

특별기고

특정수질유해물질 구리(Cu)의 수계에서의 현황 및 관리방향

김영철[†]

한서대학교 환경공학과

Status of the Copper as a Priority Water Pollutant and Management in Korea

Youngchul Kim[†]

Department of Environmental Engineering, Hanseo University

Abstract

This paper is dealing with recent hot issues related with copper toxicity and its criteria, which was caused by a new government policy relocating some industries discharging priority-water quality pollutants from the watershed of Han River to other regions. Author is not interested in arguments between two sides of anti- and pro-policy but would like to go over status of copper pollution and its management and regulatory policy in Korea. From the data of published Research Journals and Reports, it can be concluded that copper is very common metal not only in the effluent from publically owned wastewater treatment plants, but also as a non-point source pollutant in the rainfall runoff. In addition, there have been very few studies about heavy metal discharge and their behaviors in natural environment. Furthermore, these studies were carried out mostly by personal interests, not by National Fund Basis. In order to enforce a new regulation, national-wide macro and micro-mass balance work of heavy metals should be performed in advance. In particular, background concentration and measurement errors have to be clearly defined before a new standard or criteria is established. The new standard has to be acceptable in terms of the best available technology and cost.

keywords : Copper, Criteria, Heavy-metals, Priority-water quality pollutants, Standards

1. 서론

구리자체의 용도는 전선, 파이프, 밸브, 이음매, 동전, 식기, 건축자재, 무기, 합금, 피복제 등에 널리 사용되고 있으며 주철관이나 철관에 비해 내식성, 내산성이 강하기 때문에 가정용 수도배관으로 널리 사용되고 있다. 구리화합물은 약취제, 살균제, 살조제, 살충제, 탈취제, 도금제, 염료, 인쇄, 비료 첨가제, 식품 첨가제 등으로 사용되고 있다.

구리는 청동기 시대부터 우리 생활과 밀접한 관계를 가지고 있으며 우리나라에서는 예로부터 유기그릇이 식생활에 쓰였으며 최근에는 고기 굽는 황동불판 등 일상생활에서 그 용도가 커지고 있다. 구리는 인체에 필요한 필수원소로 혈액소 형성, 탄수화물 대사에 주요한 작용을 수행하며 만약 이러한 성분이 모자랄 때는 빈혈, 백혈구 감소증, 골다공증을 일으키는 것으로 알려져 있다.

그러나 수계의 새우류, 패류 등에 치명적인 독성을 나타내게 되는데 그 이유는 무척추 동물에게는 독성물질을 분해시켜 줄 수 있는 간이 없기 때문이다. 문헌에 따르면 구리의 반치사농도 LC50은 생물체에 따라서 5 ug/L에서 100,000 ug/L에 달한다(USEPA, 1985; Hodson et al., 1979).

이온상태로 존재하는 구리는 염화물, 질산화물, 황산화물의 용해성 상태로 존재하거나 산화물, 수산화물, 탄산화물, 황화물의 불용성 상태로 존재한다. 구리는 산화상태에 따라 Cu(0), Cu(I), Cu(II), Cu(III)의 4가지 형태로 존재가능하나 주로 Cu(I)나 Cu(II)가 주종을 이룬다. 지각에서 구리는 금속형태보다는 황동석(CuFeS2)과 공작석(CuCO3-Cu(OH)2) 등의 화합물로 존재한다. 구리 염은 물에서 중간정도의 용해도를 보이거나 알칼리성보다는 중성이거나 산성에서 더 잘 녹는다. 구리 화합물은 pH 7이하일 때에는 거의 대부분 이온상태로 존재하나 pH 8이상일 때에는 Cu2O, CuO, Cu(OH)2의 비용해성 구리화합물의 형태로 존재한다. 다행스러운 것은 대부분의 구리 및 그 화합물은 고형물질에 결합되어 존재하므로 이동성이 낮고 휘발성을 나타내지 않는다는 점이다.

최근 우리나라에서 하이닉스 반도체 증설공장 이전문제로 구리에 대한 관심이 고조되고 있다. 이 문제는 구리의 유해성, 현행법상 구리규제, 사회 정치 경제적 상황 등이 맞물려 복잡하고 치열하게 전개되고 있다. 본고에서는 배출 경로에 따른 구리의 우리나라 배출현황을 살펴보고 관리현황에 대하여 검토하였다.

2. 구리배출 현황

2.1. 대기로부터 구리 침적

[†] To whom correspondence should be addressed. ykim@hanseo.ac.kr

사람의 활동으로 인해 대기 중의 입자상 에어로졸은 상당한 양의 황산화물, 중금속, 농약류와 기타 독성물질을 함유하고 있다. 이와 같은 물질은 빗물과 함께 습식침적이나 건식침적 경로를 통하여 지표면으로 떨어져 수계에 유입된다.

