

2016년  
최종보고서  
16-09-04-02-06

# 안산시 하수처리장 운영비용 절감을 위한 By-Product 활용 방안

홍 성 민



환경부지정  
안산녹색환경지원센터  
Ansan Green Environment Center



# 제 출 문

안산녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “안산시 하수처리장 운영비용 절감을 위한 By-Product 활용방안”에 관한 중간보고서로 제출합니다.

연구기관명 : (주)아쿠아테크

연구책임자 : 홍 성 민((주)아쿠아테크 기업연구소)

연 구 원 : 곽성근, 이석란, 박관우, 김동훈, 이모권,

김민균

공동연구기관명 : 인하대학교

---

안산시 하수처리장 운영비용 절감을  
위한 By-Product 활용방안

---

홍 성 민

안산녹색환경지원센터

---

후

유

미

---

# 요 약 문

## I. 연구개요

안산스마트 허브내 산업시설에서 배출되는 폐수는 매년 유기물의 양의 감소와 더불어 상대적인 무기물의 함량이 증가하고 있다. 이로 인하여 폐수처리 초기에 고농도의 유기물로 인한 영양염류 제거가 어려워 질산화된 질산염 질소의 탈질과정에서 탄소원이 부족하게 된다.

따라서, 질소제거를 위한 탈질-질산화 공정은 탈질시 전자공여체로 유기탄소가 필요하므로 유기물이 부족한 폐수에는 외부탄소원의 첨가가 필요하지만, 외부탄소원의 첨가에 따라 비용증가 및 잔류 유기탄소원의 질산화방해, 슬러지 발생량 증가의 우려가 있다.

탈질화에 일반적으로 화학제로 많이 사용되고 있는 외부탄소원은 탈질미생물이 쉽게 분해할 수 있는 형태로 메탄올, 에탄올, 탄수화물, 유기산, 아미노산, 글루코스 등을 들 수 있으며 이에 대한 연구가 다양하게 이루어져 왔다. 그러나, 이러한 외부탄소원을 적절하게 사용하지 못할 경우 오히려 탈질효율을 떨어지게 하고, COD 증가원인이 되어 수질악화 뿐만 아니라 질산화 여과조의 질산화 효율 역시 감소시키는 결과를 초래할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 안산시 공공하수처리시설에서 외부탄소원으로 사용하고 있는 음폐수, 미당 외에 안산시 스마트허브에서 발생하는 By-Product의 적용성 및 경제성, 운전인자 등에 대하여 알아보하고자 한다.

## II. 연구의 필요성 및 목적

일반적으로 외부탄소원으로 메탄올, 에탄올, 아세테이트 등 순수물질과 음식물쓰레기, 도시고형폐기물, 하수슬러지, 메탄가스, 제과, 제당 등을 이용한 대체 외부탄소원을 이용하는 경우가 있다. 순수 외부탄소원은 정상적인 운영에 대한 편리성은 있으나, 운영비 상승 및 자원의 순환을 이용한 친환경적인 측면에서 음식물쓰레기, 음폐수, 제과, 제당 등의 대체 외부탄소원을 이용하는 것이 바람직하다. 그러나, 매년 증가되는 폐수의 양을 처리하는데 대한 대안 및 폐수처리의 안정화를 위해서 외부탄소원의 확보가 필요할 것으로 판단된다.

그러나, 안산스마트허브 내의 대부분의 입주업체는 경제악화 등으로 인한 영세화가 이루어지고 있는 상황으로 폐수처리에 대한 분담금 가중에 대한 불가피한 상황도 병행하여 발생되고 있다.

따라서 본 연구에서 폐수처리에 대한 대부분의 처리과정이 생물학적 처리에 의하여 이루어지며, 이를 안정화시키기 위해서 미생물의 생육환경을 맞추어 주는 과정이 매우 중요함을 인지하여 매년 증가되는 생물반응조의 탄소원을 외부 즉, 안산스마트허브 내의 입주기업을 대상으로 공정 중 발생하는 부산물을 이용하여 기존의 발생되는 문제점을 해결할 수 있으며, 경제적이고 운영의 최적효율에 대한 방안을 강구할 필요가 있다.



### III. 연구의 내용 및 범위

#### 1. 연구의 내용

- 대체 외부탄소원 발굴.
- 발굴된 외부탄소원을 이용한 C/N비에 따른 질소처리의 효율성 검토.
- Pilot Plant를 통한 외부탄소원의 적용성 검증.
- 발굴된 외부탄소원의 적용에 대한 법적 검토.
- 발굴된 외부탄소원의 경제성 검토

#### 2. 연구의 범위

- 문헌조사
- 안산시 하수처리장의 운영비 절감을 위한 안산스마트 허브 내의 By-Product 발굴
- 발굴된 By-Product의 성분분석을 통한 적용성 검토
- 발굴된 By-Product 및 기타 외부탄소원의 질소처리에 대한 기초실험을 통한 비교
- 발굴된 By-Product의 LAB 규모의 실험을 통한 Pilot Plant 운전인자 도출 및 적용성 검토
- 발굴된 By-Product의 Pilot Plant 적용에 따른 검증

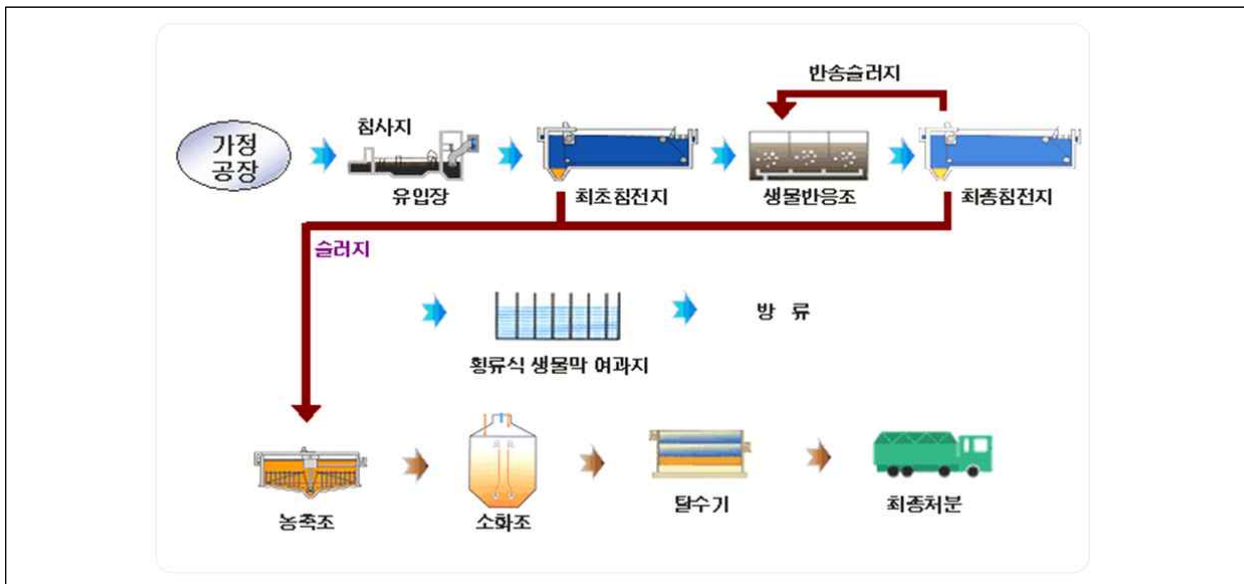
## IV. 연구결과

### 1. By-Product 활용성에 대한 조사

안산시 공공하수처리시설의 폐수처리공정은 1차처리인 침사지 및 최초침전지에서 물리적으로 침전이 잘 되는 오염원이 제거가 되고 용존성 오염원은 주로 생물반응조와 최종침전조를 통하여 제거가 된다. 2009년 T-N(Total Nitrogen)과 T-P(Total Phosphate)의 방류수 수질기준이 강화됨에 따라 고도처리에 대한 적용이 안산시 공공하수처리시설에도 적용이 되었다.

안산시 공공하수처리시설에 적용된 고도처리공정은 Symbio 공정이 적용 되었다. 본 공정은 A<sub>2</sub>O 공법의 변법으로 생물학적 질소와 인을 동시에 제거하기 위하여 혐기-무산소-호기를 조합한 공정을 바탕으로 하고 있다. A<sub>2</sub>O 공법 원리로 인을 제거하기 위해서는 혐기-호기조건을 반복하여 혐기조에서 인을 방출시키고 호기조에서 질산화를 선행시키고 무산소조로 내부순환펌프를 이용하여 반복시켜 탈질반응에 의해 질소를 제거하는 공정이다.

특히, 질소제거공정은 유입폐수 중에 존재하는 질소원이 호기조에서 질산화된 질산염을 내부반송에 의해 무산소상태에서 대사 가능한 유기물질을 이용하여 종속영양미생물에 의해 질산염, 아질산염을 전자수용체로 이용해 최종부산물인 N<sub>2</sub>가스를 생성하여 종료되어진다.



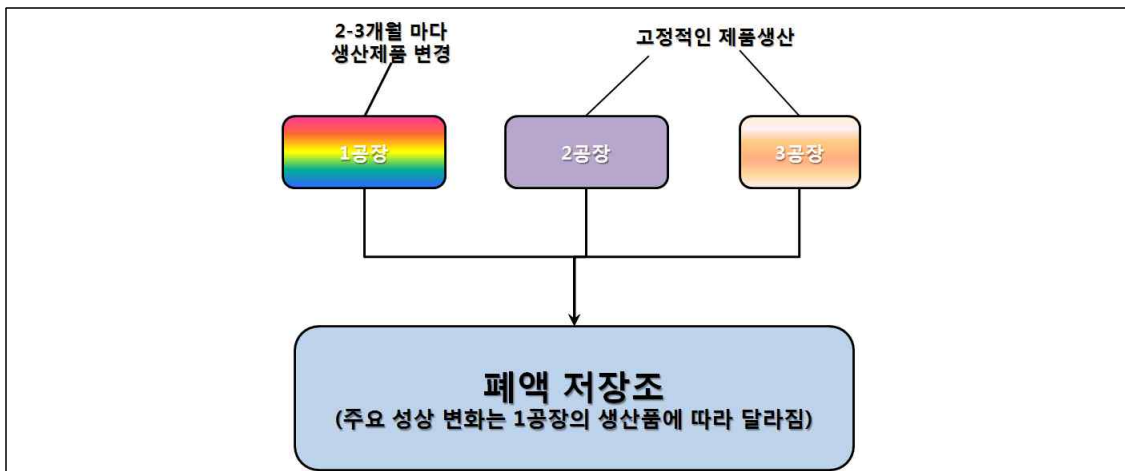
<안산시 공공하수처리시설 처리공정>

## 2.1 안산 스마트 허브 내의 By-Product 적용성 검토

안산시 공공하수처리시설에서 유입되는 폐수의 양은 일일 평균 약180,000m<sup>3</sup> 정도로 이 때 투입되는 외부탄소원은 미당, 화성시 음폐수, 안산시 음폐수가 이용되고 있다. 외부탄소원의 투입량은 안산시 음폐수를 배제하고 화성시 음폐수는 50m<sup>3</sup>/일, 미당은 7~10m<sup>3</sup>/일 정도로 투입되고 있었다.

### 2.1.1 By-Product의 발생실태 조사

선정된 By-Product는 안산스마트허브내에 입주하고 있는 (주)종근당바이오에서 미생물기반의 항생제를 생산하고 남은 폐액이다. 선정된 By-Product의 성상변화를 알아보기 위하여 생산공정을 조사한 결과, 2, 3공장에서 발생하는 폐액은 고정적으로 나오지만, 1공장은 2~3개월 마다 생산되는 제품의 변경으로 인하여 폐액 저장조의 성상이 바뀌게 된다.



<종근당 바이오에서 발생하는 폐액의 발생>

#### ① 1차 조사 (2016년 06월 07일)

By-Product의 1차 조사는 2016년 06월 07일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다.

그 결과, pH는 6.00으로 약산성 범위, ORP는 -401 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 95,500 mg/L, TS 4.89%, VS 92.7%, T-N 4,331 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 499.2 mg/L 로 나타났다.

#### ② 2차 조사 (2016년 06월 29일)

By-Product의 2차 조사는 2016년 06월 29일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다. 2차 성상조사 목적은 (주)종근당바이오의 1공장의 공정변화에 따른 폐액의 성상변화가 외부탄소원의 적용성에 대한 기본성상조사를 하는데 있다.

그 결과, pH는 5.52으로 약산성 범위, ORP는 -408 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 13,900 mg/L, TS 5.42%, VS 92.4%, T-N 2,702 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 944 mg/L 로 나타났다.

### ③ 3차 조사 (2016년 09월 02일)

By-Product의 3차 조사는 2016년 09월 02일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다. 2차 성상조사 목적은 (주)종근당바이오의 1공장의 공정변화에 따른 폐액의 성상변화가 외부탄소원의 적용성에 대한 기본성상조사를 하는데 있다. 3차 조사에서도 실험에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 공인시험기관에 동일 시료를 의뢰하였다.

그 결과, pH는 5.52으로 약산성 범위, ORP는 -410 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 161,000 mg/L, TS 8.2%, VS 97.0%, T-N 3,440 mg/L, T-P 812 mg/L 로 나타났다.

#### 2.1.2 By-Product의 적용성 검토

본 연구에서 외부탄소원의 주입의 목적은 종래 안산하수처리장에 공급되고 있는 외부탄소원(화성시 음폐수, 설탕부산물)을 안산시 스마트허브에 입주하고 있는 기업에서 발생하는 By-Product를 대상으로 활용성에 대한 접근을 하기 위한 것으로 화성시 음폐수, 설탕부산물, By-Product로 선정된 (주)종근당바이오에서 발생하는 폐액(이하 By-Product라 함)의 성상분석결과를 바탕으로 공급량을 이론적으로 산정할 수 있다.

화성시 음폐수의 C/N은 6.8, 설탕부산물은 52.0, 그리고 By-Product는 평균값을 기준으로 17.3으로 계산되었다.

이론적으로 C/N비 3이상으로 맞추기 위하여 외부탄소원별로 투입되는 양을 산출한다면, 화성시 음폐수는 49.0 m<sup>3</sup>/일, 설탕부산물은 4 m<sup>3</sup>/일, 그리고 By-Product는 15 m<sup>3</sup>/일로 나타났다.

안산하수처리장에서 안산시 음폐수를 제외할 경우, 화성시 음폐수가 주로 외부탄소원으로 주입되고 있으며, 설탕부산물은 비상시에 부분적으로 투입되고 있는 것으로 조사되었으며, 평균적으로 화성시 음폐수는 50m<sup>3</sup>/일, 설탕부산물은 11 m<sup>3</sup>/일, 그리고 By-Product는 15 m<sup>3</sup>/일의 유량이었다.

(외부탄소원별 C/N비)

화성시음폐수	설탕부산물	By-Product
6.8	52.0	17.3

### 3. 기초 실험

#### 3.1 기초실험 결과

##### ① C/N

기초실험을 통하여 C/N비의 적정성에 따라서 질산성질소의 탈질반응효과를 관찰하고자 하였다. 이 때 사용된 대상 외부탄소원으로 메탄올, 화성시 음폐수, 안산시 하수처리시설에서 운영되고 있는 1차 처리계통의 처리수(1차 침전조 후단 시료), 안산시 음폐수, By- Product를 대상으로 하였다.

소요되는 메탄올의 요구량은 3,697.9 mg/L로 계산되었다. 메탄올의 비중을 적용할 경우 투입에 필요한 양은 4.7 mL이다. 이를 바탕으로 산출된 C/N비는 1.4로 본 연구에서 목표치로 설정하고 있는 C/N비 3.0이상 조건에서 실험하기 위하여 20 mL로 투입량을 결정하였으며, 이론적인 C/N비는 6.4 (호기조 내 슬러지의 BOD농도 포함, 단, 순수 메탄올 대비 C/N비는 5.8)로 계산되었

다. 이를 기준으로 대상이 되는 외부탄소원의 투입량도 동일량으로 설정하여 효율을 보고자 하였다.

(처리되는 대상액 대비 외부탄소원별 C/N비 비교)

(10mL-외부탄소원/500mL-시료량 기준)

외부탄소원 종류	C/N
1차 처리수	0.63
안산시 음폐수	5.19
화성 음폐수	5.21
메탄올	3.50
By-Product	6.77

② 고형물의 변화

외부탄소원 대상이 되는 메탄올, 1차처리수, 화성시 음폐수, 안산시 음폐수, By-Product에 대하여 고유한 고형분의 성상의 변화를 파악하여 무산소반응에서 슬러지의 발생 특성을 유추하고자 하였다.

투입되는 외부탄소원의 양은 20mL를 기준으로 하였다. 이 때, 반응전의 고형분의 농도는 호기성 반응조에 외부탄소원을 투입 직후(반응전)의 시료를 측정 한 것이었으며, 반응은 무산소 조건에서 0.5시간 반응 후의 화는 메탄올, 1차처리수, By-Product에 대한 TS는 각각 5.2%, 17.4% 그리고 3.4%가 감소하였으나, 안산음폐수 및 화성음폐수는 각각 9.1%, 8.3% 증가하였다.

각각의 분해특성에 대한 고형분의 변화는 VS의 변화로 관찰 할 수 있으며, 이에 대한 변화는 메탄올, 1차처리수, 안산음폐수 By-Product에 대하여 1.4%, 17.5%, 7.2%기 감소하였으나, 화성음폐수는 0.6% 증가되는 경향을 보였다.

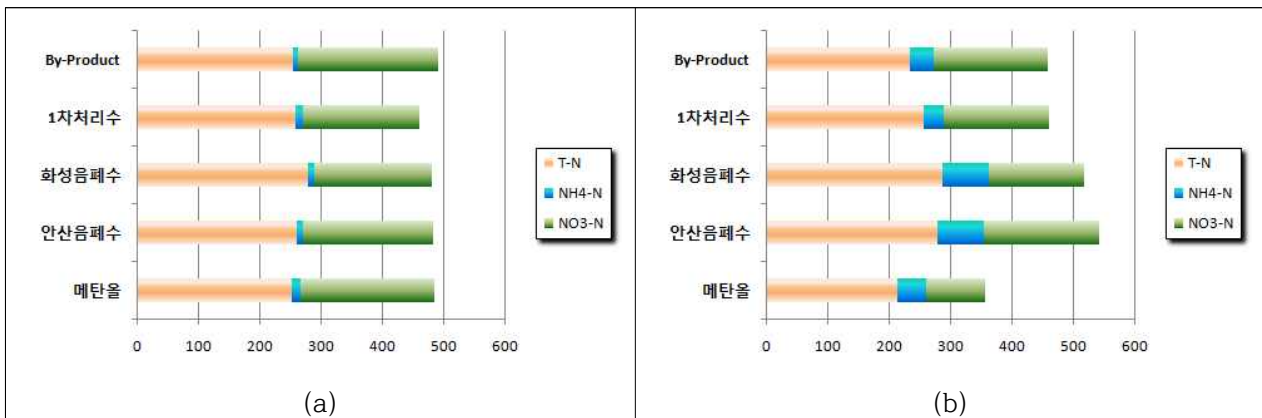
(외부탄소원 별 고형분 변화)

외부탄소원 종류	TS (mg/L)		VS(mg/L)	
	반응전	반응후	반응전	반응후
메탄올	4,640.0	4,400.0	2,793.3	2,587.2
1차처리수	6,600.0	7,200.0	4,600.2	4,006.8
안산음폐수	7,200.0	7,800.0	4,802.4	5,249.4
화성음폐수	4,600.0	3,800.0	1,835.4	1,835.4
By-Product	5,800.0	5,600.0	2,528.8	2,038.4

### ③ 질소원의 분해

안산하수처리장의 호기조 슬러지중의 성상 중 질소원(T-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)의 농도는 T-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 각각 194.0 mg/L, 44.0 mg/L, 53.0 mg/L였다. 이 때, 무산소조 내에서 질산성질소의 탈질화 반응의 효율을 관찰하기 위하여 인위적으로 KNO<sub>3</sub> 및 외부탄소원 투입 후(무산소 반응전)과 후의 농도에는 나타내었다.

메탄올의 T-N은 251.1 mg/L에서 212.0 mg/L로 15.6% 감소되었으며 이 중 NO<sub>3</sub>-N의 농도는 220.0 mg/L에서 96.0 mg/L로 56.4% 감소되었다. 1차 처리수의 T-N은 258.7 mg/L에서 256.2 mg/L로 0.97%감소되었으며, 이 중 NO<sub>3</sub>-N은 191.0 mg/L에서 172.0 mg/L로 9.95%감소되었다. 안산음폐수의 T-N은 260.0 mg/L에서 278.6 mg/L로 오히려 증가되는 경향을 보였으나, NO<sub>3</sub>-N의 변화에서 211.0 mg/L에서 186.0 mg/L로 11.8%감소되었다. 화성음폐수의 T-N은 277.3 mg/L에서 285.6 mg/L로 안산음폐수와 동일하게 증가되는 경향을 보였으나, NO<sub>3</sub>-N의 변화에서 191.0 mg/L에서 156.0 mg/L로 18.3%감소되었다. By-Product의 T-N은 235.5 mg/L에서 233.5 mg/L로 0.85%감소되었으며, NO<sub>3</sub>-N은 18.5%감소되었다.



(KNO<sub>3</sub> 투입에 따른 탈질반응 전과 후의 질소원의 변화)

(a: 탈질반응 전, b: 탈질 반응 후)

## 4. 안산하수처리장의 운영현황 조사

유입수(침사지)의 BOD는 542 mg/L, T-N은 35.7 mg/L로 C/N비는 15.1로 측정이 되었다. 이는 안산 스마트허브의 염색폐수 미적용 및 안산시 음폐수의 혼입을 감안한 측정결과이다.

이 때, 질소원의 세부적으로 보면, 암모니아성 질소는 11.6 mg/L, 질산성질소는 0.8 mg/L, 유기질소는 23.3 mg/L로 알 수 있다. 이 중, 호기조에서 직접적으로 처리대상이 되는 물질은 T-N 중 암모니아성 질소 및 유기질소분으로 1차침전조 후에 BOD는 358 mg/L, T-N은 37.5 mg/L로 탄소원은 제거되었으나 질소원은 거의 처리되고 있지 않음을 알 수 있다. 염색폐수는 전체 폐수처리량의 0.5Q로 1차침전조 후단에 유입이 되며, 이는 외부탄소원의 투입의 필요성에 대하여 중요하게 작용한다. 특히, 1차침전조 전에 외부탄소원으로 화성음폐수 약 50 m<sup>3</sup>/일정도로 투입됨에도 호기조 직전의 C/N비는 9.6으로 36.4% 낮아짐을 알 수 있다.

1차침전조 전단에서 화성음폐수의 유입으로 호기조에서 BOD는 710 mg/L, T-N은 65.6 mg/L로 C/N은 10.8로 1차침전조 후단에서의 농도를 어느 정도 유지하는 것으로 보인다. 처리조의 안정적인 반응에 대한 측정의 척도로 SVI를 측정한 결과 129.1(SV<sub>30</sub> 342 mL/L, MLSS 2,650 mg/L)로 안정적인 범위에서 반응을 하고 있음을 알 수 있었다. 이후에 처리되는 농도의 BOD는 12.8 mg/L, T-N은 16.2 mg/L로 방류수 처리기준에 만족되어 처리됨을 알 수 있다.

(안산하수처리장(공장계) 운영현황조사(2016.07.21.))

시료채취 지점	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)
유입수 (침사지)	542.0	1,820	35.7	11.6	0.8	5.96	280.0
1차침전조 (1차처리수)	358.0	1,100	37.5	10.7	0.0	4.20	103
호기조	710	4,040	65.6	10.0	5.1	21.1	2,650
처리수 (황류식 생물여과전)	12.8	510	16.2	10.0	0.0	16.2	0.37

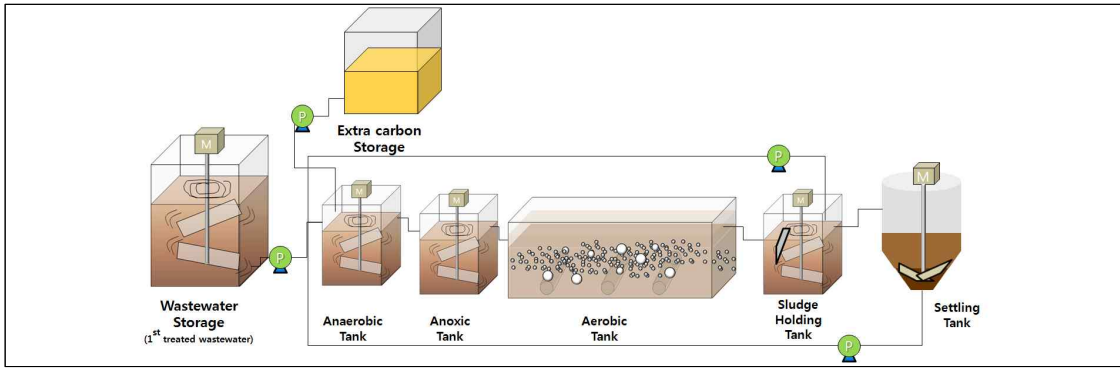
### 5. Lab Plant 실험결과

LAB 실험은 안산하수처리장의 처리계통과 비슷하게 구성을 하였으며, 이에 대한 구성은 (그림 12)에서 보는 바와 같이 혐기조, 무산소조, 호기조, 슬러지 홀딩조, 침전조 순으로 처리가 될 수 있도록 하였다.

LAB 처리용량은 1일 100L로 처리할 수 있도록 구성하였으며, 이 때 외부탄소원으로 화성시 음폐수와 설탕부산물의 유입에 대한 처리효율을 배제하기 위하여 침사지의 유입수와 염색폐수 유입수를 1:1로 혼합하여 시료로 활용하였다. 또한, 외부탄소원으로 주입되는 물질은 By-Product로 0.028%로 투입하였다(부록 5.3, 설계 및 도면).

사용되는 유입수의 시료는 화성시음폐수와 설탕부산물이 배제된 위치인 침사지와 염색폐수를 이용하였으며, 이 때, 혐기조 및 무산소조의 교반기의 교반속도는 100rpm으로 운전하였다. 호기조 내 송풍용량은 150 NL/hr로 하였으며, 이 때 SRT는 평균 6.1일, DO농도는 평균4.27 mg/L, 온도는 평균 20.3℃의 운전조건을 맞추어 실험을 진행하였다. 슬러지의 내부반송은 1.0Q(탈질화 유도), 반송 슬러지는 0.8Q(F/M비 확보), 잉여슬러지는 0.2Q(사멸균 제거)로 운전을 실시하였다.

시료의 확보는 평균 2일에 1회에 한하여 안산하수처리장에서 시료를 채수하여 LAB Scale 실험 Plant에 공급하였다.

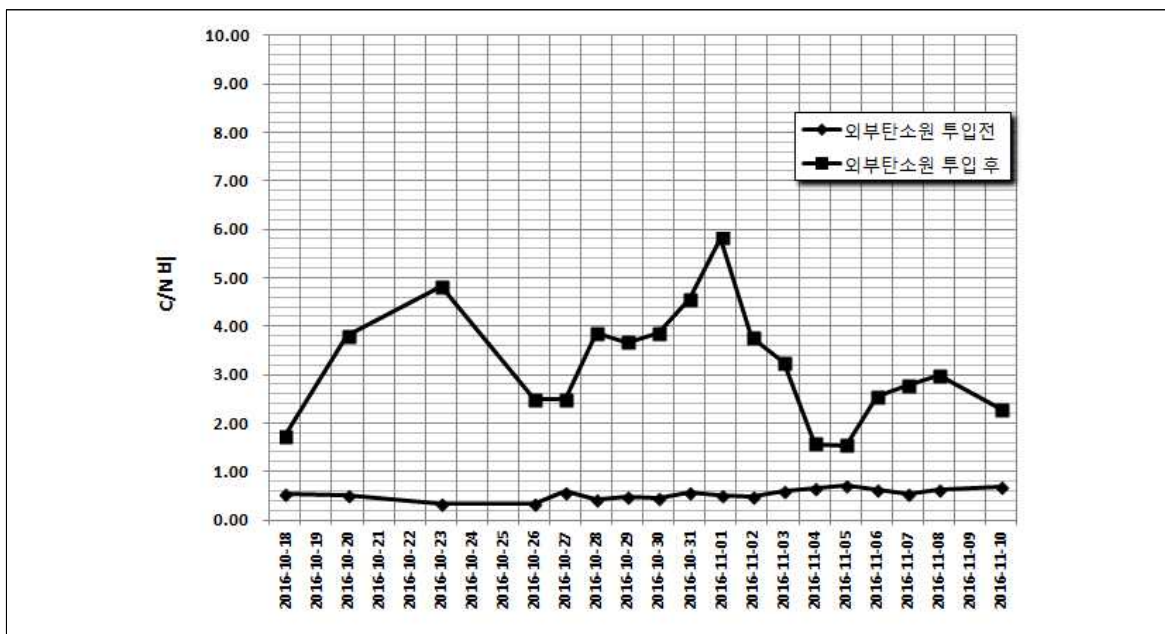


(Lab Plant 처리계통도)

### 5.1. 유입수의 C/N비 성상 변화

안산하수처리장에 유입되는 폐수는 위에서도 언급한 바와 같이 일반공장계 폐수와 염색폐수가 1:1로 혼합이 되어 총 180,000 m<sup>3</sup>/일로 처리되어지고 있다. 이 중 일반공장계 폐수는 안산음폐수를 포함하는 경우로 화성음폐수와 설탕부산물을 배제하기 위하여 침사지의 시료를 이용하여 실험에 사용하였으며, 염색폐수도 이에 대한 영향을 배제하기 위하여 안산하수처리장 유입부에서 시료를 채취하여 실험에 사용하였다. 이 때, 일반공장계 폐수와 염색폐수를 혼합할 때 C/N비는 최대 0.70, 최소 0.32 그리고 평균 0.54이었으며, 외부탄소원으로 By-Product를 0.028%로 공급하였을 경우 최대 5.82, 최소 1.54 그리고 평균 3.21로 증가됨을 확인하였다

외부탄소원 대비 유입수에 대한 T-N농도의 변화에 따라 C/N비가 상대적으로 편차가 크게 형성된 것으로 보이나, 본 과제에서 목표로 하고 있는 C/N비 3이상으로 유지하는데 대해서는 이상이 없었다.



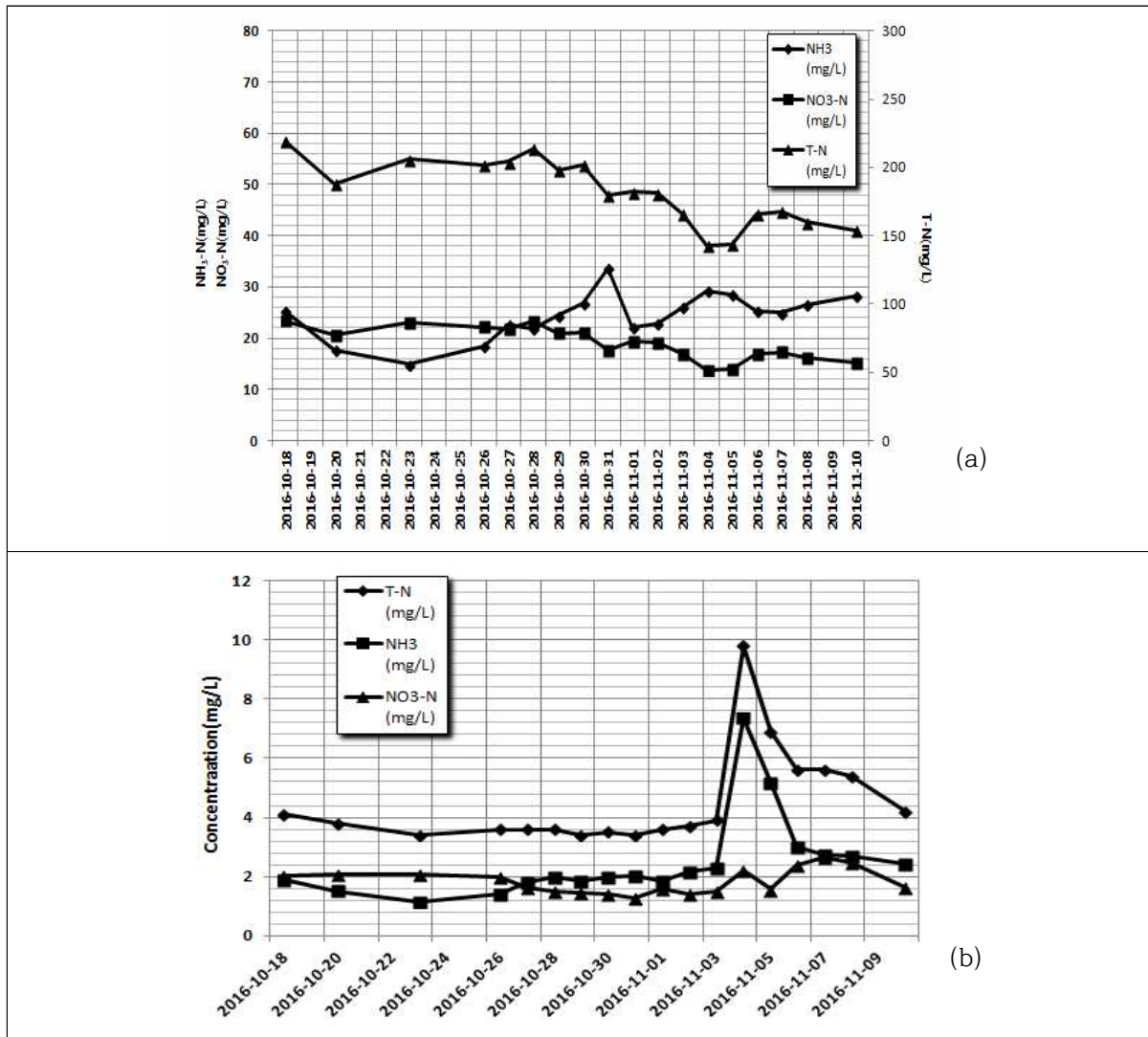
(LAB Scael 실험시 유입수에 대한 외부탄소원 투입전과 후의 C/N비 변화)

## 5.2 LAB Scale 실험에서 질소분해 특성

유입수에 대한 T-N은 최대 219.0 mg/L, 최소 143.0 mg/L 그리고 평균 182.1 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 33.6 mg/L, 최소 14.9 mg/L 그리고 평균 24.4 mg/L, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 최대 23.4 mg/L, 최소 13.8 mg/L, 평균 19.1 mg/L로 측정되었다. 질소처리를 위한 과정으로 LAB Scale 실험에서 호기조에 의한 질산화 반응과 내부반응에 의한 무산소조로 이송된 액에 대한 탈질화 반응에 의하여 질소를 분해하는 방법을 이용하고 있다.

이에 대한 처리수는 T-N의 농도 최대 7.37 mg/L, 최소 1.15 mg/L 평균 4.51 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 7.4 mg/L, 최소 1.2 mg/L 그리고 평균 2.5 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 최대 2.6 mg/L, 최소 1.3 mg/L 그리고 평균 1.8 mg/L로 측정되었다.

이에 대하여 T-N의 처리효율은 평균 83.9%로 외부탄소원을 0.028%로 주입할 경우, 질산화 및 탈질화 반응에 대하여 적절한 처리가 진행되었음을 알 수 있었다.



(LAB Scale 실험시 유입수(a)와 처리수(b)의 질소원에 대한 LAB 실험중의 변화)

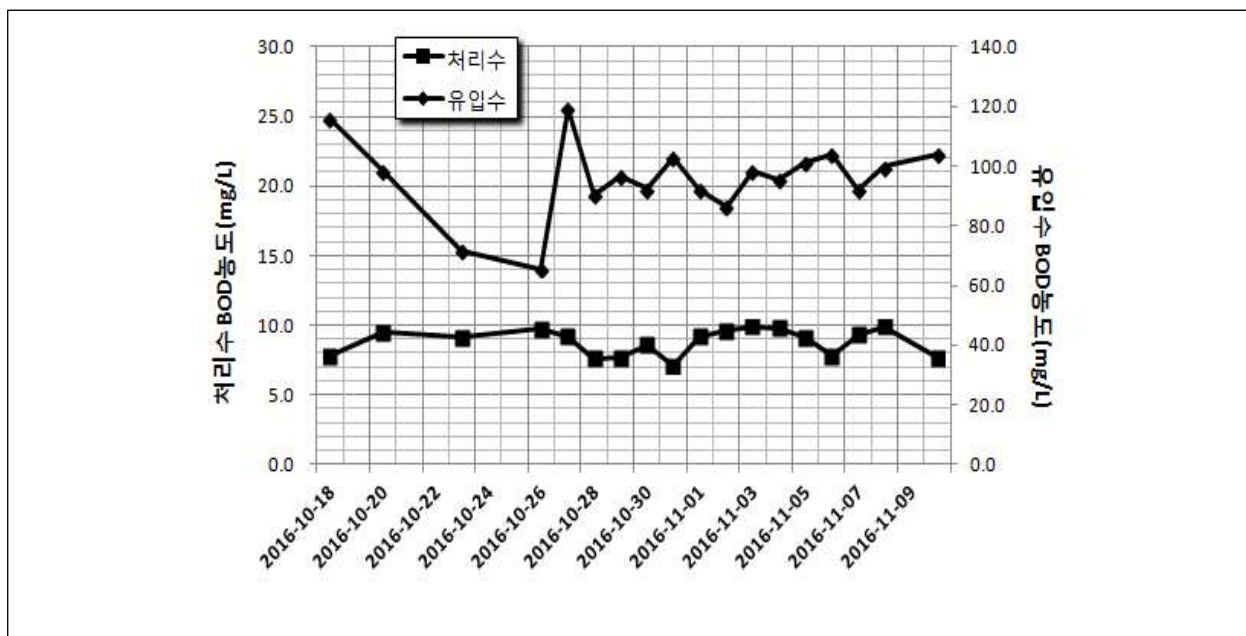
### 5.3 LAB Scale 실험에서 폐수처리 효율

#### ① BOD 변화

유입수 중의 BOD농도는 최대 119.1 mg/L, 최소 65.5 mg/L 그리고 평균 95.9 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 BOD는 최대 175.8 mg/L, 최소 22.4 mg/L, 평균 107.4 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 약 10.7%의 탄소원이 증가됨을 확인할 수 있었다.

