



## 저작자표시-비영리 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

공학석사 학위논문

울산지역 폐수의 유기물 지표로서  
TOC 배출특성 연구

A Study on the Characteristics of TOC  
Emission on Organic Indicator  
Wastewater in Ulsan

울산대학교 산업대학원

환경공학전공

김 선 미

울산지역 폐수의 유기물  
지표로서 TOC 배출특성 연구

지도교수 이 병 규

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2020년 7월

울산대학교 산업대학원

환경공학전공

김 선 미

김선미의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원 박 흥 석 (인)

심사위원 경 대 승 (인)

심사위원 이 병 규 (인)

울산대학교 산업대학원

2019년 7월

## 국문요약

기존 물환경보전법에서 유기물질로 규제하는 항목으로 BOD와 COD<sub>Mn</sub>이 있었다. 반세기 만에 2020년 물환경보전법 수질오염물질 중 유기물질 측정지표가 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환되었다. 신규 폐수배출처리시설의 경우 2020년 1월 1일부터 적용하고, 기존폐수배출 시설의 경우 2022년 1월 1일부터 적용된다. 본 연구는 유기물질 측정지표가 전환되기 전, 울산지역에서 배출되는 산업폐수가 기준 이내로 적절히 처리되고 있는지를 확인하고 유기물질 측정지표의 전환 전후를 비교하여 폐수배출시설의 관리 현장 및 분석 현장에서 필요한 정보를 제공하고자 하였다. 20개의 업종으로 분류하여 362건의 폐수시료를 분석하였다.

총유기탄소(TOC)항목을 분석하여 2020년 배출허용기준으로 적용하였을 경우 분석시료 362건 중 6건이 기준 이상으로 조사되었으며, 화학적 산소요구량(COD<sub>Mn</sub>)도 기준이상인 것으로 나타났다. 지금까지 결과로 전체시료중의 98%가 TOC 산업폐수 규제기준으로 적용할 경우에는 대체적으로 기준을 만족하였다.

울산지역의 경우 COD<sub>Mn</sub>에 TOC의 비가 낮게 나오는 업종은 배출시설 가동에 유의해야 할 필요가 있다고 판단된다. 또한 COD<sub>Mn</sub>이 기준이상인 업종이 TOC도 기준이상으로 나와 현재 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환되는데 따른 큰 문제점은 없으나 울산지역 전체 폐수처리시설을 대상으로 향후 지속적인 모니터링은 필요한 것으로 판단된다.

# 목차

국문요약 .....	i
목차 .....	ii
List of Tables .....	iii
List of Figures .....	iv
1. 서론 .....	1
2. 이론적고찰 .....	2
2.1. 외국의 TOC 규제 기준과 우리나라 규제 기준 .....	2
2.2. 울산지역 폐수배출시설 현황 .....	3
2.3. 유기물질의 특성 .....	3
3. 연구결과 및 고찰 .....	6
3.1. 조사대상물질선정 .....	6
3.2. 연구대상 및 기간 .....	6
3.3. 분석방법 .....	7
4. 결과 및 고찰 .....	10
5. 결론 .....	21
참고문헌 .....	23
영문요약 .....	24

## List of Tables

<Table 1> 2019년 12월31일 까지 적용되는 항목별기준 .....	2
<Table 2> 2020년 1월1일부터 적용되는 항목별기준 .....	3
<Table 3> 울산지역 폐수배출시설 현황 .....	3
<Table 4> 공공폐수처리시설의 방류수 수질기준 .....	6
<Table 5> 수질오염물질의 배출허용기준 .....	6
<Table 6> 폐수배출시설 분류에 따른 시료의 분류 .....	7
<Table 7> 항목별 분석방법 .....	7
<Table 8> TOC 분석장비 및 Method .....	8
<Table 9> 분석항목 내부정도 관리 결과 .....	8
<Table 10> 폐수배출시설업종별 평균농도 .....	10
<Table 11> 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 .....	12
<Table 12> TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계 .....	13
<Table 13> 가 지역 폐수배출시설의 유기물질 평균 농도 .....	15
<Table 14> 나 지역 폐수배출시설의 유기물질 평균 농도 .....	16
<Table 15> 지역별 유기물질 평균농도 .....	16
<Table 16> 가 지역 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 ·	16
<Table 17> 나 지역 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 ·	17
<Table 18> 지역별 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 ·	17
<Table 19> 가 지역 TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계 .....	18
<Table 20> 나 지역 TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계 .....	18
<Table 21> 울산지역 별도허용기준이 되는 처리시설 수질기준 .....	19
<Table 22> 용암공공폐수처리시설 유기물질 농도 .....	19
<Table 23> 용암공공폐수처리시설 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 .....	20
<Table 24> 온산공공하수처리시설 유기물질 농도 .....	20
<Table 25> 온산공공하수처리시설 TOC에 대한 기존 유기물질 비율 .....	20

## List of Figures

<Fig 1> 총탄소중 유기탄소 및 무기탄소 분류 .....	4
<Fig 2> 업종별 BOD, COD <sub>Mn</sub> , TOC 농도 범위 및 평균 .....	11
<Fig 3> BOD와 TOC의 선형회귀식 .....	13
<Fig 4> COD와 TOC의 선형회귀식 .....	14



# 1. 서론

공공수역 수질을 사람의 건강과 동식물의 생육에 안전한 수준으로 관리하기 위하여 『물환경보전법』 제2조에 따라 관리대상 오염물질을 지정하고 있다. 수질오염 물질로는 유기물질, 유류, 불소화합물등 55종이 지정되어 있으며, 그 중 위해를 줄 우려가 높은 수은, 페놀 등 29종은 특정수질유해물질로 추가 지정되어 있다.<sup>1)</sup> 그 중 우리나라에서 산업폐수를 비롯하여 하천, 호소수 등 수환경중 유기물질의 오염도를 측정하는 지표로 지금까지 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>가 활용되어왔다.<sup>2)</sup>

공공수역의 수질관리를 위하여 주요 수질환경정책을 추진하면서 4대강 수계의 유기물질 측정값에서 BOD 농도는 지속적으로 감소하는 반면 COD<sub>Mn</sub>농도는 2003년 이후 증가하는 경향이 나타나고 있으며 COD<sub>Mn</sub>/BOD 값이 점차 증가하는 것으로 생물학적으로 분해하기 어려운 난분해성 유기물의 비율이 높아지는 것을 시사하였다.<sup>3)</sup> 난분해성 유기물질의 비율이 높아지면서 산화율이 낮은 COD<sub>Mn</sub>으로 유기물질 총량을 측정하지 못함에 따라 유기물질 관리에 한계가 나타났다.

