Introduction

1

Before you get started...

Try as much as possible to take advantage of the online lecture

- If you have hard time understanding the lecture, repeat the section or pause and try supplementary readings
- Pause streaming whenever you need, e.g.,
 - when you want to try things on your own before the lecture tells you
 - when you want to have time to organize your thoughts or look closely to the slide contents
 - when you get tired



Prof. Yongju Choi

Associate professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, SNU Office: 35-307

Email: <u>ychoi81@snu.ac.kr</u>

Class objectives

Understand..

- the physical, chemical, and biological characteristics of water that determines its quality and methods for analysis
- the planning, design, and maintenance of wastewater collection and treatment systems
- the principles and practices of unit processes used for wastewater treatment

And discuss..

- the current issues of sustainable water resource and quality management
- innovative solutions that have potentials to deal with the current issues

Course material & textbook

1. Lecture notes

2. Metcalf, Eddy, AECOM, <u>Wastewater Engineering</u>: <u>Treatment and Reuse</u>, 5th ed., McGraw-Hill, 2014

3. Tchobanoglous, Schroeder, <u>Water Quality:</u> <u>Characteristics, Modeling, Modification</u>, Science, 1985

- Garbage thrown on streets, human waste stacked in backyards
- Liquid wastes thrown to gutters or drywells
- Hydrogen sulfide gases (odor problems), methane accumulation (explosions)
- Transmission of diseases



1893 New York: Schmidt, 2010, on earth

#1

- Several Cholera outbreaks in Europe in 1800s
- Dr. John Snow tracked victims of cholera outbreak in London in 1853
- High incidence of deaths for people obtaining drinking water from a well
- Later it was found that the mother of an infant who died from cholera dumped feces-containing water into the cesspool less than 1 m away from the well



7

The "Great stink"

- Serious odor problems in central London in the summer of 1858
- Partially because of the introduction of flush toilets
- Human waste and wastewater generated from factories, slaughterhouses, etc. all drained into the Thames river without any treatment (and people pumped back the river water to drink!)
- The odor was so bad that it affected the work of the House of Commons
- A bill to construct new sewers and embankment along the Thames was rushed through Parliament and became law in 18 days

The "Great stink"

"I traversed this day by steam-boat the space between London and Hangerford Bridges...The whole of the river was an opaque pale brown fluid. In order to test the degree of opacity, I tore up some white cards into pieces, moistened them so as to make them sink easily below the surface, and then dropped some of these pieces into the water at every pier the boat came to; before they had sunk an inch below the surface they were indistinguishable, though the sun shone brightly at the time; and when the pieces fell edgeways the lower part was hidden from sight before the upper part was under water ..." (The Times, 1855)



FARADAY GIVING HIS CARD TO FATHER THAMES; And we hope the Dirty Fellow will consult the learned Perference.

• River caught on fire

- Oily waste released to the river from industry
- Floating pieces of oil slick debris on the river
- Spark caused by a passing train on the bridge put on fire on the river
- Caused significant damages including the destruction of bridge



Cuyahoga River Fire, Nov 03, 1952

#4

· 낙동강 페놀 유출사고 (1991)

1991년 3월 14일 오후 10시 ~ 15일 오전 6시까지 8시간 동안 경북 구미시 두산전자에서 페놀 원액 30톤이 낙동강 지류인 옥계천에 누출되었다. 원료 인 페놀을 공급하는 파이프라인의 이음새가 파열된 것이 원인이었다. 오염된 낙동강 물은 16일 대구시 수돗물의 70%를 공급하는 다사 수원지에 유입됐고 다시 수돗물로 만들어져 대구시에 공급되었다. 페놀에 오염된 수돗 물을 마신 수돗물을 마신 시민들은 구토·설사·복통으로 고통을 겪었으며 수 돗물로 만든 두부·김치·콩나물 등은 악취 때문에 폐기 처분하는 사태가 발생 하였다. 특히 정수장에서는 페놀이 염소소독제와 결합하면 악취가 최고 1만 배나 증가하는 클로로페놀이 생성된다는 사실도 알지 못한 채 무턱대고 소독 제만 쏟아 부어 피해를 키웠다.

