

---

수질오염물질

# 유기물 지표의 전환 방안(안)

[ 화학적산소요구량(COD<sub>Mn</sub>) → 총유기탄소량(TOC) ]

---

2019. 8.30

환경부 수질관리과

# 목 차

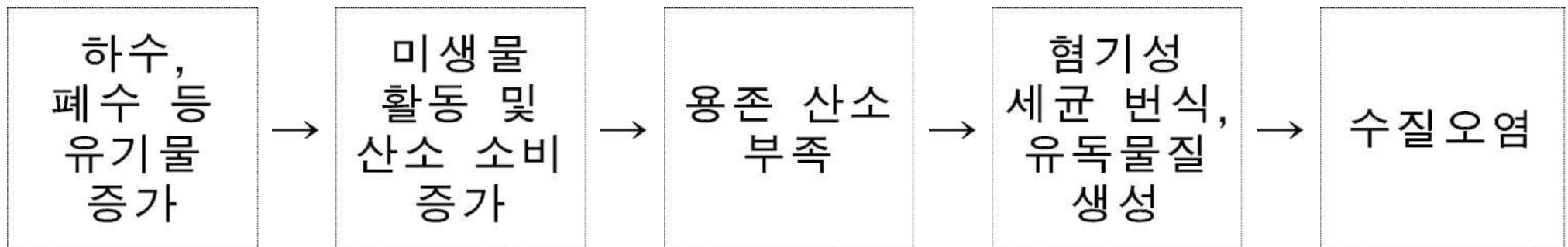
I. 유기물질 및 측정지표 .....	3
II. 전환 배경 .....	7
III. 그간의 추진경과 .....	8
IV. 이해관계장 입장 등 .....	9
V. 유기물 지표 전환 방향 .....	10
VI. 도입방안 .....	11
VII. 기술·정책 지원 방안 .....	14
VIII. 향후 일정 .....	15
[참고] COD 및 TOC 비교 분석 등 .....	16
[붙임1] TOC <sub>Mn</sub> 기준 적용 일정 .....	20
[붙임2] 질의응답 .....	21

# I 유기물질 및 측정지표

## 1. 유기물질

- ◆ 보통 유기화합물(Organic Compounds)을 말하며 C, H, O, N 으로 구성된 탄소화합물로서 모든 유기생명체를 구성하는 기본 물질
- ◆ 유기물질은 물환경보전법의 수질오염물질 58개 중의 하나로 오염도를 측정하는 지표로는 BOD와 COD<sub>Mn</sub>임 (COD<sub>Cr</sub> : 폐기물관리법 침출수)