10여년 전부터 이들 기준지표들이 가지고 있는 상대적으로 낮은 유기물질 산화율, 기기분석 적용의 어려움, 수은과 같은 2차 오염물질 발생등의 단점으로 지적되었고, 이의 대안으로 총 유기탄소(TOC)를 새로운 측정지표로 활용하고자 하는 논의가 이루어져 왔다.<sup>2)</sup>

이에 따라 물환경보전법 수질오염물질 중 유기물질 측정지표가 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환되었다. 신규 폐수배출처리시설의 경우 2020년 1월 1일부터 적용하고, 기존폐수배출시설의 경우 2022년 1월 1일부터 적용된다.

본 연구는 유기물질 측정지표가 전환되기 전, 지도점검에 의해 의뢰된 폐수에 대해 울산 지역에서 배출되는 산업폐수가 기준 이내로 적절히 처리되고 있는지를 확인하고 유기물질 측정지표의 전환 전후를 비교하여 폐수배출시설의 관리 현장 및 분석 현장에서 필요한 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 외국의 TOC 규제 기준과 우리나라 규제 기준

#### 2.1.1. 외국의 TOC 규제 기준

미국의 경우 NPDES 허가시스템 배출수 기준에 따라 장기적인 BOD와 TOC 상관성이 있으면 TOC 값으로 대체 가능 하고 염소 이온이 1000mg/L 이상 포함에 따른 COD<sub>Cr</sub>분석 불가시 등 예외시 적용(배출허용기준)이라 규정되어 있으며 독일의 경우 폐수시행령 허가기준에서 TOC 농도가 COD<sub>Cr</sub>값의 1/4배 이하인 경우 기준준수 판정(배출허용기준)하며, 53개 업종별 COD<sub>Cr</sub>값 제시(TOC 전환사용가능)를 하였다.<sup>3)</sup>

유기물질 15종에 대한 유기물 지표의 산화율을 조사한 결과를 보면 산화율 평균은 TOC(90.7%) > COD<sub>Cr</sub>(88.8%) > BOD(54.4%) > CODMn(30.8%)순 나타났다. <sup>2)</sup>

유기물 측정으로 이미 전세계적으로 통용되고 있는 COD<sub>Cr</sub>항목이 폐수를 측정하는데 오랜 기간 사용되고 있고 다른 항목에 비해 산화력이 높고 분석에 별다른 기계나 도구가 많이 필요하지 않아서 쉽게 분석이 가능할 뿐만 아니라 중크롬산칼륨법의 습식법은 위험성과 분석의 어려움이 크지만 국제적으로 널리 사용되고 있는 vial을 이용한 Kit의 경우, 비용이 저렴하고 쉽게 그리고 정확하게 측정이 가능하기에 전 세계적으로 보편적으로 사용되어 그 활용도가 높은 것이다.<sup>3)</sup>

#### 2.1.2. 우리나라 TOC 규제 기준

국내의 경우 10여년 전부터 이들 기존지표들이 가지고 있는 상대적으로 낮은 유기물질 산화율, 기기분석 적용의 어려움, 수은과 같은 2차 오염물질 발생등의 단점으로 지적되었고, 이의 대안으로 총 유기탄소(TOC)를 새로운 측정지표로 활용하고자 하는 논의가 이루어져 왔다<sup>2)</sup> 자료조사, 기술에 근거한 기준과 수질에 근거해 설정된 기준을 원칙으로 기준 검토를 하여 배출허용기준이 마련되었다.<sup>3)</sup>

Table 1. 2019년 12월31일 까지 적용되는 항목별기준

	1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 이상			1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 미만		
	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	화학적산소 요구량(mg /L)	부유물질량 (mg/L)	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	화학적산소 요구량(mg /L)	부유물질량 (mg/L)
청정지역	30이하	40이하	30이하	40이하	50이하	40이하
가지역	60이하	70이하	60이하	80이하	90이하	80이하
나지역	80이하	90이하	80이하	120이하	130이하	120이하
특례지역	30이하	40이하	30이하	30이하	40이하	30이하

Table 2. 2020년 1월1일부터 적용되는 항목별기준

	1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 이상			1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 미만		
	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	총유기탄소 량(mg/L)	부유물질량 (mg/L)	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	총유기탄소 량(mg/L)	부유물질량 (mg/L)
청정지역	30이하	25이하	30이하	40이하	30이하	40이하
가지역	60이하	40이하	60이하	80이하	50이하	80이하
나지역	80이하	50이하	80이하	120이하	75이하	120이하
특례지역	30이하	25이하	30이하	30이하	25이하	30이하

## 2.2. 울산지역 폐수배출시설 현황

『물환경보전법』 제33조에 따라 배출시설 설치 허가·신고를 받은 울산 지역의 사업장은 Table 3과 같다.

Table 3. 울산지역 폐수배출시설 현황

	폐수배출시설	백분율
1종	44	9.1%
2종	22	4.5%
3종	55	11.3%
4종	55	11.3%
5종	310	63.8%
합계	486	

## 2.3. 유기물질의 특성

### 2.3.1. 생물화학적산소요구량(BOD)

호기성미생물이 수중의 유기물을 분해·산화하는데 필요한 산소의 양을 BOD라고 한다. BOD의 경우 5일 BOD(BOD<sub>5</sub>)와 최종 BOD(BOD<sub>20</sub>, BOD<sub>U</sub>)로 구분된다. 일반적으로 BOD는 BOD<sub>5</sub>를 의미한다.

### 2.3.2. 화학적산소요구량(COD)

화학적 산화제를 사용하며 수중의 유기물질을 화학적으로 분해·산화 하는데 필요한 산소의 양을 COD라고 한다. 수질오염공정시험기준에서는 과망간산칼륨과 디크롬산칼륨을 산화제로 사용한다. 과망간산칼륨을 이용하는 COD<sub>Mn</sub>의 경우 산화율이 낮은 단점이있고, COD<sub>Cr</sub>의 경우 수은과 같은 2차 오염물질이 나오는 단점이 있다.