대기 중으로부터 유입되는 오염물질이 하천이나 호수 오염문제를 일으키는 것으로 보고되고 있지만 정량적 접근이 고려대상에서 제외되어 왔다. Table 1에는 캐나다 온타리오 지방에서 조사된 납, 카드뮴, 구리, 아연의 침적율을 보여 주고 있다.

Table 1. Deposition rate of heavy metals in urban area (Ontario, Canada)

Heavy metals	Wet deposition rate (kg/ha-yr)
Lead	0.001
Cadmium	0.0003
Copper	0.002
Zinc	0.004

Source: Ng (1987)

이와 같은 중금속은 자연발생이 아닌 인위적인 활동에 의해 발생하는 중금속이다. 미국에서 수행된 연구결과에 따르면 대기로부터의 침적은 구리, 납, 카드뮴의 중요한 발생원으로 보고하고 있다.

국내에서는 이 등(2000)에 의해 서울지역에서 사계절동안 구리의 건식 침적율을 조사한 결과 47.4~201.7 ug/m²-일로 보고하고 있다. 울산지역에서 수행된 대기 중의 중금속 분포 연구결과(최 등, 2006)에 따르면 구리의 경우 0.1~0.2 ug/m³ 수준으로 분포하는 것으로 조사되었으며 구리는 배출원 기원 중금속 중 AI를 제외하고 가장 높은 농도로 분포하였다.

빗물 중의 중금속 농도와 건식침적속도는 지역의 토지이용과 밀접한 관련이 있다. 문헌검색 결과 국내에서 구리의 습식침적에 대한 연구는 한번도 수행된 적이 없었다. 2000년에 인도에서 수행된 연구결과에 따르면 빗물에 함유된 구리농도는 2~83 ug/L 이었다고 한다(Manoj et al., 2000).

2.2. 국내 하수처리장 방류수의 구리분포

우리나라 하수처리장 방류수의 년 중 구리분포를 조사한 결과(김 등, 2005b)는 Table 4와 같다. 조사대상 하수처리장은 9개 하수처리장으로 처리용량 등 시설에 관한 정보는 Table 2와 같으며 모니터링 빈도는 Table 3과 같다.

조사결과 방류수에 포함된 구리농도는 모니터링 대상 하수처리장에 따라 다르지만 최소 310 ug/L, 최대 2,640 ug/L, 평균 1,230 ug/L로 조사되었으며 분석된 중금속 항목 중 AI과 Zn 다음으로 많은 양을 함유하고 있는 중금속이었다.

Table 2. Municipal wastewater treatment plants used in this study

Capacity (m ³ /d)			Flow rate control	Nutrient removal	Night -soil	Livestock waste	Landfill lechate	Sludge from Water plant	Disinfection
10,000 ~20,000	20,000 ~50,000	More than 100,000							
4	2	3	1	1	7	2	7	1	1

Table 3. Frequency of sample analysis

Plant	Frequency	Total samples
Intensively examined	2 samples/week	116 samples/yr
General	1 sample/two weeks	25 samples/yr

Table 4. Results of the Cu conc. in the effluent from municipal WWTPs

Item	Minimum(ug/L)	Maximum(ug/L)	Mean(ug/L)	Stdev.	COV
Cu	310	2,640	1,230	610	0.49

Source: Kim et al. (2005b)

2.3. 비점원 오염물질 형태로 배출되는 구리농도

Table 5에는 미국의 NURP 도시강우 유출수 시료에서 가장 빈번하게 검출되는 특정유해물질 중금속을 제시하고 있다. 전체시료 중에 검출빈도 측면에서 구리는 납과 아연 다음으로 높은 91%의 시료에서 검출되었다고 한다. 구리는 크롬, 비소, 카드뮴 등 독성을 띠는 중금속에 비하면 흔하게 강우 유출수에서 검출되는 중금속 중 하나임을 알 수 있다.

Table 5. Most frequently detected toxic (priority pollutants) in NURP urban runoff samples

Detection rate	Priority pollutants
Detected in 75% or more of NURP runoff samples	Lead (94%) Zinc (94%) Copper (91%)
Detected in 74~50% of NURP runoff samples	Chrome (58%) Arsenic (52%)
Detected in 20~49% of NURP runoff samples	Cadmium (48%) Nickel (43%) Cyanides (23%)
Detected in 10~19% of NURP runoff samples	Antimony (13%) Beryllium (12%) Selenium (11%)

Source: U.S. EPA (1983)

2.2.1. 주차장

Table 6에는 충남일원의 주차장에서 이 등(2005)에 의해 수행된 강우유출수내 구리의 유량가중평균농도 EMC 값을 제시하였다. 강우사상에 따라 큰 차이를 보이고 있지만 결합상태의 EMC가 50~120 ug/L, 이동성 구리의 EMC가 34~70 ug/L 수준으로 배출되었다.

