

하수성분중 비규제대상 유기오염물질의 정성적 특성에 관한 연구

A Study on the Qualitative Characteristics of Non-Regulated Organic Pollutants in Municipal Wastewater

신진환¹⁾ · 정영도[†]

Shin, Jinhwan · Jeoung, Youngdo

ABSTRACT : The paper presents results of qualitative analysis of non-regulated organic pollutants in municipal wastewater and treated municipal wastewater with flocculation, ozone and UV process using GC-MS. The majority of the pollutants in the influent of the municipal wastewater treatment facility were either food related or due to the diffuse discharge from products used both in households and in industry. In the case of biological treatment process removed some organic pollutants effectively. But some organic pollutants were not removed with biological treatment. Thus, additional steps to improve the quality of effluent municipal wastewater will require a more rigorous control of consumer products used in household and municipal wastewater process using advanced treatment processes. The obtained data contributed to the evaluation of pollutants discharges to the ecosystem as well as to the characterization of pollution sources in the basin.

Keywords : Non-regulated organic pollutants, GC-MS, Municipal wastewater

요지 : 본 연구는 도시하수와 응집, 오존처리, UV와 같은 물리화학적 방법으로 처리된 하수 속에 함유되어 있는 비 규제 유기오염물질의 GC/MS를 통한 정성적 분석결과를 나타내었다. 하수 속에 함유된 주요 유기오염물질로는 식품 또는 가정, 공업적 사용으로부터 배출된 물질이 주류를 이루었다. 하수처리장의 생물학적 공정으로부터 몇몇 유기오염물질들의 처리효율은 효과적이었지만 일부의 유기오염물질의 제거는 그리 효과적이지 못하였다. 그러므로 생물학적 방법으로 처리가 효과적이지 못한 물질들의 처리를 위한 고도처리방법의 적용과 가정에서의 이러한 물질이 함유된 제품의 사용에 좀 더 적극적인 조절이 필요 할 것이다. 본 연구에서 얻은 결과는 하천유역에서 이들 오염물질의 특성 및 생태계에 대한 오염물질의 배출 평가에 기여를 할 수 있을 것이다.

주요어 : 비규제 유기오염물질, GC-MS, 도시하수

1. 서론

산업이 발달하고 도시의 문화생활이 높아짐에 따라 많은 화학물질들이 생활주변에서 사용되어지고 있고, 또한 도시의 작은 공장들에서 발생하는 처리되거나 또는 처리되지 않은 폐수들이 하수로 유입되어 하수처리장으로 들어가고 있다. 이들에게서 배출되어지는 화학물질에 대한 관심이 증가하고 있다. 일찍이 많은 연구자들이 도시하수에 들어 있는 오염물질에 관하여 연구를 하였고 꾸준히 계속 되어져 오고 있다. 이유는 과학의 발달로 인하여 많은 화학물질이 만들어지고 주변생활에 사용되어지며, 분석기기의 발달로 예전에 분석이 어려웠던 물질들도 현재는 분석이 가능하여 분석분야가 확대되어진 것도 그 이유 중의 하나이다. 이들의 연구에서 다양한 유기오염물질이 강과 하천으로 유입되어짐이 밝혀졌고, 또한 슬러지로 개량된

토양에서도 유기 오염물질에 의해 오염되고 이동한다는 것을 발표하였다. 또한 최근에는 강 생태계에 잔류하는 PCBs, PAHs, POP(Persistent organic polutants) 등에 관한 연구도 활발히 진행되어 지고 있다(Bedding 등, 1982; Stephanou and Giger, 1982; Richard and Shieh, 1986; Valls 등, 1989; Paxeus 등, 1992; Lidia 등, 2003; Morten 등, 2006).

대부분의 대도시 경우 도시공업단지를 보유하고 있으며 공업단지로부터의 처리된 폐수, 배출량이 미미함에 따라 처리되지 않고 배출되어지는 폐수 및 도시내의 각종 화학물질을 사용하는 소공업과 이들로부터 발생하는 처리되어진 폐수가 하수관거를 통해 하수 처리장 또는 하천으로 유입 되어지고 있을 것이다. 본 연구에서는 도시 하수처리장에 유입되어지고 있는 하수속에 함유된 유기오염물질과 생물학적 하수처리를 거친 후 방류되어지는 처리수에 함유된 오염물질의 변화를 조사하였으며, 이들 유기오염물질

1) 정희원, 충주대학교 토목공학부 교수

† 비희원, 충북대학교 환경공학과(E-mail : basillio@hanmail.net)

의 물리화학적 처리에 의한 정성적 변화를 살펴보았다(Peter Roslev 등, 2007; Kaare Press-Kristensen 등, 2007; Sanna K. Martinen 등, 2002; Gui-Peng Yang 등, 2005).

