

6. 수질오염물질 종류

- 1) 수중의 고형물(Solids)
- 2) 악취(odor)
- 3) 온도(Tem.)
- 4) 색도(Color)
- 5) 탁도(Turbidity)
- 6) 수소이온농도(pH)
- 7) 생물학적 산소요구량(BOD)
- 8) 화학적 산소요구량(COD)
- 9) 총질소
- 10) 알카리도
- 11)경도

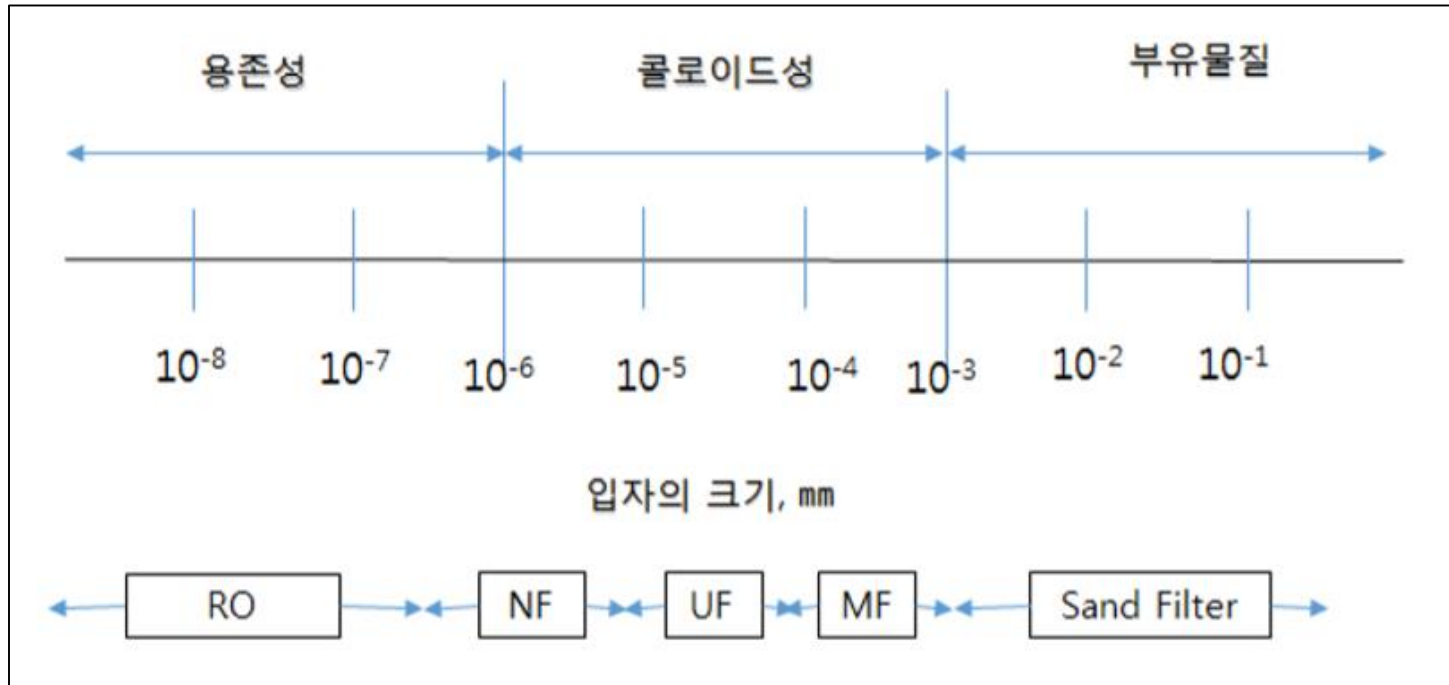
1) 수중의 고형물(Solids)

1. 고형물의 정의

- ✓ 고형물은 먹는 물을 비롯하여 가정하수, 공장폐수 등의 각종 용수와 슬러지내 포함된 수분을 제외한 모든 물질을 말한다.
- ✓ 음용수내 고형물은 용존성 물질로서 맛을 내고, 심미적인 불쾌함을 유발하며, 또한, 무기물질이 많은 물은 공업용수로도 적합하지 않다.
- ✓ 오염된 물의 고형물 농도는 오염의 세기를 나타내는 지표로, 부유물질이 높은 물은 보기에 좋지 못하며 수질관리에 관여하는 처리시설의 운전에도 영향을 주게 된다.
- ✓ 수중의 고형물 농도는 하폐수처리시설의 설계나 운전의 중요한 자료로 사용하고 있으며, 최종 처리수인 방류수 기준에도 포함된다.
- ✓ 우리나라 하수처리시설의 방류수(부유물질) 기준은 일반적으로 10mg/L 이며, 고형물 분석은 주로 무게 분석법이 적용된다.

