Journal of Korean Society of Water and Wastewater
Vol.24, No.4, pp.387-394, August, 2010

상하수도학회지, 논문
24권 4호, pp.387-394, 8월, 2010

하수의 COD 분류 시험 방법에 관한 비교 연구

A Comparative Study on COD Fractionation Methods of Wastewater

김성홍[1] · 윤정원[1] · 최영균[2*]

Sunghong Kim[1] · Jungwon Yun[1] · Younggyun Choi[2*]

1 조선대학교 토목공학과, 2 대구대학교 환경공학과

(2010년 6월29일 접수; 2010년 7월29일 수정; 2010년 8월6일 채택)

Abstract

The influent COD of municipal wastewater has been divided into 4 fractions; readily soluble biodegradable, slowly particulate biodegradable, soluble and particulate unbiodegradable COD. The mathematical modeling of biological wastewater treatment processes and the design and operation of nutrient removal plants require a reliable and accurate estimate of the composition of influent wastewater COD. COD utilization rate is proportional to the oxygen uptake rate(OUR), so a batch biodegradation test with OUR measurement has been effectively used for the determination of COD fractionation. But the mathematical model of COD utilization and heterotrophs synthesis is essential to interpret the OUR measurement. Mamais method is another method for determining readily biodegradable soluble COD. Like the OUR test method, batch biodegradation test is necessary but it does not require mathematical model. These two methods for determining COD fractionation are introduced here in detail. Experimental results showed that COD composition by Mamais method is not different to that by OUR test method so, either of them can be used.

Key words : COD fractionation, biodegradation, respirometer, oxygen uptake rate, OUR

주제어 : COD 분류, 생분해, 호흡율, 산소소비율, OUR

1. 서 론

생물학적 처리시설의 설계와 운전을 위해서는 유입 하수의 COD를 생분해성에 따라 생분해성과 난분해성으로 구분할 필요가 있다. 특히 유기물 제거 뿐만 아니라 생물학적으로 질소와 인까지 제거하는 고도처리공정의 경우는 휘발성지방산(volatile fatty acids, VFAs)이나 저분자량 탄수화물과 같은 '쉽게 생분해되는' 유기물의 함량이 중요하다(Henze et al., 1987). Dold 등이 개발하고 (Dold et al., 1980) IAWPRC Task Group이 발전시킨 표준활성슬러지법 모델(general activated sludge model)은 수질 항목으로서의 유기물을 '생분해 가능 COD (biodegradable COD, 이하 BDCOD)'와 '생분해 불가능 COD (nonbiodegradable COD, 이하 NBDCOD)'로 구분하였고, 다시 '쉽게 생분해되는 용존성 COD(readily biodegradable soluble COD, 이하 RBDSCOD)'와 '천천히 생분해되는 입자상

* Corresponding author Tel:+82-53-850-6692, Fax:+82-53-850-6699, E-mail: choiyg@daegu.ac.kr(Choi, Y.)

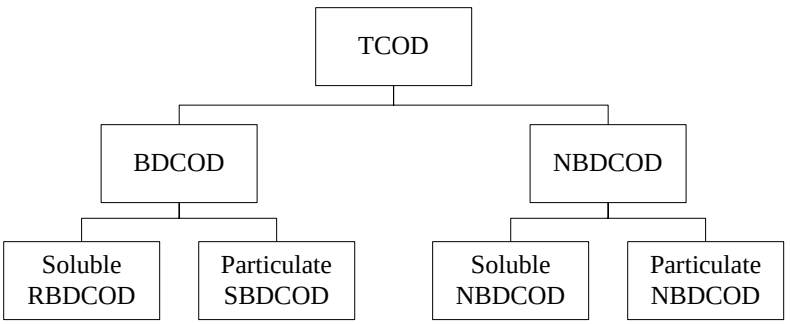

Fig. 1 Division of the total influent COD into its various constituent fractions(Ekama et al., 1986).