처리수의 BOD는 최대 9.9 mg/L, 최소 7.6 mg/L 그리고 평균 8.87 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 90.5%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.

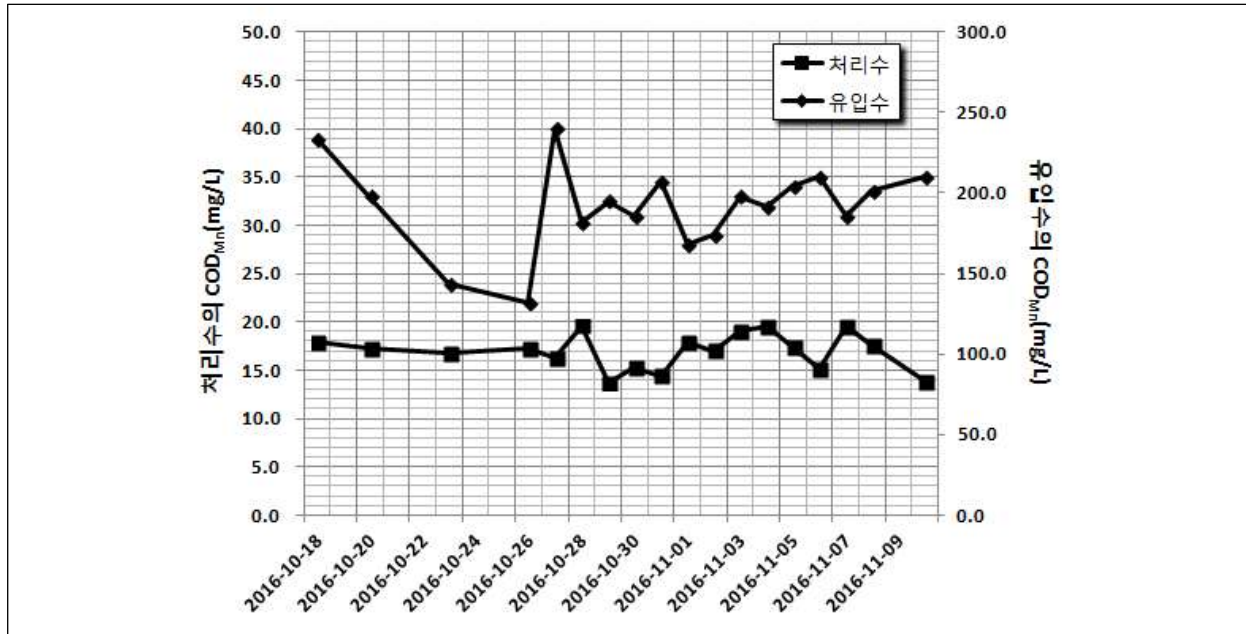


(LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 BOD 변화)

#### ② COD<sub>Mn</sub> 변화

유입수 중의 COD<sub>Mn</sub>농도는 최대 240.0 mg/L, 최소 132.0 mg/L 그리고 평균 193.3 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 COD<sub>Mn</sub>는 최대 249.0 mg/L, 최소 31.7 mg/L, 평균 152.0 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 약 27%의 농도가 감소됨을 확인할 수 있었다. 이는 공장계 폐수 중의 난분해성 물질이 존재하고 있을 것으로 보인다.

처리수의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 19.6 mg/L, 최소 13.7 mg/L 그리고 평균 16.9 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 91.1%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

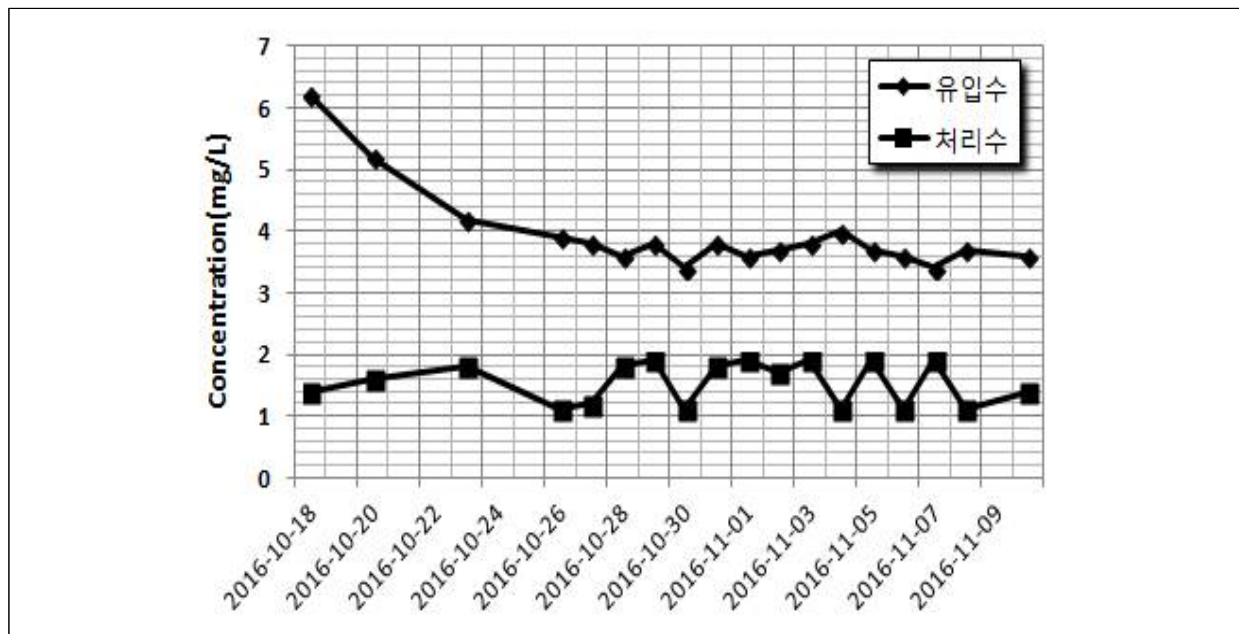


(LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 COD<sub>Mn</sub> 변화)

③ T-P의 변화

유입수 중의 T-P농도는 최대 6.2 mg/L, 최소 3.4 mg/L 그리고 평균 3.9 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 T-P는 최대 4.0 mg/L, 최소 2.9 mg/L, 평균 3.6 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 거의 변화가 없었다.

처리수의 T-P는 최대 1.9 mg/L, 최소 1.1 mg/L 그리고 평균 1.5 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 60.1%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.



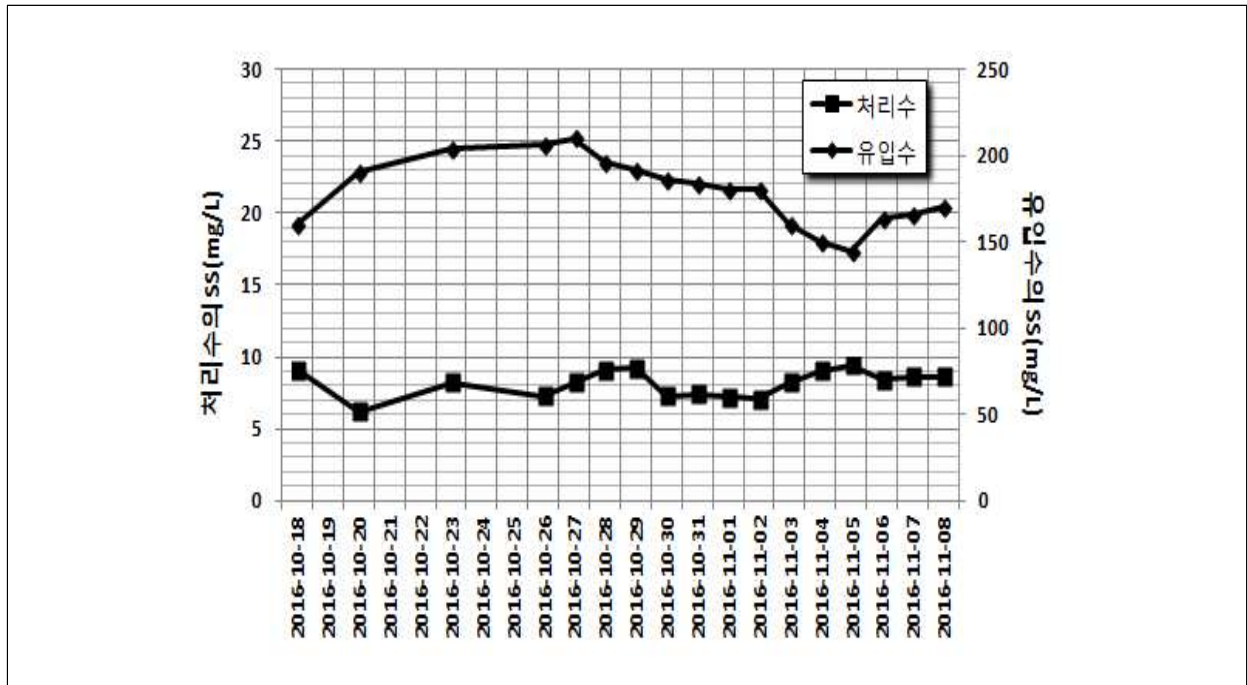
(LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 T-P 변화)

#### ④ SS의 변화

유입수 중의 SS농도는 최대 210.0 mg/L, 최소 144.0 mg/L 그리고 평균 179.0 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 SS는 최대 280.0 mg/L, 최소 110.0 mg/L, 평균 184.9 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 3.2% 증가하였다.

처리수의 SS는 최대 9.4 mg/L, 최소 6.2 mg/L 그리고 평균 8.2 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 95.4%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



(LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 SS 변화)

## 6. Pilot Plant 실험결과

Pilot Plant 실험은 송풍기동 옆의 부지에 설치를 하였다. 유입수의 배관은 화성음폐수와 설탕부산물 배제하기 위하여 침사지에서 일반 공장폐수와 1차침전조 후단에 염색폐수 인입부에 각각 펌프를 설치하여 Pilot Plant 설계용량 100 m<sup>3</sup>/일 규모에 대하여 1:1로 혼합하여 Pilot Plant 내로 유입될 수 있도록 인버터로 펌프의 속도를 조정하였다.

외부탄소원으로 투입되는 물질은 By-Product로 LAB Scale 실험 시와 동일하게 Pilot Plant로 유입되는 폐수의 유량에 대하여 0.028%로 투입하였다.

유입되는 유입수의 pH는 최대 7.8, 최소 6.6, 평균 7.4로 측정이 되었으며, 이는 Pilot Plant 운영 기간 중 유입수 중의 산, 알칼리 유입이 없었음을 간접적으로 확인할 수 있었다.



(안산하수처리장 내 Pilot Plant 위치 및 유입수 배관 구성)

## 6.1 Pilot Plant 운영 조건

Pilot Plant 설계 용량은  $100\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균  $91.5\text{ m}^3/\text{일}$ 로 운전이 되었다. 이는 식종시 안정화 및 유입수의 이물질에 의한 펌프의 유지관리에 의한 것으로 설계용량에 맞추고자 하였다.

현장의 실유입 유량을 기반으로 운영된 혐기조의 HRT는 평균 1.8시간, 혐기조의 평균 HRT는 1.8시간, 호기조의 평균 HRT는 9.5시간, 종침의 평균 HRT는 3.2시간으로 계산되었다.

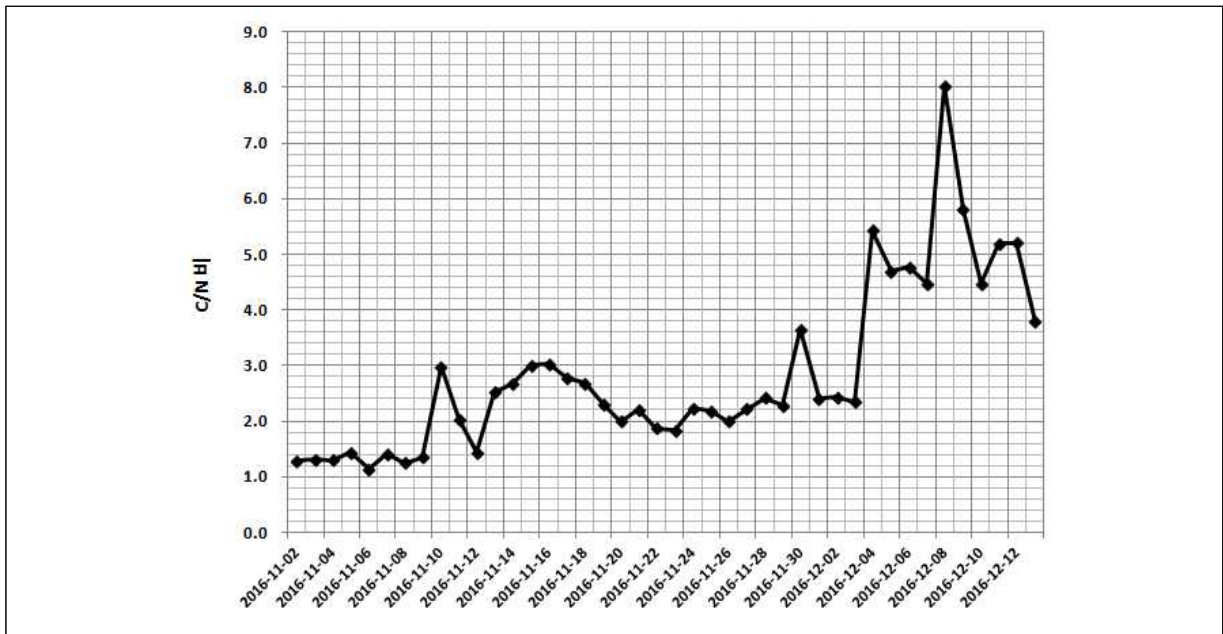
이 때 호기조의 운전은 유입부 DO농도를 평균  $1.8\text{ mg/L}$ , 유출부는 평균  $0.1\text{ mg/L}$ 로 하였으며, 이 때 조내의 MLSS 농도는 평균  $4,235.7\text{ mg/L}$ 로 측정이 되었다. 또한, SRT의 평균  $45.6\text{ mg/L}$ 으로 계산되었다. 본 공정에서 조내의 MLSS를 높게 운전하고, 내부반송은  $1.0Q$ , 반송슬러지는  $0.4Q$  그리고 잉여슬러지는  $3.9Q$ 의 유량으로 운전되었다.

## 6.2 Pilot Plant 실험 중 유입수와 처리수의 성상변화

### 6.2.1 Pilot Plant 유입수의 C/N비 성상 변화

안산하수처리장에 유입되는 폐수는 위에서도 언급한 바와 같이 일반공장계 폐수와 염색폐수가 1:1로 혼합되어 총 180,000m<sup>3</sup>/일로 처리되어지고 있다. 이 중 일반공장계 폐수는 유입시 안산염폐수와 혼합되며 이 때의 C/N비는 평균 2.8으로 조사가 되었다.

외부탄소원 공급은 안산스마트허브에서 발굴된 By-Product를 LAB 실험 시와 동일한 유량으로 Pilot Plant 유입부에 공급하였다. 공급되는 By-Product는 1주일 간격으로 공급이 되었으며, 공급되는 By-Product의 C/N비는 평균 17.0으로 계산되었다.



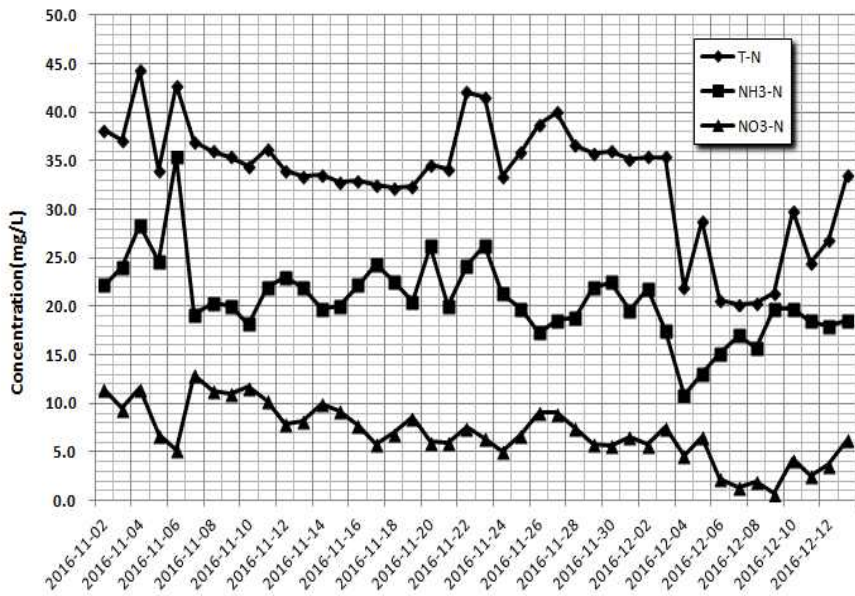
(Pilot Plant 유입수의 C/N 변화)

### 6.2.2 Pilot Plant 실험에서 질소분해 특성

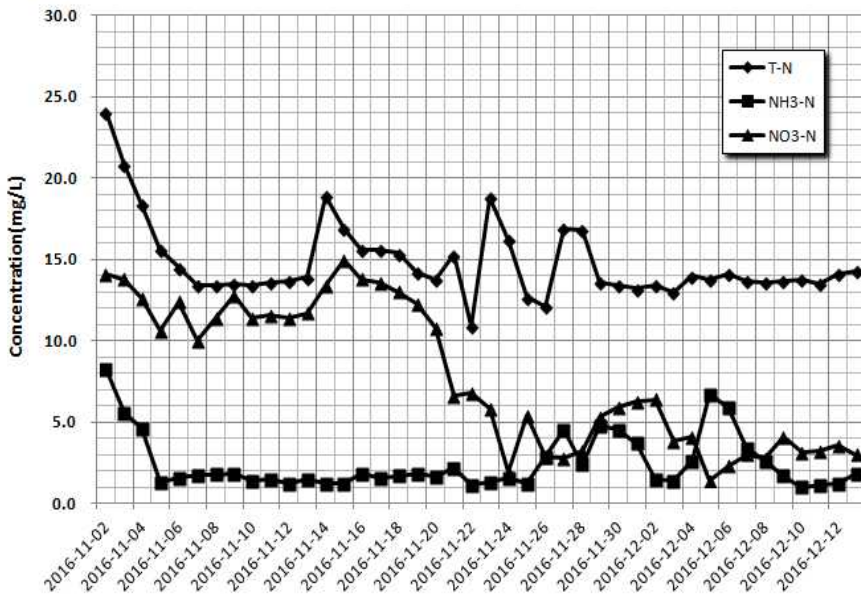
Pilot Plant의 정상적인 운전은 2016년 10월 29일 2차 식중 후로부터 4일정도 소요되었으며, 이 때 유입수에 대한 T-N은 최대 44.3 mg/L, 최소 20.2 mg/L 그리고 평균 33.4 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 35.4 mg/L, 최소 10.9 mg/L 그리고 평균 20.7 mg/L, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 최대 12.9 mg/L, 최소 0.7 mg/L, 평균 7.0 mg/L로 측정되었다. 질소처리를 위한 과정으로 현장 수처리 공법의 운영조건과 동일한 Pilot Plant 실험에서 호기조에 의한 질산화 반응과 내부반응에 의한 무산소조로 이송된 액에 대한 탈질화 반응에 의하여 질소를 분해하는 방법을 이용하고 있다.

이에 대한 처리수는 T-N의 농도 최대 24.1 mg/L, 최소 10.9 mg/L 평균 14.8 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 8.3 mg/L, 최소 1.0 mg/L 그리고 평균 2.5 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 최대 15.0 mg/L, 최소 1.4 mg/L 그리고 평균 7.8 mg/L로 측정되었다.

이에 대하여 T-N의 처리효율은 평균 55.8%로 외부탄소원을 0.028%로 주입할 경우, 질산화 및 탈질화 반응에 대하여 적절한 처리가 진행되었음을 알 수 있었다.



(a)



(b)

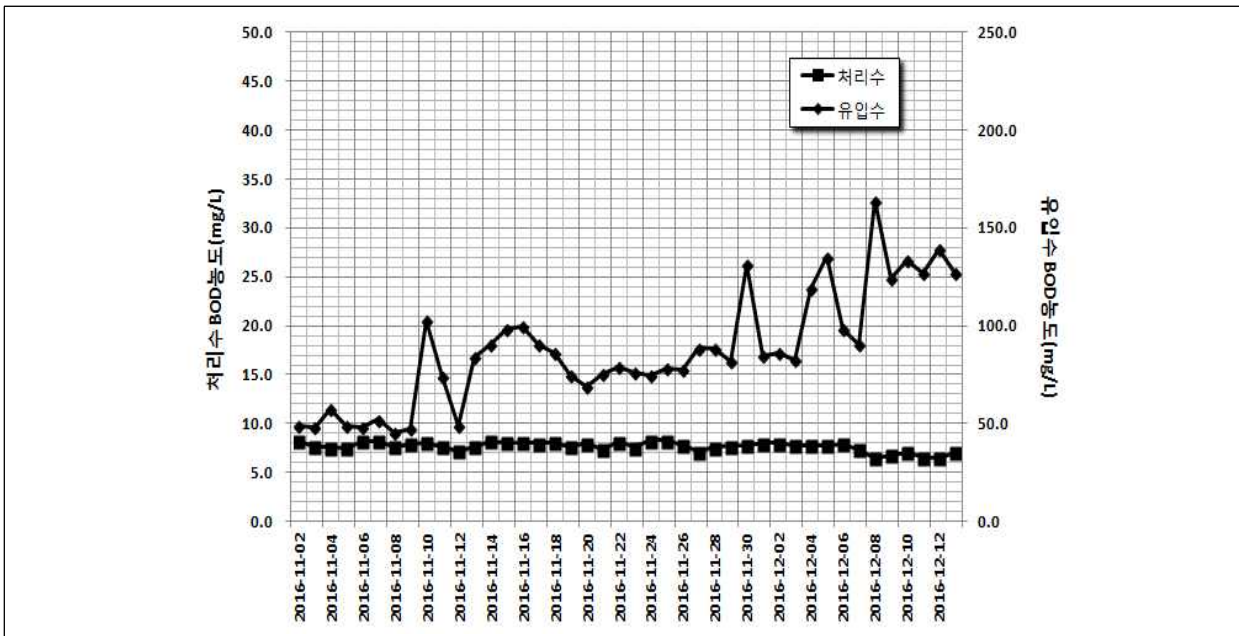
(Pilot Plant 실험시 유입수(a)와 처리수(b)의 질소원의 변화)

### 6.2.3 Pilot Plant 실험에서 수처리 효율

#### ① BOD 변화

유입수 중의 BOD농도는 최대 164.0 mg/L, 최소 45.1 mg/L 그리고 평균 87.5 mg/L로 측정되었다. 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 BOD는 최대 59,527.0 mg/L, 최소 50,244.4 mg/L, 평균 54,369.6 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 BOD는 최대 8.3 mg/L, 최소 6.5 mg/L 그리고 평균 7.7 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 91.2%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.



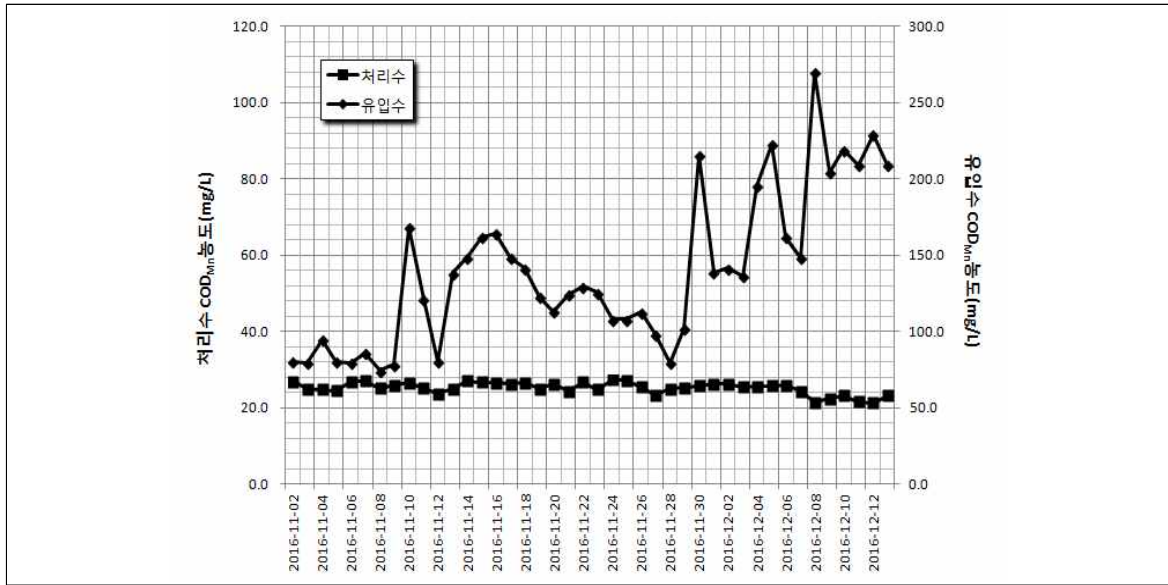
(Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 BOD 변화)

#### ② COD<sub>Mn</sub> 변화

유입수 중의 COD<sub>Mn</sub>농도는 최대 240.0 mg/L, 최소 132.0 mg/L 그리고 평균 193.3 mg/L로 측정되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 112,800.0 mg/L, 최소 104,200 mg/L, 평균 112,800 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 27.3 mg/L, 최소 21.3 mg/L 그리고 평균 25.2 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 87.0%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



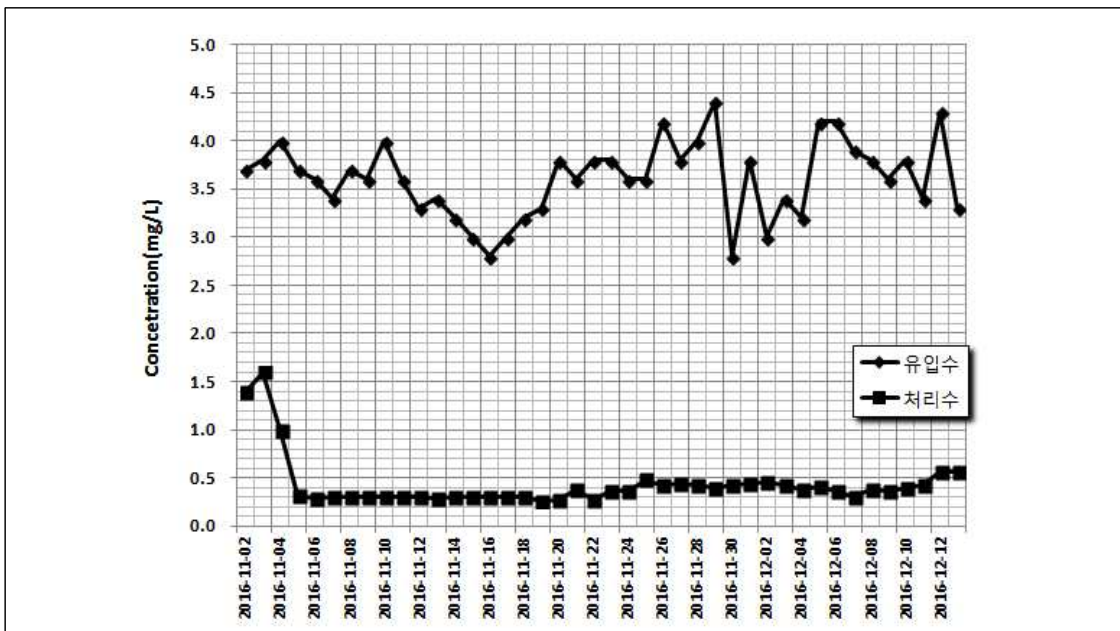
(Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 COD<sub>Mn</sub> 변화)

### ③ T-P의 변화

유입수 중의 T-P농도는 최대 4.4 mg/L, 최소 2.8 mg/L 그리고 평균 3.6 mg/L로 측정이 되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 T-P는 최대 296.0 mg/L, 최소 220.0 mg/L, 평균 267.0 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 T-P는 최대 1.6 mg/L, 최소 0.3 mg/L 그리고 평균 0.4 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 88.9%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.

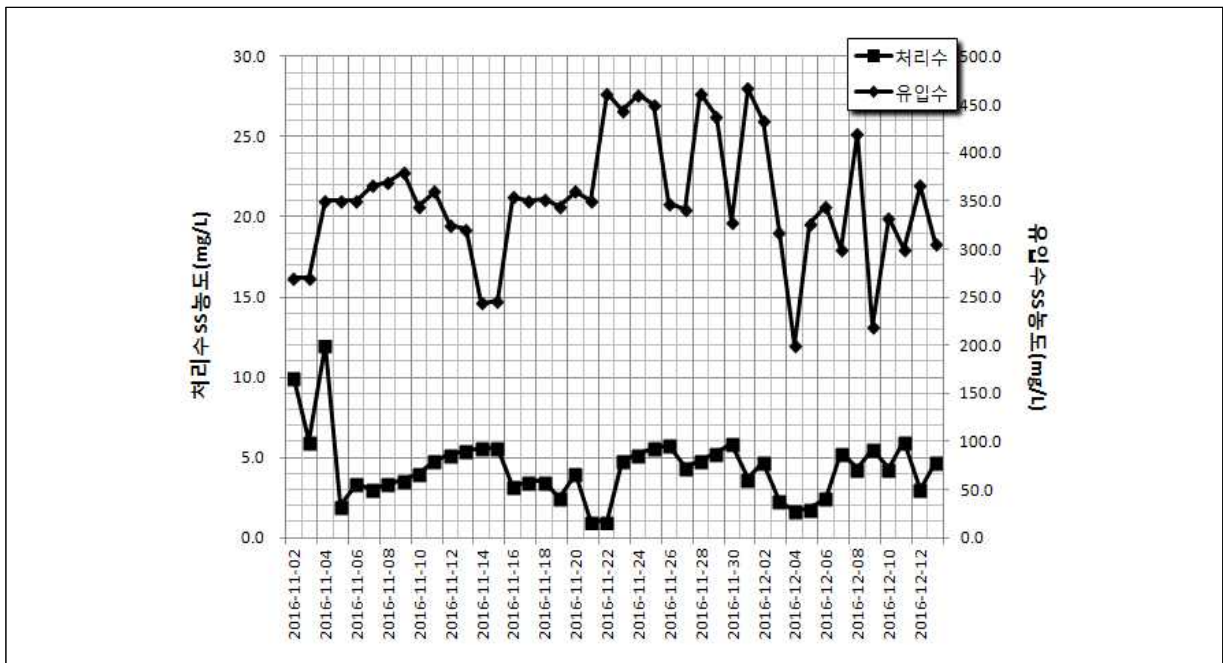


(Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 T-P 변화)

④ SS의 변화

유입수 중의 SS농도는 최대 467.0 mg/L, 최소 200.0 mg/L 그리고 평균 350.5 mg/L로 측정이 되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 SS는 최대 65,604.7 mg/L, 최소 55,352.3 mg/L, 평균 59,920.7 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 SS는 최대 12.0 mg/L, 최소 1.0 mg/L 그리고 평균 4.4 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 98.7%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.



(Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 SS 변화)

6.2.4 Pilot Plant 실험의 방류수 수질기준 만족도

본 연구의 외부탄소원으로 By-Product 이용시 안산하수처리장의 운영상에서 요구되는 처리수의 방류수 수질기준의 만족도(목표달성)를 객관적으로 판단하기 위하여 운전 중의 처리수 시료를 2016년 11월30일에 채수하여 공인기관에 분석을 의뢰한 결과에서 BOD는 6.4 mg/L, CODMn은 23.9 mg/L, T-N은 12.1 mg/L, T-P는 0.437 mg/L, SS는 6.0 mg/L로 측정이 되어 방류수 수질기준에 만족하였다.

본 연구에 이용된 Pilot Plant는 설계 용량 100 m<sup>3</sup>/일로 안산하수처리장 공장계 폐수의 처리용량인 180,000 m<sup>3</sup>/일의 약 0.06%정도로 매우 낮은 규모이며, 사계절 중 가을기간에 대한 한정적인 환경에 대하여 운전을 한 결과로 사계절동안의 운전조건에 대한 특징적 분석과 실증운전에서 적용성에 대한 결과를 도출하기 위한 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

(본 연구과제의 처리수 달성지표(방류수 수질기준)와 공인시험 분석결과)

항 목	달성지표 (방류수 수질기준)	공인시험결과
BOD	10.0 mg/L 이하	6.4 mg/L
COD <sub>Mn</sub>	40.0 mg/L 이하	23.9 mg/L
T-N	20.0 mg/L 이하	12.1 mg/L
T-P	2.0 mg/L 이하	0.437 mg/L
SS	10.0 mg/L 이하	6.0 mg/L

## V. 연구결과의 활용계획

- 외부탄소원 발굴업체를 통한 추가 수입원 창출
  
- 외부탄소원을 통한 폐수처리 안정화 기준 제시
  
- 업체의 폐수처리에 대한 새로운 방법을 제시가능
  
- 활용방안에 대한 법적 검토

# 목 차

제1장 연구개요 .....	1
제2장 연구의 필요성 및 목적 .....	3
1.연구의 필요성 .....	4
2.연구의 목적 .....	6
제3장 연구의 내용 및 범위 .....	8
1.연구의 내용 .....	9
2.연구의 범위 .....	10
제4장 연구결과 .....	12
1.탈질과정에서 외부탄소원 활용에 대한 이론적 고찰 .....	13
2. By-Product 활용성에 대한 조사 .....	17
3.기초실험 .....	29
4.안산하수처리장 운영현황 조사 .....	33
5.LAB Plant 실험결과 .....	34
6.Pilot Plant 실험결과 .....	43
제5장 안산하수처리장 내 By-Product 적용성 평가 .....	53
1.By-Product에 의한 수처리 계통에 적용성 검토 .....	54
2.By-Product에 대한 안산시 하수처리장의 적용성에 대한 고찰 .....	57
제6장 연구결과의 활용 계획 .....	58
1.안산시 하수처리장 운영비용 절감을 위하여 발굴된 By-Product의 직접 적용에 대한 환경법 및 기타 활용성 검토 .....	59
참고문헌 .....	63
용어정리 .....	66
부록 .....	67

## 표 목차

(표 4-1) 안산시 공공하수처리시설에서 공장계 폐수처리에 이용되고 있는 화성시 음폐수 및 설탕부산물의 성상 .....	19
(표 4-2) 종근당바이오에서 생산되는 제품 .....	22
(표 4-3) 2016년 06월 07일 채취한 종근당바이오 폐액의 성상분석결과 .....	23
(표 4-4) 2016년 06월 29일 채취한 종근당바이오 폐액의 성상분석결과 .....	24
(표 4-5) 2016년 09월 02일 채취한 종근당바이오 폐액의 성상분석결과 .....	25
(표 4-6) 안산하수처리장 공장계 처리계통 내에 유입수의 농도현황 .....	24
(표 4-7) 외부탄소원별 C/N비 .....	28
(표 4-8) 안산시 공공하수처리장 공장계 호기조 슬러지 성상 .....	29
(표 4-9) 처리되는 대상액 대비 외부탄소원별 C/N비 비교 .....	31
(표 4-10) 외부탄소원별 고형분 변화 .....	31
(표 4-11) 안산하수처리장(공장계)운영 현황조사 .....	33
(표 4-12) 본 연구과제가 처리수 달성지표와 공인시험 분석결과 .....	52
(표 5-1) 안산시 하수처리장에 적용되는 외부탄소원 및 By-Product의 부하 비교 .....	54
(표 5-2) 안산하수처리장에 적용되는 외부탄소원의 이론적 탈수케이크 발생량 ·	55
(표 5-3) 안산하수처리장에 적용되는 외부탄소원의 필요유량 및 메탄올 대체 수익 .....	56

## 그림 목차

(그림 1) 안산시 스마트허브 및 안산시 공공하수처리시설 위성사진 .....	1
(그림 2) 안산시 스마트허브 입주기업 현황 .....	4
(그림 3) 다양한 외부탄소원 적용에 따른 질소제거 .....	16
(그림 4) 안산시 공공하수처리시설 처리공정 .....	18
(그림 5) A <sub>2</sub> O공법 처리계통도 .....	18
(그림 6) 안산시 공공하수처리시설 내 외부탄소원 주입위치 .....	20
(그림 7) 종근당 바이오에서 발생하는 폐액의 발생 .....	21
(그림 8) 현장조사 사진 .....	21
(그림 9) 종근당 바이오 폐액의 1~3차 조사시료 .....	26
(그림 10) 기초실험 실시과정 .....	29
(그림 11) 외부탄소원 종류별 탈질실험 .....	30
(그림 12) KNO <sub>3</sub> 주입에 따른 탈질반응 전과 후의 질소원의 변화 .....	32
(그림 13) LAB Plant 실험 .....	34
(그림 14) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 pH 변화 .....	35
(그림 15) LAB Scale 실험시 유입수에 대한 외부탄소원 투입전과 후의 C/N비 변화 .....	29

(그림 16) LAB Scale 실험시 유입수의 질소원에 대한 LAB 실험 중의 변화 .....	37
(그림 17) LAB Scale 실험시 처리수의 질소원에 대한 LAB 실험 중의 변화 .....	38
(그림 18) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 BOD 변화 .....	39
(그림 19) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 COD <sub>Mn</sub> 변화 .....	40
(그림 20) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 T-P 변화 .....	41
(그림 21) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 SS 변화 .....	42
(그림 22) 안산하수처리장 내 Pilot Plant 위치 및 유입수 배관 구성 .....	43
(그림 23) Pilot Plant P&ID .....	44
(그림 24) Pilot Plant 유입수의 C/N비 변화 .....	45
(그림 25) Pilot Plant 실험시 유입수의 질소원의 변화 .....	46
(그림 26) Pilot Plant 실험시 처리수의 질소원의 변화 .....	47
(그림 27) 안산 하수처리시설 내 Pilot Plant 전경 .....	47
(그림 28) Pilot Plant 실험시 유입수와 처리수의 BOD 변화 .....	48
(그림 29) Pilot Plant 실험시 유입수와 처리수의 COD <sub>Mn</sub> 변화 .....	49
(그림 30) Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 T-P 변화 .....	50

---

## 제1장 연구 개요

---

# 제1장. 연구개요

국내의 산업화 및 도시화로 인하여 발생량이 증가하는 가정하수, 산업폐수, 침출수 등의 각종 폐수의 질소와 인은 배출시 고려하여야 할 주요 영양염류들이다. 특히 질소를 포함한 유출수는 과다한 영양염류의 유입으로 인한 하천의 부영양화와 바다의 적조발생은 환경문제 뿐만 아니라, 경제적으로도 큰 피해를 유발하고 있다<sup>1</sup>.

