

주 제 발 표

혐기성소화조 공법과 성능 검증방법

ANNABINI

정 성 민



# ANNABINI TEZ 사업소개서



[www.abtez.com](http://www.abtez.com)



## 목 차

- I      ANS Process의 배경 및 목표
- II     ANS Process의 중요성
- III    ANS Process의 기본 개념
- IV    ANS Process의 세부 사항
- V     경 제 성
- VI    등 록 사 항
- VII   참 고 사 항

# ANS Process의 배경 및 목표

## 광의의 배경 (국제사회적 측면)

- 런던 협약에 따른 해양배출 금지  
→ 음폐수의 육상처리 전환체계 구축 시급  
→ 폐기물 감량화
- 화석연료의 대체 → 유기성폐기물의 바이오가스화 (신·재생에너지 생산)
- 환경문제를 해결하는 동시에 국내 온실가스 감축에 기여
- CDM사업에 기여

## 협의의 배경 (환경기술적 측면)

- 최근 혐기성 소화 공법에 의한 에너지화 시설의 증가  
→ 소화효율 저조  
→ 소화조내 유기물 및 질소( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )의 축적  
→ 바이오가스 생산 저 효율  
→ 후처리 공정의 처리비용 증대
- 고농도 상징수 배출로 혐기성 소화 공정은 물론 후처리 공정의 불안정성 증대

국내외적 Needs

혐기성 소화의 신뢰도 저하

**목표** : 폐자원의 생물학적 에너지화 시설로, 미생물의 활성도(알칼리도)를 극대화시킴으로써 실증플랜트를 통해 질소안정화를 구현하여 고성능 최적의 혐기성 소화 시스템을 구축하고자 함

www.abtez.com

3

# ANS Process의 중요성 - 생물학적 측면의 질소 안정화

## 기존 혐기성 소화 방법

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소화조 설계 측면                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물학적 논리 &lt; 외형적 설계</li> <li>- 건식, 단상/이상 등</li> <li>- 고농도 상징수 배출(<math>\text{NH}_4^+\text{-N}</math>, COD)</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연계처리시설/운영비 측면                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\text{NH}_3</math> Stripping 시설 등</li> <li>- 연계처리시설 비용 증가</li> <li>- 바이오가스 생산량 감소</li> </ul> </li> </ul> |
|---|--|

생물학적 측면에서의 신개념 공법

미생물 활성도  
극대화

유기성 폐기물의 질소 안정화

적정 질소부하율  
최적의 알칼리도  
저농도 상징수

COD 농도 : 150~1500mg/L  
 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  농도: 약 400mg/L 정도  
→ 음폐수

www.abtez.com

운영비 절감  
시설비 절감

기존 후처리비용의 1/5~1/10로 절감

바이오가스  
최적의 혐기성소화

0.92  $\text{Nm}^3/\text{kg VS}_{\text{destroyed}}$   
(기존 0.50~0.75  $\text{Nm}^3/\text{kg VS}_{\text{destroyed}}$ )