자동차가 배출하는 분진의 12%가 납, 19%가 아연, 그리고 구리가 약 1.2%를 차지하는 것으로 알려져 있다(Shaheen, 1975). 자동차 브레이크 마모가 구리의 가장 큰 발생원으로 보고되고 있으며 다음으로 타이어 마모와 오일 누출로 보고되고 있다.

Table 6. Discharge of the copper from parking lot runoff samples (Cu EMC)

Cu EMC (ug/L)	'04.5.28	'04.6.17	'04.7.3	'04.7.11	'04.8.16	'04.8.22	'04.9.11
Dissolved	40.1	49.0	38.2	40.2	47.1	70.0	34.0
Total	104.2	83.3	56.3	54.9	79.6	121.6	75.2

Source: Kim et al. (2005a)

2.2.2. 도로 유출수

강우시 도로유출수는 기름, 중금속 등 다량의 오염물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있으며 최근 불투수성 지역 강우 유출수 처리에서 가장 앞서 있는 분야이다(최 등, 2004). 이 등(2001)은 도로변 빗물받이 퇴적물질을 채취하여 분석한 결과 Zn, Cu, Pb, Cr 순서로 함량이 매우 높았다고 보고하고 있다.

오 등(2005)은 한강교량에서 강우시 배출되는 오염물질을 분석하였는데 Zn과 Cu의 초기유출이 강하게 발생되었다고 하였다. Table 7은 이 등(2005)이 충북일원의 국도에서 수행한 노면 강우 유출수 연구결과를 요약한 것이다.

2.2.3. 교량 강우 유출수

일반 노면 강우 유출수와는 달리 강우시 하천을 가로지르는 교량으로부터 발생하는 강우 유출수는 하천이나 저수지로 직결되어 배출된다. 따라서 교량 강우 유출수는 인근 수계에 미치는 영향 및 잠재력은 매우 크다.

Table 8에는 김 등(2005a)이 수행한 연구결과를 제시하였다. 자료에 따르면 결합상태의 구리 EMC 값은 75 ~ 225 ug/L, 이동성 구리 EMC는 53 ~ 132 ug/L 수준으로 보고하고 있다.

이 등(2006)이 교량 배수받이 퇴적물질 구리 함유량을 분석한 결과 Cu 농도는 100 ~ 1500 ug/L이었다고 하며 퇴적물질에 함유된 구리농도는 입경에 반비례하는 경향을 보였다고 한다. 봄철 갈수기 소하천의 경우 교량유출수가 하천

수질에 미치는 영향을 보고하고 있다(민 등, 1995).

2.2.4. 공단지역 강우 유출수

공단지역에서의 강우 유출의 경우 산업 활동으로 인한 유해물질의 함유 가능성이 매우 높다. Table 9에는 공단지역에서 배출되는 강우 유출수의 구리 함유량 조사결과를 나타내었다(방 등, 2000).

연구결과에 따르면 구리의 거동은 불규칙하나 입자상 물질과 유사한 거동을 보였다고 한다. 입자상 물질과 용존성 물질 모두 유역면적이 작고 강우강도와 불투수층 면적 비율이 증가할수록 초기유출특성이 강하게 나타나는 경향을 보였다고 한다.

2.2.5. 합류식 하수관 월류수 (CSOs)

CSOs가 방류하천의 수생생태계에 미치는 악 영향에 대해서는 널리 알려져 있다(Martin Seidl et al., 1998). 이러한 악 영향은 대부분 유기물질의 분해에 의해 초래되는 무산소 조건과 높은 암모니아 농도 때문이다(Magaud et al., 1997). 그러나 Chebbo 등(1992)의 연구에 따르면 CSOs에는 상당한 수준의 중금속이 함유되어 있다고 보고하고 있다.

국내에서 CSOs에 함유된 중금속 분포는 1996년 이 등에 의해 수행된 연구결과가 전부이며 Table 10에는 본 연구를 통하여 조사된 구리농도를 나타내었다.

2.2.6. 도시강우 유출수

도시 강우 유출수는 상당히 높은 농도의 중금속을 함유

Table 7. Discharge of the Copper from highway runoff samples

Item	'04.7.7			'04.8.9		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Cu (ug/L)	20	10	40	90	80	120

Source: Lee et al. (2005)

Table 8. Discharge of the Copper from Bridge runoff samples (Cu EMC)

Cu EMC (ug/L)	'04.5.28	'04.6.17	'04.7.3	'04.7.11	'04.8.16	'04.8.22	'04.9.11
Dissolved	69.7	51.6	60.5	74.6	131.9	70.5	53.1
Total	103.8	74.7	90.7	103.5	224.6	88.1	93.6

Source: Kim et al. (2005a)

Table 9. Discharge of the Copper of runoff from industrial complex area (ug/L)