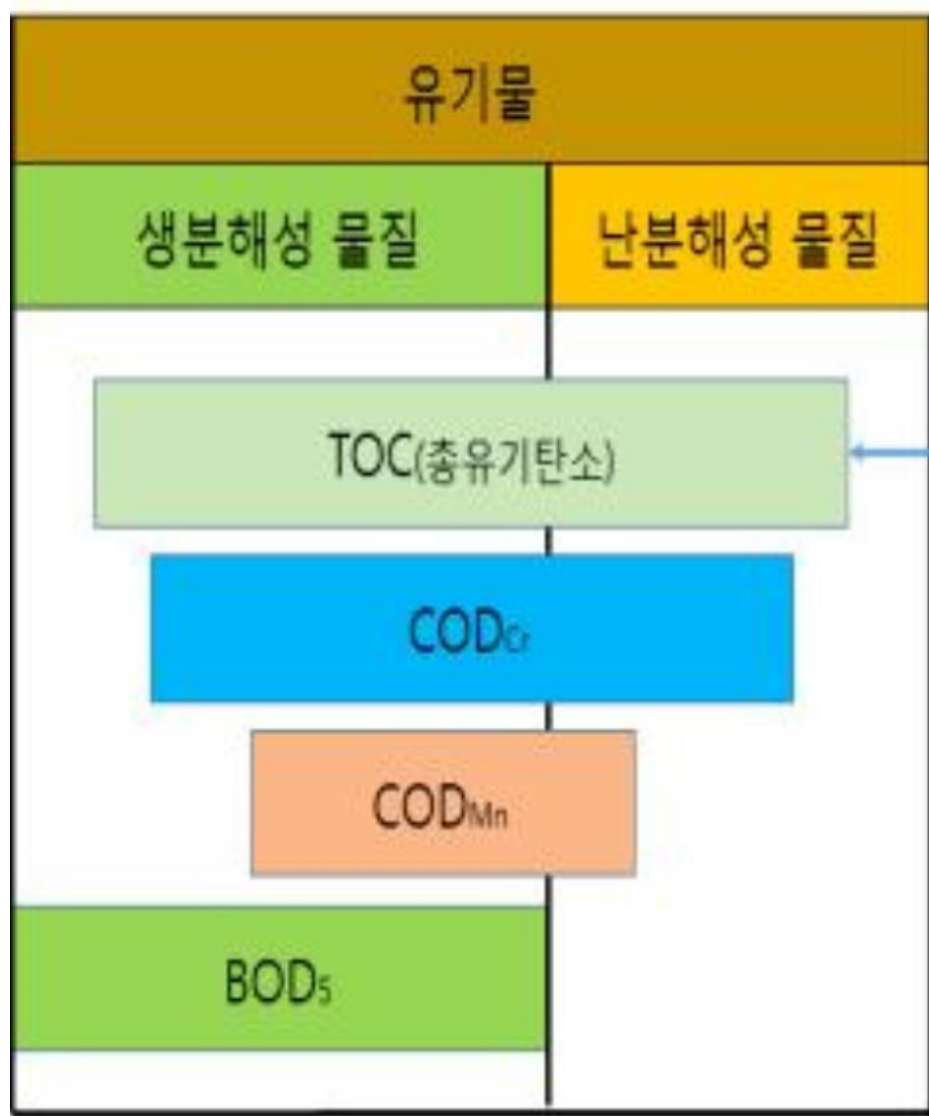
<유기물에 의한 수질오염>



## 2. 유기물 측정 지표

구분		BOD	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TOC
측정 원리		유기물 산화시 <u>미생물 호흡으로 소비된 산소량</u> 측정	유기물 산화시 <u>소비된 산화제량(산소량)</u> 측정		유기물 내 <u>탄소량 직접 측정</u> ※ C를 CO <sub>2</sub> 로 전환하여 측정
분석	산화제	호기성 미생물 (20℃, 5일간 배양)	과망간산칼륨 (95℃가열)	중크롬산칼륨 (140℃ 가열)	고온연소산화(550℃), 습식산화방식 등
	장비	실험기구			TOC 분석장비
	결과값	<u>산소량</u> mg/L			<u>탄소량</u> mg/L

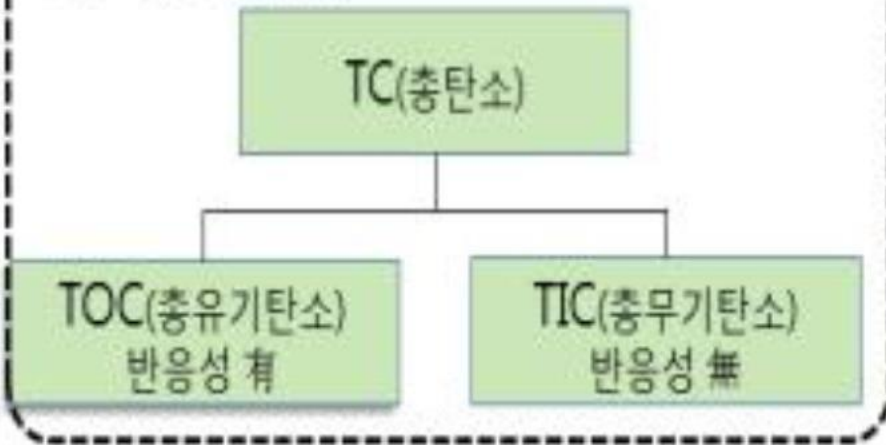
구분		BOD	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TOC
측정	대상	저분자* 유기물 * 포도당, 지방 등	저분자 및 고분자* 유기물 * 합성수지, 천연고무, 섬유소 등 분자량이 1만 이상 등으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질		
	범위 (경험적)	20-40%	30-60%	90% 이상	90% 이상
		예) 전분(C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )에 대한 분석 결과(일본 논문) * BOD : 460mg/L, COD <sub>Mn</sub> : 653mg/L, COD <sub>Cr</sub> : 930mg/L 이론적 산소요구량 : 1,070mg/L			
방해 물질	고분자 유기물 등	염소(Cl <sup>-</sup> ) 등	염소, 아질산성 이온(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) 등	무기물 등	
특징		하천 환경을 실험실에서 재현	우리나라·일본 통용 오염물질 배출	국제 통용성 오염물질 배출	신속·다량·자동화 장비구입·유지



