

Comparison of BOD, COD, TOC and DOC as the Indicator of Organic Matter Pollution of Agricultural Surface Water in Gyeongnam Province

Seong-Tae Lee, Young-Han Lee, Kwang-Pyo Hong, Sang-Dae Lee, Min-Kyeong Kim¹,
Jong-Hwan Park^{2**}, and Dong-Cheol Seo^{3*}

Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-370, Republic of Korea

¹Division of Climate Change & Agro-Ecology, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

²Division of Applied Life Science(BK21 Program) & Institute of Agricultural and Life Science,
Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Republic of Korea

³Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Republic of Korea

(Received: August 22 2013, Accepted: September 13 2013)

This survey was conducted to obtain basic data about organic matter such as BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), DOC (Dissolved Organic Carbon) and TOC (Total Organic Carbon) in agricultural water in Gyeongnam province. BOD and COD are currently used for water quality indices, but adoption of TOC is being suggested. The surface water samples were collected at 39 locations in Gyeongnam province in April, July and October. Average concentrations of BOD, COD, DOC and TOC were 1.6, 3.3, 5.3 and 5.7 mg L⁻¹, respectively. In July, average concentrations of BOD and COD were 2.4 and 3.9 mg L⁻¹, respectively, showing these values were higher than other months. Average concentrations of TOC in April, July and October were 4.8, 7.4 and 4.8 mg L⁻¹, respectively. This suggested that the highest value of TOC was in July. Average decomposition efficiencies for BOD-C/TOC and COD-C/TOC were 11.4 and 23.9%, respectively. Correlation coefficient of TOC and DOC was higher by 0.995, whereas that of TOC and COD was lower by 0.763. Especially, TOC and DOC were highly related than others.

Key words: BOD, COD, DOC, TOC, Correlation coefficient

Average of BOD, COD, DOC, TOC and their decomposition efficiencies of agricultural streams in Gyeongnam province in different months.

Month	BOD	COD	DOC	TOC	BOD-C/TOC	COD-C/TOC	DOC/TOC
	----- mgO ₂ · L ⁻¹ -----		----- mgC · L ⁻¹ -----		----- % -----		
April	1.5±0.9	3.2±1.4	4.2±2.0	4.8±2.2	12.3±5.1	27.2±8.4	87.8±5.4
July	2.4±1.2	3.9±1.6	7.0±3.5	7.4±3.6	12.3±4.0	21.4±6.0	93.9±4.7
October	1.1±0.6	2.9±1.3	4.6±2.5	4.8±2.5	9.5±5.0	25.5±11.5	93.1±6.9

*Corresponding author : Phone: +821041425234, E-mail: drseode@gmail.com

**Corresponding author : Phone: +82557721963, E-mail: m-tyson@hanmail.net

§Acknowledgement: This study was conducted with the support of the Research Cooperating Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ009198262013), RDA, Republic of Korea.

Introduction

하천과 호수 수질관리에서 유기물 오염을 나타내는 지표로는 생화학적 산소요구량 (Biochemical Oxygen Demand, BOD), 화학적 산소요구량 (Chemical Oxygen Demand, COD), 총 유기탄소량 (Total Organic Carbon, TOC) 등이 사용되고 있으며, 현재 우리나라에서는 주로 BOD와 COD를 유기물 함량을 나타내는 지표로 사용하고 있다 (Kim et al., 2007a; Kim et al., 2007b; Lyu and Lee, 2007).

BOD는 측정과정에서 독성물질, 난분해성 물질, 조류 (algae) 및 질산화 등의 오차요인과 분석과정의 어려움 및 최소 분석소요 기간 5일 등의 한계가 있다 (Sawyer et al., 2003).

COD는 조류 (algae)와 질산화 등의 오차를 보완할 수 있기 때문에 BOD 보다는 상대적으로 정확한 유기물 지표가 될 수 있으나 오염물질의 성상에 따른 분석오차가 크기 때문에 BOD와 마찬가지로 여러 가지 한계를 가지고 있다 (Park et al., 2006; Sawyer et al., 2003).

