

주 제 발 표

혐기성소화조 공법과 성능 검증방법

ANNABINI

정 성 민

ANNABINI TEZ 사업소개서



Anna Bini TEZ



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 (신재생에너지 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

ANS Process의 중요성 - 생물학적 측면의 질소 안정화

기존 혐기성 소화 방법

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 소화조 설계 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 생물학적 논리 < 외형적 설계 - 건식, 단상/이상 등 - 고농도 상징수 배출($\text{NH}_4^+\text{-N}$, COD) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 연계처리시설/운영비 측면 <ul style="list-style-type: none"> - NH_3 Stripping 시설 등 - 연계처리시설 비용 증가 - 바이오가스 생산량 감소 |
|---|--|

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

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 $\text{Nm}^3/\text{kg VS}_{\text{destroyed}}$)

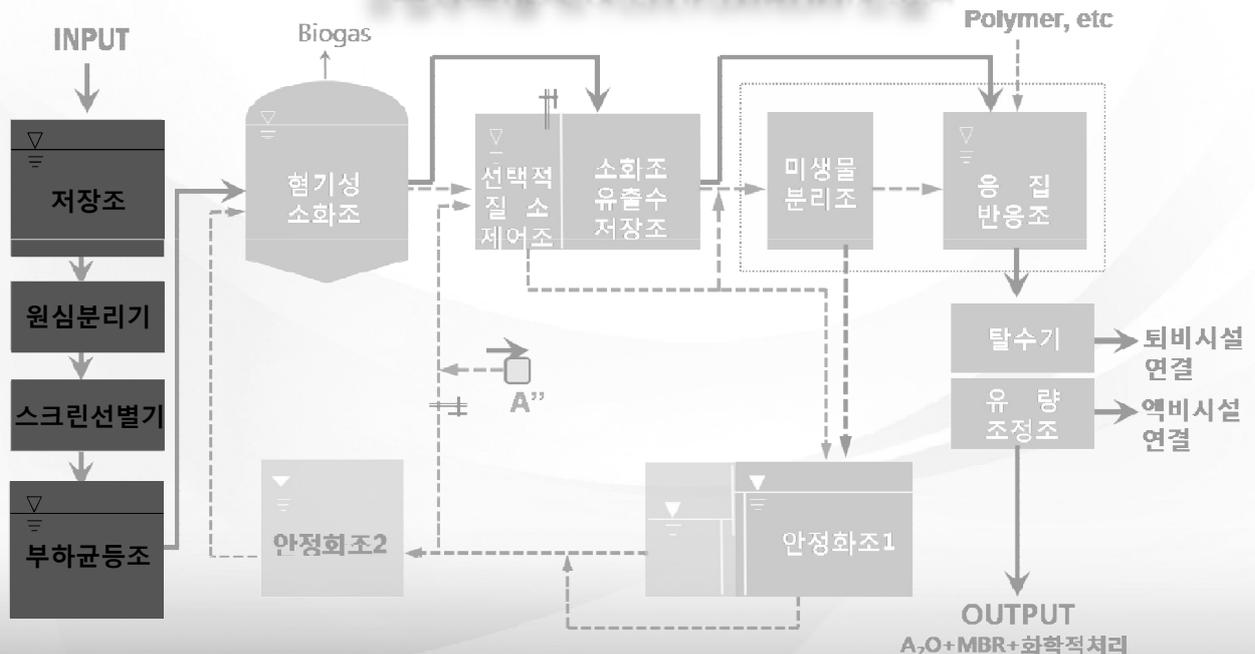
ANS process의 기본 개념

- 전처리
- SEEDING
- 연속운전

ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

전 처리

유입부하율 & FLUCTUATION 조절



I. 전처리 : 유입부하율 & Fluctuation 조절

최적 미생물 활성화 1단계

기존 공법



ANS 공법



- ◆ 농도조절
- ◆ 가수분해가속화
- ◆ 부하균등조절

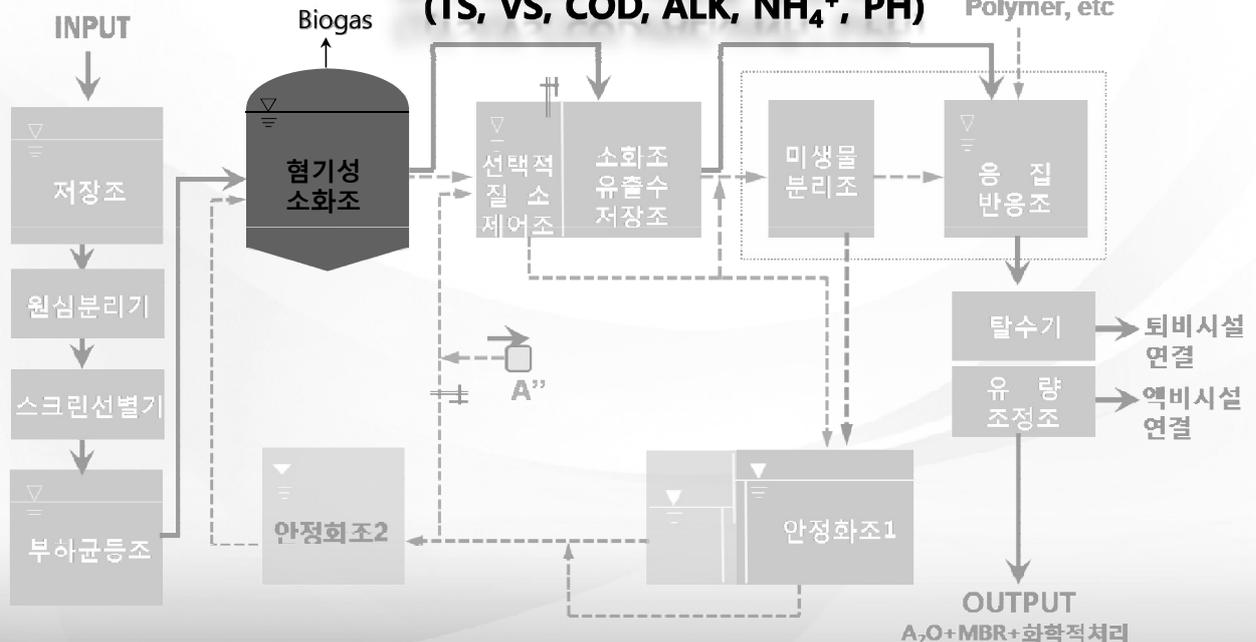
www.abtez.com

7

ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

SEEDING

초기 소화조내 미생물 활성화 조절
(TS, VS, COD, ALK, NH₄⁺, PH)