· 낙동강 페놀 유출사고 (1991)

두산전자는 한 달간의 조업정지를 당했으나 수출에 타격을 준다는 명분에 따라 보름만에 조업을 재 개하였다. 그러나 4월 22일 소량 의 페놀이 또다시 유출되어 14시 간 동안 대구시가 수돗물 취수를 중단하는 상황이 발생하였다(2차 사고).

출처: 친수하천의 수질사고 발생시 대 응방안 연구, 서울연구원 정책과제연 구보고서



• 낙동강 하구 어패류 폐사사고(1996)

1996년 6월 19일 경상도 일대에 쏟아진 폭우로 낙동강의 수위조절 을 위해 하구언 수문을 개방한 뒤 6월 20일부터 6월 23일까지 4일 동안에 걸쳐 낙동강 하구언 상류 및 하류 해안가에 물고기와 조개류 가 약 5톤 정도 폐사하였다.

물고기는 하구언을 중심으로 상류에서 낙동강 지류인 엄궁천이 합류되는 지 점과 하류의 장림천, 보덕천 합류지점 등에서 폐사하였으며, 피해어종은 웅 어가 약 90%를 차지하였고 나머지는 누치 등이었다. 한편 조개류는 해안가 인 다대포 앞에서 폐사하였다.



#6

Wastewater treatment goals

- 하수처리의 목적(하수도법)
 하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전
- US EPA (Environmental Protection Agency) Maintain the water body "fishable and swimmable"
- Currently, increasing interest in ecosystem value & sustainability
 - \rightarrow Protecting the aquatic ecosystem in the water body
 - → Recover water and resources from wastewater and produce renewable energy using wastewater constituents

Wastewater management goals

- So, the goal of wastewater management is, in general:
 - Drain wastewater from the area where human life occur so that their contact to wastewater can be minimized
 - Treat wastewater before it is discharged to maintain the water quality of the natural waters for the benefit of humans and aquatic ecosystem
- Wastewater management goal can be changed in the future
 - More emphasis on sustainability and urban water cycle
 - Reusing treated water, energy and resource recovery from wastewater...

- 물관리기본법(2018.6.13): 물관리의 기본이념과 물관리 정책의 기본방향, 물관리에 필요한 기본적인 사항을 규정
 - 국민의 물 이용 권리와 의무
 - 국가, 지자체, 물 사업자의 책무
 - 물의 공공성
 - 국가물관리위원회의 설치 및
 국가물관리기본계획 수립

물관리 일원화 3법 국회 법사위 통과

입력 2018-05-28 11:28 | 수정 2018-05-28 11:32



여야 원내대표가 18일 본회의에서 처리하기로 합의했던 물관리 일원화 관련 법안 3건이 국회 법제 사법 위원 회를 통과했습니다.

국회 법사위는 오늘(28일) 전체 회의를 열고 정부조직법 일부개정법률안, 물관리 기본법, 물관리 기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률안 등 3건을 상정해 의결했습니다.

이들 법안은 국토교통부와 환경부가 나누어 담당했던 물 관리 업무를 환경부로 일원화 하도록 했지만 하천관 리 업무는 국토부에 존치시켰습니다.

#7 이에 대해 정의당 노회찬 원내대표는 "물관리 일원화가 아니라 이원화라"면서 "제2소위에서 더 논의해야한 다"고 의결에 반대하는 소수의견을 남겼습니다.

- 환경정책기본법(1990.8.1): 환경보전에 관한 국민의 권리·의무와 국가의 책무를 명확히 하고 환경정책의 기본이 되는 사항을 정함
 - 환경정책기본법 시행령: 하천/호소/해역의 사람의 건강보호, 생활환경,
 수생태계 보호 기준 명시

〈하천 - 사람의 건강보호 기준〉

#8

항목	기준값 (mg/L)	항목	기준값 (mg/L)
카드뮴	<0.005	폴리클로리네이티드비페닐	<0.0005
비소	<0.05	사염화탄소	<0.004
납	<0.05	테트라클로로에틸렌	<0.04
6가크롬	<0.05	벤젠	<0.01
:	:	:	:

<하천 -생활환경기준>

							기 준				
비		상태 (캐리		생물 화학적	화학적 산소	총유기	부유	용존	총인	대장균군 (군수/100mL)	
		터)	수소이온 농도(pH)	산소 요구량 (BOD) (mg/L)	요구량 (COD) (mg/L)	탄소량 (TOC) (mg/L)	물질량 (mg/L)	산소량 (mg/L)	(T-P) (mg/L)	총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	la	3	6.5~8.5	1 이하	2 이하	2 이하	25 이하	7.5 이상	0.02 이하	50 이하	10 이하
쫗음	Ib	F	<mark>6.5∼8.5</mark>	2 이하	4 이하	3 이하	25 이하	5.0 이상	0,04 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	11	F	6,5~8.5	3 이하	5 이하	4 이하	25 이하	5.0 이상	0,1 이하	1,000 이하	200 이하
보통	HI	8	6.5~8.5	5 이하	7 이하	5 이하	25 이하	5.0 이상	0,2 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV	8	6.0~8.5	8 이하	9 이하	6 이하	100 이하	2.0 이상	0.3 이하	-	1.
나쁨	v	8	6.0~8.5	10 이하	11 이하	8 이하	쓰레기등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	0,5 이하	3	120
매우 나쁨	ý.	8	ā	10 초과	11 초과	8 초과	1	2.0 미만	0.5 초과		1

#9

18

- 물환경보전법(1991.2.2): 수질오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 하천·해역 등 공공수역의 수질 및 수생태계를 적정하게 관리·보전
 - 시행규칙: 수질오염물질, 특정수질유해물질, 폐수종말처리시설의 방류수 수질기준, 수질오염물질의 배출허용기준 등 지정
 - 수질오염물질: 수질오염의 요인이 되는 물질 (58종)
 - 특정수질유해물질: 수질오염물질 중 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 줄 우려가 있는 물질 (33종)

[명칭변경] 수질환경보전법 (1991. 2. 2) → 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 (2007. 11. 18) → 물환경보전법(2018. 1. 18)

공공폐수처리시설의 방류수 수질기준 (2019.10.17.개정)

#10

항목	미지역	비지역	제역	Ⅳ지역
BOD (mg/L)	<10	<10	<10	<10
COD (mg/L)	<20	<20	<40	<40
부유물질 (mg/L)	<10	<10	<10	<10
총 질소 (mg/L)	<20	<20	<20	<20
총 인 (mg/L)	<0.2	<0.3	<0.5	<2
총 대장균군수 (개/mL)	<3000	<3000	<3000	<3000
생태독성 (TU)	<1	<1	<1	<1

수질오염물질의 배출허용기준 (2019. 12. 20. 개정)

#11

대상규모	배출량 20	00 m³/d 0	상	배출량 2000 m³/d 이하			
항목	BOD	ТОС	SS	BOD	ТОС	SS	
청정지역	<30	<25	<30	<40	<30	<40	
가지역	<60	<40	<60	<80	<50	<80	
나지역	<80	<50	<80	<120	<75	<120	
특례지역	<30	<25	<30	<30	<25	<30	

- 하수도법(1966.8.3): 하수도의 설치 및 관리의 기준 등을 정함으로써 하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방하고 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하며 공공수역의 수질을 보전
 - 시행규칙:
 공공하수처리시설·간이공공하수처리시설·분뇨처리시설·개인하수처리시 설의 방류수 수질기준 등

공공하수처리시설의 방류수 수질기준 (2020. 2. 24. 개정)

#12

항목	지역	비지역	제외역	Ⅳ지역
BOD (mg/L)	<5	<5	<10	<10
COD (mg/L)	<20	<20	<40	<40
부유물질 (mg/L)	<10	<10	<10	<10
총 질소 (mg/L)	<20	<20	<20	<20
총 인 (mg/L)	<0.2	<0.3	<0.5	<2
총 대장균군수 (개/mL)	<1000	<3000	<3000	<3000
생태독성 (TU)	<1	<1	<1	<1

* 처리용량 500 m³/d 이상에 대한 기준임.