COD(slowly biodegradable particulate COD, 이하 SBDPCOD)', '생분해 불가능 용존성 COD (nonbiodegradable soluble COD, NBDSCOD)'와 '생분해 불가능 입자상 COD(nonbiodegradable particulate COD, 이하 NBDPCOD)'로 구별하여 모델을 구성하였다. 또한, 생물학적 인제거가 포함된 활성슬러지법 모델 2(Gujer et al., 1995)에서는 '쉽게 생분해되는 용존성 COD'를 인축적미생물의 대사에 필수요소인 초산 형태의 '휘발성지방산 COD'와 기타 '쉽게 생분해되는 용존성 COD'로 다시 세분하고 있다(최영균 등, 2003).

하수의 COD를 분류하는 방법은, 표준활성슬러지법 모델에 근거하고 모델과 회분식/반연속식의 생분해성 실험에서 OUR을 측정하는 방법과(Ekama et al., 1986; Wentzel et al., 1999), 생분해성 실험과 물리화학적 침전실험을 병행하여 COD를 분류하는 Mamais et al.(1993)의 방법(이하 Mamais 방법)이 있다. 본 연구에서는 하수처리 모델링에 반드시 필요한 입력 자료로서 유입 하수의 COD를 분류하는 대표적인 두 가지의 방법을 비교적 자세히 소개하고, 동일한 시료에 대해 실험을 실시하고 그 결과를 비교함으로써 각 방법의 특징과 장단점을 분석하였다.

2. COD 분류 실험

2.1 OUR 측정 방법

Ekama et al.(1986)은 회분식 생분해 실험에서 OUR을 측정하여 RBDSCOD를 산정하는 방법을 제시하였다. RBDSCOD는 활성슬러지에 흡수되고 몇 분 안에 쉽게 동화되기 때문에 높은 분해율을 보이는 반면 SBDPCOD는 먼저 미생물에 생흡착되어야 하고, 미생물의 체외효소에 의해 분해된 후 동화되기 때문에 상대적으로 낮은 분해율을 보이게 된다. 즉, RBDSCOD와 SBDPCOD을 이용하여 대사할 때는 서로 다른 비성장속도를 보이게 되고 이 때문에 산소소비율(OUR) 역시 서로 다르게 나타나게 된다. 따라서, 회분실험으로 산소소비율을 측정하고, 활성슬러지 증식 모델을 적용하면 유입 하수의 RBDSCOD와 SBDPCOD를 구할 수 있다.

종속영양미생물(X_{HAB})의 증식율은 식 (1)과 같이 RBDSCOD(S_S)에 의한 증식, SBDPCOD(X_S)에 의한 증식 그리고 사멸(death)율의 합으로 계산되며, Monod형 반응속도식을 적용할 경우 증식율은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다(Gujet et al., 1995). 식 (2)에서 오른쪽 첫 번째 항은 S_S에 의한 증식을, 두 번째 항은 X_S에 의한 증식을 그리고 마지막 항은 내생호흡에 의한 감소를 나타낸다.

$$\frac{dX_{HAB}}{dt} = \text{growth on } S_S + \text{growth on } X_S - \text{death} \quad (1)$$

$$\frac{dX_{HAB}}{dt} = \hat{\mu}_{HR}\frac{S_S}{K_S+S_S}\cdot\frac{S_O}{K_O+S_O}\cdot X_{HAB} + \hat{\mu}_{HS}\frac{X_S/X_{HAB}}{K_X+X_S/X_{HAB}}\cdot\frac{S_O}{K_O+S_O}\cdot X_{HAB} - b_H\frac{S_O}{K_O+S_O}\cdot X_{HAB} \quad (2)$$

회분실험에서 OUR 측정을 통한 COD분류 실험 방법은 다음과 같다. 먼저 대상 하수(시료)의 TCOD와 SCOD를 측정한 후, 적당량의 슬러지와 시료를 혼합하고, 연속호기 조건에서 OUR을 측정한다. 식 (2)에 나타난 바와 같이 회분실험의 초기 단계 즉 하수의 RBDSCOD가 고갈되기 전까지 종속영양미생물(X_{HAB})은 최대 비성장속도, $\hat{\mu}_{HR}$ 의 속도로 RBDSCOD를 소비하며 증식하고 동시에 $\hat{\mu}_{HS}$의 속도로 SBDPCOD를 소비하며 증식한다. 종속영양미생물의 내

