

경상북도내 주요 하폐수처리장 방류수의 미량유해물질 배출특성

서상욱 · 배현균^{1)*}

경상북도 보건환경연구원, ¹⁾계명대학교 지구환경학과
(2010년 8월 4일 접수; 2011년 4월 4일 수정; 2011년 4월 22일 채택)

The Discharge Characteristic of Micropollutants in Effluents from Major Sewage and Wastewater Treatment Facilities in GyeongSangBukdo

Sang Wook Seo, Hun-Kyun Bae^{1)*}

GyeongSangBukdo Government Public Institute of Health & Environment, Gyeongbuk 770-805, Korea

¹⁾*Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea*

(Manuscript received 4 August, 2010; revised 4 April, 2011; accepted 22 April, 2011)

Abstract

Water samples from several wastewater treatment plants and two industry drains in Gyeongsangbukdo were investigated for concentration levels of micropollutants. Samples were taken totally four times from May to November of 2008 and tested for seven factors including pesticide, 1,4-Dioxane and Perchlorate which had been big issues for Nakdong river because of their contaminations. As results, 2,4-D, Alachlor, and BEHA were not detected while BEHP was detected at some sampling sites. 1,4-Dioxane and Perchlorate were also detected in wide ranges from several sampling sites. Therefore, continuous supervising and monitoring systems needed to be invested for proper management for micropollutants since those micropollutants could affect human health and aquatic system with low concentration levels.

Key Words : Micropollutant, 1,4-Dioxane, Perchlorate, Wastewater treatment plant

1. 서론

신규오염물질이나 미량유해물질 등과 같은 물질들은 전통적인 정수처리방식으로는 해결이 어려워 정수 과정에서 제거되지 못하는 경우가 있다. 실례로 최근 낙동강에서 발생한 1,4-Dioxane 및 Perchlorate 사태가 있었다. 이러한 미량유해물질들은 미량으로도 인간의 건강 및 수중 생태계에 유해한 영향을 미칠 수 있

으므로 하천으로 유입되면 안정적인 수질의 유지 관리에 많은 어려움이 따른다. 따라서 보건학적인 우려뿐만 아니라 국가 환경정책에 대한 일반인들의 불신을 가져오는 계기가 되고 있다 (유, 2009). 대부분의 하수 및 폐수는 하폐수종말처리장에서 처리된 후 방류되고 있는데 기존의 하폐수처리장은 전통적인 방법에 의존하여 운영되고 있으며 방류수의 일반적인 규제항목의 기준치를 준수하는 범위에서 운영이 되고 있다 (환경관리연구소, 1995). 현 시스템의 문제는 방류수가 규제항목의 기준치를 만족 하더라도 발암성 및 돌연변이원성의 미량유해물질이 여전히 방류수 중에 존재한다는 점이며 실제 이러한 문제들을 제기한

*Corresponding author : Hun-Kyun Bae, Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5939
E-mail: hunkyunbae@kmu.ac.kr

보고들이 있었다. 방류수에 난분해성물질을 포함한 많은 미량유해물질들이 제거되지 않고 수계로 흘러들 어갈 경우 보건상의 위험뿐만 아니라 수중생태에도 영향을 줄 수 있다. 그럼에도 불구하고, 국내에서는 이와 같은 미량유해물질의 현황파악이나 구체적인 처리 방법 등에 대한 연구가 미비한 실정이다 (이와 김, 1997; 이 등, 2005). 이에 본 조사에서는 경상북도 내 몇몇 하폐수처리장 방류수 및 공단배수를 대상으로 미량유해물질 농도특성을 조사하였다. 이는 향후 하 폐수처리장 및 하천의 효율적인 수질관리와 안전한 상수원 확보, 더 나아가 하폐수처리장 및 하천에서의 수질오염을 대비한 모니터링 체계 구축을 위한 기초 적인 자료로 사용될 것이다.

