통하여 나온 결과를 이용하여 제주지역 하천 지역환경기

Table 8. Proposed Jeju River Local Environment Standards(Living Environment)

Grade	Characters	Value									
		pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	Coliform (MPN/100mL)		
									Total Coliform	E. Coli	
Very Good	Ia 	6.5~8.5	1 ≥	2 ≥	2 ≥	25 ≥	≥ 7.5	0.02 ≥	50 ≥	10 ≥	
Good	Ib 	6.5~8.5	2 ≥	4 ≥	3 ≥	25 ≥	≥ 5.0	0.04 ≥	500 ≥	100 ≥	
Fairly Good	II 	6.5~8.5	3 ≥	5 ≥	4 ≥	25 ≥	≥ 5.0	0.1 ≥	1,000 ≥	200 ≥	
Fair	III 	6.5~8.5	5 ≥	7 ≥	5 ≥	25 ≥	≥ 5.0	0.2 ≥	5,000 ≥	1,000 ≥	
Fairly Poor	IV 	6.0~8.5	8 ≥	9 ≥	6 ≥	100 ≥	≥ 2.0	0.3 ≥			
Poor	V 	6.0~8.5	10 ≥	11 ≥	8 ≥	No floating Wastes	≥ 2.0	0.5 ≥			
Very bad	VI 		>10	>11	>8		2.0 >	>0.5			

준 중 사람의 건강보호기준설정은 기준값을 강화하는 방안과 항목을 추가하는 방안으로 나누어 설정해 보았다.

2) 사람의 건강보호기준 중 기준값 강화

사람의 건강보호기준 중 기준값을 강화하는 방법은 기준항목과 제주지역 하천수질조사 결과를 이용하여 설정해 보았는데 그 결과는 Table 9에 나타내었다.

제주도 유수하천에 조사된 수질분석 결과를 보면 기준값이 설정되어 있는 20개 항목 중 클로로포름을 제외한 나머지 항목들은 검출되지 않아 사람의 건강보호에 영향을 미치는 물질들이 포함되지 않는 좋은 하천수질임을 알 수 있었다. 그러나 이 조사 분석 결과를 현재 조사된 수질기준 값들이 검출이 안되거나 검출한계 이하라 해서 모든 항목에 대하여 수질기준을 강화할 수는 없다. 그러므로 사람의 건강보호기준값을 강화하는 방법은 국가별 수질기준 값과 국내 물관련 수질기준 값 등을 고려하여 방안을 도출해 보았다. 비교 분석한 결과 현재 설정되어 있는 국가기준보다 이미 강화가 되어 있거나 하천 수질기준보다 강화된 먹는물 수질기준값과 동일하여 현재 기준값을 그대로 적용할 수 있는 항목은 비소(As)를 포함하여 16개 항목이었고 강화할 수 있는 값은 4개 항목이었다.

강화할 수 있는 항목들은 외국의 하천수질환경기준에 포함되어 운영되고 있는 항목으로 제주도 하천수질기준에 포함시키도 큰 무리가 없는 항목들이며 그 4개 항목은 카드뮴(Cd), 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄 그리고 테트라클로로에틸렌(PCE) 항목이다. 이 항목들은 일본의 하천 수질환경기준에 포함되어 있는 항목이며 하천 현장 조사된 값보다는 높은 수치이나 우리나라 국가 기준보다는 강화된 값이다.

카드뮴은 국가환경기준이 0.05 mg/L 이하이고 제주 지역환경기준이 0.005 mg/L 이하로 이미 10배 강화된 항목이다. 그러나 제주도 하천에서 조사된 결과를 보면 전 조사지점에서 검출되지 않았고 배출원이 제주지역에는 존재하지 않아 강화시키도 무리가 없는 항목으로 일본 하천수질기준에는 0.003 mg/L이하로 설정되어 있다. 그러므로 제주지역하천수질기준에 0.003 mg/L를 적용해도 큰 무리는 없을 것으로 사료된다.