2. 수중 고형물의 영향

- ✓ 하천, 호수 등의 오염의 수용능력을 감소시키고, 물을 혼탁하게 하여 광선투과율을 감소
- ✓ 광합성률을 감소시켜 수중 식물의 성장을 억제시키고
- ✓ 어류의 산란 및 피난처가 감소되어 저서형 무척추 동물의 생존을 방해하게 됨
- ✓ 물 속에서 가시범위를 저하시켜 먹이를 찾는 능력을 저해
- ✓ 어류의 아가미에 부유물질이 부착되어 호흡장애 유발하며
- ✓ 생물종의 수를 감소시키며, 먹이연쇄(food chain)나 먹이망(Food web)이 파괴되며,
- ✓ 그 밖에 정수비용의 증가와 심미적 불쾌감 등을 유발함



수중 고형물질의 크기에 따른 분류

3. 고형물의 분류

- 입자 크기에 따라 : 부유물질과 용존고형물로 나뉘며,
- 성상에 따라 : 휘발성고형물과 강열잔류고형물로 구분

✓ 여과조작에 따른 분류

총 부유고형물 (TSS : Total Suspended Solid)

총 용존고형물 (TDS : Total Dissolved Solid)

총 휘발성 고형물(VS : Volatile Solid) : 대부분 유기물

총 강열잔류 고형물 (FS : Fixed Solid) : 대부분 무기물

✓ 여과 및 강열조작에 따른 분류

휘발성 부유물질(VSS) : 여과 및 열분해 물질

휘발성 용존고형물 (VDS) : 여과되지 않는 열분해 물질

강열잔류 부유고형물(FSS) : 여과 및 열분해 되지 않는 물질

강열잔류 용존고형물(FDS) : 여과되지 않고 열분해 되지 않는 물질

1) 총고형물(TS; total solids)

: 시료를 여과하지 않고 105°C로 가열하여 수분을 증발

(1) 총부유고형물(TSS: total suspended solids)

: 시료를 표준여과판에 거른 후 여과된 고형물을 105°C에서 1시간 이상 건조

(2) 총용존고형물(TDS: total dissolved solids)

: 표준여과판을 통과한 용액을 105°C에서 1시간 이상 건조

2) 총휘발성 고형물(TVS; total volatile solids)

(1) 휘발성 부유물(VSS: volatile suspended solids)

: 총부유물질(TSS)을 550°C에서 15분간 태웠을 때 휘산된 물질

(2) 휘발성 용존고형물(VSD: volatile dissolved solids)

: 총용존고형물(TDS)을 550°C에서 15분간 태웠을 때 휘산된 물질

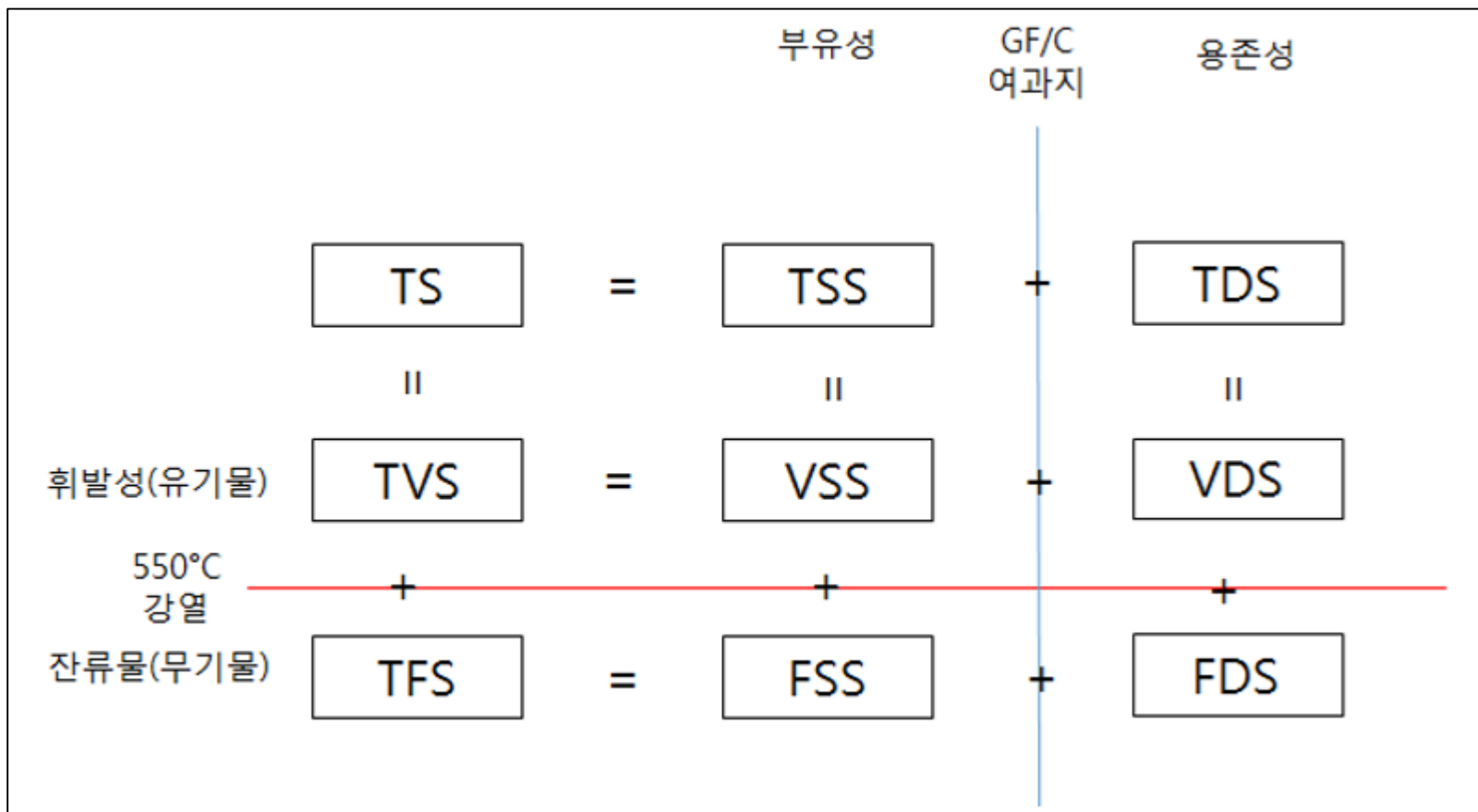
3) 총강열잔류고형물(TFS: total fixed solids)