상하수도학회지, 논문
24권 4호, pp.387-394, 8월, 2010

Table 1 Variables used for kinetics of heterotrophic process

Variables	Description
S_O	Concentration of dissolved oxygen, mgO/L
S_S	Readily biodegradable soluble COD, RBDSCOD, mgCOD/L
X_S	Slowly biodegradable particulate COD, SBDPCOD, mgCOD/L
X_{HAB}	Heterotrophic active biomass concentration, mgCOD/L
Y_H	Yield coefficient of heterotrophs, mgCOD/mgCOD
b_H	Specific decay rate of heterotrophs, /d
K_O	Heterotrophic half saturation coefficient for dissolved oxygen, mgO/L
K_S	Heterotrophic half saturation coefficient for S_S, mgCOD/L
K_X	Heterotrophic half saturation coefficient for X_S, mgCOD/L
$\hat{\mu}_{HR}$	Heterotrophic maximum specific growth rate on S_S, /d
$\hat{\mu}_{HS}$	Heterotrophic maximum specific growth rate on X_S, /d

생호흡에 의한 감소는 증식과 관계없이 항상 일어난다. 산소소비율은 종속영양미생물의 증식율과 비례하고, COD 감소량 대비 종속영양미생물 증식량(COD로써)의 비율을 표시한 것이 전환율(yield, Y_H)이다. 예를 들어, X_{HAB}가 1g 증가하면 유입하수의 COD(S_S 또는 X_S)는 $(1/Y_H)$g 만큼 감소하는데 감소한 COD $(1/Y_H)$g 중에서 1g은 X_{HAB}로 합성되고 나머지 $(1/Y_H-1)$g은 X_{HAB} 증식 반응에서 산화되어 없어진 것이다. 이 반응에서 산소는 $(1/Y_H-1)$g 만큼 감소하게 되며 OUR과 X_{HAB} 사이에는 다음의 식이 성립한다.

$$\frac{dS_O}{dt} = OUR = -\frac{1-Y_H}{Y_H} \cdot \frac{X_{HAB}}{dt} \qquad (3)$$

식 (2) 또는 식 (3)에서 S_S와 X_S는 OUR실험 결과에서 직접 구할 수는 없다. S_S와 X_S는, 일반적으로 사용하는 반응상수와 계수를 모델에 적용하고 시작점에서의 종속영양미생물량($X_{HAB,0}$)을 가정한 후 S_S와 X_S를 변화시키면서 실측한 OUR과 모델에서 구한 OUR이 가장 잘 일치하는 S_S와 X_S를 찾는 것이다. 계산 모델식은 비선형의 미분방정식으로서 수학적 해석해는 불가능하며 Runge-Kutta 방법과 같은 미분방정식의 수치해법을 적용하면 쉽게 계산할 수 있다. 본 연구에서는 식 (2)의 계산에 4차 Runge-Kutta 법을 사용하였다.

2.2 Mamais 방법

Mamais et al.(1993)은 응집, 침전, 여과의 방법으로 하수의 COD 구성을 측정하는 방법을 제안하였다. 이 방법은, 회분식 호기성 산화반응을 24시간 동안 충분히 진행시킨 후 산화 반응 전후의 TCOD 및 SCOD 등을 측정하여 시료의 COD 구성을 계산하는 Mullis와 Schroeder (1971)가 제안한 방법에, 화학적 응집 침전을 추가하여 RBDCOD까지 계산할 수 있도록 한 것이다. BDCOD는 RBDSCOD와 SBDPCOD로 구성된다. 별도로 OUR의 측정은 하지않으며, 실험 시작점에서 시료의 TCOD와 SCOD, 하수시료를 수산화아연($Zn(OH)_2$)을 이용하여 응집침전여과시킨 후 여과액의 SCOD, 시료와 슬러지 혼합액의 TCOD와 SCOD, 24시간 경과 후 혼합액의 TCOD 및 처리수를 수산화아연을 이용하여 응집침전여과시킨 후 여과액의 SCOD를 측정하므로써 COD 분류가 가능하다. 측정 항목은 다음의 Table 2와 같으며, 실험 방법은 다음과 같다.

