

## 청주시 근교 미호천의 프탈레이트 정성적 특성

### The Qualitative Characteristics of Phthalate in Miho Stream around Cheongju City

신진환<sup>1)</sup> · 정영도<sup>2)</sup> · 이열재<sup>†</sup>

Shin, Jinhwan · Jeoung, Youngdo · Lee, Yeouljae

**ABSTRACT** : The paper presents the results of qualitative analysis of phthalate esters in Miho stream in of Cheongju city. Phthalate esters (Di-2-ethylhexylphthalate, Di-n-butylphthalate) are widely used as plasticizers to increase the flexibility and workability of high-molecular-weight polymer. For water phase, DEHP concentration in upper stream and down stream were 12-18  $\mu\text{g}/\ell$  and 11-21  $\mu\text{g}/\ell$ , respectively. For sediment phase, DEHP concentration in upper stream and down stream were 0.07-0.82  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry) and 0.06-0.92  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry), respectively. Also, DnBP concentration of sediment in same site were 0.04-0.25  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry) and 0.08-0.34  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry), respectively. DEHP and DnBP concentration of water phase in the small stream of industrial area were 13-28  $\mu\text{g}/\ell$  and 2-8  $\mu\text{g}/\ell$ , respectively. DEHP and DnBP concentration of sediment phase in the small stream of industrial area were 0.12-0.7  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry) and 0.17-2.16  $\mu\text{g}/\text{g}$  (dry), respectively. Phthalate esters in water and sediments phase of Miho stream were lower than water bodies around the world.

**Keywords** : Phthalate ester, Municipal wastewater, DEHP, DnBP

**요지** : 본 연구는 청주시 인근의 미호천에서의 프탈레이트의 정성적 특성에 관한 것이다. 프탈레이트 중 DEHP와 DnBP가 가장 많이 사용되어 지고 있다. 미호천 상류와 하류에서 하천수에 함유된 DEHP의 농도는 각각 12-18 $\mu\text{g}/\ell$ , 11-21 $\mu\text{g}/\ell$  이었다. 또한 이 지역의 퇴적물에서도 DEHP의 농도는 0.07-0.82 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry), 0.06-0.92 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry), DnBP의 농도는 0.04-0.25 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry), 0.08-0.34 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry)로 각각 조사 되었다. 공단지역으로부터 유입되는 작은 하천의 하천수에 함유된 DEHP와 DnBP의 농도는 각각 13-28 $\mu\text{g}/\ell$ , 2-8 $\mu\text{g}/\ell$ 이었으며, 퇴적물에서의 농도는 각각 0.12-0.7 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry), 0.17-2.16 $\mu\text{g}/\text{g}$ (dry)이었다. 미호천과 미호천에 유입되고 있는 하수처리 방류수와 공단지역의 프탈레이트 농도는 세계의 다른 지역보다 낮은 수치를 보이고 있다.

**주요어** : 프탈레이트, 도시하수, DEHP, DnBP

## 1. 서론

미호천은 충북을 가로지르는 주요 하천이며, 주변에 많은 중소도시와 연결이 되어져있고, 주변 지역의 하수종말처리장 또는 산업폐수처리장으로부터 처리된 방류수와, 또는 처리되지 않은 폐수가 유입되어지고 있다. 처리되어진 하수에서도 많은 종류의 비규제 유기오염물질과 축산시설로부터 배출되었다고 의심이 되어지는 항생제 및 의약품질이 유입되고 있다는 보고도 있다(신진환 등, 2007; 명승은 등, 2006).

PAHs(polycyclic aromatic hydrocarbons), PCBs(polychlorinated biphenyls) 등의 POPs(persistent organic pollutants)는 환경 중에서 매우 안정한 물질이며, 먹이사슬을 통해 생체 농축되어지고, 인간의 건강과 활동적인 환경에 악영향을 끼칠

수도 있다. PAHs 물질들은 유기화합물의 불완전 연소, 석유 화학제품의 생산 및 그의 제품으로부터, 미생물의 전화과정으로부터 등 여러 가지 경로를 통하여 환경 중으로 유입되어지고 있다는 것이 보고되고 있다(Tolosa 등 2004; Readman 등 2002). 이렇게 유입된 PAHs는 흡착(adsorption), 분배(partitioning)과정을 통하여 환경 중에서 잔류하게 되어진다. 이러한 공정들은 대부분이 소수성을 띠고 있으며, 지표수 또는 지하수에 유입되어진 유기 오염물질들의 생물학적, 화학적 이동 및 감소에 영향을 준다. 이러한 공정들에 대하여 1970년대 말부터 1980년대 초까지 많은 연구자들이 연구를 하였으며, 토양 또는 퇴적물(sediment)에 함유되어 있는 유기물질과의 상호작용으로부터 발생한다는 사실을 밝혀냈다(Chiou 등 1979; Karickhoff 등 1979). 이러한 여러 가지 상호작용들에 의해서 일단 환경 중으로 배출

1) 정회원, 충주대학교 토목공학과 교수

2) 정회원, 충주대학교 토목공학과 시간강사

† 비회원, 금강물환경연구소(E-mail : lj0918@hanmail.net)

되어진 POPs 들이 오랜 시간 잔류하게 되는 것이다.