** 2020년 12월 31일까지 적용. 2021년부터는 COD 기준이 TOC 기준으로 대체

Industrial wastewater vs. domestic sewage

#13

물환경보전법

[시행 2021.1.1.] [법률 제17007호, 2020.2.18., 타법개정]

환경부(총괄-물환경정책과), <u>044-201-7018</u> 환경부(폐수배출시설-수질관리과), <u>044-201-7071</u> 환경부(공공폐수처리시설-수질관리과), <u>044-201-7068</u> 환경부(배출 등의 금지-수질관리과), <u>044-201-7071</u> 환경부(비점오염-수생태보전과), <u>044-201-7044</u>

제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 수질오염으로 인한 국민건강 및 환 경상의 위해(危害)를 예방하고 하천·호소(湖沼) 등 공공

하수도법

[시행 2018.10.16.] [법률 제15843호, 2018.10.16., 일부개정]

환경부(생활하수과), 044-201-7021

제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 하수도의 설치 및 관리의 기준 등을 정함으로써 하수와 분뇨를 적정하게 처리하여, 하수의 범 람으로 인한 침수 피해를 예방하고 지역사회의 건전한 발 전과 공중위생의 향상에 기여하며 공공수역의 수질을 보 전함을 목적으로 한다. <개정 2018. 10. 16.>

- 기타 관련 법률
 - 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률: 빗물, 오수, 하수처리수, 폐수처리수, 발전소 온배수의 처리 후 재이용
 - 물관리기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률: 물기술 개발과 물산업 진흥을 위한 기본계획 수립, 정부·지자체의 책무, 지원방안 등
 - 오염총량제에 따른 유역별 관리
 - 한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률
 - 금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
 - 낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
 - 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률

References

- #1) https://discardstudies.com/2013/10/13/a-history-of-new-york-citys-solid-waste-management-in-photographs/
- *#2)* Davies, M. L., Masten, S. J. (2014) Principles of Environmental Engineering and Science, 3rd ed. McGraw-Hill (figure provided by the publisher).
- #3) https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Stink
- #4) https://ohiohistorycentral.org/w/Cuyahoga_River_Fire?sa=X&ved=2ahUKEwijr97HuIroAhUME6YKHWD9 DsEQ9QF6BAgEEAI
- #5) https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=17338500&memberNo=15460786&vType= VERTICAL
- #6) http://www.newsis.com/view/?id=NISX20170706_0000033504&cid=10800&scid=10812
- #7) https://imnews.imbc.com/news/2018/politics/article/4622491_30795.html
- #8) 대한민국정부. 환경정책기본법시행령, 별표
- #9) http://water.nier.go.kr/MOBILE/front/waterEasy/policy01.jsp
- #10) 환경부. 물환경보전법시행규칙, 별표10
- #11) 환경부. 물환경보전법시행규칙, 별표 13
- #12) 환경부. 하수도법시행규칙, 별표1
- #13) 국가법령정보센터(http://law.go.kr)
- * 우리나라 법률, 시행령, 시행규칙, 행정규칙 등은 국가법령정보센터 웹사이트 또는 국가법령정보 앱을 통해 검색 가능

Basics of water quality

Uniqueness of water – dipole moment

• Structure of water: dipole



Dipole moment A molecule has a dipole moment if the center of charge for the molecule's positive charges is **NOT** at the same spot as the center of charge for the molecule's negative charges

- Highly polarized because of different electronegativity of O and H
- (-) charge on O, (+) charge on H

Electronegativity

H 2.1		_										_				-	He 	
Li 1.0	Be 1.5											В 2.0	C 2.5	N 3.0	0 3.5	F 4.0	Ne 	
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	Р 2.2	S 2.5	C1 3.0	Ar 	
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr 3.0	
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe 2.6	
Cs 0.7	Ba 0.9	La-Lu 1.1-1.2	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn 	
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac-No 1.1-1.7																

#1

Dipole moment



Uniqueness of water: hydrogen bonding



- Weaker than covalent bond, but stronger than normal dipole-dipole interactions
- Affect physical and chemical behavior of water in many ways