1. 시료 약 8L를 준비하고, 시료의 TCOD와 SCOD (TCODi 및 SCODi)를 측정한다. 또한, 시료를 수산화아연으로 응집침전여과 방법에 따라 여과한 후 여과액의 SCOD (ZnSCODi)를 측정한다. 시료에 순응된 활성슬러지를 준비하고 VSS를 측정한다. 호기성 반응조에 시료와 활성슬러지를 F/M비 비율로 주입한다. 예를 들어, 9L의 반응조를 사용하는 경우에 시료의 COD 206mg/L인 시료 8.8L와, VSS 4,000mg/L인 슬러지 0.2L를 반응조에 섞어 넣으면 F/M비 2.27mgCOD/mgVSS인 혼합액 9L가 만들어진다.

2. 시작 시점에서의 혼합액의 TCOD(TCODm)와 SCOD (SCODm)를 측정한다.

Table 2 COD analysis for COD fractionation by Mamais's method

Symbol	Description
TCODi	TCOD of influent
SCODi	SCOD of influent
ZnSCODi	SCOD of filtrate of influent flocculated with $Zn(OH)_2$
TCODm	TCOD of mixed liquor at the initial time
SCODm	SCOD of mixed liquor at the initial time
TCODm24	TCOD of mixed liquor after biological oxidation(normally 24hrs)
SCOD24	SCOD of effluent after biological oxidation(normally 24hrs)
ZnSCOD24	SCOD of filtrate of effluent flocculated with $Zn(OH)_2$

3. 반응조를 포기하여 DO 농도가 2mg/L 정도가 되도록 한다. 혼합이 불충분하면 교반기를 설치한다. 24시간 동안 혼합액을 포기하며 시료를 채취한다. 회분실험으로 Y(비성장율)와 k_d(분해상수)를 함께 측정하고자 하는 경우에는, 혼합액의 VSS 및 SCOD를 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18, 24 등의 시간에 측정한다. COD분류실험에는 최종 시간인 24시간에서 혼합액의 TCOD (TCODm24)와 SCOD (SCOD24) 그리고, 처리수를 수산화아연으로 응집침전여과한 여과액의 SCOD (ZnSCOD24)만 측정하면 된다.

4. 계산 방법은 다음과 같다. 먼저 분해 가능한 COD 즉, BDCOD를 계산한다.

① 시료의 부유성 COD (SS CODi)

$$SS\ COD_i = \text{total wastewater COD} - \text{soluble wastewater COD} = TCODi - SCODi$$

② 혼합액의 부유성 COD(SS CODm)

$$SS\ COD_m = \text{initial mixture COD} - \text{initial Soluble COD} = TCODm - SCODm$$

③ 혼합액의 미생물 COD(mixture biomass COD)

$$\text{mixture biomass COD} = SS\ COD_m - SS\ COD_i$$

④ 초기 혼합액 기질 COD(initial mixture substrate COD)

$$\text{initial mixture substrate COD} = TCODm - \text{mixture biomass COD}$$

⑤ biodegradable COD (test BDCOD)

$$\text{test BDCOD} = \text{initial mixture substrate COD} - \text{final mixture soluble COD}$$

⑥ test BDCOD를 희석배율만큼 보정하여 시료의 BDCOD를 계산한다.

$$BDCOD = \text{test BDCOD} \times (\text{volume of mixture}/\text{volume of wastewater})$$

RBDSCOD와 NBDSCOD는 수산화아연에 의한 응집실험결과를 이용하여 계산할 수 있다.

$$RBDSCOD = (\text{total truly soluble COD}) - (\text{soluble non-readily biodegradable COD})$$

여기에서, total truly soluble COD와 soluble non-readily biodegradable COD는 각각 하수처리장 유입수 및 처리수를 대상으로 수산화아연에 의한 응집, 침전, 여과실험을 실시한 후 얻어진 여과액을 대상으로 측정한 COD를 말한다. 이 방법은 유입 하수의 NBDSCOD는 실제의 활성슬러지법의 하수처리장 처리수의 용존성 COD (truly soluble effluent COD)와 같다는 가정에 기초한다. NBDSCOD는 MCRT는 3일 이상으로 운전되는 활성슬러지법의 하수처리장 처리수를 대상으로 응집 실험을 실시한 후 얻어진 여과액의 COD와 같다. 실제 하수처리장이 없는 경우라면, MCRT가 3일 이상인 fill-and-draw 방식으로 운전되는 활성슬러지 시스템에 대상 원수를 유입수로 하여 24시간동안 생분해실험을 실시한 후, 처리수에 대해 위와 같은 수산화아연 응집 실험을 실시하면 된다. 응집과 침전은 0.45㎛를 통과하는 보통의 콜로이드성 물질까지 제거할 수 있다. 따라서 RBDSCOD는 식 (4)로 계산할 수 있다.