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 하수는 C 도시 하수처리장에 유입되어지고 있는 하수를 대상으로 하였으며, 1차 침전지를 거친 후의 시료와 방류수의 일반수질현황을 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보는 바와 같이 일반수질현황으로 살펴보면 전형적인 하수의 특성과 적절한 처리가 되어 방류되어지는 것으로 판단 할 수가 있다.

유기오염물의 추출은 EPA Method 525.2 방법을 적용하였다(U.S. EPA, 1995). 시료를 추출하기 전에 용매로 씻어낸 GF/ filter를 이용하여 부유물질을 제거하였으며, 여과 시간을 단축하기위하여 hydrophilic Membrane filter로 재여과를 하였다. 농축방법은 Extraction Disk로 하였고 사용한 disk는 3M Empore C18 47mm 이다. methanol과 증류수로 conditioning을 하였고, 추출용매로는 ethyl acetate와 methylene chloride(1:1)를 사용하였다. 시료는 1L를 사용하였으며, 농축은 1ml로 하였고, 농축중 시료의 산화를 방지하기 위하여 질소흐름이 있는 질소분위기에서 약간의 열을 가하면서 하였다. 농축된 시료는 GC/MS(Alilent 6890/5973i GC/MSD) 분석을 하였다. GC/MS 분석조건은 분석 컬럼은 HP-1를 사용하였고 온도변화는 40°C에서 300°C 까지 3°C/min의 율로 컬럼의 온도를 조정하였으며, 검출기와 주입부분의 온도는 각각 300°C, 280°C이다.

실험은 두 부분으로 하였다. 하수처리장에서의 유기오염물질의 유입특성을 보기위하여 1차 침전지 유출수의 특성과 생물학적 처리에 의한 처리율을 보기위하여 최종 방류수에 함유되어 있는 유기오염물질의 변화를 보았다. 둘째는 물리화학적 공정들에 의한 유기오염물질의 변화를 보기위하여 방류수에 대하여 응집, ozone, UV의 적용 시 변화율을 살펴보았으며 반응시간은 각 30분으로 하였다. 위

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

Sample	First treatment	Effluent
CODCr, mg/L	288	38
Ecoli, CFU/ml	16700	80
TN, mg/L	22.57	13
TP, mg/L	4.41	0.23
SS, mg/L	60	13
Turidity, NTU	21	0.47

방법을 통하여 생물학적 처리에서 처리되지 않고 배출되어지는 유기오염물질의 재처리방안을 도출할 수 있을 것이다. 각 처리 방법에 의한 유기오염물질의 변화는 GC/MS를 통하여 분석하였으며, 이대 의 유기오염물질은 GC/MS와의 일치성이 높은 성분들의 변화를 살펴보았다. 일반 수질 평가는 Table 1에 있는 항목의 변화를 보았다.

각 물리화학적 공정의 실험방법은 다음과 같다. 오존의 경우 유리로 된 직경 7cm, 용량 1L의 접촉조를 사용하였으며, 하단에는 오존 공급을 위한 산기관(diffuser)을 설치하였다. 하수의 pH 조절 없이 오존발생기(태원산업(주), 수냉식)로부터 오존을 2.07g-O₃/hr로 발생시켜 통과시키며 하수의 유기오염물 변화를 살펴보았다.

UV 반응기의 경우 직경 10cm의 유리관안에 UV램프가 석영관에 장착되어져 있으며 UV 램프는 25W(Conrad-Honovia)를 사용하였다. 실험은 pH의 변화를 주지 않고 실험하였다.

응집반응의 경우 pH의 변화를 주지 않았으며, 급속교반 20sec(250sec⁻¹)에 완속교반 30min(sec⁻¹), 침전시간 20분으로 하고 응집제로서는 Alum를 사용하였다.

COD_{Cr}, SS 측정은 standrad method, E.Coli의 변화는 Disk 배지에 의한 평판계수방법을 적용하였으며, 사용한 배지는 3M PerifilmTM을 사용하였다. TN, TP, Turbidity의 측정은 Hach method를 사용하였다.