환경 중으로 유입되어지는 유기오염물질 중의 하나가 프탈레이트(phthalates)이다. 프탈레이트는 전 세계적으로 많은 양이 생산되어 졌으며, 공업적으로 많은 부분에서 사용되어져 왔다. 이들 화학물질은 플라스틱에 첨가되어져 가소제로써 사용되어진다. 또한 프탈레이트는 래커(lacquer), 페인트, 접착제, 퍼티(putty), 화장품 등 여러 곳에도 사용되어 지고 있다. 이들 프탈레이트는 플라스틱에 화학적이 아닌 물리적으로 결합이 되어져 있으므로 쉽게 용출되어지고, 제품으로부터 식품 과 환경 중으로 이동되기가 매우 쉽다. 이러한 결과로 프탈레이트가 인간과 동물 등에게 넓게 노출되어져 있으며, 치명적인 영향을 끼친다는 사실이 많은 연구자들에 의해 밝혀지고 있다(Adibi 등 2003; Koch 등, 2003).

환경시료 중에 있는 이들 물질을 분석하기위한 방법으로 LLE(liquid-liquid extraction)과 SPE(solid phase extraction) 방법이 사용되어지고 있으나, SPE방법이 유기 화합물을 추출하는데 가장 널리 사용되는 방법이므로 본 연구에서는 이 방법을 사용하여 유기오염물질들을 추출하였다(Hinkley 등, 1989; Loconto 등, 1989; Swineford 등, 1989; Hai 등, 2003).

본 연구에서는 도시 근교 하천에 유입되는 하수처리수와 공단폐수처리장의 방류수가 배출되어지고 있는 공단천의 합류가 하천의 유기오염물질에 어떠한 변화를 주고 있는가의 정성적 변화를 봄으로써 앞으로의 비규제 오염물질의 거동해석에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구의 수행은 청주 주변의 미호천과 하수처리장의 방류수, 공단천을 대상으로 실시하였다. 표 1에는 미호천의 수질과 하수처리장 방류수 수질의 평균값을 나타내었으며, Table 1에 있는 각 항목은 수질 공정시험법을 사용하였다.

시료채취는 하천수와 하수처리장 방류수, 공단천에서 취수하였고, 각 지점에서 퇴적물(sediment)를 채취하여 분석

하였다. 하수처리장은 미생물을 이용하여 처리하는 생물학적 공법을 사용하고 있다. 대부분의 POPs 물질들은 미생물에 의한 분해와 소수성으로 인한 슬러지 흡착으로 상당량이 제거 되는 것으로 알려져 있지만, 하수처리장의 방류수에는 많은 종류의 화합물들이 검출되어지고 있다(신진환 등, 2007). 따라서 하천에서의 POPs 오염원의 하나라고 할 수가 있으므로 하수처리장 방류수를 대상으로 하였다. 또한 산업단지로부터 발생된 폐수에도 이와 같은 POPs들이 많이 함유되어져 있을 것으로 사료되며, 산업폐수처리장 또한 생물학적 방법으로 폐수를 처리하기 때문에 처리가 되지 않은 POPs들이 하천으로 유입되어 지고 있을 것이다. 따라서 산업폐수처리장의 처리수가 배출되고 미호천으로 유입되고 있는 공단천을 대상으로 하여 본 연구를 하였다.

시료 채수 시 Teflon이 코팅되어져 있는 실리кон 뚜껑이 있는 1L 갈색 유리병을 사용하여 채취하고, 시료 전처리 시 까지 보관하였으며, 보관온도는 5°C 이하로 유지시켰다. 퇴적물의 채취는 스테인레스 스틸의 용기를 사용하여 퇴적물의 표면으로부터 0~30cm 이내에서 채취하였다. 채취량은 한 장소에서 근처 2~3 지점에서 퇴적물을 채취하여 혼합한 후 분석에 사용하였다. 퇴적물 중 TOC의 측정은 IL550TOC-TN combustion analyzer(LACHAT Instruments)를 이용하여 측정하였다.