2. 자료 및 방법

2.1. 조사대상

본 조사대상 시료는 경상북도내 7군데 하폐수처리 장과 2곳의 공단배수를 대상으로 하였고 각 조사대상 지점의 일반적인 특성은 Table 1에 나타내었다. 공단 하폐수처리장 A가 커버하고 있는 산업단지에는 주로 섬유, 종이, 화학, 고무, 플라스틱, 기계장비 등의 업체가 입주해 있고 공단 하폐수처리장 B의 경우 주로 전자, 컴퓨터, 반도체 등의 업체들이 입주해 있다. 공단 하폐 수처리장 C는 디지털산업체, 첨단전자, 통신업체들이 입주해 있으며 공단 하폐수처리장 D는 섬유, 의복, 조 립금속, 기계장비, 비금속광물, 목재가공, 전기기계, 운송장비 등의 업체가 입주해 있다. 공단 하폐수처리

장 E는 운수장비, 조립금속 및 플라스틱제조업에 관 련된 업체가 입주해 있고 공단 하폐수처리장 E의 경 우 인접한 공단의 규모는 작으나 이곳에서 인근 대도 시 지역의 하수를 함께 처리하고 있기 때문에 배출수 량이 다른 공단폐수처리장에 비해 높게 나타났다. 공 단 하폐수처리장 F는 철강제조업체가 입주해 있으며 공단 하폐수처리장 G는 첨단산업업체가 입주해 있다.

2.2. 시료채취

2007년 5월 7일부터 2008년 11월 5일까지 총 4회 에 걸쳐 채수, 분석하였다. 시료는 무색경질의유리병 과 PE병을 사용하여 채수하기 전에 각 지점의 물로 용 기를 세척한 후 head space가 없도록 채수하여, 차광 상태로 보관하여 실험실로 운반, 분석하였다.

2.3. 조사항목 및 방법

본 조사에서 분석한 항목은 먹는물 감시항목에 포 함된 농약류 2종, 프탈레이트(Phthalate)와 Adipate 2 종, 무기물질 1종 및 최근 낙동강에 문제가 된 1,4-Dioxane 및 Perchlorate를 포함하여 총 7종을 분석하 였다. 분석방법은 먹는물 수질감시항목운영지침 및 시 험방법 (환경부, 2004)에 따라 농약류, 프탈레이트와 아 디페이트 및 1,4-Dioxane은 Liquid-Liquid Extraction 법을 사용한 GC-MS로 분석하였으며, 무기물질인 안 티몬(Sb)은 ICP (Inductively -Coupled Plasma)를 사 용하여 231.147nm의 파장을 이용하여 분석하였으며, 퍼클로레이트는 IC (Ion Chromatography)를 사용하 여 EPA method 314 의 방법에 따라 분석했다 (Hautman and Munch, 1999).

Table 1. General characteristic of each sampling site

Site (location)	Capacity (m ³ /day)	Treatment Method	Industry complex area
WTP A	80,000	Activated Sludge	557 km ²
WTP B	330,000	DNR	4,578 km ²
WTP C	50,000	A ₂ O+ coagulation, Fast filtration	6,785 km ²
WTP D	40,000	Activated Sludge+A ₂ O	2,507 km ²
WTP E	110,000	Anaerobic-Oxic Process	148 km ²
WTP F	40,000	Activated Sludge	313 km ²
WTP G	1,000	Biological & chemical treatment	300 km ²
DC H		Gukukchen, Youngkangdong, Gyungju	
DC I		Janghungkyu, Janghungdong, Pohang	