총 유기탄소 (TOC)는 유기물 산화에 사용되는 산소의 양을 측정하여 유기물을 간접적으로 측정하는 BOD나 COD와는 달리 유기물을 직접 산화시켜 발생하는 이산화탄소의 양을 측정하는 방법으로 BOD나 COD에 비해 측정시간이 짧고 시약 사용이 적다는 장점이 있으며, 모든 유기물을 측정할 수 있는 방법으로 새롭게 등장한 유기물 지표이다. TOC 측정에 사용하는 산화 방식은 연소산화, UV산화, 화학적산화 등이 있으며 선진국인 독일, 미국 및 스위스 등에서는 시약이 적게 소모된다는 장점을 가지고 있는 연소산화 방식의 TOC를 새로운 수질 지표로 사용하고 있다 (Byun et al., 2009; Matthews, 1992). 최근에는 우리나라 또한, 유기물 지표로서 BOD 및 COD와 더불어 TOC를 사용하고 있다 (Ministry of Environment, 2010).

TOC를 구성하는 DOC (Dissolved Organic Carbon)는 수생태계내 유기물의 기원을 구명하는 중요한 단서를 제공하고 (McKnight et al., 1994; Owens, 1987) 호수나 하천의 영양 상태에 대한 정보를 제공하기도 한다 (Amon and Benner, 1994).

수질오염은 수자원의 이용가치를 저하시킬 뿐만 아니라 토양오염과 농작물의 생육에도 영향을 미쳐서 생산물을 통해 인간의 건강을 해치게 한다. 친환경농산물 생산의 비중이 점차 확대되고 농산물의 안전성이 중요시되고 있는 시점에서 농업용수 수질관리도 무엇보다 중요하다. 지금까지 농업용수의 수질평가에서 유기물의 지표는 BOD와 COD를 중심으로 이루어져 왔다 (Jung et al., 1997; Uhm et al., 2000; Yun et al., 2002). 수질평가에서 유기물 함량 분석의 정확성과 신속성이 요구되는 상황에서 BOD나 COD 외에도 TOC나 DOC에 대한 기반구축을 위한 기초 연구자료가 필요

한 실정이다.

본 논문에서는 경남지역에서 농업용으로 이용하고 있는 하천수의 BOD, COD, DOC 및 TOC를 분석하고 분해율을 비교하여 상호관계를 고찰하여 농업용수에서 유기물질 오염 관리에 활용하고자 하였다.

Materials and Methods

본 연구는 경상남도 지역에서 관개용으로 사용하고 있는 소하천 39개 지점을 대상으로 하였다. 채취지점은 경남 전 지역별로 고루 분포되게 하였으며 (Table 1), 수질시료 채취는 2012년 4월 (영농 전 갈수기), 7월 (강우기), 10월 (영농 후 갈수기)에 총 3회 채취하였다.

생화학적산소요구량 (BOD) 분석을 위한 시료는 BOD병에 시료를 채수하였고, COD, DOC 및 TOC 분석을 위한 시료는 멸균 채수병 (2 L)에 채수하여 보냉 상자에 냉장하여 실험실로 운반한 후 분석하였다. 하천수 중 BOD, COD, DOC 및 TOC 함량은 수질오염공정시험기준 (Ministry of Environment, 2010)에 준하여 분석하였다. 생화학적산소요구량 (BOD)는 20 °C 항온기에서 5일간 배양하여 용존산소-적정법에 의해 소비된 산소량을 정량하였고, COD는 산성 과망간산칼륨법으로 분석하였다. DOC는 0.45 μm 여과지를 이용하여 여과된 시료를 과황산 열 산화법을 이용하여 TOC analyzer (Elementar vario cube, Germany)로 분석하였고 TOC는 시료를 여과시키지 않고 바로 과황산 열 산화법을 이용하여 TOC 분석기로 분석하였다. 생화학적산소요구량 (BOD)와 COD의 분해율을 계산하기 위하여 산화되는 유기물의 양을 탄소량으로 환산하였다. 탄소와 산소의 무게 비율인 12/32를 곱하여 탄소의 양으로 환산하였으며, 이를 BOD-C와 COD-C로 표시하였다.