3. 실험결과

하수 속에 함유되어 있는 주요 물질을 Table 2에 나타내었다. 앞서의 많은 연구자들이 발표한 유기오염물질의 종류와 유사하게 나타났다(N. Paxeus, 등, 1992). 하수유입수와 처리수의 GC- MS 검출 자료는 Figure1에 나타내었다.

측정결과 전체 검색물질은 268종이었으나 MS와의 일치성이 높은 물질(90%이상)로 주구성원을 살펴보면 Indoles, esters, Aliphatic hydrocarbons, aromatic hydrocarbons, Phthalates 등이 검출되었다. Fatty acid와 esters 등은 식용유, 유지 비누 등에서 발생되었을 것으로 생각되며, 이들 물질은 미생물에 의해 호기적, 혐기적으로 쉽게 분해되어 질수 있는 물질이다. 특히 화장품의 원료로 사용되어 지는 decamethyl-cyclopentasiloxane과 같은 물질이 검출되어지기도 하였다. 이와 같은 물질은 가정에서 사용하고 있는 화장품으로부터 배출되어졌다고 볼 수 있다. 이외에도 가정에서 배출되어지는 Indoles, caffeine, 등은 검출되어진 주물질 중의 하나이다. 그러나 Bicyclo(2,2,1) heptan-2-ol,1,3, 3-trimethyl, (1S,2R,4R)-은 살충제에 들어있는 성분으로 Inert Ingredients로 사용되어지고 있다. 시료채취 시점이 9월중인 것으로 보아 가정에서

Table 2. Organic pollutants in the influent municipal waste water

No	Retention time	Compound
1	11.72	xylene
2	18.498	2-(2-methoxyethoxy)-Ethanol
3	24.153	Decane
4	26.261	2-ethyl-1-Hexanol
5	29.118	4-methyl-phenol
6	30.753	Undecane
7	33.097	decamethyl Cyclopentasiloxane
8	34.319	4-ethyl-phenol
9	34.950	Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-
10	35.836	-beta, fenchyl alcohol
11	44.260	Propanoic acid, 2-methyl-2-ethyl-3-hydroxyhexyl ester
12	44.750	1H-Indole,3-methyl-
13	48.664	2H-Indole-2-one, 1,3-dihydro-
14	49.461	3-methylindole-2(3H)-one
15	49.614	1,4-Benzenedicarboxylic acid, dimethyl ester
16	49.868	pentadecane
17	52.117	2,6-Dimethylphenyl isocyanate
18	53.227	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentanediol Diisobutyrate
19	53.829	Hexadecane
20	55.565	Dihydro methyl jasmonate
21	56.722	2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methoxymethyl phenol
22	57.572	Heptadecane
23	58.416	Tetradecanoic acid, methyl ester
24	59.042	Docosane
25	61.137	Octadecane
26	62.123	Caffeine
27	63.812	1-Octadecanol
28	64.555	9-Hexadecenoic acid, methyl ester
29	64.727	Heneicosane
30	65.317	Hexadecanoic acid, methyl ester
31	67.531	Hexadecanoic acid, ethyl ester
32	68.269	1,2-benzenedicarboxylic acid, butylmethyl ester
33	70.329	1-Hexadecene
34	70.801	9-Octadecenoic acid(z)-, methyl ester
35	70.949	Oleic acid, methyl ester
36	71.043	Methyl oleate
37	71.610	Octadecanoic acid, methyl ester
38	72.129	Ethyl linoleate
39	72.383	9,12-Octadecadenoic acid(Z,Z)-, methyl ester
40	72.590	Octacosane
41	76.527	Acrylic acid octadecanyl ester
42	81.026	Cyclododecane
43	82.767	Di-(2-ethylhexyl) phthalate
44	89.503	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexane,2,6,10,15,19,23-hexamethyl
45	94.940	Dihydrocholesterol
46	95.707	Cholestan-3-one
47	95.878	Cholestanol
48	98.204	Cholest-5-en-3-one
49	99.674	.gamma.-Sitosterol

사용하고 있는 살충제로부터 유입되어졌다고 볼 수 있으나 앞으로의 연구에서는 이러한 물질의 출처 또한 명백히 하여야 할 것이다. 방향족 물질인 Benzene와 Toluene, Xylene 등이 검출되어 졌으나 이들 물질은 도시의 도로와 석유제품의 사용으로부터 유입이 되어 졌을 것으로 사료된다. 그러나 이들 물질은 하수처리장의 유출수에서는 검출되지 않았다.