Item/Block	A	B	C	D	E	F	G	H
Mean	50	37	47	14	27	98	37	41
Min	31	10	14	1	1	2	1	0
Max	278	431	97	96	488	842	107	475
Stdev	13	0.032	1	6	49	28	9	27

Source: Bang et al. (2000)

Table 10. Copper concentration in the combined sewer overflows (ug/L)

Copper	'96.6.10	'96.7.23
Mean	32	32
Min	-	15
Max	91	43

Source: Lee et al. (1996)

하고 있다(Förstner et al., 1979). 미국의 Narrangansett Bay 연구에 따르면 도시강우 유출수가 전체 구리 부하량의 5% 정도를 기여하는 것으로 보고하고 있다(Hoffman, 1985).

도시강우 유출수의 중금속 함유농도는 Zn 20~5000 ug/L, Cu와 Pb 5~200 ug/L, Cd <12 ug/L 수준이었다고 한다(Allen et al., 2001). 도시강우 유출수에서 Cu의 주요 배출원은 자동차와 건물지붕과 외벽, 금속자재와 부품 등이다.

2.2.7. 농경지 강우 유출수

국내에서 농경지 강우 유출수에 대한 중금속 분포 연구는 거의 없었다. 농경지로부터 배출되는 구리는 대부분 살충제, 제초제와 비료살포에 기인한다. 일반적으로 구리함유 살충제의 경우 작물의 재배기간 동안 1 ha 당 일주일에 1.7~3.4 kg이 살포되며 그 중 1~2% 정도가 강우유출과 함께 배출되는 것으로 추정하고 있다(Volger, 1997; Wauchope, 1996).

미국에서 토마토 농장에서 살충제 등을 살포한 후 구리의 거동에 관한 연구가 수행되었다(Gallagher et al., 2001). 구리의 물질수지 결과 주입된 구리 중 99%가 토양에 흡착되거나 식물의 세포에 흡수되는 것으로 보고하고 있다. 강우 유출수의 조사결과 유출된 구리 중 74%는 토사와 결합된 상태로 그리고 나머지 18%는 용존상태와 입자형태로 지하로 침투하는 것으로 보고하고 있다(Ribolzi et al., 2002). 그러나 강우 유출수의 총 구리농도는 평균 2,102 ug/L, 용존상태는 평균 189 ug/L로 매우 높은 농도로 유출되었다고 한다.

2.4. 배출시설

산업체 등 배출시설로부터 수계에 배출되는 구리 부하량에 관한 자료는 전무하다. 청정지역에서는 1,000 ug/L, 가/나/특례지역에서는 3,000 ug/L로 배출허용을 규제하고 있다.

2.5. 수계에서의 구리분포

금속염과 이온화 상태의 광물질은 기저유량의 형태로 유출되는 지하수, 즉 수계로 보면 이들은 배경농도(background concentration)가 된다. 수계에서 자연 상태의 구리는 원소상태의 Cu⁰, CuS₂, CuFeS₂와 광산폐수에 함유된 구리 등이다.

미국 EPA에서 규정하고 있는 129개 특정유해물질 중 다음과 같은 구리를 포함한 13개 항목은 자연 상태에서 배경농도로 출현하고 있으며 배경농도는 Table 11에 제시한 것처럼 일반적으로 0.01 mg/L (10 ppb) 이하로 보고 있다.

Table 11. Detected substances in the baseflow (background concentration)

Major constituents (greater than 5 mg/L)	
Bicarbonate	Calcium
Chloride	Magnesium
Sulfate	Silicon
Carbonic acid	Sodium
Minor constituents (between 0.01 mg/L and 1 mg/L)	
Carbonate	Iron
Nitrate	Potassium
Boron	Strontium
Trace elements (less than 0.01 mg/L)	
Aluminium	Nickel
Antimony	Phosphate
Arsenic	Radium
Barium	Radon
Beryllium	Selenium
Cadmium	Silver
Chromium	Thallium
Cobalt	Thorium
Cooper	Uranium
Lead	Vanadium
Manganese	Zinc
Organic compounds (shallow aquifers)	
Humic acids	Tannins
Fulvic acids	Lignins
Carbohydrates	Hydrocarbons
Aminoacids	Total Organic carbon (TOC)
Organic compounds (deep aquifers)	
Acetate	Propionate

우리나라 수계에서 중금속에 관한 신뢰성 있는 조사는 윤 등(1998)에 의한 강릉 남대천 수계의 중금속 분포 및 거동특성 연구를 제외하고는 전무하다. Table 12에는 2007년 3월초에 경기도 보건환경연구원에 의해 조사된 결과를 제시하였다. 자료에 따르면 한탄강과 금강 하류유역에서 5.8~6.1 ppb로 높게 나타났고 수계에 따라서 대체로 0.3 ppb에서 3.5 ppb로 분포하고 있다.