4

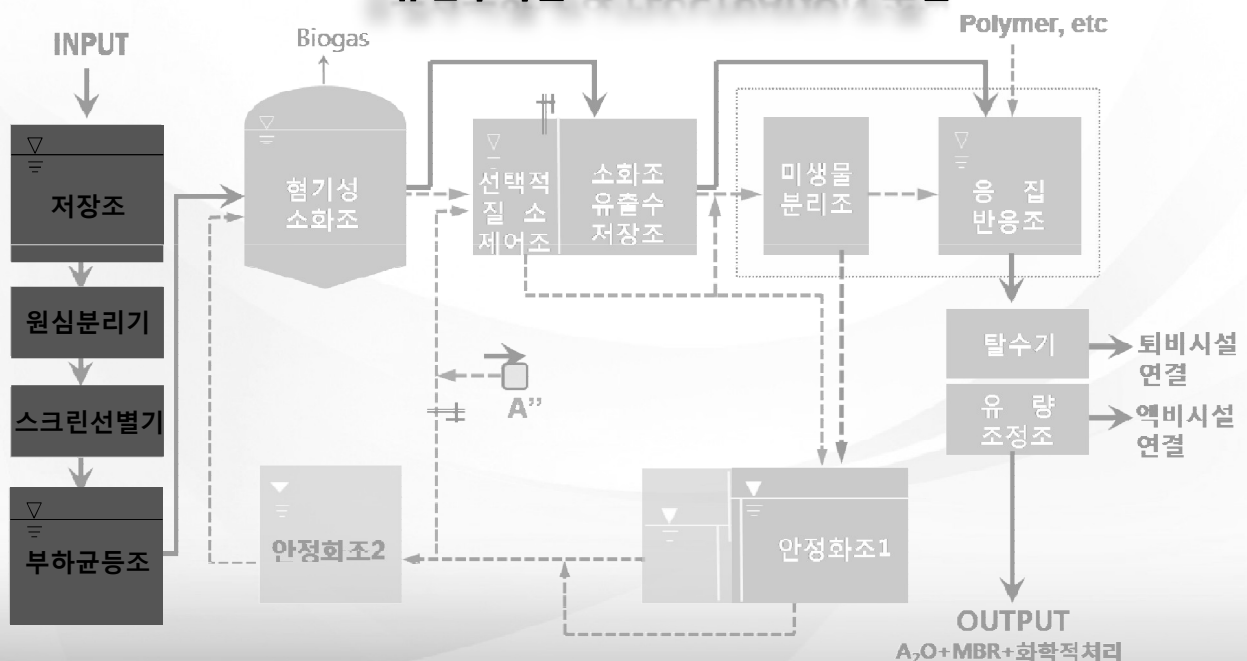
# ANS process의 기본 개념

- 전처리
- SEEDING
- 연속운전

## ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

### 전 처리

#### 유입부하율 & FLUCTUATION 조절



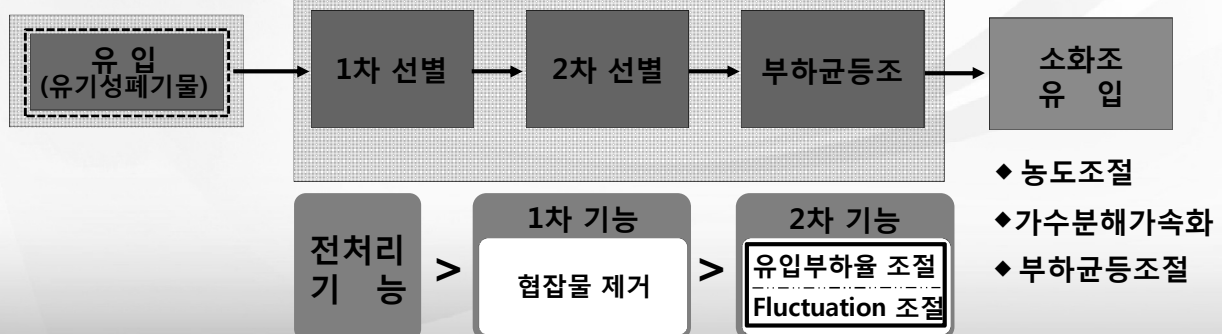
# I. 전처리 : 유입부하율 & Fluctuation 조절

최적 미생물 활성화도 1단계

## 기존 공법



## ANS 공법



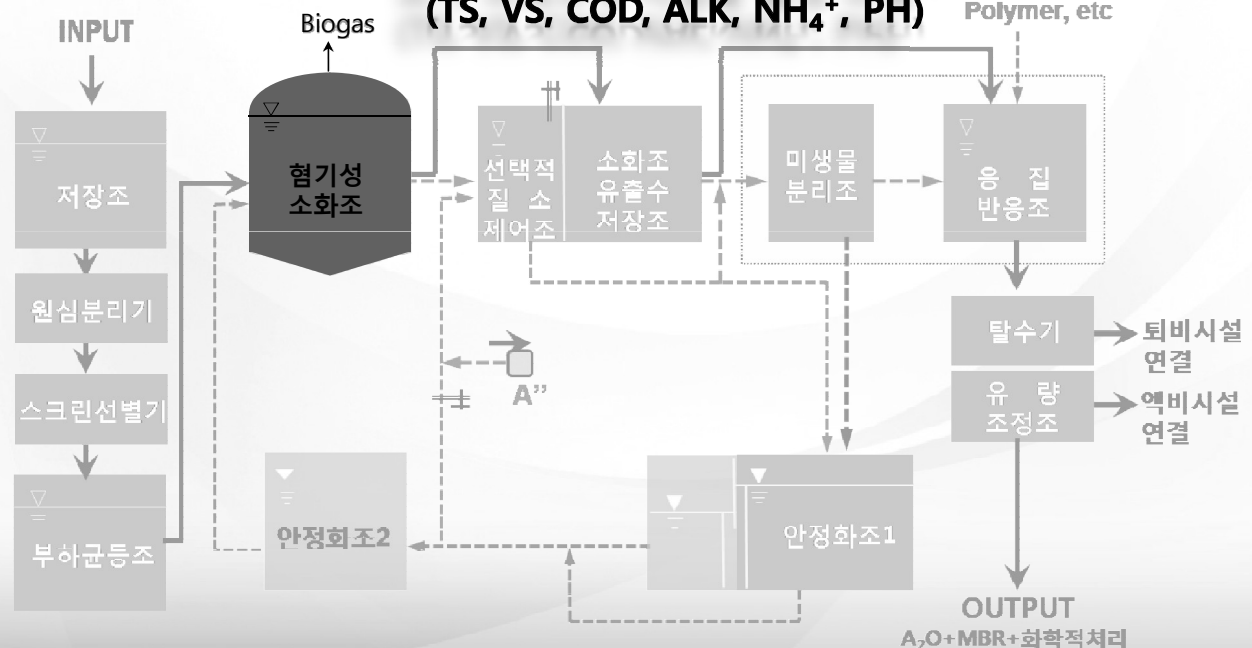
www.abtez.com

7

# ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

## SEEDING

초기 소화조내 미생물 활성화 조절  
(TS, VS, COD, ALK,  $\text{NH}_4^+$ , PH)



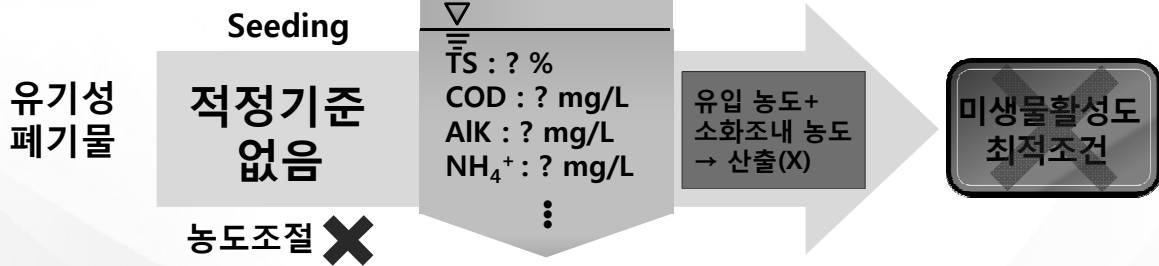
www.abtez.com

8

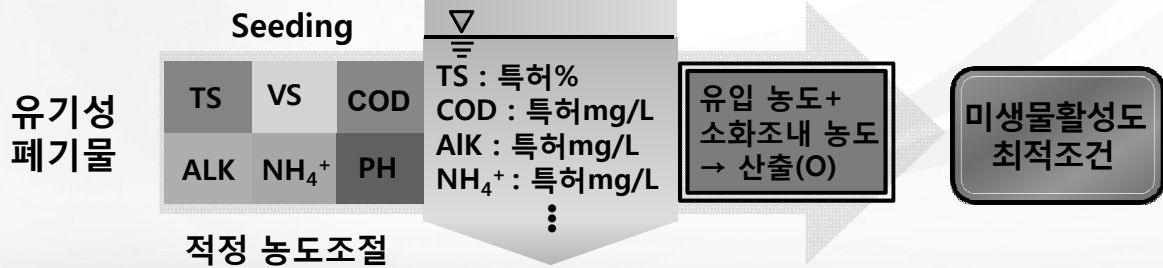
## II-1. Seeding : 초기 소화조내 미생물 활성 조건 조절

최적 미생물 활성화도 2단계

### 기존 공법



### ANS 공법



#### 관련 특허

- 혐기성 소화장치

- 혐기성 소화조

(특허등록 : 제 10-0994192호) (특허등록 : 제 10-0988587호)