2-(2-methoxyethoxy)-Ethanol과 같은 물질은 농업용으로 사용되어지고 있으며, 이러한 물질의 검출은 소규모 공장으로부터의 적절치 못한 유출로 인하여 하수로 유입이 되어 졌을 것이다. 이물질은 유입수와 유출수에서 모두 검출되는 것으로 보아 생물분해능이 매우 작은 물질이며, 현재 이물질은 유해성 검토 대상 물질중의 하나이다.

플라스틱 가소제로 사용되어지고 있는 2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentanediol Diisobutyrate와 Di-(2-ethylhexyl)phthalate가 검출이 되었다.

2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentanediol Diisobutyrate은 TXIB란 물질로 알려져 있으며 연·반경질 PVC제품, Plastisol가공, 합성피혁, 벽지, 바닥재, 완구, 그 밖의 사출압출 성형가공 등에 사용되어지고 있는 화합물이다. 가정에서의 플라스틱 사용이 증가하고 PVC 계열의 배관 등이 많이 사용되어지므로 인해서 배출이 되었을 것으로 사료되나 이러한 물질의 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

또한 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexane,2,6,10, 15,19,23 -hexamethyl 과 같은 물질은 oil 공정, 석유화학제품의 정제 공정으로부터 발생되어질 수 있는 물질이며, 하수 유입수에 비해 83.0% 정도 제거된 후 배출되어지고 있는 것으로 조사되었다.

Fig. 1에는 유입수와 생물학적 반응을 거친 유출수, 물리화학적 처리를 한 후의 처리수에 대한 결과도 함께 제시하였다. 하수처리장의 유입수 크로마토그램(a)를 보면 많은 물질이 있음을 알 수가 있다. main peak의 검출량이 높은 관계로 작은 피크들이 보이지 않지만 검출 가능한 많은 유기오염물질이 있음을 알 수가 있다. 하수처리수인 (b)의 결과를 보면 많은 물질이 생물학적 처리시 제거됨을 볼 수가 있으나 여전히 main peak들은 남아 있음을 볼 수가 있다. 주 peak 들의 크기가 감소한 것으로 보아 이들 물질이 처리가 되었음을 알 수가 있으나 플라스틱 가소제인 Di-(2-ethylhexyl) phthalated은 여전히 많은 양이 남아 있음을 볼 수가 있다. Di-(2-ethylhexyl) phthalate의 경우 Fig. 2에서 보는바와 같이 다른 생물학적 처리율이 물리화학적 처리율보다도 낮음을 알 수가 있다. ester 화합물중 하나인 9-Octadecenoic acid(z)-, methyl ester의 경우 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생물학적 처리에서 87.8%, 물리화학적 처리

에서 32.3%(c), 43.1%(d), 34.2%(e) 처리가 됨을 볼 수가 있으며 이들 물질이 생물분해가 어려운 물질이며, 하수처리장에서 대부분이 처리가 되지 않고 하천생태계로 유입됨을 알 수가 있었다. 따라서 이들 물질에 대한 하천생태계에서의 거동(fate)을 추적하여 조사하는 것이 필요가 있

