

유기물오염도 지표를 이용한 하천수질영향평가 - 산업폐수의 방류수질을 기준으로 -

조수현¹ · 강미아*¹ · 추용엽¹ · 정교철² · 정동희³ · 이준홍³

¹안동대학교 환경공학과, ²안동대학교 지구환경과학과

³환경관리공단

Impact Assessment of River Water Quality using Organic Pollutant Index - Industrial Waste Water -

Soo-Hyun Jo¹, Meea Kang*¹, Yongyeop Choo¹, Gyo-Cheol Jeong²,
Donghee Jung³, and Junheung Yi³

¹Department of Environmental Engineering, Andong National University

²Department of Earth and Environmental Sciences, Andong National University

³Environmental Management Corporation

우리나라에서 하천에 유입되는 유기물부하의 많은 부분을 차지하는 산업폐수를 대상으로 유기물 오염지표간의 상관성을 조사하였다. 기존 사용되고 있던 COD와 BOD를 현재 많은 국가에서 도입하고 있는 TOC와의 관계를 규명하였다. 업종별 업체별로 그 상관계수에는 큰 차이가 있었으며, 최고의 상관계수는 음식료품 생산업체의 방류수 중에 함유된 COD/BOD/TOC와의 관계에서 나타났다. 각각의 상관계수는 COD/BOD: 0.997, COD/TOC : 0.969, BOD/TOC: 0.990이었다. 상관계수가 낮은 경우도 많았으며, 동일업종이라 하더라도 상관도에는 일관성이 없었다. 그러므로 수질기준 책정 또는 하천수질 모니터링 등에 기존의 유기물지표의 대체지표로써 TOC를 사용하는 것은 불가능할 것으로 사료된다. 그러나 이들의 상관도가 높은 방류수의 관리에 있어서는 유용하게 사용될 수 있으므로 이들 유기물질 인자간의 상관성을 검토하여 개별적으로 사용하여야 할 것이다.

주요어: COD, BOD, TOC, 유기물지표, 하천수질, 영향평가

We investigated the relationship of the organic pollutant index in wastewater where the high percentages of an organic load to a water body was found. Measuring of TOC was to identify the relationship with COD and BOD which were used already. The correlation coefficient (r) of TOC/COD, BOD/COD and TOC/BOD were effected by the types of industry such as paper, textile, chemical, food and metal industries. In food industry it was found that the highest correlation coefficient (r) of TOC/COD, BOD/COD and TOC/BOD as 0.967, 0.969 and 0.990, respectively. There is low correlation coefficient in many cases. Hence it was impossible that the use of TOC for the water standard or monitoring instead of COD and BOD directly. However it can be used as alternative index to management a water process in the case of waste water where there was found high correlation coefficient of TOC/COD, BOD/COD and TOC/BOD. It was sure that the water quality of river body can be protected if we use these the relationship among organic index.

Key words: COD, BOD, TOC, organic index, river water quality, impact Assessment

*Corresponding author: wdream@andong.ac.kr

서 론

지금까지 수중의 유기물의 농도를 나타내는 인자로서 사용되어 온 생물학적산소요구량(BOD : Biological oxygen demand)과 화학적산소요구량(COD: Chemical Oxygen Demand)은 수중의 총유기물의 양을 나타내지는 못한다는 큰 단점이 있다(Maier *et al.*, 1974, 이재영 등, 2006).

BOD는 일반적으로 하천의 유기물의 농도를 측정하는데 이용되어 왔는데, 미생물에 의해 분해되는 유기물의 양만을 측정하게 되므로 BOD가 나타내는 값이 반드시 총유기물질의 양을 나타낸다고는 할 수 없다. 또 수중에 독성오염물질이 대량으로 존재하게 되는 경우에는 미생물들의 생식과 증식에 악영향을 미치게 되며, 이로 인해 적절한 BOD 측정에 어려움이 있다. 그러므로 BOD를 독성이 있을 가능성이 높은 여러 종류의 산업폐수에 이용하는 것은 개선할 필요성이 있다.