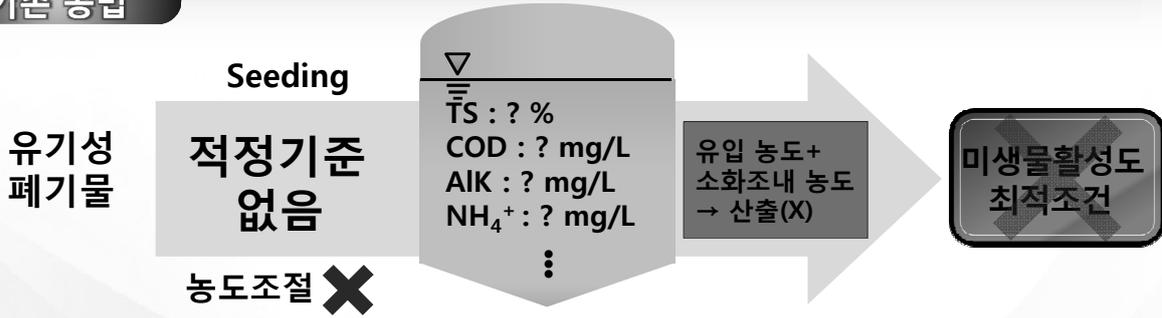
www.abtez.com

8

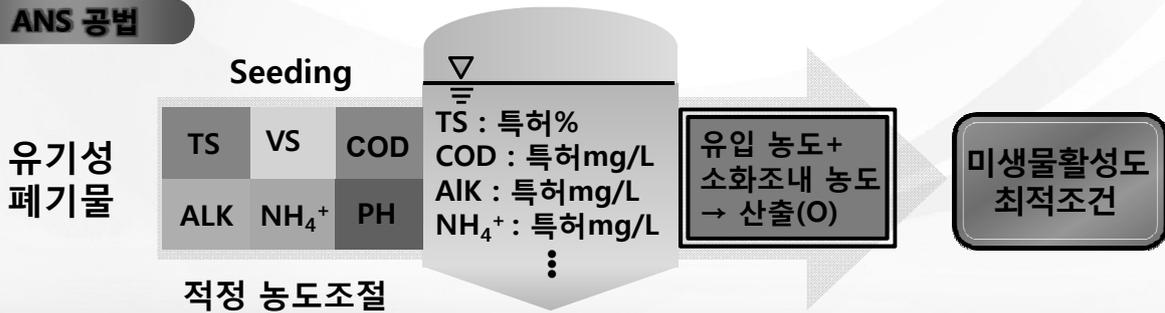
II-1. Seeding : 초기 소화조내 미생물 활성 조건 조절

최적 미생물 활성화도 2단계

기존 공법



ANS 공법



관련 특허

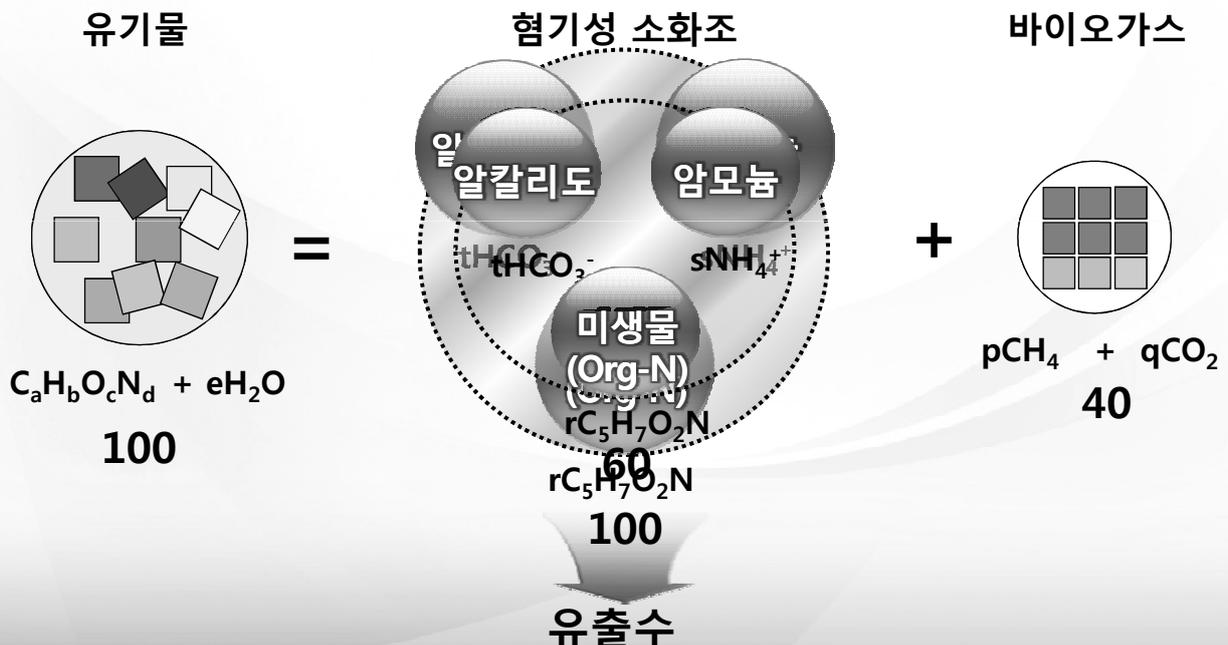
- 혐기성 소화장치 (특허등록 : 제 10-0994192호) - 혐기성 소화조 (특허등록 : 제 10-0988587호)