### 2.3.3. 총유기탄소량(TOC)

총탄소(TC)를 어떤 시료에 포함된 총탄소의 양이라 할 때 총유기탄소(TOC)와 총무기탄소(TIC)로 구분할 수 있다. 총유기탄소는 용존되거나 부유하는 물질과 결합하거나 시안산염, 탄소원자 및 황화시안산염을 포함하여 수중에 존재하여 유기적으로 결합한 탄소의 합이며, 용존 유기탄소(DOC)는 시안산염과 황화시안산염을 포함하여 공극 0.45 $\mu$ m의 막 여과재를 통과하는 탄소의 합이다. 총유기탄소는 비활성가스의 폭기를 이용하여 정화성유기탄소(POC)와 비정화성유기탄소(NPOC)로 구분하는데 일반적으로 정화성유기탄소는 휘발성유기물중의 유기탄소를 말하며, 비정화성유기탄소는 비활성가스의 폭기로 무기탄소를 제외한 남아있는 휘발되지 않는 유기탄소를 말한다.<sup>9)</sup>

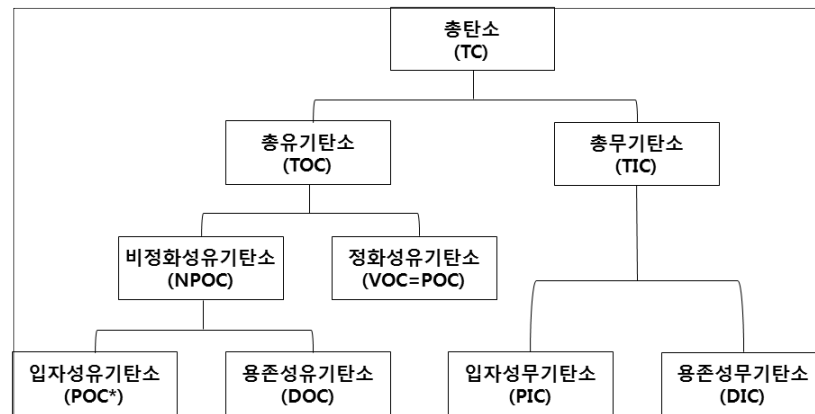


Fig 1. 총탄소중 유기탄소 및 무기탄소 분류

- ◎ 총탄소(Total carbon, TC): 유기탄소와 무기탄소의 합으로 모든 탄소량
- ◎ 총유기탄소(Total organic carbon, TOC): 유기분자들과 공유결합한 모든 유기탄소량
- ◎ 총무기탄소(Total inorganic carbon, TIC): 탄산염, 중탄산염, 그리고 용존 이산화탄소 등 모든 무기탄소량
- ◎ 비정화성유기탄소(Non-purgeable organic carbon, NPOC): 비활성화가스에 의해 제거되지 않고 남은 유기탄소량
- ◎ 정화성유기탄소(purgeable organic carbon, POC): 비활성가스로 제거 가능한 휘발성분의 유기탄소량(휘발성유기탄소 Volatile Organic carbon(VOC) 라고도 함)
- ◎ 입자성유기탄소(Particle organic carbon, POC\*): 용존유기탄소를 제외하고 남은 용존되지 않은 유기탄소량

- ◎ 용존성유기탄소(Dissolved organic carbon, DOC): 0.45 $\mu$ m 공극필터를 통과한 여액의 모든 유기탄소량
- ◎ 입자성무기탄소(Particle inorganic carbon, PIC): 용존무기탄소를 제외하고 남은 용존되지 않은 무기탄소량
- ◎ 용존성무기탄소(Dissolved inorganic carbon, DIC): 비활성가스로 제거 가능한 휘발성분의 무기탄소량<sup>9)</sup>

#### 2.3.4. 산화율 비교

유기화합물 15종에 대한 유기물지표의 산화율에 관한 연구결과를 찾아보면 항목별 평균 TOC(90.7%) > BOD(54.4%) > COD<sub>Mn</sub>(30.8%) 순으로 나타났다. BOD의 산화율은 대부분 50% 이상이였으며 전분이 40%, 벤젠이 24%로 비교적 낮은 산화율을 이었고 셀룰로오스와 에테르가 상당히 낮은 산화율을 나타내었다. COD<sub>Mn</sub>의 산화율을 보면 자당과 페놀이 70% 이상의 비교적 높은 산화율을 나타내며, 글루코스, 전분, 글리세린 및 에탄올이 40~70%의 다소 낮은 산화율을 나타내었으며, 셀룰로오스, 아세트산 및 에티르는 5.5% 이하로 특히 낮게 나타났다. TOC의 경우 에테르, 벤젠, 에틸아세테이트를 제외하고는 거의 100%에 가까운 산화율을 나타냈다. TOC에 비해 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 산화율이 낮은 것으로 나타났다.<sup>4)</sup>

### 3.연구 내용 및 방법

#### 3.1. 조사대상물질 선정

본 연구는 『물환경보전법 시행규칙』 [별표2] 수질오염물질에서 유기물질에 해당하는 COD(화학적 산소요구량), BOD(생물화학적 산소요구량), TOC(총 유기탄소)를 조사대상물질로 선정하였다.

TOC의 법적기준이 2020년 1월1일부터 개정되어 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 개정되었다. 신규 공공폐수처리시설 및 폐수배출시설의 경우 2020년 1월 1일부터 적용되며, 기존 공공폐수처리시설의 경우 2020년까지 유예, 폐수처리시설의 경우 2021년까지 유예 되었다. COD 및 TOC 배출허용기준은 Table 4 과 Table 5 같다.

Table 4 . 공공폐수처리시설의 방류수 수질기준

대상물질	I 지역	II 지역	III 지역	IV 지역
COD	20(40)	20(40)	40(40)	40(40)
TOC	15(25)	15(25)	25(25)	25(25)

※( )는 농공단지 공공폐수처리시설의 기준이다.

Table 5. 수질오염물질의 배출허용기준

대상물질	2000m <sup>3</sup> /일 이상 사업장				2000m <sup>3</sup> /일 미만 사업장			
	청정	가	나	특례	청정	가	나	특례
COD	40	70	90	40	50	90	130	40
TOC	25	40	50	25	30	50	75	25

#### 3.2. 연구대상 및 기간

본 연구의 연구대상시료는 울산지역에서 폐수배출시설 방류수를 대상으로 하였다. 2018년 2월부터 2019년 12월까지 지도점검 계획에 따라 의뢰된 시료를 조사하였다. 연구대상시료는 물환경보전법 시행규칙 [별표4] 폐수배출시설(제6조관련)의 폐수배출시설의 분류에 따라 분류하였으며 분류한 시료는 Table 6과 같다.