TOC의 의미

총탄소(TC)는 총유기탄소(TOC)와 총무기탄소(TIC)로 구성, 이 중에서 반응성이 없는 총무기탄소를 제외한 물질을 총유기탄소라 함

총유기탄소는 반응성이 있어 수질 오염의 척도로 쓰임



## II

## 전환 배경

- ◆ COD<sub>Mn</sub>은 산화율이 낮아 난분해성 유기물질까지 포함한 전체 유기물질 총량을 측정하지 못함에 따라 유기물질 관리에 한계

※ 일반적 분석범위 : BOD 30% 내외(5일), COD<sub>Mn</sub> 50%(1시간), COD<sub>Cr</sub> 90% 이상 (3시간), TOC 90% 이상(실시간)

- ◆ 공공수역(하천, 호소)에 설정된 TOC 생활환경 기준과 연계한 체계적인 유기물 관리를 위해 점오염원에 대한 TOC 기준 도입 필요

※ 공공수역은 TOC 수질기준을 도입('13.1월)하여 적용중('16.1월)

- ◆ 수질 분석 및 수질자동측정기기 등의 선진화된 기술·제도도입으로 정부 및 민간의 수질관리의 효율성과 수질개선 효과 제고 필요

### III 그간 추진 경과

1. TOC 규제기준 도입을 위한 기본계획 연구('12)
2. TOC 배출기준 마련을 위한 업종별 배출 실태조사('12~'14)

※ 640여 개 배출시설에 대해 BOD, COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub> 및 TOC 조사·분석

구분	폐수배출시설						공공폐수처리시설		
	계	1종	2종	3종	4종	5종	계	국가산단	지방산단
'12~'14	606	138	125	163	126	54	37	7	30

3. 산업폐수 TOC 배출허용기준 설정방안 연구('15)
4. 산업계 간담회('15.3~4) 및 전문가 자문회의('16.3, '17.5) 개최
5. 지자체 회의('17.5, '17.6)
6. 산업계 의견수렴('17.8, '17.9) 및 설명회('18.6)



## IV 이해관계자 입장 등

1. (학계·전문가) 측정범위가 넓은 선진 지표로서 신속·간편
2. (산업계) 신규 지표 도입에 따른 추가 처리비용 부담
3. (해외) COD<sub>Cr</sub>을 산업폐수 기본 항목으로 관리
  - TOC와 유사한 범위로 유기물을 측정하는 COD<sub>Cr</sub> 을 이미 사용하고 있어, 추가 중복적인 유기물 지표(TOC) 도입에 소극적

국가	기준유형	관련근거	주요내용
독일	허가기준	폐수시행령	TOC 농도가 COD <sub>Cr</sub> 값의 1/4배 이하인 경우 기준준수 판정(일부업종은 1/3배)
미국	배출수기준	Effluent Guideline	장기적인 BOD와 TOC 상관성이 있으면 TOC 값으로 대체 가능

## V

## 유기물 지표 전환 방향

산업폐수 유기물의 효과적 관리와 도입 부담 최소화를 위해  
현행 지표 중  $COD_{Mn}$ 을 TOC로 대체, BOD는 그대로 유지

1. TOC 생활환경기준 달성을 위한 효과적인 산업폐수 유기물 관리 등을  
위해  $COD_{Mn}$ 을 제외하고 TOC를 도입

※  $COD_{Cr}$ 도 TOC와 유사한 측정 정확도를 보이거나 국내 생활환경기준과 연계불가, 2차 수질  
오염(크롬 4mg, 수은 540mg 배출) 우려 등을 고려 시 도입 타당성 부족