II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 질량보존/소화효율

최적 미생물 활성화도 2단계

소화효율 40%

유기물 100 = 소화조내 60 + 바이오가스 40 → 유출수 60

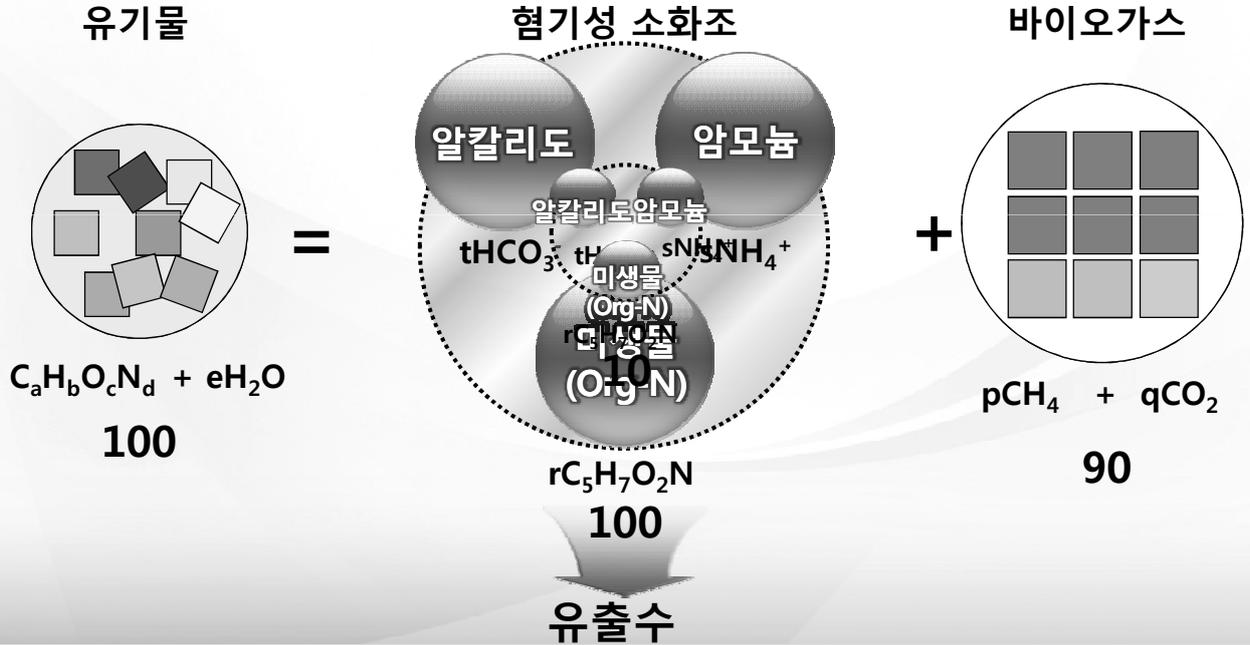


II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 질량보존/소화효율

최적 미생물 활성도 2단계

소화효율 90%

유기물 100 = 소화조내 10 + 바이오가스 90 → 유출수 10