Table 6. 폐수배출시설 분류에 따른 시료의 분류

Code	폐수배출시설의 분류	합계	가	나	특례
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	8	0	8	0
B	26)석유정제품 제조시설	7	0	7	0
C	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	21	0	19	2
D	30)기타 기초 유기화학물질제조시설	13	0	12	1
E	31)기초무기화학물질제조시설	13	0	13	0
F	32)산업용가스 제조시설	24	0	24	0
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	3	0	3	0
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	10	0	9	1
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	5	0	5	0
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	8	0	8	0
K	49)화학섬유 제조시설	10	2	8	0
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	4	1	3	0
M	59)알루미늄 압연·압출 및 연신제품 제조시설	4	1	3	0
N	63)금속가공제품 제조시설	23	5	18	0
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	18	0	18	0
P	80)도금시설	5	0	5	0
Q	81)운수장비 수설 및 세차시설	100	2	98	0
R	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	65	34	31	0

### 3.3. 분석방법

수질 분석 항목은 TOC, BOD, COD<sub>Mn</sub>를 병행하였으며, 수질오염공정시험기준에 준하여 Table 7과 같이 분석하였다. 분석결과의 검증을 위해 분석항목과 장비에 대하여 내부정도관리를 실시하였다. 내부정도관리 실시 결과는 Table 9와 같다.

Table 7. 항목별 분석방법

분석항목	분석방법	수질오염공정시험기준
TOC	고온연소산화법	ES 04311.1c
BOD	생물화학적 산소요구량	ES 04305.1c
	용존산소-적정법	ES 04308.1e
COD <sub>Mn</sub>	산성과망간산칼륨법	ES 04315.1b
	알칼리성과망간산칼륨법	ES 04315.2b

Table 8. TOC 분석장비 및 Method

Item	Method	Equipment
TOC	NDIR(non-dispersive infrared)-	Shimadzu TOC-L

Table 9. 분석항목 내부정도 관리 결과

Compounds	MDL	LOQ	Accuracy	precision	결과
			목표값: ( )안의 값	목표값: ( )안의 값	
TOC	0.060	0.191	97.0 (80~120%)	1.3 (±20%이내)	만족
COD <sub>Mn</sub> -Titrimetric Method-Acidic Permanganate	-	-	108.09 (75~125%)	3.0 (±25%이내)	만족
COD <sub>Mn</sub> -Titrimetric Method-Alkaline Permanganate	-	-	96.38 (75~125%)	5.3 (±25%이내)	만족
BOD	-	-	102.8 (85~115%)	2.65 (±15%이내)	만족

### 1. TOC

TOC(총유기탄소; Total Organic Carbon)는 물속에 존재하는 총 유기물질을 간접적으로 측정하는 것이며, 시료에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 가한 후 pH<2이하로 하여 4℃로 보관한 시료를 균질화 하여, 2M 염산을 가한 후 포기에 의한 정화(purging)하고, 정화되지 않는 탄소 유기성탄소를 산화성 촉매를 이용하여 고온 반응기에서 연소시켜 시료중의 탄소를 CO<sub>2</sub>로 전환하여 검출부(NDIR이용)에서 비정화성 유기탄소(nonpurgeable organic carbon; NPOC) 정량방법을 이용하여 분석하였다. TOC analyzer(SHIMADZU TOC-L<sub>CPH</sub>)로 분석하였다.

### 2. BOD

BOD(생물화학적 산소요구량; Biochemical Oxygen Demand)는 물속에 존재하는 생물화학적산소요구량을 측정하기 위하여 시료를 20℃에서 5일간 배양할 때 시료중의 호기성 미생물의 증식과 호흡작용에 의하여 소비되는 용존산소의 양을 측정한다. 황산망간과 알칼리성요오드칼륨용액을 넣어 생기는 수산화제일망간이 시료 중의 용존산소에 의하여 산화되어 수산화제이망간으로 되고, 황산 산성에서 용존산소



량에 대응하는 요오드를 유리한다. 유리된 요오드를 티오황산나트륨으로 적정하여 용존산소량을

정량하는 방법인 적정법으로 분석하였다.

### 3. COD

COD(화학적산소요구량; Chemical Oxygen Demand)는 물속에 존재하는 유기물질을 산화제를 이용하여 유기물질을 간접적으로 측정하는 것이며, 염소이온 농도가 2000mg/L이상인 시료는 시료를 알칼리성으로 하여 60분간 수욕상에서 가열반응 시키고 요오드화칼륨 및 황산을 넣어 남아있는 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하는 알칼리성 과망간산칼륨법으로, 2000mg/L미만인 시료는 시료를 황산산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣어 30분간 수욕상에서 가열반응 시킨 다음 소비된 과망간산칼륨으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하는 방법인 산성 과망간산칼륨법으로 분석하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 배출실태조사

#### 4.1.1. 업종별 조사결과

##### 4.1.1.1. 업종별 평균농도

분류한 업종별로 유기물질의 평균농도를 Table 10. 에 정리하였다. 유기물질인 BOD, COD TOC는 업종별로 넓은 범위의 농도로 관찰되었다. Table 10. 결과를 보면 전체적으로 COD가 가장 높은 농도를 나타내었고, TOC, BOD순으로 나타났다.

Table 10. 폐수배출시설 업종별 평균농도

	폐수배출시설의 분류	BOD	COD	TOC
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	43.1	94.8	42.8
B	26)석유정제품 제조시설	3.4	8.2	6.7
C	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	9.3	28.3	28.8
D	30)기타 기초 유기화학물질제조시설	5.0	25.5	19.6
E	31)기초무기화학물질제조시설	22.2	41.8	28.8
F	32)산업용가스 제조시설	2.1	12.9	11.2
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	1.0	8.2	6.1
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	44.0	80.9	63.8
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	1.1	3.0	1.6
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	6.4	51.4	40.1
K	49)화학섬유 제조시설	16.4	48.5	38.3
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	2.7	24.8	16.2
M	59)알루미늄 압연·압출 및 연신제품 제조시설	18.0	25.1	15.7
N	63)금속가공제품 제조시설	4.7	12.6	1.7
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	6.3	24.3	15.9
P	80)도금시설	2.6	9.3	5.4
Q	81)운수장비 수설 및 세차시설	42.4	32.6	15.6
R	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	4.7	26.1	25.8