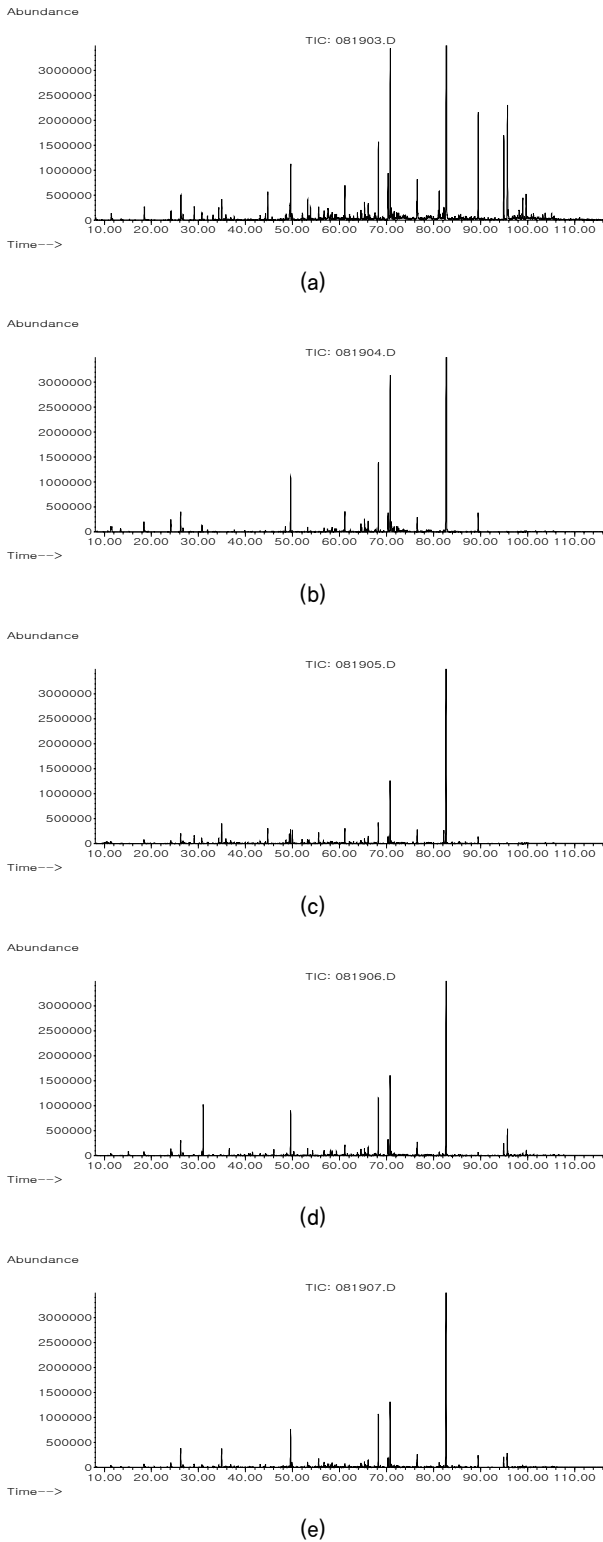


Fig. 1. GC-MS chromatogram (Influent(a), Effluent(b), treated wastewaters with Flocculation(c), Ozone(d) and UV(e))

을 것이다. 이 물질에 대한 독성 또는 인체에 미치는 영향에 대해서 알려지지는 않았지만 공업적으로 대량사용하고 있는 물질이다. 따라서 이 물질이 검출되었다는 것은 하수에 공업적으로 사용하고 남은 폐수 또는 적절하지 않게 처리된 폐수가 하수에 유입되어 짐을 나타낸다고 볼 수가 있다. 하수 유입수에 들어 있는 주물질 중 생물학적 처리를 한 후 대부분이 제거된 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexane, 2,6,0,15,19,23-hexamethyl의 경우를 Figure 4에 나타내었다. 이물질은 석유화학 공정에서 주로 사용되어지는 물질로서 하수처리장에서 대부분이 제거가 되는 것으로 나타났다.

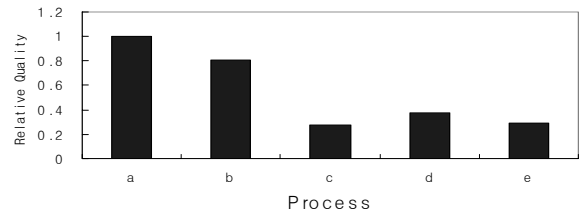


Fig. 2. Relative quality of Di-(2-ethylhexyl) phthalate. (a: Influent b: Effluent c: Flocculation d: Ozone e: UV)

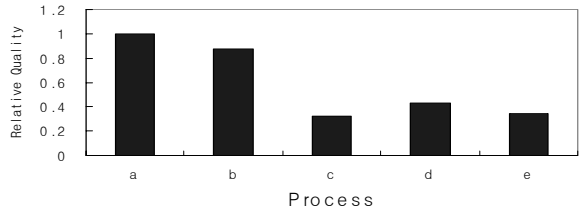


Fig. 3. Relative quality of 9-Octadecenoic acid(z)-, methyl ester. (a: Influent b: Effluent c: Flocculation d: Ozone e: UV)

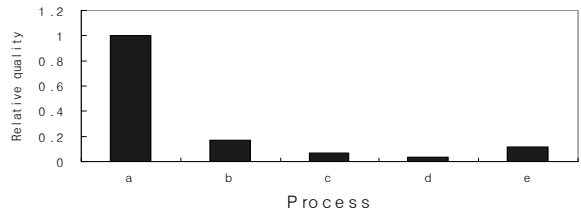


Fig. 4. Relative quality of 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexane, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl. (a: Influent b: Effluent c: Flocculation d: Ozone e: UV)