한편, COD는 수중에 있는 유기물들이 화학산화제에 의해 산화되는데 요구되는 양을 나타내는 것으로 주로 호소와 해양에서의 오염도를 측정하는데 이용되어 왔다. COD를 측정하는데 있어서는 화학산화제에 의해 산화되기 어렵거나 산화되지 않는 오염물질들도 있으며, 무기물질도 산화될 가능성을 배제 할 수가 없다. 그러므로 BOD와 COD의 측정은 완전한 유기오염물질의 총량으로서의 역할을 기대하기가 어렵다는 문제점을 안고 있다.

총유기탄소(TOC : Total Organic Carbon)는 수중의 유기물질의 총량을 측정하여, 환경모니터링과 산업폐수 처리공정의 관리의 측면에서 최근 이용도가 높다. 특히 실시간 수질모니터링을 위해서는 시료를 분석하는데 있어 오차가 적고, 단시간에 가능한 TOC를 자동측정기로 설치하여 연속적으로 분석 가능한 시스템이 선진국에서는 이용되고 있다(EU Norm, 1997; Olivier *et al.*, 1997; Visco *et al.*, 2005).

그러나 우리나라에서는 하·폐수 원격감시체계(TMS) 구축을 위해 도입된 TOC기는 단 3곳이며, 이들 측정 자료와 BOD, COD 측정 자료와의 관계에 대해서는 사용가능한 결과가 없는 현실이다(환경관리공단 최종보고서, 2005).

외국의 연구결과들을 조사한 결과에서도 이들 3종류의 유기물오염지표에 대한 유용하게 사용가능한 일반적인 환산식이 없는 지금 시점에서 국내의 산업폐수를 대상으로 TOC와 기존 유기물지표로 사용되고 있는 BOD, COD와의 상관성을 조사하여 현재까지 축적된 BOD,

COD 데이터와의 상호관계를 정립할 필요성이 절실하다.

따라서 본 연구에서는 하천수질에 직접적인 영향을 미치는 산업체의 방류수로부터 부하되는 유기물오염지표간의 상호성을 평가하고 이들 상호관련성을 기초로 하천수질 영향평가 가능여부를 결정하는데 기초자료로 제공하고자 한다.

문헌고찰:

TOC(DOC)/BOD/COD의 관계 연구

기존의 유기오염물질 지표였던 BOD, COD와의 관계뿐만 아니라 이들과 TOC(DOC)와의 상관성을 연구한 예들을 찾을 수 있다. 그 중에서도 상반된 결과를 보이는 두 연구결과를 Table 1(Viraraghavan *et al.*, 1988)과 Table 2(Pedro *et al.*, 2004)에 나타내었다.

Table 1에는 Viraraghavan 등에 의해 연구된 결과를 나타내었으며, Table 2에는 Pedro 등에 의해 연구된 결과를 나타내었다. 각각의 항목 간의 관계를 방정식으로 나타내고 상관계수(r)를 구하였다. Table 1에서 보논바와 같이 Viraraghavan 등에 의해 연구된 결과에서는 하수원수, 부폐조 유출수, 오염된 지하수를 대상으로 BOD/COD와 DOC와의 관계를 조사한 것이었는데, 어느 시료에서도 낮은 상관도를 나타내어 결과적으로는 이들 항

Table 1. Relationship of BOD, COD and DOC by Viraraghavan *et al.*(1988).

SAMPLE	EQUATION	r
Raw sewage	BOD=0.031DOC+554	0.016
	COD=1.17DOC+879	0.344
Septic tank effluent	BOD=1.27DOC+187	0.395
	COD=3.56DOC+368	0.341
Polluted ground-water	BOD=1.20DOC+48	0.340
	COD=3.32DOC+47	0.559

Table 2. Relationship of BOD, COD and DOC by Pedro *et al.* (2004).