3. 구리의 규제 및 관리현황

3.1. 규제현황

3.1.1. 구리의 먹는 물 기준

우리나라 구리의 먹는 물 기준은 일본, 캐나다, 스웨덴과 동일하게 1,000 ug/L로 설정되어 있다. 미국의 경우는 법적 구속력을 갖지 않는 기준인 최대허용농도 목표치와 냄새의 관에 관한 기준을 가지고 있으며 세계보건기구에서는 우리나라 기준보다 높은 2,000 ug/L로 설정하고 있다.

3.1.2. 수질환경기준

수질환경기준은 수역별 환경기준 적용을 통해 수질환경 행정의 목표가 되며 수질오염에 대한 각종 규제, 행정계획 수립-집행의 근거가 되는 것으로 78년 이후 환경보전법을

Table 12. Cu concentration in the water bodies of Korea

Water body	Sampling site	Cu (ppb)	Comments
South Han River	Yi-Po Bridge	0.6	
Han River	Seoul, Gwangjin	1.2	
Hantan River	Kyunggi Prvince, Yeoncheon County	5.8	
Keum River	Chungnam, Gongju City	6.1	
Keum River	Chungnam, Geumsan County	1.6	
Youngsan River	Gwangju, Donggu	1.9	Dam
Youngsan River	Gwangju, Bukgu	1.5	"
Youngsan River	Dongbok Dam	2.6	
Nakdong River	Kyungbuk, Sangju City	1.1	
Nakdong River	Kyungbuk, Gumi City	0.8	Bank filter
Nakdong River	Kyungnam, Yangsan City	3.5	
Nakdong River	Haepyung Water Intake	1.6	
Namdae River	Water Intake/Esturay	0.3/1.2	

출처: 경기도보전환경연구원 (2007)

Table 13. Drinking water standard of copper (ug/L)

Korea ¹	U.S.A	Sweden	E.U	WHO ²
1,000	1,000(SMCL) 1,300(MCLG)	1,000	-	2,000

1. Japan, Canada, 2. Great Britain, Australia, Hongkong

제정하면서 수질환경기준(국가수질목표)을 확립하였다. 이 때 사람의 건강보호기준과 생활환경기준으로 구분하여 도입하였다.

87년에 수질환경적용대상을 하천과 호소로 구분하였으며 수질오염항목의 확대 및 등급의 세분화가 이루어졌다. 수질항목은 1978년 8개 항목, 1991년 ABS가 추가되어 9개 항목, 그리고 2007년 신규로 6개 항목이 2009년까지는 2개 항목이 추가되어 17개 항목에 이를 전망이다.

그러나 사람의 건강보호를 위한 17개 항목 중 구리가 빠진 것을 보면 육상수계에서 검출되는 구리는 사람의 건강보호와는 무관한 항목으로 판단된다. 환경부는 “수질환경기준”을 생태적 건강성 평가를 반영하는 “수질 및 수생생태기준”으로 바꾸고 생태계 건전성을 평가하기 위한 물 등급

별 지표 생물종을 도입해 물 환경에 대한 생물학적 평가를 추가할 계획이다.

3.1.3. 각국의 구리 수질환경기준

전술하였듯이 우리나라의 경우 하천이나 호소에 대한 수질환경기준은 없으나 해역의 경우 20 ug/L로 설정하고 있다. 미국의 경우 수생생물 보호를 위하여 하천과 호소에서 급성과 만성으로 구분하여 각각 13 ug/L와 9 ug/L로 설정하고 있으며 일본의 경우 감시항목으로 옥시동(oxine copper)을 지정하고 있다.

3.1.4. 배출허용기준

산업체로부터의 배출허용기준은 우리나라에서 청정지역에서는 1,000 ug/L, 가나 지역과 특례지역에서는 3,000 ug/L로 규제하고 있다. 미국의 경우 업종별로 배출허용기준을 설정하여 규제하고 있다. 일본의 경우 산업폐수 배출허용기준 중 생활환경 항목으로 3,000 ug/L로 허용농도를 규제하고 있다. 그러나 지자체들이 각자의 기준을 가지고 있는

Table 14. Water environment standards

Stream	Lake	Sea
<ul style="list-style-type: none"> ○ Water usage 1~5 Class pH, BOD, COD, SS, DO EC(including FC) ○ Human health protection : 17 parameters (Cu and its compounds is not designated) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Water usage 1~5 Class pH, BOD, COD, SS, DO TN/TP, EC(including FC) ○ Human health protection : 17 parameters (Cu and its compounds is not designated) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Human health protection : 17 parameters (Cu and its compounds is designated as 20 ug/L)

Table 15. Water environment standard of copper in other countries (ug/L)

Korea	U.S.A	Japan	EU
20 (Sea)	Aquatic life Protection (freshwater) Acute 13 Chronic 9	Monitoring (Oxine Copper) 40	20 ~ 1,000

Table 16. The discharge permit of copper in other countries (ug/L)

Korea	USA	Japan	EU
1,000 (청정지역) 3000 (가/나/특례지역)	업종별 배출허용기준	3,000 (생활환경)	목록 I : 공통배출허용기준 목록 II : 각국에서 배출허용기준 설정관리

경우도 있으며 동경도의 경우 일반항목으로 3,000 ug/L로 관리하고 있으며 가나자와 현과 시가현 등은 1,000 ug/L를 허용한도로 규정하고 있다. 유럽연합에서는 배출허용기준항목 152개 항목 중 구리는 포함되어 있지 않다.