특히, 안산스마트 허브내 산업시설에서 배출되는 폐수는 매년 유기물의 양의 감소와 더불어 상대적인 무기물의 함량이 증가하고 있다. 이로 인하여 폐수처리 초기에 고농도의 유기물로 인한 영양염류 제거가 어려워 질산화된 질산염 질소의 탈질과정에서 탄소원이 부족하게 된다.

하·폐수처리방법 중 질소원을 제거하는 방법은 크게 물리화학적 방법과 생물학적방법으로 나눌 수 있다. 이 중 물리화학적 방법으로는 Breakpoint, chlorination, 암모니아 Stripping, 이온교환법 등의 방법과 단백질, 요소와 같은 유기물의 형태와 암모니아와 같은 무기물 형태의 질소원을 미생물의 영양소나 에너지원으로 사용하게 하여 질소가스로 제거하는 방법이 있다<sup>2,3</sup>. 생물학적 질소제거는 자가영양균에 의해 암모니아성 질소의 질산화와 무산소 조건에서 종속영양균에 의한 탈질화에 의해 제거할 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>4,5</sup>.

그러나, 대부분의 하·폐수처리장에서 채택되고 있는 활성슬러지 공법은 유기물의 제거에는 적합하지만 질소성분의 제거에는 미흡한 실정이다.

질소제거를 위한 탈질-질산화 공정은 탈질시 전자공여체로 유기탄소가 필요하므로 유기물이 부족한 폐수에는 외부탄소원의 첨가가 필요하지만, 외부탄소원의 첨가에 따라 비용증가 및 잔류 유기탄소원의 질산화방해, 슬러지 발생량 증가의 우려가 있다.

탈질화에 일반적으로 화학제로 많이 사용되고 있는 외부탄소원은 탈질미생물이 쉽게 분해할 수 있는 형태로 메탄올, 에탄올, 탄수화물, 유기산, 아미노산, 글루코스 등을 들 수 있으며 이에 대한 연구가 다양하게 이루어져 왔다. 그러나, 이러한 외부탄소원을 적절하게 사용



(그림 1) 안산시 스마트허브(좌) 및 안산시 공공하수처리시설(우) 위성사진

하기 못할 경우 오히려 탈질효율을 떨어지게 하고, COD 증가원인이 되어 수질악화 뿐만 아니라 질산화 여과조의 질산화효율 역시 감소시키는 결과를 초래할 수 있다<sup>6,7,8,9,10</sup>.

따라서, 본 연구에서는 안산시 공공하수처리시설에서 외부탄소원으로 사용하고 있는 음폐수, 미당 외에 안산시 스마트허브에서 발생하는 By-Product의 적용성 및 경제성, 운전인자 등에 대하여 알아보려고 한다.

---

## 제2장 연구의 필요성 및 목적

---

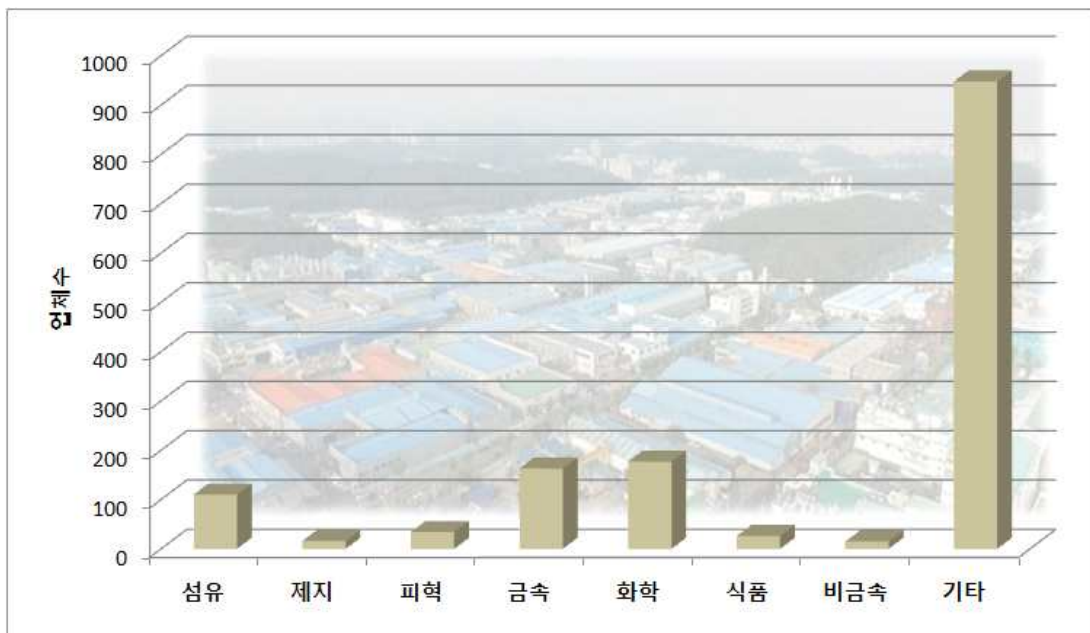
## 제2장 연구의 필요성 및 목적

### 1. 연구의 필요성

안산스마트 허브내 산업시설에서 배출되는 폐수는 매년 유기물의 양의 감소와 더불어 상대적으로 무기물의 함량이 증가하고 있다. 이로 인하여 폐수처리 초기에 고농도의 유기물로 인한 영양염류 제거가 어려워 질산화된 질산염 질소의 탈질과정에서 탄소원이 부족하게 된다. 즉, 유입수 중에 부족한 유기물을 질소 및 인 제거과정에서 효과적으로 공급하는 외부탄소원에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있으며, 특히 탈질에 관여하는 박테리아는 호기성 상태에서 유기성 화학물을 광범위하게 이용할 수 있지만 무산소상태에서는 단지 몇몇의 유기물만을 이용한다. 따라서, 효과적인 질소 및 인 제거를 위해서 부족한 유기물을 외부에서 추가로 공급해 주어야 한다.

McCarty 등<sup>25</sup>은 메탄올을 전자공여체로 사용하여 95%의 질소를 제거하기 위한 메탄올:질산성질소의 비는 3:1이라고 보고하였으며, 질산성질소를 완전 탈질시키기 위한 메탄올의 소모량은 3.45~3.7 gCOD/gNO<sub>3</sub>-N이며, 또한 폐수 중의 유기물을 이용하는 경우에는 4.2 gCOD/gNO<sub>3</sub>-N이라는 결과도 보고되었다.

일반적으로 외부탄소원으로 메탄올, 에탄올, 아세테이트 등 순수물질과 음식물쓰레기, 도시고형폐기물, 하수슬러지, 메탄가스, 제과, 제당 등을 이용한 대체 외부탄소원을 이용하는 경우가 있다. 순수 외부탄소원은 정상적인 운영에 대한 편리성은 있으나, 운영비 상승 및 자원의 순환을 이용한 친환경적인 측면에서 음식물쓰레기, 음폐수, 제과, 제당 등의 대체 외부탄소원을 이용하는 것이 바람직하다. 그러나, 매년 증가되는 폐수의 양을 처리하는데 대한 대안 및 폐수처리의 안정화를 위해서 외부탄소원의 확보가 필요할 것으로 판단된다.



(그림 2) 안산시 스마트허브 입주기업현황

그러나, 안산스마트허브 내의 대부분의 입주업체는 경제악화 등으로 인한 영세화가 이루어지고 있는 상황으로 폐수처리에 대한 분담금 가중에 대한 불가피한 상황도 병행하여 발생되고 있다.

따라서 본 연구에서 폐수처리에 대한 대부분의 처리과정이 생물학적처리에 의하여 이루어지며, 이를 안정화시키기 위해서 미생물의 생육환경을 맞추어 주는 과정이 매우 중요함을 인지하여 매년 증가되는 생물반응조의 탄소원을 외부 즉, 안산스마트허브 내의 입주기업을 대상으로 공정 중 발생하는 부산물을 이용하여 기존의 발생하는 문제점을 해결할 수 있으며, 경제적이고 운영의 최적효율에 대한 방안을 강구할 필요가 있다.

## 2. 연구의 목적

### 2.1 안산시 스마트 허브 내 외부탄소원 적용 가능한 By-Product

기존에 사용하고 있는 외부탄소원의 질소처리 효과 및 슬러지 발생에 미치는 영향을 검토하고 이를 대체할 수 있는 외부 탄소원의 발굴 및 현장 적용성에 대한 Pilot TEST를 수행하여 하수처리장의 안정적인 운영과 비용절감 방안을 마련한다.

- 대체 외부탄소원 발굴
- 발굴된 외부탄소원을 이용한 C/N비에 따른 탈질 효율 비교
- 기존 슬러지 발생량을 줄일 수 있는 외부탄소원 검토
- 100 m<sup>3</sup>/일 규모의 Pilot Plant를 이용한 효율 검증을 통한 실증화 적용성 검토

LAB 및 Pilot 시험을 통해 운전인자 및 설계인자를 도출하여 향후 실증화 설비의 설계 자료로 활용하고자 한다.



## 2.2 연구개발 평가 지표 및 목표

주요 평가 지표	단 위	최종 개발목표	가중치 (%)	측정방법
				시험규격
1. 외부탄소원 투입				
(1) C/N비	-	3	30	수질오염공정시험법
(2) 슬러지 발생량 절감율 <sup>1)</sup>	%	20	30	수질오염공정시험법
(3) 방류수 수질 <sup>2)</sup>		아래 항목 만족	30	
BOD	mg/L	10 이하		수질오염공정시험법
COD <sub>Mn</sub>	mg/L	40 이하		수질오염공정시험법
SS	mg/L	10 이하		수질오염공정시험법
T-N	mg/L	20 이하		수질오염공정시험법
T-P	mg/L	2 이하		수질오염공정시험법
(4) SVI <sup>3)</sup>	-	100-200		수질오염공정시험법
2. 과학기술적 성과				
(1) 특허 출원	건	1	5	국내 특허 출원서
(2) 국내 논문게재	건	1	5	논문 게재예정 확인서
<input type="checkbox"/> 측정결과와 증빙 방법 제시				
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1) 화성시 음폐수 적용시 슬러지 발생량 대비 대체 외부탄소원의 슬러지 발생량에 대한 산출.</li> <li>2) 안산하수처리장 방류수 설계기준 적합               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대체 외부탄소원 적용 시 방류수 수질에 만족하여야 함.</li> </ul> </li> <li>3) 미생물의 침강성에 대한 지표               <ul style="list-style-type: none"> <li>- By-Product를 외부탄소원으로 투입시 생물반응조 내 슬러지(미생물)의 독성 및 활성도 저하에 따른 영향이 없는 상태로 유지하고자 하며, 이에 따른 간접적인 지표.</li> </ul> </li> </ul>				

---

## 제3장 연구의 내용 및 범위

---

## 제3장. 연구의 내용 및 범위

### 1. 연구의 내용

- 대체 외부탄소원 발굴.
- 발굴된 외부탄소원을 이용한 C/N비에 따른 질소처리의 효율성 검토.
- Pilot Plant를 통한 외부탄소원의 적용성 검증.
- 발굴된 외부탄소원의 적용에 대한 법적 검토.
- 발굴된 외부탄소원의 경제성 검토

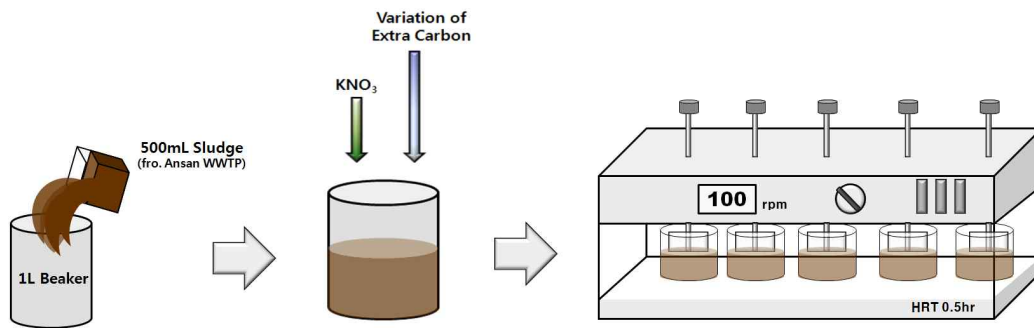
## 2. 연구내용의 범위

### 2.1 문헌조사

- 폐수처리에 관한 질소 처리 동향
- 탈질과정에 대한 외부탄소원 사용 및 현황
- 탈질과정 향상을 위한 외부탄소원 문헌 동향

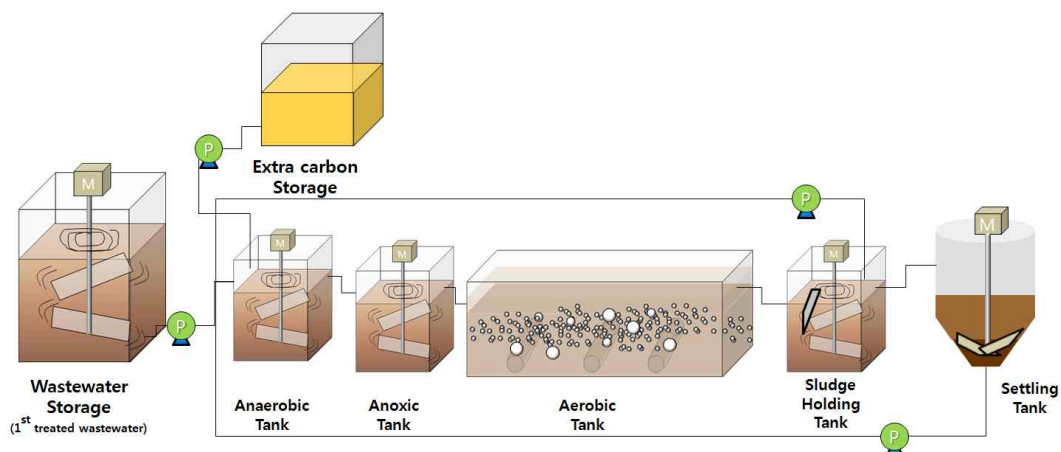
### 2.2 외부탄소원의 폐수 생물반응조의 적용성에 관한 조사

- By-Product의 기초 성상 조사
- 탈질 반응에 대한 기초실험



### 2.3 10L/일 LAB 규모에서 By-Product의 적용성 최적인자 도출

- By-Product의 주입량 결정
- Pilot Plant By-Product의 주입설비 설계 기초 DATA 확보





---

## 제4장 연구 결과

---

## 제4장. 연구결과

### 1. 탈질과정에서 외부탄소원 활용에 대한 이론적 고찰

#### 1.1 질소제거에 대한 이론적 고찰

##### 1.1.1 생분해도

하·폐수에서 반응시간별 SCOD 농도 변화는 초기 SCOD(Eoluble Chemical Oxygen Demand, 용존성 COD)를 기준으로 일차반응식(식 1)<sup>23</sup> 또는 단위시간, 단위 VSS당 호흡율에 의해 생분해도를 해석한다(식 2)<sup>24</sup>.

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (\text{식 1})$$

$C_0$ : 초기 SCOD농도(mg/L)

$C$ : t시간 후 SCOD농도(mg/L)

$k$ : 반응속도상수(hr<sup>-1</sup>)

$t$ : 반응시간(hr)

$$Ra = \frac{Q}{V} \times \frac{(DO_i - DO_o)}{MLVSS} \times 60,000 \quad (\text{식 2})$$

$Ra$ : 호흡율, mgO<sub>2</sub>/gVSS/hr

$Q$ : 호흡실 유입 시료유량, mL/min

$V$ : 호흡실 부피, L

$DO_i$ : 호흡실 유입 DO, mgO<sub>2</sub>/L

$DO_o$ : 호흡실 유출 DO, mgO<sub>2</sub>/L

$MLVSS$ : MLVSS 농도, mgVSS/L

60,000: 단위환산계수, (mgVSS·min)/(gVSS·hr)

이 때, (식 1)은 기질의 제거속도가 생분해 능력에 대한 척도로서 활용되는 것이고, (식 2)는 DO존재 하에서 단위시간, 단위 VSS 당 호흡율에 척도를 나타낸 것으로 생분해 기질과의 상관관계로 변환하여 (식 3)<sup>24</sup>과 같이 나타낼 수 있다.

$$OUT = \frac{Ra \cdot Td \cdot MLVSS}{60,000} \quad (\text{식 3})$$

OUR(Oxygen Uptake rate) : 회분식 반응기 1L 당 RBDCOD 소비로 인한 산소 이용량, mgO<sub>2</sub>/L  
 Td : 애 측정치 채취 간격, min  
 60,000 : 단위 환산계수(mgVSS·min)/(gVSS·hr)

생분해 예측을 위한 RBDCOD(Readily biodegradable chemical oxygen deman)를 구하기 위해서는 (식 4), (식 5)를 통하여 구할 수 있다<sup>24</sup>.

$$Y_H = \frac{\text{biomass proucted}}{\text{substrate comsumed}} = \frac{COD_{\text{degrad.}} - \Delta OUR}{COD_{\text{degrad.}}} \quad (\text{식 4})$$

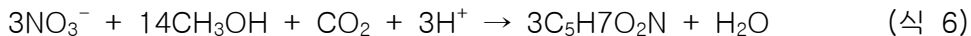
Y<sub>H</sub> : 종속영양미생물 생산계수, mgMLVSS/mgCOD  
 COD<sub>dgrada.</sub> : 소모된 COD 농도, mgCOD/L  
 ΔOUR : RBDCOD 분해기간의 OUR합계, mgO<sub>2</sub>/L

$$C_{RBD,a} = \frac{1}{(1 - Y_H)} \cdot \Delta OUR \cdot \frac{(V_{m1} + V_{ww})}{V_{ww}} \quad (\text{식 5})$$

C<sub>RBD,a</sub> : 주입된 원수(외부탄소원) a의 RBDCOD농도, mgCOD/L  
 V<sub>m1</sub> : 원수가 유입되기 전 슬러지 부피, L  
 V<sub>ww</sub> : 주입된 원수 부피, L

### 1.1.2 질소제거

McCarty(1969)<sup>25</sup>에 의하면, 전형적인 메탄올과 질산염(NO<sub>3</sub>)의 합성반응은 (식 6)과 같다.



질산염의 합성반응(식 6)에서 에너지로 요구되는 메탄올양의 25%에서 30%가 합성에 소요된다. 실험실 연구에 의해 총괄적인 질산염의 제거반응을 설명하는데 있어 (식 7)의 경험식이 구성된다.



(식 7)은 질소가 질산염 형태로 존재 시 메탄올 요구량이지만, 생물학적으로 탈질화 시켜야 할 폐수 내에 약간의 NO<sub>2</sub>-N과 DO가 있을 수 있다. NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N와 DO가 존재한다면 메탄올 요구량은 (식 8)과 같다.

$$C_m = 2.47N_0 + 1.53N_1 + 0.87D_0 \quad (\text{식 8})$$

$C_m$  : 요구되는 메탄올 농도, mg/L  
 $N_0$  : 초기 질산성 질소 농도, mg/L  
 $N_1$  : 초기 아질산성 질소 농도, mg/L  
 $D_0$  : 초기 용존산소 농도, mg/L

또한, 탈질산화 반응은 0차 반응으로 간주되고 있으며, 특히 무산소로 반응조 내에 일정농도의 탈질산화 세균이 있을 질산농도는 경과시간에 따라 일정한 속도로 감소된다(식 9)<sup>23</sup>.

$$\frac{dNO_3^-}{dt} = -(X_{DN}) \cdot (SDNR) = -k_{DN} \quad (\text{식 9})$$

$NO_3^-$  :  $NO_3^-$ -N 농도(mg/L)  
 $X_{DN}$  : MLVSS농도(mg/L)  
 SDNR: 탈질율(mg  $NO_3^-$ -N/gMLVSS·hr)  
 $k_{DN}$  : 질소제거속도상부(mg  $NO_3^-$ -N/L·hr)

## 1.2 탈질과정 향상을 위한 외부탄소원 문헌동향

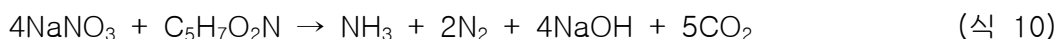
폐수 중의 C/N비가 낮아지게 되면 생물학적 탈질과정에서 유기물과 같은 전자공여체의 부족에 따른 처리효율의 저하를 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있으며, 생물학적 영양물질 제거공정에서 탄소/질소 비율은 유입폐수의 성상에 따라 달라진다.

특히, 안산시 스마트허브에서 발생하는 폐수와 같이 무기성 물질이 유입되는 경우에도 이와 같은 문제를 일으킬 수 있다.

따라서, 생물학적 탈질에서 유기물이 제한요소로서 작용하는 것을 메탄올, 아세트산염, 산 발효액과 더불어 슬러지 가수 분해액, 오존 분해산물에서 탄소원으로 이용 된다<sup>14, 15, 16</sup>.

### 1.2.1 다양한 외부탄소원에 의한 탈질개선

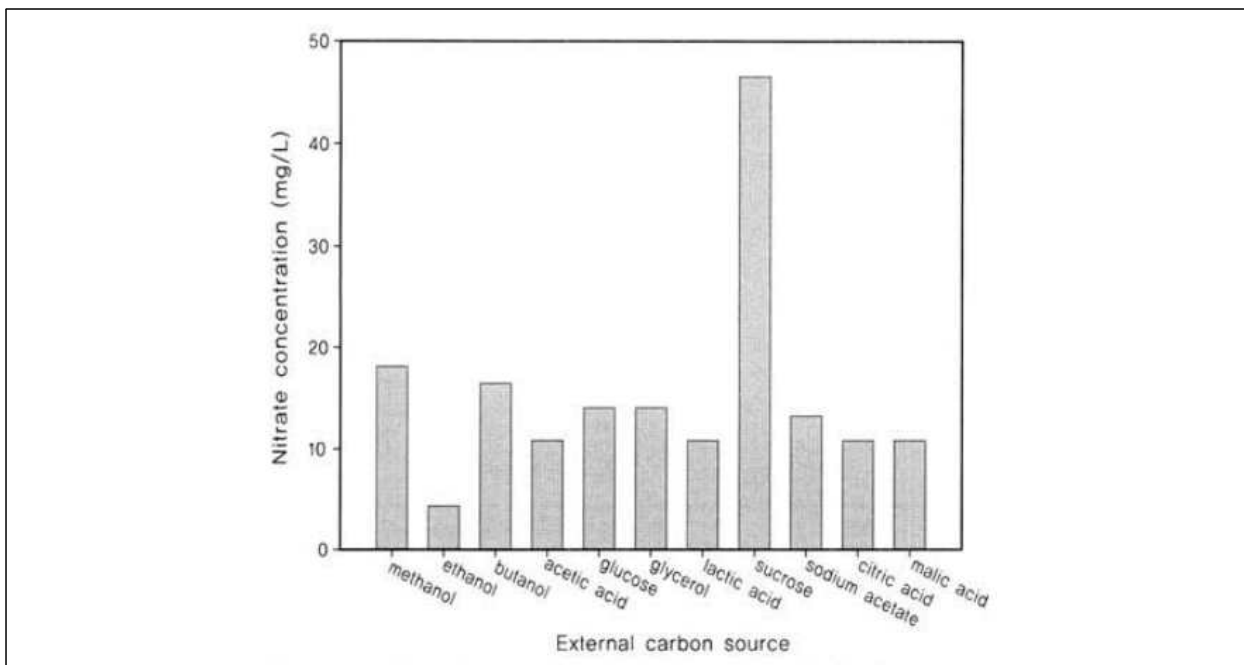
폐수처리에서 탈질속도는 초기 유기물질농도와 구성성분, 화성슬러지의 상태에 따라 상당히 변하는데, 탈질을 행하기 전에 포기를 실시하면 탈질속도는 크게 감소되는 것으로 알려져 있다. 탈질에 이용되는 유기탄소원은 메탄올(8.75~9.20 mg  $NO_3^-$ -N/gVSS·hr), 에탄올(5.0~37.5 mg  $NO_3^-$ -N/gVSS·hr), 아세트산(14.4~48.0 mg  $NO_3^-$ -N/gVSS·hr) 등을 사용한다<sup>17, 18, 19</sup>. 돈분을 이용한 탈질시 탈질과 입자성 물질의 가수분해에 의해 생성된 유기물질에 의해  $NO_3^-$ -N 농도는 서서히 감소되는 것으로 (식 10)에 의해 진행되어진다<sup>19</sup>.



이 때, 내생호흡에 의한 반응은 전체 탈질 효율의 10% 내외를 차지하는 것으로 알려져 있으며 탈질효율의 90%는 주로 용존성 유기물질과 입자성 물질의 가수분해에 의해 생성된 유기물질에 의해 탈질반응이 진행되는 것으로 알려져 있다<sup>20, 21</sup>.

또한, 유기성폐자원을 이용한 산발효는 VA(Volatic Acid, 유기산)생산율은 SRT(Solids retention time, 고형물 체류시간)가 증가할수록 증가하였다. 이에 따른 결과로 메탄올과 발효조상등수를 외부탄소원으로 이용하여 탈질시 NO<sub>3</sub>-N의 제거효율은 메탄올이 약간 높게 나타났지만, 비탈질소화율은 메탄올과 발효상등수가 유사하였다<sup>22</sup>.

정 등(2008)<sup>11</sup>은 외부탄소원으로 메탄올, 에탄올, 부탄올, 아세트산, 포도당, 글리세린, 젖산, 설탕, 소듐, 아세테이트, 시트릭산, 말릭산을 사용하였으며 이 중 에탄올을 사용하였을 때 가장 높은 질산성 질소제거를 나타낸다고 하였다(그림 3).



(그림 3) 다양한 외부탄소원 적용에 따른 질소제거<sup>11</sup>

### 1.2.2 폐수처리시 탈질공정에 적용되는 외부탄소원 동향

폐수 중의 질소와 인은 배출시 고려하여야 할 주요 영양염류로 질소를 포함한 유출수는 과다한 영양염류의 유입으로 인한 호소의 부영양화 및 해안의 적조를 발생시켜 환경 문제 뿐만 아니라 경제적 피해를 유발 할 수 있다.

일반적으로 질소제거는 물리화학적 방법과 생물학적방법으로 크게 구분할 수 있다. 물리적 방법으로 Breakpoint chlorination, 암모니아 Stripping, 이온교환법 등의 방법과 단백질, 요소와 같은 유기물의 형태와 암모니아와 같은 무기물 형태의 질소원을 미생물의 영양소나 에너지원으로 사용하게 하여 질소가스로 제거하는 방법이며, 생물학적인 방법은 자가영양균에 의한 암모니아성 질소의 질산화와 무산소조 조건에서 종속영양균에 의한 탈질화에 의해 제

거할 수 있다. 이 때, 탈질화에 관여하는 미생물은 Achrobacter, Bacillus, Brevibacterium, Enterobacter, Lactobacillus, Micrococcus, Paracalobactrum, Pseudomonas, Spirillum 등이 있으며, 질산이온( $\text{NO}_3^-$ )을  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$ 를 환원시켜 제거한다<sup>11</sup>.

탈질화 미생물은 환경조건에 대단히 민감하여 탈질화 영향인자의 변화에 의해 미생물의 성장과 제거율이 좌우되며, 영향인자로써는 배양온도, pH, 알카리도, 용존산소, C/N비, 탄소원의 종류 등이 있다. 이 중 외부탄소원은 대부분의 물질이 가능하나, 벤젠 등과 같은 방향족 화합물은 불가능한 것으로 알려져 있다. 일반적으로 사용되는 탄소원은 메탄올, 에탄올, 아세트산 등이 사용되고 있다<sup>12,13</sup>.

### 1.2.3 폐수처리시 탈질공정에 적용되는 외부탄소원 동향

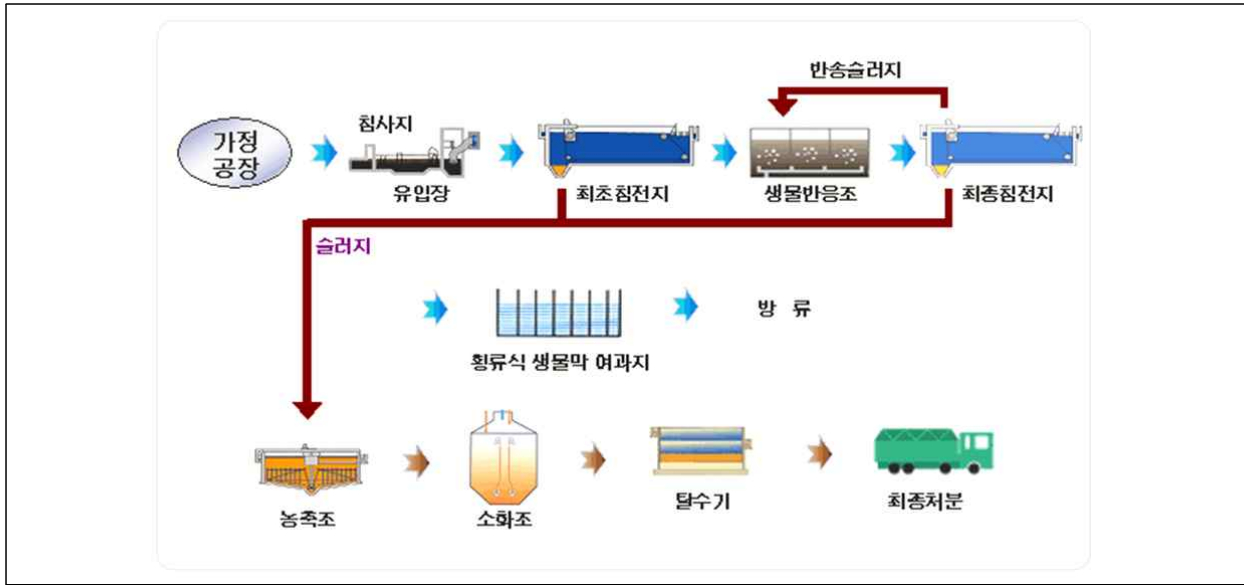
폐수의 질소 처리시 초기 질산성 질소의 농도가 높을수록 슬러지의 농도는 증가하는 경향을 나타낸다. 이는 일정한 C/N비하에서 초기 질산성 질소의 농도가 높을수록 탄소원의 양의 증가가 이루어지며, 초기 질산성 질소 농도에 비례해서 일정구간에서는 제거속도가 증가한다고 한다. 또한, 생물학적 탈질화 공정은 질산화 공정에 의해 질산성 질소로 전환된 무기질소 화합물을 무산소 조건에서 종속영양 미생물에 의해 질소가스로 전환되는 공정으로 이에 미치는 탄소원과 질소원의 농도의 비의에 대하여 초기 질산성 질소의 농도가 높을수록 바이오매스량의 농도는 증가하는 경향을 나타내었으나, C/N비의 변화에 따른 바이오매스량의 변화의 변화가 없다고 한다. 이에 대한 현상은 반응초기의 반응조내에 유입되는 슬러지의 양은 크게 변화되지 않는다<sup>11</sup>.

## 2. By-Product 활용성에 대한 조사

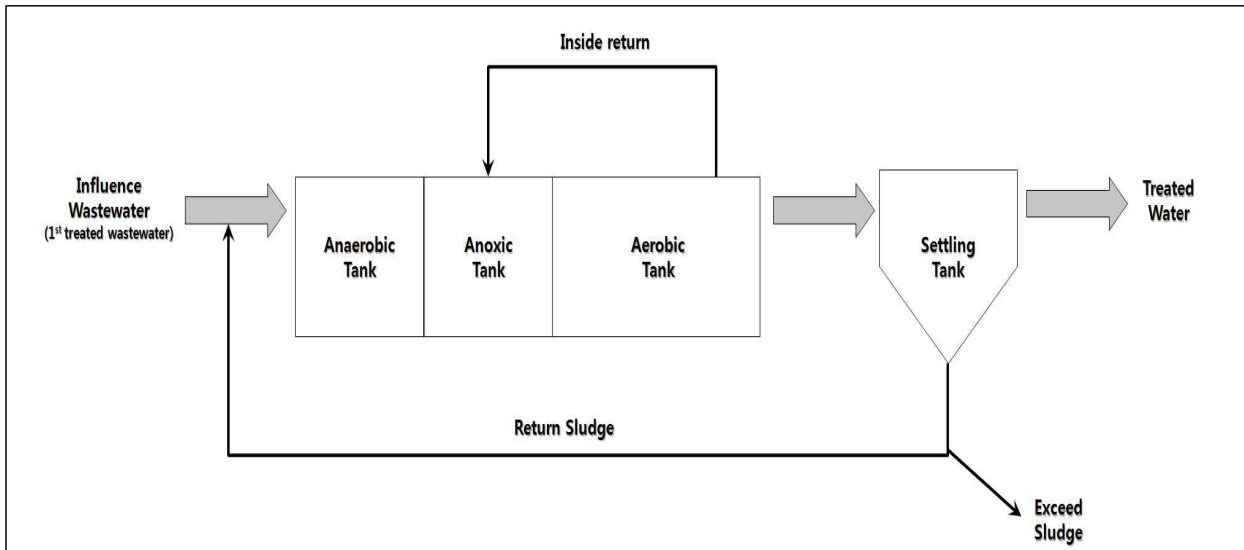
안산시 공공하수처리시설의 폐수처리공정은 (그림 4)과 같이 1차 처리인 침사지 및 최초침전지에서 물리적으로 침전이 잘 되는 오염원이 제거가 되고 용존성 오염원은 주로 생물반응조와 최종침전조를 통하여 제거가 된다. 2009년 T-N(Total Nitrogen)과 T-P(Total Phosphate)의 방류수 수질기준이 강화됨에 따라 고도처리에 대한 적용이 안산시 공공하수처리시설에도 적용이 되었다.