2. BOD는 하천에서 미생물에 의한 유기물 분해 과정을 실험실에서 재현한  
유기물 기본 지표로 현행 유지(생분해성 유기물의 정량화)

## VI

## 도입방안(안)

## 1. 적용기준(도입 부담 최소화와 실효성 제고 우선)

## &lt;폐수배출시설&gt;

- 폐수 배출수의  $COD_{Mn}$  농도가 TOC의 1.8배로 측정됨에 따라 TOC :  $COD_{Mn}$ 의 전환비율, TOC 농도 등을 참고하여 TOC 배출 허용기준(안) 설정

구분(mg/L)	2,000톤/일 이상 사업장				2,000톤/일 미만 사업장			
	청정	가	나	특례	청정	가	나	특례
현 $COD_{Mn}$ 기준	40	70	90	40	50	90	130	40
TOC 기준안	25	40	50	25	30	50	75	25

## <공공 폐수처리시설 방류수 수질기준>

- 방류수의 COD<sub>Mn</sub> 농도가 TOC의 1.3배로 측정됨에 따라 TOC : COD<sub>Mn</sub>의 전환비율 및 TOC 농도 등을 참고하여 방류수 수질기준 (안) 설정

구분(mg/L)	I 지역	II 지역	III 지역	IV 지역
현 COD <sub>Mn</sub> 기준	20	20	40	40
TOC 기준(안)	15	15	25	25

※ III, IV 지역은 폐수배출시설의 배출허용기준 수준으로 강화

## 2. 도입 일정(안정적 도입 우선, 신규('20)와 기존(유예) 분리)

- 기존 공공폐수처리시설은 1년 유예('20) ⇒ '21년 시행
- 1~5종 폐수배출시설(사업장)은 2년 유예('20~'21) ⇒ '22년 시행
- 수질자동측정기기(TMS)는 '23.6월까지 장비 설치\* ⇒ '24년 시행(측정값활용)

\* 정도검사, 확인검사 등 사전 행정절차도 완료

### < TMS 수질측정 방법 : 공공 폐수처리시설 >

19년	20년	21년	22년	23년	24년
기준	COD	TOC	TOC	TOC	TOC
측정	TMS	수분석	수분석	수분석	TMS

### <TMS 수질측정 방법 : 폐수배출시설 >

19년	20년	21년	22년	23년	24년
기준	COD	COD	TOC	TOC	TOC
측정	TMS	TMS	수분석	수분석	TMS

## VII

## 지원 방안(안)

### 1. 기술·정책 지원 방안[기업의 사전 노력(조사·측정 등) → 지원]

- (추진배경) 일부 기업의 경우 처리기술 한계 및 전문인력 부족 등으로 난분해성 유기물질 처리 등 애로
- (지원계획) 일반형 기술지원 + 협력형 기술 지원
  - (일반형) 3-5종 중심, 환경공단+전문가
  - (협력형) 1-2종 중심, 민간기업+환경부·과학원+환경공단+전문가
- (후속) 기술지원 결과를 토대로 제도개선 추진

### 2. 홍보 방안

- TOC 추가 설명회(5종 중심, '19.11월, 대전 통계교육원)
- TOC 처리기술 연찬회( 20년)

## 1. 관련 법령 개정 추진('19)

- 「물환경보전법 시행규칙」 공포

## 2. 기술서 제공 및 기술지원('20~'21)

< TOC 도입 로드맵 >

구분		'19		'20		'21	'22	'23	'24
		상	하	상	하				
법령 개정	법령 개정		■						
	기술서 제공			■					
시행 준비	기술 지원				■	■			
	공공폐수					■	■	■	■
시행	1~5종						■	■	■

분석 1 유기물 처리효율

⇒ COD<sub>Mn</sub> 및 TOC의 폐수배출시설 평균 처리효율은 각각 76.6%와 75.3%로, 현 수처리 방법으로도 COD<sub>Mn</sub>과 유사 수준으로 TOC 처리