WTP : Wastewater treatment plant DC : Drainage canal

3. 결과 및 고찰

3.1. 농약 및 BEHA, BEHP의 배출특성

각 공단별 농약 및 BEHA, BEHP의 배출특성은 Table 2에 나타내었다. 2,4-Dichlorophenol과 Monochloroacetic acid와의 반응에 의해서 합성되는 2,4-D는 주성분이 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid이며, 약한 폐놀향 또는 무취의 백색 내지 황색 결정성 분말로 존재하고 환경에 노출시 생분해, 광분해, 가수분해 등으로 급속한 분해가 진행된다. 2,4-D는 phenoxy herbicide로도 알려져 있으며 전 세계적으로 가장 많이 사용되는 농약 중 하나이기도 하다 (Shankar 등, 2006). Alachlor는 가장 일반적으로 사용되는 chloroacetanilide herbicide로서 주로 제초제로 사용되며 토양에 배출되면 광분해와 미생물분해가 빨리 진행되며 토양에 6주에서 10주 정도 머물러 있다. Alachlor는 미량으로도 인체에 독성을 가지며 발암물질로도 알려져 있다 (Peebua 등, 2007). 본 조사에서는 모든 지점에서 2,4-D와 Alachlor가 검출되지 않았다. 이는 두 물질 모두 주로 농작물에 사용되는 것으로써 공단밀집지역인 본 연구대상 지역의 하폐수처리장으로는 유입이 없었던 것으로 사료된다.

BEHA(Bis-(2-ethylhexyl)adipate)는 PVC나 여러 가지 Resin의 가소제로 사용되어 플라스틱 제조과정, 특히 저온에서 유연성을 요구하는 플라스틱에 주로 사용되고 전체 가소제 사용량의 5% 정도를 커버하고 있다고 보고되었다 (Barnabéa 등, 2008). 따라서, BEHA는 주로 플라스틱 제조과정 또는 폐기물 소각장의 재에서 발생하는 것으로 알려져 있으며 본 조사에서 BEHA 역시 전 지점에서 검출되지 않았다. 이는 플라스틱 제조공정이 포함된 업체가 입주한 경우 폐

수처리장으로 인입되는 배출수에 BEHA가 가장 많이 포함되어 있었다는 보고와 폐수처리장 A 지역의 공단 내 플라스틱 업체가 있다는 사실을 고려했을 때 이 물질이 검출되지 않았다는 것은 폐수처리장의 인입수에는 이 물질이 포함되었으나 폐수처리과정 중 모두 제거된 것으로 사료된다. 실제 Barnabéa 등 (2008) 이 BEHA의 경우 폐수처리장으로 다량이 유입되었으나 폐수처리장 내에서 생분해되어 대부분이 제거되었다고 보고하였다.

BEHP (Bis-(2-ethylhexyl)phthalate)는 DEHA(Di-(2-ethylhexyl)phthalate)로도 알려져 있는 물질로 식물이나 동물로부터 자연적으로 생성될 가능성도 있으나, 주로 PVC를 유연하게 만드는 가소제 및 장난감, 의류, 바닥재, 벽지, 의료용품 제조 시 발생되며 전 세계적으로 매년 수백만톤 이상이 발생되고 있다. 또한 외국의 경우 BEHP가 도시지역의 하폐수처리장에 인입되는 유기오염물질 중 가장 많은 양을 차지하고 있어 주요 유기오염물질로 분류되고 있다 (Barnabéa 등, 2008). 이 물질은 물이나 토양에서 증발되거나 여과되지 않으나 미생물에 의해서는 분해가 된다. WHO의 음용수 기준치는 8 µg/L이며, 미국은 6 µg/L 이다 (김 등, 2003; WHO, 1996; Stewart 등, 2001). 본 연구에서 BEHP는 측정지점 A, 측정지점 C, 측정지점 F에서 각 1회씩 검출되었다. 폐수처리장 A의 경우 공단 내에 플라스틱에 관련된 업체가 입주하고 있어 이 업체로부터 BEHP가 직접적으로 유입된 것으로 사료되며 폐수처리장 C는 공단 내에 디지털산업체, 첨단전자, 통신업체들이 입주해 있고 이들 산업에서 사용되는 내외장재료가 주로 플라스틱이라는 점을 고려하면 BEHP의 검출이 제품의 생산과정에서 발생된 것으로 사료된다. 그러나 가장 높은 농도를 보인 폐수처리장

Table 2. Analysis results for Pesticides, BEHA, BEHP at each sampling sites

Sampling Site	A		B		C		D		E		F		G		H		I	
	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL
2,4-D	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L
Alachlor	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L
BEHA	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L
BEHP	1	4.2	0	B.D.L	1	2.7	0	B.D.L	0	B.D.L	1	8.4	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L