SAMPLE	EQUATION	r
Raw sewage	BOD=0.4589COD+4.6417	0.9612
	COD=4.1794DOC-1.8015	0.8808
	BOD=2.0626DOC-5.7170	0.9105
Aerated effluent	BOD=0.2749COD+2.5253	0.8106
	COD=3.5739DOC+6.2795	0.9453
	BOD=1.1733DOC-0.7057	0.9150
Sedimentation effluent	BOD=-0.007COD+30.8275	-0.0114
	COD=-1.3412DOC+138.3462	-0.6505
	BOD=0.7259DOC+16.5000	0.6794

목 간에는 우리가 이용가능한 수준의 상관성을 찾아보기가 어려운 것으로 나타났다.

반면에 Table 2에 나타난 Pedro 등에 의해 연구된 결과에서는 오수의 원수와 호기성 방류수에서는 BOD/COD와 DOC와의 상관도가 $r > 0.8$ 이상의 양호한 결과를 나타내었으며, 침전 유출수에서는 그 상관도를 찾아보기가 힘들었다.

시료 수집

본 연구에서 제시하는 유기물농도에 대한 분석은 2006년 7월부터 11월에 걸쳐 BOD 부하량이 높은 5개 업종 10개의 산업체를 대구광역시와 구미시에 위치하고 있는 산업단지 내의 산업체로부터 채취하였다. 또한 시료수집은 각 업체의 수질특성을 고려하여 대표적인 수질을 나타내는 시간대에 시료를 채취·분석하였다.

각 업체당 30회 이상의 시료를 채수하였으며, 이를 근거로 상관계수 등을 구하는데 이용하였다.

분석방법

BOD와 COD는 수질오염공정시험방법을 이용하여 분석하였으며, TOC는 TOC분석기(Simadzu, TOC-5000, Japan)를 이용하였다.

시료는 채수즉시 냉장·운반하여 채수한 일자에 분석을 하였으며, TOC는 강질산으로 전처리하여 분석하였다.

결과 및 고찰

산업폐수의 수질특성

대상으로 한 총 5개업종 10개업체의 방류수 수질을 유기물지표 특성으로 구분하여 분석·정리하였다. 제지, 섬

유, 화학, 음식료품 및 금속산업폐수를 대상으로 하였다.

5개업종 10개업체의 방류수에 대한 각 유기오염원 지표 항목별(COD/TOC/BOD) 분석 결과를 최대값/최소값/평균값으로 구분하여 Table 3에 정리하였다.

각 산업체별로 오염원 배출농도의 평균값으로 각 오염지표의 검출농도는 다음과 같다.

제지산업 A 방류수는 COD: 69.5 mg/L, TOC: 41.8 mg/L 및 BOD: 21.5 mg/L로 조사되었다. 제지산업 B 방류수는 COD: 69.5 mg/L, TOC: 41.8 mg/L 및 BOD: 21.5 mg/L로 조사되었다.

섬유산업 C 방류수는 COD: 89.3 mg/L, TOC: 54.5 mg/L 및 BOD: 3.6 mg/L로 조사되었다. 섬유산업 D 방류수는 COD: 30.4 mg/L, TOC: 25.5 mg/L 및 BOD: 3.3 mg/L로 조사되었다.

화학산업 E 방류수는 COD: 5.7 mg/L, TOC: 18.3 mg/L 및 BOD: 2.0 mg/L로 조사되었다. 화학산업 F 방류수는 COD: 18.3 mg/L, TOC: 12.5 mg/L 및 BOD: 3.8 mg/L로 조사되었다.

음·식료품산업 G 방류수는 COD: 11.5 mg/L, TOC: 5.3 mg/L 및 BOD: 2.9 mg/L로 조사되었다. 음식료품 산업 H 방류수는 COD: 43.9 mg/L, TOC: 18.5 mg/L 및 BOD: 13.8 mg/L로 조사되었다.

금속산업 I 방류수는 COD: 7.6 mg/L, TOC: 5.1 mg/L 및 BOD: 1.6 mg/L로 조사되었다. 음식료품산업 K 방류수는 COD: 80.6 mg/L, TOC: 34.2 mg/L 및 BOD: 33.7 mg/L로 조사되었다.

Table 3에서 보는 바와 같이 동일한 업종이라 하더라도 산업체 특성에 따라 배출되는 오염원의 농도는 달라질 뿐 만 아니라 산업체간의 유관성도 관찰되지 않았다. 업체별 검출 유기물질 COD, TOC 및 BOD에 대한

Table 3. Characteristics of water quality in industrial waste water.