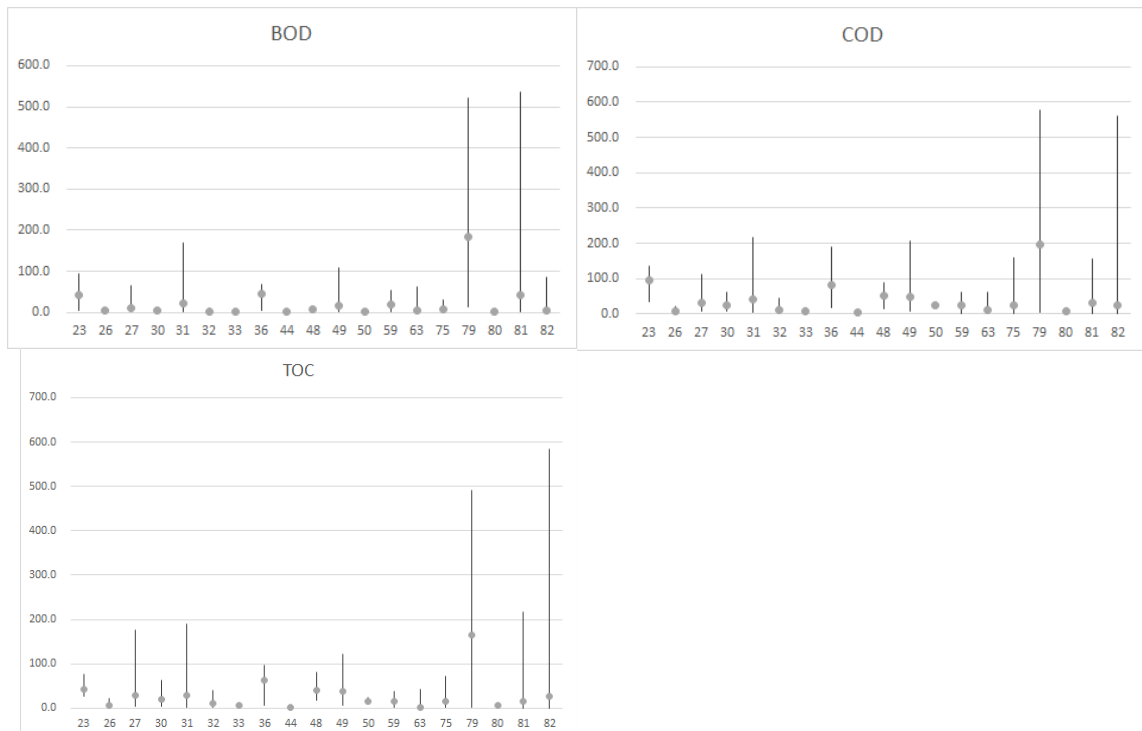


Fig2. 업종별 BOD, COD<sub>Mn</sub>, TOC 농도 범위 및 평균

#### 4.1.1.2. 업종별 분석항목간의 비율

TOC와 기존 유기물질인 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 평균비율을 Table 11. 에 정리하였다. BOD/TOC는 0.2~2.7, COD/TOC는 0.7~2.2로 나타났다. 전체적인 평균으로 보면 BOD/TOC는 0.7, COD/TOC는 1.5로 나타났다. 『물환경보전법 시행규칙』 [별표13] 수질오염물질의 배출허용기준에서 보면 BOD/TOC는 1.2~1.6, COD/TOC는 1.6~1.8의 비율로 나온다. "산업계 TOC 배출실태 조사와 규제기준 개선방안 연구 (2014, 국립환경과학원)" 결과 배출수는 BOD/TOC 비율은 0.4~1.1, 평균 0.7, COD/TOC 비율은 1.5~2.0, 평균 1.7로 나왔다. 본 연구 대상 시료와 비교해보면 울산지역 폐수의 BOD/TOC, COD/TOC비율은 더 넓은 범위로 나타났고, 평균은 비슷하게 나타났다.

Table 11. 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기준 유기물질 비율

	폐수배출시설의 분류	BOD/TOC	COD/TOC
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	1.0	2.2
B	26)석유정제품 제조시설	0.5	1.2
C	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	0.3	1.0
D	30)기타 기초 유기화학물질제조시설	0.4	1.4
E	31)기초무기화학물질제조시설	0.8	1.4
F	32)산업용가스 제조시설	0.2	1.1
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	1.2	1.3
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	0.7	1.3
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	0.7	1.9
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	0.2	1.3
K	49)화학섬유 제조시설	0.4	1.3
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	0.2	1.5
M	59)알루미늄 압연·압출 및 연신제품 제조시설	1.1	1.6
N	63)금속가공제품 제조시설	0.7	1.8
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	0.4	1.5
P	80)도금시설	0.5	1.7
Q	81)운수장비 수설 및 세차시설	2.7	2.1
R	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.2	1.0
	평균	0.7	1.5

#### 4.1.1.3. 업종별 상관관계

TOC와 기준 유기물질인 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 상관계수를 Table.12 에 정리하였다. BOD와 TOC의 전체 상관계수는 0.57, COD<sub>Mn</sub>와 TOC의 상관관계는 0.90이 나왔다. 전체적인 TOC와의 상관성은 BOD보다는 COD가 더 높은 결과를 보였다. 업종별로 보면 BOD와 TOC의 상관계수는 고무제품 및 플라스틱 제조시설, 기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설, 폐수처리업의 폐수 저장시설 및 폐기물 처리업의 폐수발생시설이 다른 업종에 비해 낮게 나타났다. COD<sub>Mn</sub>와 TOC의 상관계수는 가공염 및 정제염 제조시설, 석유화학계 기초화합물 제조시설, 합성수지 및 기타 플라스틱 제조시설이 다른 업종에 비해 낮게 나타났다. 일부 업종에서는 TOC와의 상관성이 BOD가 COD<sub>Mn</sub>보다 높은 경우도 있었다.