Results and Discussion

경남 농업용 하천수 유기물 농도 및 산화율 비교
경남 지역에서 농업용으로 사용하고 있는 하천수 39개 지점의 유기물 오염지표를 4월, 7월 및 10월에 걸쳐 3회 분석한 결과 BOD는 평균 1.6 mg L^{-1} , COD는 평균 3.3 mg L^{-1} , DOC는 평균 5.3 mg L^{-1} , TOC는 평균 5.7 mg L^{-1} 으로 측정되었다 (Table 2). Kim et al. (2007a)이 2003년 6월부터 2007년 2월까지 우리나라 4대강의 수질을 조사한 결과인 BOD 평균 1.7 mg L^{-1} , COD는 평균 5.7 mg L^{-1} , TOC는 평균 5.7 mg L^{-1} 과 비교하면 BOD는 비슷한 수준인데 COD는 경남의 농업용 하천수가 더 낮게 나타났다. 이는 경남지역 농업용 하천수에는 생물화학적으로 분해 가능한 유기물이 많고 난분해성 유기물이 적다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

Table 1. Locations of the sampling sites.

Stream name	Location	GPS point	
Gilgok	Changnyeong-gun gilgok-myeon machon-ri	N:35,23.67	E:128,35.13
Shincheon	Changwon-si buk-myeon bonpo-ri	N:35,21.21	E:128,37.82
Deokgok	Changwon-si jimbuk-myeon jisun-ri	N:35,06.45	E:128,28.53
Imgok	Changwon-si jinjeon-myeon imgok-ri	N:35,06.24	E:128,26.85
Jungchon	Changwon-si jinjeon-myeon yangchon-ri	N:35,07.55	E:128,25.39
Mari	Geochang-gun mari-myeon malhol-ri	N:35,41.50	E:127,51.28
Anha	Gimhae-si hanrim-myeon anha-ri	N:35,18.34	E:128,49.41
Juwhang	Gimhae-si jinyoung-eup bangdong-ri	N:35,17.40	E:128,42.39
Wolpyeong	Goseong-gun goseong-eup wolpyeong-ri	N:34,56.53	E:128,20.45
Sangdong	Goseong-gun sangri-myeon josun-ri	N:34,59.82	E:128,11.69
Deokam	Hachon-gun daeyang-myeon duckjung-ri	N:35,30.37	E:128,10.35
Uicho	Hachon-gun samga-myeon oecho-ri	N:35,25.11	E:128,08.21
Daehyun	Hachon-gun ssangbaek-myeon pyeongu-ri	N:35,26.56	E:128,08.86
Jikjun	Hadong-gun bukchon-myeon seowhang-ri	N:35,07.02	E:127,54.05
Hogye	Hadong-gun okjong-myeon munam-ri	N:35,11.44	E:127,52.64
Sachon	Haman-gun gunbuk-myeon wolchon-ri	N:35,19.10	E:128,19.14
Ssanggye	Haman-gun haman-myeon gangmyeong-ri	N:35,13.09	E:128,25.79
Gwigok	Hamyang-gun anui-myeon gwigok-ri	N:35,37.86	E:127,49.00
Anui	Hamyang-gun anui-myeon gyobuk-ri	N:35,38.12	E:127,48.40
Jiwoo	Hamyang-gun anui-myeon sinan-ri	N:35,39.22	E:127,47.94
Juksan	Hamyang-gun sudong-myeon whasan-ri	N:35,31.06	E:127,47.98
Hachon	Jinju-si chojeon-dong hachon-ri	N:35,12.98	E:128,06.59
Whagye	Jinju-si jeongchon-myeon yesang-ri	N:35,06.40	E:128,05.45
Jinae	Jinju-si jiphyeoon-myeon ducko-ri	N:35,14.01	E:128,07.73
Unjung	Miryang-si muan-myeon jungok-ri	N:35,29.22	E:128,39.96
Whansa	Sacheon-si gonmyeong-myeon jungok-ri	N:35,08.30	E:127,59.06
Seongbang	Sacheon-si gonmyeong-myeon songrim-ri	N:35,07.01	E:127,57.46
Daegok	Sacheon-si jungdong-myeon daegok-ri	N:35,03.51	E:128,07.55
Gamgok	Sacheon-si jungdong-myeon gamgok-ri	N:35,03.09	E:128,08.45
Gobong	Sacheon-si jungdong-myeon sogok-ri	N:35,01.82	E:128,10.14
Jeonggok	Sancheong-gun sancheong-eup jeonggok-ri	N:35,24.40	E:127,54.22
Banggok	Sancheong-gun obu-myeon yangchon-ri	N:35,20.95	E:127,51.72
Migok	Sancheong-gun sangbiryang-myeon do-ri	N:35,20.95	E:128,04.39
Wolgok	Sancheong-gun sangcho-myeon sinyeon-ri	N:35,28.80	E:127,50.95
Massang	Uiryeong-gun daeui-myeon massang-ri	N:35,22.20	E:128,06.38
Garye	Uiryeong-gun garye-myeon garye-ri	N:35,19.42	E:127,51.23
Unam	Uiryeong-gun garye-myeon unam-ri	N:35,19.85	E:128,13.56
Jukjeon	Uiryeong-gun junggok-myeon jukjeon-ri	N:35,22.17	E:128,18.66
Whajung	Yongsan-si wondong-myeon hwaje-ri	N:35,20.36	E:128,58.45