Industries	COD			TOC			BOD				
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.		
paper	A	n=30	118	39.5	69.5	65.8	21.5	41.8	45.7	6.9	21.5
	B	n=30	41.7	22.9	33.0	29.1	12.6	23.3	12.8	2.0	5.3
textile	C	n=30	228	37.2	89.3	162	25.8	54.5	8.4	1.9	3.6
	D	n=30	38.1	23.9	30.4	36.6	12.0	25.5	7.6	2.1	3.3
chemical	E	n=30	6.9	4.6	5.7	23.4	13.8	18.3	3.2	1.4	2.0
	F	n=30	23.4	13.8	18.3	16.3	10.6	12.5	4.8	2.9	3.8
food	G	n=30	16.5	7.5	11.5	9.8	3.3	5.3	5.5	1.8	2.9
	H	n=30	169	20.0	43.9	87.0	7.8	18.5	69.7	3.2	13.8
metal	I	n=30	20.9	1.1	7.6	12.4	2.6	5.1	3.3	0.6	1.6
	K	n=36	225	14.5	80.6	132	8.2	34.2	82.4	8.6	33.7

n=sample number, unit=mg/L

Table 4. Detection deviation of organic pollutant index in waste water.

	Industries		Detection Deviation		
			COD	TOC	BOD
paper	A	n=30	1.13	1.06	1.80
	B	n=30	0.57	0.71	2.04
textile	C	n=30	2.14	2.50	1.81
	D	n=30	0.47	0.94	1.67
chemical	E	n=30	0.40	0.52	0.90
	F	n=30	0.52	0.46	0.50
food	G	n=30	0.78	1.23	1.28
	H	n=30	3.39	4.28	4.82
metal	I	n=30	0.25	1.92	1.69
	K	n=36	2.61	1.46	2.19

※ Detection Deviation=(Max.-Min.)/Ave.

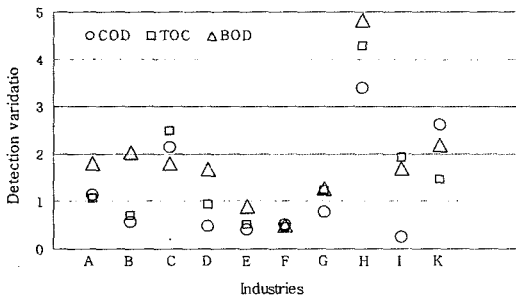


Fig. 1. Characteristics of detection deviation in the index of COD, TOC and BOD.

검출편차에 대하여 Table 4에 정리하였다. 유기물 지표간의 검출편차는 Detection Deviation=(Max.-Min.)/ Ave.에 의해 계산하였다. 즉 유사한 평균값을 나타내는 방류수 수질이라 하더라도 편차가 큰 경우의 수질을 나타내는 경우에는 수처리공정에서의 안정적인 처리가 어려워 하천에 미치는 영향을 예측하기가 곤란하게 될 수 있다.

Fig. 1을 보면 검출편차의 정도를 쉽게 파악할 수 있다. 대상으로 한 업체의 방류수에서 COD의 검출편차는 0.25-3.39, TOC의 검출편차는 0.46-4.28, BOD의 검출편차는 0.50-4.82의 범위로 조사되었다. 이 중에서 검출편차가 가장 높은 값을 나타내는 방류수는 음식료품 H업체였다. H업체와 같은 특이한 경우를 제외하면 COD의 검출편차는 1이하, TOC와 BOD의 검출편차는 2정도로 조사되었으므로 COD의 검출편차가 안정적임을 알 수 있다.

상관도

유기물 오염지표인 COD, BOD 및 TOC와의 상관성을 표본상관계수(r)를 이용하여 평가하였다. Table

5(a)-(j)에는 각 산업체의 COD, BOD 및 TOC 분석결과로부터 얻은 유기물의 특성을 바탕으로 상관성을 나타내었다. 또한 각 상관성 중에서 상관계수 r값이 0.7 이상인 경우에 유효한 상관성을 나타내는 것으로 판단하여 직선회귀식을 이용한 환산식으로 나타내었다.