Table 12. TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계

	폐수배출시설의 분류	BOD:TOC	COD <sub>Mn</sub> :TOC
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	0.94	0.70
B	26)석유정제품 제조시설	0.92	0.88
C	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	0.77	0.51
D	30)기타 기초 유기화학물질제조시설	0.32	0.88
E	31)기초무기화학물질제조시설	0.97	0.98
F	32)산업용가스 제조시설	0.83	0.94
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	0.51	0.99
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	0.55	0.59
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	0.90	0.50
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	0.41	0.82
K	49)화학섬유 제조시설	0.83	0.87
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	0.29	0.92
M	59)알루미늄 압연·압출 및 연신제품 제조시설	0.98	0.99
N	63)금속가공제품 제조시설	0.91	0.87
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	0.48	0.99
P	80)도금시설	0.82	0.88
Q	81)운수장비 수선 및 세차시설	0.80	0.74
R	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.98	0.99
	전체	0.57	0.90

TOC와 기존 유기물질인 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 단순 회귀분석을 하였다. F값 및 P-value이 0.05 보다 낮게 나왔다. BOD와 TOC의 선형회귀식을 Fig.에, COD와 TOC의 선형회귀식은 Fig.에 나타냈다. BOD와 TOC의 결정계수(R<sup>2</sup>)를 보면 0.3319, COD<sub>Mn</sub>와 TOC의 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.8131이 나왔다. TOC의 설명력으로 보면 BOD보다는 COD<sub>Mn</sub>가 높았다.

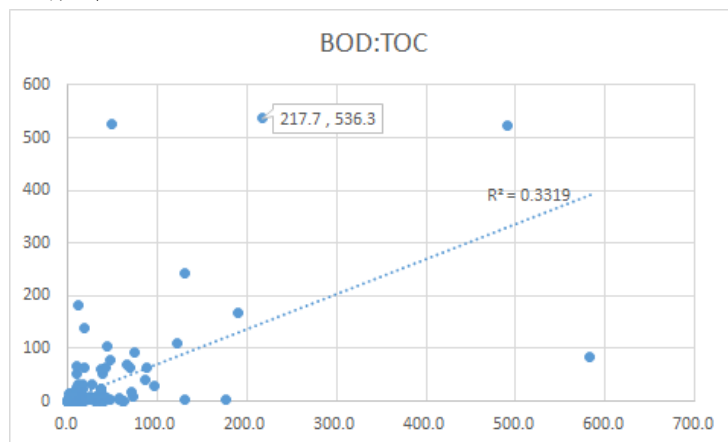


Fig 3. BOD와 TOC의 선형회귀식

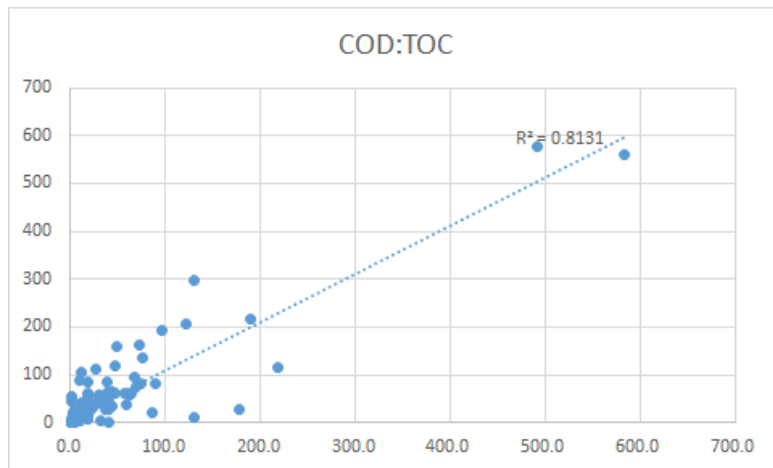


Fig 4.COD와 TOC의 선형회귀식

#### 4.1.2. 지역적용 지역구분에 적용 따른 결과

『물환경보전법 시행규칙』 [별표13] 수질오염물질의 배출허용기준에 따르면 청정지역은 「환경정책기본법 시행령」 별표 1 제3호에 따른 수질 및 수생태계 환경기준(이하 "수질 및 수생태계 환경기준"이라 한다) 매우 좋음(I a)등급 정도의 수질을 보전하여야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역을 말한다. 가지역은 수질 및 수생태계 환경기준 좋음(I b), 약간 좋음(II)등급 정도의 수질을 보전하여야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역을 말한다. 나지역은 수질 및 수생태계 환경기준 보통(III), 약간 나쁨(IV), 나쁨(V) 등급 정도의 수질을 보전하여야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역을 말한다. 특례지역은 환경부장관이 법 제49조제3항에 따른 공동처리구역으로 지정하는 지역 및 시장·군수가 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제8조에 따라 지정하는 농공단지를 말한다. 그중 울산은 청정지역은 두동면, 두서면, 웅촌면(통천리), 청량면(중리), 상북면(이천리)이고, 가지역은 삼남면, 삼동면, 온양면, 서생면, 언양읍, 웅촌면(통천리 제외), 청량읍(중리, 상남리중 울산석유화학단지 제외), 상북면(이천리제외)이며, 나지역은 청정지역과 가지역을 제외한 전역이다.

##### 4.1.2.1. 평균농도

본 연구 시료 중 지역별 시료 중 평균을 낼 수 있는 시료만을 정리하여 평균 BOD, COD, TOC의 농도를 Table 13 에 가 지역을 Table 14에 나 지역을 나타내었다. Table 13. 와 Table 14. 의 결과를 보면 보편적으로 COD가 가장 높은 농도를 나타내었고, TOC, BOD순으로 나타났다.

Table 13. 가 지역 폐수배출시설의 유기물질 평균 농도

	폐수배출시설의 분류	BOD	COD	TOC
N	63)금속가공제품 제조시설	16.3	19.3	13.3
S	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	1.5	3.6	3.7

Table 14. 나 지역 폐수배출시설의 유기물질 평균 농도

	폐수배출시설의 분류	BOD	COD	TOC
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	43.1	94.8	42.8
B	26)석유정제품 제조시설	3.4	8.2	6.7
C	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	9.2	28.3	28.8
D	30)기타 기초 유기화학물질제조시설	5.0	19.6	25.5
E	31)기초무기화학물질제조시설	22.2	41.8	28.8
F	32)산업용가스 제조시설	2.1	12.9	11.2
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	1.0	8.2	6.1
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	44.0	80.9	63.8
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	1.1	3.0	1.6
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	6.4	51.4	40.1
K	49)화학섬유 제조시설	16.4	48.5	38.3
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	2.0	22.1	14.8
N	63)금속가공제품 제조시설	1.8	9.1	6.2
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	6.3	24.3	15.9
Q	80)도금시설	5.4	9.3	5.4
R	81)운수장비 수설 및 세차시설	42.4	32.6	15.6
S	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	1.2	3.3	2.3