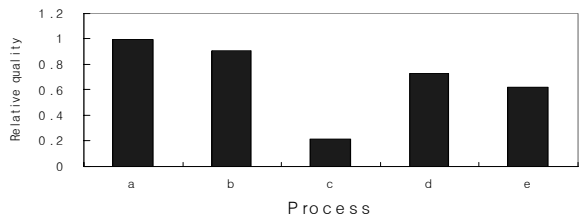


Fig. 5. Relative quality of 1,4-Benzenedi carboxylic acid, dimethyl ester. (a: Influent b: Effluent c: Flocculation d: Ozone e: UV)

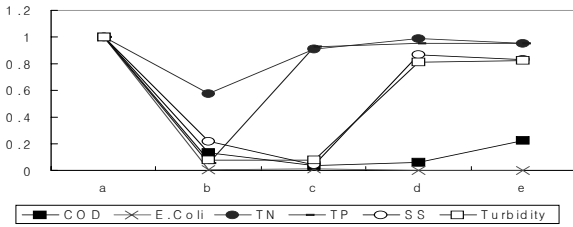


Fig. 6. General water quality (a: Influent b: Effluent c: Flocculation d: Ozone e: UV)

식품에 함유되어 있는 1,4-Benzenedicarboxylic acid, dimethyl ester의 경우도 생물학적 처리 및 응집처리를 제외한 다른 처리에서도 거의 분해가 되지 않음을 알 수 있다. 이 물질은 식품에 함유된 양(CUM DC, Dietary concentration in the food expressed in pbb) 5.2ppb로써 하루에 섭취예상량이 체중 1Kg당 하루에 0.00026mg되는 것으로 알려져 있다(U.S. FDA, 2006).

유입수의 chromatograph를 보면 RT 90이후의 peak 들은 대부분이 cholesterol 류의 물질들이며 생물학적 처리와 다른 물리화학적 처리에서 대부분이 처리됨을 알 수가 있다.

일반적인 수질의 경우 각 처리방법별 CODcr, SS, 탁도, 대장균의 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 하수처리장의 생물학적 처리는 정상적으로 처리가 됨을 볼 수가 있으며, COD의 경우 처리율이 87%로서 대부분의 유기물이 제거되었음을 알 수가 있다. 그러나 앞에 제시된 화합물의 경우 생물학적 처리에 의한 처리율은 20% 미만으로 나타났다. 즉 대부분의 화합물질이 미생물에 의해 분해가 되지 않고, 그대로 하천 생태계에 배출이 되고 생태계속에 축적되어지는 결과를 초래 할 것으로 예상 할 수가 있다. 앞서 발표된 연구결과들에 의하면 이렇게 배출된 화합물질들이 하천 침적토(sediment)에서 검출되어 지고 있음이 밝혀지고 있다(Adrian 등, 2004; Morten 등, 2006; Adi 등, 2006; Rosalind 등, 2006). 따라서 도시하수 유출수도 하천생태계에서의 오염원으로 인식을 하여야 하며, 이결과를 바탕으로 생태계에서의 유기오염물 분포에 대한 연구를 세밀하게 진행하여야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문의 연구결과는 다음과 같다. 도시하수의 유입수에 들어있는 유기오염물의 주요 발생원은 식품, 가정에서 사용하고 있는 화학제품, 석유화학공정, 플라스틱 공정으로 볼 수가 있으며, 대부분의 물질이 난분해성 물질이었다. 아래의 결과에서 보듯이 유기오염물이 생물학적 처리에서는 제거율이 낮음을 알 수가 있다. 따라서 하수 유출

수의 적절한 물리화학적 재처리 후 방류를 하여야 할 것으로 사료된다.