(1) 강열잔류부유물(FSS: fixed suspended solids)

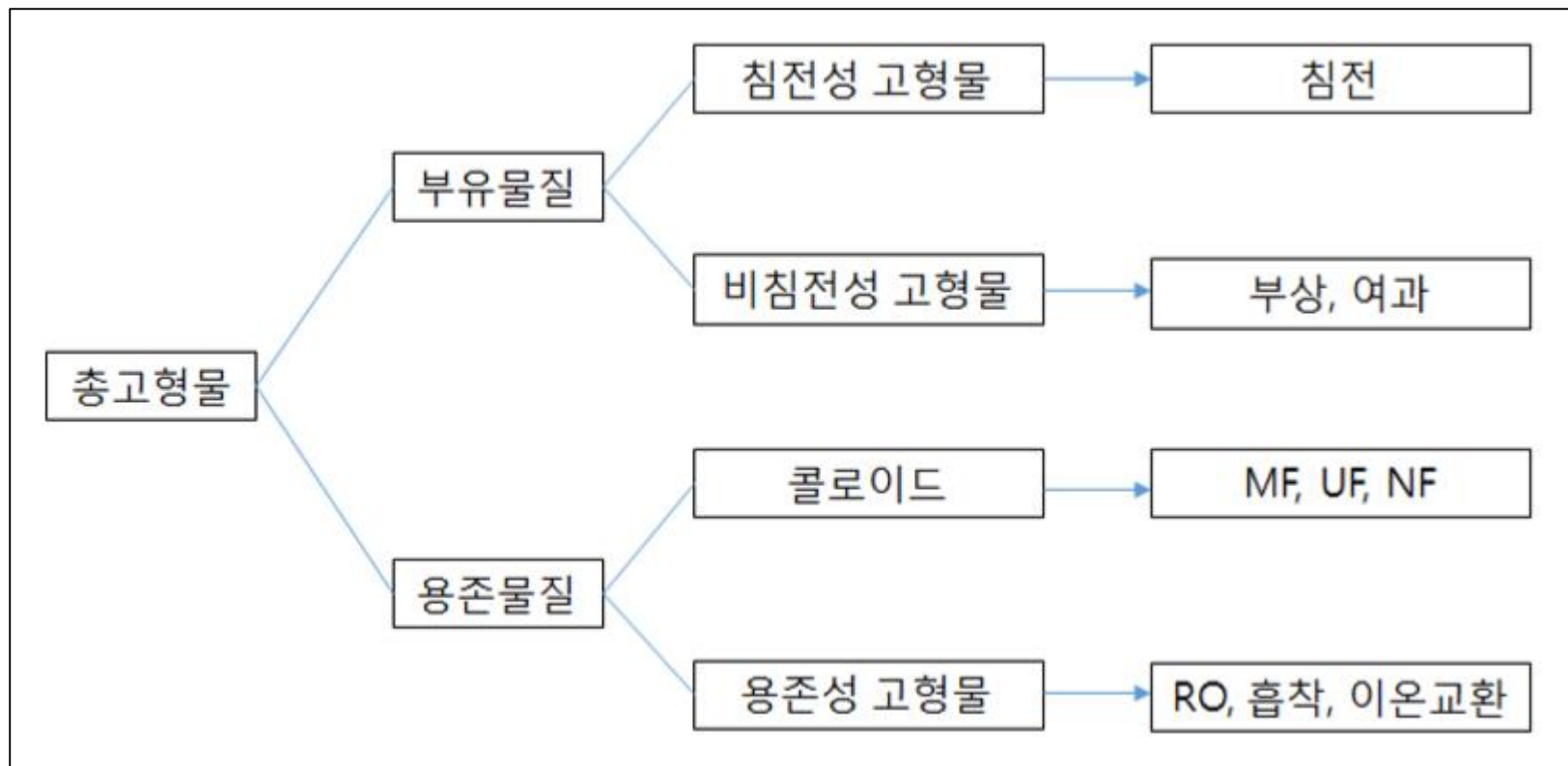
: 총고형물(TSS)을 550°C에서 15분간 태웠을 때 남는 물질

(2) 강열잔류 용존고형물(FDS: fixed dissolved solids)