3.1.5. 특정수질유해물질

수질환경보전법 제2조 8호에서는 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 줄 우려가 있는 19개 항목의 오염물질을 “특정수질유해물질”로 규정하고 있다(Table 17). 수질환경보전법 제33조 제6항 및 동법 시행령 제9조에 의해 “특정수질유해물질을 배출하는 사업자는 상수원 보호구역 및 그 상류지역(15 km), 특별대책지역 유역에 해당물질을 배출하는 업체는 시설의 설치허가를 제한 할 수 있다”고 되어 있다.

Table 17. Priority water quality pollutants

Priority water quality pollutants (19 water quality parameters)	
1. Copper/compounds	12. PCBs
2. Lead/compounds	13. Celenium/compounds
3. Arsenic/compounds	14. Benzene
4. Mercury/compounds	15. Carbon tetrachloride
5. Cyanides	16. Dichloromethane
6. Organic P/compounds	17. 1, 1-Dishloroethylene
7. Cr ⁶⁺ /compounds	18. 1, 2-Dichloroethane(newly added in 2006)
8. Cadmium/compounds	19. Chloroform(newly added in 2006)
9. Tetrachloroethylene	
10. Trichloroethylene	
11. Phenols	

또한 환경부에서 고시한 “팔당호, 대청호 수질보전 특별지역 지정 및 종합대책”에서는 배출기준과 관계없이 미량의 구리가(특정수질유해물질) 배출되더라도 특별대책지역에서는 입지를 불허하고 있으며 환경정책기본법 제22조 제2항에서는 환경부 장관은 특별대책지역내의 환경개선을 위하여 필요한 경우에 한하여 대통령령이 정하는 바에 의하여 그 지역 내의 토지이용과 시설설치를 제한할 수 있다. 이와 같은 규정은 사실상 환경사고 가능성을 근본적으로 차단하고자 하는 사전입지 제한 규정이다. 그러나 폐수 무방류 배출시설로 할 경우 특정수질유해물질 중 구리 및 그 화합물, 디클로로메탄, 1,1-디클로로에틸렌이 제외된다.

3.2. 구리와 관련된 최근 논란

3.2.1. 구리가 특정수질유해물질 항목

구리 및 그 화합물이 특정수질유해물질에 포함되는 것이 과학적으로 타당한가하는 것이 최근 하이닉스 반도체 공장 과 관련된 논란의 초점이다. 물론 이것은 현행 수질환경보전법의 타당성과 밀접한 관련이 있으며 해석과도 관련이 있다.

구리 및 그 화합물이 사람의 건강에 별 다른 영향을 미치는 않는다는 사실은 먹는 물 기준에서 규제하고 있는 농도와 수질환경기준에서 구리가 제외된 것을 보면 이점에 있어서 논란의 여지가 없는 것 같다. 이것은 Table 18을

Table 18. Priority water quality pollutants and human health protection parameters

Priority water quality pollutants	Human health protection parameters
1. Copper/compounds	
2. Lead/compounds	1. Lead/compounds
3. Arsenic/compounds	2. Arsenic/compounds
4. Mercury/compounds	3. Mercury/compounds
5. Cyanides	4. Cyanides
6. Organic P/compounds	5. Organic P/compounds
7. Cr ⁶⁺ /compounds	6. Cr ⁶⁺ /compounds
8. Cadmium/compounds	7. Cadmium/compounds
9. Tetrachloroethylene	8. Tetrachloroethylene
10. Trichloroethylene	
11. Phenols	
12. PCBs	9. PCBs
13. Celenium/compounds	
14. Benzene	10. Benzene
15. Carbon Tetrachloride	11. Carbon Tetrachloride
16. Dichloromethane	12. Dichloromethane
17. 1, 1-Dishloroethylene	
18. 1, 2-Dichloroethane	13. 1, 2-Dichloroethane
19. Chloroform	14. Chloroform
	15. ABS
	16. DHP
	17. Antimony

보면 장래 2009년까지 환경부에서 연차적으로 추가할 사람의 건강보호 항목에 구리가 포함되어 있지 않은 것을 보면 확실하다.