F : Number of detection CL : Concentration Level (µg/L) B.D.L : Below Detection Limit
 Detection limit for 2,4-D : 2.5 µg/L, Alachlor : 5 µg/L, BEHA : 2.5 µg/L, BEHP : 2.5 µg/L

F의 경우 공단 내에 일반적인 BEHP의 발생경로와 관련이 낮은 철강제조업체가 입주해 있어 이 공단 내에 BEHP의 발생경로에 대한 향후 조사가 뒤따라야 할 것으로 사료된다. 비록 본 조사에서 BEHA나 BEHP가 검출되지 않거나 매우 낮은 농도로 나타났지만 이들 물질이 미량으로도 유해한 영향을 미칠 수 있는 미량유해물질이라는 점에서 이들 물질에 의한 오염 방지를 위해서 공정상 이들 물질을 발생시킬 가능성이 있는 사업장을 중심으로 지속적인 모니터링과 관리를 병행함으로 이들 오염물질에 대한 관리를 극대화해야 할 것으로 사료된다.

3.2. 1,4-다이옥산, 퍼클로레이트, 안티몬의 배출특성

1,4-Dioxane, Perchlorate, Antimony에 대한 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 1,4-Dioxane은 인체발암가능물질로 화학물질의 합성 및 용매 그리고 세정제, 페인트, 광택제, 니스, 코팅제, 왁스 등의 제조 시 유기용제의 안정제 등으로 널리 사용되고 있는 물질이다 (IARC, 2011). 또한 토양흡착계수가 낮아서 토양 및 부유물질에 잘 흡착되지 않기 때문에 지하수 오염 및 공장 유출수에서 흔히 발견되며, 흡입 시 기침, 눈의 자극, 현기증, 두통, 구토 등의 증상이 나타나는 것으로 보고되고 있다 (Clayton과 Clayton, 1981). 또한 탄소사슬에 산소가 존재하는 고리구조로 되어 있어 혐기성처리로도 용이하게 분해되지 않고 일반적인 생물처리공정에서도 미생물에 의한 분해가 거의 일어나지 않는 것으로 알려져 있다 (대구지방환경청, 2005). 경북지역에서는 섬유공단에서 합섬섬유의 주원료인 terephthalic acid와 에틸렌글리콜의 중합과정에서 디에틸렌글리콜이 1,4-Dioxane으로 변형되어 문제를 유발하고 있다(한 등, 2003). 2004년 낙동강

1,4-Dioxane 사건 이후 왜관철교에서갈수기 가이드라인을 50 $\mu\text{g/L}$ 로 설정하여 모니터링 하고 있다. 환경부의 발표에 의하면 2004년 9월 낙동강 4개 지점의 1,4-Dioxane의 농도를 조사한 결과 4.7 $\mu\text{g/L}$ ~ 13 $\mu\text{g/L}$ 의 수준으로 나타났다(환경부, 2004). 본 조사의 대상 폐수처리장 및 공단배수로에서의 1,4-Dioxane의 배출특성을 살펴보면 측정지점 A에서 14 $\mu\text{g/L}$ ~ 211 $\mu\text{g/L}$, 측정지점 B에서는 254 $\mu\text{g/L}$ ~ 911 $\mu\text{g/L}$ 의 범위로 두 지점 모두 4회씩 모든 시료에서 검출되었으며, 측정지점 D에서는 14 $\mu\text{g/L}$ 및 27 $\mu\text{g/L}$, 2회, 측정지점 I에서 15 $\mu\text{g/L}$ 로 1회 검출되었다. 폐수처리장 A와 폐수처리장 D의 경우 공단 내 섬유관련 업체가 많이 입주하고 있어 한 등 (2003)의 보고와 마찬가지로 이들 업체의 공정 중 다량 발생한 1,4-Dioxane이 검출된 것으로 사료된다. 폐수처리장 B의 경우 최고 농도가 911 $\mu\text{g/L}$ 로서 갈수기 가이드라인인 50 $\mu\text{g/L}$ 을 훨씬 상회하는 결과를 보여 주었으나 대부분의 입주업체가 전자제품 관련 업종이어서 전자제품의 생산과정에 관련된 화학약품의 사용에 기인하여 1,4-Dioxane이 발생하는 것으로 추정되나 이들 업체의 어떤 과정에서 1,4-Dioxane이 다량 발생하는지에 대한 정확한 조사가 필요하다. 측정지점 I의 경우 포항철강산업단지를 관통하는 공단배수로로서 이 지점에서의 1,4-Dioxane의 검출은 산업단지 내 페인트, 광택제, 니스, 코팅제, 왁스 등과 관련된 공정을 수행하는 업체에서 발생한 것으로 사료되나 본 조사에서는 각 공단 내 입주한 업체에 대한 개별조사는 병행하지 않아 추후 이에 대한 보장조사가 필요할 것으로 사료된다.