안산시 공공하수처리시설에 적용된 고도처리공정은 Symbio 공정이 적용 되었다. 본 공정은  $\text{A}_2\text{O}$  공법의 변법으로 생물학적 질소와 인을 동시에 제거하기 위하여 혐기-무산소-호기를 조합한 공정을 바탕으로 하고 있다.  $\text{A}_2\text{O}$  공법 원리로 인을 제거하기 위해서는 혐기-호기조건을 반복하여 혐기조에서 인을 방출시키고 호기조에서 질산화를 선행시키고 무산소조로 내부순환펌프를 이용하여 반복시켜 탈질반응에 의해 질소를 제거하는 공정이다(그림 5).

특히, 질소제거공정은 유입폐수 중에 존재하는 질소원이 호기조에서 질산화된 질산염을 내부반송에 의해 무산소상태에서 대사 가능한 유기물질을 이용하여 종속영양미생물에 의해 질산염, 아질산염을 전자수용체로 이용해 최종부산물인  $\text{N}_2$ 가스를 생성하여 종료되어진다.



(그림 4) 안산시 공공하수처리시설 처리공정<sup>4</sup>



(그림 5) A<sub>2</sub>O공법 처리계통도

## 2.1 안산 스마트 허브 내의 By-Product 적용성 검토

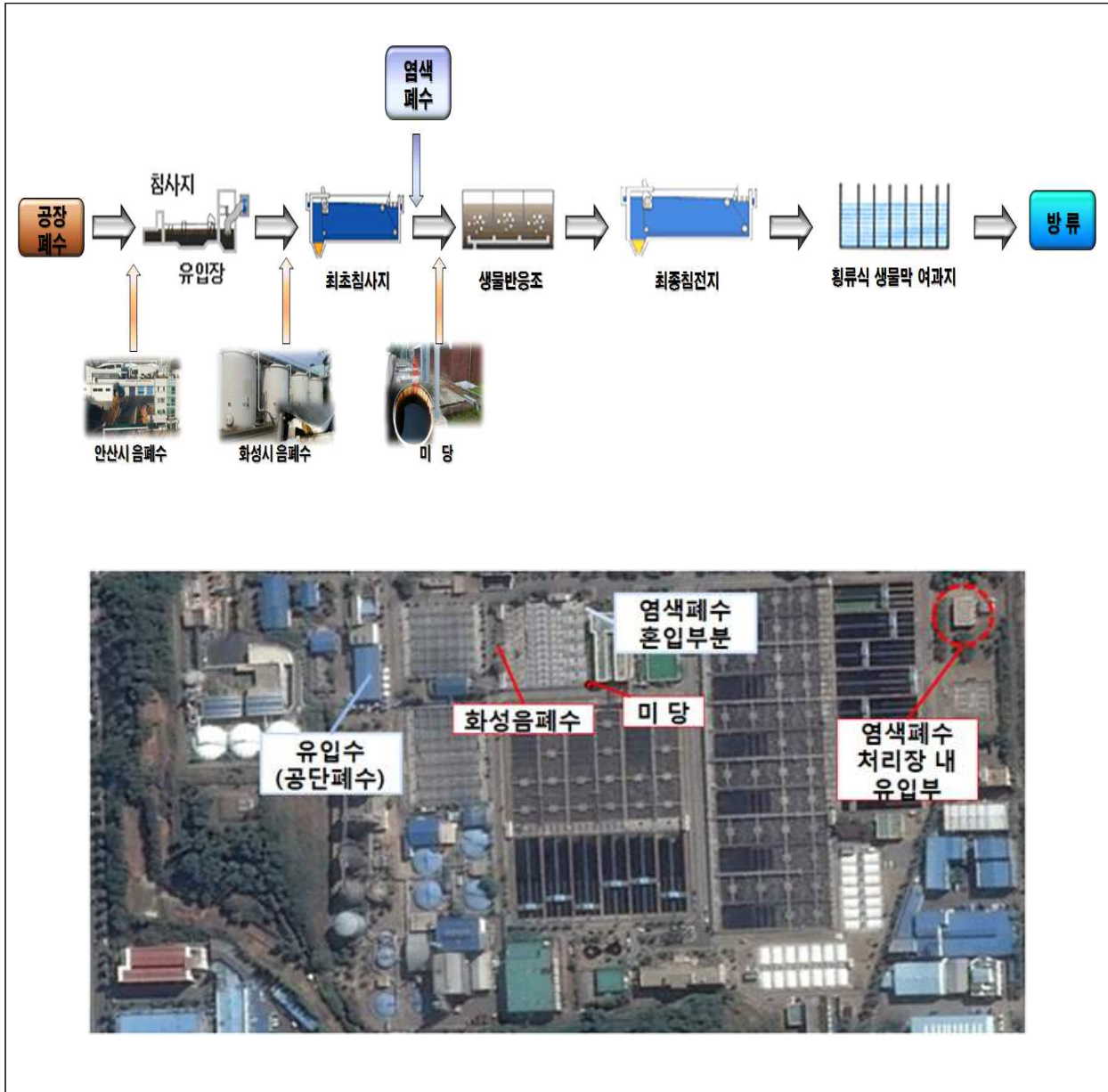
안산시 공공하수처리시설에서 유입되는 폐수의 양은 일일 평균 약 180,000 m<sup>3</sup> 정도로 (그림 6)에서 보는 바와 같이 50%는 염색단지의 폐수처리장의 처리수가 1차 침전조 후단으로 유입이 되고, 나머지 50%는 염색폐수의 처리수를 배제한 것으로 침사지로 유입이 된다. 이때 투입되는 외부탄소원은 미당, 화성시 음폐수, 안산시 음폐수가 이용되고 있다. 외부탄소원의 투입량은 안산시 음폐수를 배제하고 화성시 음폐수는 50 m<sup>3</sup>/일, 미당은 7~10 m<sup>3</sup>/일 정도로 투입되고 있었으며, 각 시료에 대한 성상분석결과는 (표4-1)에 나타내었다.

이 중 화성시 음폐수를 탄소원으로 투입하여 수입원으로 발생하는 대비 슬러지 발생량 증가 및 추가오염원에 의한 영향으로 처리비용의 증가가 불가피할 것으로 예상된다.

따라서, 본 연구에서는 안산시 스마트 허브에서 발생하는 By-Product는 주정폐액, 제약회사 포도당 폐액, 제약회사의 항생제 발효 농축액이 사용될 수 있는 것으로 검토되었다. 그러나, 일일 약 50 m<sup>3</sup> 정도의 외부탄소원의 적용성과 지속적으로 공급할 수 있는 체계적인 연계성을 고려할 때, 안산시 스마트허브 내의 (주)중근당바이오에서 발생하는 발효폐액을 적용하는 것이 유리할 것으로 판단되어 이를 대상으로 외부탄소원의 적용성을 검토하였다.

표 4-1. 안산시 공공하수처리시설에서 공장계 폐수처리에 이용되고 있는 화성시 음폐수 및 설탕부산물의 성상

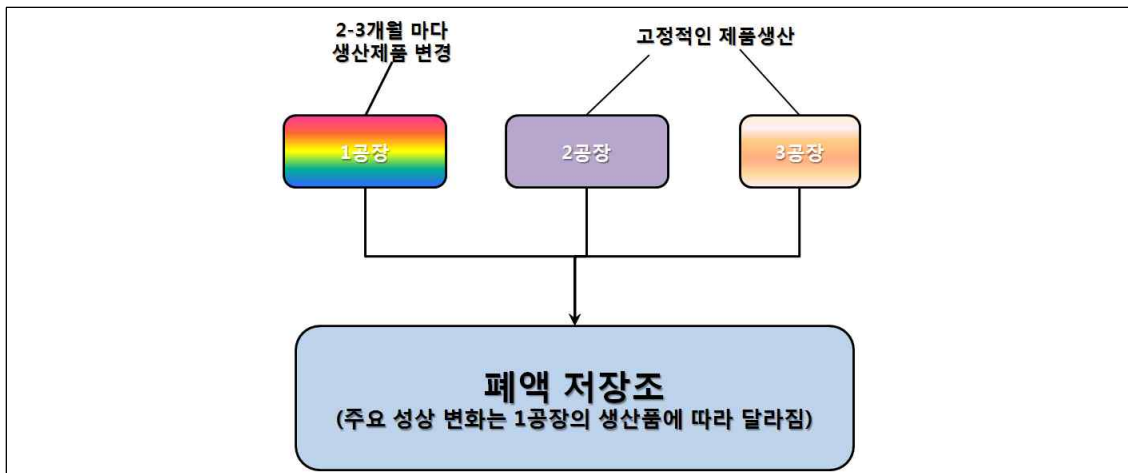
시험항목	화성시 음폐수	설탕 부산물	측정방법	비고
pH	3.78	3.53	기기 측정	EUTECH co.
COD <sub>cr</sub>	80,750 mg/L	65,000 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2500
TS	10.5%	11.0%	폐기물공정시험방법	자체분석
VS	82.8%	-	폐기물공정시험방법	자체분석
SS	64,500 mg/L	45,500 mg/L	수질오염공정시험방법	자체분석
T-N	4,750 mg/L	500 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus
NH <sub>4</sub> -N	910 mg/L	314 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
NO <sub>3</sub> -N	2,600 mg/L	140 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
PO <sub>4</sub> -P	450 mg/L	137.0 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus



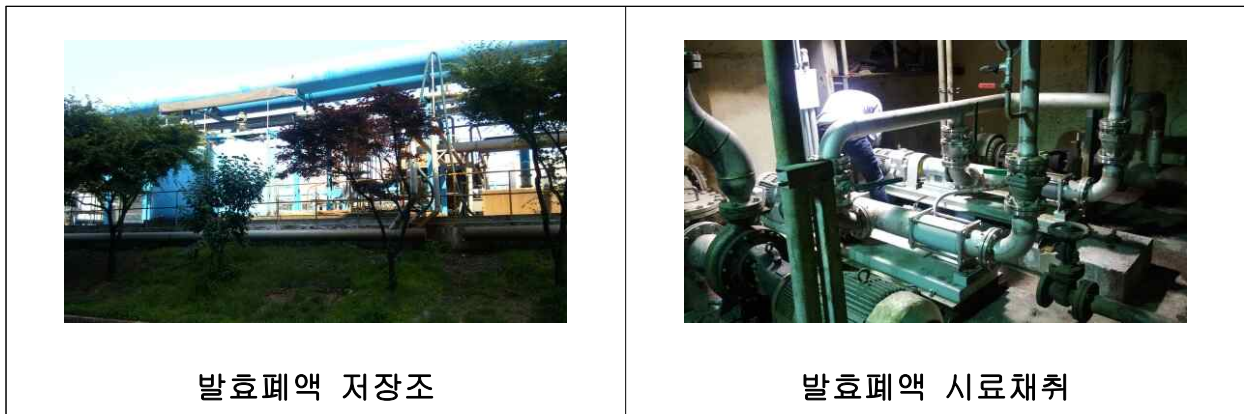
(그림 6) 안산시 공공하수처리시설 내 외부탄소원 주입위치

### 2.1.1 ㈜종근당바이오 폐액 발생실태 조사

종근당바이오폐액은 (그림 7)에서 보는 바와 같이 2, 3공장에서 발생하는 폐액은 고정적으로 나오지만, 1공장은 2~3개월 마다 생산되는 제품의 변경으로 인하여 폐액 저장조의 성상이 바뀌게 된다. 2016년 06월 07일 채취된 시료는 성상이 변화되기 전이며, 이에 대한 성상은 2016년 06월 27일 로부터 바뀌어(1공장의 생산제품이 바뀌는 시기) 7월 중순에는 완전히 바뀌게 된다. 이후의 바뀌는 성상에 대해서는 9월 초순에 시료를 채취하여 분석을 완료하였다.

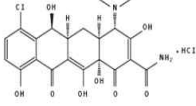
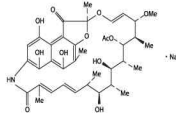
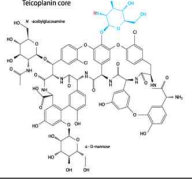
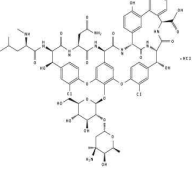
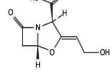
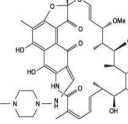
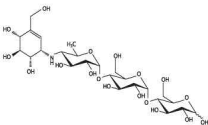
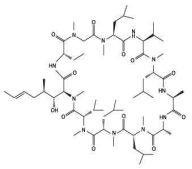
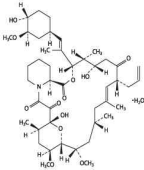
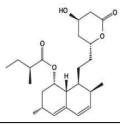
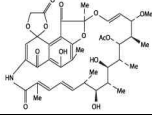


(그림 7) 종근당 바이오에서 발생하는 폐액의 발생



(그림 8) 현장 조사사진

표 4-2. 종근당바이오에서 생산되는 제품

제 품 군	제 품 명	화학구조	비 고
항생제	염산데메클로싸이클린 (Demeclocycline Hydrochloride)		테트라사이클린계 항생제 미노사이클린 염산염 중간체
	리파마이신 나트륨 (Rifamycin SV Sodium)		비경구용 항생제
	타이코플라닌 (Teicoplanin)		MRSA 감염증, Gram positive 감염증 치료 항생제
	반코마이신 염산염 (Vancomycin Hydrochloride)		MRSA 감염증, Gram positive 감염증 치료 항생제
$\beta$ -lactamase 저해제	클라불란산칼륨 (Potassium Clavulanate)		$\beta$ -락타메이즈 저해제
항결핵제	라팜피신 (Rifampicin)		경구용 항결핵제
당뇨병 치료제	아카보즈 (Acarbose)		알파-글루코시데이즈 저해제로 제2형 당뇨병 치료제
면역억제제	사이클로스포린 (Cyclosporine)		면역억제제 및 류마티스 관절염, 재생불량성 빈혈, 신증후군 치료제
	타크로리무스 (Tacrolimus)		면역억제제 및 아토피 피부염 치료제
고지혈증 치료제	로바스타틴 (Lovastatin)		HMG CoA 환원효소 억제제, 고지혈증 치료제
중간체	리파마이신 오 (Rifamycin O)		설사병 치료제, 라팜 시민 중간체

① 1차 조사 (2016년 06월 07일)

(주)종근당바이오에서 발생하는 발효폐액의 1차 조사는 2016년 06월 07일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다. 또한, 실험에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 공인시험기관에 동일 시료를 의뢰하였다(부록 1).

그 결과, pH는 6.00으로 약산성 범위, ORP는 -401 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 95,500 mg/L, TS 4.89%, VS 92.7%, T-N 4,331 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 499.2 mg/L 로 나타났다 (표 4-3).

(주)종근당 발효 폐액 중의 건조기준에 대한 원소분석을 공인기관에 의뢰한 결과 1차 조사에 서는 탄소와 산소에 대하여 대부분을 차지하고 있으며, 이 중 탄소원이 전체 원소 중 50% 이상을 차지하고 있었다.

표 4-3. 2016년 06월 07일 채취한 종근당바이오 폐액의 성상분석결과

시험항목	결과	시험방법	비 고
pH	6.00	기기 측정	EUTECH co.
ORP	-401 mV	기기 측정	EUTECH co.
BOD	39,400 mg/L	수질오염공정시험방법	공인시험기관
COD <sub>cr</sub>	95,500 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2500
TS	4.89 %	폐기물공정시험방법	자체분석
VS	92.7 %	폐기물공정시험방법	자체분석
SS	45,500 mg/L	수질오염공정시험방법	자체분석
T-N	4,331 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus
NH <sub>4</sub> -N	1,500 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
NO <sub>3</sub> -N	2,800 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
PO <sub>4</sub> -P	499.2 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus
원소분석 C	52.3%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 H	7.8%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 N	6.7%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 O	25.9%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 S	0.41%	원소분석기	공인시험기관

② 2차 조사 (2016년 06월 29일)

(주)중근당바이오에서 발생하는 발효폐액의 2차 조사는 2016년 06월 29일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다. 2차 성상조사 목적은 (주)중근당바이오의 1공장의 공정변화에 따른 폐액의 성상변화가 외부탄소원의 적용성에 대한 기본 성상조사를 하는데 있다. 2차 조사에서도 실험에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 공인시험기관에 동일 시료를 의뢰하였다(부록 2).

그 결과, pH는 5.52으로 약산성 범위, ORP는 -408 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 13,900 mg/L, TS 5.42%, VS 92.4%, T-N 2,702 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 944 mg/L 로 나타났다(표 4-4).

(주)중근당 발효 폐액 중의 건조기준에 대한 원소분석을 공인기관에 의뢰한 결과 2차 조사에서도 탄소와 산소에 대하여 대부분을 차지하고 있으며, 이 중 탄소원이 전체 원소 중 50% 이상을 차지하고 있었다.

표 4-4. 2016년 06월 29일 채취한 중근당바이오 폐액의 성상분석결과

시험항목	결과	시험방법	비 고
pH	5.52	기기 측정	EUTECH co.
ORP	-408 mV	기기 측정	EUTECH co.
BOD	59,800 mg/L	수질오염공정시험방법	공인시험기관
COD <sub>cr</sub>	148,000 mg/L	EPA Standard Method	공인시험기관
TS	5.42 %	폐기물공정시험방법	자체분석
VS	92.4 %	폐기물공정시험방법	자체분석
SS	48,000 mg/L	수질오염공정시험방법	자체분석
T-N	2,701.5 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus
NH <sub>4</sub> -N	1,620.0 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
NO <sub>3</sub> -N	990.0 mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2010
PO <sub>4</sub> -P	944.0 mg/L	수질오염공정시험방법	Humas HS-2300 Plus
원소분석 C	51.2%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 H	7.9%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 N	8.2%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 O	28.9%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 S	0.43%	원소분석기	공인시험기관

③ 3차 조사 (2016년 09월 02일)

(주)종근당바이오에서 발생하는 발효폐액의 3차 조사는 2016년 09월 02일 채수하여 기본 성상 및 탄소원에 대한 기본 특성에 대하여 분석을 실시하였다. 2차 성상조사 목적은 (주)종근당바이오의 1공장의 공정변화에 따른 폐액의 성상변화가 외부탄소원의 적용성에 대한 기본 성상조사를 하는데 있다. 3차 조사에서도 실험에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 공인시험기관에 동일 시료를 의뢰하였다(부록 2).

그 결과, pH는 5.52으로 약산성 범위, ORP는 -410 mV로 절대혐기성조건, COD<sub>cr</sub>은 161,000 mg/L, TS 8.2%, VS 97.0%, T-N 3,440 mg/L, T-P 812 mg/L 로 나타났다(표 4-5).

(주)종근당 발효 폐액 중의 건조기준에 대한 원소분석을 공인기관에 의뢰한 결과 3차 조사에서도 탄소와 산소에 대하여 대부분을 차지하고 있다.

표 4-5. 2016년 09월 02일 채취한 종근당바이오 폐액의 성상분석결과

시험항목	결과	시험방법	비고
pH	5.68	기기 측정	EUTECH co.
ORP	-410 mV	기기 측정	EUTECH co.
BOD	71,000 mg/L	수질오염공정시험방법	공인시험기관
COD <sub>cr</sub>	161,000mg/L	EPA Standard Method	Hach DR2500
TS	8.20 %	폐기물공정시험방법	공인시험기관
VS	97.0 %	폐기물공정시험방법	공인시험기관
T-N	3,440 mg/L	수질오염공정시험방법	공인시험기관
T-P	812 mg/L	수질오염공정시험방법	공인시험기관
원소분석 C	50.8%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 H	7.6%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 N	4.5%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 O	32.6%	원소분석기	공인시험기관
원소분석 S	0.26%	원소분석기	공인시험기관

		
<p>종근당바이오 폐액 1차시료</p>	<p>종근당바이오 폐액 2차시료</p>	<p>종근당바이오 폐액 3차시료</p>

(그림 9) 종근당 바이오폐액의 1~3차 조사시료

## 2.1.2 외부탄소원의 적용성 검토

안산 하수처리장의 공장계 폐수의 처리는 일반 공장계 폐수와 염색폐수 처리수를 합하여 총 206,000㎥/일로 처리하고 있다. 2014년 11월부터 2015년 11월까지의 안산하수처리장의 운영자료를 토대로 유입수의 현황을 조사한 결과 (표 4-6)와 같이 일반 공장계 폐수와 염색폐수의 BOD 평균은 각각 162.9 mg/L, 3.26 mg/L, T-N 평균은 52.42 mg/L, 75.40 mg/L로 나타났다. BOD를 기준으로 C/N비는 일반 공장계 폐수의 경우는 3.13, 염색폐수 처리수(안산하수처리장 내 유입수)는 0.24으로 계산할 수 있으며, 유입되는 유량을 감안하여 일반 공장계 폐수와 염색폐수 처리수의 혼합<sup>1)</sup>된 C/N비는 1.70으로 나타났다.

표 4-6. 안산하수처리장 공장계 처리 계통 내에 유입수의 농도 현황(2014.11~2015.11 평균)

처리 대상	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	C/N (-)
일반 공장폐수	162.96	52.42	3.13
염색폐수 처리수	3.26	75.40	0.27

\* C/N비는 BOD/T-N으로 산출.

국내의 종말처리시설의 방류수 수질기준 중의 T-N의 농도는 20mg/L로 이에 대한 만족을 하기 위해서는 질산화 및 탈질화 반응이 주요 작용을 하여야만 유입되는 질소원에 대하여 처리가 가능하다. 그러나, 질소원의 질산화 반응 및 탈질화 반응에서 유입수 중의 탄소원의 주요한 인자로 고려되고 있다. 호기조에서 BOD:N:P=100:5:1에서 운영되는 것을 권장하고 있으며, 탈질조에서 COD/NO<sub>3</sub>-N= 4-5 gCOD/gNO<sub>3</sub>-N<sup>27</sup>를 권장하고 있다.

본 연구에서 외부탄소원의 주입의 목적은 종래 안산하수처리장에 공급되고 있는 외부탄소원(화성시 음폐수, 설탕부산물)을 안산시 스마트허브에 입주하고 있는 기업에서 발생하는 By-Product를 대상으로 활용성에 대한 접근을 하기 위한 것으로 화성시 음폐수, 설탕부산물, By-Product로 선정된 (주)종근당바이오에서 발생하는 폐액(이하 By-Product라 함)의 성분분석결과를 바탕으로 공급량을 이론적으로 산정할 수 있다.

각 외부탄소원에 대한 성분조사 농도를 바탕으로 C/N에 대한 산출된 수치는 (표 6)에 나타내었다. 화성시 음폐수의 C/N은 6.8, 설탕부산물은 52.0, 그리고 By-Product는 평균값을 기준으로 17.3으로 계산되었다.

이론적으로 C/N비 30이상으로 맞추기 위하여 외부탄소원별로 투입되는 양을 산출한다면, 화성시 음폐수는 49.0 ㎥/일, 설탕부산물은 4 ㎥/일, 그리고 By-Product는 15㎥일로 나타났다.

$$1) \text{ 혼합식 } C_m = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2},$$

C<sub>m</sub>: 혼합농도, Q<sub>1</sub>: 혼합액1 유량, Q<sub>2</sub>: 혼합액2 유량, C<sub>1</sub>: 혼합액1 농도, C<sub>2</sub>: 혼합액 2 농도

안산하수처리장에서 안산시 음폐수를 제외할 경우, 화성시 음폐수가 주로 외부탄소원으로 주입되고 있으며, 설탕부산물은 비상시에 부분적으로 투입되고 있는 것으로 조사되었으며, 평균적으로 화성시 음폐수는 50m<sup>3</sup>/일, 설탕부산물은 11m<sup>3</sup>/일, 그리고 By-Product는 15m<sup>3</sup>/일의 유량이었다.

표 4-7. 외부탄소원별 C/N비

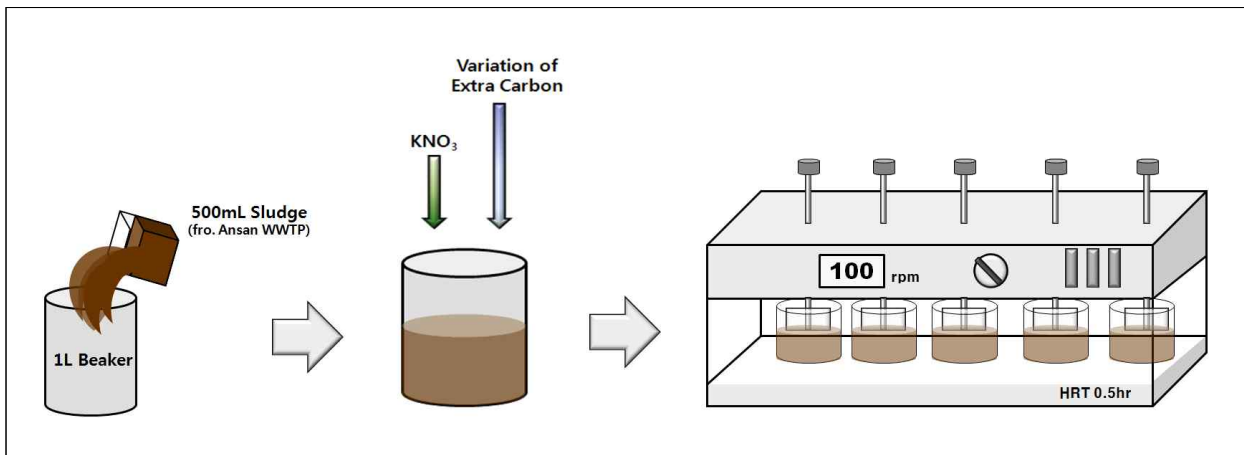
화성시음폐수	설탕부산물	By-Product
6.8	52.0	17.3

### 3. 기초 실험

#### 3.1 실험 재료 및 방법

기초실험은 안산시 공공하수처리장 공장계 호기조 내 슬러지 500 mL에서 실험을 실시하였으며, 질산성 질소에 대한 탈질화 효율성을 보기 위하여 정 등(2008)<sup>11</sup>이 실험한 방법과 같이 KNO<sub>3</sub> 시약을 비슷한 양으로 주입하고, 메탄올과 By-Product를 포함한 외부탄소원 각각에 대하여 동일한 양으로 주입하여 비교하였다.

이 때, 재료의 성상실험은 DR2500(Hach, Co., Ltd., USA)에 의하여 COD<sub>Cr</sub>, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N 실험을 실시하였으며, TS, VS는 폐기물공정시험방법, BOD 및 SS는 수질오염공정시험방법에 의하여 실험을 하였다.



(그림 10) 기초 실험 실시과정

기초실험은 (그림 8)에서 보는바와 같이 호기성슬러지 500mL에 KNO<sub>3</sub> 0.722g정도를 기준으로 주입하였으며, 이후 비교 외부탄소원을 주입하고 Jar-Tester를 이용하여 동일 HRT조건에서 ORP 기준으로 무산소 조건하에서 100rpm으로 교반하여 탈질반응을 진행하였다.

표 4-8. 안산시 공공하수처리장 공장계 호기조 슬러지 성상

항 목	측 정 치	항 목	측 정 치
pH	7.50	NO <sub>3</sub> -N	53 mg/L
ORP	-212 mV	PO <sub>4</sub> -P	63.3 mg/L
TCOD <sub>Cr</sub> (BOD)	2,625 mg/L (1,009.4 mg/L)	SS	4,600 mg/L
T-N	194 mg/L	TS	4,900 mg/L
NH <sub>4</sub> -N	44 mg/L	VS	41.3%

## 3.2 기초실험 결과

### 3.2.1 외부탄소원 종류별 탈질효율 비교 검토

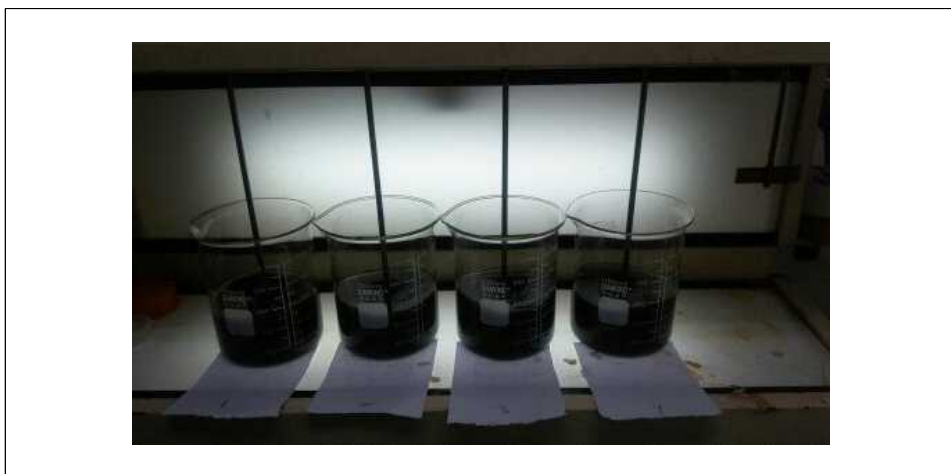
외부탄소원 종류에 따른 탈질효율을 확인하기 위하여 안산시 공공하수처리시설 공장계 호기조슬러지의 ORP는 -212 mV에서 포기를 실시하여 +23 mV로 질산화시의 조건으로 변화시켜 탈질반응을 실시하였다. 탈질반응시의 HRT는 0.5hr로 하였으며, 이 때의 온도는 28°C에서 실시하였다. 메탄올과 By-Product인 (주)종근당바이오의 발효폐액을 외부탄소원으로 투입하여 탈질반응 후 ORP는 각각 -43 mV와 -54 mV로 무산조 조건에서 실시되었음을 확인하였다.

#### ① C/N

기초실험을 통하여 C/N비의 적정성에 따라서 질산성질소의 탈질반응효과를 관찰하고자 하였다. 이 때 사용된 대상 외부탄소원으로 메탄올, 화성시 음폐수, 안산시 하수처리시설에서 운영되고 있는 1차 처리계통의 처리수(1차 침전조 후단 시료), 안산시 음폐수, By-Product를 대상으로 하였다.

소요되는 메탄올의 요구량은 (식 8)을 이용하여 3,697.9 mg/L<sup>2)</sup>로 계산되었다. 메탄올의 비중<sup>3)</sup>을 적용할 경우 투입에 필요한 양은 4.7 mL이다. 이를 바탕으로 산출된 C/N비는 1.4로 본 연구에서 목표치로 설정하고 있는 C/N비 3.0이상 조건에서 실험하기 위하여 20 mL로 투입량을 결정하였으며, 이론적인 C/N비는 6.4 (호기조 내 슬러지의 BOD농도 포함, 단, 순수 메탄올 대비 C/N비는 5.8)로 계산되었다. 이를 기준으로 대상이 되는 외부탄소원의 투입량도 동일량으로 설정하여 효율을 보고자 하였다.

이에 대한 외부탄소원 종류에 따른 이론적 C/N비는 현장조사에서 측정된 농도를 바탕으로 기초실험에 이용된 C/N비는 (표 4-7)에 나타내었다.



(그림 11) 외부탄소원 종류별 탈질실험

2) 질산성질소 농도: 1,497 mg/L, DO 농도: 0.3 mg/L, 아질산성 농도: 0.0 mg/L

3) 메탄올 비중: 25°C, 0.791

표 4-9. 처리되는 대상액 대비 외부탄소원별 C/N비 비교

(10mL-외부탄소원/500mL-시료량 기준)

외부탄소원 종류	C/N
1차 처리수	0.63
안산시 음폐수	5.19
화성 음폐수	5.21
메탄올	3.50
By-Product <sup>4)</sup>	6.77

② 고형물의 변화

외부탄소원 대상이 되는 메탄올, 1차처리수, 화성시 음폐수, 안산시 음폐수, By-Product에 대하여 고유한 고형분의 성상의 변화를 파악하여 무산소반응에서 슬러지의 발생 특성을 유추하고자 하였다.

투입되는 외부탄소원의 양은 20mL를 기준으로 하였으며, 이에 대한 TS 및 VS의 변화량은 (표 4-10)에 나타내었다. 이 때, 반응전의 고형분의 농도는 호기성 반응조에 외부탄소원을 투입 직후(반응전)의 시료를 측정했었던 것이었으며, 반응은 무산소 조건에서 0.5시간 반응 후의 화는 메탄올, 1차처리수, By-Product에 대한 TS는 각각 5.2%, 17.4% 그리고 3.4%가 감소하였으나, 안산음폐수 및 화성음폐수는 각각 9.1%, 8.3% 증가하였다.

각각의 분해특성에 대한 고형분의 변화는 VS의 변화로 관찰 할 수 있으며, 이에 대한 변화는 메탄올, 1차처리수, 안산음폐수 By-Product에 대하여 1.4%, 17.5%, 7.2%가 감소하였으나, 화성음폐수는 0.6% 증가되는 경향을 보였다.

표 4-10. 외부탄소원 별 고형분 변화

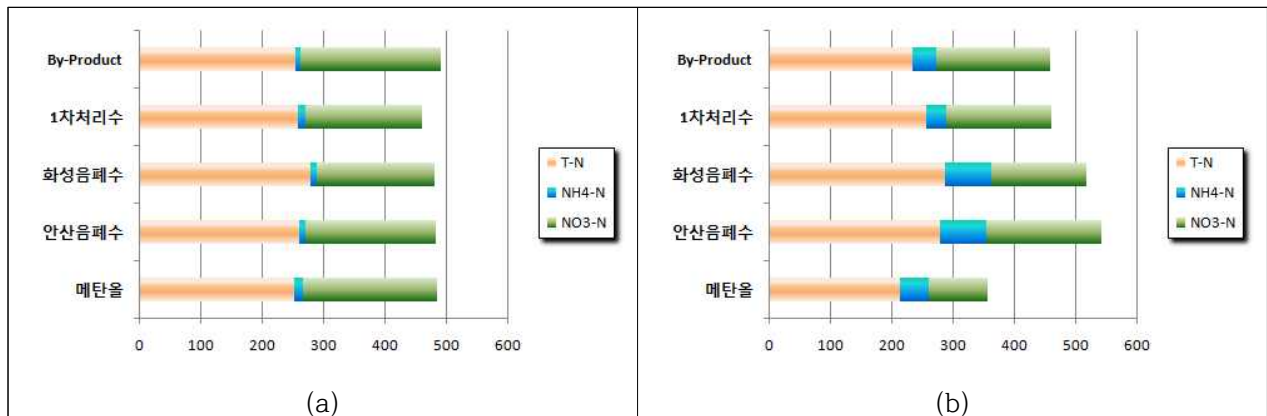
외부탄소원 종류	TS (mg/L)		VS(mg/L)	
	반응전	반응후	반응전	반응후
메탄올	4,640.0	4,400.0	2,793.3	2,587.2
1차처리수	6,600.0	7,200.0	4,600.2	4,006.8
안산음폐수	7,200.0	7,800.0	4,802.4	5,249.4
화성음폐수	4,600.0	3,800.0	1,835.4	1,835.4
By-Product	5,800.0	5,600.0	2,528.8	2,038.4

4) 1차 성상조사시의 시료를 사용.

③ 질소원의 분해

안산하수처리장의 호기조 슬러지중의 성상 중 질소원(T-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)의 농도는 (표 4)에 나타난 것과 같이 T-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 각각 194.0 mg/L, 44.0 mg/L, 53.0 mg/L였다. 이 때, 무산소조 내에서 질산성질소의 탈질화 반응의 효율을 관찰하기 위하여 인위적으로 KNO<sub>3</sub> 및 외부탄소원 주입 후(무산소 반응전)과 후의 농도는 (부록 3)에 나타내었다.

메탄올의 T-N은 251.1 mg/L에서 212.0 mg/L로 15.6% 감소되었으며 이 중 NO<sub>3</sub>-N의 농도는 220.0 mg/L에서 96.0 mg/L로 56.4% 감소되었다. 1차 처리수의 T-N은 258.7 mg/L에서 256.2 mg/L로 0.97%감소되었으며, 이 중 NO<sub>3</sub>-N은 191.0 mg/L에서 172.0 mg/L로 9.95%감소되었다. 안산음폐수의 T-N은 260.0 mg/L에서 278.6 mg/L로 오히려 증가되는 경향을 보였으나, NO<sub>3</sub>-N의 변화에서 211.0 mg/L에서 186.0 mg/L로 11.8%감소되었다. 화성음폐수의 T-N은 277.3 mg/L에서 285.6 mg/L로 안산음폐수와 동일하게 증가되는 경향을 보였으나, NO<sub>3</sub>-N의 변화에서 191.0 mg/L에서 156.0 mg/L로 18.3%감소되었다. By-Product의 T-N은 235.5 mg/L에서 233.5 mg/L로 0.85%감소되었으며, NO<sub>3</sub>-N은 18.5%감소되었다.



(그림 12) KNO<sub>3</sub> 주입에 따른 탈질반응 전과 후의 질소원의 변화  
(a: 탈질반응 전, b: 탈질 반응 후)

#### 4. 안산하수처리장의 운영현황 조사

안산시 하수처리장의 LAB 및 Pilot Plant 운영에 대한 처리 Trend를 확인하기 위하여 각 반응조별에 따른 처리현황을 조사하였다. 각 처리단계에 따른 처리성상의 변화는 객관적인 자료를 확보하기 위하여 공인시험기관에 실험을 의뢰하였다(부록 4).