< 실태조사 결과 평균 처리효율 비교 >

구분		COD <sub>Mn</sub>	TOC	COD <sub>Cr</sub>	BOD
폐수배출시설 (6백 여 개 사업장)	평균 처리효율(%)	76.6	75.3	77.6	81.8
공공폐수시설 (37개 사업장)	평균 처리효율(%)	90.1	88.6	92.1	97.6

\* 처리효율 : (유입수-배출수)/유입수



< 주요 처리방법별 평균 처리효율 비교 >

구분	처리방법*	평균처리효율 (%)			
		COD <sub>Mn</sub>	TOC	COD <sub>Cr</sub>	BOD
폐수 배출시설	물리+화학+생물	88.7	88.7	90.3	93.0
	물리	64.7	69.9	67.3	67.3
	물리+화학	54.8	55.6	57.2	61.4
공공폐수 처리시설	고도처리	91.7	90.0	93.3	98.2
	활성슬러지	88.4	87.1	90.9	97.0

\* (물리) 침사·응집·여과, (화학) 중화·살균·산화, (생물) 폭기·혐기·호기 등

⇒ TOC 처리 효율이 낮거나 기술 적용이 어려운 사업장은, 해당 시설에 대한 처리기술서, 현장 기술지원 등 제공 계획

## 분석 2 유기물 배출 농도 편차

⇒ COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>, TOC 등 유기물 지표가 전반적으로 최소·최대값 편차가 크며, TOC 또한 비슷한 수준을 보임

< 폐수배출시설 배출수의 유기물 농도 표준편차 등 >

배출수 농도(mg/L)	COD <sub>Mn</sub>	TOC	COD <sub>Cr</sub>	BOD
최소	0.4	0.7	1.0	0.1
최대	5,174.0	1,937.2	6,272.0	5,070.0
평균	70.4	45.6	147.1	41.7
표준편차	214.1	125.4	384.9	205.5

### 분석 3 수질자동측정기기 부착

- ⇒ 공공수역에 폐수를 직접 방류하는 1~2종 사업장, 수질기준 초과 3종 사업장, 700톤 이상 공공시설 등 일부 사업장이 기기부착 대상이며,
- ⇒ 기존 사업장은 '23년 6.30까지 수질자동측정기기를 교체(정도검사, 현장 확인 검사 등 완료)하고 '24년부터 TMS 측정값 활용
  - ※ TMS 설치현황('19.3, 개소) : 하수 596, 공공폐수 131, 1종 140, 2종 81, 3종 24 등 972개소
- ⇒ 신규사업장[시행규칙 공포('19.10.17) 이후 폐수배출시설 설치 허가 신고]은 기존과 같이 가동개시 시작 신고 이후 2개월 이내 설치
  - 다만, 형식승인 일정 및 수질오염공정시험방법 개정 지연으로 설치가 곤란한 경우에는 유예기간 부여 등 방안을 검토하여 추진 예정