Uniqueness of water: properties

Property	H ₂ O	H ₂ S	CH ₄	CH₃OH
Molecular weight	18	34	16	32
Dipole moment (Debyes)	1.84	0.9	0.0	1.7
Boiling point (°C)	100	-60	-161	65
Enthalpy of vaporization (kJ/g)	2.30	0.55	0.88	1.10
Melting point (°C)	0	-85	-181	-94
Enthalpy of fusion (kJ/g)	0.33	0.07	0.06	0.10

Water as a solvent



Tendency of water molecules to orient themselves around ions. Benjamin (2002) Water Chemistry, McGraw-Hill

"Like dissolves likes"

 High solubility for ions and polarized molecules

ex) Na⁺Cl⁻, C₂H₅OH

 Low solubility for non-polarized molecules

> ex) high molecular weight hydrocarbons

 Hydrophilic vs. hydrophobic

Water as a solvent



- Metals are often dissolved in the form of hydrated ions (metal-aquo complex)
- Examples
 - $Na(H_2O)_4^+$
 - $Ca(H_2O)_6^{2+}$
 - $Fe(H_2O)_6^{3+}$
 - $AI(H_2O)_6^{3+}$

• Molality (m)

 $m, mole/kg = {moles of solute \over 1.0 kg of solvent}$

• Molarity (M)

 $M, mole/L = \frac{moles \ of \ solute}{1.0 \ L \ of \ solution}$

Mass concentration

$$g/m^3 = \frac{mass \ of \ solute, g}{1.0 \ m^3 \ of \ solution}$$

1.0 g/m³ = 1.0 mg/L \rightarrow common mass concentration unit

• Normality (N)

 $N, eq/L = \frac{equivalent \ of \ solute, eq}{1.0 \ L \ of \ solution}$

(meq/L more common)

Equivalent, eq = z \times (moles of solute) For acids, z is the number of replaceable hydrogen atoms; for oxidation-reduction reactions, z is the change in valence

* Equivalent mass

 $equivalent mass, g/eq = \frac{atomic (molecular)mass, g}{z, eq}$

Parts per million (ppm)

 $ppm = \frac{mass \ of \ solute, g}{10^6 \ g \ of \ solution} = \frac{mass \ conc., g/m^3}{specific \ gravity \ of \ solution}$

Also used are ppb & ppt for trace constituents

Mass concentration as CaCO₃

Traditional unit for alkalinity and hardness

Note: $meq mass of CaCO_3 = 50 mg/meq$

So, 1 mM Ca^{2+} solution equals to what mg/L as $CaCO_3$?

Other __as __ Nitrogen: mg/L as N Phosphorus: % as P₂O₅ Potassium: % as K₂O

Mole fraction

 The ratio of the number of moles of a given solute to the total number of moles of all components in solution

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \cdots + n_N}$$

 For most aqueous solutions, the moles of water is so much larger than the moles of others, so the mole fraction can be approximated as:

$$x_A \cong \frac{[A]}{55.6}$$
 -- why 55.6??

• Electroneutrality principle

$$\sum$$
 cations (in eq/L) = \sum anions (in eq/L)

Ionic strength

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i} (C_i \times z_i^2) \qquad C_i = \text{concentration of ionic species } i \text{ (M)}$$
$$z_i = \text{charge of ionic species } i$$

 Significance: in dilute solutions (I ~< 10⁻³ M) the ions behave independently of each other, but as ion concentration increases, ion interactions become significant, <u>decreasing the activity</u> of the ions

- Activity and activity coefficients
 - { } vs. []
 - $\{i\}=\gamma_i[i]$
 - $\gamma_i \cong 1$ in dilute solutions (for most natural waters except for seawater)
 - But otherwise γ_i can be significantly smaller than 1
 - Güntelberg equation (for *I* < 0.1):</p>

$$\log \gamma_i = -\frac{0.5 z_i^2 I^{0.5}}{1 + I^{0.5}}$$

Activity coefficients – exercise

Q. 1 mM NaCl and 10^{-4} mM CaCl₂ is dissolved in pure water. Can we use the dilute solution approximation (activity = molarity) for each ion dissolved in the water? Assume we accept 5% error.