BOD와 COD는 수체중의 유기물이 축매에 의해 분해될 때 소모되는 산소의 양을 측정하는 것으로 측정결과 도출된 산소의 양은 화학양론비($C/O_2=12/32$)를 이용하여 탄소의 양으로 치환할 수 있다. 농업용 하천수의 TOC에 대한 BOD의 평균 분해율은 11.4% 이었고, TOC에 대한 COD의 평균 분해

율은 23.9% 이었다. 본 결과에서 보듯이 BOD와 COD의 분해율은 낮아서 하천수 중의 유기물이 완전히 분해되지 않을 수 있었다. Kim et al. (2007b)은 한강 본류에서 BOD-C/TOC의 비율은 약 12.6% 이고 COD-C/TOC는 약 27.2%라고 하였으며, 강원도 동강은 BOD-C/TOC의 비율은

약 17.2% 이고 COD-C/TOC는 약 33.5% 으로 보고한 바 있는데 한강 본류보다는 BOD와 COD의 산화율이 높고 강원도 동강보다는 약간 낮은 결과를 보였다. TOC에 대해 DOC가 차지하는 비율은 92.1% 로서 매우 높은 결과를 나타내었는데 대부분의 유기물이 용존되어 있는 형태로 존재함을 알 수 있다.

시기별 농업용 하천수 유기물 농도 및 산화율 비교
농업용 하천수를 4월, 7월 및 10월 시기를 달리하여 채취하여 분석한 결과 BOD와 COD의 평균값은 7월에 채취시 각각 2.4 및 3.9 mg L⁻¹으로 가장 높았으며 10월 채취시에 1.1 및 2.9 mg L⁻¹으로 가장 낮게 나타났다 (Table 3). TOC 역시 BOD 및 COD와 비슷한 결과로 4월과 10월의 평균 함량은 동일하였고, 7월에서 7.4 mg L⁻¹으로 가장 높았다. TOC에

Table 2. Averages of BOD, COD, TOC and their decomposition efficiencies of agricultural streams in Gyeongnam province.