# 붙임1

## TOC 기준 적용 일정

### TOC 기준 적용 일정 현황

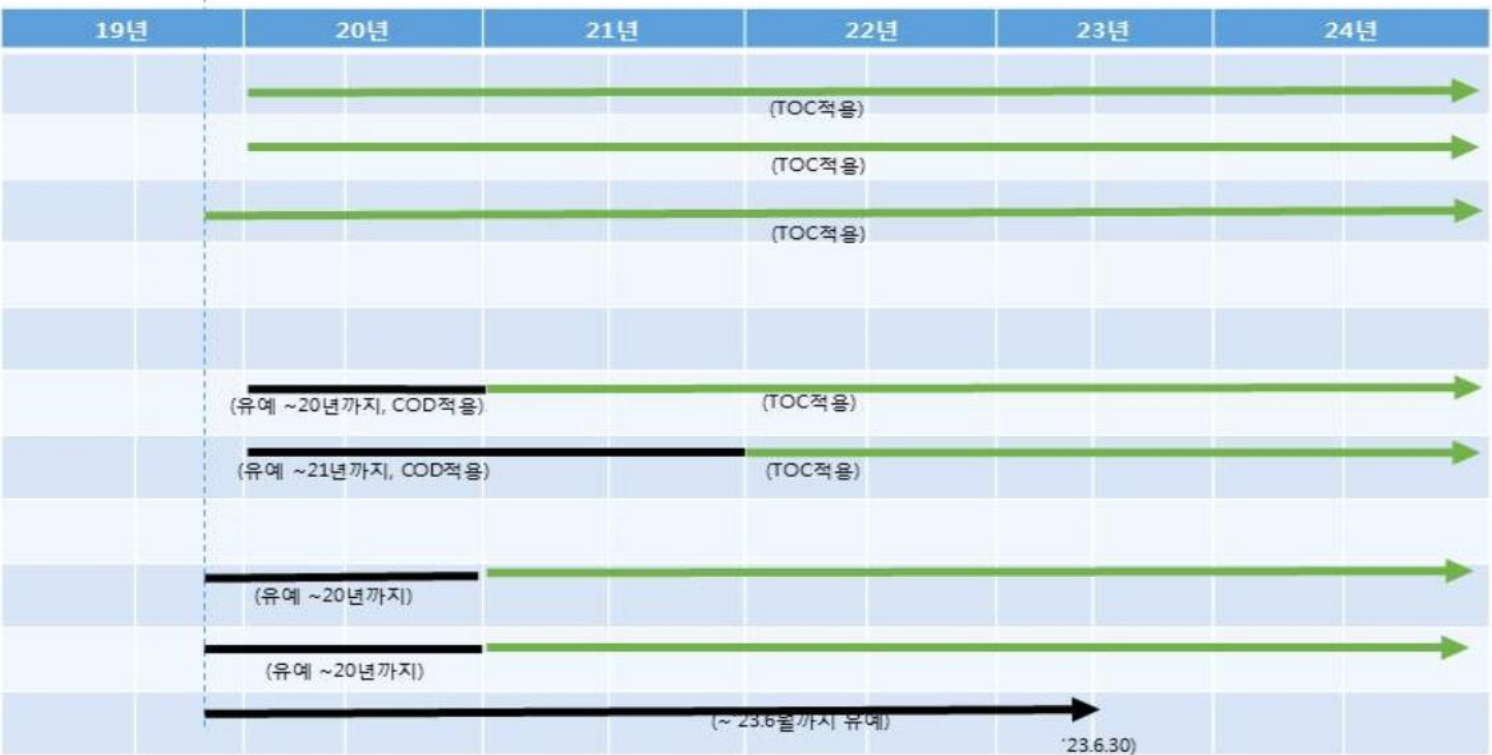
시행규칙 공포 예정  
(19.10.17)

#### 신규

- 공공 폐수
- 1~5종
- 폐수처리업(장비), 측정기기 관리대행업(장비), 수질TMS

#### 기존

- 공공 폐수
- 1~5종
- 폐수처리업(장비) 기준
- 측정기기대행업(장비) 기준
- 수질 TMS



- (기존) TMS 23년 설치시(공공폐수)
- (기존)TMS 23년 설치시(배출시설)

	19년	20년	21년	22년	23년	24년
(기존) TMS 23년 설치시(공공폐수)	(기준) COD (측정) TMS	COD TMS	TOC 수분석	TOC 수분석	TOC 수분석	TOC TMS
(기존)TMS 23년 설치시(배출시설)	(기준) (측정)	COD TMS	COD TMS	TOC 수분석	TOC 수분석	TOC TMS

1. 유기물질이란

- 유기물질이란 보통 유기화합물(Organic Compounds)을 말하며 C, H, O, N 으로 구성된 탄소화합물로서 모든 생명체를 구성하는 가장 기본적인 화합물
  - 유기물질은 하·폐수에 다량 포함되어 처리되지 않은 채로 방류하면 공공수역의 수질이 악화됨.