www.abtez.com

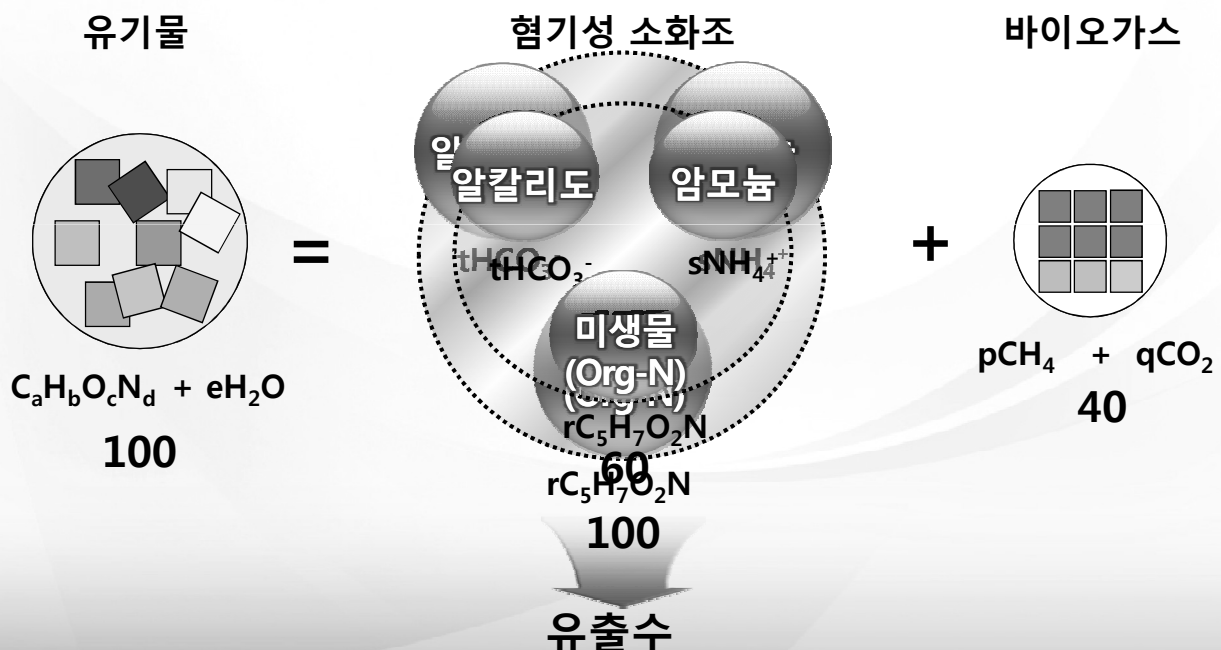
9

## II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 질량보존/소화효율

최적 미생물 활성화도 2단계

### 소화효율 40%

유기물 100 = 소화조내 60 + 바이오가스 40 → 유출수 60



www.abtez.com

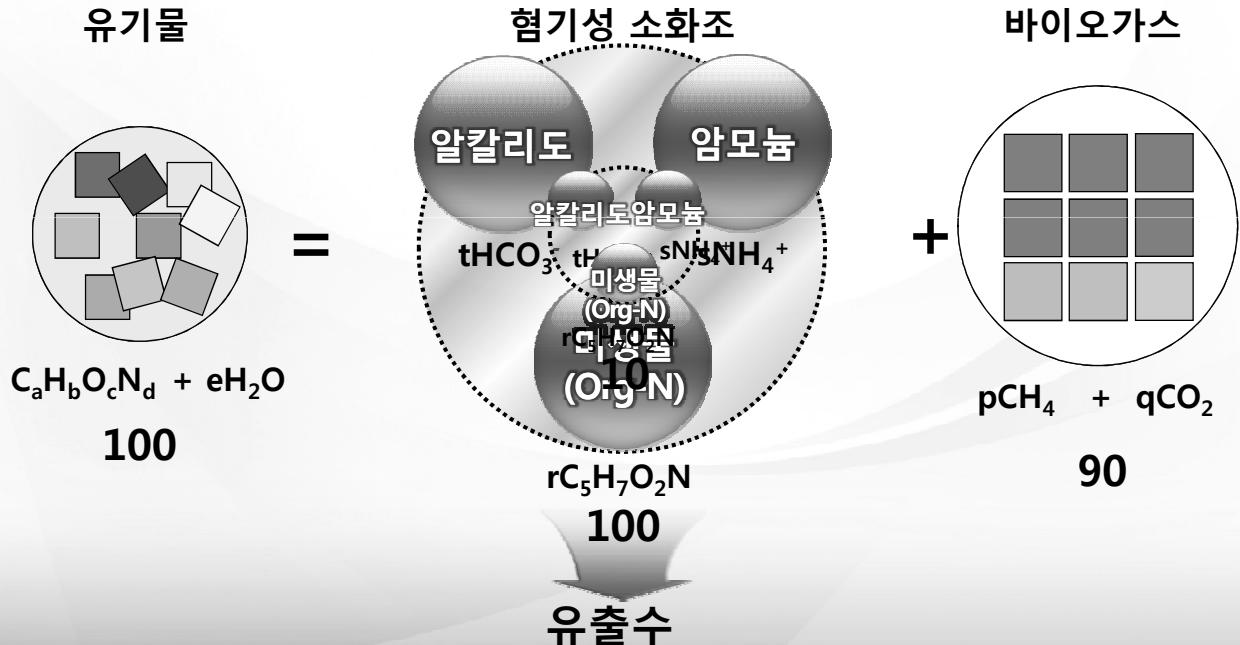
10

## II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 질량보존/소화효율

최적 미생물 활성화도 2단계

**소화효율 90%**

유기물 100 = 소화조내 10 + 바이오가스 90 → 유출수 10



www.abtez.com

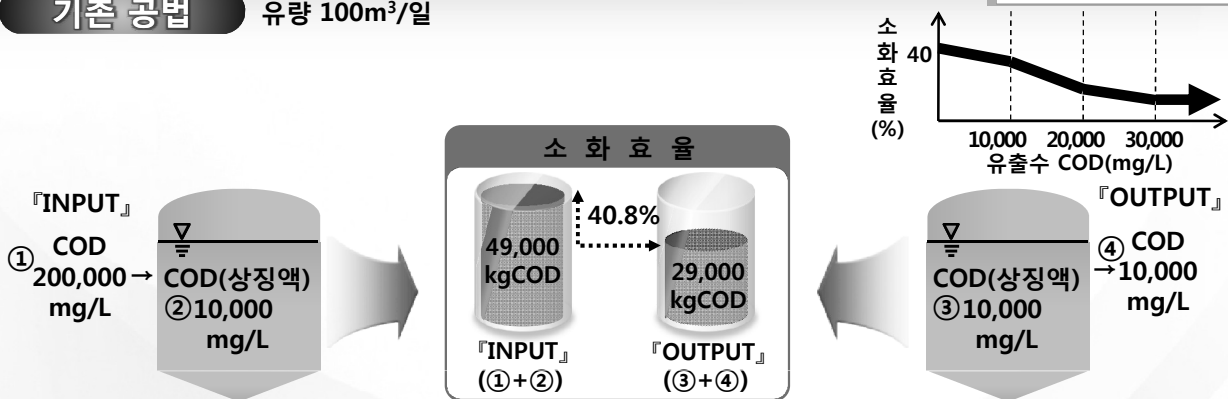
11

## II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 소화효율 계산 모식도

최적 미생물 활성화도 2단계