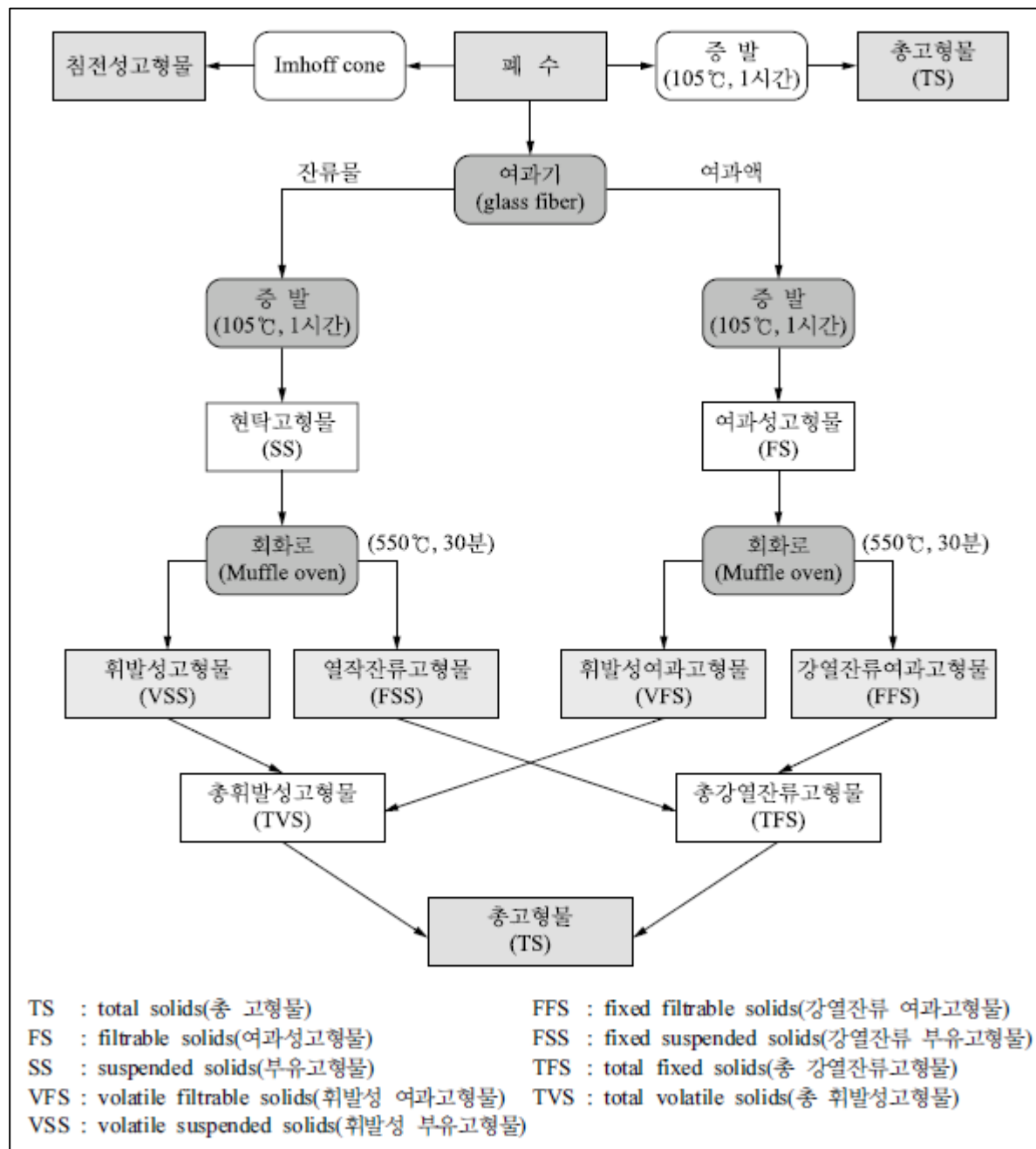
: 총용존고형물(TDS)을 550°C에서 15분간 태웠을 때 남는 물질



고형물의 특성에 따른 분류



고형물질 분류 및 일반적 처리방법



2) 악취(odor)