www.abtez.com

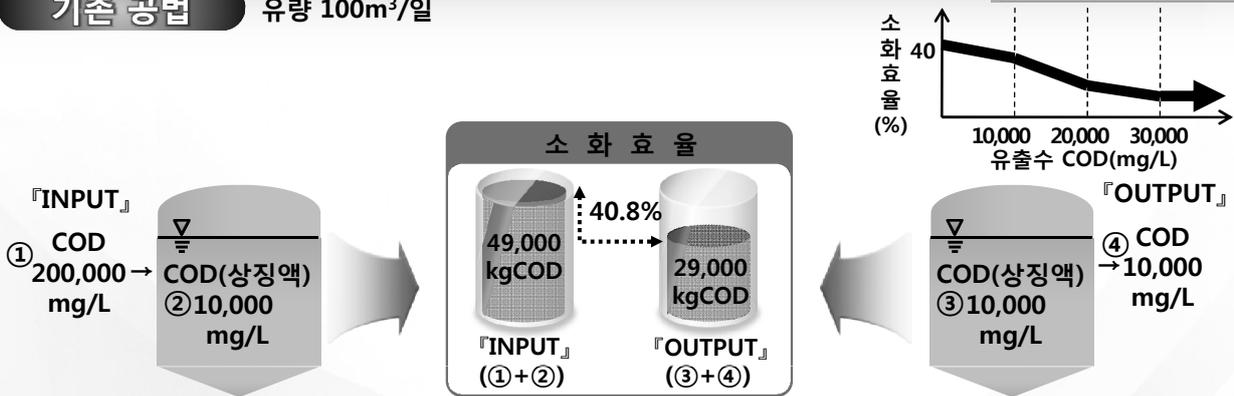
11

II-2. 유입농도&소화조내 농도 : 소화효율 계산 모식도

최적 미생물 활성도 2단계

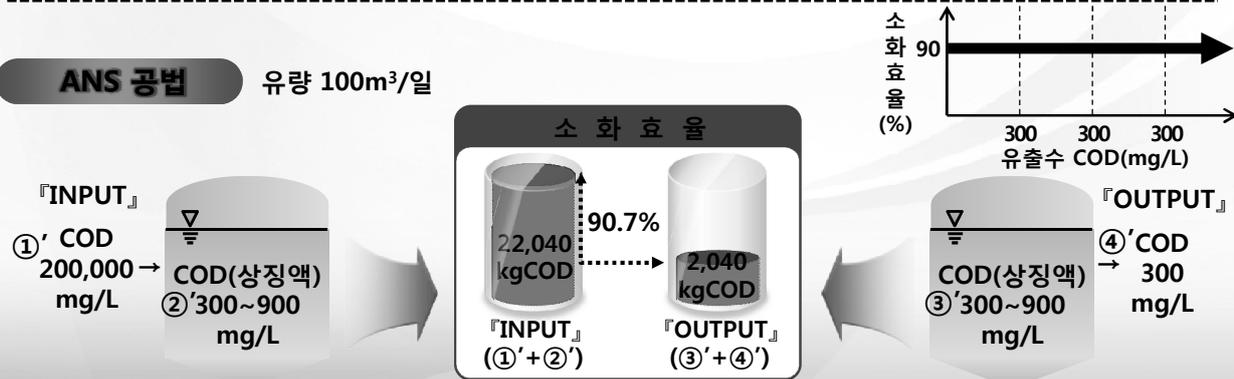
기존 공법

유량 100m³/일



ANS 공법

유량 100m³/일



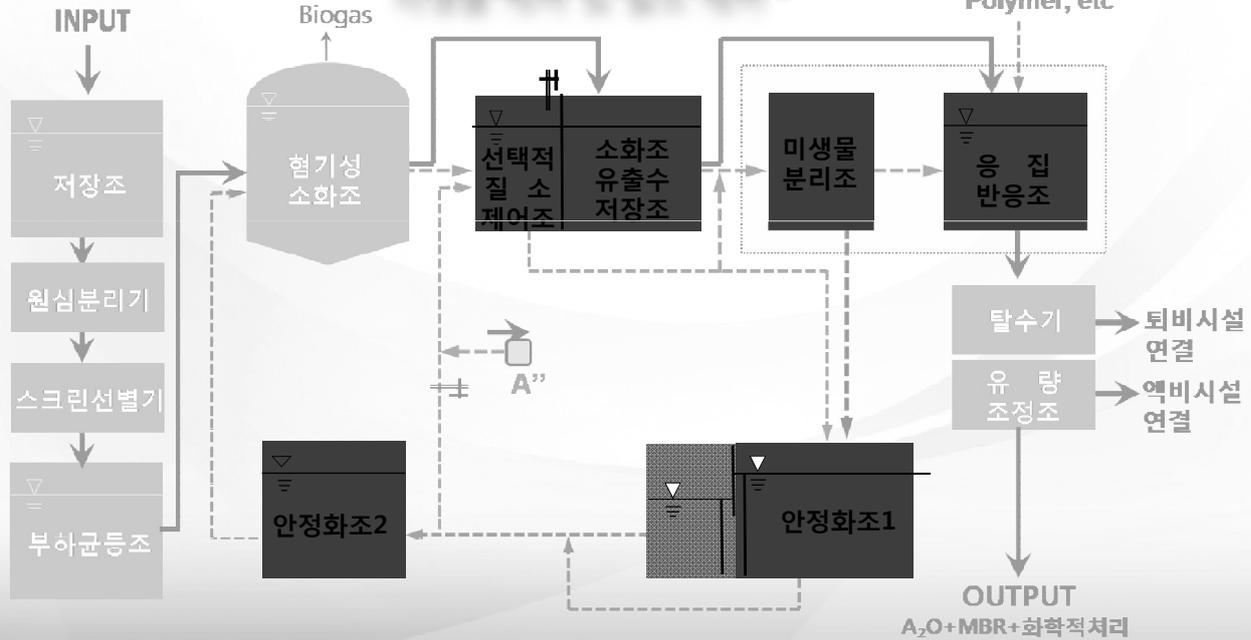
www.abtez.com

12

ANS Process : 질소안정화를 통한 혐기성소화 시스템

연속운전

미생물 제어 및 질소 제어