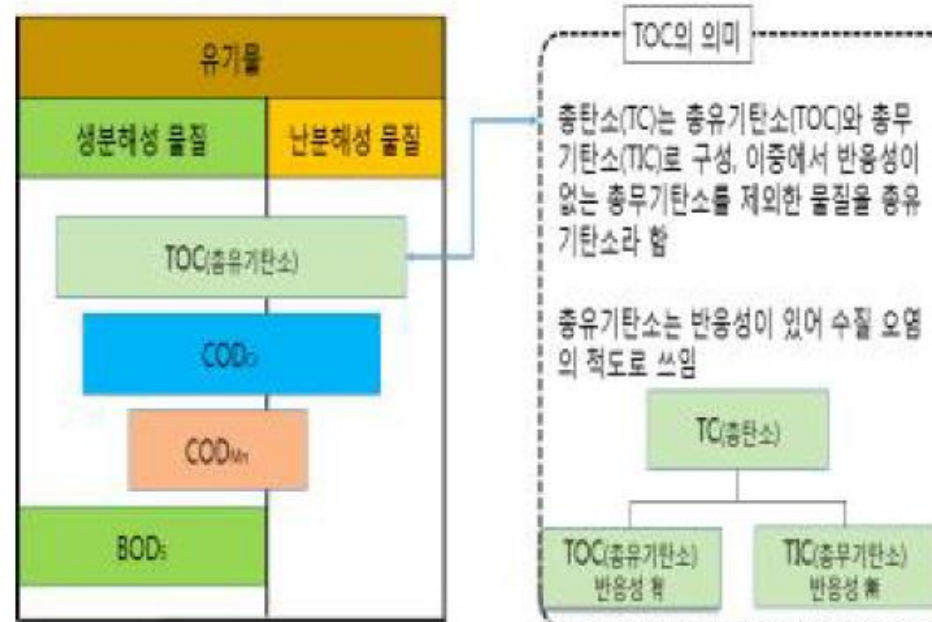
2. 유기물질 측정지표는 어떤 것이 있나요

- 대표적인 것으로 BOD, COD(COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>), TOC가 있으며 물환경 보전법에서는 유기물질 측정지표로 BOD와 COD<sub>Mn</sub> 적용

구분	BOD	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TOC	
측정원리	유기물 산화 시 미생물 흡으로 소비된 산소량 측정	유기물 산화 시 소비된 산화제량 (산소량) 측정	중크롬산칼륨 (산소량) 측정	유기물 내 탄소량 직접 측정 * C를 CO <sub>2</sub> 로 전환하여 측정	
시험	산화제 (분해시간)	호기성 미생물 (20℃, 5일간 배양)	과망간산칼륨 (95℃ 가열, 1시간)	중크롬산칼륨 (140℃ 가열, 3시간)	고온연소(650℃ 이상), 습식산화 등 (실시간~30분)
	사용 장비	실험기구 (적정분석)			TOC 분석기기
	측정물질	산소량 (O <sub>2</sub> mg/L)			탄소량 (C mg/L)
측정	대상	저분자* 유기물 * 포도당, 지방 등	* 합성수지, 천연고무, 섬유소 등 분자량이 1만 이상으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질		저분자 및 고분자* 유기물
	범위 (경험적)	20 ~ 40 %	30 ~ 60 %	90 % 이상	90 % 이상
	방법	예) 전분(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> )에 대한 분석결과 (일본 논문) * BOD 460 mg/L, COD <sub>Mn</sub> 653 mg/L, COD <sub>Cr</sub> 930 mg/L, 이론적 산소요구량 (ThOD) 1,070 mg/L			
장단점	방법	고분자 유기물 등	염소 이온(Cl-) 등	아질산성 이온(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) 등	투기물 등
		COD <sub>Cr</sub>		TOC	
	(장점) - 고농도에서 재현성 우수 - 처리시설 설계효율 검토에 효율적 (단점) - 저농도에서 재현성 부족 - COD <sub>Mn</sub> 보다 측정 장시간 소요 - 수은크롬 함유 유해성 실험폐액 발생		(장점) - 저농도 재현성 우수 - 짧은 분석시간 및 자동화 용이 - 다수의 시료 동시 분석가능 (단점) - 기존 자료(당간법)와 연계성 부족 - 생물학적 분해 가능한 유기물의 정량화 곤란		