Perchlorate는 물에 잘 녹고 화학적으로 안정되어 잘 분해되지 않으며, 제지, 펄스산업, 제초제 및 살충

Table 3. Analysis results for 1,4-Dioxane, Perchlorate, Antimony at each sampling sites

Sampling site	A		B		C		D		E		F		G		H		I	
	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL	F	CL
1,4-Dioxane	4	14~211	4	254~911	0	B.D.L	2	14 27	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	1	15
Perchlorate	2	8 11	4	3~11	1	0.021	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	1	3	0	B.D.L	1	3
Antimony	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L	0	B.D.L

F : Number of detection CL : Concentration Level ($\mu\text{g/L}$) B.D.L : Below Detection Limit

Detection limit for 1,4-Dioxane : 10 $\mu\text{g/L}$, Perchlorate : 2 $\mu\text{g/L}$, Antimony : 8 $\mu\text{g/L}$

제, 로켓추진제, 폭약제조 및 화학제조용 첨가제 등으로 사용되는 자극성 위해물질로써 MClO_4 라는 음이온 무기물질이다. Perchlorate는 호흡기, 피부 등에 자극을 줄 수 있고, 과다 노출시 갑상선 장애를 유발하는 물질이며, 발암성 물질로는 분류되어있지 않지만 U.S. EPA는 먹는 물의 안전을 확보하기 위해 1998년 Perchlorate를 오염물질 후보 등재목록에 포함시키고 현재는 규제대상으로 지정되어 먹는물기준치($24.5 \mu\text{g/L}$)를 두고 있다 (U.S. DHHS, 2008). 국내의 경우, 2006년 낙동강 Perchlorate 사건 후 왜관철교지점에서 갈수기 기준으로 $6 \mu\text{g/L}$ 의 가이드라인을 설정하여 현재 모니터링을 계속하고 있다. 환경부의 발표에 의하면 낙동강지역 3개 지점의 Perchlorate를 분석한 결과 불검출~ $23.3 \mu\text{g/L}$ 의 농도 수준을 보였다 (환경부, 2006). 이번 조사에서는 측정지점 B에서 $3 \mu\text{g/L}$ ~ $11 \mu\text{g/L}$ 의 범위로 4회 모두 검출되었으며, 측정지점 A에서 $8 \mu\text{g/L}$, $11 \mu\text{g/L}$ 로 2회, 측정지점 C는 $21 \mu\text{g/L}$, 측정지점 G는 $3 \mu\text{g/L}$, 측정지점 I는 $3 \mu\text{g/L}$ 로 각 1회씩 검출되었다. 폐수처리장 A의 경우 공단 내 입주한 종이, 화학 관련 업체로부터 Perchlorate가 발생된 것으로 사료되며 폐수처리장 B 및 폐수처리장 C는 공단 내 입주업체 중 Perchlorate를 다량 발생시키는 LCD 제조 업체들로부터 발생된 것으로 추정된다. 폐수처리장 G 역시 공단 내 첨단산업업체들이 주로 입주해 있어 폐수처리장 B 및 C와 유사 업체들로부터 Perchlorate가 발생한 것으로 추정되나 공단 내 입주업체에 대한 개별 조사는 수행되지 않아 이 공단 내 Perchlorate를 발생시키는 업체에 대한 향후 조사가 필요하다. 공단배수로 I의 경우 상시 서술한 것처럼 포항철강산업단지를 관통하고 있으며 Perchlorate는 철강의 제련과정에서도 다량 발생하는 것으로 알려져 이 지점에서의 Perchlorate의 검출은 산업단지내 제련공정을 가진 업체들로부터 배출된 것으로 사료된다. 본 조사의 결과는 Perchlorate가 산업체 전반에서 다양한 형태의 물질로 결합되어 사용되고 있음을 보여주는 것으로 향후 Perchlorate의 발생기작에 관련된 업체들에 대한 조사 및 특성에 관한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구지역의 경우 1,4-Dioxane과 Perchlorate가 다른 미량오염물질에 비해 검출 농도가 상대적으로 높게 나타났으며, 특히 일부 지역의 경우 갈수기 가이