Stream name	BOD	COD	DOC	TOC	BOD-C/TOC	COD-C/TOC	DOC/TOC
	mgO ₂ · L ⁻¹		mgC · L ⁻¹		%		
Gilgok	2.1	4.0	7.0	7.2	11.0	20.6	96.7
Shincheon	1.8	3.8	6.1	6.4	10.7	22.4	94.1
Deokgok	1.6	3.7	5.4	5.8	10.6	23.9	92.6
Imgok	2.7	4.4	6.2	6.8	15.1	23.9	91.2
Jungchon	0.8	1.8	2.8	3.0	10.0	22.6	93.6
Mari	1.5	3.2	4.4	4.7	12.2	25.5	94.3
Anha	2.3	4.8	8.6	9.2	9.5	19.8	93.8
Juwhang	1.8	3.4	5.6	6.0	11.0	21.1	92.5
Wolpyeong	1.1	2.8	2.4	2.7	15.7	38.4	88.7
Sangdong	1.4	2.3	2.5	2.7	19.8	32.5	92.6
Deokam	2.1	3.5	10.0	10.5	7.6	12.5	95.7
Uicho	1.4	3.9	6.3	6.7	8.0	21.9	94.1
Daehyun	1.7	3.3	7.3	7.8	8.0	15.9	93.5
Jikjun	1.1	2.3	2.4	2.6	15.6	32.9	92.4
Hogye	0.4	1.6	1.8	2.0	7.9	29.6	91.5
Sachon	0.9	2.1	4.0	4.2	7.8	18.5	93.6
Ssanggye	0.8	1.8	3.0	3.6	8.8	18.3	84.2
Gwigok	2.2	3.9	4.9	5.3	15.4	27.1	91.4
Anui	2.2	4.1	6.2	6.5	12.8	24.0	95.4
Jiwoo	0.7	1.5	1.4	1.6	17.2	36.5	88.6
Juksan	1.7	3.9	5.2	6.0	10.8	24.5	87.0
Hachon	3.7	6.4	9.2	10.4	13.3	23.3	89.0
Whagye	2.8	4.9	10.3	11.0	9.7	16.7	93.6
Jinae	2.4	6.0	8.0	8.7	10.5	25.7	92.3
Unjung	1.2	2.8	3.8	4.2	10.7	25.3	92.5
Whansa	2.0	3.5	4.5	5.0	15.1	26.0	90.1
Seongbang	2.1	3.2	5.3	5.5	14.3	21.9	96.3
Daegok	1.6	3.5	3.8	4.5	13.3	29.2	85.8
Gamgok	1.2	2.5	3.2	3.4	13.3	27.9	92.4
Gobong	1.4	2.7	2.9	3.3	15.6	31.0	88.3
Jeonggok	1.0	2.2	2.5	3.0	12.7	27.3	83.8
Banggok	2.0	3.8	8.8	9.3	8.0	15.4	94.9
Migok	1.8	3.6	7.5	7.8	8.8	17.2	95.7
Wolgok	2.3	4.8	9.2	9.5	9.0	19.0	96.5
Massang	1.7	3.7	8.0	8.5	7.6	16.3	93.9
Garye	1.3	2.9	3.2	3.4	14.4	31.8	92.3
Unam	1.0	2.8	4.2	4.6	8.2	22.7	92.1
Jukjeon	0.9	3.1	5.0	5.4	6.1	21.5	93.8
Whajung	0.6	1.5	2.2	2.5	9.2	23.2	90.3
Mean	1.6	3.3	5.3	5.7	11.4	23.9	92.1
Standard deviation	0.7	1.1	2.5	2.6	3.2	5.9	3.2

Table 3. Average of BOD, COD, DOC, TOC and their decomposition efficiencies of agricultural streams in Gyeongnam province in different months.

Month	BOD	COD	DOC	TOC	BOD-C/TOC	COD-C/TOC	DOC/TOC
	----- mgO ₂ · L ⁻¹ -----		----- mgC · L ⁻¹ -----		----- % -----		
April	1.5±0.9 [†]	3.2±1.4	4.2±2.0	4.8±2.2	12.3±5.1	27.2±8.4	87.8±5.4
July	2.4±1.2	3.9±1.6	7.0±3.5	7.4±3.6	12.3±4.0	21.4±6.0	93.9±4.7
October	1.1±0.6	2.9±1.3	4.6±2.5	4.8±2.5	9.5±5.0	25.5±11.5	93.1±6.9

[†] Mean±Standard deviation.

Table 4. Correlation coefficients among four water quality indices.

	BOD	COD	DOC	TOC
BOD	1.000			
COD	0.849	1.000		
DOC	0.750	0.746	1.000	
TOC	0.761	0.763	0.995	1.000

대한 BOD의 평균 분해율은 9.5~12.3%로서 10월 채취시 9.5%로 가장 낮게 나타나 생물화학적으로 분해가 잘 되지 않는 물질이 많은 것으로 생각된다. TOC에 대한 COD의 평균 분해율은 21.4~27.2%로서 생물화학적으로 분해 가능한 것보다 2배 이상 높은 결과를 보였으며 7월 채취 시 21.4%로 가장 낮게 나타나 화학적으로 분해가 잘 되지 않는 물질이 많은 것으로 생각된다.