특정수질유해물질에 관한 규정의 제정 취지는 “사람의 건강이나 동식물의 생육에 직접간접으로 위해를 줄 우려가 있는 물질”을 관리하기 위함이다. 여기서 “사람의 건강과 생물체의 생육을 동일한 잣대”로 규정하고 있다.

만약에 사람에게는 이롭고 또는 별 다른 해가 없고 생물체에게는 유해한 (또는 반대로) 그러한 물질이 특정수질유해물질 목록에 올라 있다면 법의 적용과 해석에 논란이 생길 것이며 구리가 바로 이와 같은 논란의 중심에 서있게 된 원인이 된 것 같다.

장기적으로 정부당국에서는 이러한 논란을 미연에 방지하기 위해서는 하천, 호소 수질환경기준에 사람의 건강보호를 위한 항목과 수생 생태계 보전을 위한 항목으로 구분하여 기준을 명시할 필요가 있다.

수질환경보전법 제33조 제5항의 팔당 상수원 보호를 위한 “특별대책지역의 특정수질유해물질 배출업소 입지제한”의 목적은 사람의 건강에 유해한 영향을 미치는 물질을 제한하자는 것으로 해석된다.

3.2.2. 구리의 수생생태계에 미치는 유해성

구리 자체보다는 그 화합물인 구리비소화합물과 구리염화물이 생태계에 미치는 유해성이 더 크다. 구리비소화합물은 비소가 특정수질유해물질로 규제되고 있어(Table 18) 구리자체가 제외된다고 해도 관리가 가능할 것이다. 물론 구

리화합물의 유해성과 물리, 화학적 특성으로 인해 이것을 특정유해물질로 규정하는 것에 대해 회의적인 시각도 많이 있다.

수생 생태계보호를 위한 구리의 한계농도를 바라보는 시각도 정부와 이해 당사자사이에 큰 차이를 보이고 있다. 국내에는 아직 이와 같은 농도에 관한 기준이 없으나 환경부에서는 미국에서 수생생태계를 보호하기위해서 설정한 농도(5.6 ppb, 물의 경도가 100 mg/L 이상일 때에는 22 ppb)를 가지고 관리를 해야 한다는 입장이다.

4. 결론

본 원고를 준비하면서 저자는 우리나라에서 구리 뿐 만 아니라 일반 중금속의 배출 및 거동, 수계에서의 현황 등에 대한 조사가 빈약하다는 것을 알았다. 자료가 있었다고 해도 대부분이 연구자 개인적인 차원에서 이루어졌거나 일회성조사로 국가차원의 공식적인 조사 자료는 거의 찾아볼 수 없었다.

구리는 점, 비점오염원 배출수에 함유된 흔한 중금속 중 하나이다. 장래에 하천이나 호소의 수질기준에 관한 규정을 개정할 때 정확한 현실을 파악하는 것이 중요하다. 특히 중금속인 경우 인위적 활동 없이 자연적으로 발생하는 배경농도와 측정오차(장비기인오차+측정자 오차)를 평가하여 기준에 반영해야 하며 사용량과 배출량, 환경에서의 반응을 고려하여 국가차원의 거시적인 중금속 물질수지를 세운 후 기술적, 경제적으로 달성 가능한 규정을 만들어야 한다. 규제항목의 추가가 반드시 선진국 수준의 수질을 보장하는 것은 분명히 아닐 것이다. 수질환경보전법 “특정수질유해물질” 19개 항목 중 구리를 포함한 일부 항목에 대해서는 재검토가 필요하다.

참고문헌

경기도보존환경연구원, 팔당상수원 규제개선방안에 대한 수질분야 최종추진현황 보고서 (2007).

김영철, 강민기, 안익성, 우리나라 하수 처리장 방류수의 수질현황 및 특성, *한국물환경학회지*, **21**(2), pp. 158-168 (2005a).

김이형, 이선하, 주차장 및 교량 강우 유출수의 중금속 오염물질 특성과 동적 EMCs, *한국물환경학회지*, **21**(4), pp. 373-379 (2005b).

민경섭, 홍성희, 이명숙, 김용해, 박연준, 김종우, 초기우수에 의한 하천수질변동이 물고기 생존에 미치는 영향, *대한환경공학회 추계학술발표회*, 영남대, K-10-728 (1995).

방기용, 이준호, 최중수, 강우시 산업단지에서의 오염물질 유출특성, *대한환경공학회지*, **22**(2), pp. 341-353 (2000).

오제일, 박상우, 최영화, 도로노면유출수의 비점오염원 배출 특성-중금속 및 병원성 미생물, *대한상하수도학회/한국물환경학회 2005 공동 추계학술발표회* 논문집, 김대중컨벤션센터, pp. 436-441 (2005).