$$RBDSCOD = ZnCODi - ZnCOD24 \quad (4)$$

ZnCODi와 ZnCOD24를 측정하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 원심분리한 상징액 시료 100mL에 100g-$Zn(OH)_2$/L 용액 1mL을 넣고, 자석식 교반기로 1분간 강하게 섞어준

상하수도학회지, 논문
24권 4호, pp.387-394, 8월, 2010

다음, 6M의 NaOH 용액을 넣어 pH 10.5가 되도록 맞춘다. 몇 분 간 침전시킨 후, 상징액 20-30mL를 피펫으로 취하고, 0.45㎛ 멤브레인 여과지로 여과한 후, 여과액의 COD를 측정한다. 마지막으로, SBDPCOD와 NBDSCOD, NBDPCOD는 다음 식으로 계산한다.

$$SBDPCOD = BDCOD - RBDSCOD \quad (5)$$

$$NBDSCOD = SCODi - RBDSCOD \quad (6)$$

$$NBDPCOD = TCOD_i - BDCOD - NBDSCOD \quad (7)$$

Table 3 Characteristics of sample used for COD fractionation test

Constituent	Concentration*
pH	6.9
TCOD	195
SCOD	68
TSS	97
VSS	90
NH_4^+-N	34
NO_3^--N	0.3
TP	4.3

* mg/L, except pH

3. 실험재료 및 방법

실제 하수를 대상으로 COD 분류실험을 실시하였다. 하수의 성상을 Table 3에 표시하였는데, TCOD 200mg/L 정도로서 일반적인 도시 하수 보다는 다소 낮은 수준이었다. 모든 분석은 Standard Methods (1992)에 따랐다.

생분해성 실험과 OUR 실험을 병행하였는데, 먼저 식종슬러지를 동일한 하수를 사용하여 24시간 동안 순응시킨 후 생분해실험을 시작하였다. 식종 슬러지는 MLE 공정으로 운전되는 J시 하수종말처리장의 반송슬러지를 실험실로 반입하여 인공하수를 사용하여 연속호기성으로 배양한 슬러지이며, 하수에 대한 순응이 끝나고 생분해실험 시작 단계에서의 MLVSS는 4,000mg/L였다.

생분해성 실험 장치를 Fig. 2에 표시하였는데, 크게 교반기와 산기관이 설치된 8L 유효용량의 원통형 호기성 반응조와, DO 센서를 부착한 1L 용량의 삼각플라스크제 OUR 측정 반응조로 구성되어 있다. 호기성 반응조에 하수 8.8L를 투입하고 연속교반 연속포기를 실시하였다. 산소가 충분히 녹아있는 하수에 식종슬러지 200mL를 주입하고 하수와 식종슬러지가 잘 섞인 후 혼합액을 호기성 반응조로부터 튜빙펌프로 500mL/분의 유량으로 OUR측정 반응조로 10분간 이송하였다. 튜빙펌프는 타이머에 의해 10분 이송, 10분 정지를 반복한다. OUR측정 반응조는 자석식 교반기에 의해 완전혼합되며, DO의 변화를 측정한다. DO는 DO 미터