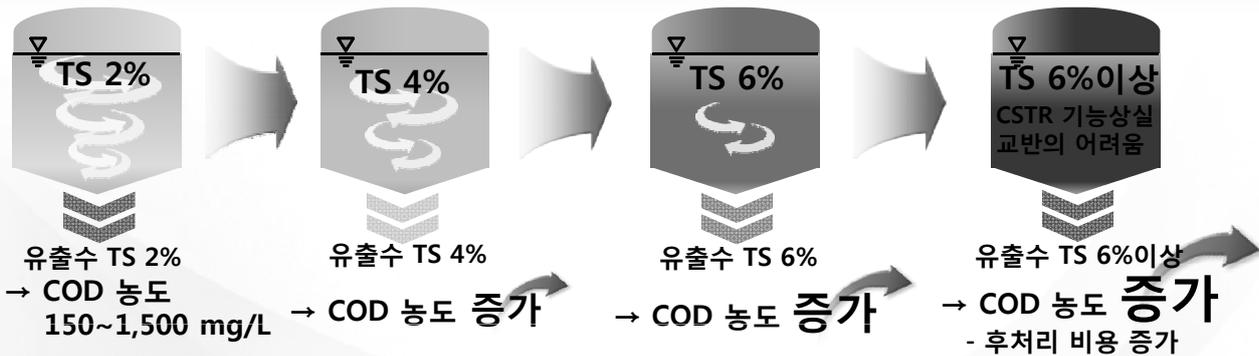
www.abtez.com

13

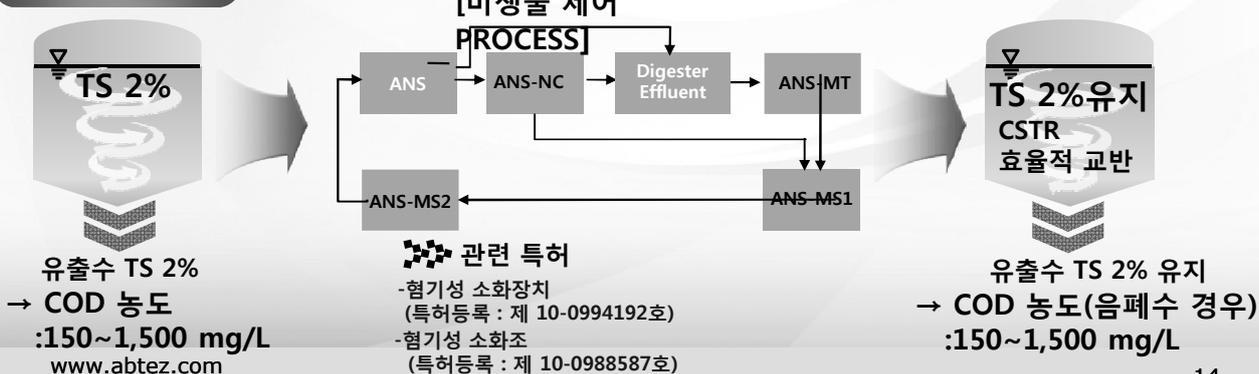
III-1. 미생물 제어 : TS 2 %

기존 공법

최적 미생물 활성화도 3단계



ANS 공법



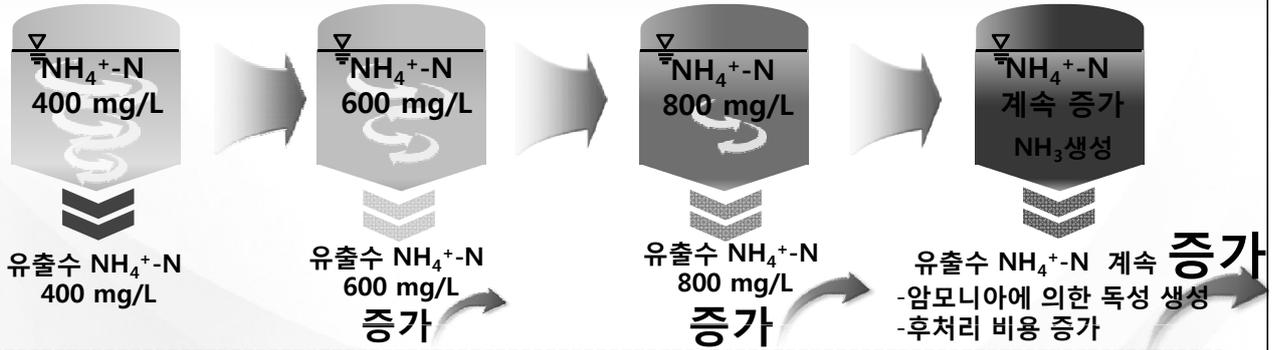
www.abtez.com

14

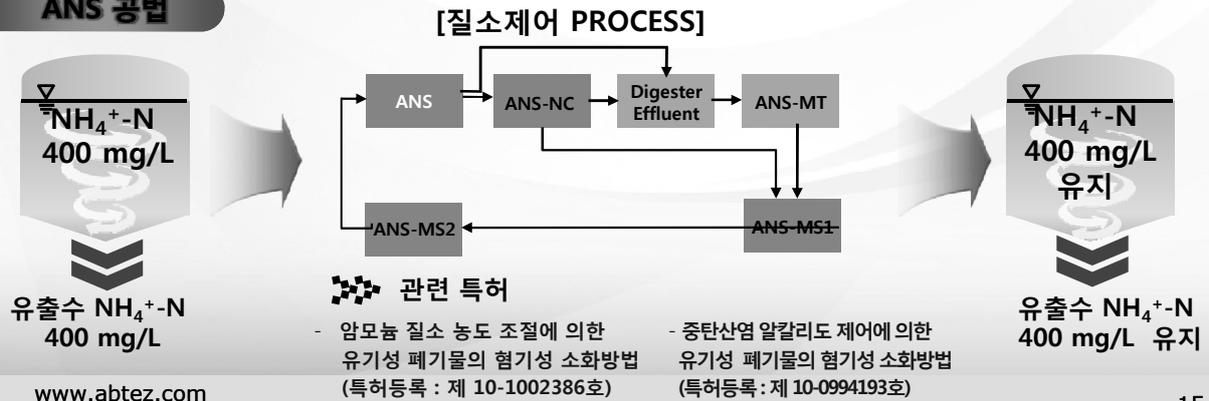
Ⅲ-2. 질소 제어 : NH_4^+-N 400mg/L 유지

최적 미생물 활성도 3단계