시료 처리는 SPE 방법으로 수중에 함유되어져 있는 미량의 유기화합물질 측정을 위한 전처리 방법으로 알려져 있는 EPA Method 525.2 방법을 적용하였다(U.S. EPA, 1995). 시료를 추출하기 전에 ethyl acetate로 씻어낸 GF/C filter를 이용하여 부유물질을 제거 하였으며, 여과시간을 단축하기 위하여 hydrophilic Membrane filter로 재 여과를 하였다. 농축 시 사용한 solid phase는 disk방식인 3M Empore C18(47mm)을 사용하였다. Methanol과 증류수로 conditioning을 하였고, 추출용매로는 ethyl acetate와 methylene chloride(1:1)를 사용하였다. 시료는 1L를 사용하였으며, 농축은 1ml로 하였다. 농축 중 시료의 산화를 방지하기 위하여 질소흐름이 있는 질소분위기에서 약간의 열을 가하면서 농축하였다.

퇴적물의 경우 약간의 수분이 남을 정도 까지 건조 후 25g을 sodium sulfate와 혼합하여 Soxhlet 추출기에 넣고 추출용매로 DCM(dichloromethane) 400ml 사용하여 20시간동안 추출하였다. 추출된 용매를 회전증발농축기(rotary evaporator)에 넣고 10ml 정도 될 때 까지 농축한 후 꺼내어 활성구리(activated copper)를 사용하여 시료속의 황 성분을 제거하고, 질소흐름에서 1ml 까지 농축한 후 분석하였다(Koh 등, 2006; Astrid 등, 2004).

농축된 시료는 GC/MS(Agilent 6890/5973i GC/MSD) scan

Table 1. Characteristics of the municipal waste water in this research.

Sample / Index	Miho upper stream	MSW Effluent
BOD, mg/L	2.8	9.9
COD <sub>Cr</sub> , mg/L	5.5	13.0
TN, mg/L	3.5	14.679
TP, mg/L	0.1	1.020
SS, mg/L	16.8	4.9
Flow rate, m <sup>3</sup> /sec	11.8	2.58

분석을 하여 미지의 물질들을 검출하여 프탈레이트 화합물의 존재 여부를 확인하였으며, 정량분석은 GC(FID)를 사용하였다. GC/MS 분석조건은 분석 컬럼은 HP-1를 사용하였고 온도변화는 50°C에서 300°C 까지 3°C/min의 옴로 컬럼의 온도를 조정하였으며, 주입부분의 온도는 250°C, MS source 온도는 230°C이다. 프탈레이트의 정량을 위하여 GC(HP 5890II)와 검출기로 FID를 사용하였으며, 분석에 사용한 컬럼은 DB-5와 운반기체(carrier gas)는 N<sub>2</sub>, 표준물질로는 DEHP(CAT. No. 47994, 2000µg/ml, SUPELCO)와 DnBP(CAT. No. 40066, 5000µg/ml, SUPELCO)를 사용하였다.

### 3. 실험결과

미호천의 수질변화자료를 Fig. 1, 2에 나타내었다. POPs의 하천에서의 거동에 많은 영향을 주는 것은 SS이다. 대부분의 POPs는 소수성의 특성을 가지고 있으므로 하천 퇴적물의 유기물 또는 부유물에 흡착 또는 분배되어 존재할 수 있으며, 미세한 부유물질에 흡착되어 상당히 멀리까지도 이동할 수도 있다.

Fig. 1의 자료는 하수처리장의 방류수가 유입되기 전의 자료이며, 하수방류수와 공단천이 유입된 후 완전히 혼합되었을 것으로 판단되는 하류 지점에서의 수질변화자료는 Fig. 2에 나타내었다. 하류지점에서의 SS 농도는 평균 17.7mg/L로 상류에서의 16.8mg/L 보다 약간 증가하였다.

이와 같은 결과는 하천에 연결되어 있는 공단천과 하수처리장 방류수 속의 부유물질이 POPs 물질을 하류방향으로 빠르게 이송시키는 전달자의 역할을 하게 될 것으로 예상되어지며, 이러한 부유물질은 유속이 작아지는 하류에서 침전되어 하천 내에서 POPs가 오랜 동안 잔류하는데 도움을 주며, 실제로 많은 POPs 들이 퇴적물에서 검출되어지고 있다(Adrian 등, 2004; Adi 등 2006; Rosalind 등 2006).

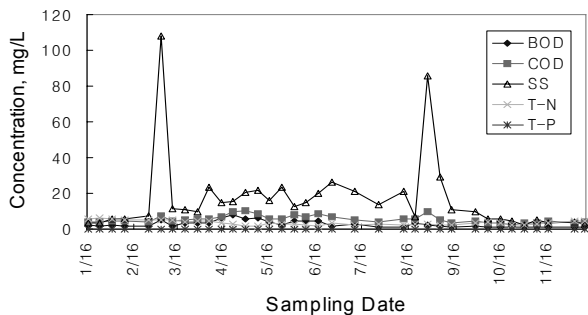


Fig. 1. The variation of Water quality of Miho upper stream.