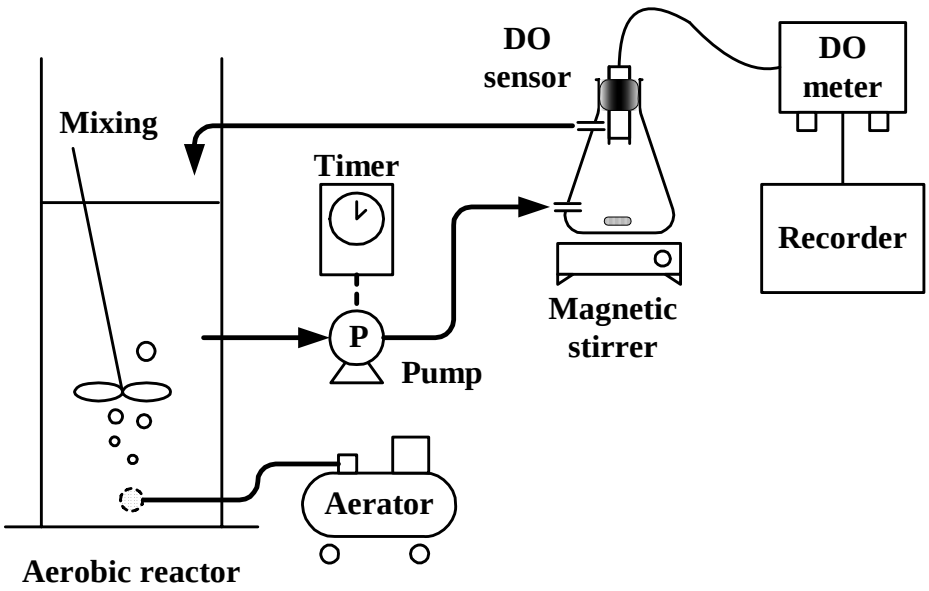

Fig. 2 Schematic diagram of biodegradation and OUR measuring apparatus.

Table 4 Initial conditions of biodegradation and OUR measuring experiment

Parameters		Value
Seed	MLSS/MLVSS (mg/L)	4,400/4,000
	Volume added (mL)	200
Feed	TCOD/SCOD (mg/L)	195/68
	Volume added (L)	8.8
F/M ratio (mgCOD/mgMLVSS)		2.27
Working volume (L)		9*

* 1L out of 9L is the volume of erlenmeyer flask reactor.

(YSI사, 모델 YSI-58)로 연속 측정되고, 측정된 DO 농도는 DO 미터기에 연결된 기록계(Cole-parmer사, 리코더 08376-25)에 연속적으로 기록된다. OUR 측정 반응조는 밀폐구조로서 공중으로부터 산소가 녹아들어갈 수 없기 때문에 DO 농도 경사는 실제 미생물의 산소소비율(흡수율)을 의미한다. OUR을 측정하는 10분간 펌프는 정지되었다가 10분이 지나면 펌프가 다시 가동되고, 측정이 끝난 OUR 측정 반응조의 혼합액은 다시 호기성 반응조로 되돌아간다. 실험은 24시간 동안 계속되며 OUR 변화를 측정하게 된다. 실험 조건은 다음 Table 4와 같다.

4. 결과 및 고찰

측정 결과는 Table 5와 같다. 하수의 SCODi는 68mg/L로서 TCOD의 35%이었으며, 24시간 동안 생분해 반응을 지난 후 SCOD24는 41mg/L로 감소하였다. OUR은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 초기 5.4mgO/mgVSS·hr에서 점차 증가하여 14.4mgO/mgVSS·hr에 도달한 이후 다시 감소하여 약 2-3mgO/mgVSS·hr에서 안정적으로 유지되는 것으로 나타났다. OUR 측정에 의한 COD 분류 방법으로, 일반적으로 하수처리의 모델링에 사용하는 매개변수값을 식 (2)와 (3)에 대입하고, S_S와 X_S, $X_{HAB,0}$를 조금씩 변화시키면서 실측한 OUR과 가장 잘 일치할 때의 S_S, X_S 및 $X_{HAB,0}$를 찾았다. 그 결과 S_S와 X_S는 각각 51mg/L와 96mg/L로 나타났고, 그 때의 $X_{HAB,0}$는 19mg/L이었다. 모델링에서 DO의 초기 농도는 그다지 중요하지 않는데 이는 OUR이 DO의 경사이기 때문이다.