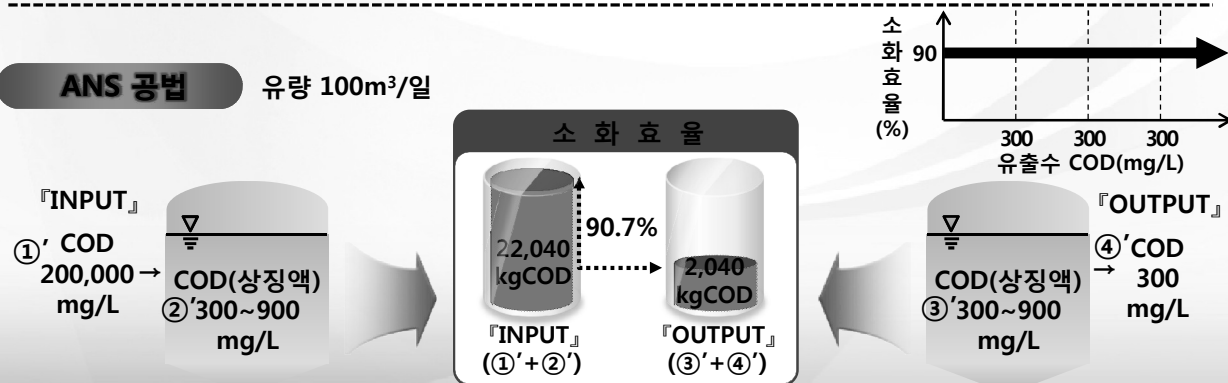
**기존 공법**

유량 100m<sup>3</sup>/일



**ANS 공법**

유량 100m<sup>3</sup>/일



www.abtez.com

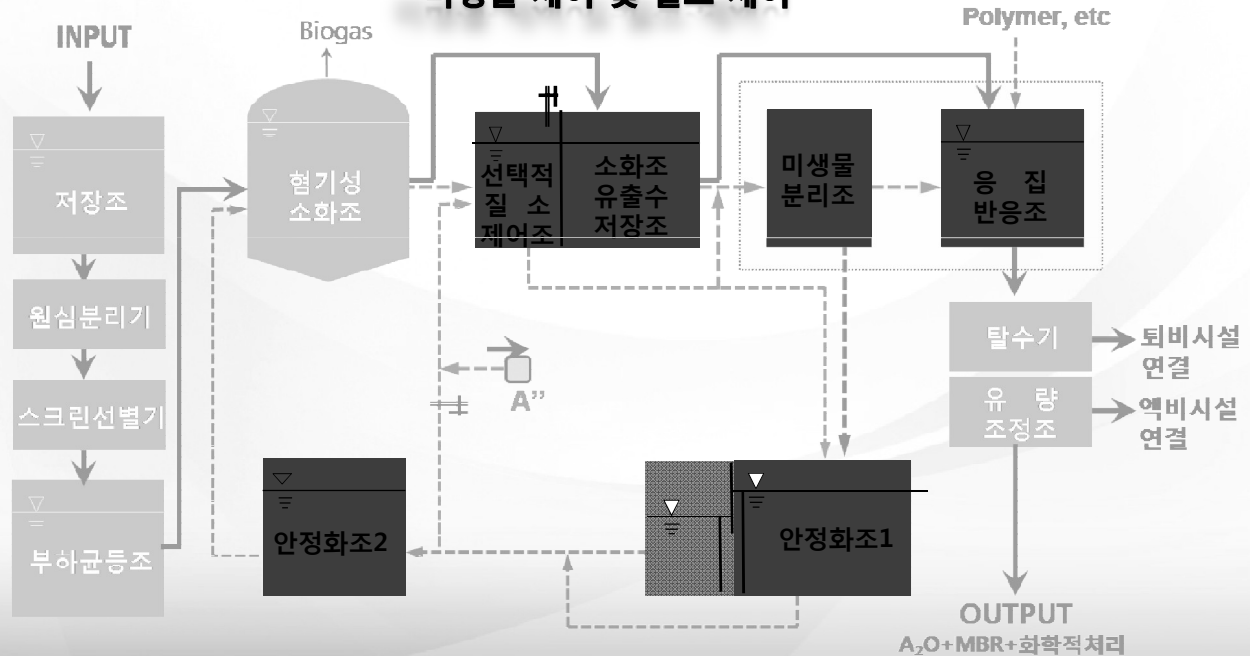
12



# ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

## 연속운전

### 미생물 제어 및 질소 제어



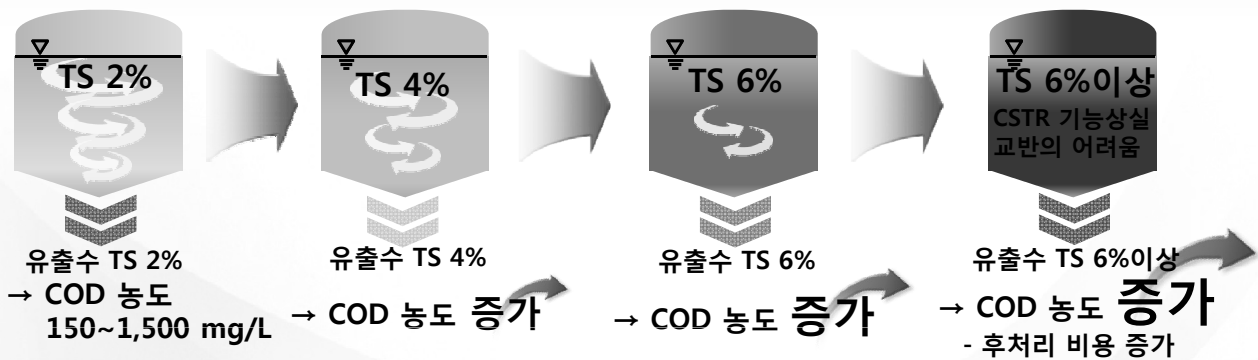
www.abtez.com

13

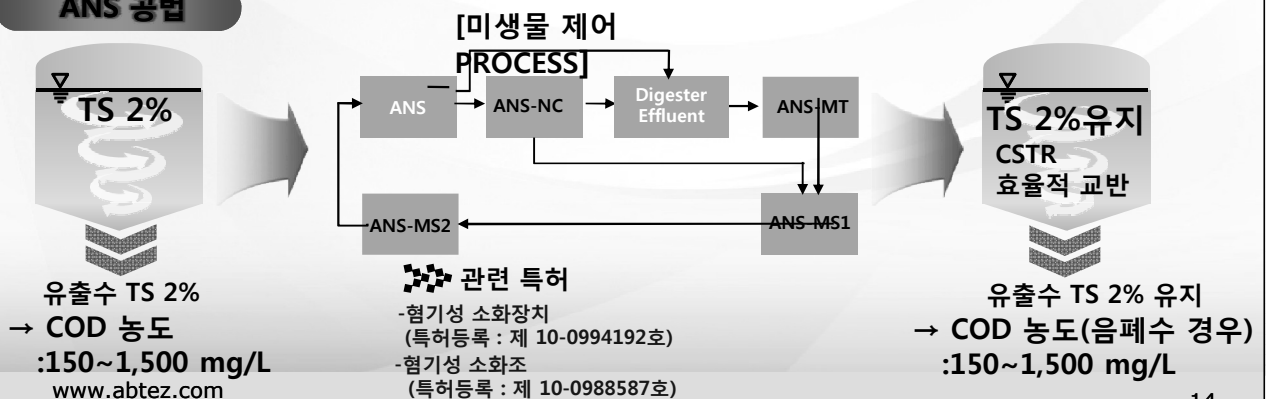
## III-1. 미생물 제어 : TS 2 %

### 기존 공법

최적 미생물 활성화도 3단계



### ANS 공법



#### 관련 특허

- 혐기성 소화장치 (특허등록 : 제 10-0994192호)
- 혐기성 소화조 (특허등록 : 제 10-0988587호)