드라인인 $50 \mu\text{g/L}$ 와 $6 \mu\text{g/L}$ 보다 현저하게 높은 수준을 나타내고 있어 이들 물질에 대한 특별한 관리대책이 필요할 것으로 사료된다. Antimony는 금속원소로서 반도체나 배터리 등의 제조 시에 사용되며, 해수나 지표수 중에도 여러 가지 염의 형태로 존재한다. 과량 섭취시 심한 구토와 설사를 동반할 수 있다. WHO의 먹는물허용치는 $5 \mu\text{g/L}$ 이고 EPA의 MCL은 $6 \mu\text{g/L}$ 이다. 이번 조사에서는 전 지점에서 검출되지 않았다. 폐수처리장 B 및 C의 경우 공단 내 반도체를 비롯한 첨단 전자업체들이 주로 입주해 있음에도 불구하고 Antimony가 검출되지 않은 것은 흥미로운 결과였다. 이들 물질이 검출되지 않은 이유가 각 업체의 철저한 관리 때문인지 폐수처리장에서 효과적으로 이들 물질을 제거하고 있는 결과인지에 대한 조사를 통해 이 물질에 대한 관리체계를 수립하여야 할 것이다.

4. 결론

경상북도내 하폐수처리장 7곳 및 공단배수로 2개 지점의 미량유해물질의 배출특성을 조사한 결과 공단의 특성상 농약류는 검출되지 않았다. 또한 플라스틱 제조 공정과 관련된 BEHA와 BEHP의 경우 BEHA는 검출이 되지 않은 반면 BEHP는 일부 공단폐수처리장의 배출수에서 검출이 되었다. BEHP가 검출된 공단의 경우 입주업체 중 플라스틱업체가 있는 만큼 BEHA가 검출되지 않은 것은 폐수처리과정에서 제거된 것으로 사료되고 BEHP의 경우도 검출농도가 미량임을 감안할 때 본 연구의 대상이 된 폐수처리장에서는 이들 물질에 대한 적절한 관리가 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 1,4-Dioxane과 Perchlorate의 경우 다른 미량오염물질에 비해 검출 농도가 상대적으로 높게 나타났으며, 특히 일부 지역의 경우 갈수기 가이드라인인 $50 \mu\text{g/L}$ 와 $6 \mu\text{g/L}$ 보다 현저하게 높은 수준을 나타내고 있어 이들 물질에 대한 특별한 관리대책이 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 연구의 대상이 된 공단 지역 중 반도체, 전자 업체가 주로 상주하고 있는 곳이 있음에도 불구하고 Antimony는 검출되지 않아 이 물질에 대한 관리 역시 효율적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 그러나 본 조사에서 대상이 된 공단지역 내 입주하고 있는 개별적인 업체에 대한 조사를 병행하