Table 5 Experimental results

Constituents	Concentration (mg/L)
TCODi	195
SCODi	68
TCODm	206
SCODm	63
SCOD24	41
ZnSCODi	62
ZnSCOD24	17

Table 6 Parameter values used in this simulation

Parameter	Value	Unit
Y_H	0.67	mgCOD/mgCOD
b_H	1.4	1/d
K_O	0.1	mgO/L
K_S	4	mgCOD/L
K_X	0.03	mgCOD/L
$\hat{\mu}_{HR}$	6.2	1/d
$\hat{\mu}_{HS}$	4.8	1/d

Table 7 Smulation results of S_S, X_S and $X_{HAB,0}$

S_S	X_S	$X_{HAB,0}$
51	96	19

- all values are expressed as mgCOD/L

상하수도학회지, 논문
24권 4호, pp.387-394, 8월, 2010

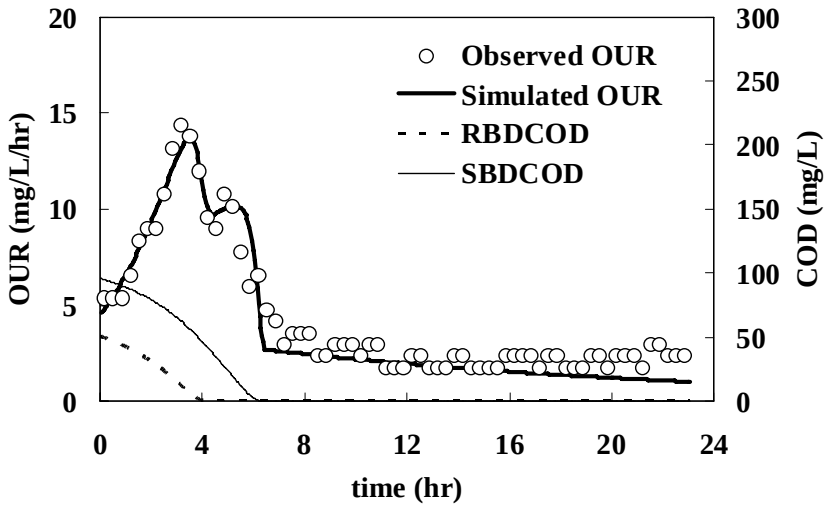

Fig. 3 OUR response with time for aerobic batch on raw municipal wastewater. Simulated OUR for the utilization of S_S, X_S and endogenous respiration was calculated from Eq. (2) and (3) using the value of Table 7.

다음으로, 물리화학적 침전 및 여과를 이용하는 Mamais 방법으로 COD를 분류하면 다음과 같다.

① 시료의 SS CODi

$$SS\ COD_i = \text{total wastewater COD}$$
$$\text{soluble wastewater COD} = TCOD_i - SCOD_i$$
$$= 195 - 68 = 127 mg/L$$

② 혼합액의 SS CODm

$$SS\ COD_m = \text{initial } COD_m - \text{initial Soluble COD}$$
$$= TCOD_m - SCOD_m = 206 - 63 = 143 mg/L$$

③ 혼합액의 biomass COD

$$\text{Mixture biomass COD} = SS\ COD_m - SS\ COD_i$$
$$= 143 - 127 = 16 mg/L$$

④ 초기 혼합액 기질의 COD

$$\text{Initial mixture substrate COD} = \text{initial } COD_m$$
$$- \text{mixture biomass COD} = 206 - 16 = 190 mg/L$$

⑤ biodegradable COD

$$\text{Test TbOD} = \text{initial mixture substrate COD}$$
$$- \text{final mixture CODs} = 190 - 41 = 149 mg/L$$

⑥ Test TbOD를 희석배율만큼 보정하여 시료의 TbOD를 계산한다.

$$\text{Wastewater TbOD} = \text{test TbOD}$$
$$\times (\text{volume of mixture/volume of wastewater})$$
$$= 149 \times (9/8.8) = 152 mg/L$$

⑦ NBDCOD를 계산한다.

$$NBDCOD = TCOD - BDCOD$$
$$= 195 - 152 = 43 mg/L$$

⑧ RBDSCOD를 계산한다.

$$RBDSCOD = Zn\ SCOD_i - Zn\ SCOD24$$
$$= 62 - 17 = 45 mg/L$$

⑨ SBDPCOD를 계산한다.

$$SBDPCOD = BDCOD - RBDSCOD$$
$$= 152 - 45 = 107 mg/L$$

⑩ NBDSCOD를 계산한다.

$$NBDSCOD = SCOD_i - RBDSCOD$$
$$= 68 - 45 = 23 mg/L$$

⑪ 마지막으로, NBDPCOD를 계산한다.