사염화탄소는 국가환경기준이 0.004 mg/L 이하이고 제주지역환경기준도 동일하게 설정된 항목이다. 제주도 하천에서 사염화탄소의 조사된 결과를 보면 전 조사지점에서 검출되지 않는 특성을 보였고 우리나라 주변국인 일본 하천수질기준에 0.002 mg/L 이하로 강화되어 설정되어 있는 항목이다. 따라서 제주지역의 하천수질기준에

사염화탄소의 기준을 0.002 mg/L 이하로 적용해도 큰 무리는 없을 것으로 사료된다.

1,2-디클로로에탄은 국가환경기준이 0.03 mg/L 이하이고 제주지역환경기준도 동일하게 설정된 항목이다. 제주도 하천에서 조사된 결과를 보면 전 조사지점에서 검출되지 않는 특성을 보였고 우리나라 주변국인 일본 하천수질기준에 0.004 mg/L 이하로 7.5배 강화되어 적용하고 있는 항목이다. 따라서 제주지역의 하천 수질 현황을 비교해 봐도 기준값을 0.004 mg/L 이하로 적용해도 큰 무리는 없을 것으로 사료된다.

테트라클로로에틸렌(PCE)은 합성화학물질로 자연계에서는 존재하지 않는 물질로 금속세정제, 드라이클리닝 그리고 공장 등에 의해 발생할 수 있는 항목으로 국가환

경기준과 제주지역환경기준이 0.04 mg/L로 동일하게 설정된 항목이다. 제주도 하천에서 조사된 결과를 보면 전 조사지점에서 검출되지 않는 특성을 보였고 일본 하천수질기준에 0.01 mg/L 이하로 4배 강화되어 적용하고 있는 항목이다. 따라서 제주지역의 하천 수질 현황을 비교해 봐도 기준값을 0.01 mg/L 이하로 적용해도 큰 무리는 없을 것으로 사료된다.

3) 사람의 건강보호기준 중 수질항목 추가

수질 기준 항목을 추가하는 것은 하천수질기준과 하천의 이수목적에 적합한 기준 간에 매우 밀접한 관계가 있으므로 항목 및 기준을 충분히 검토하여야 한다. 즉 빗물이나 지하수가 유출되어 하천수를 이루며 폐수나 방류

Table 9. Proposed Jeju River Local Environment Standards(Human Health Protection)

Item	Present Value(mg/L)	Nation STD	Observed Value	Proposed Value	Reference
Cd	0.005 ≥	0.05 ≥	ND	0.003 ≥	Japan Value.
As	0.005 ≥	0.05 ≥	ND	0.005 ≥	Present
CN	Not Detected (Detection Limit 0.01)		ND	Not Detected	Present
Hg	Not Detected (Detection Limit 0.001)		ND	Not Detected	Present
Org. P	Not Detected (Detection Limit 0.0005)		ND	Not Detected	Present
PCB	Not Detected (Detection Limit 0.0005)		ND	Not Detected	Present
Pb	0.04 ≥	0.05 ≥	ND	0.04 ≥	Present
Cr ⁶⁺	0.01 ≥	0.05 ≥	ND	0.01 ≥	Present
ABS	0.2 ≥	0.5 ≥	ND	0.2 ≥	Present
Carbon tetrachloride	0.004 ≥	0.004 ≥	ND	0.002 ≥	Japan Value
1,2-dichloroethene	0.03 ≥	0.03 ≥	ND	0.004 ≥	Japan Value
Tetrachloroethylene(PCE)	0.04 ≥	0.04 ≥	ND	0.01 ≥	Japan Value
Dichloromethane	0.02 ≥	0.02 ≥	ND	0.02 ≥	Present
Benzene	0.01 ≥	0.01 ≥	ND	0.01 ≥	Present
Chloroform	0.08 ≥	0.08 ≥	0.003 ~0.017	0.08 ≥	Present, Drinking Water
Di-(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	0.008 ≥	0.008 ≥	ND	0.008 ≥	Present
Antimon	0.02 ≥	0.02 ≥	ND	0.02 ≥	Present
1,4-dioxane	0.05 ≥	0.05 ≥	ND	0.05 ≥	Present, Drinking Water
Formaldehyde	0.5 ≥	0.5 ≥	ND	0.5 ≥	Present
Hexachlorobenzene	0.00004 ≥	0.00004 ≥	ND	0.00004 ≥	Present