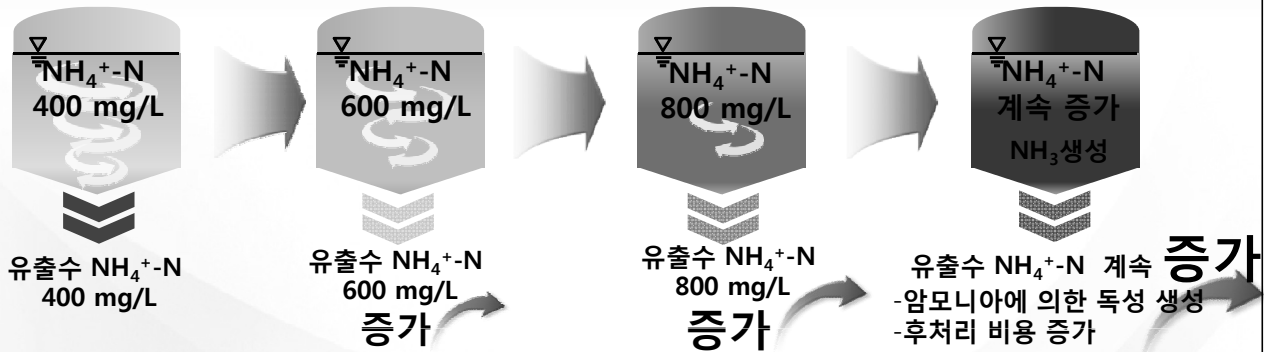
www.abtez.com

14

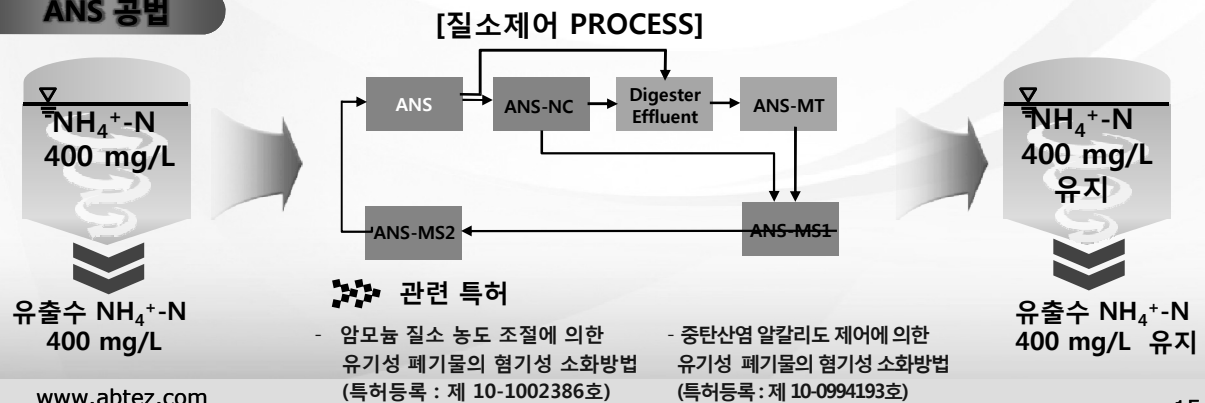
## Ⅲ-2. 질소 제어 : $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 400mg/L 유지

최적 미생물 활성도 3단계

### 기존 공법



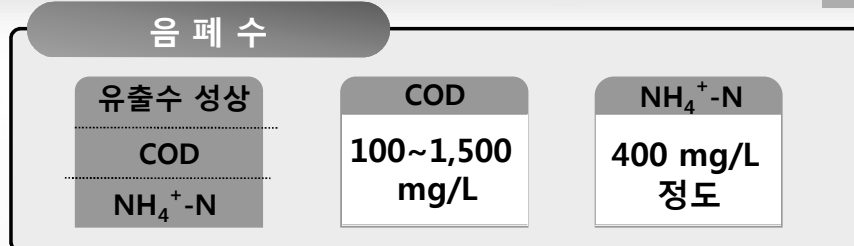
### ANS 공법



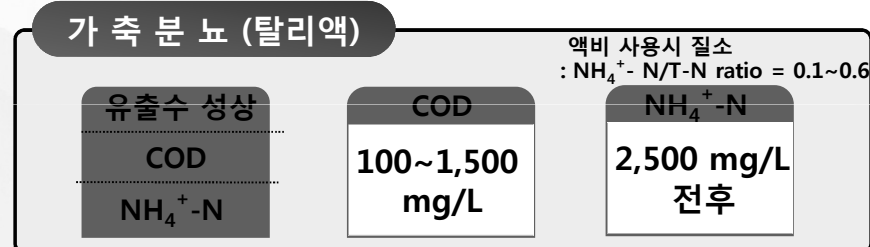
15

## Ⅲ-3. 유출수 성상 : 하수슬러지/음폐수/가축분뇨

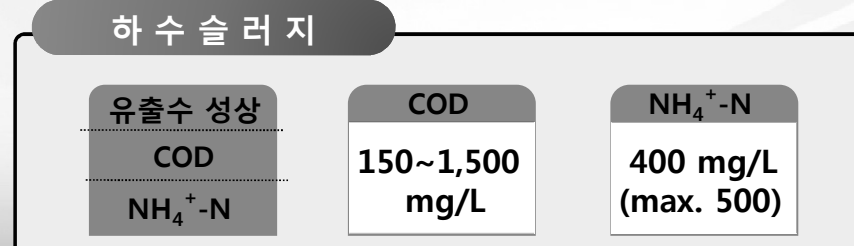
### 음 폐 수



### 가 축 분 뇨 (탈리액)



### 하 수 슬 러 지



www.abtez.com

16

# ANS process의 세부사항

- 주요기능
- 공정도
- 특허 및 실적

## ANS Process의 주요기능 - Software/Hardware

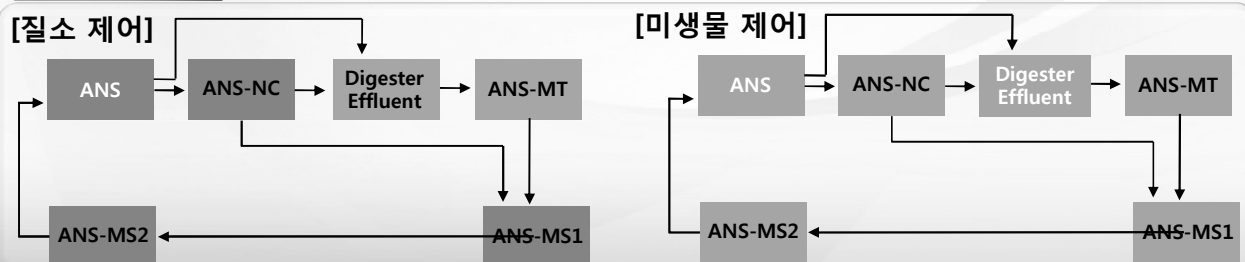
### ANS 개요

질소안정화 (ANS, Ammonium Nitrogen Stabilization) Process :  
미생물의 활성도를 극대화 시킴으로써 가수분해 단계에서 생성된  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  을 유기물 안정화와 함께 미생물의 형태인  $\text{Org-N}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N})$ 으로 증식시켜 고효율의 바이오가스 생산 및 저농도 유출수 상징액이 배출되는 고율 혐기성 소화 공법