- 유기물 부패 : NH_3 , Amine류와 황 화합물 생성 (악취원인)
- 호소, 저수지에 많이 발생하는 조류나 방선균 등 미생물이 원인인 경우가 많음
- 곰팡이 냄새, 페놀류에 의한 약품냄새, 방향취, 청초취, 토취, 어취, 부패취 등
- 냄새의 검출한계 지수(TON, threshold odor number)

$$\text{TON} = (\text{A} + \text{B}) / \text{A}$$

A: 냄새나는 물 부피 $\text{m}\ell$ B: 200 $\text{m}\ell$ standard 제조시 첨가된 증류수($\text{m}\ell$)

● 관능정도에 따른 6단계분류

악취강도	구 분	H_2S	CH_3SH	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	NH_3
0	무취 (None)	--	--	--	--	--
1	감지취기 (Threshold)	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.1
2	보통취기 (Moderate)	0.006	0.0007	0.002	0.001	0.6
3	강한취기 (Strong)	0.06	0.004	0.04	0.02	2
4	극심한 취기(Very Strong)	0.7	0.03	0.8	0.2	10
5	참기어려운 취기 (Over Strong)	6	0.2	20	3	40

3) 온도(Tem.)

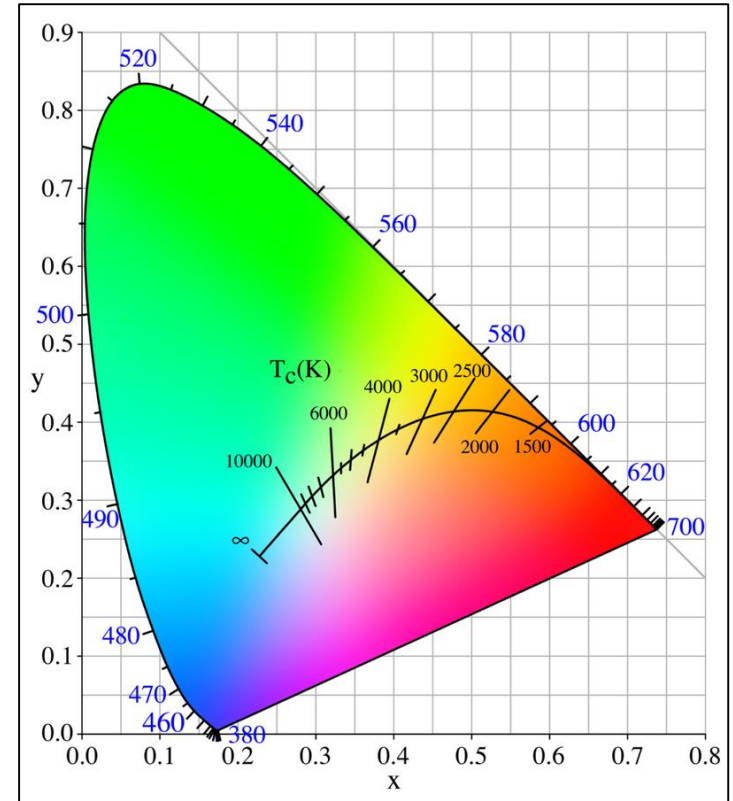
- ✓ 폐수의 년중 평균온도 : 10 – 21.1도 (대표값 : 15.6도)
- ✓ 물의 온도는 수생생물, 화학반응, 반응속도 및 물의 이용에 영향을 줌

4) 색도(Color)

- ✓ 일반하수 : 회색
- ✓ 검회색/검은색 : 혐기성 상태 및 금속성 황화물 형성
- ✓ 자연수의 색도는 점토나 부민질(부식질)에 의한 황갈색이 대부분
- ✓ 1L 중에 백금 1mg을 함유하는 황갈색의 색도 표준액을 1도로 한 비색에 의해 구함
- ✓ 부민질 등 식물이 분해하여 생긴 잔해로 미생물에 의한 분해가 곤란하여 남은 것
- ✓ 염료나 공장배수에 의한 착색에 대해서는 분광광도측정법으로 측정

1. 색도 개요

- 1) 순수한 물은 색이 없으나, 자연수는 이물질에 의해 색을 띠게 된다. 색도를 유발하는 물질은 나뭇잎, 침엽수 및 목재 등 다양한 단계로 부패 또는 분해된 상태의 유기물로서 물과 접촉하는 데서 유래된다.
- 2) 색도는 다양한 식물성 추출물질들로 이루어지며, 리그닌 분해에서 유래되는 타닌, 휴민산과 휴민염 등이 주요 물질이며, 철분은 때때로 휴민철염으로 나타나며 높은 색도를 나타낸다.
- 3) 자연색도는 원래 물속에서 음대전 된 콜로이드 입자로서 존재한다. 이 사실 때문에 색도는 보통 알루미늄 또는 철과 같은 3가 금속이온을 가진 염을 첨가하는 응집방법으로서 쉽게 제거될 수 있다.