수 등이 하천 수질을 악화시키기 때문에 다른 물관련 규제기준과 용도별 기준 그리고 제도기준 등을 고려하여 하천환경기준을 설정해야 한다. 또한 일반적으로 알려진 유해 물질이라 하여도 분석할 수 있는 장비나 분석시험 방법 등이 정해지지 않은 상황에서 수질기준 항목을 추가하기는 곤란하다. 그러므로 본 연구에서 사람의 건강 보호 기준 항목을 추가하는 방안을 도출하는 조건으로 이미 다른 나라 하천수질기준에 포함되어 적용하고 있거나 우리나라 하천기준에는 포함되지 않은 항목을 중심으로 추가항목을 고려하였고 국내 물관련 수질기준에 포함되어 있어 수질분석 등이 가능한 항목을 추가항목으로 고려하였다.

사람의 건강보호기준 중 수질항목을 추가한 것은 Table 10에 나타내었다. 추가항목들을 고려해본 결과, 불소(F), 셀레늄, 페놀 그리고 톨루엔으로 총 4개 항목이 추가할 수 있었다.

불소는 1.5 mg/L 이하로 추가하였는데 제주하천에서 조사된 결과로는 검출되지 않는 항목이다. 불소(F)는 시각에 평균 0.3 g/kg 정도 존재하며 널리 분포하고 있는 물질로 자연수에는 대부분 함유되어 있으며 살충제나 살서제로 이용하기도 하지만 치아보호를 위하여 사용되기

도 하는 금속이다. 그리고 이 항목은 일본 하천수질기준에는 0.8 mg/L 이하로 정해져 있으며 프랑스, 스위스, EU, 말레이시아 등 국가에서 하천수질기준항목으로 포함된 항목으로 우리나라 먹는물 기준에는 1.5 mg/L 이하로 정해서 일본하천수질기준보다는 높은 값이 정해져 있다.

셀레늄(Se)은 0.01 mg/L 이하로 추가하였는데 자연수 중의 셀레늄은 보통 아세렌산염이나 셀레늄산염으로 존재하지만 그 농도는 대부분 10 µg/L 보다 낮은 농도를 갖고 있으며 독성으로는 정련이나 사용공장에서 셀레늄이 피부에 접촉하여 홍반 또는 수포를 동반한 화상, 피부염을 일으키며 눈에는 안검부종과 결막염 등의 장애를 일으키는 물질이다. 그리고 이 항목은 일본 하천수질기준에 0.01 mg/L 이하로 정해져 있으며 미국과 프랑스 등 국가에서 하천수질기준항목으로 포함된 값으로 기준값은 비슷하며 우리나라 먹는물 기준에는 동일하게 0.01 mg/L 이하로 정해져 있는 항목이다.

페놀은 0.01 mg/L 이하로 추가하였는데 제주하천에서 조사된 결과로는 검출되지 않는 항목으로 먹는물 수질기준에는 0.005 mg/L로 설정되어 있는 항목이다. 이 항목은 우리나라 낙동강에서 수질오염을 일으킨 건강상

Table 10. Proposed Jeju River Local Environment Standards(Human Health Protection) - Add Items