유입수(침사지)의 BOD는 542 mg/L, T-N은 35.7 mg/L로 C/N비는 15.1로 측정이 되었다. 이는 안산 스마트허브의 염색폐수 미적용 및 안산시 음폐수의 혼입을 감안한 측정결과이다.

이 때, 질소원의 세부적으로 보면, 암모니아성 질소는 11.6 mg/L, 질산성질소는 0.8 mg/L, 유기질소는 23.3 mg/L로 알 수 있다. 이 중, 호기조에서 직접적으로 처리대상이 되는 물질은 T-N 중 암모니아성 질소 및 유기질소분으로 1차침전조 후에 BOD는 358 mg/L, T-N은 37.5 mg/L로 탄소원은 제거되었으나 질소원은 거의 처리되고 있지 않음을 알 수 있다. (그림 6)에서 나타낸 것과 같이 염색폐수는 전체 폐수처리량의 0.5Q로 1차침전조 후단에 유입이 되며, 이는 외부탄소원의 투입의 필요성에 대하여 중요하게 작용한다. 특히, 1차침전조 전에 외부탄소원으로 화성음폐수 약 50 m<sup>3</sup>/일정도로 투입됨에도 호기조 직전의 C/N비는 9.6으로 36.4% 낮아짐을 알 수 있다.

1차침전조에서 화성음폐수의 유입으로 호기조에서 BOD는 710 mg/L, T-N은 65.6 mg/L로 C/N은 10.8로 1차침전조 후단에서의 농도를 어느 정도 유지하는 것으로 보인다. 처리조의 안정적인 반응에 대한 측정의 척도로 SVI<sup>5)</sup>를 측정한 결과 129.1(SV<sub>30</sub> 342mL/L, MLSS 2,650 mg/L)로 안정적인 범위에서 반응을 하고 있음을 알 수 있었다. 이후에 처리되는 농도의 BOD는 12.8 mg/L, T-N은 16.2 mg/L로 방류수 처리기준에 만족되어 처리됨을 알 수 있다.

표 4-11. 안산하수처리장(공장계) 운영현황조사(2016.07.21.)

시료채취 지점	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)
유입수 (침사지)	542.0	1,820	35.7	11.6	0.8	5.96	280.0
1차침전조 (1차처리수)	358.0	1,100	37.5	10.7	0.0	4.20	103
호기조	710	4,040	65.6	10.0	5.1	21.1	2,650
처리수 (형류식 생물여과전)	12.8	510	16.2	10.0	0.0	16.2	0.37

5) SVI(Sludge Volume Index): 포기조 유지관리에 있어서 슬러지의 침강 농축성을 나타내는 지표.  
: 포기조의 혼합액을 30분간 침전시킨 후 1g의 MLSS가 슬러지로 형성시 차지하는 부피(mL)를 뜻함.

$$SVI = \frac{SV(mL/L) \times 1,000}{MLSS(mg/L)}$$

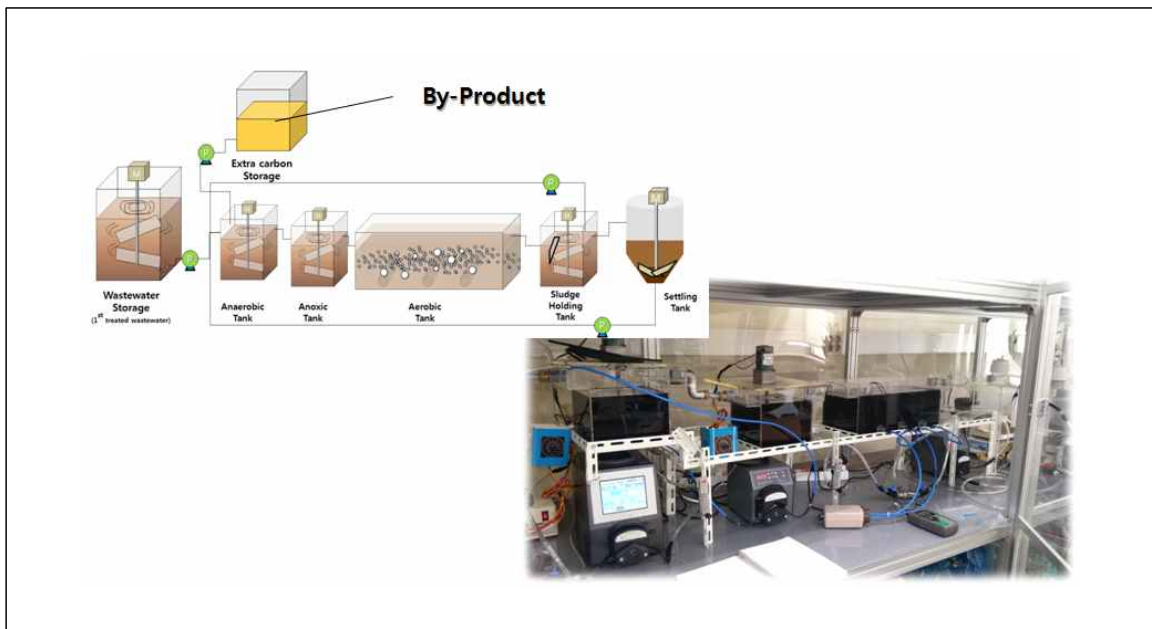
## 5. LAB Plant 실험결과

LAB 실험은 안산하수처리장의 처리계통과 비슷하게 구성을 하였으며, 이에 대한 구성은 (그림 12)에서 보는 바와 같이 혐기조, 무산소조, 호기조, 슬러지 홀딩조, 침전조 순으로 처리가 될 수 있도록 하였다.

LAB 처리용량은 1일 100L로 처리할 수 있도록 구성하였으며, 이 때 외부탄소원으로 화성시 음폐수와 설탕부산물의 유입에 대한 처리효율을 배제하기 위하여 침사지의 유입수와 염색폐수 유입수를 1:1로 혼합하여 시료로 활용하였다. 또한, 외부탄소원으로 주입되는 물질은 By-Product로 0.028%로 투입하였다(부록 5.3, 설계 및 도면).

사용되는 유입수의 시료는 화성시음폐수와 설탕부산물이 배제된 위치인 침사지와 염색폐수를 이용하였으며, 이 때, 혐기조 및 무산소조의 교반기의 교반속도는 100rpm으로 운전하였다. 호기조 내 송풍유량은 150 NL/hr로 하였으며, 이 때 SRT는 평균 6.1일, DO농도는 평균 4.27 mg/L, 온도는 평균 20.3℃의 운전조건을 맞추어 실험을 진행하였다. 슬러지의 내부반송은 1.0Q(탈질화 유도), 반송슬러지는 0.8Q(F/M비 확보), 잉여슬러지는 0.2Q(사멸균 제거)로 운전을 실시하였다.

시료의 확보는 평균 2일에 1회에 한하여 안산하수처리장에서 시료를 채수하여 LAB Scale 실험 Plant에 공급하였다.

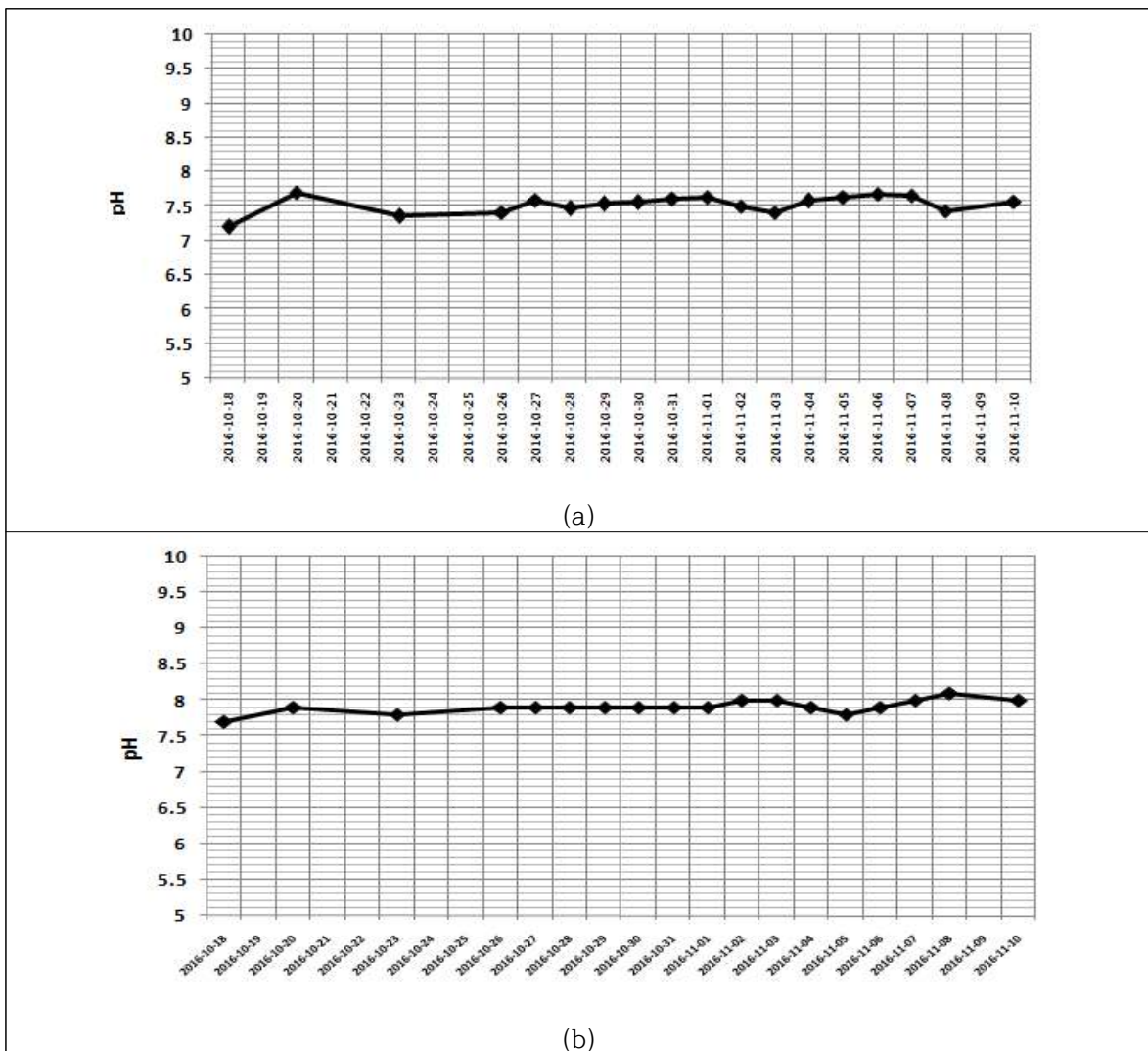


(그림 13) LAB Plant 실험

## 5.1 LAB Scale 실험 중 유입수와 처리수의 성상변화

### 5.1.1 pH 변화

안산스마트허브에서 유입되는 폐수의 성상을 가지고 있어 pH의 변화도 예시하면서 운전을 실시하였으며, 기본적인 물리적인 성상을 관찰한 결과는 (그림 13)에 나타내었으며, 유입수 및 처리수의 평균 pH는 각각 7.53, 7.91로 측정이 되어 중성 범위로 원수가 공급되었으며, 반응 중의 pH 범위가 반응의 안정성 범위 내에서 이루어짐을 확인하였다.

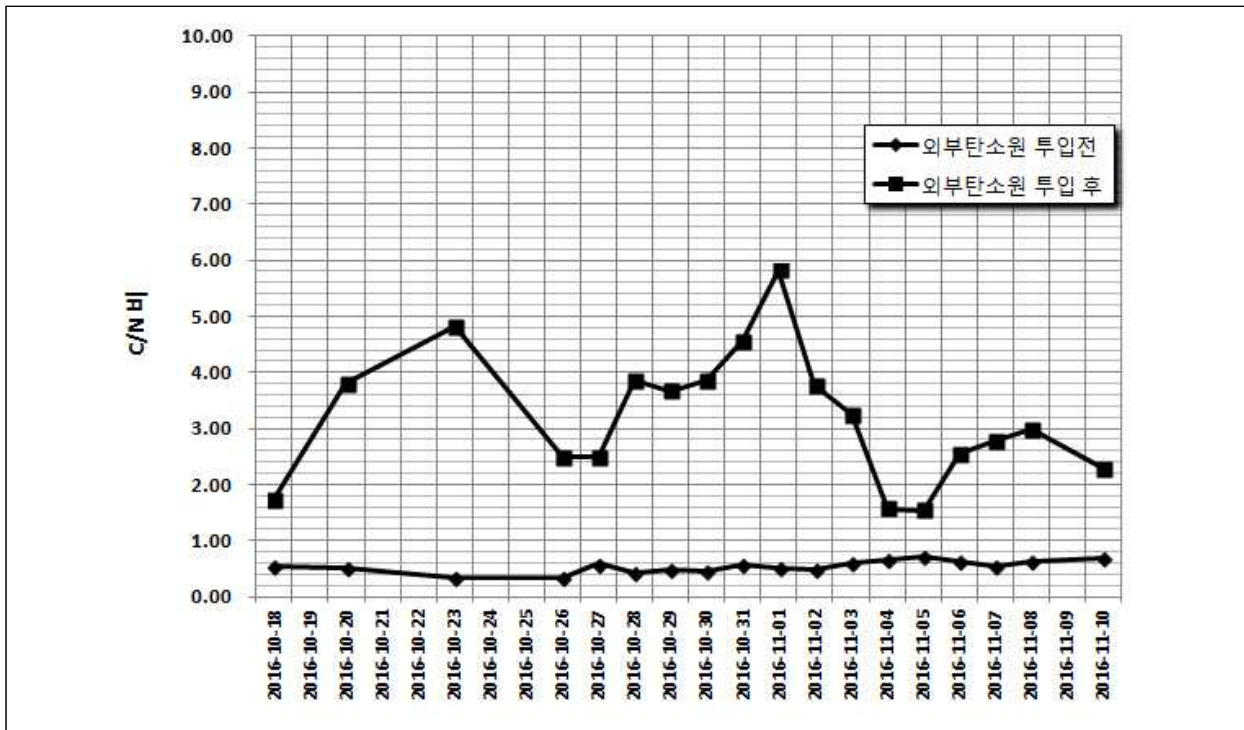


(그림 14) LAB Scale 실험시 유입수와 처리수의 pH 변화  
(a: 유입수, b: 처리수)

### 5.1.2 유입수의 C/N비 성상 변화

안산하수처리장에 유입되는 폐수는 위에서도 언급한 바와 같이 일반공장계 폐수와 염색폐수가 1:1로 혼입이 되어 총 180,000 m<sup>3</sup>/일로 처리되어지고 있다. 이 중 일반공장계 폐수는 안산음폐수를 포함하는 경우로 화성음폐수와 설탕부산물을 배제하기 위하여 침사지의 시료를 이용하여 실험에 사용하였으며, 염색폐수도 이에 대한 영향을 배제하기 위하여 안산하수처리장 유입부에서 시료를 채취하여 실험에 사용하였다. 이 때, 일반공장계 폐수와 염색폐수를 혼합할 때 C/N비는 최대 0.70, 최소 0.32 그리고 평균 0.54이었으며, 외부탄소원으로 By-Product를 0.028%로 공급하였을 경우 최대 5.82, 최소 1.54 그리고 평균 3.21로 증가됨을 확인하였다

외부탄소원 대비 유입수에 대한 T-N농도의 변화에 따라 C/N비가 상대적으로 편차가 크게 형성된 것으로 보이나, 본 과제에서 목표로 하고 있는 C/N비 3이상으로 유지하는데 대해서는 이상이 없었다.



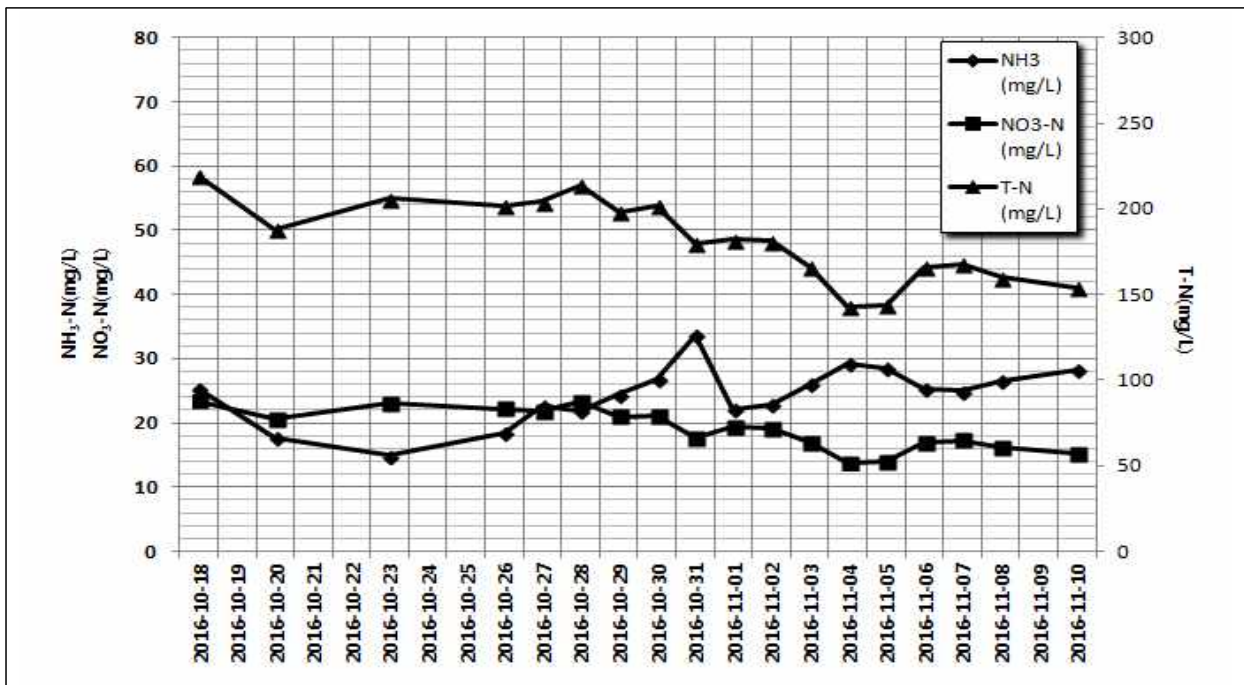
(그림 15) LAB Scale 실험시 유입수에 대한 외부탄소원 투입전과 후의 C/N비 변화

### 5.1.3 LAB Scale 실험에서 질소분해 특성

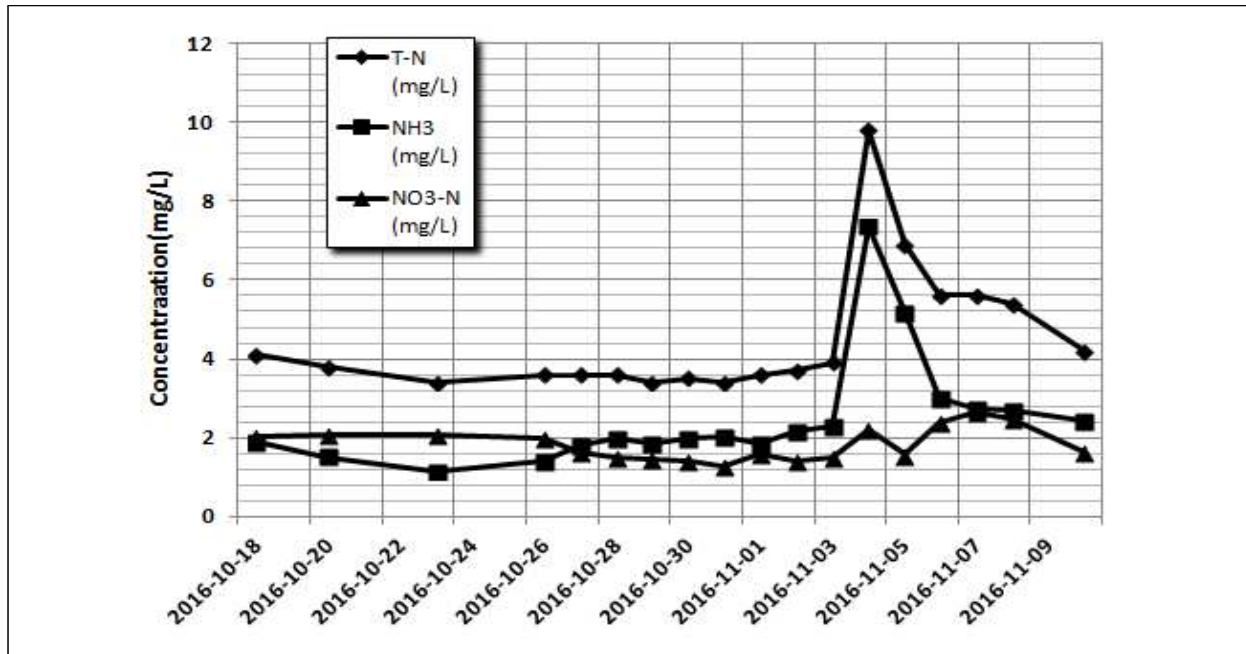
유입수에 대한 T-N은 최대 219.0 mg/L, 최소 143.0 mg/L 그리고 평균 182.1 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 33.6 mg/L, 최소 14.9 mg/L 그리고 평균 24.4 mg/L, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 최대 23.4 mg/L, 최소 13.8 mg/L, 평균 19.1 mg/L로 측정되었다. 질소처리를 위한 과정으로 LAB Scale 실험에서 호기조에 의한 질산화 반응과 내부반응에 의한 무산소조로 이송된 액에 대한 탈질화 반응에 의하여 질소를 분해하는 방법을 이용하고 있다.

이에 대한 처리수는 T-N의 농도 최대 7.37 mg/L, 최소 1.15 mg/L 평균 4.51 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 7.4 mg/L, 최소 1.2 mg/L 그리고 평균 2.5 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 최대 2.6 mg/L, 최소 1.3 mg/L 그리고 평균 1.8 mg/L로 측정되었다.

이에 대하여 T-N의 처리효율은 평균 83.9%로 외부탄소원을 0.028%로 주입할 경우, 질산화 및 탈질화 반응에 대하여 적절한 처리가 진행되었음을 알 수 있었다.



(그림 16) LAB Scael 실험시 유입수의 질소원에 대한 LAB 실험중의 변화



(그림 17) LAB Scael 실험시 처리수의 질소원에 대한 LAB 실험중의 변화

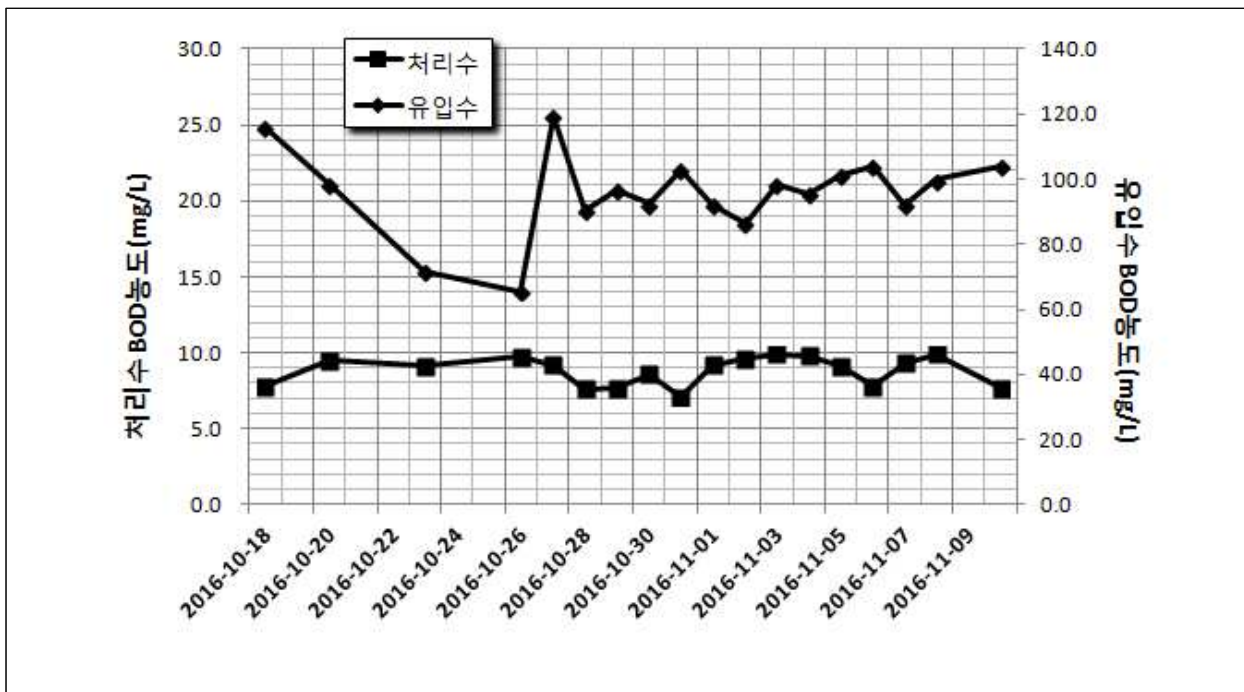
### 5.1.4 LAB Scale 실험에서 폐수처리 효율

#### ① BOD 변화

유입수 중의 BOD농도는 최대 119.1 mg/L, 최소 65.5 mg/L 그리고 평균 95.9 mg/L로 측정되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 BOD는 최대 175.8 mg/L, 최소 22.4 mg/L, 평균 107.4 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 약 10.7%의 탄소원이 증가됨을 확인할 수 있었다.

처리수의 BOD는 최대 9.9 mg/L, 최소 7.6 mg/L 그리고 평균 8.87 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 90.5%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



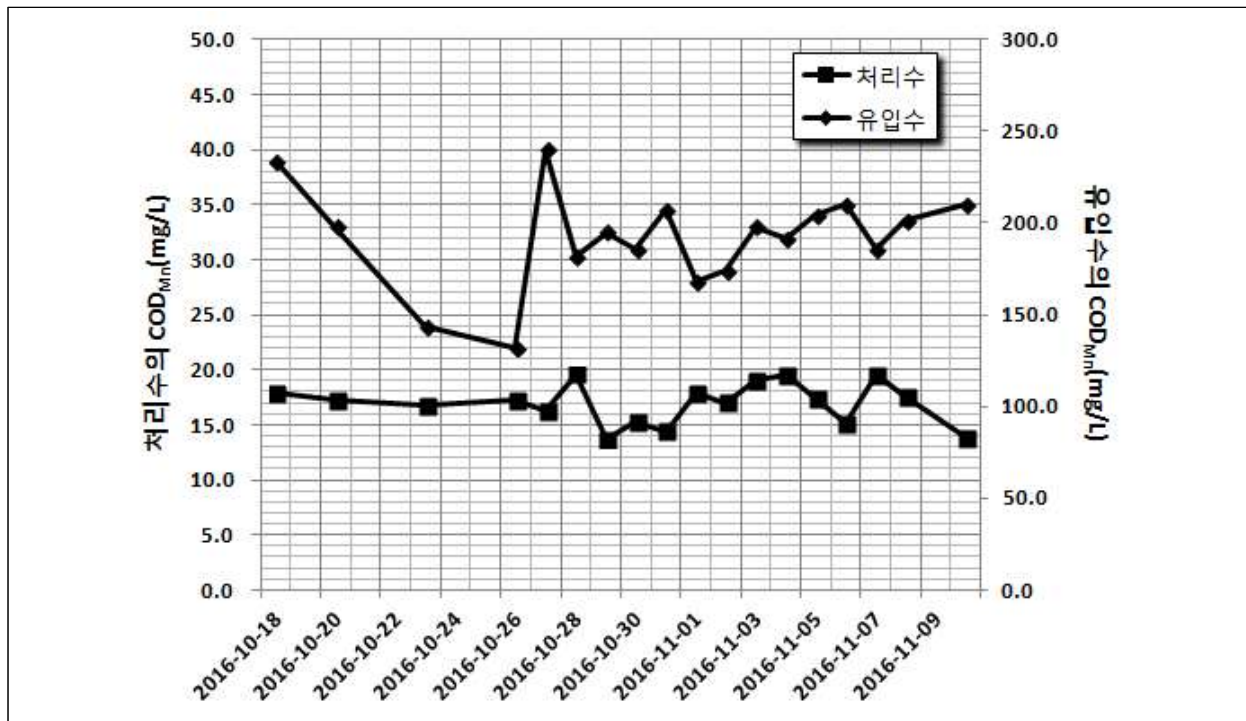
(그림 18) LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 BOD 변화

② COD<sub>Mn</sub> 변화

유입수 중의 COD<sub>Mn</sub>농도는 최대 240.0 mg/L, 최소 132.0 mg/L 그리고 평균 193.3 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 COD<sub>Mn</sub>는 최대 249.0 mg/L, 최소 31.7 mg/L, 평균 152.0 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 약 27%의 농도가 감소됨을 확인할 수 있었다. 이는 공장계 폐수 중의 난분해성 물질이 존재하고 있을 것으로 보인다.

처리수의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 19.6 mg/L, 최소 13.7 mg/L 그리고 평균 16.9 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 91.1%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.

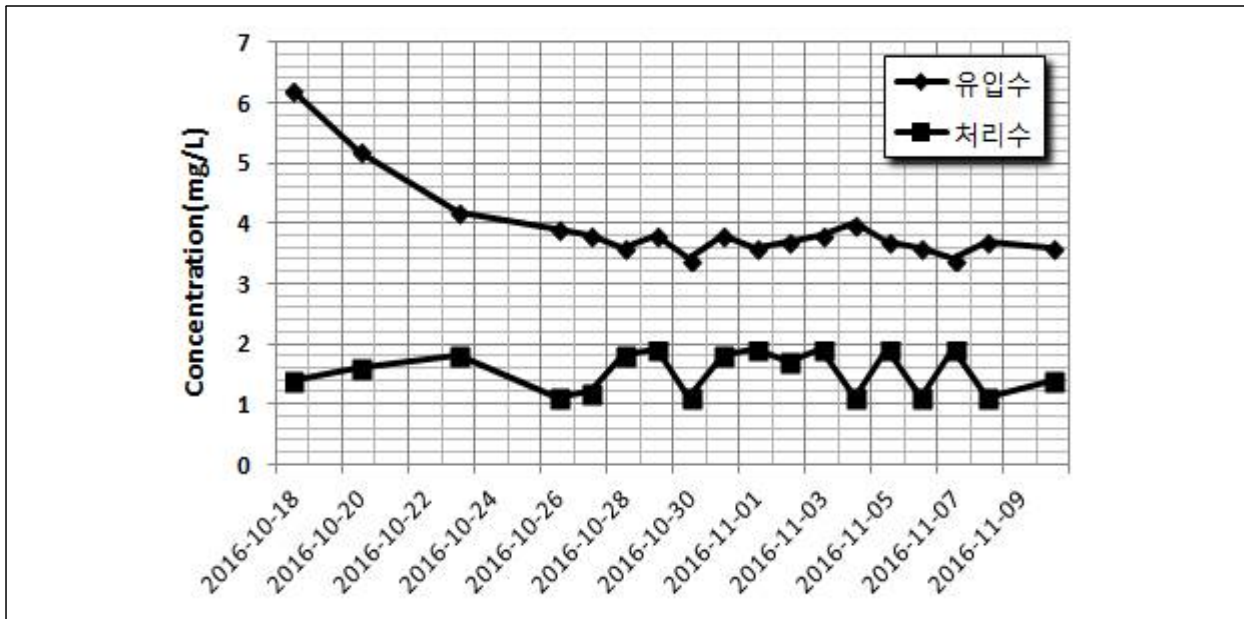


(그림 19) LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 COD<sub>Mn</sub> 변화

### ③ T-P의 변화

유입수 중의 T-P농도는 최대 6.2 mg/L, 최소 3.4 mg/L 그리고 평균 3.9 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 T-P는 최대 4.0 mg/L, 최소 2.9 mg/L, 평균 3.6 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 거의 변화가 없었다.

처리수의 T-P는 최대 1.9 mg/L, 최소 1.1 mg/L 그리고 평균 1.5 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 60.1%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



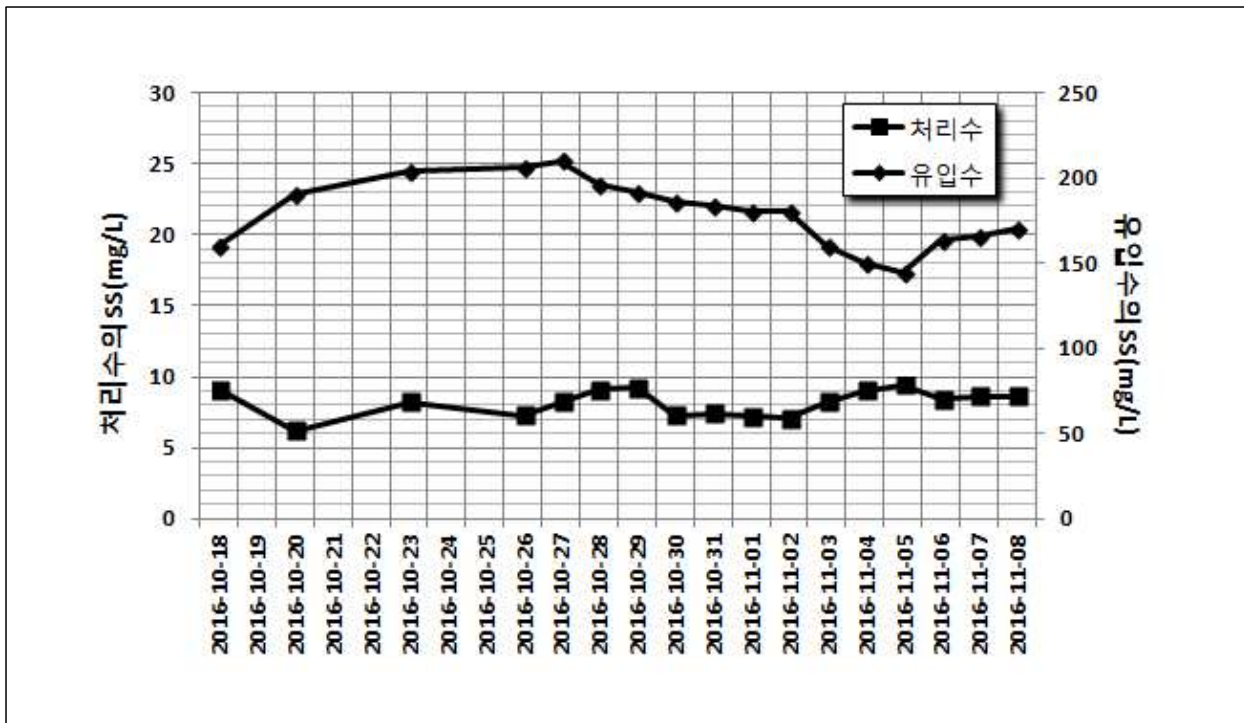
(그림 20) LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 T-P 변화

④ SS의 변화

유입수 중의 SS농도는 최대 210.0 mg/L, 최소 144.0 mg/L 그리고 평균 179.0 mg/L로 측정이 되었으며, 이 때, 외부탄소원이 공급될 때 SS는 최대 280.0 mg/L, 최소 110.0 mg/L, 평균 184.9 mg/L로 농도가 변화가 되었다. 평균을 기준으로 3.2% 증가하였다.

처리수의 SS는 최대 9.4 mg/L, 최소 6.2 mg/L 그리고 평균 8.2 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 95.4%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



(그림 21) LAB Scael 실험시 유입수와 처리수의 SS 변화

## 6. Pilot Plant 실험결과

Pilot Plant 실험은 (그림 20)에서 보는 바와 같이 송풍기동 옆의 부지에 설치를 하였다. 유입수의 배관은 화성음폐수와 설탕부산물을 배제하기 위하여 침사지에서 일반 공장폐수와 1차침전조 후단에 염색폐수 인입부에 각각 펌프를 설치하여 Pilot Plant 설계용량 100 m<sup>3</sup>/일 규모에 대하여 1:1로 혼합하여 Pilot Plant 내로 유입될 수 있도록 인버터로 펌프의 속도를 조정하였다. 또한, 안산하수처리장 공장계 폐수처리 계열의 침사지에서 일반 공장계의 폐수를 유입하는데 있어서 1차침전조를 거치지 않아서 이물질 및 슬러지 농도가 비교적 높게 유입이 되었으며, 이 때, 이물질에 의한 문제에 의하여 설계용량에 대하여 2016년 10월29일 ~ 2016년 12월 13일까지 운전한 기간 중 평균 91.5 m<sup>3</sup>/일로 9.5% 부족하게 운전되었다<sup>6)</sup>.

외부탄소원으로 투입되는 물질은 By-Product로 LAB Scale 실험 시와 동일하게 Pilot Plant로 유입되는 폐수의 유량에 대하여 0.028%로 투입하였다.

유입되는 유입수의 pH는 최대 7.8, 최소 6.6, 평균 7.4로 측정이 되었으며, 이는 Pilot Plant 운영기간 중 유입수 중의 산, 알칼리 유입이 없었음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

Pilot Plant 운전은 (그림 21)에서 보는 것과 같이 안산시 하수처리장 공장계 폐수를 처리하는 계통과 유사하게 구성하여 실험을 실시하였다.