$$NBDPCOD = TCOD_i - SCOD_i - SBDPCOD$$
$$= 195 - 68 - 107 = 20 mg/L$$

Table 8 Comparison of COD fractionation methods

Division of COD	COD concentration, mg/L (fraction)		
	OUR test	Mamais method	Gujer et al.*
TCOD	195(1.00)	195(1.00)	230(1.00)
Biodegradable COD	147(0.75)	152(0.78)	175(0.76)
Nonbiodegradable COD	48(0.25)	43(0.22)	55(0.24)
Soluble Readily Biodegradable COD	51(0.26)	45(0.23)	50(0.22)
Particulate Slowly Biodegradable COD	96(0.49)	107(0.55)	125(0.54)
Nonbiodegradable Soluble COD	17(0.09)	23(0.12)	30(0.13)
Nonbiodegradable Particulate COD	31(0.16)	20(0.10)	25(0.11)

* Typical wastewater composition of primary effluent used in Activated Sludge Model No. 2 by Gujer et al.(1995).

동일한 하수 시료에 대하여 OUR 측정 방법과 Mamais 방법인 응집침전 및 여과를 이용하는 방법으로 구한 COD 분류 실험결과를 Table 8에 비교하였다. 실험 결과 OUR을 측정하여 COD를 분류한 결과와 Mamais 방법으로 응집침전 및 여과를 실시하여 COD를 분류한 결과는 서로 비슷한 결과를 보였다. 또한, 이 결과는 Gujer 등(1995)이 제시한 결과와도 비슷한 비율로 나타나 COD 분류 실험에는 위의 두 가지 방법이 모두 적합한 것으로 판단된다.

5. 결 론

COD 분류 시험 방법인 OUR 측정 방법과 응집침전여과에 의한 방법을 비교적 자세히 제시하였고, 하수를 대상으로 COD 분류실험으로 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 호기성 회분식 방법으로 OUR을 측정하는 방법과, 수산화아연으로 응집침전하고, 상징액을 여과하는 Mamais 방법은 서로 비슷한 결과를 보였으므로 두가지 방법 모두 사용 가능한 것으로 판단된다. 하수의 종류에 따라 다르기는 하겠지만, 본 실험의 경우에서 BDCOD는 유입 COD의 약 75% 정도였고, 이 중 1/3 정도가 RBDSCOD로 계산되었다. NBDCOD는 유입 COD의 약 25% 수준이었다.

사 사

이 연구는 2009년도 조선대학교 교내 연구비 지원에 의해 이루어졌습니다.

참고문헌

최영균, 김성홍, 정태학 (2003) 하수의 유기물 분류에 미치는 동력학적 영향인자의 민감도 분석, *상하수도학회지*, 17(3), pp.427-434.

APHA, AWWA, WEF (1992) *Standard Methods for the examination of water and wastewater - 18th ed.*, Washington DC, USA.

Dold P.L., Ekama G.A. and Marais G.v.R. (1980) A general model for the activated sludge process, *Progress Water Technology*, 12(Toronto), pp.47-77.

Ekama G.A., Dold P.L. and Marais G.v.R. (1986) Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems, *Water Science and Technology*, 18(Copenhagen), pp.91-114.

Gujer M., Henze M., Mino T., Matsuo T., Wentzel M.C. and Marais G.v.R. (1995) The activated sludge model no. 2 : Biological phosphorus removal, *Water Science and Technology*, 31(2), pp.1-11.

Henze M., Crady Jr. C.P.L., Gujer W, Marais G.v.R. and Matsuo T. (1987) A general model for single-sludge wastewater treatment systems, *Water Research*, 21(5), pp.505-515.

Mamais D, Jenkins D and Pitt P. (1993) A rapid physical-chemical method for the determination of readily biodegradable soluble COD in municipal wastewater, *Water Research*, 27(1), pp.195-197.

Mullis M.K. and Schroeder E.D. (1971) A rapid biochemical oxygen demand test suitable for operational control, *Journal Wat. Pollut. Control Fed.*, 43(2), pp.209-215.

Wentzel M.C., Mlbewe A., Lakay M.T. and Ekama G.A. (1999) Batch test for characterisation of the carbonaceous materials in municipal wastewaters, *Water SA*, 21(2), pp.117-124.