Fig. 3에는 하수처리장과 합류되기 전 상류 수의 GC/MS 결과를 예로 보여 주고 있다. 분석결과에서 알 수 있듯이 그리 주요한 오염물질은 보여 지지 않았지만, mass 분석결과 주요 물질 3가지가 검출되어졌다. RT(retention time, min) 61.94에서 Benzonitrile, m-phenethyl이 검출되었으며, RT 64.81에서 Di(2-ethylhexyl)phthalate(DEHP), RT 90.76에서 Cyclotrisiloxane이 검출되어졌다.

Benzonitrile, m-phenethyl은 도시 하수내에 함유되어져 있는 독성 물질로 알려져 있지만 독성과 생태계에 대한 영향에 대해 발표된 문헌이 아직 없다(David 등, 1986). Di(2-ethylhexyl) phthalate(DEHP)의 경우 가장 중요한 프탈레이트 중의 하나이며, 전 세계적으로 2백만톤 이상이 매년 만들어지고 있다(Lorz 등, 2002). 그밖에 다른 프탈레이트로는 DEP(diethylphthalate), DiBP, DnBP(di-iso- and di-n-butylphthalate), BBzP(butylbenzyl phthalate), DiNP(di-iso-nonylphthalate), DnOP(di-n-octylphthalate) 등이 있다. 프탈레이트는 많은 부분에서 사용되고 있으며, 이러한 프탈레이트가 함유된 제품을 사용함으로써 프탈레이트가 환경 중으로 유출되며, 먹이 사슬을 통해 인간들이 프탈레이트를 섭취하게 되는 것이다.

Fig. 4, 5, 6의 결과에서도 하수처리장 방류수와 공단천, 미호천의 하류에서도 마찬가지로 DEHP가 검출되어졌다. 이것으로 보아 DEHP가 미호천에서의 주요 오염물질인 것으로 사료된다. DEHP는 환경 중에 이미 널리 분포하며, 프탈레이트중 가장 적게 사용되고 있는 DnOP의 경우 우유, 크림, nuts, 유아식 중에 0.01mg/kg 이하의 수준이지만

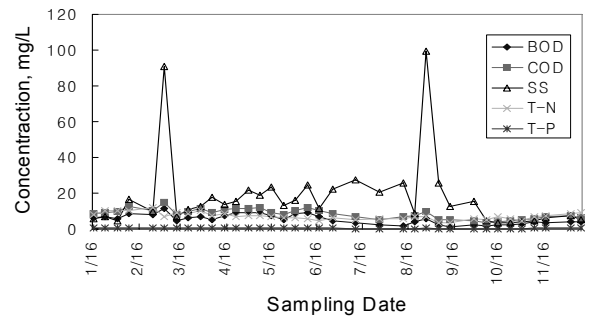


Fig. 2. The variation of Water quality of Miho down stream.

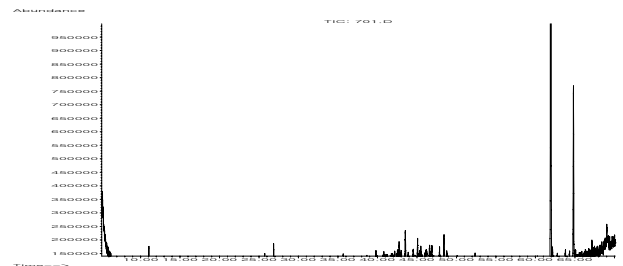


Fig. 3. An example chromatography of Miho upper stream.

검출되어지고 있으며, 섬유에 0.01-0.08mg/kg 수준, 대기중에 0.06-0.94ng/m<sup>3</sup> 수준으로, 강에서는 0.024-1ppb, 수준이며 EPA에서는 적어도 음용수수원에서 0.5ppb 정도의 농도를 나타낸다고 추정하고 있다(ATSDR, 1997; Robert 등, 2002).

미호천 상류에서의 DEHP 농도는 12-18ppb 정도 검출되어졌다. 이것으로 보아 미호천이 아직은 용수로서는 사용가능하지만 지속적인 방류가 미호천에 이루어지고 더 하류로 내려가게 되면 DEHP의 수준은 높아 질것이고 용수로서 적정치 못하게 될 것이다. 따라서 하수처리장에서 부영양화를 위한 영양염류의 제거뿐 만 아니라 이러한 미량 유해화학물의 제거를 위한 노력을 하여야 할 것으로 사료된다.

Fig. 4는 하수방류수의 분석결과 예를 나타낸 것이다. DEHP외에 많은 물질들이 하천으로 방류됨을 볼 수가 있다. 주요 측정물질로는 1-hexanol 2-ethyl-, Propanoic acid 2-methyl-2-ethyl-3-hydroxyhexylester, octadecane, dibutylphthalate 등이 검출되었으며, 이와 같은 결과는 앞서 발표된 보고들과 유사한 결과이다(신진환 등, 2006; David 등, 1986). 하수처리장 방류수에서의 DEHP 농도와 DnBP의 농도는 3.2-12ppb, 1.4-3.7ppb로 각각 측정되어졌다.