Table 15. 지역별 유기물질 평균농도

	BOD	COD	TOC
가	9.7	11.6	9.1
나	11.2	24.6	17.5

#### 4.1.2.2. 분석항목간의 비율

TOC와 기존 유기물질인 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 평균비율을 Table 16. 에 정리하였다. 가 지역의 경우 BOD/TOC는 0.4~1.2 COD/TOC는 1.0~2.0으로 나타났다. 전체적인 평균으로 보면 BOD/TOC는 0.8, COD/TOC는 1.5로 나타났다. 나지역의 경우 BOD/TOC는 0.1~2.7 COD/TOC는 1.0~2.2으로 나타났다. 전체적인 평균으로 보면 BOD/TOC는 0.8, COD/TOC는 1.5로 나타났다

Table 16. 가 지역 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율

	폐수배출시설의 분류	BOD/TOC	COD/TOC
N	63)금속가공제품 제조시설	1.2	1.5
S	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.4	1.0
	평균	0.8	1.3



Table 17. 나 지역 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율

	폐수배출시설의 분류	BOD/TOC	COD/TOC
A	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	1.0	2.2
B	26)석유정제품 제조시설	0.5	1.2
C	27)석유화학계 기초화학물 제조시설	0.3	1.0
D	30)기타 기초 유기화학물제조시설	0.2	0.8
E	31)기초무기화학물질제조시설	0.8	1.5
F	32)산업용가스 제조시설	0.2	1.2
G	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	0.2	1.3
H	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	0.7	1.3
I	44)가공염 및 정제염 제조시설	0.7	1.9
J	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	0.2	1.3
K	49)화학섬유 제조시설	0.4	1.3
L	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	0.1	1.5
N	63)금속가공제품 제조시설	0.3	1.5
O	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	0.4	1.5
Q	80)도금시설	1.0	1.7
R	81)운수장비 수설 및 세차시설	2.7	2.1
S	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.5	1.4
	평균	0.6	1.5

Table 18. 지역별 폐수배출시설 업종별 TOC에 대한 기존 유기물질 비율

	BOD/TOC	COD/TOC
가	0.8	1.3
나	0.6	1.5

#### 4.1.2.3. 기준적용지역 상관관계

기준적용지역을 구분하여 TOC를 기존 유기물질인 BOD와 COD<sub>Mn</sub>의 상관계수를 Table. 에 정리하였다. 가지역의 BOD와 TOC의 상관계수는 0.96, COD<sub>Mn</sub>와 TOC의 상관관계는 0.92이 나왔다. 기준적용지역에서의 TOC와의 상관성은 BOD, COD<sub>Mn</sub>가 높게 보였다. 나지역에서 BOD와 TOC의 상관계수는 0.61, 나지역 COD<sub>Mn</sub>와 TOC의 상관관계는 0.84이 나왔다. 가지역 나지역 모두 TOC와의 상관성은 BOD보다는 COD<sub>Mn</sub>가 더 높은 경향을 보였다.

나지역에서 가공염 및 정제염 제조시설과 석유화학계기초화학물 제조시설의 경우 TOC와 COD<sub>Mn</sub>과의 상관성이 다른 업종에 비해 낮게 나타났다.

Table 19. 가 지역 TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계

	폐수배출시설의 분류	BOD:TOC	COD:TOC
O	63)금속가공제품 제조시설	0.99	0.99
T	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.72	0.81

Table 20. 나 지역 TOC에 대한 BOD와 COD 상관관계

	폐수배출시설의 분류	BOD:TOC	COD:TOC
B	23)펄프·종이 및 종이제품 제조시설	0.94	0.70
C	26)석유정제품 제조시설	0.94	0.90
D	27)석유화학계 기초화합물 제조시설	0.85	0.51
E	30)기타 기초 유기화학물제조시설	0.57	0.98
F	31)기초무기화학물질제조시설	0.97	0.98
G	32)산업용가스 제조시설	0.82	0.94
H	33)합성염료, 유연제 및 기타 착색제 제조시설	0.51	0.99
I	36)합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	0.56	0.83
J	44)가공염 및 정제염 제조시설	0.90	0.50
K	48)기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	0.74	0.83
M	50)고무제품 및 플라스틱 제조시설	0.14	0.98
O	63)금속가공제품 제조시설	0.14	0.99
P	75)폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	0.52	0.99
S	81)운수장비 수설 및 세차시설	0.95	0.92
T	82)제1호부터 제81호까지의 분류에 속하지 아니하는 시설	0.97	0.71

### 4.1.3. 별도 배출허용 기준이 적용되는 처리시설

수질오염물질이 배출허용 기준 중 별도배출허용기준이 적용되는 용암공공폐수처리 시설(석유화학단지)과 온산공공하수처리시설(온산국가산업단지)로 유입되는 배출시설의 기준은 Table 과 같다. 2018년~2019년에 의뢰된 폐수 중 별도 기준이 적용되는 방류수를 비교해보았다. 분석결과 기준을 넘는 시료는 0건으로 나타났다

Table 21. 울산지역 별도허용기준이 되는 처리시설 수질기준

배출시설위치	처리시설	BOD	COD	TOC
울산석유화학단지	울산용암공공폐수처리시설	600	570	320
온산국가산업단지	온산공공하수처리시설	200	250	140

#### 4.1.3.1. 용암공공폐수처리시설

##### 4.1.3.1.1. 용암공공폐수처리시설 평균농도

용암공공폐수처리시설으로 유입되는 시료의 분석결과의 업종별 평균은 Table 22에 나타내었다. 연계처리 되는 폐수의 경우 배출허용기준이 일반 폐수에 비해 높은 거에 평균이 높게 나타났다.

Table 22. 용암공공폐수처리시설 유기물질 농도

	BOD	COD	TOC
석유화학계 기초화합물 제조시설	12.7	56.3	57.6
기타 기초무기화합물 제조시설	14.5	30.5	11.3
기타 기초유기화합물 제조시설	10.0	17.8	6.6
합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	140.2	154.9	113.9

#### 3.2.3.1.2. 용암공공폐수처리시설 분석항목간의 비율

용암공공폐수처리시설으로 유입되는 시료의 분석항목간의 비율을 Table 23에 나타내었다. 배출허용기준과 비교하였을 때 차이를 보였다. 하지만 기준이 큰 만큼 다양한 농도의 폐수의 유입으로 인해 평균 의한 비율로 표현할 때 오류가 발생하는 것으로 생각된다. 석유화학계 기초화학물질제조시설의 경우 BOD/TOC 0.8~1.2, COD/TOC 0.7~2.5, 기타기초무기화합물 제조시설의 경우 BOD/TOC 0.1~2.5, COD/TOC 1.6~3.8, 기타기초유기화합물제조시설의 경우 BOD/TOC 1.7~2.3, COD/TOC 1.5~9.1, 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설의 경우 BOD/TOC 0.3~1.6, COD/TOC 1.0~1.9로 나타났다.