### 3. TOC란

- TOC는 Total Organic Carbon의 약자로 총유기탄소라고 함. 수중에는 총유기탄소와 총무기탄소(TIC 또는 IC, Total Inorganic Carbon로 표현하며, 탄산염, 중탄산염, 용존 이산화탄소의 합)가 함께 공존함
  - 총유기탄소와 총무기탄소의 합을 총탄소(TC)라고 함
    - ※ TC : Total Carbon의 약자로 총탄소라고 하며, 수중에서 존재하는 유기적 또는 무기적으로 결합된 탄소의 합을 말함.
    - ※ IC : Inorganic Carbon의 약자로 무기성 탄소라고 하며, 수중에 탄산염, 중탄산염, 용존 이산화탄소 등 무기적으로 결합된 탄소의 합을 말함



#### 4. 유기물질 측정지표를 COD<sub>Mn</sub>에서 TOC로 전환하는 이유는

- 기존 COD<sub>Mn</sub> 지표는 난분해성 유기물질을 포함한 유기물 총량을 측정하지 못하는 한계
  - 반면 TOC는 수중에 존재하는 유기물질의 90% 이상, 실시간 또는 30분 이내 신속한 측정이 가능
  - \* 유기물질 측정범위 : BOD 20~40%, COD<sub>Mn</sub> 30~60%, COD<sub>Cr</sub>·TOC 90%이상
- 또한, 하천·호소의 생활환경 기준에 '13.1월부터 TOC 항목을 신규 도입하여, '16.1월부터 적용 중에 있어 이와 연계한 통일적인 지표 운영 필요
- 아울러 TOC가 COD<sub>Mn</sub> 대비 분석시간, 정확도 등에서 장점이 커 이를 통해 효율적인 수질관리를 도모하고 환경기술 수준 제고 및 국내·외 시장 확대를 위해 선진적 지표 전환 필요

#### 5. 기존 운영중인 공공폐수처리장 및 폐수 배출시설의 TOC 수질 기준 적용 시기는

- 시행규칙 시행일('19.10.17) 이후 신규 시설은 2020.1.1.부터 TOC 적용
- 기존 시설은 TOC 제도의 안정적 도입을 위해
  - 공공 폐수 처리장은 1년 유예('20년)하고 '21년부터 적용
  - 폐수배출시설은 2년 유예('20~'21년)하여 '22년부터 적용
- 또한, 수질자동측정기기(TMS) 부착대상사업장은 수질자동측정기기를 '23.6월까지 부착을 유예
  - 유예기간에는 COD와 TOC 측정 혼용

## 6. TOC 기준 도입으로 기업 운영에 어려움은 없는지

- 3년간 연구결과 현 수처리시설의 COD, TOC 제거효율이 비슷하여 수질오염방지시설 증대없이 처리할 수 있을 것으로 예상
  - ※ 폐수배출시설 평균 처리효율 COD<sub>Mn</sub> 76.6%, TOC 75.3%
- 다만, 일부 취약업종(제지업, 화학업종)에 대하여는 수질오염방지시설 운영 가이드라인 제공 및 기술지원을 실시 할 예정
- 또한, 기존 설치·운영중인 폐수 배출시설의 경우 TOC 기준에 적용할 수 있도록 2021년 12월 31일까지 유예기간을 부여함

<참고: TOC 도입을 위한 그간 주요 추진경과>

- TOC 규제기준 도입을 위한 기본계획 연구('12)
- TOC 배출기준 마련을 위한 업종별 배출 실태조사('12~'14)
  - ※ 640여 개 배출시설에 대해 BOD, COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub> 및 TOC 조사·분석
- 산업폐수 TOC 배출허용기준 설정방안 연구('15)
- 산업계 간담회('15.3~4) 및 전문가 자문회의('16.3, '17.5) 개최
- 지자체 회의('17.5, '17.6), 산업계 의견수렴('17.8, '17.9) 및 설명회('18.6)

## 7. 신규사업장인 경우 TMS 장비 설치는 어떻게 해야하는지?

- 신규사업장은 시행규칙 공포 예정일인 '19.10.17 이후에 폐수배출 설치 허가·신고 사업장을 말하며 가동개시 시작신고를 한 후 2개월 이내에 설치
- 다만, 현재 수질 TMS 측정장비에 대한 형식 승인 일정 및 수질오염공정시험법 개정지연으로 설치가 곤란할 경우에는 유예기간 부여 등의 방안을 검토하여 추진 예정