Fig. 5는 공단천의 분석결과 예를 나타낸 것이다. 공단천에서의 주요 검출 물질은 tetramethylsuccinonitrile, butanoic acid butyl ester, Propanoic acid 2-methyl-2-ethyl-3-hydroxyhexylester, octadecane, dibutyl phthalate, DEHP 등이 검출되어졌다. 공단천에서 마찬가지로 DEHP, DnBP가 각각 13-28ppb, 2-8ppb로 검출되어졌다.

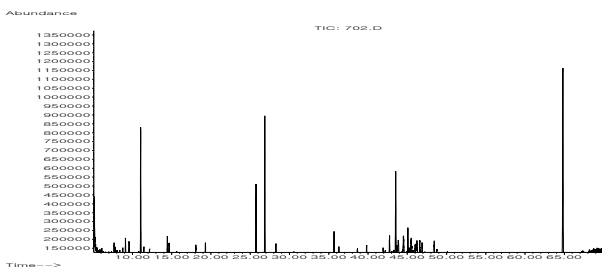


Fig. 4. An example chromatography of MSW facility effluent.

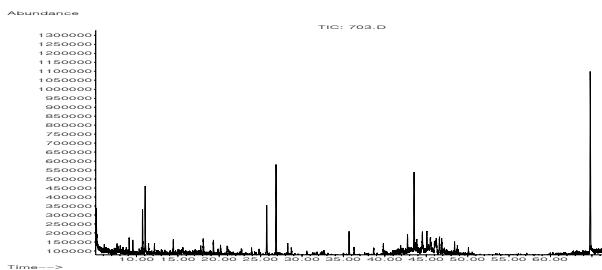


Fig. 5. An example chromatography of a stream from of Industrial area.

Fig. 6은 미호천 하류지점에서의 검사 결과 예이다. 미호천 하류에서의 주로 검출된 물질은 Benzonitrile, m-phenethyl, DEHP이며, 미호천 하류에서의 DEHP의 농도는 11-21ppb 정도로 측정되어졌다. 하수처리장과 공단천의 유입량이 하천 유량보다 크지 않아 큰 변화를 보이지 않은 것으로 사료된다. 하지만 하류로 내려가면서 다른 유입원에 의한 지속적인 유입이 있을 경우 프탈레이트와 같은 POPs의 농도는 지속적으로 증가하여 강 하구와 연안생태계에 커다란 영향을 줄 것으로 예측되어진다.

국내 발표 자료를 보면 POPs의 일종인 PAHs의 형산강 퇴적물에서의 농도는 7700ng/g(dry)으로 매우 높게 나타나고 있다. 또한 형산강이 유입되는 영일만 퇴적물에서의 농도는 10-1870ng/g(dry)로 매우 높게 검출되어지고 있다(Koh 등, 2006). 이와 같이 다른 미량의 물질이 많이 있음을 Fig. 6의 결과로도 알 수가 있으며, 이러한 제거되지 않은 많은 유기 화합물들은 결과 적으로 생물학적으로 분해가 어렵다는 것을 뜻하며, 비록 이들 물질이 미량이지만 계속적으로 하천생태계에 배출되고 생태계에서 분해되지 않고 그 양이 증가하게 되면 미호천 하류에서도 위의 형산강과 같은 문제가 발생 할 수도 있을 것이다.

Fig. 7은 미호천 상류의 하수처리장 방류수가 유입되기 전의 퇴적물 속의 유기오염물질에 대한 검사 결과를 나타낸 것이다. 주요 검출물질은 benzaldehyde 4-hydroxy-3-methoxy, 2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one, Butylated Hydroxyanisole, DnBP, Octadecamethylcyclononasiloxane, Pentadecanoic acid, DEHP 등이 검출되어졌다. 미호천 상류 퇴적물에서 DEHP, DnBP의 농도는 0.07-0.82

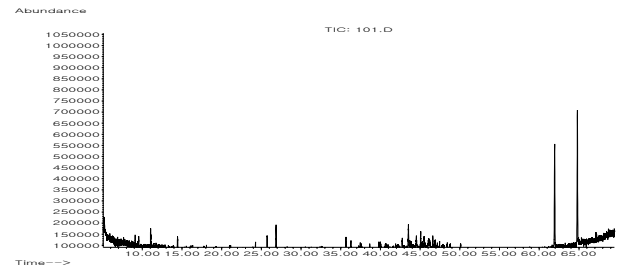


Fig. 6. An example chromatography of Miho down stream.