Table 23. 용암공공폐수처리시설 TOC에 대한 기존 유기물질 비율

	BOD/TOC	COD/TOC
석유화학계 기초화합물 제조시설	0.2	1.0
기타 기초무기화합물 제조시설	1.3	2.7
기타 기초유기화합물 제조시설	1.7	2.7
합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조시설	1.2	1.4
배출허용기준	1.88	1.78

### 4.1.3.2. 온산공공하수처리시설

#### 4.1.3.2.1. 온산공공하수처리시설 평균농도

온산공공하수처리시설으로 유입되는 시료는 용암공공폐수처리시설로 유입되는 시료에 비해 다양한 업종이었다. 업종별로 분류하여 하기에는 어려움이 있었다.

Table 24. 온산공공하수처리시설 유기물질 농도

	BOD	COD	TOC
기타 기초무기화합물 제조시설	41.6	58.1	42.4
기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	34.4	33.0	42.7

#### 4.1.3.2.2. 온산공공하수처리시설 분석항목간의 비율

Table 25. 온산공공하수처리시설 TOC에 대한 기존 유기물질 비율

	BOD/TOC	COD/TOC
기타 기초무기화합물 제조시설	1.0	1.4
기타 분류되지 아니한 화학제품 제조시설	0.8	0.8
배출허용기준	1.4	1.8

## 5. 결 론

난분해성 유기물질의 비율이 높아지면서 산화율이 낮은 COD<sub>Mn</sub>으로 유기물질 총량을 측정하지 못함에 따라 유기물질 관리에 한계가 있다. 이에 따라 물환경보전법 수질오염 물질 중 유기물질 측정지표가 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환되었다. 신규 폐수배출처리시설의 경우 2020년 1월 1일부터 적용하고, 기존폐수배출시설의 경우 2022년 1월 1일부터 적용된다. 유기물질 측정지표가 전환되기 전, 폐수 358건에 대해 울산지역에서 배출되는 산업 폐수가 기준 이내로 적절히 처리되고 있는지를 확인하고 유기물질 측정지표의 전환 전후를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존 유기물질 지표와 TOC의 상관성을 2020년 시행된 TOC기준으로 비교해 보면 BOD와 TOC비는 대상규모 및 지역구분에 따라 1.2 ~ 1.6, COD<sub>Mn</sub>과 TOC의 비는 1.6 ~ 1.8로 확인되었다.
2. 2019년 연구대상 폐수 기준으로 BOD와 TOC의 전체 평균 비는 0.7, COD<sub>Mn</sub>과 TOC의 전체 평균비는 1.5로 나타났다. BOD와 TOC의 상관계수는 0.57이었고, COD<sub>Mn</sub>과 TOC의 상관계수는 0.90이었다. COD<sub>Mn</sub>가 BOD에 비해 TOC와의 상관성이 높은 것으로 보였다.
3. 연구대상 시료를 폐수배출시설 19개 업종으로 분류하여 COD<sub>Mn</sub>과 TOC의 비를 비교한 결과, 석유화학계 기초화학물 제조시설 1.0, 제1호부터 제81호까지 분류에 속하지 아니하는 시설 1.0, 산업용가스 제조시설 1.1로 다른 업종들보다 낮아 이들 업종은 TOC가 COD<sub>Mn</sub>에 비해 높게 나오는 것을 확인하였다.
4. 총유기탄소(TOC)항목을 2020년 배출허용기준으로 적용하였을 경우 분석시료 362건 중 6건이 기준 이상으로 조사되었으며, 화학적 산소요구량(COD<sub>Mn</sub>)도 기준이상인 것으로 나타났다. 지금까지 결과로 전체시료중의 98%가 TOC 산업폐수 규제기준으로 적용할 경우에는 대체적으로 기준을 만족하였다.
5. 울산지역의 경우 COD<sub>Mn</sub>에 TOC의 비가 낮게 나오는 업종은 배출시설 가동에 유의해야 할 필요가 있다고 판단된다. 또한 COD<sub>Mn</sub>이 기준이상인 업종이 TOC도 기준이상으로

나와 현재 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환되는데 따른 큰 문제점은 없으나 울산지역 전체 폐수 처리시설을 대상으로 향후 지속적인 모니터링은 필요한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 환경부: “환경백서” (2019)
2. 국립환경과학원: “산업폐수 중 TOC 적정처리 기술평가 연구” (2015)
3. 환경부: “산업폐수 TOC 배출허용기준 설정방안 연구” (2015)
4. 환경부 : “산업계 TOC 배출실태 조사와 규제기준 개선 방안 연구” (2014)
5. 환경부 : 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 [별표 4]
6. 환경부 : 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 [별표 13]
7. 낙동강유역환경청고시 : 수질오염물질의 배출허용기준 중 별도배출허용기준 '(제 2020-11호)
8. 환경부: 수질오염물질 지정 등에 관한 지침 (2018)
9. 국립환경과학원: “폐수배출시설 TOC 조사지침서 ” (2014)

## Abstract

BOD and COD<sub>Mn</sub> were regulated as organic substances in the existing water environment conservation law. Within a half century, the indicators for measuring organic substances among water pollutants in the Water Environment Conservation Act 2020 were converted from COD<sub>Mn</sub> to TOC. The new wastewater discharge facility will be applied from January 1, 2020, and the existing wastewater discharge facility will be applied from January 1, 2022. This study was intended to ensure that industrial wastewater discharged from Ulsan was properly treated within the standard before and after the conversion of organic material measurement indicators, and to provide necessary information at the management and analysis sites of wastewater discharge facilities. It classified into 20 industries and analyzed 362 wastewater samples.

When the Total organic carbon (TOC) item was analyzed and applied as the emission limit in 2020, 6 out of 362 analysis samples were investigated above the standard, and the chemical oxygen demand (COD<sub>Mn</sub>) was also above the standard. As a result, when 98% of all samples were applied as TOC industrial wastewater regulation standards, the criteria were generally satisfied.

In the case of Ulsan, it is considered that the industries with low TOC ratio in COD<sub>Mn</sub> need to pay attention to the operation of discharge facilities. In addition, the industry with COD<sub>Mn</sub> more than the standard is also higher than the standard, so there is no major problem in converting from COD<sub>Mn</sub> to TOC.