### Software

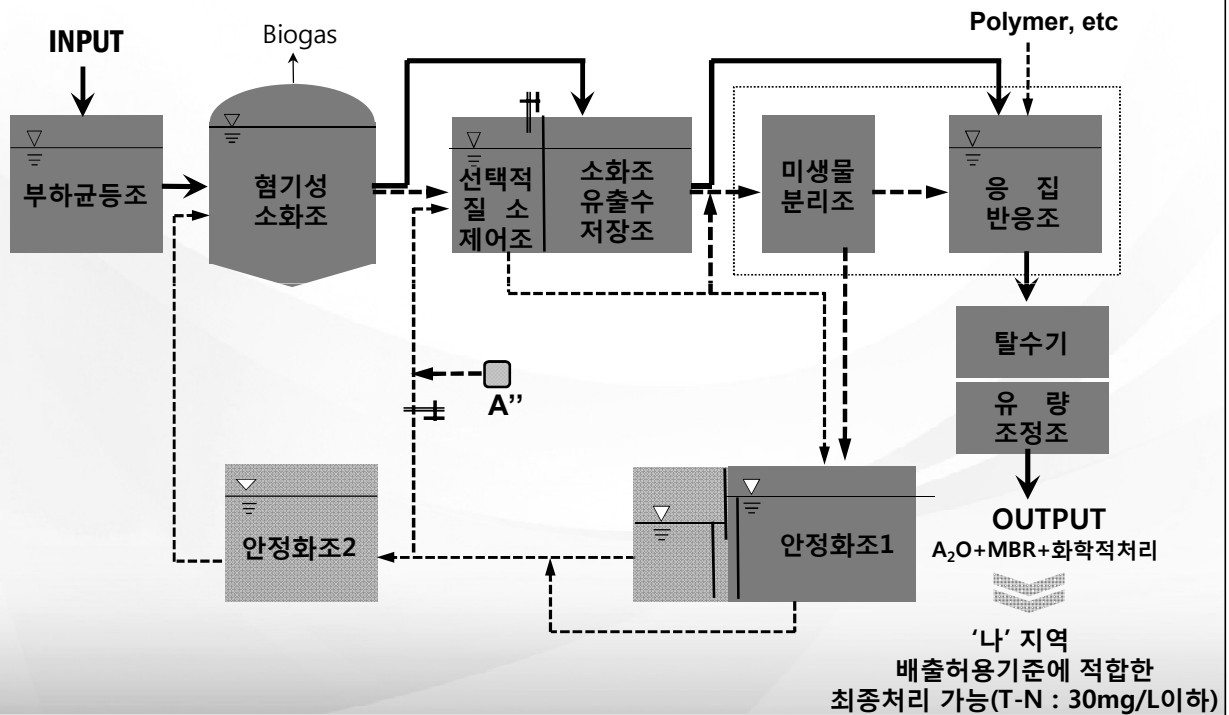
- 소화조 내에서 질소( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )농도가 기준이상으로 증가되는 경우
  - 암모늄 질소 농도 조절에 의한 혐기성 소화 방법
- 소화조 내에서 미생물 농도가 TS기준으로 적정치 이상으로 증가되는 경우
  - 중탄산염 알칼리도 제어에 의한 혐기성 소화 방법

### Hardware



# ANS Process 공정도 - 질소안정화

## ◆ AMMONIUM NITROGEN STABILIZATION PROCESS

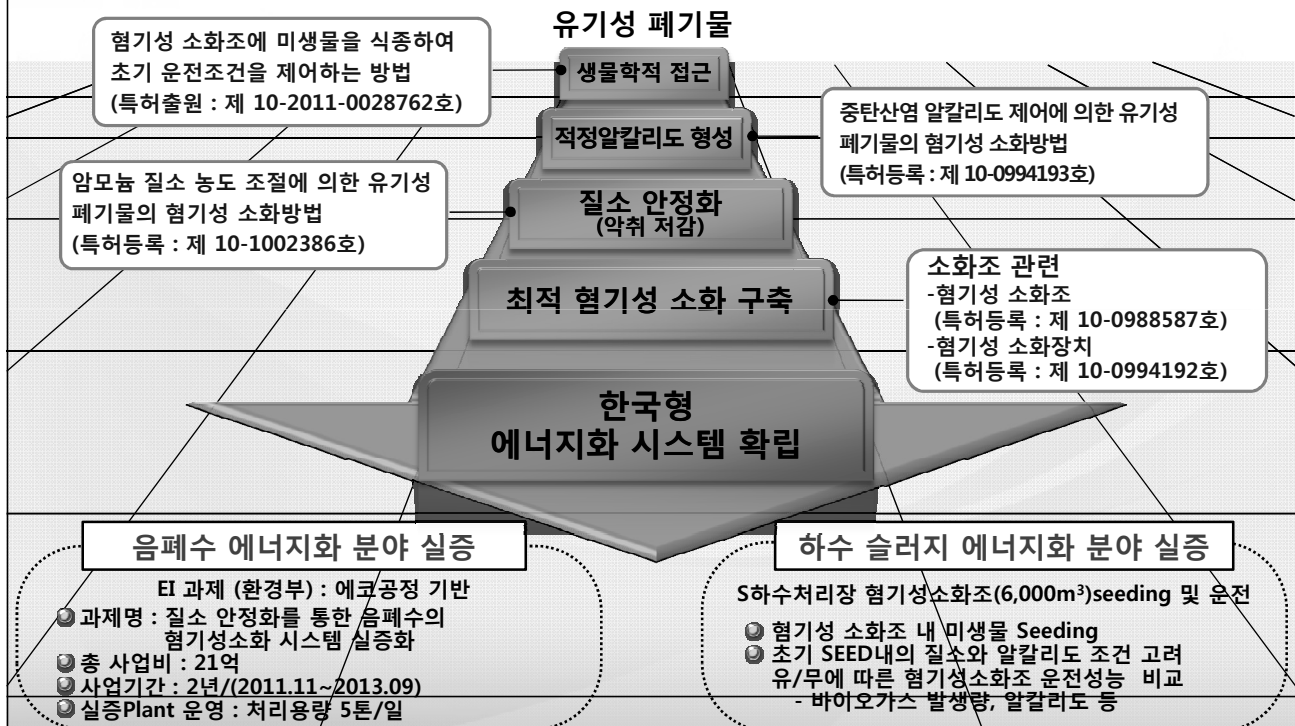


www.abtez.com

19

# ANS Process 특허 및 실적

## 혐기성 소화 = 생물학적 접근



www.abtez.com

20

- 혐기성소화/후처리 비용
- 바이오가스, CO<sub>2</sub>, 운영비, 약품비용

21

**기존 혐기성 공법**

평균 건설비용

고농도 유출수

$\text{NH}_3$  스트리핑

Avg.