윤이용, 김경태, 강릉 남대천 수계의 중금속 분포 및 거동 특성 연구, *대한환경공학회지*, **20**(8), pp. 1039-1049 (1998).

이승목, 이은형, 정장표, 대기중 중금속 입자의 입경분포 및 건식침적에 특성에 관한 연구, *대한환경공학회지*, **22**(3), pp. 575-585 (2000).

이종각, 방기용, 이준호, 합류식 하수관의 오염물질 유출특성에 관한 연구, *대한환경공학회지*, **18**(10), pp. 1147-1160 (1996).

이준호, 조용진, 방기용, 강우시 도로유출수 수질특성 및 입경분포, *대한환경공학회지*, **27**(7), pp. 777-784 (2005).

이준호, 조용진, 방기용, 교량도로 배수받이 퇴적물질의 입경별 중금속 함량, *대한상하수도학회-한국물환경학회 공동추계학술발표회* 논문집, 대구컨벤션센터, P-69 (2006).

이평구, 김성환, 윤성택, 도로변 우수관 퇴적물의 중금속 오염(I), *한국지하수도양학회지*, **6**(4), pp. 25-40 (2001).

최상용, 고광백, 임세호, 오염기, 도심지역의 도로노면을 지나는 초기우수의 수질특성 규명, *대한상하수도학회-한국물환경학회 2004 공동추계학술발표회* 논문집, 대전, pp. E88-E91 (2004).

최용복, 정종현, 최원준, 전창재, 손병현, 발생원에 근거한 울산지역의 대기오염분포특성 및 발암위해성 평가, *한국환경보전학회지*, **32**(5), pp. 522-531 (2006).

Allen, P. and Davis, Mohammad Shokouhian, Shubei Ni, Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources, *Chemosphere*, **44**, pp. 997-1009 (2001).

Chebbo, G. and Bachoc, A., Characterization of suspended solids in urban wet weather discharges, *Water Science and Technology*, **25**, pp. 171-179 (1992).

Frstner, U. and Wittmann, G. T. W., *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, Springer, Berlin, p. 486 (1979).

Gallagher, D. L., Johnston, K. M. and Dietrich, A. M., Fate and transport of copper-based crop protectants in plasticulture runoff and the impact of sedimentation as a best management, *Water Research*, **35**(12), pp. 2984-2994 (2001).

Hodson, P. V., Borgmann, U. and Shear, H., *Toxicity of Copper to Aquatic Biota*, In Copper in the Environment, Vol. II, J. O. Nriagu, J. Wiley, eds., New York, USA (1979).

Hoffman, E. J., Urban runoff pollutant inputs to Narragansett Bay: Comparison to point sources, in Perspectives on Nonpoint Pollution, Proceedings, National Conference, EPA 440/5-85-001, U.S. EPA, Washington, DC, pp. 159-164 (1985).

Magaud, H., Migeon, B., Morifin, P., Garric, J. and Vindimian, E., Modelling fish mortality due to urban storm runoff: interacting effects of hypoxia and un-ionized ammonia, *Water Research*, **31**, pp. 211-218 (1997).

Manoj, S. V., Mishra, C. D. and M. Sharma, M., Iron, manganese and copper concentrations in wet precipitations and kinetics of the oxidation of SO₂ in rain water at two urban sites, Jaipur and Kota, in Western India, *Atmospheric Environment*, **34**, pp. 4479-4486 (2000).

Martin Seidl, M., Huang, V. and Mouchel, J. M., Toxicity of combined sewer overflows on river phyto-plankton: the role of heavy metals, *Environmental Pollution*, **101**, pp. 107-116 (1998).

Ng, H. Y. F., Rainwater Contribution to the Dissolved Chemistry of Stormwater Runoff, in Urban Storm Water

- Quality, Planning and Management, IAHR-IAWPRC, Switzerland, pp. 21-26 (1987).
- Ribolzi, O. V., Valles, L. and Gomez, M. Voltz, Speciation and origin of particulate copper in runoff water from a Mediterranean vineyard catchment, *Environmental Pollution*, **117**, pp. 261-271 (2002).
- Shaheen, D. G., Contributions of Urban Roadway Usage to Water Pollution, EPA 600/2-75-004, Office of Research and Development, U.S. EPA, Washington, DC (1975).
- U.S. EPA., Results of the Nationwide Urban Runoff Program, Vol. I. Final Report, Water Planning Division, Washington, DC (1983).
- U.S. EPA., Ambient Water Quality Criteria for Copper, Office of Water and Office of Science and Technology, Washington, DC (1985).
- Volger, B. (AgEvo Corporation, Delaware, USA), Presentation to Shellfish and Vegetable Growers Advisory Committee Meeting, Painter, VA., January 6 (1997)
- Wauchope, R. D., Pesticides in runoff: measurement, modeling, and mitigation, *Environ. Sci. Health B*, **31**(3), 327-344 (1996).