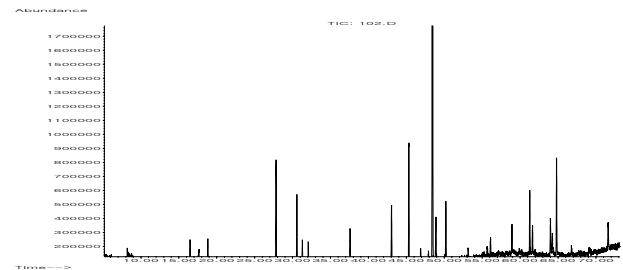


Fig. 7. An example chromatography of sediment of Miho upper stream.

$\mu\text{g/g(dry)}$ , 0.04-0.25 $\mu\text{g/g(dry)}$ 으로 각각 검출되어졌다.

DEHP의 이와 같은 농도는 일본 환경성에서 발표한 일본 주요지점에서의 농도 0.009-3.5 $\mu\text{g/g(dry)}$ , 말레이시아 Klang 강 유역에서의 농도 0.49-15 $\mu\text{g/g(dry)}$ , 독일 35개 강에서의 농도 0.21-8.44 $\mu\text{g/g(dry)}$ , 이탈리아 여러 강에서의 농도 0.04-16.0  $\mu\text{g/g(dry)}$  보다 낮으며, 미호천의 특성상 강의 상류에 위치해 있고 유속이 빠르고 강우 시 많은 양의 토사가 씻겨나가고 다시 쌓이는 것을 반복하기 때문에 다른 지역의 농도보다 낮다고 사료된다(Chitsan 등, 2008).

Fig. 8은 공단천 퇴적물의 분석결과를 나타낸 예이다. 미호천 상류와 비교하여 보면 많은 차이가 있음을 알 수가 있다. 검출된 주요물질로는 Decamethylcyclopentasiloxane, Benzaldehyde, 2,6- di(t-butyl)-4-hydroxy- 4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one, hexadecamethylcyclooctasiloxan, Octadecamethylcyclononasiloxane, DnBP, Tetradecanoic acid, Octadecane, Hexadecane, Tricosane, Nonadecane, Diisooctyl adipate, 1-docosene, eicosene, DEHP 등이 검출되어졌다. DnBP와 DEHP의 농도는 0.12-0.70 $\mu\text{g/g(dry)}$ , 0.17-1.26 $\mu\text{g/g(dry)}$ 으로 미호천 상류에서 보다 높게 측정되어졌다. 이곳도 다른 지역의 발표된 농도보다 낮은 이유는 이 하천도 우수 시 빠른 유속과 많은 토사의 유출로 인하여 퇴적물의 퇴적이 오래 가지 못하고 자주 교체되는 등의 영향인 것으로 판단된다.

Fig. 9는 공단천과 하수방류수가 미호천과 합류한 후 완전히 혼합되었을 것으로 판단되는 지점의 퇴적물에 대한 분석결과이다. 이 결과로 보면 상류지점의 퇴적물과 유사한 결과를 보이고 있다. 이 시료 채취지점도 미호천에서는

상류에 속하고 강우 시 많은 유량과 평소에서도 유속이 높은 관계로 퇴적물의 씻겨 내려가는 현상이 자주 발생하므로 상류와 차이점을 보이고 있지는 않다. 그러나 이와 같이 상류에서 씻겨 내려간 퇴적물들이 쌓이는 강 하구지역에서는 프탈레이트와 같은 POPs 들의 농도가 상당히 높을 것으로 사료가 되며, 이에 대한 대책 및 각 배출원에서의 제거 노력이 있어야 할 것으로 사료가 된다. 이지점에서 검출되어진 주요 물질로는 Decamethylcyclopentasiloxane, 3-hydroxy-4-methoxy benzaldehyde, DnBP, DEHP 등의 물질이 검출되어졌다. 이지점에서의 DEHP와 DnBP의 농도는 0.06-0.92 $\mu\text{g/g(dry)}$ , 0.08-0.34 $\mu\text{g/g(dry)}$ 로 상류보다는 약간 높아 졌으나 크게 달라지지는 않았다.

퇴적물에서의 TOC(total organic carbon content, %) 농도를 살펴보면 미호천 상·하류에서는 0.02-0.18%로 공단천 퇴적물에서의 TOC농도 0.05-0.21%가 미호천 보다 약간 높게 나타났으며, 이와 같은 결과는 하수처리장 방류수가 빠르게 방류되고, 미호천의 유속이 빨라 하천의 유속이 낮아지는 하류에 가서 침전되고, 공단천의 경우 유량도 적고, 유속이 작아 미호천으로 방류되기 전에 부유물이 침전됨으로 인하여 연구 범위 내 미호천 퇴적물에서의 TOC 농도가 공단천의 TOC 농도보다 낮게 나타난 것으로 사료된다. 퇴적물에서의 TOC농도와 퇴적물에서의 POPs 농도 간에는 높은 상관관계가 있음이 밝혀지고 있으나(Koh 등, 2006; Weilin Huang 등 2003), 강우 등으로 인한 잦은 퇴적물상태의 변화로 인하여 본 연구에서는 상관관계를 밝히지는 못하였다.