TOC에서 DOC가 차지하는 함량은 7월과 10월은 각각 93.9 및 93.1%로서 비슷하였고 4월은 87.8%로서 낮았다. Kim et al. (2007b)의 연구에 의하면 TOC에서 DOC가 차지하는 비율은 한강 수계에서 평균 68.1%라고 보고한 바 있는데 본 연구결과는 이들 결과보다는 높았다. 농업용 하천수는 시기별로 수중의 유기물 성질이 조금씩 다르다는 것을 예측할 수 있다. 하천에서 DOC 농도는 하천의 크기, 기후 및 유역의 특성 등 다양한 요인들에 따라 계절적 변동이 크며 온대 기후대에 속하는 하천에서 DOC 농도는 3~15 mgC L⁻¹ 범위이고 평균 농도는 7 mgC L⁻¹ 정도로 보고되고 있다 (Thurman, 1985). Malcolm and Durum (1976)은 미국의 주요 강과 하천에서 측정된 DOC는 3~4 mgC L⁻¹이고 강우량이 많은 온대 기후지역에서 강의 DOC는 7.6~32 mgC L⁻¹로서 변동이 크고 농도가 매우 높게 나타난다고 하였다. 경남지역 농업용 하천수의 시기별 DOC 농도는 4.2~7.0 mgC L⁻¹로 높지 않은 수준이었으며 봄과 가을은 미국의 하천과 비슷한 수준이고 여름이 7.0 mgC L⁻¹로서 조금 높은 경향을 보였다.

농업용 하천수 유기물 지표들간의 상관성 분석 농업용 하천수에서 유기물에 대한 지표인 BOD, COD, DOC 및 TOC 분석결과를 이용하여 상관관계를 분석한 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 TOC와 DOC가 0.995로 가장 높은 상관관계를 보였다. 이렇게 TOC와 DOC가 높은 상관을 보이는 이

유는 TOC에서 DOC의 비율이 87.8% 이상으로 높은 분석결과에서 비롯된다는 것을 알 수 있다. TOC와 BOD 및 COD의 상관계수는 각각 0.761 및 0.763으로 TOC와 DOC의 상관계수 0.995보다는 낮은 수준이지만 높은 상관관계가 있었다. 이러한 결과는 Lyu and Lee (2007)가 금강의 지류인 미호천을 대상으로 수질분석하고 TOC와 BOD의 상관계수를 구한 0.711과 Kim et al. (2007b)이 한강수계 주요하천의 TOC와 BOD 및 COD의 상관계수 각각의 값인 0.60 및 0.55보다는 약간 높은 상관관계를 보였다. BOD와 COD는 0.849의 상관관계를 보인 반면 TOC와 BOD 및 COD의 상관계수가 낮은 이유는 TOC 중에서 BOD와 COD의 분해율이 낮고 실제 난분해성 유기물이 존재하고 있기 때문으로 생각된다.

Conclusion

경남지역에서 농업용으로 사용하고 있는 하천수 39지점을 대상으로 4월, 7월 및 10월에 시료를 채취하여 수질오염 지표로 사용되고 있는 BOD, COD, DOC 및 TOC를 분석하였으며 BOD와 COD의 분해율을 조사하고 수질오염 지표들간의 상관관계를 분석하였다.

수질오염 지표와 관련된 항목을 4월, 7월 및 10월에 걸쳐 3회 분석한 BOD의 평균은 1.6 mg L⁻¹, COD는 평균 3.3 mg L⁻¹, DOC는 평균 5.3 mg L⁻¹, TOC는 평균 5.7 mg L⁻¹으로 측정되었다. TOC에 대한 BOD의 평균 분해율은 11.4%이었고, TOC에 대한 COD의 평균 분해율은 23.9%이었다. 시기를 달리하였을 때 BOD와 COD의 평균값은 7월에 각각 2.4 및 3.9 mg L⁻¹으로 가장 높았으며 10월에 1.1 및 2.9 mg L⁻¹으로 가장 낮게 나타났다. 시기별 TOC에 대한 COD의 평균 분해율은 11.4% 이었고, TOC에 대한 COD의 평균 분해율은 23.9%이었다. TOC는 4월과 10월의 평균 함량이 각각 4.8