CIE x,y 색도 분포표

https://ko.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_%EC%83%89_%EA%B3%B5%EA%B0%84

- 4) 물의 색도를 측정하는 색도 표준액은 백금-코발트법으로 염화백금산칼륨 2.49g을 염산으로 용해시켜 전량을 1L로 하며, 백금 1mg/L에 의해 나타나는 자연적인 색을 1도라 하고, 색도의 표준단위로 이용한다.
- 5) 부유물질에 기인되는 색도를 외양색도라고 하며, 콜로이드질인 식물성 또는 유기성 유출물에서 나타나는 진색도와는 구별된다. 수질분석에서는 이러한 두 가지의 색도를 구별하는 것이 중요함
- 6) 지표수는 착색된 폐수로 인한 오염에 의해 색도가 높아질 수가 있다. 이들 중에서 유의할 것은 직물공장의 염색작업과 제지산업의 펄프제조공장에서 나오는 폐수들이다.



<http://blog.naver.com/PostList.nhn?blogId=bi-ochitosan&categoryNo=185&parentCategoryNo=185&skinType=&skinId=&from=menu&userSelectMenu=true>

염료 폐수의 색도

- 7) 염료폐수는 다양한 색깔을 가지고 있어 쉽게 인지되며 추적된다. 펄프제조업은 리그린 유도체와 기타 물질들을 용해상태로 함유하고 있는 다량의 폐액을 배출하는데, 리그린 유도체는 색도가 높고 생물학적으로 분해가 어려운 물질임
- 8) 따라서 리그린 물질들은 난분해성 특성을 갖고 있어 자연수계로 분포되어 상당히 먼 거리에 걸쳐 영향을 주게 됨
- 9) 늪이나 숲에서 부패가 진행되고 있는 자연물질에서 유래되는 색도 물질을 함유하고 있는 물은 크게 유해성 또는 독성을 갖지 않음. 그러나 천연성 색도물질은 음료수로 사용되는 소비자들에게는 자연적으로 혐오감을 줄 수도 있다.



화학적 처리를 이용한 축산폐수의 색도 제거

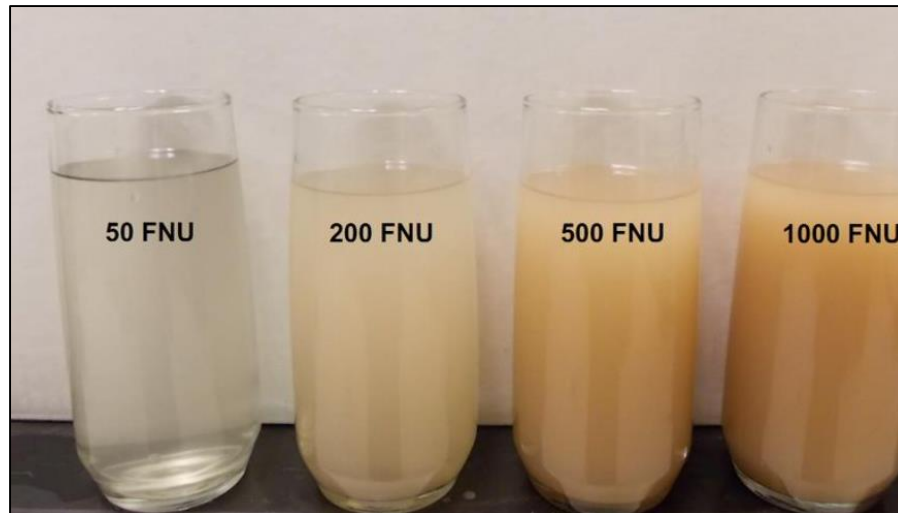
5) 탁도(Turbidity)

1. 탁도 개요

- ✓ 탁도란 물의 흐림정도를 나타내는 것으로, 탁(濁)하다는 말은 빛의 통과를 방해하거나 육안으로 볼 수 있는 물의 깊이(가시심도)를 제한하는 부유물질을 포함하고 있다는 뜻임.
- ✓ 탁도는 여러가지 부유물질에 의하여 생겨나고, 그 크기범위는 콜로이드 분산질로 부터 크기가 큰 분산질에 이르며, 물 흐름에 따라 달라진다.
- ✓ 비교적 정체된 호소에서의 탁도는 대부분 콜로이드의 분산과 미세한 분산질에 의하여, 흐르는 상태의 물(하천수)에서는 비교적 크기가 큰 분산질에 의하여 생겨난다.
- ✓ 탁도를 유발하는 물질로는 토사와 같은 순수한 무기물질로부터 천연 유기물 또는 공장폐수와 가정하수에서 유입되는 많은 양의 무기물질과 유기물질, 또한 유기물질로 인해 생성한 박테리아와 미생물, 조류(Algae) 등도 탁도를 유발하는 원인물질이 된다.