지 않아 일부 물질들의 정확한 발생기작이 규명되지 않아 향후 이에 대한 추후 조사가 필요하다. 결론적으로 본 조사의 대상이 된 경상북도내 일부 하폐수처리장 및 공단배수로 역시 대부분의 지역에서 우려할 농도 수준의 미량유해물질은 검출되지 않았지만 일부 지역에서 몇몇 미량유해물질이 검출이 된바 추후 이에 대한 꾸준한 모니터링 체계를 구축하여 지속적인 감시와 이들 물질의 저감에 노력을 기울여야 할 필요가 있을 것으로 고려된다. 이는 본 조사의 대상이 된 미량유해물질들이 낮은 농도에서도 인체에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 뿐만 아니라 수질의 저하를 가져올 수 있다는 특성이 있는 만큼 이들 물질이 수계에 존재하는 경우 비록 미량일지라도 공공위생의 안전에 심각한 영향을 끼칠 수 있으므로 이들 물질에 대한 철저한 관리가 필요하며 기준치 이하의 농도를 유지할 수 있도록 지속적인 모니터링이 필요할 것이며 이들 물질이 발생할 수 있는 공정들에 대한 향후 조사를 통해 발생기작을 파악하고 이를 미량유해물질의 관리체계에 도입할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김경숙, 오병수, 강준원, 한상국, 정봉철, 안규홍, 2003, 팔당상수원수내 미량유해물질의 조사 및 관리방안, 한국물환경학회지, 19(2), 183-191.
- 대구지방환경청, 2005, 새로운 미량유해물질의 발견과 대처, 3-5.
- 유재정, 2009, 낙동강에서 미량유해물질 배출특성과 효율적 관리방안, 대한환경공학회지, 특집호, 412-416.
- 이문희, 이종삼, 한상국, 2005, 영산강유역 생활하수처리장 방류수에서의 유기오염물질 분포특성에 관한 연구, 대한환경공학회지, 27(12), 1332-1339.
- 이순화, 김지훈, 1997, 낙동강 중류수계의 변이원성과 유기오염물질의 거동에 관한 연구, 대한환경공학회지, 19, 785-798.
- 한개희, 이명숙, 김영철, 김종우, 2003, 낙동강수계 및 대구시 정수장의 1,4-다이옥산 실태조사, 제3회 상수도연구·검사기관 협의회 연구발표회, 187-198.
- 환경관리연구소, 1995, 환경산업총람, 202-206.
- 환경부, 2004, 먹는물수질감시항목운영지침및시험방법, 1-56.
- 환경부, 2004, 낙동강수계 1,4-다이옥산 저감대책 정상추진, WHO 먹는물수질 권고예정기준 50 $\mu\text{g/L}$ 이하 유지, 11-13
- 환경부, 2006, 낙동강 '퍼클로레이트' 농도 크게 떨어져, 1-5.
- Barnabéa, S., Beauchesneb, I., Cooperc, D. G., Nicella, J. A., 2008, Plasticizers and their degradation products in the process streams of a large urban physicochemical sewage treatment plant, Wat. Res. 42(1-2), 153-162.
- Clayton, G. D., Clayton, F. E., 1981, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd Ed., John Wiley Sons, New York, 3954.
- Hautman, D. P., Munch, D. J., 1999, METHOD 314.0, Determination of perchlorate in drinking water using ion chromatography, US EPA, Office of Ground Water and Drinking Water, 1-49.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 2011, Cumulative cross index to IARC MONOGRAPHS on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 533.
- Peebua, P., Kosiyachinda, P., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., 2007, Evaluation of Alachlor Herbicide Impacts on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) using Biochemical Biomarkers, Bulletin of Envir. Contam. and Toxi. 78(2), 138-141.
- Shankar, M. V., Anandan, S., Venkatachalam, N., Arabindoo, B., Murugesan, V., 2006, Fine route for an efficient removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) by zeolite-supported TiO_2 , Chemosphere, 63(6), 1014-1021.
- Stewart, J. C., Lemley, A. T., Hogan, S. I., Weismiller, R. A., Hornsby, A. G., 2001, Drinking Water Standards, SL159, a series of the Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 5.
- U.S. DHHS (Department Health and Human Services), 2008, Toxicological Profiles for Perchlorates, 12.
- WHO (World Health Organization), 1996, 2-ethylhexyl phthalate in Drinking-water, Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed., Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva., 1-3.