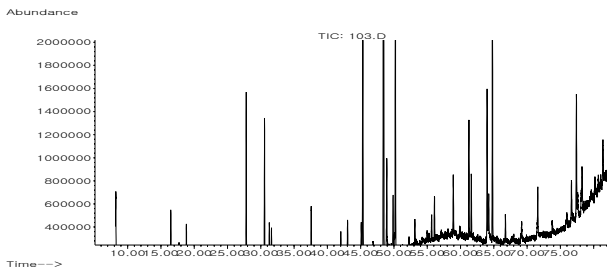


Fig. 8. An example chromatography of sediment of a stream from industrial area.

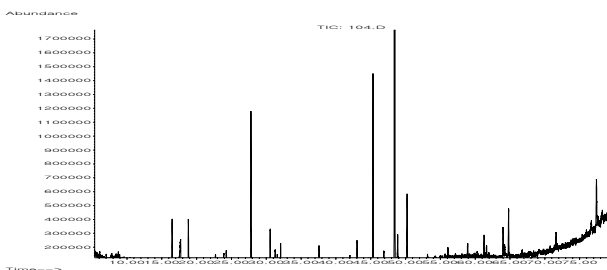


Fig. 9. An example chromatography of sediment of Miho down stream.

## 4. 결론

식품 및 식품의 포장재, 페인트, 가정에서 사용하고 있는 화학제품, 석유화학공정, 플라스틱 공정 등에서 다량의 프탈레이트를 사용하고 있다. 이들 프탈레이트는 화학적 결합이 아닌 물리적 결합으로 제품에 함유되어 있어 다량이 환경 중으로 배출되고, 먹이 사슬을 통해 생체 농축되며, 인간에게 내분비계 교란물질(EDCs, endocrine disruptor compounds)로 작용하며, 발암성 물질로 알려져 있다. 도시로부터 발생된 많은 양의 프탈레이트가 주변 하천으로 유입되고 주변 하천은 많은 양의 프탈레이트를 보유하게 되며, 이로 인해 하천을 이용하는 인간과 하천 주변의 생태계가 영향을 받고 있다.

본 연구에서는 도시 근교 하천으로 배출되어지는 프탈레이트의 농도와 하천에서의 프탈레이트 농도를 조사하여 하천에서의 프탈레이트 거동에 관한 기초 자료를 제공하

고자 하며, 지속적인 하천 유입수에 대한 조사를 통한 자료수집과 이에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

- (1) 미호천에서 하수방류수와 공단천이 합류되기 전 DEHP의 농도는 12-18ppb 이었으며, 합류 후 농도는 11-21ppb 이었다. 하수방류수와 공단천이 합류 한 후 농도가 거의 증가 하지 않은 것은 미호천의 유량이 공단천과 하수방류수유량에 비해 상당히 크기 때문에 희석에 의한 영향으로 사료된다.
- (2) 하수방류수 중의 DEHP와 DnBP의 농도는 각각 3.2-12 ppb, 1.4-3.7ppb 이었으며, 공단천에서의 DEHP, DnBP의 농도는 각각 13-28ppb, 2-8ppb 이었다.
- (3) 미호천 상류지점 퇴적물의 DEHP, DnBP의 농도는 각각 0.07-0.82 $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ , 0.04-0.25 $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ 이었다. 하수방류수와 공단천 합류 후 지점에서의 농도는 DEHP 0.06-0.92 $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ , DnBP 0.08-0.34 $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ 로 약간 증가 하였다.
- (4) 공단천 퇴적물의 DEHP와 DnBP의 농도는 각각 0.12-0.70  $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ , 0.17-1.26 $\mu\text{g/g}(\text{dry})$ 로 미호천과 하수방류수보다 높게 검출되었다. 하지만 공단천의 유입량이 하수방류량보다 아주 작기 때문에 미호천에 미치는 영향은 하수방류수보다 작을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 논문은 3차년도 충주대학교 대학구조개혁 지원 사업비의 지원을 받아 수행한 연구임.

## 참고 문헌

1. 명승운, 권오순, 박준규 (2006), *환경 중 의약품질 분석방법 연구 및 노출실태조사*, 연구보고서, 국립환경연구원, pp. 128~281.
2. 신진환, 정영도 (2007), *하수성분 중 비규제 대상 유기오염물질의 정성적 특성에 관한 연구*, 한국지반환경공학회지, Vol. 8. No. 3, pp. 5~10.
3. Adi, O., Zeev, A., Benny, C. (2006), Persistent organic pollutants and sedimentary organic matter properties: A case study in the Kishon River, Israel, *Environmental Pollution*, Vol. 141, pp. 265-274.
4. Adibi, J.J., Perera, F.P., Jedrychowski W., Camann, D.E., Barr, D., Jacek, R.M. Whyatt (2003), Prenatal exposures to phthalates among women in New York City and Krakow, Poland, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 111, No. 141, pp. 1719~1722.
5. Adrian, M.H.D., Frank, A.P.C.G (2004), Modelling the diagenetic fate persistent organic pollutants in organically enriched sediments,