2. 위생학적 측면에서 탁도

- ✓ 상수도와 같은 공공급수를 받는 소비자들은 탁도가 없는, 깨끗한 물을 기대하고 요구할 권리가 있음.
- ✓ 일반적으로 사람들은 가정하수가 매우 혼탁하다는 것을 잘 알고 있으며, 상수도에서 탁도가 발생하면, 하수오염의 가능성을 생각하고, 보건위생과 건강에 대하여 관심을 가짐
- ✓ 이는 과거의 수인성 전염병을 알고 있는 사람이면 더욱 두려움을 갖게 됨



탁도 Levels

<http://gcdamp.com/>

3. 급수공정(상수도)에서의 탁도

- ✓ 원수를 공급에 있어 탁도 변동은 환경공학 기술자에게는 가장 중요한 것이다.
- ✓ 공공 급수로 사용하기 이전에 화학적 응집 및 여과 공정으로 탁도제거 여부를 결정하기 위해 실무자들은 관련 자료를 검토한다.
- ✓ 계곡의 원수를 사용하는 경우 탁도가 낮아서 염소소독 이외의 처리가 요구되지 않는 수도 있으나, 하천이나 강에서 끌어올리는 물은 높은 탁도 때문에 화학응집이 필요
- ✓ 탁도 측정은 화학약품의 종류와 주입량 산정 및 처리 효율 결정에 이용



화학적 응집을 이용한 탁도제거(Jar-test)

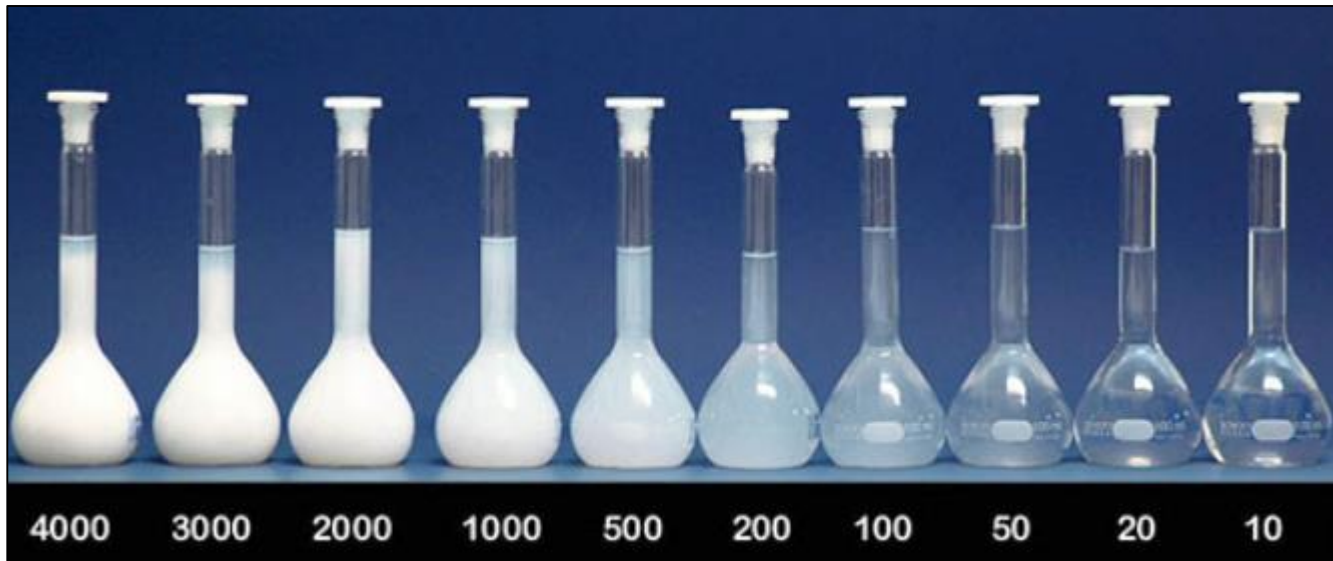
<http://npslab.kongju.ac.kr/>

4. 하수 및 산업폐수 처리에서의 탁도

- ✓ 일반적인 폐수처리시설에서 부유고형물 제거 효율을 검토하기 위하여 SS 항목을 측정.
- ✓ 그러나 SS 측정은 많은 시간이 소요되어, 화학적 처리를 적용할 경우, 수시로 변하는 약품 주입량 결정에 어려움이 있음
- ✓ 반면 탁도의 측정 자료는 빠르게 얻을 수 있고, 또 필요한 정보를 얻을 수 있으므로 유용하게 이용될 수 있다.
- ✓ 따라서 탁도를 사용함으로써 약품주입량을 최소한의 약품량으로 조절할 수 있으며 양질의 배출수를 얻을 수 있다.

5. 탁도 기준

- ✓ 탁도의 기준으로는 보통 백도토(실리카, SiO_2)를 사용하고 있다.
- ✓ $1\text{mg SiO}_2/\text{L} = \text{탁도 } 1\text{도} = 1\text{ppm}$
- ✓ 이때 실리카는 입자의 크기가 반드시 특정한 규격에 맞는 것이어야 한다. 이는 탁도 측정에는 사용하지 않고 탁도 미터계의 눈금을 보정하는데 사용한다.
- ✓ 우리나라 탁도는 정제 카올린(고령토) 1mg이 물 1L 중에 함유되어 있을 때의 흐림 정도를 탁도 1도 또는 1ppm으로 정의
- ✓ 다른 방법을 사용하는 경우에는, 반드시 표준 현탁액을 제조하여 기준으로 사용하여야 한다.