(그림 22) 안산하수처리장 내 Pilot Plant 위치 및 유입수 배관 구성

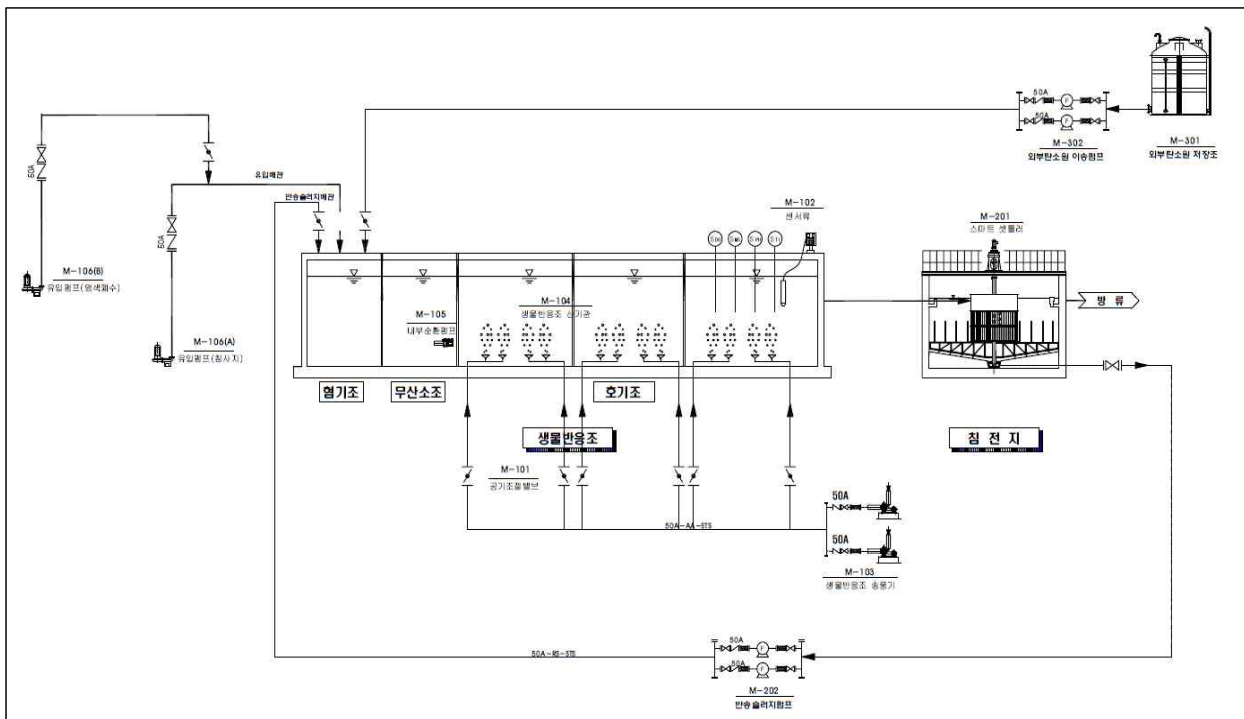
6) 1차 식종은 2016년 10월8일에 실시하였으나, 연구일정 등의 착오에 의하여 부득이하게 2차 식종을 2016년 10월 29일에 실시하였으며, 이에 대하여 5일간의 안정화 및 Pilot Plant의 시운전을 실시하였음.

## 6.1 Pilot Plant 운영 조건

Pilot Plant 설계 용량은 100m<sup>3</sup>/일로 평균 91.5 m<sup>3</sup>/일로 운전이 되었다. 이는 식중시 안정화 및 유입수의 이물질에 의한 펌프의 유지관리에 의한 것으로 설계용량에 맞추고자 하였다.

현장의 실유입 유량을 기반으로 운영된 혐기조의 HRT<sup>7)</sup>는 평균 1.8시간, 혐기조의 평균 HRT는 1.8시간, 호기조의 평균 HRT는 9.5시간, 종침의 평균 HRT는 3.2시간으로 계산되었다(부록 6.2.1).

이 때 호기조의 운전은 유입부 DO농도를 평균 1.8 mg/L, 유출부는 평균 0.1 mg/L로 하였으며, 이 때 조내의 MLSS 농도는 평균 4,235.7 mg/L로 측정되었다. 또한, SRT의 평균 45.6일로 계산되었다. 이는 본 공정에서 조내의 MLSS를 높게 운전하고, 내부반송은 1.0Q, 반송슬러지는 0.4Q 그리고 잉여슬러지는 0.04Q의 유량으로 운전되었다.



(그림 23) Pilot Plant P&ID

7) HRT(수리학적 체류시간; Hydraulic Retention Time): 일정한 조에 일정 유량의 유체가 체류할 수 있는 시간.

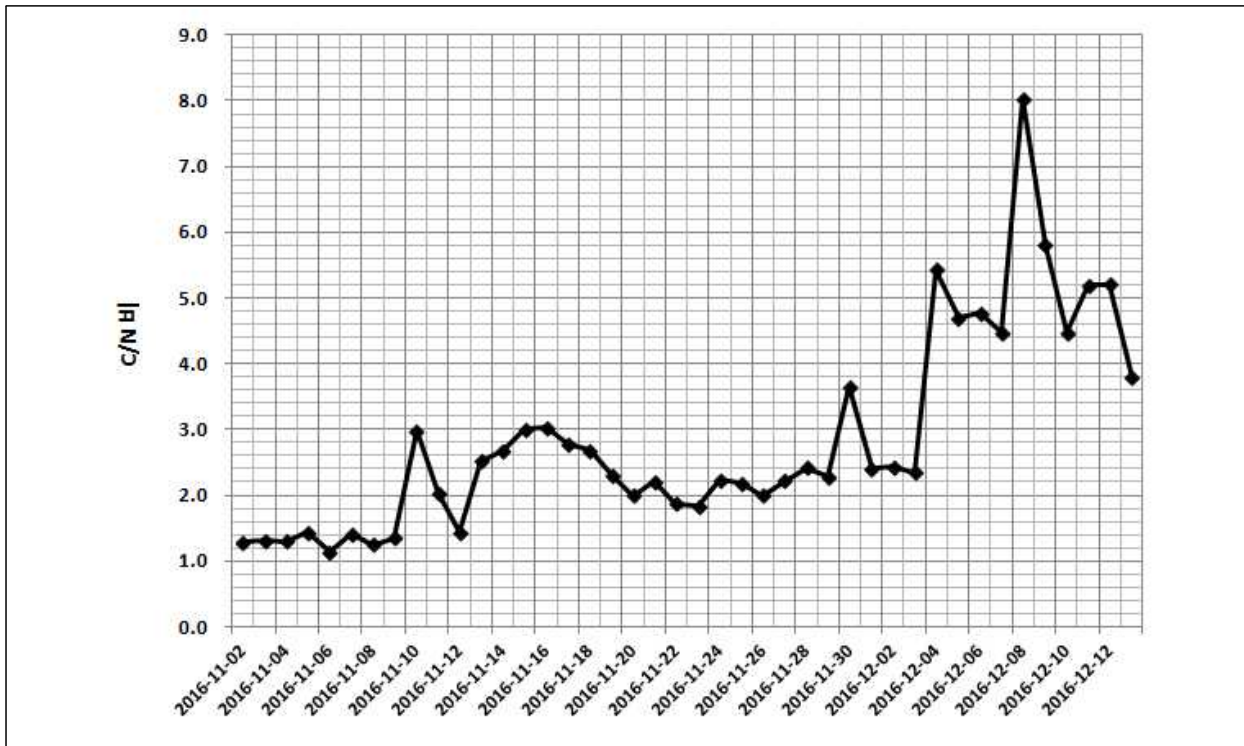
## 6.2 Pilot Plant 실험 중 유입수와 처리수의 성상변화

### 6.2.1 Pilot Plant 유입수의 C/N비 성상 변화

안산하수처리장에 유입되는 폐수는 위에서도 언급한 바와 같이 일반공장계 폐수와 염색폐수가 1:1로 혼합되어 총 180,000m<sup>3</sup>/일로 처리되어지고 있다. 이 중 일반공장계 폐수는 유입시 안산염폐수와 혼합되어 이 때의 C/N비는 평균 2.8으로 조사가 되었다.

특이사항으로 206년 12월 04일부터 유입되는 폐수 중의 염색폐수의 유입부의 펌프 설치 부로 초침처리수가 일부 유입이 되어 C/N가 증가하는 것으로 보인다.

외부탄소원 공급은 안산스마트허브에서 발굴된 By-Product를 LAB 실험 시와 동일한 유량으로 Pilot Plant 유입부에 공급하였다. 공급되는 By-Product는 1주일 간격으로 공급이 되었으며, 공급되는 By-Product의 C/N비는 평균 17.0으로 계산되었다(부록 6.2.4).



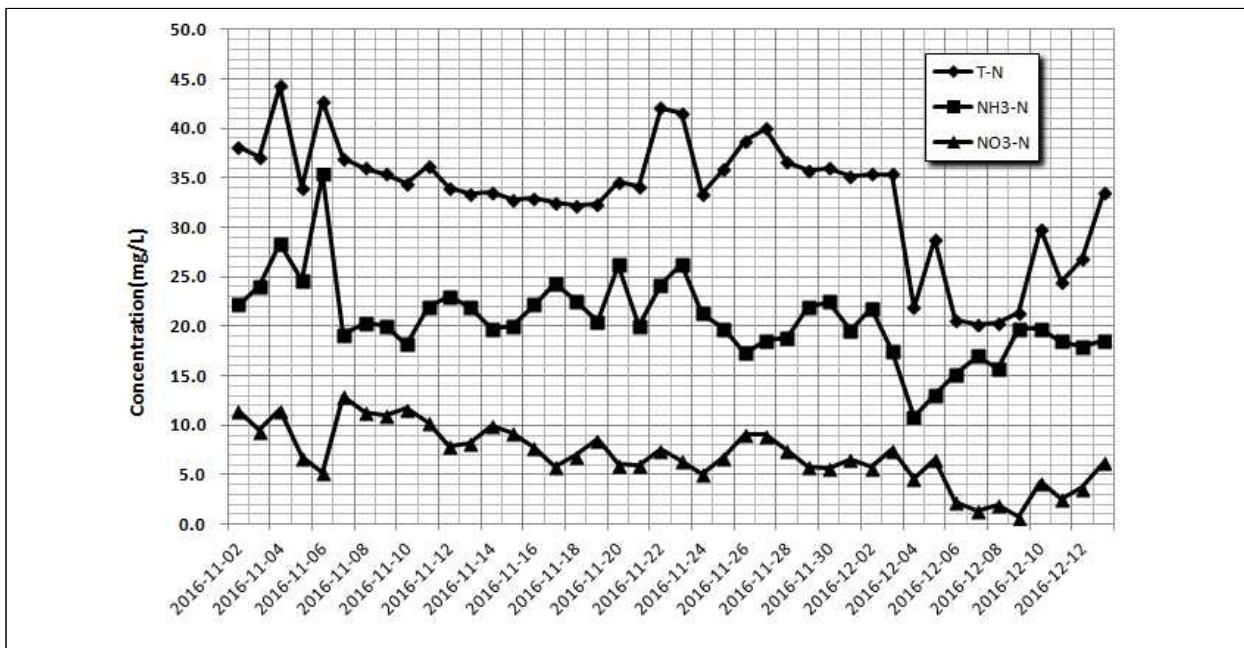
(그림 24) Pilot Plant 유입수의 C/N 변화

## 6.2.2 Pilot Plant 실험에서 질소분해 특성

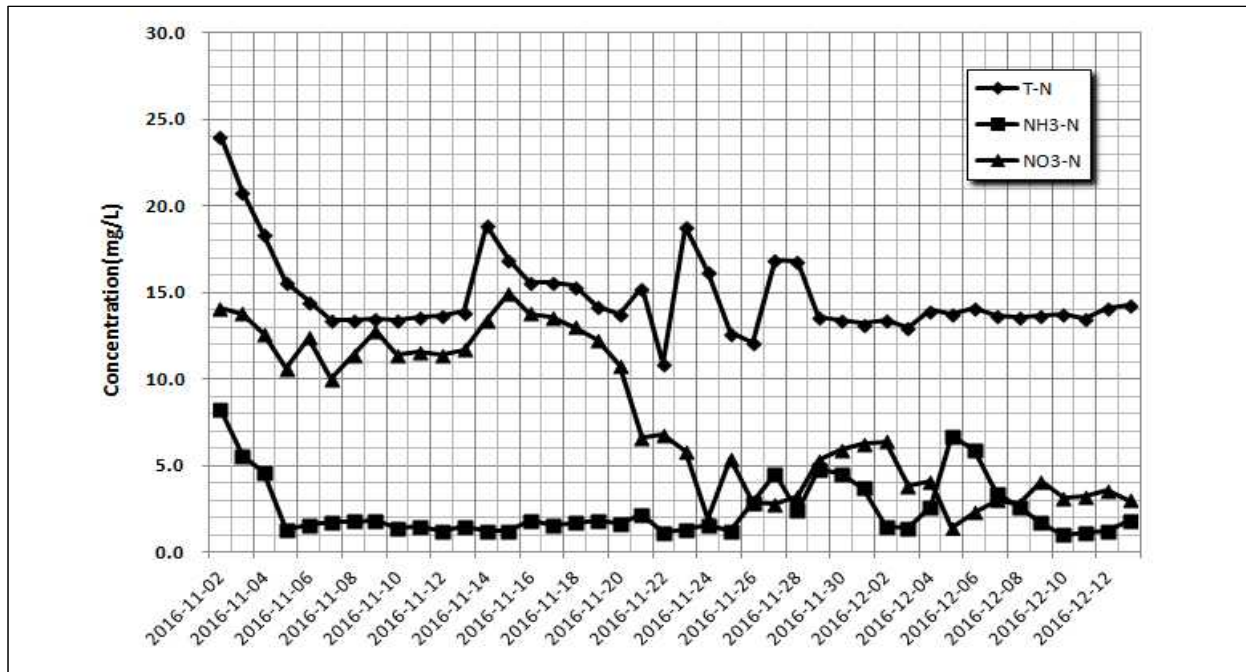
Pilot Plant의 정상적인 운전은 2016년 10월 29일 2차 식중 후로부터 4일정도 소요되었으며, 이 때 유입수에 대한 T-N은 최대 44.3 mg/L, 최소 20.2 mg/L 그리고 평균 33.4 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 35.4 mg/L, 최소 10.9 mg/L 그리고 평균 20.7 mg/L, NO<sub>3</sub>-N의 농도는 최대 12.9 mg/L, 최소 0.7 mg/L, 평균 7.0 mg/L로 측정되었다. 질소처리를 위한 과정으로 현장 수처리 공법의 운영조건과 동일한 Pilot Plant 실험에서 호기조에 의한 질산화 반응과 내부반송에 의한 무산소조로 이송된 액에 대한 탈질화 반응에 의하여 질소를 분해하는 방법을 이용하고 있다.

이에 대한 처리수는 T-N의 농도 최대 24.1 mg/L, 최소 10.9 mg/L 평균 14.8 mg/L로 측정이 되었으며, 이 중 NH<sub>4</sub>-N은 최대 8.3 mg/L, 최소 1.0 mg/L 그리고 평균 2.5 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 최대 15.0 mg/L, 최소 1.4 mg/L 그리고 평균 7.8 mg/L로 측정되었다.

이에 대하여 T-N의 처리효율은 평균 55.8%로 외부탄소원을 0.028%로 주입할 경우, 질산화 및 탈질화 반응에 대하여 적절한 처리가 진행되었음을 알 수 있었다.



(그림 25) Pilot Plant 실험시 유입수의 질소원의 변화



(그림 26) Pilot Plant 실험시 처리수의 질소원의 변화



(그림 27) 안산 하수처리시설 내 Pilot Plant 전경(송풍기동 옆)

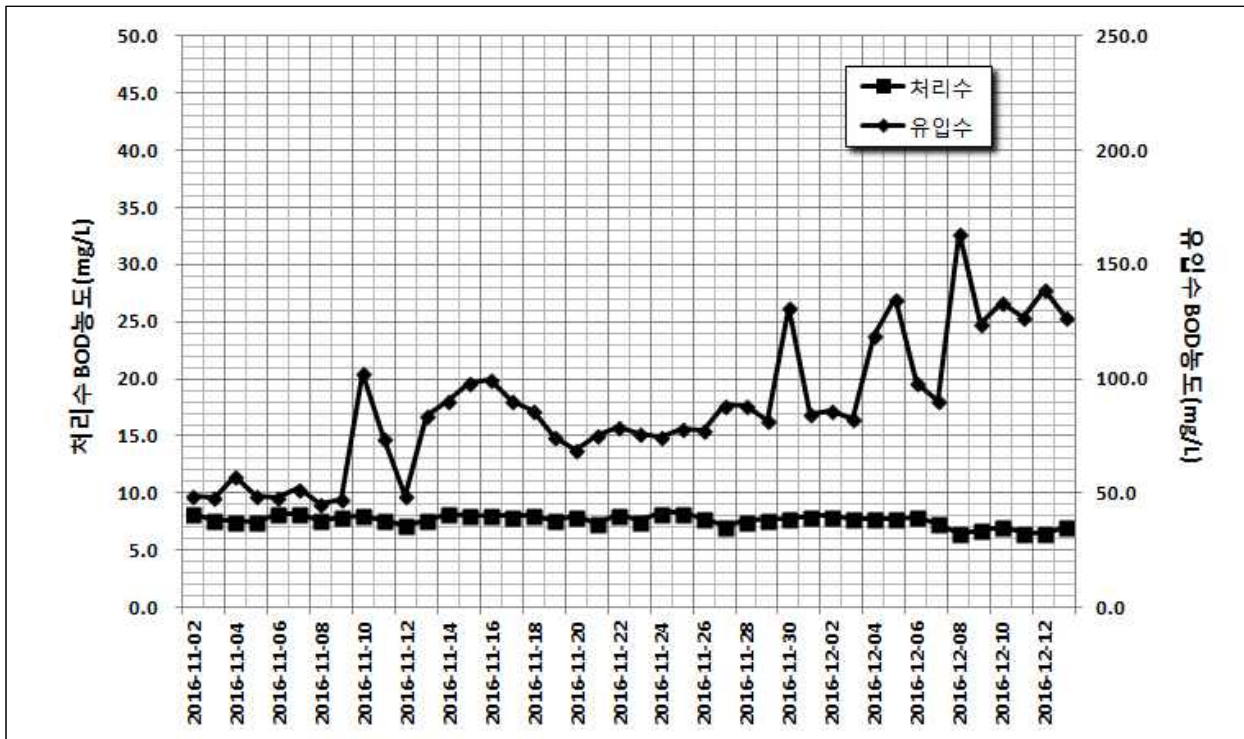
### 6.2.3 Pilot Plant 실험에서 수처리 효율

#### ① BOD 변화

유입수 중의 BOD농도는 최대 164.0 mg/L, 최소 45.1 mg/L 그리고 평균 87.5 mg/L로 측정되었다. 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 BOD는 최대 59,527.0 mg/L, 최소 50,244.4 mg/L, 평균 54,369.6 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 BOD는 최대 8.3 mg/L, 최소 6.5 mg/L 그리고 평균 7.7 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 91.2%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



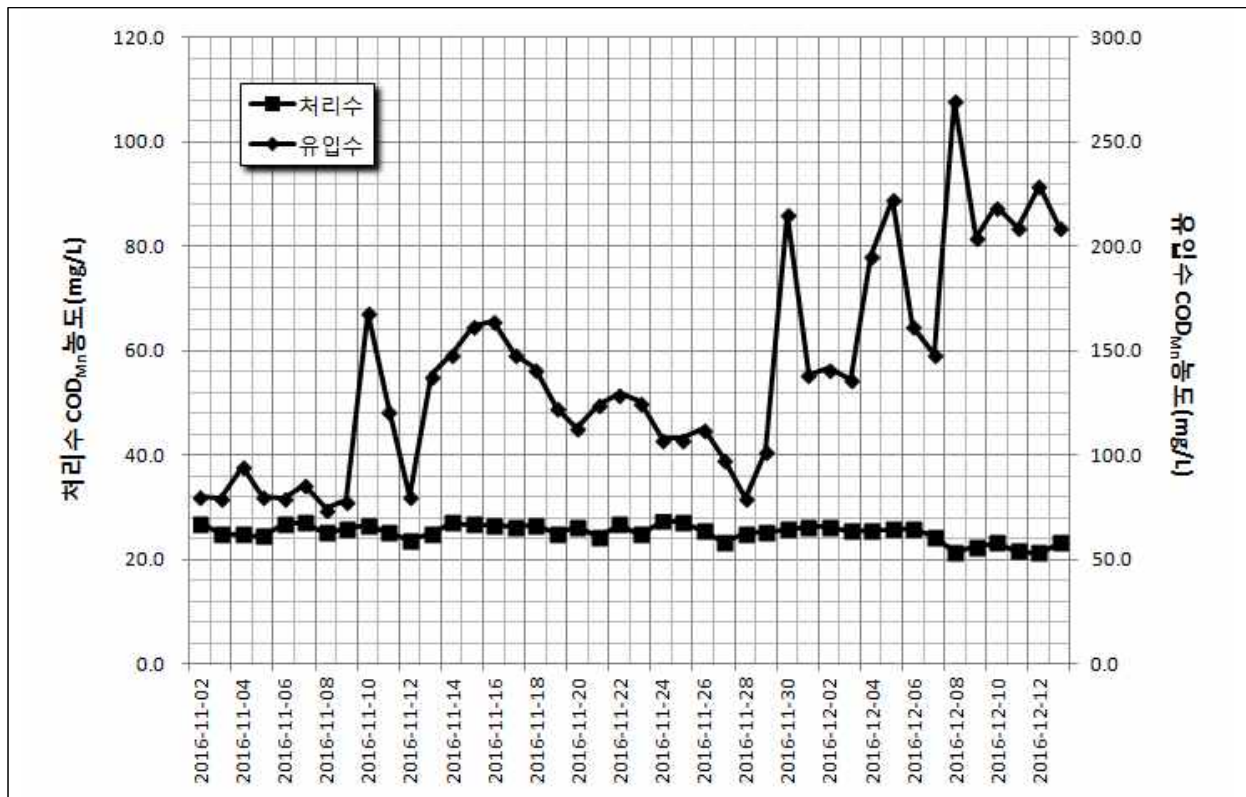
(그림 28) Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 BOD 변화

② COD<sub>Mn</sub> 변화

유입수 중의 COD<sub>Mn</sub>농도는 최대 240.0 mg/L, 최소 132.0 mg/L 그리고 평균 193.3 mg/L로 측정이 되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 112,800.0 mg/L, 최소 104,200 mg/L, 평균 112,800 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 COD<sub>Mn</sub>는 최대 27.3 mg/L, 최소 21.3 mg/L 그리고 평균 25.2 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 87.0%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



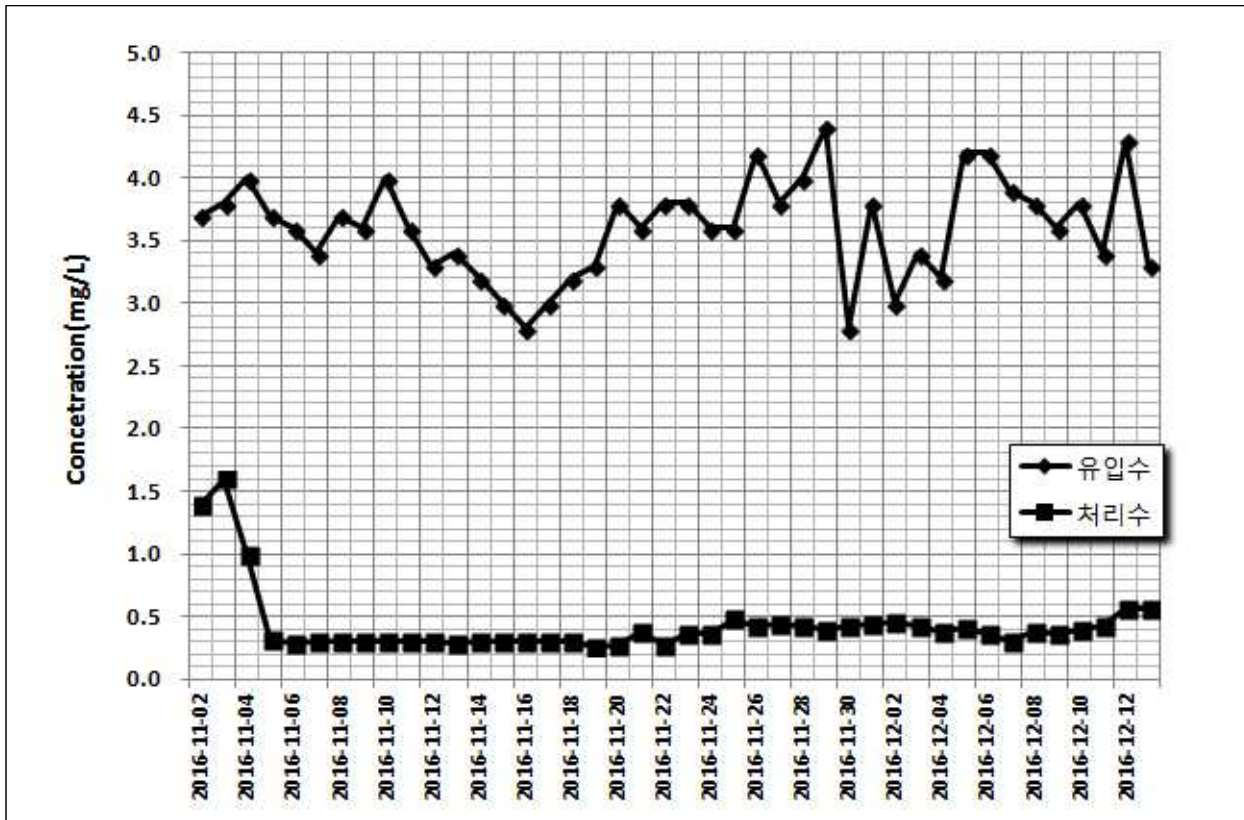
(그림 29) Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 COD<sub>Mn</sub> 변화

### ③ T-P의 변화

유입수 중의 T-P농도는 최대 4.4 mg/L, 최소 2.8 mg/L 그리고 평균 3.6 mg/L로 측정 이 되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 T-P는 최대 296.0 mg/L, 최소 220.0 mg/L, 평균 267.0 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 T-P는 최대 1.6 mg/L, 최소 0.3 mg/L 그리고 평균 0.4 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대 비 처리율은 평균 88.9%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



(그림 30) Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 T-P 변화

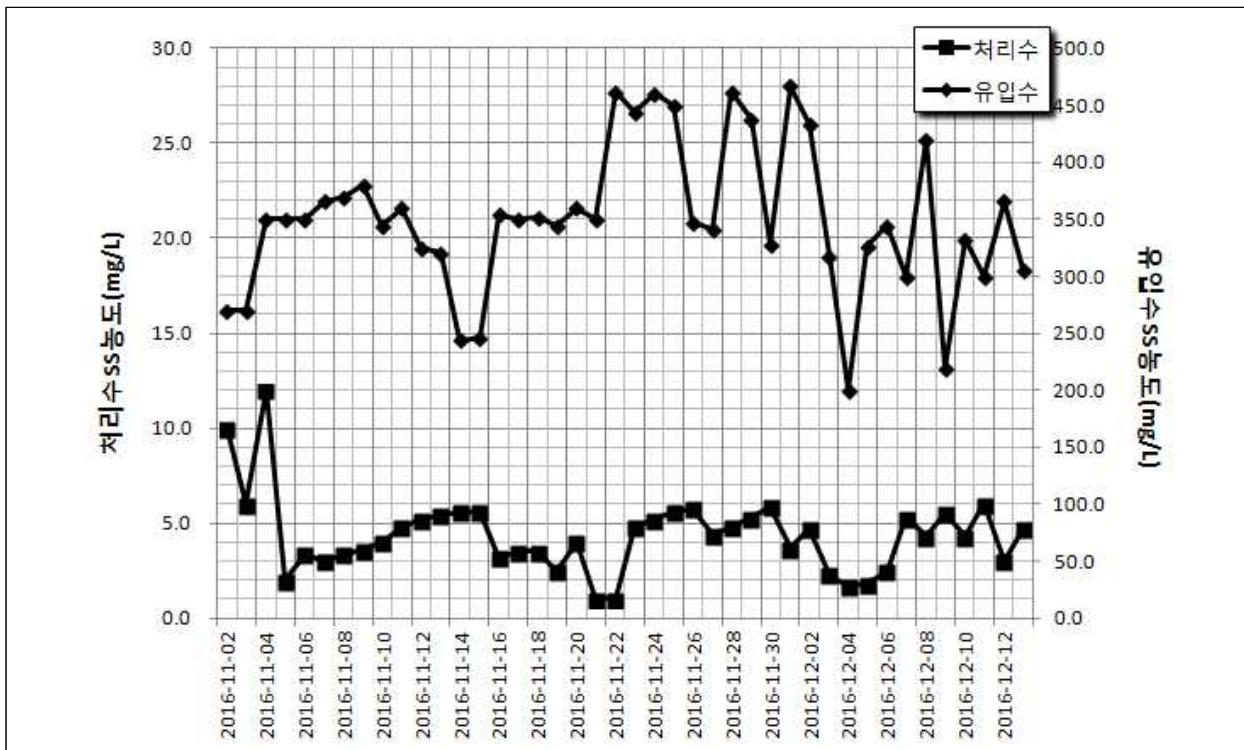
#### ④ SS의 변화

유입수 중의 SS농도는 최대 467.0 mg/L, 최소 200.0 mg/L 그리고 평균 350.5 mg/L로 측정이 되었으며, 외부탄소원으로 공급되는 By-Product의 SS는 최대 65,604.7 mg/L, 최소 55,352.3 mg/L, 평균 59,920.7 mg/L로 측정되었다.

유입수를 Pilot Plant 공정운전을 통하여 운전 후 방류되어지는 처리수의 SS는 최대 12.0 mg/L, 최소 1.0 mg/L 그리고 평균 4.4 mg/L로 처리되고 있었으며, 이에 대하여 유입수 대비 처리율은 평균 98.7%로 처리되고 있음을 확인할 수 있었다.

유입수 중의 SS 성분이 높은 것은 안산시 하수처리장 운영상 대상시료의 외부탄소원 적용이 되지 않은 시료는 선정하는 과정에서 침사지 초입에 대하여 펌프를 설치하여 유입수로 활용하였기 때문이다.

이에 대하여 외부탄소원이 투입되어도 호기조 및 침전조에서 적절하게 처리될 수 있음을 확인하였다.



(그림 31) Pilot Plant 운전시 유입수와 처리수의 SS 변화

#### 6.2.4 Pilot Plant 실험의 방류수 수질기준 만족도

본 연구의 외부탄소원으로 By-Product 이용시 안산하수처리장의 운영상에서 요구되는 처리수의 방류수 수질기준의 만족도(목표달성)를 객관적으로 판단하기 위하여 운전 중의 처리수 시료를 2016년 11월30일에 채수하여 공인기관에 분석을 의뢰한 결과 (표 11)과 같이 BOD는 6.4 mg/L, CODMn은 23.9 mg/L, T-N은 12.1 mg/L, T-P는 0.437 mg/L, SS는 6.0 mg/L로 측정이 되어 방류수 수질기준에 만족하였다.

본 연구에 이용된 Pilot Plant는 설계 용량 100 m<sup>3</sup>/일로 안산하수처리장 공장계 폐수의 처리용량인 180,000 m<sup>3</sup>/일의 약 0.06%정도로 매우 낮은 규모이며, 사계절 중 가을기간에 대한 한정적인 환경에 대하여 운전을 한 결과로 사계절동안의 운전조건에 대한 특징적 분석과 실증운전에서 적용성에 대한 결과를 도출하기 위한 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

표 4-12. 본 연구과제의 처리수 달성지표(방류수 수질기준)와 공인시험 분석결과(부록 6.3)

항 목	달성지표 (방류수 수질기준)	공인시험결과
BOD	10.0 mg/L 이하	6.4 mg/L
COD <sub>Mn</sub>	40.0 mg/L 이하	23.9 mg/L
T-N	20.0 mg/L 이하	12.1 mg/L
T-P	2.0 mg/L 이하	0.437 mg/L
SS	10.0 mg/L 이하	6.0 mg/L

---

## 제5장 안산시 하수처리장 내 By-Product의 적용성 평가

---

# 제5장 안산시 하수처리장 내 By-Product의 적용성평가

## 1. By-Product에 의한 수처리 계통에 적용성 검토

### 1.1 단순 성분분석을 통한 외부탄소원으로 적용성 검토

단순분석을 통한 화성시 음폐수, 설탕부산물, 발굴된 By-Product를 비교하였을 때, (표 5-1)에서 보는 바와 같이 현재 안산시 하수처리장에 적용하고 있는 화성시 음폐수와 비슷한 성상의 By-Product도 동일한 유량이 적용될 수 있다. 이에 따라 앞서 성분 분석을 한 것을 기준으로 탄소원은 화성시 음폐수, 설탕부산물 그리고 By-Product 각각의 일 사용되는 총량은 각각 4,037.5 kg/일, 715.0 kg/일, 그리고 6,741.7 kg/일 로 By-Product가 외부탄소원으로 적용성이 화성시 음폐수 및 설탕부산물에 비하여 높은 것으로 계산이 되었다. 이러한 경우로 By-Product의 일일 실 사용량은 이론적으로 약 15m<sup>3</sup>/일 정도만으로도 외부탄소원으로 기능을 발휘할 것으로 예측된다.

그러나, 안산하수처리장의 운영상의 효율성을 고려할 때 배제되어야 되는 부분이 pH의 중성 범위와 질소부하이다. 약산성 이하나 약알칼리성 이상의 범위의 pH는 미생물의 생육을 제한할 수 있으며, 메탄올을 대체하는 외부탄소원에 함유되어 있는 질소의 농도가 높을 경우에는 탈질효율을 높이기 위하여 적용되어야 하지만 오히려 높은 질소농도에 의해 질소의 처리효율이 낮아질 수 있다. 따라서 (표 5-1)에서 계산되어 나타낸 것과 같이 pH의 중성범위에 의한 안정성으로는 발굴된 By-Product가 가장 좋을 것으로 조사되었으며, 질소부하에서는 설탕부산물이 가장 낮았으며, 다음으로 By-Product, 화성시 음폐수 순으로 계산되었다.

표 5-1. 안산하수처리장에 적용되는 외부탄소원 및 By-Product의 부하 비교

항 목	화성시 음폐수	설탕부산물	By-Product
유량 (m <sup>3</sup> /일)	50.0	11.0	50.0
pH (-)	3.8	3.5	7.2
질소부하 (kg/일)	237.5	5.5	164.5
탄소부하 (kg/일)	4,037.5	715.0	6,741.7
C/N비 (-)	7.7	58.5	18.4

이 중 경제적인 부분을 감안한다면, 구입하여 안산하수처리장으로 공급되는 설탕부산물에 비해서는 By-Product가 효율적일 것으로 보인다.

## 1.2 발굴된 By-Product의 폐수처리 효율성 검토

기초실험 및 LAB 규모실험, Pilot Plant 실험을 통하여 발굴된 By-Product의 폐수처리에 대하여 적용성을 검토한 결과 자체적으로 가지고 있는 탄소원의 함량이 비교적 높아 유입유량에 대하여 0.028%정도 공급하여도 C/N비는 3.0 이상으로 계산이 되었으며, 이에 대한 유입수 대비 처리수에 대한 질소처리효율이 LAB에서 유입수 대비 약 80%이상, Pilot Plant 에서는 55%이상으로 방류수 수질기준에는 만족하는 것으로 확인이 되었다.

또한, BOD, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-P에 대한 처리에서도 방류수 수질기준에 만족하고 있음을 확인하였다.

그러나, 본 연구에서 Pilot Plant 실험은 가을기간 동안의 짧게 진행된 것으로 장기간의 Pilot Plant 운전 및 실증운전에서 검토를 통하여 효율적인 부분을 단계적으로 검증하여 적용하는 것이 바람직 할 것으로 보인다.

## 1.3 슬러지 발생량 예측

### 1.3.1 안산시 하수처리장에 적용되는 외부탄소원별 슬러지 발생량 예측

(표5-2)에 나타낸 것과 같이 각 외부탄소원별 유입하수 C/N비 2.0을 기준으로 계산되어지는 유량은 화성시 음폐수, 설탕부산물 그리고 By-Product 각각 49.0 m<sup>3</sup>/일, 4.0 m<sup>3</sup>/일, 그리고 15.0 m<sup>3</sup>/일 로 계산되어진다. 이 때, 각 외부탄소원이 함유하고 있는 고형분에 대하여 슬러지로 발생한다는 가정으로 함수율 78%정도의 탈수케이크가 발생한다고 한다면, 화성시 음폐수는 2.51 톤/일, 설탕부산물은 0.61 톤/일, By-Product는 0.87 톤/일로 수학적으로 계산이 된다.