조사 결과, 제지산업 중 A업체의 방류수에서는 COD와 TOC 지표간에 유효한 상관성을 보이고, B업체의 방류수에서는 BOD와 TOC 지표간에 유효한 상관성을 보였다.

한편, 섬유산업 중 C업체의 방류수에서는 COD와 TOC 지표간, BOD와 TOC 지표간 및 COD와 BOD 지표간에 모두에서 상관계수 r이 0.9이상의 높은 값으로 나타나 매우 높은 상관성이 나타났다. 그러나 동일업종인 섬유 산업의 D업체의 방류수에서는 COD와 TOC 지표간, BOD와 TOC 지표간 및 COD와 BOD 지표간에 모두에서 전혀 상관성을 보이지 않았다.

화학산업 중, E업체의 방류수에서는 COD와 BOD 지표간에 유효한 상관성이 나타났고, F업체의 방류수에서도 COD와 BOD 지표간에 유효한 상관성을 보여 화학 산업업체로부터 발생하는 유기물오염농도는 각 산업체 특성에 따라 적절한 회귀직선을 이용한 상관식을 사용하면 COD값은 BOD값에 대체가능할 것을 사료된다. 그러나 2개업체만을 대상으로 하였기 때문에 전체적으로 확실하게 판단하기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 향후 더 많은 데이터의 축적이 필요하다.

음식료품산업 중, G업체의 방류수에서는 COD와 TOC 지표간 상관계수 r이 0.6정도로, COD와 BOD 지표간 상관계수 r도 0.6정도로 나타났고, BOD와 TOC 지표간의 상관계수는 거의 0에 가깝게 나타났다. 그러나 동일 업종인 H업체의 방류수에서는 COD와 TOC

Table 5. (a) Correlation coefficient of organic pollutants index in A wastewater.

Correlation Coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.488	1		-
TOC	0.789	0.505	1	TOC=0.45COD+10.20

(b) Correlation coefficient of organic pollutants index in B wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.494	1		-
TOC	0.479	0.709	1	TOC=1.08BOD+17.56

(c) Correlation coefficient of organic pollutants index in C wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			BOD=0.04COD+0.26
BOD	0.977	1		TOC=0.64COD-2.33
TOC	0.979	0.941	1	TOC=16.0BOD-3.01

(d) Correlation coefficient of organic pollutants index in D wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.032	1		-
TOC	0.511	0.272	1	-

(e) Correlation coefficient of organic pollutants index in E wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.834	1		BOD=0.75COD-2.27
TOC	0.141	0.303	1	-

(f) Correlation coefficient of organic pollutants index in F wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.820	1		BOD=0.15COD+0.99
TOC	0.237	0.472	1	-

(g) Correlation coefficient of organic pollutants index in G wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			-
BOD	0.602	1		-
TOC	0.640	0.101	1	-

(h) Correlation coefficient of organic pollutants index in H wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			BOD=0.46COD-6.54
BOD	0.997	1		TOC=0.53COD-4.72
TOC	0.969	0.970	1	TOC=1.14BOD+2.78

(i) Correlation coefficient of organic pollutants index in I wastewater.

Correlation coefficient (r)	COD	BOD	TOC	effective equation
COD	1			BOD=0.17COD+0.38
BOD	0.762	1		TOC=0.53COD-4.72
TOC	0.898	0.684	1	-

(j) Correlation coefficient of organic pollutants index in K wastewater.

상관계수(r)	COD	BOD	TOC	유효한 상관식
COD	1			BOD=0.38COD-2.00
BOD	0.864	1		TOC=0.52COD-10.1
TOC	0.907	0.883	1	TOC=1.21BOD-3.34

지표간, BOD와 TOC 지표간 및 COD와 BOD 지표간에 모두에서 상관계수 r이 0.9이상의 높은 값으로 나타나 매우 높은 상관성이 나타났다. 이 결과로부터 섬유산업 C, D업체와 같은 결론을 얻을 수 있다.