- Ecological modeling*, Vol. 179, pp. 405~416.
6. Astrid, F., Helen, S., Philip A.M., The Leg 207 Shipboard Scientific Party (2004), Molecular biogeochemistry of cretaceous black shales from the demerara rise : preliminary shipboard results from sites 1257 and 1258, Leg 207, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, Vol. 207, pp. 1~22
  7. ATSDR (1997), *Di-n-Octylphthalate, Toxicological profile*, Sciences International, Inc. Under Subcontract to : Research Triangle Institute : US Department of Health and Human Services, Public Health Service, pp. 75~92.
  8. Chiou, C.T., Peters, L.J., Freed, V.H. (1979), A physical concept of soil-water equilibria for non-ionic organic compounds, *Science*, Vol. 206, pp. 831~832.
  9. Chitsan, L., Cheng, J.L., Wen, M.M., Farhad, N. (2008), Identification the potential source of di-(2-ethylhexyl)phthalate contamination in the sediment of the Houjing River in southern Taiwan, *Journal of Hazardous Materials*, in Press.
  10. David, H., Russell, F., Michael, T. H. (1986), Identification and control of Toxic substances in municipal effluent, Projctor No. 70062, Water Resources Research Institute, pp. 125~130.
  11. Hai, W., Chunxia, W., Wenzhong, W., Zheng, M., Zijian, W. (2003), Persistent organic pollutans in water and surface sediments of Taihu Lake, China and risk assessment, *Chemosphere*, Vol. 50, pp. 557~562.
  12. Hinkely, D.A., Bidleman, T.F. (1989), Analysis of pesticides in seawater after enrichment onto C8 bonded phase cartridges., *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 23, pp. 995~1000.
  13. Karickhoff, S.W., Brown, D.S., Scodd, T.A. (1979), Sorption of hydrophobic pollutants in natural sediments, *Water Res.*, Vol. 13, pp. 241~248.
  14. Koch, H.M., Drexler, H., Angerer, J. (2003), An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl)phthalate(DEHP) and other phthalates in the general population, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, Vol. 206, pp. 77~83.
  15. Koh, C.H., Khim, J.S., Daniel, L.V., Kurunthachalam, K., John, P.G. (2006), Characterization of trace organic contaminants in marine sediment from Yeongil Bay, Korea: 1. Instrumental analysis, *Environmental Pollution*, Vol. 142, pp. 39~47.
  16. Loconto, P.R., Gains, A.K. (1989), Isolation and recovery of organophosphorus pesticides from water by solid-phase extraction with dual wide-bore capillary gas chromatography, *J. Chromatogr*, Vol. 27, pp. 567~573.
  17. Lorz, P.M., Towae, F.K., Enke, W., Jackh, R., Bhargava, N. (2002), *Phthalic acid and derivatives in : Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, pp. 499~534.
  18. Readman, J.W., Fillmann, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J.P., Cattini, C., Mee, L.D. (2002), Prtroleum and PAH contamination of the Black Sea, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 44, pp. 48~62.
  19. Robert, K., Kim, B., Robert, C., Michael, C., et al. (2002), NTP center for the evaluation of risks to human reproduction: phthalates expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of di-n-octyl phthalate, *Reproductive Toxicology*, Vol. 16, pp. 721~734.
  20. Rosalind, F.K., Anna, R., Philip, D.P., Nicholas, M. D. (2006), Changing contaminant mobility in a dredged canal sediment during a three-year phytoremediation trial, *Environmental Pollution*, Vol. 143, pp. 318~326.

21. Swineford, D.M., Belisle, A.A. (1989), Analysis of trifluralin, methyl paraoxon, methyl parathion, fenvalerate and 2,4-dimethylamine in pond water using solid-phase extraction., *Environ. Toxicol. Chem*, Vol. 8, pp. 465~468.
22. Tolasa, I., De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Villeneuve, J.P., Bartocci, J., Cattini, C. (2004), Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48, pp. 44~60.
23. U.S. EPA (1995), *Determination of organic compounds in drinking water by liquid-solid extraction and capillary column gas chromatography/mass spectrometry*, Revision 2.0.
24. Weilin, H., Ping'an, P., Zhiqiang, Y., Jiamo, F. (2003), Effect of organic matter heterogeneity on sorption and desorption of organic contaminants by soils and sediments, *Applied Geochemistry*, Vol. 18, pp. 955~972.

(접수일: 2008. 7. 2 심사일: 2008. 7. 16 심사완료일: 2008. 10. 16)