Activity coefficients – exercise

1) Determine the ionic strength.

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i} (C_i \times z_i^2)$$

Because the amount of NaCl added is way greater than the amount of CaCl₂ added, let's take NaCl only for ionic strength calculation.

$$z_{Na^+} = +1$$
, $C_{Na^+} = 10^{-3} M$ and $z_{Cl^-} = -1$, $C_{Cl^-} = 10^{-3} M$

 $I = 10^{-3}$

Activity coefficients – exercise

2) Determine the activity coefficients for each ion

$$\log \gamma_i = -\frac{0.5 z_i^2 I^{0.5}}{1 + I^{0.5}}$$

For Na⁺ and Cl⁻, $z_i^2 = 1$

$$\log \gamma_{Na^{+}} = \log \gamma_{Cl^{-}} = -\frac{0.5 \times 1 \times (10^{-3})^{0.5}}{1 + (10^{-3})^{0.5}} = -0.015$$

$$\gamma_{Na^{+}} = \gamma_{Cl^{-}} = 0.965 \quad \text{(acceptable within 5\% error)}$$

For Ca²⁺, $z_i^2 = 4$

$$\log \gamma_{Ca^{2+}} = -\frac{0.5 \times 4 \times (10^{-3})^{0.5}}{1 + (10^{-3})^{0.5}} = -0.061$$

$$\gamma_{Ca^{2+}} = 0.868 \quad \text{(not acceptable)}$$

- Equilibrium constant
 - For <u>reversible</u> reactions

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \implies K = \frac{\{C\}^c \{D\}^a}{\{A\}^a \{B\}^b}$$

In dilute solutions

$$K \cong \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

- Solubility product
 - Equilibrium constant for dissolution-precipitation reactions

ex)
$$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$$

$$K_{sp} = \{Ca^{2+}\}\{CO_3^{2-}\} \\ \cong [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] \quad \text{(dilute solutions)}$$

For pure solids, activity = 1

• Henry's law

- At relatively low concentration of gaseous compound in air, the concentration (or mole fraction) dissolved in water is proportional to the concentration (or partial pressure, mole fraction) in air
- So, Henry's law constant can have various different units
- Unitless Henry's law constant

 $C_g/C_s = H_u$

 C_g = concentration in gas phase (mg/L) C_s = saturation concentration in liquid (mg/L) H_u = unitless Henry's law constant



What's in water???

Water constituents

Dissolved inorganics

- Major in surface & ground water: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, SiO₂ (mostly ionic)
- Dissolved organic matter (DOM)
- Suspended matter
 - Includes mineral colloids, microorganisms and their debris, organic polymers, ...
 - Microorganisms
 - attached/suspended
 - pathogenic/benign

Organics in natural waters

- Simple sugars, amino acids, etc.
 - Concentrations typically very low easily degraded
- Microbial polymers
 - Extracellular components in biofilms, flocs, aggregates
 - In some cases may have significant dissolved concentrations

Humic substances

- Typically the primary component of dissolved & particulate organic matter
 - Resistant to degradation
 - Molecular weights from ~500 to >100,000
 - Hydrophilic/hydrophobic regions
 - Coat minerals, photoactive, affinity to metals & organics

Humic substances – representative structure

There's no humic "molecule"!



Anthropogenic organic compounds in water

- >100,000 synthetic chemicals in daily use
 - Pesticides, solvents, dyes, personal care products, antifouling agents, additives
 - >300,000,000 tons produced annually
- Widely varying properties
 - Size, aqueous solubility, volatility, degradability, toxicity

References

- *#1)* http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/E/electronegativity.html
- #2) http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem1/L15/1.html
- #3) Benjamin, M. M. (2014) Water Chemistry, 2nd ed. Waveland Press, p. 7.
- #4) Schulten, H. -R., Schnitzer, M. (1993) A state of the art structural concept of humic substances. Naturwissenschaften, 80, 29-30.