전처리	혐기성소화 공정	후처리
<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리</li> <li>혐기성소화 공정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COD : 10,000~20,000mg/L</li> <li><math>\text{NH}_4^+\text{-N}</math> : 2,000~4,000mg/L정도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호기성/화학적 처리</li> <li><math>\text{NH}_3</math> 스트리핑</li> </ul>
에너지화 시설 비용	후처리 시설 비용	후처리 운영 비용
<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리</li> <li>혐기성소화 공정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COD : 150~1,500mg/L</li> <li><math>\text{NH}_4^+\text{-N}</math> : 400mg/L정도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호기성/화학적 처리</li> <li><math>\text{NH}_3</math> 제어 불필요</li> </ul>

**ANS Process**

평균 건설비용 +  $\alpha$

저농도 유출수

$\text{NH}_3$  스트리핑 불필요

Avg.

22

## 경제성 II - 바이오가스/CO<sub>2</sub>/운영비/약품비용

구 분	기존 혐기성 공법	ANS Process
유출수 COD	10,000~20,000 mg/L	150~1,500 mg/L
유출수 질소(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)	2,000~4,000 mg/L	400 mg/L 정도
바이오가스	연간 약 8억(0.27 기준) (0.27~0.92 m <sup>3</sup> /kg VS <sub>removed</sub> )	연간 약 30억(0.92 기준) (0.92 m <sup>3</sup> /kg VS <sub>removed</sub> : 이론치)
CO <sub>2</sub> 거래이익	연간 약 1.2억(바이오가스 0.27 기준)	연간 약 4.2억(바이오가스 0.92 기준)
후처리 공정 운영비	약 15억원(호기성처리 + 화학적처리+NH <sub>3</sub> 스트리핑)	약 5억원(호기성처리 + 화학적처리)
후처리 약품 비용	연간 약 14억(약품비용 → 월:1억 2,000 만원)	연간 약 3억(약품비용 → 월:2,600 만원)

# 바이오가스 가격환산 산출 근거 : 1) 메탄열량:8500kcal/Nm<sup>3</sup>, 경유 열량:9200kcal/L → 메탄 1Nm<sup>3</sup> 는 경유 0.92L 와 동일 2) 경유 1L = 1,764원 (111010일 기준)

# CO<sub>2</sub> 거래이익 산출 근거:1) 가스발생량:0.92기준 8000m<sup>3</sup>/day, 0.27기준 2350m<sup>3</sup>/day 2) 메탄일도:0.7143kg/m<sup>3</sup> 3) CH<sub>4</sub>의 CO<sub>2</sub> 환산계수:21 4) 환율 1,469원/€



www.abtez.com

23

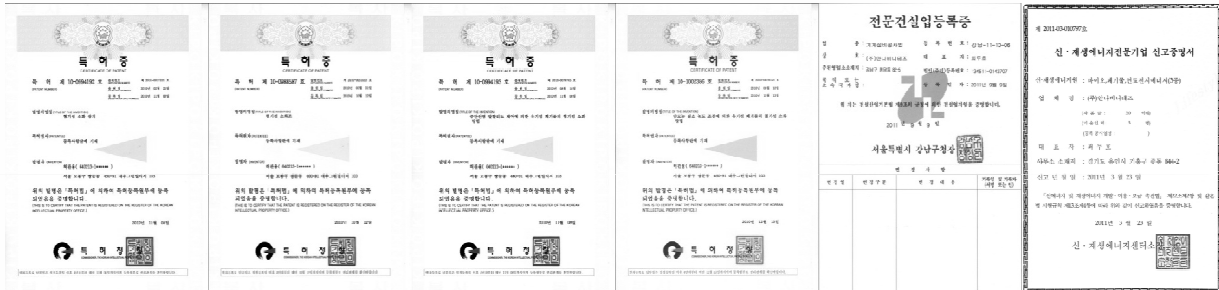
등 록 사 항  
/  
참 고 사 항

www.abtez.com

24

## 등록 사항 - 지식재산권

### ◆ 관련특허, 신재생에너지 전문기업 등록, 전문건설업 등록



- 국내 특허 : ANS Process에 관한 혐기성 소화장치 특허 제 10-0994192 호 외 4건(1건 : 출원)
- 국제 특허 : ANS Process에 관한 혐기성 소화장치 특허출원번호 : PCT/kr2011/001207 외 1건
- 신·재생에너지 전문기업 등록
- 전문건설업(기계설비공사업) 등록

www.abtez.com

25

## 참고사항-1 - 환경부 티과제 & 하수슬러지 에너지분야 실증

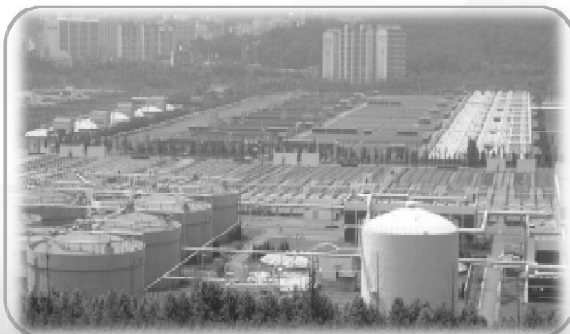
### 티과제 매립지 현장 공사

사업명	질소안정화를 통한 에너지화 실증사업
위치	인천광역시 서구 백석동 수도권 매립지 관리공사 내 실증실험단지
처리방식	혐기성 소화
처리용량	5 m <sup>3</sup> /day
최종처리	고형물 : 원심탈수 후 위탁처리업체에 인계 상징액 : 기존 처리장에 연계처리



### S하수처리장

운전개요	소화조 준설 후 Seeding -> 소화조 운전
위치 (실증기간)	S하수처리장 내 (2011.09.01-2012.03.31)
소화조 현황	준설 및 Seeding에 따른 운전 현황 5계열, 6계열 : 인발 -> Seeding -> 운전
처리용량	6,000 m <sup>3</sup> /day
분석방법	3회/주, 서울시립대학교 분석 의뢰 및 S하수처리장 내 현지 분석

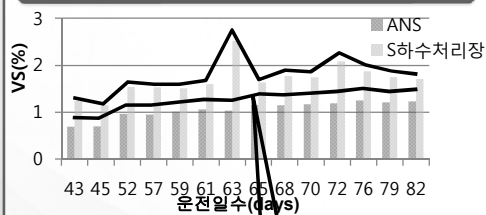


www.abtez.com

26

## 참고사항-2 - 하수슬러지 에너지분야 실증 운전 결과

### 소화효율비교 (가스발생량)

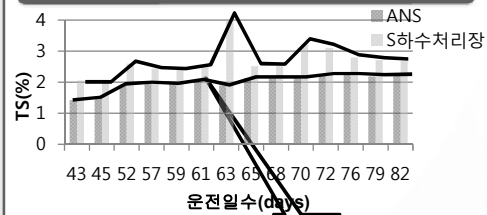


(ANS) 소화효율 56.4% ↔ 43.1% (S하수처리장)