앞서 기술한 국내·외 연구결과에서 보여준 바와 같이 이들 유기물지표 상호간의 관계는 연구자들에 의해서도 상반된 결과를 나타내기도 하며, 대상으로 하는 시료에 따라 다른 정도의 상관성으로 나타났다.

그러므로 보다 정확하고 재현성이 높으며, 실제 환경에 가장 유사한 TOC 분석을 이용하여 폐수의 방류수 중에서의 유기오염물질을 관리하고 제어하는 것은 바람직한 일이나, 먼저 유기물질을 대표하는 기존의 BOD, COD와의 상관에 대해 일반화된 관련 방정식은 구하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

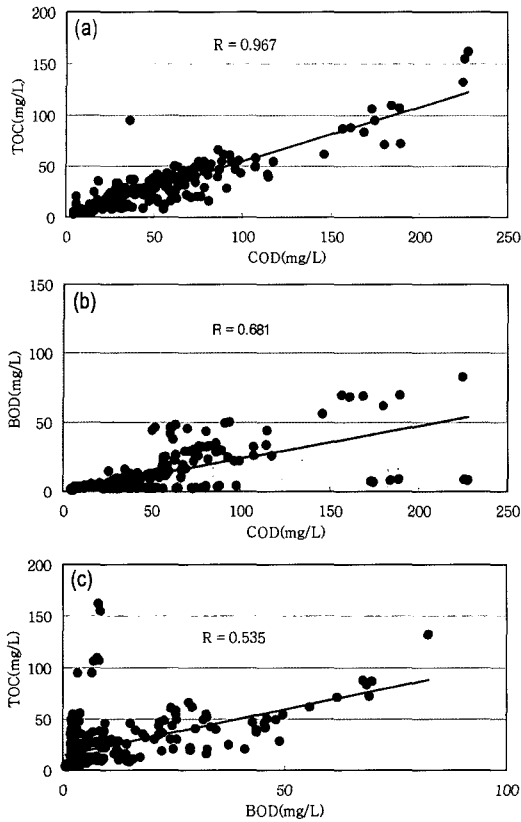


Fig. 2. (a) Relationship between COD and TOC in all waste water used, (b) Relationship between COD and BOD in all waste water used, (c) Relationship between BOD and TOC in all waste water used.

그럼에도 불구하고 많은 연구진들은 단지, 몇 종류의 시료수로, 단기간에 이들 상관에 관여하는 방정식을 유도하고자 하였으므로 경우에 따른(case by case) 연구결과로만 조사되었다. 따라서 특정 대상 시료수를 집중적으로 조사하여 이들 간의 상관성을 특정시료에서만이라도 활용가능 하도록 하여야 함을 간과하였다고 판단한다.

본 연구에서는 외국사례가 아닌 국내 배출업소를 대상으로 우리나라의 물환경에 적합한 유기물지표를 확립하는데 중점을 두고 연구한 전례가 거의 없었으므로 이에 대한 기초자료를 제공하여 정책에 활용하고자 하는데 큰 의의가 있다.

통합자료의 시계열 해석

대상으로 한 10개 산업체로부터 배출되는 방류수의 유기물 분석결과를 모두 함께 도식화 하였다. 그 결과를 COD/TOC, COD/BOD 및 BOD/TOC의 인자로 정리하

여 Fig. 2(a)-(c)에 나타내었다. 그림에서 보듯이 COD와 TOC와의 상관계수가 0.967로서 가장 유효한 것으로 판단된다. 그러나 이렇게 높은 상관계수를 나타낸다하더라도 각 업종에 따라, 또는 업체별로 나타나는 상관도는 다른 양상을 나타내기 때문에 TOC 지표를 기존의 COD와의 상관성으로 바로 접목시켜 하천의 오염도를 평가할 수는 없다.

결 론

산업폐수로부터 발생하는 유기물부하는 하천오염도에 직접적인 영향을 주므로 이들의 정확한 오염수준을 파악하는 것은 하천관리에 있어 매우 중요하다. 하천의 유기물질 오염지표인 COD, BOD 및 TOC의 부하를 절감하기 위해서는 먼저 오염원으로부터의 저감이 우선되어야 하며, 이를 위해서는 유기물질 인자들간의 상관을 파악하여 활용할 수 있어야 한다.