mg L⁻¹으로 동일하였고, 7월에서 7.4 mg L⁻¹으로 가장 높았다. 농업용 하천수에서 유기물에 대한 지표인 BOD, COD, DOC 및 TOC를 분석하고 상관관계를 분석한 결과 TOC와 DOC가 0.995로 가장 높은 상관관계를 보였다. TOC와 BOD 및 COD의 상관계수는 각각 0.761 및 0.763이었다. BOD와 COD의 상관계수는 0.849이었다. BOD 및 COD는 TOC와 높은 상관관계가 있고 관계식을 구하여 적용하면 BOD와 COD로 TOC를 예측할 수 있을 것으로 생각한다.

References

- Amon, R.M.W. and R. Benner. 1994. Rapid cycling of high molecular weight dissolved organic matter in the ocean. *Nature*, 369:549-552.
- Byun, J.D., T.D. Kim, S.K. Lee, H.O. Kim, and J.L. Kim. 2009. Comparison of oxidation methods in analyzing total organic carbon. *J. Korean Soc. Environ. Anal.*, 12(3):172-176.
- Jung, Y.S., J.E. Yang, Y.K. Joo, J.K. Lee, Y.S. Park, M.H. Choi, and S.C. Choi. 1997. Water quality of streams and agricultural wells related to different agricultural practices in small catchments of the Han River Basin. *Kor. J. Environ. Agric.* 16(23):199-205.
- Kim, B.C., S.M. Jung, C.W. Jang, and J.K. Kim. 2007a. Comparison of BOD, COD and TOC as the indicator of organic matter pollution in streams and reservoirs of Korea. *Environmental Engineering Research*, 29(6):731-739.
- Kim, J.K., M.S. Shin, C.W. Jang, S.M. Jung and B.C. Kim. 2007b. Comparison of TOC and DOC distribution and oxidation efficiency of BOD and COD in several reservoirs and rivers in Han river system. *J. Korean Soc. Water Qual.*, 23(1):72-80.
- Lyu, J.H. and D.G. Lee. 2007. Inquiry of water environment in Mihocheon-water quality monitoring focused on TOC. *J. Korean Soc. Water Qual.*, Vol. 23(5):731-39.
- Malcolm, R.L. and W.H. Durum. 1976. Organic carbon and nitrogen concentrations and organic carbon load of six selected rivers of the United States. USGS Water Supply paper 1817-F.
- Matthews, R.W. 1992. Photocatalytic oxidation of organic contaminants in water : An aid to environmental preservation, *Pure & App. Chem.*, 64(9):1285-1290.
- McKnight, D.M., E.D. Andrews, S.A. Spaulding, and G.R. Aiken. 1994. Aquatic fulvic acids in algal rich antarctic pond. *Limnol. Oceanogr.* 39:1972-1979.
- Ministry of Environment. 2010. Korean standard methods for water quality. Gwacheon, Korea.
- Owens, N.J.R. 1987. Natural variation 15N in the marine environment. *Adv. Mar. Biol.* 24:390-451.
- Park, J.H., S.Y. Oh, B.K. Park, D.S. Kong, D.H. Rhew, and D.I. Jung. 2006. Applicable water quality indicators for watershed management. *Journal of Korean Society on Water Quality*, Vol. 22(6):1004-1013.
- Sawyer, C.N., P.L. McCarty, and G.F. Parkin. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science* (5th ed.), New York : McGraw-Hill.
- Thurman, E.M. 1985. *Organic geochemistry of natural water*. Dordrecht, The Netherland.
- Uhm, M.J., J.S. Choi, S.G. Han, K.C. Kim, and Y.H. Moon. 2000. Irrigation water qualities along Dongjin river watershed during 1994-1998. *Kor. J. Environ. Agric.* 19(2):110-115.
- Yun, S.G., J.S. Lee, G.B. Jung, M.K. Kim, S.J. Kim, M.H. Koh, and K.C. Eom. 2002. Evaluation of water quality characteristics on tributaries of Mankyong river watershed. *Kor. J. Environ. Agric.* 21(4):237-242.