Item	Value(mg/L)	Remark	Item	Value (mg/L)	Remark
Cd	0.005 ≥	-	Dichloromethane	0.02 ≥	-
As	0.005 ≥	0.05 ≥(Nation)	Benzene	0.01 ≥	-
CN	N.D.(D.L.0.01)	-	Chloroform	0.08 ≥	-
Hg	N.D.(D.L.0.001)	-	Di-(2-ethylhexyl) phthalate(DEHP)	0.008 ≥	-
Org. P	N.D.(D.L.0.0005)	-	Antimon	0.02 ≥	-
PCB	N.D.(D.L.0.0005)	-	1,4-dioxane	0.05 ≥	-
Pb	0.04 ≥	0.05 ≥(Nation)	Formaldehyde	0.5 ≥	-
Cr ⁶⁺	0.01 ≥	0.05 ≥(Nation)	Hexachlorobenzene	0.00004 ≥	-
ABS	0.2 ≥	0.5 ≥(Nation)	Add Item		
Carbon tetrachloride	0.004 ≥	-	Fluorine	1.5 ≥	Drinking Water, Japan
1,2-dichloroethene	0.03 ≥	-	Selenium	0.01 ≥	Drinking Water, Japan, USA, France
Tetrachloroethylene (PCE)	0.04 ≥	-	Phenol	0.01 ≥	Drinking Water, Groundwater, USA, France
			Toluene	1 ≥	Drinking Water, Groundwater

유해영양유기물로 우리나라 먹는물 수질기준과 지하수 수질기준 등에 포함되어 있는 물질로 주로 소독제, 방부제로서 사용되며 의약품, 농약, 합성섬유, 합성수지, 폭약 및 염료 등의 제조 원료로 많이 이용되고 있으며 독성으로는 피부, 점막 등의 조직을 부식시키는 작용과 중추신경계에 독성이 있으며 다량 내복하면 소화관의 염증, 구토 그리고 경련 등을 유발시키는 물질이다. 그리고 미국과 프랑스에서 하천수질기준항목으로 포함된 항목으로 프랑스의 경우는 등급별로 구분하여 정해 놓고 있다.

톨루엔은 1 mg/L 이하로 추가하였는데 제주하천에서는 검출되지 않는 항목으로 먹는물 수질기준에는 0.7 mg/L로 설정되어 있는 항목이다. 이 물질은 무색액체, 방향성 물질이며 톨루올, 메틸벤젠, 메틸벤졸, 페닐메탄, 메타사이드로 다양하게 불리는데 석유성분으로 자연에 존재하는 물질로 공업적으로 다량 생산되며 기술된 정제나 다른 조작에서도 간접적으로 생산된다. 그리고 이 항목은 건강상 유해 영향 유기물질로 우리나라 먹는물 수질기준과 지하수 수질기준에 포함되어 있는 항목이다.

4. 결론

본 연구는 제주도 하천에 적용가능한 지역환경기준을 설정하기 위하여 국내외의 하천수질환경기준 및 타 지역의 하천수질환경기준을 비교 검토하고 제주지역의 하천수질을 조사하여 제주지역에 적합한 하천수질환경기준을 제시하고 제주특별자치도의 하천환경관리 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하기 위한 연구로써 조사한 결과는 다음과 같다.

우리나라 수질환경기준은 환경보전법시행규칙으로 1978년 7월 1일부터 보건사회부령 제 602호로 제정되어 시행되기 시작하여 2012년 11월 27일 개정된 것을 마지막으로 총 9번 개정되어 시행되었다. 지역환경기준 중 지역 하천수질환경을 설정하여 적용하는 곳은 제주특별자치도와 대전광역시이며 나머지 지자체는 국가 하천수질환경기준을 그대로 적용하여 운영되고 있다.

하천의 수질조사는 문헌조사와 현장조사를 통하여 조사하였으며 국가 하천환경 수질기준에 제시되어 있는 총 29개 항목 외에 물 관련 수질기준에 포함되어 있는 33개 수질항목을 추가로 선정하여 분석을 실시하였다. 분석결

과를 보면 제주도 전 조사하천이 사람의 건강보호기준을 초과하는 하천은 없었으나 생활환경 기준의 경우 대부분의 하천이 매우 좋음과 좋음에 해당되었으나 일부 하천에서 일부 항목이 약간 좋음에 해당되는 II등급에 해당되는 수질을 보였다.