연구결과, 산업폐수의 종류와 업체에 따라 높은 상관을 보이기도 하고 전혀 상관성을 나타내지 않는 경우도 발생하기 때문에 이들 개별 유기물지표를 이용하여 상호 대체하는 것은 무리가 있다고 판단된다. 그러나 특정 업체에 대한 상관성은 유효한 것으로 볼 수 있으며, 이 경우에는 상관식을 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 이 경우에는 그 특정 방류수에 맞추어 새로운 TOC 분석기의 구입 없이도 기존의 BOD 또는 COD 지표를 잘 활용할 수 있다.

그러나 일반적으로는 TOC를 유기물 지표로 활용하고자 할 때에는 COD값 또는 BOD측정값을 그대로 TOC로 환산하여 사용할 수는 없음을 밝혔다. 즉 수질기준 또는 수질모니터링을 하는데 있어서도 유기물간의 상호 수치환산적용은 매우 위험한 오류임을 제시할 수 있다. 본 연구결과를 근거로 하천환경보전과 방류수 수질관리에 효율적으로 이용하기를 기대한다.

사 사

이 논문은 2006년도 환경관리공단 “수질자동측정기 설치·운영 및 정도관리방안”의 일부로 지원되었기에 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

이재영, 강미아, 2006, 미규제 수질인자를 이용한 정수공

- 정의 효율성 평가, 지질공학, 16(2), pp. 153-159.
 환경관리공단 최종보고서, 2005, 폐수배출업소 오염물질 자동감시시스템 구축방안 수립을 위한 연구.
 European Norm, ISO-CEN EN484, 1997(November), Guidelines for the determination of total organic carbon(TOC) and dissolved organic carbon(DOC).
 G. Visco, L. Campanella, V. Nobili, 2005, Organic carbon and TOC in waters : an overview of the international norm for its measurements, Microchemical Journal 79, pp. 185-91.
 Maier, J. M., McConnel, H., L., 1974, Water pollut. cont., Fedn, 46, pp. 623.
 Olivier Thomas, Frederic Theraulaz, Victor Cerda, Danial Constant, Philippe Quevauviller, 1997, Wastewater quality monitoring, Trend in analytical chemistry 16(7), pp. 419-423.
 Pedro Serio Fadini, Wilson F. Jardim and Rose Roberto Guimaraes, 2004, Evaluation of organic load measurement techniques in a sewage and waste stabilisation pond, J. Braz. Chem. Soc. 15(1), pp. 131-135.
 Viraraghavan T., Kikken S.R., 1988, Peat filtration of food processing wastewater, Biol. waste 26, pp.151-155.

2006년 11월 12일 원고접수, 2006년 12월 10일 게재승인

조수현

안동대학교 환경공학과
 경북 안동시 송천동 388
 Tel: 054-820-6267
 Fax: 054-820-6187
 E-mail: nnaaya@hanmail.net

강미아

안동대학교 환경공학과
 경북 안동시 송천동 388
 Tel: 054-820-6267
 Fax: 054-820-6187
 E-mail: wdream@andong.ac.kr

추용업

안동대학교 환경공학과
 경북 안동시 송천동 388
 Tel: 02-860-1535
 Fax: 02-860-1667
 E-mail: choo-yy@hanmail.net

정교철

안동대학교 지구환경과학과
 경북 안동시 송천동 388
 Tel: 054-820-5753
 Fax: 054-823-1627
 E-mail: jeong@andong.ac.kr

정동희

환경관리공단 측정관리처
 인천광역시 서구 경서동 종합환경연구단지
 Tel: 032-560-2407
 Fax: 032-560-2489
 E-mail: greenair@emc.or.kr

이준흥

환경관리공단 측정관리처
 인천광역시 서구 경서동 종합환경연구단지
 Tel: 032-560-2266
 Fax: 032-560-2489
 E-mail: sun@emc.or.kr