표 5-2. 안산하수처리장에 적용되는 외부탄소원의 이론적 탈수케이크 발생량

항 목	화성시음폐수	설탕부산물	By-Product
유 량 (m <sup>3</sup> /일)	49.0	4.0	15.0
T S (%)	10.5	11.0	6.2
건량기준 고형물 양 (kg/일)	5,240	1,210	3,085
탈수케이크 발생량	2.51	0.61	0.87

### 1.3.2 Pilot Plant에서 적용시 슬러지 발생량 검토

2016년 10월 29일부터 2016년 12월 13일까지 Pilot Plant를 운전하였으며 이 때, 안산시 하수처리장의 유입하수에 중간에 투입되는 외부탄소원을 배제하기 위하여 공장계 폐수처리 계열의 침사지, 염색폐수 인입부에 펌프를 각각 설치하여 안산시 하수처리장 운영조건과 동일하게 1:1로 혼합되어 유입될 수 있도록 운전을 실시하였다.

이 때, 전자에서 언급된 것과 같이 수처리에 대하여서는 안정적으로 처리가 되어 있음을 확인할 수 있었다.

Pilot Plant의 운전시 잉여슬러지의 평균 배출유량은 3.6 m<sup>3</sup>/일이며, 잉여슬러지의 농도는 평균 7,233.7 mg/L로 측정이 되었다. 이에 대하여 건량기준으로 발생하는 고�형물량은 잉여슬러지 평균 배출유량기준으로 26.0 kg/일로 계산할 수 있다. 이를 안산하수처리장의 탈수기를 통하여 탈수 후 케이크의 함수율을 78%라고 가정한다면, 평균 118.2 kg/일로 계산되어진다. 이를 안산시 하수처리장의 공장계 폐수 처리용량 180,000 m<sup>3</sup>/일에 대하여 적용한다면, 78% 탈수케이크의 일일 평균 발생량은 212.8 톤/일이며, 이 때 By-Product에 의한 탈수케이크 함량은 전체 유입량에 대한 0.028%를 적용시 약 6.0 톤/일에 대하여 발생할 것으로 보인다. 따라서 이는 안산시 하수처리장 운영에 대한 결과시 화성시 음폐수에 대한 슬러지 발생량 14.0 톤/일에 대하여 슬러지 발생량이 약 57%정도 감량된 수치로 계산된다.

그러나, 이는 실증 규모의 Plant에서 운영된 결과가 아닌 단순 수학적 계산에 의한 추이결과로 연중에 대한 계절별 특징 등을 고려한 결과로 적용되어야 할 것으로 보인다.

## 1.4 발굴된 By-Product의 경제성 검토

### 1.4.1 메탄올 대체 시의 경제성

물가자료 550호<sup>28</sup>를 기준으로 메탄올의 18L의 가격은 17,000원을 기준으로 계산하였다. (표 5-3)은 외부탄소원이 가지고 있는 탄소원의 기질과 메탄올의 탄소성 기질에 대한 비교를 이론적 COD를 기준으로 산출하였으며, 이 때 메탄올에 대한 COD는 이론적으로 48 kg를 적용하였다. 이는 외부탄소원의 탄소성 기질의 함유량이 많은 경우에 대한 경제성 평가를 객관화하기 위함이다.

산출결과 화성시 음폐수의 경우는 62,838원/일, 설탕부산물은 11,128원/일,

표 5-3. 안산하수처리장에 적용되는 외부탄소원의 필요유량 및 메탄올 대체 수익

항 목	화성시음폐수	설탕부산물	By-Product
메탄올 대비 되는 양 (L/일)	66.5	11.8	111.8
메탄올 대체시 수익 (원/일)	62,838	11,128	104,925

By-Product는 104,925 원/일로 나타났다. 이는 By-Product의 탄소성 함량이 다른 외부탄소원에 비하여 상대적으로 높기 때문인 것으로 판단된다.

#### 1.4.2 슬러지 처리량에 대한 경제성 검토

1.3.1과 1.3.2에서 검토된 내용을 토대로 슬러지 처리량을 비교한다면, 외부탄소원 사용에 대한 단순 고형물 함량에 의한 슬러지 발생량 산정시 화성시 음폐수에 비하여 약 65%가 적게 발생하는 것으로 보이며, 또한, Pilot Plant 운영에 대하여 비교하였을 경우에도 57%정도가 발생량이 줄어드는 것으로 예측할 수 있다.

이에 대한 슬러지 처리비용 단가(슬러지 탈수케이크 발생 톤당)는 120,000~320,000 원/톤 정도로 이루어지고 있으나, 본 연구에서는 최소의 비용을 적용하여 산정하면, 약 190,000원/일 정도 비용이 절감될 것으로 예측이 된다.

### 2. By-Product에 대한 안산시 하수처리장의 적용성에 대한 고찰

안산시 하수처리장 공장계 폐수처리에 대하여 염색폐수의 처리수가 유입되어 C/Nqlrk 부족해 지는 현상이 발생하는 것으로 예측된다. 이는 염색폐수 처리수 중의 질소와 인 등과 같은 미처리 오염물이 포함되어 있기 때문인 것으로 보인다. 그러나, 염색폐수 중에 탄소원은 적고, 질소원이 일부 함유되어 있으며 공장계 폐수처리계통 전체의 처리량에 대하여 50%정도를 차지하고 있어 총량으로 볼 때 큰 규모인 것으로 예측할 수 있다<sup>8)</sup>.

따라서, 외부탄소원의 검토는 필수적으로 되어야 하는 것으로 보인다. 이에 대하여 화성시 음폐수 및 설탕부산물을 배제하였을 경우 안산스마트허브에서 발생하는 By-Product의 외부탄소원의 적용성에 대하여 하였다. 기초실험, LAB 규모 및 Pilot Plant 실험을 통하여 처리수의 안정적 처리에 대하여 긍정적인 평가를 할 수 있을 것으로 보이며, 슬러지 발생량부분에 대하여서도 화성시 음폐수에 비하여 적게 발생할 것으로 예측된다.

그러나, 본 연구에서 LAB 규모 및 Pilot Plant 실험이 단기간에 이루어진 것으로 효율적인 검토를 하기 위하여 장기적인 시험 운전 및 실증규모에서 실험을 추가로 하여 확인 후에 적용하는 것이 바람직 할 것으로 보인다.

---

8) 일반 공장계 폐수와 염색폐수를 혼합시 유입수 중의 C/N 1.2~1.9로 조사됨.

---

## 제6장 연구결과의 활용계획

---

## 제6장 연구결과의 활용계획

### 1. 안산시 하수처리장 운영비용 절감을 위하여 발굴된 By-Product의 직접 적용에 대한 환경법 및 기타 활용성 검토

안산시 스마트허브에서 발생하는 By-Product 중 (주)종근당바이오에서 발생하는 By-Product는 안산시 하수처리장의 공장계 폐수를 처리에 대해 안정적인 조건을 유지하기 위한 외부탄소원으로 적용하기에는 기초실험 및 LAB 규모 실험, Pilot Plant 실험결과를 바탕으로 진행한 결과 긍정적으로 보이나, 폐기물관리법 시행규칙 제10조<sup>9)</sup> 및 현재 폐기물을 이용한 외부탄소원에 대한 지침에 대하여 환경부(2016)<sup>26)</sup>에 제시하고 있는 내용을 검토한 결과 「**항생제 의약품 제조시 발생하는 발효폐액**」에 대한 항목은 명시되어 있지 않아 환경부에 건의를 통하여 적용할 수 있는 방안을 모색하거나, 재활용 관리제도 등을 통한 제품 평가를 통한 외부탄소원으로 가공을 통한 제품화에 의한 적용에 대하여 검토할 필요가 있을 것으로 보인다.

---

9) 폐기물관리법 시행규칙 제10조(폐기물처리시설 외의 장소에서의 폐기물 처리)

영 제7조제1항 제5호 단서에서 “환경부령으로 정하는 바에 따라 폐기물을 생활환경 보전상 지장이 없는 방법으로 적정하게 처리하는 경우”란 다음 각 호의 경우를 말한다.

1. 폐산, 폐알카리 등 수분함량이 85퍼센트를 초과하거나 고형물함량이 15퍼센트 미만인 액체상태(이하“액상”이라한다)의 폐기물을 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조 제12호에 따른 수질오염 방지시설에 직접 유입하여 처리하는 경우로서 그 배출시설의 설치허가권자 또는 신고 수리권자가 그 처리를 인정하는 경우.

※ 재활용 관리제도 종합해설서, 환경부, 2016(외부탄소원 적용관련 전문)

R-4-9 : 수처리제나 유기탄소원, 응집제 등 수질개선을 목적으로 하는 제품을 제조하는 유형

○ 본 유형으로 재활용 할 수 있는 폐기물의 종류는 다음과 같다.

폐기물 분류번호	폐기물 종류	사전분석·확인 필요여부	폐기물 분류번호	폐기물의 종류	사전분석·확인 필요여부
02-01-01	폐염산	해당	02-01-02	폐황산(폐황산이 포함된 2차폐축전지를 포함)	해당
02-01-03	폐질산	해당	02-01-05	LCD·반도체공정 폐산	해당
02-01-99	그 밖의 폐산	해당	02-02-01	폐가성소다수	해당
02-02-02	폐암모니아수	해당	02-02-03	폐수산화나트륨 (고상)	해당
02-02-04	폐수산화칼륨(고상)	해당	02-02-99	그 밖의 폐알카리	해당
51-01-02	하수처리오니	해당없음	51-02-03	하수처리오니	해당없음
51-08-02	사업장폐기물 소각시설 비산재	해당없음	51-08-04	사업장폐기물 소각시설 바닥재	해당없음
51-08-06	사업장폐기물 소각시설 소각재(바닥재와 비산재가 혼합된 경우)	해당없음	51-38-01	음식물류폐기물	해당없음
51-38-03	음식물류 폐기물 처리잔재물(액상의 경우만 해당)	해당없음			

○ 본 유형의 재활용에 대한 별도의 공통사항은 없으며, 폐기물별 기준은 다음과 같다.

☞ 기존 재활용 용도 및 방법에서는 직접 수처리제로 사용하거나 제조할 경우 모두 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 [별표13]에 따른 청정지역의 오염물질 배출 허용기준을 따르도록 하고 있었으나, 새로운 재활용 기준에서는 직접 사용시와 제조시 모두 수처리제를 사용하고자하는 시설에서 처리할 수 없는 무질에 한하여 청정지역 오염물질 배출허용기준을 따르도록 기준을 완화하였음.

- 음식물류 폐기물 재활용 과정에서 발생하는 액상폐기물

폐기물 요건	재활용 요건																			
음식물류 폐기물 재활용 과정에서 발생하는 액상폐 기물	① 발효 등의 분해과정을 거침																			
	② 제품용도																			
	○ 침출수처리시설·수질오염방지시설운영에 필요한 유기탄소원 제조																			
	○ 유기탄소원으로 재활용																			
	③ 유기탄소원의 기준																			
	○ 물질 함량 기준																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">연번</th> <th style="text-align: center;">물 질</th> <th style="text-align: center;">함량기준(이하)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">가</td> <td style="text-align: center;">부유물질(SS)</td> <td style="text-align: center;">15,000 mg/L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">나</td> <td style="text-align: center;">노르말헥산(N-Hexan)</td> <td style="text-align: center;">1,000 mg/L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">다</td> <td style="text-align: center;">총질소(T-N)</td> <td style="text-align: center;">3,000 mg/L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">라</td> <td style="text-align: center;">총인</td> <td style="text-align: center;">400 mg/L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">마</td> <td style="text-align: center;">총휘발성 유기산</td> <td style="text-align: center;">40,000 mg/L</td> </tr> </tbody> </table>			연번	물 질	함량기준(이하)	가	부유물질(SS)	15,000 mg/L	나	노르말헥산(N-Hexan)	1,000 mg/L	다	총질소(T-N)	3,000 mg/L	라	총인	400 mg/L	마	총휘발성 유기산
연번	물 질	함량기준(이하)																		
가	부유물질(SS)	15,000 mg/L																		
나	노르말헥산(N-Hexan)	1,000 mg/L																		
다	총질소(T-N)	3,000 mg/L																		
라	총인	400 mg/L																		
마	총휘발성 유기산	40,000 mg/L																		
○ 오염물질 기준																				
- 구리·수은·납 및 카드뮴과 그 밖의 오염물질 중 사용하고자 하는 시설에서 처리할 수 없는 오염물질은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 [별표13]에 따른 수질오염물질의 배출허용기준 중 나지역 배출허용기준이하																				
○ 설비 기준																				
- 유기탄소원으로 직접 사용하고자 하는 경우 침출수처리시설 또는 폐수처리 시설에 균등하게 투입할 수 있는 설비를 필요																				

☞ 음식물류폐기물 재활용과정에서 발생하는 액상폐기물에 있는 유기물질이 탄소원으로 사용되기 위해 분해되는 과정이 발효이다. 적정량을 초과하여 공급되는 발효된 액상폐기물은 오히려 수질오염을 유발할 수 있으므로 균등하게 투입할 수 있는 설비를 통해 적정량이 수질오염방지시설에 공급되어야 한다.

◆ 수질오염물질 배출허용 기준(나지역)

< 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 >

[별표13] 수질오염물질의 배출허용기준

2. 항목별 배출허용기준

가. 생물화학적산소요구량 · 화학적산소요구량 · 부유물질량

대상규모 항목 지역구분	1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 이상			1일 폐수배출량 2천 세제곱미터 미만		
	생물화학적산 소요구량 (mg/L)	화학적산소 요구량 (mg/L)	부유물질량 (mg/L)	생물화학적산 소요구량 (mg/L)	화학적산소 요구량 (mg/L)	부유물질량 (mg/L)
나지역	80 이하	90 이하	80 이하	120 이하	130 이하	120 이하

나. 페놀류 등 수질오염물질

6) 2016년 1월 1일부터 적용되는 기준

지역구분		나지역	지역구분		나지역
항목			항목		
수소이온농도		5.8 ~ 8.6	트리클로로에틸렌(mg/L)		0.3 이하
노르말핵 산추출물 질함유량	광유류 (mg/L)	5 이하	테트라클로로에틸렌 (mg/L)		0.1 이하
	동식물유지류 (mg/L)	30 이하	음이온계면활성제(mg/L)		5 이하
페놀류함유량(mg/L)		3 이하	벤젠(mg/L)		0.1 이하
시안함유량(mg/L)		1 이하	디클로로메탄(mg/L)		0.2 이하
크롬함유량(mg/L)		2 이하	생태독성(TU)		2 이하
용해성철함유량(mg/L)		10 이하	셀레늄함유량(mg/L)		1 이하
아연함유량(mg/L)		5 이하	사업화탄소(mg/L)		0.04 이하
구리(동)함유량(mg/L)		3 이하	1,1-디클로로에틸렌(mg/ L)		0.3 이하
카드뮴함유량(mg/L)		0.1 이하	1,2-디클로로에탄(mg/L)		0.3 이하
수은함유량(mg/L)		0.005 이하	클로로포름(mg/L)		0.8 이하
유기인함유량(mg/L)		1 이하	니켈(mg/L)		3.0 이하
비소함유량(mg/L)		0.25 이하	바륨(mg/L)		10.0 이하
납함유량(mg/L)		0.5 이하	1,4-다이옥산(mg/L)		4.0 이하
6가크롬함유량(mg/L)		0.5 이하	디에틸헥실프탈레이트 (DEHP)(mg/L)		0.2 이하
용해성망간함유량(mg/L)		10 이하	염화비닐(mg/L)		0.5 이하
플로오르(불소)함유량(mg/ L)		15 이하	아크릴로니트릴(mg/L)		0.2 이하
PCB함유량(mg/L)		0.003 이하	브로모포름(mg/L)		0.3 이하
총대장균군(群) (총대장균군수)(mL)		3,000 이하	나프탈렌(mg/L)		0.5 이하
색도(도)		400 이하	폼알데하이드(mg/L)		5.0 이하
온도(°C)		40 이하	에피클로로하이드린 (mg/L)		0.3 이하
총질소(mg/L)		60 이하	톨루엔(mg/L)		7.0 이하
총인(mg/L)		8 이하	자일렌(mg/L)		5.0 이하

## §. 참고문헌

1. 정귀택, 박석환, 박재희, 방성훈, 임은태, 박돈희, 폐수처리 탈질 공정에 미치는 인자 연구, 한국생물공학회지 제23권 제6호, pp.535-540, 2006.
2. [www.watertoday.org](http://www.watertoday.org), Biological wastewater treatment.
3. U.S EPA, Manual: nitrogen control, EPA/625/R-93/010, 1993.
4. 하수처리계통도, <https://water.iansan.net>, 안산시 상하수도사업소 홈페이지.
5. Payne, W.J., Reduction of nitrogenous oxides by microorganisms, Bacteriol. Rev., Vol.37, pp.409-452, 1973.
6. Otte., G. and H., Rosenthal, Mangement of closed brackish water system for high-den-sity fish culture by biological and chemical water treatment, Aquaculture, Vol.18, pp.169-181, 1979.
7. Kone, S. and U. Behrens, On the kinetics od denitrification, Part I : Mixed Population and acetate as the carbon source, Axta. Hydrobiol, Vol.9, pp.523-533, 1981.
8. Cavari, B. Z. and G. Phelps, Denitrification in Lake Kinneret in the presence of oxygen, Freshwater Biol., Vol.7, pp.385-391, 1977.
9. Hijnem, W. M., R. Voogt, H. R. Veenendaal, H. Van der Jagt and D. Var Kooij, Bromate reduction by denitrifying bacteriua, Appl. Environ. Microbiol., Vol.61, pp.239-244, 1995.
10. Nguyen. V. T. and W. K. Shieh, Anoxi and oxic biological flui dized bed treatment of amines and phenol, Biological Degradation of organic chemical pollution in biosystems, Arrinm E. ed., Vol.31, pp.185-193, 1995.
11. 정귀택, 박석환, 박재희, 방성훈, 임은태, 박돈희, 폐수처리 탈질 공정에 미치는 인자 연구, 한국생물공학회지, 제23권 제6호, pp.535-540, 2008.
12. Bae, W.K. et al., Bioenvironmental Engineering-Principle and application of biological tretment, McGraw-Hill Korea, Korea, 2002.

13. Bhang, S. H., Nitrogen Compounds Removal of industrial Wastewater Using Advanced treatment process, Master thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea, 2007.
14. Arvinthan, V., Mino, T., Takizawa, S., Satoh, H. and Matsuo, T., Sludge hydrolysate as a carbon source for denitrification, Proc. 1<sup>st</sup> World Water Congress of the IWA, Vol.3, pp.146-153, 2000.
15. Barlindhaug, J. and Odegaard, H., The thermal hydrolysis for the production of carbon source for denitrification, Wat. Sci. Tech., Vol.34, No.1/2, pp.371-378, 1996.
16. 안규홍, 염익태, 송경근, 박기영, 이재우, 맹승규, 황종혁, 하수슬러지 오존 분해산물의 탈질에서 탄소원 이용, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 제3권, pp.858-858, 2000.
17. Grand Williers, R. H., Interations between phosphate nitrate and organic substate in biological nutrient removal process, Wat. Sci. Tech., Vol.19, pp.183-194, 1986.
18. J. Meinhold, H. Pedersen, E. Arnold, S. Isaacs, M. Henze, Effect of continuous addition of an organic substracte to the anoxic phase on biological phosphorus removal, Wat. Sci. and Tech., Vol. 38, pp.97-105, 1998.
19. 김민호, 돈분 발효액을 유기탄소원으로 이용한 생물학적 탈질, 환경관리학회지, 제8권 제4호, pp.401-407, 2002.
20. Nicholls, H. A., Pitman, A. R., and Osborn, D. W., The readily biodegradable fraction of sewage; Its influence of phosphorus removal and measurement, Wat. Sci. and Tech., Vol. 17, pp.73-87, 1985.
21. Barnatd, J. L., Biological Nutrient removal without the addition of chemicals, Water Res., Vol 9, pp.485-490, 1975.
22. 권미경, 박광수, 정용준, 민경석, 섬유가공폐수 슬러지의 산발효 및 탈질공정에서의 이용, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 제3권, pp.867-870, 2000.
23. 박종웅, 최동혁, 음폐수를 탄소원으로 이용시 생분해 및 탈질특성에 미치는 영향, 한국 도시환경학회지, 제11권 제1호, pp.41~48, 2011.
24. 정인철, 조현길, 이두호, 강동효, 임근택, 이성학, 김창원, 미생물 순응 호환성에 기반한

대체탄소원 개발 및 실용화 사례, 대한환경공학회, 제27권 제5호, pp.491-498, 2005.

25. Perry L. MC CARTY, Biological denitrification of wastewaters by addition of organic materials, Engineering extension series no. 135, pp.1271-1285, 1969.

26. 환경부, 재활용 관리제도 종합 해설서, 2016.

27. 수도권 매립지공사, 탈질처리시 메탄올 사용량 절감 방안 연구, 2004.

28. (사)한국물가정보, 물가자료 550호, 2016

## § 용어정리

1. BOD: 생화학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand)  
:
2. COD: 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand)
3. T-N: 총질소(Total Nitrogen)
4. T-P: 총인(Total Phosphate)
5. NH<sub>3</sub>: 암모니아(Ammonia)
6. NO<sub>3</sub>-N: 질산성 질소(Nitrate oxygen)
7. SS: 부유물질(Suspended Solids)
8. TS: 총고형물(Total Solids)
9. VS: 휘발성고형물(Volatile Solids)
10. pH: 수소이온농도
11. ORP: 산화환원전위(Oxidation Reduction Potential)
12. DO: 용존산소(Oxygen Demand)
13. HRT: 수리학적 체류시간(Hydraulic Retention Time)

# § 부 록

## 1. (주)종근당바이오 발효폐액 1차 공인시험성적서



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

### TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98 (중앙동)

TEL (02)2164-0011

FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-015941

접 수 일 자 : 2016년 06월 08일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 06월 22일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : J사 바이오 폐액

#### 시험 결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
CODcr	mg/L	-	86000	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	3590	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	545	수질오염공정시험기준 : 2016
TS	mg/L	-	41400	APHA Standard Methods : 2012
VS	mg/L	-	37500	APHA Standard Methods : 2012
C	%	-	52.3	원소분석기
H	%	-	7.8	원소분석기
N	%	-	6.7	원소분석기
O	%	-	25.9	원소분석기
S	%	-	0.41	원소분석기

\* C,H,N,O,S : Dry Basis(105°C)

\* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Jang Seonyung*

작성자 : 장선영  
E-mail: mitoj@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2016년 06월 22일

**KTR 한국화학융합시험연구원**



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

**KTR** KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)

§ 부

# 복

## 2. (주)종근당바이오 발효폐액 1차 공인시험성적서



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

### TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98 (중앙동)

TEL (02)2164-0011

FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-015941

접 수 일 자 : 2016년 06월 08일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 06월 22일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : J사 바이오 폐액

#### 시험 결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	86000	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	3590	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	545	수질오염공정시험기준 : 2016
TS	mg/L	-	41400	APHA Standard Methods : 2012
VS	mg/L	-	37500	APHA Standard Methods : 2012
C	%	-	52.3	원소분석기
H	%	-	7.8	원소분석기
N	%	-	6.7	원소분석기
O	%	-	25.9	원소분석기
S	%	-	0.41	원소분석기

\* C,H,N,O,S : Dry Basis(105℃)

\* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Jang Seonyung*

작성자 : 장선영  
E-mail: mito@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2016년 06월 22일

**KTR 한국화학융합시험연구원**



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

**KTR** KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-017618

접 수 일 자 : 2016년 07월 21일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 08월 04일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : J사 바이오 폐액-1차

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	39400	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Yoo Changwan*

작성자 : 유창완  
E-mail: yoochw2@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 08월 04일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)

## 2. (주)종근당바이오 발효폐액 2차 공인시험성적서



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-015417

접수 일자 : 2016년 06월 29일

대표자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 07월 13일

업체명 : (주)아쿠아테크

주소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시료명 : J사 바이오 폐액

### 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
COD□	mg/L	-	148000	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	2370	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	736	수질오염공정시험기준 : 2016
TS	mg/L	-	48200	APHA Standard Methods : 2012
VS	mg/L	-	45400	APHA Standard Methods : 2012
C	%	-	51.2	원소분석기
H	%	-	7.9	원소분석기
N	%	-	8.2	원소분석기
O	%	-	28.9	원소분석기
S	%	-	0.43	원소분석기

\* C,H,N,O,S : Dry Basis(105℃)

\* 용도 : 품질관리용

- 비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Yoo Changwan*

작성자 : 유창완  
E-mail: yoocw2@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 07월 13일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-017619

접 수 일 자 : 2016년 07월 21일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 08월 04일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : J사 바이오 폐액-2차

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	59800	수질오염공정시험기준 : 2016

★ 용 도 : 품질관리용

- 비 고 :
1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
  2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
  3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Yoo Changwan*

작성자 : 유창완  
E-mail: yoochw2@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2016년 08월 04일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

### 3. (주)종근당바이오 발효폐액 3차 공인시험성적서



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)      TEL (031)499-5390~1      FAX (031)499-6867  
 시화아파트형공장 관리동 119호

성적서번호 : TAA-020770      접수 일자 : 2016년 09월 02일  
 대표자 : 조종복      시험완료일자 : 2016년 09월 21일  
 업체명 : (주)아쿠아테크  
 주소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시료명 : J사 바이오 폐액

---

### 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	71000	수질오염공정시험기준 : 2016
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	161000	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	3440	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	812	수질오염공정시험기준 : 2016
TS	mg/L	-	82000	APHA Standard Methods : 2012
VS	mg/L	-	79500	APHA Standard Methods : 2012
C	%	-	50.8	원소분석기
H	%	-	7.6	원소분석기
N	%	-	4.5	원소분석기
O	%	-	32.6	원소분석기
S	%	-	0.26	원소분석기

\* C,H,N,O,S : Dry Basis(105℃)

★ 용도 : 품질관리용

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Yoo Changwan*

작성자 : 유창완  
E-mail: yoochw2@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 09월 21일



## 한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)



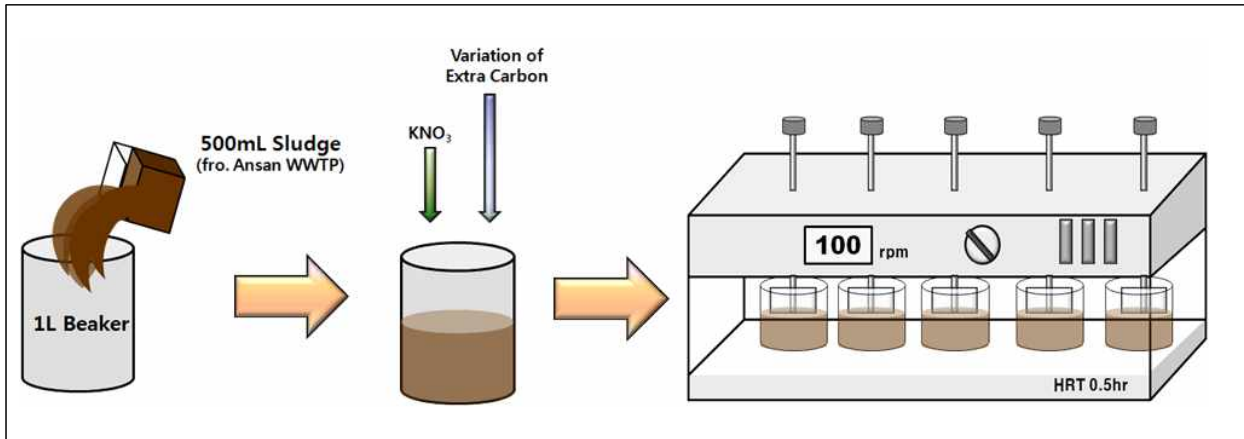
KTR-KP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)

### 3. 기초실험 DATA

#### 3.1 기초실험\_메탄올, 1차처리수, 안산음폐수, 화성음폐수, By-Product 탈질화 비교

##### ① 기초실험방법



1L의 비이커에 안산하수처리장의 공장폐수를 처리하고 있는 계열의 호기조 내의 슬러지를 바탕으로 실험을 진행하였으며, 이 때, 탈질화반응의 대상체가 되는 질산성질소의 오염원을 인위적으로 증가하기 위하여 KNO<sub>3</sub>를 0.7218g을 투입하여 JAR-TESTER를 이용하여 300 rpm으로 교반을 2시간정도 진행하여 용해를 진행 후 외부탄소원을 투입하여 100rpm으로 0.5 hr동안 탈질화반응을 관찰하였다.

##### ② 기초실험결과

- 반응전 (KNO<sub>3</sub> 및 외부탄소원 투입)

항 목	메탄올	1차처리수	안산음폐수	화성음폐수	By-Product
CODcr(mg/L)	43,500.0	120.0	79,000.0	80,500.0	2,200.0
CODMn(mg/L)	31,137.3	85.9	56,548.2	57,621.9	1,574.8
BOD(mg/L)	19,009.5	52.4	34,523.0	35,178.5	961.4
T-N(mg/L)	251.1	258.7	260.0	277.3	253.5
NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	14.0	11.0	11.0	11.0	9.0
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	220.0	191.0	211.0	191.0	227.0
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)	94.4	93.7	83.0	97.5	76.4
TS(mg/L)	4,640.0	6,600.0	7,200.0	4,600.0	5,800.0
VS(mg/L)	2,793.3	4,600.2	4,802.4	2,835.4	2,528.8
(%)	(60.2)	(69.7)	(66.7)	(61.6)	(43.6)

- 반응후 (KNO<sub>3</sub> 및 외부탄소원 투입)

항 목	메탄올	1차처리수	안산음폐수	화성음폐수	By-Product
CODcr(mg/L)	3,070.0	1,730.0	7,750.0	7,850.0	44,250.0
CODMn(mg/L)	2,197.5	1,238.3	5,547.5	5,619.0	31,853.1
BOD(mg/L)	1,341.6	756.0	3,430.5	3,430.5	19,446.5
T-N(mg/L)	212.0	256.2	278.6	285.6	233.5
NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	48.0	32.0	76.0	76.0	38.5
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	96.0	172.0	186.0	156.0	185.0
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)	109.8	121.2	198.4	198.4	111.5
TS(mg/L)	4,400.0	7,200.0	7,800.0	3,800.0	5,600.0
VS(mg/L)	2,587.2	4,006.8	5,249.4	1,835.4	2,038.4
(%)	(58.8)	(55.7)	(67.3)	(48.3)	(36.4)

#### 4. 안산시 공공하수처리시설\_공장계 단위공정별 수질 \_공인시험성적서



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

## TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)      TEL (031)499-5390~1      FAX (031)499-6867  
 시화아파트형공장 관리동 119호

성적서번호 : TAA-017620      접수 일자 : 2016년 07월 21일  
 대표자 : 조종복      시험완료일자 : 2016년 08월 04일  
 업체명 : (주)아쿠아테크  
 주소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시료명 : 안산시 STP(공장계\_유입수)

---

### 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	542	수질오염공정시험기준 : 2016
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	1820	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	35.7	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	5.96	수질오염공정시험기준 : 2016
부유물질	mg/L	-	280	수질오염공정시험기준 : 2016
암모니아성질소	mg/L	-	11.6	수질오염공정시험기준 : 2016
질산성질소	mg/L	-	0.8	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용도 : 품질관리용

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Jang Seonyung*

작성자 : 장선영  
E-mail : mito@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 08월 04일



**한국화학융합시험연구원장**



위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)



KTR-OP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-017621

접 수 일 자 : 2016년 07월 21일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 08월 04일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : 안산시 STP(공장계\_초침처리)

## 시험 결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	358	수질오염공정시험기준 : 2016
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	1100	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	37.5	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	4.20	수질오염공정시험기준 : 2016
부유물질	mg/L	-	103	수질오염공정시험기준 : 2016
암모니아성질소	mg/L	-	10.7	수질오염공정시험기준 : 2016
질산성질소	mg/L	-	불검출	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 :
1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
  2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
  3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Jang Seonyung*

작성자 : 장선영  
E-mail: mito@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2016년 08월 04일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-017622

접수 일자 : 2016년 07월 21일

대표자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 08월 04일

업체명 : (주)아쿠아테크

주소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시료명 : 안산시 STP(공장계\_포기조)

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	710	수질오염공정시험기준 : 2016
COD	mg/L	-	4040	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	65.6	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	21.1	수질오염공정시험기준 : 2016
부유물질	mg/L	-	2650	수질오염공정시험기준 : 2016
암모니아성질소	mg/L	-	10.0	수질오염공정시험기준 : 2016
질산성질소	mg/L	-	5.1	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용도 : 품질관리용

- 비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Jang Seonyung

작성자 : 장선영  
E-mail : mito@ktr.or.kr

Lee Junhee

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 08월 04일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)  
시화아파트형공장 관리동 119호

TEL (031)499-5390~1 FAX (031)499-6867

성적서번호 : TAA-017623

접 수 일 자 : 2016년 07월 21일

대 표 자 : 조종복

시험완료일자 : 2016년 08월 08일

업 체 명 : (주)아쿠아테크

주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : 안산시 STP(공장계\_처리수)

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	12.8	수질오염공정시험기준 : 2016
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	510	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	16.2	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	0.37	수질오염공정시험기준 : 2016
부유물질	mg/L	-	11.0	수질오염공정시험기준 : 2016
암모니아성질소	mg/L	-	10.0	수질오염공정시험기준 : 2016
질산성질소	mg/L	-	불검출	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Jang Seonyung*

작성자 : 장선영  
E-mail : mito@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2016년 08월 08일



한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

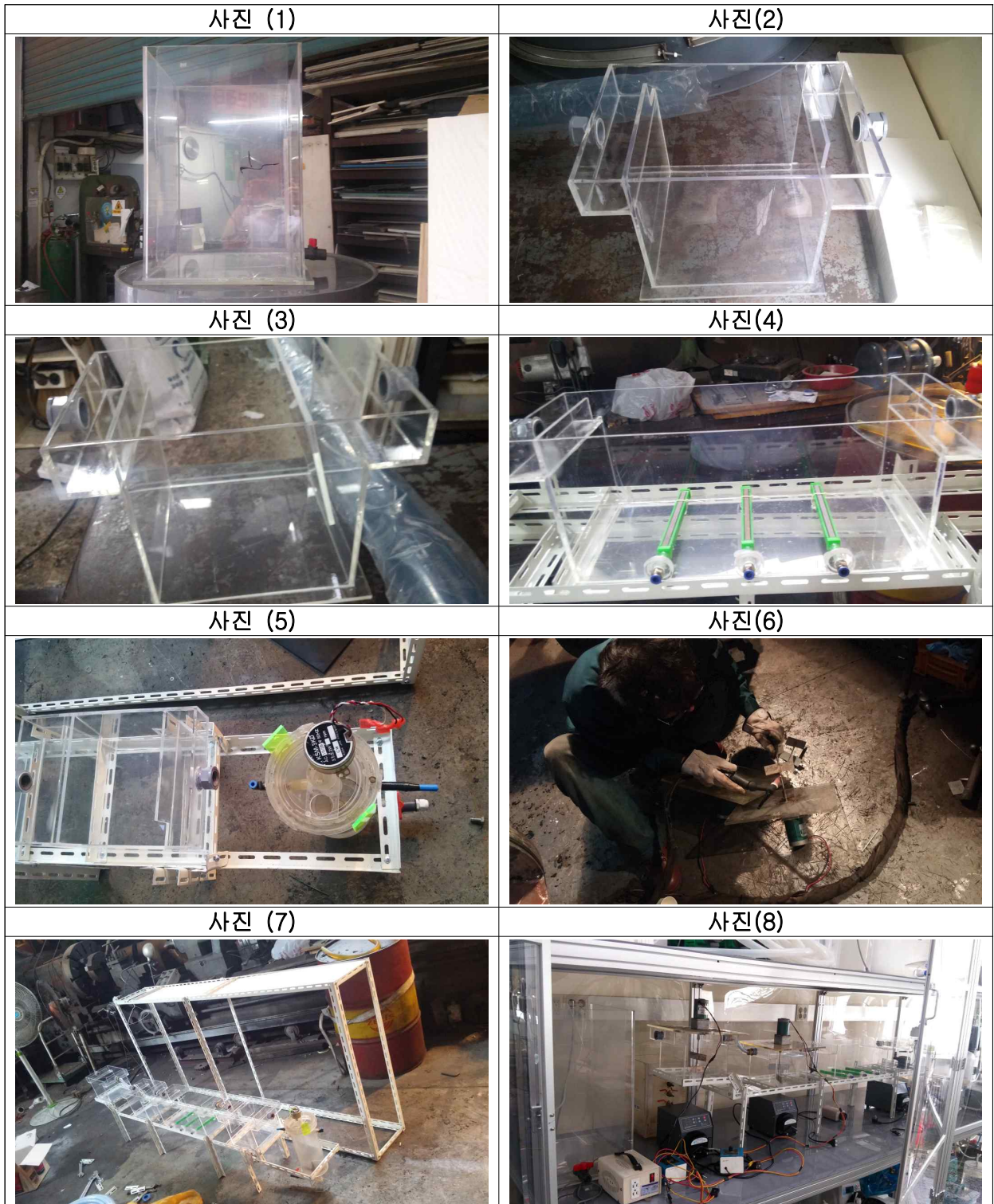
Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