하천 지역환경기준은 국가 하천수질기준의 범위를 크게 벗어나지 않는 범위에서 설정하였으며 생활환경기준과 사람의 건강보호에 관련된 기준으로 나누어 제시하였다. 생활환경기준의 경우는 국가환경기준을 그대로 따르는 방안이 도출되었다. 그리고 사람의 건강보호기준은 크게 두 가지로 나누어 설정하였는데 기준값을 강화하는 방안으로 카드뮴(Cd), 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄 그리고 테트라클로로에틸렌(PCE)을 포함한 4개 항목이 설정되었고 항목을 추가하는 방안으로 그 항목은 불소(F), 셀레늄, 페놀 그리고 톨루엔으로 총 4개 항목이 도출되었다.

이상의 결과는 기존의 하천환경기준과 조사된 제주지역의 우수하천의 수질특성을 기초하여 설정한 기준으로 건천을 제외한 우수하천의 우수구간에 대해서 현 단계에서는 무리 없이 적용 가능한 기준으로 사료되기는 하나 제주지역의 전 하천에 대하여 하천 지역환경기준을 적용하기 위해서는 제주지역 하천과 주변 유역환경 그리고 수원이 되는 지하수와 연계하여 장기적으로 축적된 모니터링 자료와 연구 자료를 통하여 수질기준을 설정하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 또한 현재 운영하고 있는 제주지역의 하천 지역환경기준 역시 우수하천의 우수구간에만 적용하고 있는 실정으로 전 하천에 하천기준을 적용하기 위해서는 각 하천별 수원에 대한 수리수문학적 연구를 통하여 우수구간과 수원의 특성을 고려하여 하천수질기준을 적용하는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

“이 논문은 2014학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음”

REFERENCE

Cho, E. I., Hu, C. G., 2014, A case study on the application of 'conservation first development later' principle for

- the development projects in Jeju area(in Korean), Journal of Environmental Science International, 23(1), 113-128.
- Cho, E. R., 2003, The law of environment(in Korean), Sejong Publishing Company, 147-148.
- Daejeon Metropolitan City, 2014, <http://daejeon.go.kr>.
- Han, D. H., Choi, J. Y., 2009, A study on the water quality standards for the integrated management of water environment(in Korean), Korea Environment Institute, 978-89-8464-379-6, 140 .
- Hawaii State Department of Health, 2014, 2014 State of Hawaii water quality monitoring and assessment report, Integrated Report to the U.S. Environmental Protection Agency and the U.S. Congress, 97-117.
- Jeju-Do, 1997, Establishment of environmental index(in Korean), Jeju-Do, 980.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2010, 2010 White paper of environment(in Korean), 495.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2014, <http://www.jeju.go.kr>.
- Jeju Provincial Research Institute of Health & Environment, 2014, <http://www.hei.jeju.go.kr>.
- Korea Environment Institute, 2008, For water use of water quality assessment and establishment of environmental standard(in Korean), Korea Environment Institute, 256.
- Korea Ministry of Government Legislation, 2014, <http://www.law.go.kr>.
- Liou, S. M., Lo, S. L., Wang, S. H., 2004, A generalized water quality index for Taiwan. J. Environmental Monitoring and Assessment, 96, 35-52.
- National Institute of Environmental Research, 2000, Study on the water quality standard and criteria for the policy-marker, National Institute of Environmental Research, 11-1480083-000008-01, 185.
- National Institute of Environmental Research, 2008, Assessments of the water quality goals and review of the water quality standards(in Korean), 224.
- Song, M. Y., 1999, Establishment of water quality local environmental standards in Gyeonggi-Do(in Korean), Gyeonggi Research Institute, 168.
- Yoo, Y. B., Cheon, S. U., Lee, J. A., 2007, Review of water quality standard application in Geum river(in Korean), Korean society on water environment, 977-985.