유입 VS 3.8%

가스발생량  
17.6%up 예상

### 케익발생량 비교(고형물 감소)



(ANS) 고형물 감소율 43.1% ↔ 38.0% (S하수처리장)

유출 TS 2.0 %

케익발생량  
9% down (예상)

**ANS**  
소화효율  
: 56.4%

- 유출 TS : 2.0% (25.9% Down)
- 유출 VS : 1.1% (35.2% Down)
- 유출 COD : 845 mg/L (24.9% Down)
- 가스발생량 : 51,659 Nm<sup>3</sup>/d (17.6% Up)
- 케익발생량 : 233 m<sup>3</sup>/d (9% Down)
- 질소안정화 : 29mg/L (Org-N)

www.abtez.com

27

Anna Bini **TEZ**  
New Green Energy  
ANNABINI TEZ

**Global Business Leader  
Of Green Energy**

미래를 위한 녹색에너지 기술

**경청해 주셔서 감사합니다.**

**ANNABINI TEZ**



## 참고 문헌

### ◆ 혐기성 소화조 최적운전 기준(1)

(1) 가축분뇨, 하수슬러지 등의 혐기성 소화시 1,000 mg/L as  $\text{CH}_3\text{COOH}$  이상의 휘발성 유기산 농도(Volatile Acids)는 500 mg/L (as  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 이하의 허용 가능한 수준으로 낮춰져야 한다.

☞ Speece, R.E., *et al.*, "Methane Fermentation of Industrial Wastewaters", *presented at the 6th International Fermentation Congress*, London, Ontario, Canada, July, 1980.

(2) 바이오 가스의 생산은 bicarbonate alkalinity 농도가 5,000 mg/L as  $\text{CaCO}_3$  부근일 때 최적화된 에너지 발생량을 얻을 수 있다.

☞ Brovko, N. and Chen, K.Y., "Optimizing Gas Production, Methane Content, and Buffer Capacity in Digester Operation", Environmental Engineering Program, *Water & Sewage Works*, July, 1977.

(3) 혐기성 소화조는 다음과 같은 항목을 통해 운전의 안정성이 평가된다. 각 항목별로 최적 운전은 pH 7.0~7.45, 총알칼리도는 2,540~2,930 mg/L, 휘발성 유기산 농도는 110~270 mg/L,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  농도는 400~465 mg/L의 범위에서 나타난다.

☞ Clair N., Sawyer and Jay S., Grumbling, "Fundamental Considerations in High Rate Digestion", *Proceedings of the American Society of Civil Engineering*, Journal of Sanitary Engineering Division, March, p49-63, 1960.

www.abtez.com

29

## 참고 문헌

### ◆ 혐기성 소화조 최적운전 기준(2)

☞ C.N Sawyer and H.K. Roy, "A Laboratory Evaluation of High-rate Sludge Digestion", *Sewage and Industrial Wastes*, Vol. 27, No. 12, p1356-1363, 1955.

(4) VS loading rate와 HRT의 관계는 유입 고형물(VS) 농도에 의존하는데, 유입고형물 농도가 증가할수록(VS농도 ~10%) HRT는 증가하며(~70days), 소화조에서 VS의 감량(소화효율)은 HRT에 의존하는데, HRT가 증가할수록 VS 제거(소화)효율이 높아진다.

☞ Pfeffer, J.T., "Increased Loadings on Digesters with Recycle of Digested Solids", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, Vol. 40, p. 1920, 1968.

☞ Rankin, R.S., "Digestion Capacity Requirements", *Sewage Works Journal*, Vol. 20, p.478, 1948.

### High-Rate Digester      Mixing (                      )

※ 소화조 내부에서는 TS 농도가 6% 부근에 도달할 때 혼합에 문제가 발생하는 것으로 나타났다.

☞ Sawyer, C.N. and Grumbling, J.S., "Fundamental Considerations in High- Rate Digestion", *Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE*, 86, SA2, 49, 1960.

www.abtez.com

30

## 참고 문헌

### ◆ 암모니아 독성으로 인한 운전실패 요인(1)

(1) 혐기성 소화조 내에서 질소 농도는 미생물의 증식에 필요한 필수 영양소이기도 하지만 pH에 따라서는 독성을 유발하기도 한다. (Total Ammonia Nitrogen =  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  +  $\text{NH}_3\text{-N}$ )

☞ McCarty, P.L., "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals : I. Chemistry and Microbiology; II. Environmental Requirements and Control; III. Toxic Materials and Their Control; IV. Process Design", *Public Works*, Nos. 9-12, Sept.-Dec., 1964.

(2) Total ammonia nitrogen은 pH와 온도변화에 따라 존재하는 형태( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  와  $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 비율)가 달라지며,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 독성은 고온 혐기성 소화에서 더욱 뚜렷하게 나타난다.

☞ Sawyer, C.N., and McCarty, P.L., *Chemistry for Environmental Engineering*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, N.Y., 1978.

(3) 혐기성 소화조에서의 독성 유발은  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  농도에 의한 것이라기보다는 free ammonia( $\text{NH}_3\text{-N}$ )에 의해 일어나며, free ammonia로 인하여 100mg/L 이상에서 극심한 독성이 유발된다. 또한 소화 후 예측된 free ammonia의 농도가 130 mg/L 이상에서 소화조는 'died'(운전실패의 상태를 나타냄)임을 나타낸다.

☞ Kroecker, E.J., et al., "Anaerobic Treatment Process Stability", *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol. 51, p718, 1979.

www.abtez.com

31

## 참고 문헌

### ◆ 암모니아 독성으로 인한 운전실패 요인(2)

☞ McCarty, P.L. and McKinney, R.E., "Salt Toxicity in Anaerobic Digestion", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, Vol. 33, No. 4, p. 399-415, 1961.

(4) pH 7 부근을 유지하여 100mg/L 이하에서 free ammonia 농도를 유지하면 암모니아 독성을 경감시킬 수 있다. 물론 고농도의 total ammonia nitrogen으로 생긴 소화 공정상 발생된 문제는 free ammonia나  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  모두 독성에 기여한 것이다.

☞ Kugelman, I.J., and Chin, K.K., "Toxicity, Synergism, and Antagonism in Anaerobic Waste Treatment Processes", *Anaerobic Biological Treatment Processes*, Advances in Chemistry Series 105, American Chemical Society, 1971.

☞ McCarty, P.L., "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals : I. Chemistry and Microbiology; II. Environmental Requirements and Control; III. Toxic Materials and Their Control; IV. Process Design", *Public Works*, Nos. 9-12, Sept.-Dec., 1964.

※ 고농도 total nitrogen이 함유된 유기물이 혐기성 소화조로 유입되어 생긴 문제점은 거의 free ammonia나  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  농도로부터 생긴 암모니아 독성 때문인데, 이는 소화조 내의 높은 알칼리도 형성이 독성 유발에 직접적인 원인이 되는 것이다. 이와 같은 현상은 음식물쓰레기/음폐수, 가축분뇨, 하수슬러지, 매립장 침출수 등의 혐기성 소화에서 나타난다.

www.abtez.com

32