## 5. LAB Plant 제작관련 및 실험

### 5.1 LAB Scale 장치 제작관련



## 5.2 LAB Scale 실험

사진 (1)



사진(2)

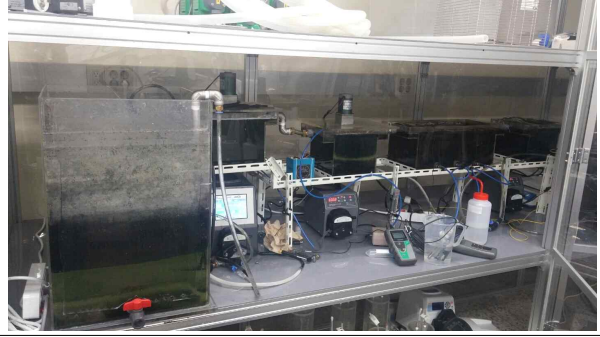
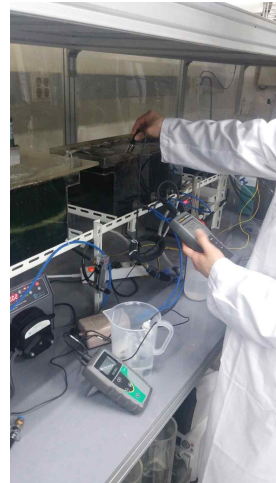


사진 (3)



사진(4)



## 5.3 LAB Scale 실험 운영 DATA

### 5.3.1 유입수 측정 DATA

날짜	pH	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)	C/N비
2016.10.18	7.2	116.1	234.0	219.0	25.3	23.4	6.2	0.53
2016.10.20	7.7	98.2	198.0	188.0	17.8	20.6	5.2	0.52
2016.10.23	7.4	71.4	144.0	206.0	14.9	23.1	4.2	0.35
2016.10.26	7.4	65.5	132.0	202.0	18.4	22.2	3.9	0.32
2016.10.27	7.6	119.0	240.0	204.0	22.6	21.9	3.8	0.58
2016.10.28	7.5	90.2	181.8	214.0	21.9	23.2	3.6	0.42
2016.10.29	7.5	96.7	195.0	198.0	24.5	21.0	3.8	0.49
2016.10.30	7.6	92.3	186.0	202.0	26.8	21.2	3.4	0.46
2016.10.31	7.6	102.7	207.0	180.0	33.6	17.7	3.8	0.57
2016.11.01	7.6	92.3	186.0	182.0	22.1	19.3	3.6	0.51
2016.11.02	7.5	86.3	174.0	181.0	22.9	19.1	3.7	0.48
2016.11.03	7.4	98.2	198.0	166.0	26.0	16.9	3.8	0.59
2016.11.04	7.6	95.2	192.0	143.0	29.3	13.8	4.0	0.67
2016.11.05	7.6	101.2	204.0	144.0	28.6	14.0	3.7	0.70
2016.11.06	7.7	104.2	210.0	166.0	25.4	17.0	3.6	0.63
2016.11.07	7.7	92.3	186.0	168.0	25.0	17.3	3.4	0.55
2016.11.08	7.4	99.7	201.0	160.0	26.5	16.2	3.7	0.62
2016.11.10	7.6	104.2	210.0	154.0	28.2	15.2	3.6	0.68
평균	7.5	95.9	193.3	182.1	24.4	19.1	3.9	0.54
최대	7.7	119.1	240.0	219.0	33.6	23.4	6.2	0.70
최소	7.2	65.5	132.0	143.0	14.9	13.8	3.4	0.32

### 5.3.2 무산소조의 운영 DATA

날짜	pH	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)
2016.10.18	7.1	9.7	20.2	38.2	7.1	16.1
2016.10.20	7.5	62.5	130.2	33.6	9.4	6.4
2016.10.23	7.7	65.5	136.4	36.8	3.5	4.0
2016.10.26	7.7	71.4	148.8	34.6	18.2	4.2
2016.10.27	7.7	65.5	136.4	35.1	17.6	3.7
2016.10.28	7.7	97.0	202.1	35.0	21.2	3.8
2016.10.29	7.7	58.9	122.8	34.2	19.8	3.6
2016.10.30	7.8	78.6	163.7	36.0	23.3	3.4
2016.10.31	7.8	68.5	142.6	36.4	27.0	3.8
2016.11.01	7.8	95.2	198.4	33.2	22.6	4
2016.11.02	7.9	71.4	148.8	34.5	23.3	4.3
2016.11.03	7.8	89.3	186.0	32.5	24.5	4.2
2016.11.04	7.9	84.5	176.1	119.6	37.2	5
2016.11.05	7.8	86.3	179.8	80.2	30.6	4.2
2016.11.06	7.9	77.4	161.2	84	31.9	3.6
2016.11.07	7.8	83.9	174.8	48.4	29.4	4
2016.11.08	7.8	79.2	164.9	46	30.6	3.8
2016.11.10	7.8	83.3	173.6	44	31.5	4.0
평균	7.7	73.8	153.7	46.8	22.7	7.
최대	7.9	97.0	202.1	119.6	37.2	16.1
최소	7.1	9.7	20.2	32.5	3.5	3.4

### 5.3.3 호기조 운영 측정 DATA

날짜	pH	Temp. (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)
2016.10.18	8.0	21.6	4.6	49.1	103.9	38.4	3.1	12.1
2016.10.20	7.8	22.0	4.8	79.8	168.8	40.2	8.4	6.6
2016.10.23	8.0	21.0	4.4	35.7	75.6	42.5	10.6	4.2
2016.10.26	7.5	20.6	5.1	58.3	123.5	42.0	16.4	4.4
2016.10.27	8.1	20.3	5.6	78.6	166.3	43.2	14.1	4.4
2016.10.28	7.6	20.5	5.0	50.0	105.8	44.6	15.4	4.0
2016.10.29	7.6	21.8	5.1	41.1	86.9	34.0	16.4	4.2
2016.10.30	7.7	20.4	4.4	43.5	92.0	36.0	16.9	3.9
2016.10.31	7.7	20.3	4.5	43.5	92.0	34.2	17.8	3.8
2016.11.01	7.8	18.6	3.8	41.7	88.2	38.4	19.4	3.6
2016.11.02	7.7	19.3	3.8	48.8	103.3	34.5	21.9	3.4
2016.11.03	7.7	18.3	4.4	49.4	104.6	44.6	21.5	3.2
2016.11.04	7.5	19.9	4.6	47.6	100.8	90.5	23.7	5.0
2016.11.05	7.2	19.8	4.2	46.4	98.3	44.6	22.9	4.8
2016.11.06	8.1	20.6	2.3	48.2	102.1	46.4	22.6	4.6
2016.11.07	8.0	20.0	3.4	47.6	100.8	36.2	24.2	4.0
2016.11.08	8.1	20.5	3.7	55.4	117.2	34.5	25.6	4.2
2016.11.10	7.6	20.0	3.1	50.6	107.1	36.4	27.2	4.0
평균	7.8	20.3	4.3	50.8	107.6	42.3	18.2	4.7
최대	8.1	22.0	5.6	79.8	168.6	90.5	27.2	12.1
최소	7.2	18.3	2.3	35.7	75.6	34.0	3.1	3.2

### 5.3.4 처리수의 운영 측정 DATA

날짜	pH	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)
2016.10.18	7.7	7.8	17.9	4.1	1.9	2.0	1.4
2016.10.20	7.9	9.5	17.3	3.8	1.5	2.1	2.6
2016.10.23	7.8	9.1	16.7	3.4	1.2	2.1	3.0
2016.10.26	7.9	9.7	17.2	3.6	1.4	2.0	3.1
2016.10.27	7.9	9.2	16.3	3.6	1.8	1.6	3.2
2016.10.28	7.9	7.6	19.6	3.6	2.0	1.5	3.0
2016.10.29	7.9	7.7	13.7	3.4	1.8	1.4	2.9
2016.10.30	7.9	8.6	15.3	3.5	2.0	1.4	3.1
2016.10.31	7.9	8.1	14.4	3.4	2.0	1.3	3.0
2016.11.01	7.9	9.2	17.9	3.6	1.9	1.6	2.9
2016.11.02	8.0	9.6	17.0	3.7	2.1	1.4	3.0
2016.11.03	8.0	9.9	19.0	3.9	2.3	1.5	2.9
2016.11.04	7.9	9.8	19.5	9.8	7.4	2.2	3.1
2016.11.05	7.8	9.1	17.4	6.9	5.2	1.6	2.9
2016.11.06	7.9	7.8	15.1	5.6	3.0	2.4	3.1
2016.11.07	8.0	9.3	19.5	5.6	2.7	2.6	2.9
2016.11.08	8.1	9.9	17.6	5.4	2.7	2.5	3.1
2016.11.10	8.0	7.7	13.8	4.2	2.4	1.6	3.0
평균	7.9	8.9	16.9	4.5	2.5	1.8	2.9
최대	8.1	9.9	19.6	9.8	7.4	2.6	.2
최소	7.7	7.6	13.7	3.4	1.2	1.3	1.4

#### 5.4 LAB Scale By-Product 외부탄소원 주입 후 유입수 DATA

날짜	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	C/N비
2016.10.18	22.4	12.9	1.74
2016.10.20	93.2	24.6	3.79
2016.10.23	97.5	20.2	4.82
2016.10.26	93.2	37.6	2.48
2016.10.27	91.5	36.6	2.50
2016.10.28	117.8	30.6	3.85
2016.10.29	104.2	28.4	3.67
2016.10.30	125.4	32.6	3.85
2016.10.31	163.1	35.8	4.56
2016.11.01	175.8	30.2	5.82
2016.11.02	108.5	28.8	3.77
2016.11.03	126.3	38.8	3.25
2016.11.04	110.2	70.2	1.57
2016.11.05	93.2	60.4	1.54
2016.11.06	103.4	40.6	2.55
2016.11.07	101.7	36.5	2.79
2016.11.08	113.6	38.0	2.99
2016.11.10	91.5	40.2	2.28
평균	107.4	38.7	3.21
최대	175.8	70.2	5.82
최소	22.4	12.9	1.54

## 6. Pilot Plant 제작관련 및 실험

### 6.1 Pilot Plant 제작관련









<p>사진 (1)</p> 	<p>사진(2)</p> 
<p>사진 (3)</p> 	<p>사진(4)</p> 
<p>사진 (5)</p> 	<p>사진(6)</p> 
<p>사진 (7)</p> 	<p>사진(8)</p> 

사진 (9)



사진(10)



사진 (11)



사진(12)



사진 (13)



사진(14)



사진 (15)



사진(16)



사진 (17)



사진(18)



사진 (19)



사진(20)



사진 (21)



사진(22)



사진 (23)



사진(24)



사진 (25)



사진(26)



사진 (27)



사진(28)



사진 (29)



사진(30)



사진 (31)



사진(32)



## 6.2 Pilot Plant 운영 DATA

### 6.2.1 Pilot Plant 운영 DATA

- Pilot Plant 유입수의 pH 및 반응조 내 온도 변화

날 짜	pH	반응조 온도(°C)
2016. 10. 29	6.65	21.7
2016. 10. 30	6.86	16.9
2016. 10. 31	6.95	14.3
2016. 11. 01	6.87	11.2
2016. 11. 02	6.57	17.2
2016. 11. 03	6.77	20.9
2016. 11. 04	6.99	22.4
2016. 11. 05	6.94	21.4
2016. 11. 06	7.01	22.8
2016. 11. 07	7.21	19.8
2016. 11. 08	7.27	19.5
2016. 11. 09	7.47	20.7
2016. 11. 10	7.37	20.1
2016. 11. 11	7.54	21.3
2016. 11. 12	7.50	22.7
2016. 11. 13	7.60	22.9
2016. 11. 14	7.76	21.0
2016. 11. 15	7.45	19.6
2016. 11. 16	7.65	19.3
2016. 11. 17	7.81	22.7
2016. 11. 18	7.81	23.4
2016. 11. 19	7.70	19.1
2016. 11. 20	7.33	17.8
2016. 11. 21	7.21	16.2
2016. 11. 22	7.09	15.8
2016. 11. 23	7.12	15.1
2016. 11. 24	7.35	17.1
2016. 11. 25	7.36	18.2
2016. 11. 26	7.35	17.8
2016. 11. 27	7.62	16.2
2016. 11. 28	7.50	18.1
2016. 11. 29	7.47	19.8
2016. 11. 30	7.68	19.6
2016. 12. 01	7.70	18.2
2016. 12. 02	7.62	17.9
2016. 12. 03	7.78	20.8
2016. 12. 04	7.55	20.2
2016. 12. 05	7.72	19.4
2016. 12. 06	7.77	17.5
2016. 12. 07	7.77	16.4
2016. 12. 08	7.71	18.4
2016. 12. 09	7.68	18.3
2016. 12. 10	7.72	17.7
2016. 12. 11	7.70	17.9
2016. 12. 12	7.68	16.8
2016. 12. 13	7.55	16.4
평균	7.41	18.9
최대	7.81	23.4
최소	6.57	11.2

- Pilot Plant 유입수의 유량 변화

날 짜	유입수 유량(m <sup>3</sup> /day)			비 고
	일반공장계 폐수	염색폐수	총 합	
2016. 10. 29	5.0	5.0	10.0	
2016. 10. 30	0.0	0.0	0.0	반응조 안정화
2016. 10. 31	0.0	0.0	0.0	반응조 안정화
2016. 11. 01	0.0	0.0	0.0	반응조 안정화
2016. 11. 02	62.0	62.0	124.0	
2016. 11. 03	69.0	69.0	138.0	
2016. 11. 04	34.0	34.0	68.0	
2016. 11. 05	5.0	5.0	10.0	배관 유지관리 등
2016. 11. 06	65.0	65.0	130.0	
2016. 11. 07	14.0	14.0	28.0	배관 유지관리 등
2016. 11. 08	50.5	50.5	101.0	
2016. 11. 09	68.0	68.0	136.0	
2016. 11. 10	125.0	125.0	250.0	
2016. 11. 11	58.5	58.5	117.0	
2016. 11. 12	68.0	68.0	136.0	
2016. 11. 13	67.0	67.0	134.0	
2016. 11. 14	68.0	68.0	136.0	
2016. 11. 15	55.0	55.0	110.0	
2016. 11. 16	47.5	47.5	95.0	
2016. 11. 17	104.0	104.0	208.0	
2016. 11. 18	50.5	50.5	101.0	
2016. 11. 19	51.0	51.0	102.0	
2016. 11. 20	49.0	49.0	98.0	
2016. 11. 21	50.5	50.5	101.0	
2016. 11. 22	30.0	30.0	60.0	
2016. 11. 23	44.5	44.5	89.0	
2016. 11. 24	81.0	81.0	162.0	
2016. 11. 25	45.0	45.0	90.0	
2016. 11. 26	51.0	51.0	102.0	
2016. 11. 27	47.5	47.5	95.0	
2016. 11. 28	48.0	48.0	96.0	
2016. 11. 29	43.5	43.5	87.0	
2016. 11. 30	38.0	38.0	76.0	
2016. 12. 01	30.0	30.0	60.0	
2016. 12. 02	34.0	34.0	68.0	
2016. 12. 03	34.0	34.0	68.0	
2016. 12. 04	47.5	47.5	95.0	
2016. 12. 05	35.5	35.5	71.0	
2016. 12. 06	25.0	25.0	50.0	배관 유지관리 등
2016. 12. 07	28.5	28.5	57.0	배관 유지관리 등
2016. 12. 08	28.5	28.5	57.0	
2016. 12. 09	39.0	39.0	78.0	
2016. 12. 10	39.5	39.5	79.0	
2016. 12. 11	39.5	39.5	79.0	
2016. 12. 12	79.5	79.5	159.0	
2016. 12. 13	39.5	39.5	79.0	
2016. 12. 13	75.5	75.5	151.0	
평균	46.7	46.7	93.4	
최대	125.0	125.0	250.0	
최소	0.0	0.0	0.0	

- Pilot Plant의 호기조의 운전조건

날 짜	송풍유량 (Nm <sup>3</sup> /hr)	MLSS (mg/L)	DO		
			DO_A (mg/L)	DO_B (mg/L)	DO_C (mg/L)
2016. 10. 29	1.4	2,409.5	2.1	0.0	0.1
2016. 10. 30	1.2	1,981.0	1.6	0.0	0.3
2016. 10. 31	1.1	2,766.0	1.4	0.0	0.3
2016. 11. 01	1.5	3,959.6	1.1	0.0	0.5
2016. 11. 02	1.2	3,412.4	1.7	0.0	0.1
2016. 11. 03	1.0	4,697.0	2.0	1.2	0.1
2016. 11. 04	1.3	4,697.0	2.2	1.5	0.1
2016. 11. 05	2.5	4,442.5	2.1	1.1	0.3
2016. 11. 06	1.4	4,697.0	2.1	1.5	0.2
2016. 11. 07	1.3	3,972.8	2.2	1.0	0.1
2016. 11. 08	1.0	3,832.0	1.9	1.0	0.4
2016. 11. 09	0.4	4,697.0	1.9	1.0	0.2
2016. 11. 10	1.0	4,687.0	2.0	1.2	0.0
2016. 11. 11	0.6	4,497.0	2.0	1.8	0.1
2016. 11. 12	0.8	4,592.0	2.1	1.5	0.1
2016. 11. 13	0.4	4,390.0	2.2	0.9	0.1
2016. 11. 14	1.0	4,297.0	2.3	1.2	0.1
2016. 11. 15	0.6	4,666.4	1.9	1.0	0.1
2016. 11. 16	0.8	4,712.5	1.9	0.9	0.1
2016. 11. 17	1.1	4,717.0	2.2	0.6	0.1
2016. 11. 18	1.0	4,803.1	2.3	0.7	0.0
2016. 11. 19	1.0	4,737.1	1.9	1.1	0.1
2016. 11. 20	1.4	4,709.9	1.7	1.1	0.1
2016. 11. 21	1.2	4,344.0	1.6	1.3	0.7
2016. 11. 22	3.9	4,321.3	1.5	1.9	0.1
2016. 11. 23	0.7	3,916.4	1.7	1.5	0.2
2016. 11. 24	4.0	4,493.2	1.8	1.4	0.1
2016. 11. 25	1.9	4,761.9	1.7	1.5	0.4
2016. 11. 26	2.0	4,692.6	1.6	1.4	0.0
2016. 11. 27	2.0	4,712.5	1.8	0.7	0.1
2016. 11. 28	2.0	4,761.9	1.9	0.9	0.1
2016. 11. 29	2.1	4,329.0	1.9	1.0	0.1
2016. 11. 30	2.1	4,291.8	1.7	0.9	0.1
2016. 12. 01	2.1	4,502.5	2.0	1.4	0.1
2016. 12. 02	2.0	4,921.3	2.0	1.5	0.0
2016. 12. 03	2.0	4,787.0	1.9	1.4	0.1
2016. 12. 04	2.0	4,711.8	1.7	0.7	0.0
2016. 12. 05	2.0	4,972.1	1.6	1.8	0.2
2016. 12. 06	2.1	3,343.8	1.8	1.8	0.2
2016. 12. 07	2.1	4,697.0	1.9	1.4	0.1
2016. 12. 08	2.1	4,761.7	1.7	1.3	0.2
2016. 12. 09	2.1	4,798.1	1.6	1.3	0.1
2016. 12. 10	2.0	4,898.0	1.8	1.3	0.1
2016. 12. 11	2.0	4,523.0	1.8	1.2	0.0
2016. 12. 12	2.1	4,382.0	1.7	1.3	0.1
2016. 12. 13	2.0	4,454.0	1.5	1.9	0.0
평균	1.6	4,290.0	1.8	1.1	0.1
최대	4.0	4,972.1	2.3	1.9	0.7
최소	0.4	1,981.0	1.1	0.0	0.0

- Pilot Plant의 반송슬러지 및 잉여슬러지 유량변화

날 짜	반송슬러지 (m <sup>3</sup> /day)	잉여슬러지 (m <sup>3</sup> /day)
2016. 10. 29	0.0	0.0
2016. 10. 30	0.0	0.0
2016. 10. 31	16.0	0.0
2016. 11. 01	92.0	0.0
2016. 11. 02	58.0	2.2
2016. 11. 03	50.0	2.5
2016. 11. 04	67.0	3.1
2016. 11. 05	34.0	7.5
2016. 11. 06	64.0	14.0
2016. 11. 07	35.0	10.0
2016. 11. 08	15.0	2.0
2016. 11. 09	71.0	3.2
2016. 11. 10	68.0	2.8
2016. 11. 11	51.0	2.5
2016. 11. 12	46.0	4.9
2016. 11. 13	88.0	2.2
2016. 11. 14	33.0	2.0
2016. 11. 15	33.0	1.9
2016. 11. 16	27.0	1.6
2016. 11. 17	27.0	1.7
2016. 11. 18	40.0	2.1
2016. 11. 19	40.0	0.1
2016. 11. 20	60.0	15.3
2016. 11. 21	59.0	15.9
2016. 11. 22	55.0	8.2
2016. 11. 23	52.0	7.5
2016. 11. 24	11.0	8.4
2016. 11. 25	98.0	12.5
2016. 11. 26	41.0	2.4
2016. 11. 27	20.0	1.7
2016. 11. 28	47.0	1.9
2016. 11. 29	48.0	2.0
2016. 11. 30	43.0	1.9
2016. 12. 01	36.0	2.0
2016. 12. 02	38.0	2.4
2016. 12. 03	30.0	2.5
2016. 12. 04	34.0	2.4
2016. 12. 05	47.0	2.2
2016. 12. 06	13.0	0.7
2016. 12. 07	25.0	1.8
2016. 12. 08	28.0	1.8
2016. 12. 09	28.0	1.8
2016. 12. 10	29.0	1.8
2016. 12. 11	31.0	1.8
2016. 12. 12	31.0	2.2
2016. 12. 13	30.0	2.0
평균	40.2	3.6
최대	98.0	15.9
최소	0.0	0.0

- Pilot Plant의 호기조내 SVI 및 반송슬러지 농도변화

날 짜	SV30 (mL/L)	SVI	반송슬러지 (mg/L)
2016. 10. 29	360.0	144.9	3,602.6
2016. 10. 30	370.0	153.6	3,493.7
2016. 10. 31	280.0	141.3	2,872.4
2016. 11. 01	380.0	137.4	4,010.7
2016. 11. 02	550.0	138.9	7,364.9
2016. 11. 03	540.0	158.2	6,347.1
2016. 11. 04	620.0	132.0	8,736.5
2016. 11. 05	630.0	134.1	8,736.5
2016. 11. 06	610.0	137.3	8,263.0
2016. 11. 07	610.0	129.9	8,736.5
2016. 11. 08	580.0	146.0	7,389.3
2016. 11. 09	580.0	151.4	7,127.5
2016. 11. 10	640.0	136.3	7,797.1
2016. 11. 11	640.0	136.5	7,780.4
2016. 11. 12	650.0	144.5	7,465.0
2016. 11. 13	660.0	143.7	7,622.7
2016. 11. 14	670.0	152.6	7,287.4
2016. 11. 15	680.0	158.2	7,133.0
2016. 11. 16	690.0	147.9	7,746.2
2016. 11. 17	720.0	152.8	7,822.8
2016. 11. 18	730.0	154.8	7,830.2
2016. 11. 19	720.0	149.9	7,973.1
2016. 11. 20	750.0	158.3	7,863.6
2016. 11. 21	740.0	157.1	7,818.4
2016. 11. 22	730.0	168.0	7,211.1
2016. 11. 23	730.0	168.9	7,173.3
2016. 11. 24	690.0	176.2	6,501.2
2016. 11. 25	720.0	160.2	7,458.7
2016. 11. 26	740.0	155.4	7,904.8
2016. 11. 27	750.0	159.8	7,789.8
2016. 11. 28	750.0	159.2	7,822.8
2016. 11. 29	770.0	161.7	7,904.8
2016. 11. 30	710.0	164.0	7,186.1
2016. 12. 01	700.0	163.1	7,124.5
2016. 12. 02	740.0	164.4	7,474.1
2016. 12. 03	770.0	156.5	8,169.3
2016. 12. 04	770.0	160.9	7,946.4
2016. 12. 05	780.0	165.5	7,821.6
2016. 12. 06	790.0	158.9	8,253.7
2016. 12. 07	640.0	191.4	5,550.7
2016. 12. 08	660.0	140.5	7,797.1
2016. 12. 09	670.0	140.7	7,904.4
2016. 12. 10	680.0	141.7	7,964.8
2016. 12. 11	640.0	130.7	8,130.7
2016. 12. 12	640.0	141.5	7,508.2
2016. 12. 13	660.0	150.6	7,274.1
평균	660.0	148.2	7,393.6
최대	655.0	152.7	233.1
최소	790.0	158.9	201.1

## 6.2.2 Pilot Plant 유입수 측정 DATA

날짜	pH	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	C/N비
2016. 11. 02	7.5	48.8	80.2	38.1	22.2	11.5	3.7	270.0	1.3
2016. 11. 03	7.4	48.4	79.5	37.1	24.0	9.5	3.8	270.0	1.3
2016. 11. 04	7.6	57.4	94.4	44.3	28.3	11.5	4.0	350.0	1.3
2016. 11. 05	7.6	48.8	80.2	34.0	24.6	6.8	3.7	350.0	1.4
2016. 11. 06	7.7	48.4	79.5	42.7	35.4	5.3	3.6	350.0	1.1
2016. 11. 07	7.7	52.1	85.6	37.0	19.1	12.9	3.4	366.0	1.4
2016. 11. 08	7.4	45.1	74.1	36.0	20.3	11.3	3.7	370.0	1.3
2016. 11. 09	7.6	47.6	78.2	35.4	20.1	11.0	3.6	380.0	1.3
2016. 11. 10	6.8	102.5	168.5	34.4	18.2	11.7	4.0	344.0	3.0
2016. 11. 11	7.1	73.8	121.3	36.2	22.0	10.2	3.6	360.0	2.0
2016. 11. 12	7.0	48.8	80.2	34.0	23.0	7.9	3.3	325.0	1.4
2016. 11. 13	7.1	84.1	138.2	33.4	22.0	8.2	3.4	320.0	2.5
2016. 11. 14	7.1	90.2	148.3	33.6	19.8	10.0	3.2	244.0	2.7
2016. 11. 15	7.1	98.4	161.8	32.8	20.0	9.2	3.0	246.0	3.0
2016. 11. 16	7.2	100.0	164.5	33.0	22.2	7.8	2.8	354.0	3.0
2016. 11. 17	7.3	90.2	148.3	32.5	24.4	5.8	3.0	350.0	2.8
2016. 11. 18	7.0	86.1	141.5	32.2	22.6	6.9	3.2	352.0	2.7
2016. 11. 19	6.9	74.6	122.7	32.4	20.5	8.6	3.3	344.0	2.3
2016. 11. 20	7.4	68.9	113.2	34.6	26.2	6.1	3.8	360.0	2.0
2016. 11. 21	7.3	75.4	124.0	34.2	20.1	5.9	3.6	350.0	2.2
2016. 11. 22	7.1	78.7	129.4	42.1	24.2	7.6	3.8	462.0	1.9
2016. 11. 23	7.1	76.3	125.4	41.6	26.3	6.5	3.8	444.0	1.8
2016. 11. 24	7.1	74.6	107.8	33.4	21.3	5.1	3.6	460.0	2.2
2016. 11. 25	7.1	78.1	107.8	35.9	19.8	6.8	3.6	450.0	2.2
2016. 11. 26	7.1	77.5	112.6	38.8	17.3	9.1	4.2	348.0	2.0
2016. 11. 27	7.0	88.7	98.2	40.0	18.6	9.0	3.8	342.0	2.2
2016. 11. 28	7.0	88.4	79.6	36.6	18.8	7.5	4.0	462.0	2.4
2016. 11. 29	7.0	81.9	101.8	35.8	22.0	5.8	4.4	438.0	2.3
2016. 11. 30	7.0	131.2	215.7	36.0	22.5	5.7	2.8	328.0	3.6
2016. 12. 01	7.1	84.5	138.8	35.2	19.6	6.6	3.8	467.0	2.4
2016. 12. 02	7.1	86.1	141.5	35.4	21.8	5.7	3.0	433.0	2.4
2016. 12. 03	6.8	82.8	136.1	35.4	17.5	7.6	3.4	317.0	2.3
2016. 12. 04	6.9	118.9	195.5	21.9	10.9	4.6	3.2	200.0	5.4
2016. 12. 05	6.9	135.3	222.4	28.8	13.1	6.6	4.2	327.0	4.7
2016. 12. 06	7.0	98.4	161.8	20.6	15.1	2.3	4.2	345.0	4.8
2016. 12. 07	7.1	90.2	148.3	20.2	17.0	1.3	3.9	300.0	4.5
2016. 12. 08	7.1	164.0	269.6	20.4	15.7	2.0	3.8	420.0	8.0
2016. 12. 09	7.0	124.2	204.2	21.4	19.7	0.7	3.6	220.0	5.8
2016. 12. 10	6.9	133.3	219.1	29.8	19.7	4.3	3.8	333.0	4.5
2016. 12. 11	6.8	127.1	208.9	24.5	18.5	2.5	3.4	300.0	5.2
2016. 12. 12	7.1	139.4	229.2	26.8	18.0	3.7	3.8	366.0	5.2
2016. 12. 13	7.0	127.1	208.9	33.6	18.6	6.3	3.6	306.0	3.8
평균	7.0	86.6	137.7	33.4	20.7	7.0	3.6	350.5	2.8
최대	7.7	164.0	269.6	44.3	35.4	12.9	4.4	467.0	8.0
최소	6.7	45.1	74.1	20.2	10.9	0.7	2.8	200.0	1.1

### 6.2.3 Pilot Plant 처리수의 운영 측정 DATA

날짜	pH	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)
2016. 11. 02	7.9	8.2	26.9	24.1	8.3	14.1	1.4	10.0
2016. 11. 03	7.9	7.6	25.0	20.8	5.6	13.8	1.6	6.0
2016. 11. 04	7.9	7.5	24.8	18.4	4.6	12.6	1.0	12.0
2016. 11. 05	7.8	7.5	24.5	15.6	1.3	10.6	0.3	2.0
2016. 11. 06	7.9	8.2	26.9	14.5	1.6	12.4	0.3	3.4
2016. 11. 07	7.6	8.2	27.0	13.4	1.7	10.0	0.3	3.0
2016. 11. 08	7.2	7.6	25.1	13.4	1.8	11.4	0.3	3.4
2016. 11. 09	7.4	7.9	26.0	13.5	1.9	12.8	0.3	3.6
2016. 11. 10	7.0	8.1	26.5	13.4	1.4	11.4	0.3	4.0
2016. 11. 11	7.8	7.7	25.2	13.6	1.5	11.6	0.3	4.8
2016. 11. 12	7.6	7.2	23.6	13.7	1.2	11.4	0.3	5.2
2016. 11. 13	7.6	7.6	25.0	13.9	1.5	11.7	0.3	5.4
2016. 11. 14	7.5	8.2	27.0	18.9	1.2	13.4	0.3	5.6
2016. 11. 15	7.7	8.1	26.7	16.9	1.2	15.0	0.3	5.6
2016. 11. 16	7.6	8.1	26.5	15.6	1.8	13.8	0.3	3.2
2016. 11. 17	7.7	8.0	26.3	15.6	1.6	13.6	0.3	3.5
2016. 11. 18	7.6	8.1	26.5	15.4	1.7	13.0	0.3	3.5
2016. 11. 19	7.1	7.6	25.0	14.2	1.8	12.3	0.3	2.5
2016. 11. 20	7.5	8.0	26.3	13.8	1.7	10.8	0.3	4.0
2016. 11. 21	7.4	7.4	24.3	15.3	2.2	6.6	0.4	1.0
2016. 11. 22	7.3	8.1	26.7	10.9	1.1	6.8	0.3	1.0
2016. 11. 23	7.6	7.5	24.8	18.8	1.3	5.8	0.4	4.8
2016. 11. 24	7.2	8.3	27.3	16.2	1.6	1.9	0.4	5.2
2016. 11. 25	7.4	8.3	27.2	12.7	1.2	5.4	0.5	5.6
2016. 11. 26	7.0	7.7	25.4	12.1	2.9	2.9	0.4	5.8
2016. 11. 27	7.8	7.1	23.4	16.9	4.5	2.8	0.4	4.4
2016. 11. 28	7.6	7.6	24.9	16.8	2.4	3.2	0.4	4.8
2016. 11. 29	7.6	7.7	25.3	13.6	4.8	5.3	0.4	5.3
2016. 11. 30	7.6	7.8	25.7	13.4	4.5	5.9	0.4	5.9
2016. 12. 01	7.5	8.0	26.3	13.2	3.7	6.3	0.4	3.7
2016. 12. 02	7.7	8.0	26.3	13.4	1.5	6.4	0.5	4.7
2016. 12. 03	7.6	7.7	25.4	13.0	1.4	3.8	0.4	2.3
2016. 12. 04	7.7	7.8	25.6	14.0	2.6	4.1	0.4	1.7
2016. 12. 05	7.6	7.8	25.7	13.8	6.7	1.4	0.4	1.8
2016. 12. 06	7.1	7.9	26.0	14.1	5.9	2.3	0.4	2.5
2016. 12. 07	7.2	7.4	24.3	13.7	3.4	3.0	0.3	5.3
2016. 12. 08	7.4	6.5	21.4	13.6	2.6	2.8	0.4	4.3
2016. 12. 09	7.0	6.8	22.4	13.7	1.7	4.1	0.4	5.5
2016. 12. 10	7.8	7.1	23.2	13.8	1.0	3.1	0.4	4.3
2016. 12. 11	7.6	6.6	21.6	13.5	1.1	3.2	0.4	6.0
2016. 12. 12	7.6	6.5	21.3	14.1	1.2	3.6	0.6	3.0
2016. 12. 13	7.6	7.0	23.1	14.3	1.8	3.0	0.6	4.7
평균	7.5	7.7	25.2	14.8	2.5	7.8	0.4	4.4
최대	7.9	8.3	27.3	24.1	8.3	15.0	1.6	12.0
최소	7.0	6.5	21.3	10.9	1.0	1.4	0.3	1.0

#### 6.2.4 Pilot Plant By-Product 외부탄소원 주입시 농도

날짜	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	C/N비
2016.11.01	59,527.0	3,370.0	17.7
2016.11.08	55,960.2	3,300.0	17.0
2016.11.15	56,972.4	3,280.0	17.4
2016.11.21	53,116.4	3,200.0	16.6
2016.11.29	53,502.0	3,100.0	17.3
2016.12.06	51,284.8	3,050.0	16.8
2016.12.13	50,224.4	3,102.0	16.2
평균	54,369.6	3,200.3	17.0
최대	59,527.0	3,370.0	17.7
최소	50,224.4	3,050.0	16.5

※ 외부탄소원의 측정은 조내에 충전시에만 측정

### 6.3 Pilot Plant 처리수의 공인시험기관 의뢰결과(공인시험성적서)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD



# TEST REPORT

우 15418 경기도 안산시 단원구 지원로 107 (성곡동)      TEL (031)499-5390~1      FAX (031)499-6867  
 시화아파트형공장 관리동 119호

성적서번호 : TAA-026966      접수 일자 : 2016년 11월 30일  
 대 표 자 : 조종복      시험원료일자 : 2016년 12월 08일  
 업 체 명 : (주)아쿠아테크  
 주 소 : 경기도 수원시 영통구 영통로525번길 13 (영통동)

시 료 명 : Pilot Plant 처리수(외부탄소원 투입)

---

## 시험 결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
BOD	mg/L	-	6.4	수질오염공정시험기준 : 2016
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	-	23.9	수질오염공정시험기준 : 2016
총질소	mg/L	-	12.1	수질오염공정시험기준 : 2016
총인	mg/L	-	0.437	수질오염공정시험기준 : 2016
부유물질	mg/L	-	6.0	수질오염공정시험기준 : 2016

\* 용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Yoo Changwan*

작성자 : 유창완  
E-mail: yoocw2@ktr.or.kr

*Lee Junhee*

기술책임자 : 이준희  
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2016년 12월 08일



## 한국화학융합시험연구원장



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

# 주 의 문

최종연구보고서 (16-09-04-02-06)

안산시 하수처리장 운영비용 절감을 위한 By-Product 활용방안

---

발행인 : 센터장 김문일

발행일 : 2016년 12월 0일

발행처 : 안산녹색환경지원센터

주 소 : 경기 안산시 상록구 한양대로 55 한양대학교 내

전 화 : 031-400-4236, 436-8141~5

팩 스 : 031-400-4237

e-mail : agec@agec.or.kr

---

## ※ 주 의

1. 이 보고서는 안산녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 안산녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.