탁도 표준액 (10-4000 NTU)

6) 수소이온농도(pH)

- 용액의 산 또는 알칼리 상태의 세기를 말함
- 용액 1 L에 녹아있는 $[H^+]$ 의 mole 농도
- 순수한 물(H_2O)의 해리 : $[H^+]$ 와 $[OH^-]$ 가 각각 10^{-7} mole/L의 농도

$$[H^+] [OH^-] = K_w = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14} \text{ mole/L}$$

K_w = 물의 이온곱 또는 물의 이온화상수

- 1909년 덴마크 화학자 Sorenson : pH 표시

$$pH = \log [1/H^+] = -\log [H^+]$$

- 수산화이온농도(지수) : pOH

$$pOH = \log [1/OH^+] = -\log [OH^+]$$

- $pH + pOH = 14$

❖ 상수의 화학적 처리 : 화학적 응집, 살균소독, 부식, 특정오염물질제거 등

❖ 생물학적 폐수처리 : 미생물 성장조건, 슬러지 탈수 등

pH의 1차이 : 10배 농도 차이

pH의 2차이 : 100배 농도 차이

1. 자연환경에서의 pH

- 자연환경에서 pH를 변동시키는 요인에 있어, **무기적 요인**에는 탄산, 붕산, 인산, 황화수소, 차아염소산의 해리, 염산, 황산, 질산 등의 배출에 기인되는 경우가 많으며,
- **유기적 요인**으로는 생물체의 대사활동에 의한 초산, 낙산, 젖산, 프로피온산 등의 유기산 유입에 의한 경우가 있다.
- 해수의 pH 변동 범위가 비교적 작게 나타나는 것은, 알칼리도에 의한 완충능력이 크기 때문
- 담수는 알칼리도가 낮고 조류에 의한 이산화탄소 소비와 수중호흡 등에 의해 pH가 변하므로, 외부로부터 산 또는 알칼리성 물질 등의 오염물질 유입에 의한 것인지 쉽게 판정하기가 어렵다.
- 생물은 적정 pH를 벗어나면, 세포막 투과성 또는 효소작용에 영향을 받아 생명에 위험을 받는다.

✓ 일반적인 자연환경의 pH 범위

구 분	pH 범위
담 수	6.0 ~ 8.0
해 수	7.7 ~ 8.3
토 양	3.0 ~ 10.0
동식물 환경조건	6.5 ~ 8.5

2. pH와 환경문제

1) 산성비

- 산성비는 화석 연료의 연소에 의해 생기는 황산화물이나 질소산화물 및 대기중에 생성된 황산, 황산염, 질산염 등을 함유한 **pH 5.6 미만**의 비를 말한다.
- **넓은 의미로는** 산성 안개, 산성 눈, 산성 분진을 포함하며, 산성 강하물의 총칭으로 사용하는 경우도 있음
- 국경을 넘는 장거리 대기오염으로, 피해는 1960년대부터 현저하게 나타났으며, 유럽의 경우는 1980년대에 이미 전 유럽으로 확대됨
- 삼림에 심각한 피해를 주어 유럽에서는 녹색 페스트라고 하였고, 또한 산성비는 대리석으로 이루어진 문화재에도 큰 피해를 줌



산성비 생성과정

<https://if-blog.tistory.com/5840>

2) pH에 의한 토양의 산성화

- 토양의 산성화는 자연적 또는 인위적 현상에 의해 토양 pH가 감소하는 현상이다. 토양의 pH는 토양의 다양한 화학적 및 생물학적 특성에 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다.
- 산성화가 식물에 미치는 영향으로는, pH 4에서 일부 꽃들에서 탈색현상이 발생하기도 하며, pH 3에서 심각한 식물의 생육 저해가 일어난다. pH가 2가 되면 침엽수림은 말라서 죽게 되고, 토양의 산성화가 급속히 진행되어 결국엔 식물이 살지 못하게 됩니다.

3) 호소의 산성화

- 산성화된 호수는 pH 5 이하의 강한 산성을 나타내는데, pH가 약 4.8 정도가 되면 이끼류, 조개류, 갑각류 등이 살 수 없으며, pH가 4.5 이하이면 거의 모든 생물에 막대한 영향을 끼치게 된다.
- 20세기 이후, 스웨덴의 약 2만 1,500개의 호수가 산성비의 영향을 받아, 이 중 약 4,500개 호수에서 물고기가 죽는 현상이 나타났다.
- 노르웨이에서는 약 2,650개의 호수, 캐나다에서는 약 4,000개의 호수가 산성화로 인해 죽어간다고 조사된 바 있다.