- (1) 플라스틱 가소제로 사용되고 있는 Di-(2-ethylhexyl) phthalate의 경우 생물학적 처리율은 20%이었으며, ozone, UV 처리에서는 62%, 71%제거 되었다.
- (2) 공업적으로 대량 사용하고 있는 9-Octa decenoic acid(z)-methyl ester의 경우 생물학적 제거율은 12%이었으며, ozone, UV의 경우 57%, 65% 제거되었다.
- (3) 석유화학공정에서 사용하고 있는 2,6, 10,14,18,22-Tetracosahexane,2,6,10,15,19,23-hexamethyl의 경우 생물학적 제거율이 83%로 높았으며, ozone, UV의 경우 96%, 89%로 모두 높았다.
- (4) 식품공정에 사용되고 있는 1,4-Benzene dicarboxylic acid, dimethyl ester의 경우 생물학적 처리율은 10%, ozone 27%, UV 38%로써 모두 낮음을 알 수가 있다. 이와 같은 물질은 발생원에서부터 발생량을 줄이고 사용량에 엄격한 규제를 두어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 1차년도 충주대학교 대학구조개혁 지원사업비의 지원을 받아 수행한 연구임.

참고 문헌

1. Adrian M.H. deBruyn, and Frank A.P.C. Gobas(2004), Modeling the diagenetic fate persistent organic pollutants in organically enriched sediments, *Ecological modeling*, 179, pp. 405~416.
2. Adi Oren, Zeev Aizenshtat and Benny Chefetz(2006), Persistent organic pollutants and sedimentary organic matter properties: A case study in the Kishon River, Israel, *Environmental Pollution*, 141, pp. 265~274.
3. Bedding, N.D., McIntyre, A.E., Perry, R. and Lester, J.N. (1982), Organic Contaminants in aquatic environment., *Sci. of Tot. Envir.*, 25, pp. 143~167.
4. Gui-Peng Yang, Xue-Kun Zhao, Xiao-Jing Suna and Xiao-Lan Lua(2005), Oxidative degradation of diethyl phthalate by photochemically-enhanced Fenton reaction, *Journal of Hazardous Materials*, B126, pp. 112~118.
5. Kaare Press-Kristensen, Anna Ledin, Jens Ejbye Schmidt, Mogens Henze(2007), Identifying model pollutants to investigate biodegradation of hazardous XOCs in WWTPs, *Science of the Total Environment*, 373, pp. 122~130.
6. Lidia W., Bogdan Z. and Jacek N.(2003), Organic pollutants in the Odra river ecosystem., *Chemosphere*, 53, pp. 561~569.
7. Morten Schaanning, Bente Breyholtz and Jens Skei(2006), Experimental results on effects of capping on fluxes of persistent organic pollutants(POPs) from historically contaminated

- sdiments, *Marine Chemistry*, in press.
8. N.paxeus, P.Robinson, and P.Balmer(1992), Study of Organic pollutants in municipal wastewater in GOTEBORG, SWEDEN, *Wat.Sci.Tech.*, 25(11), pp. 249~256.
 9. Peter Roslev, Katrin Vorkamp, Jakob Aarup, Klavs Frederiksenm Per Halkjaer Nielsen(2007), Degradation of phthalates in an activated sludge wastewater treatment plant, *Water Research*, 41, pp. 969~976.
 10. Richard, D.J and Shieh, W.K.(1986), Biological fate of organic priority pollutants in the aquatic environment., *Water Res.*, 20, pp. 1077~1090.
 11. Rosalind F.King, Anna Royle, Philip D.Putwain, and Nicholas M. Dickinson(2006), Changing contaminant mobility in a dredged canal sediment during a three-year phytoremediation trial, *Environmental Pollution*, 143, pp. 318~326.
 12. Sanna K. Marttinen, Riitta H. Kettunen, and Jukka A. Rintala (2003), Occurrence and removal of organic pollutants in sewage and landfill leachates, *The Science of the Total Environment*, 301, pp. 1~12.
 13. Stephanou, E. and Giger, W.(1982), Persistent Organic chemicals in Sewage effluents. Quantitative determination of nonylphenols and nonylphenol ethoxylates by glass capillary gas chromatography., *Environ.Sci.technol.*, 16, pp. 800~805.
 14. 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.
 15. U.S. FDA(2006), Guidance for Industry: Preparation of Food Contact Notifications and Food Additive Petitions for Food Contact Substances: Chemistry Recommendations.
 16. Valls, M., Fernandez, P. and Albaiges, J.(1989), Broad spectrum analysis of organic contaminants in urban wastewaters and coastal receiving systems. In: Organic contaminants in wastewater sludge and sediment. Occurrence, Fate and Disposal., D. Quaghebeur, I. temmerman and G. Angeletti., *Elsevier Applied Sci.*, pp. 19~34.

(접수일: 2007. 1. 29 심사일: 2007. 2. 5 심사완료일: 2007. 4. 10)