기존 공법



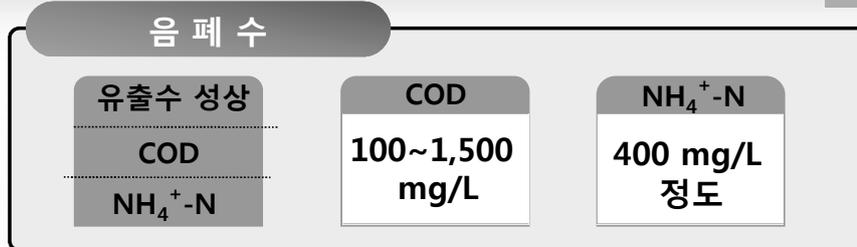
ANS 공법



15

Ⅲ-3. 유출수 성상 : 하수슬러지/음폐수/가축분뇨

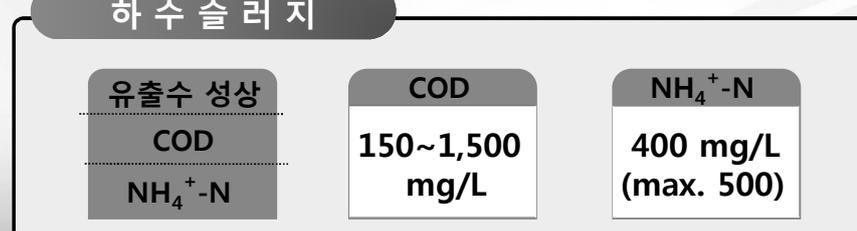
음 폐 수



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

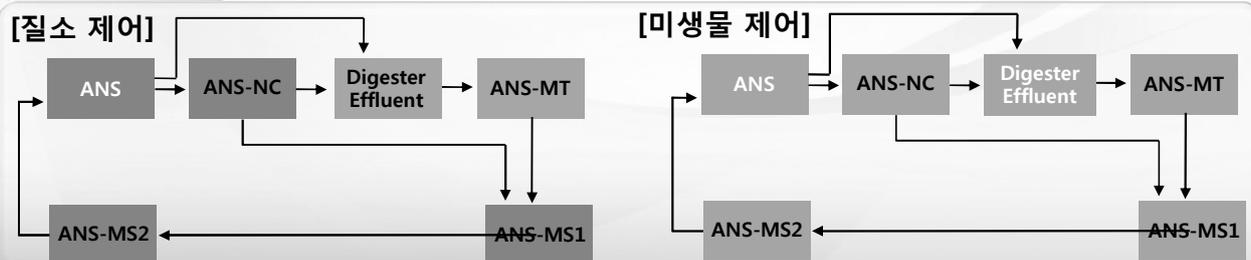
ANS 개요

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

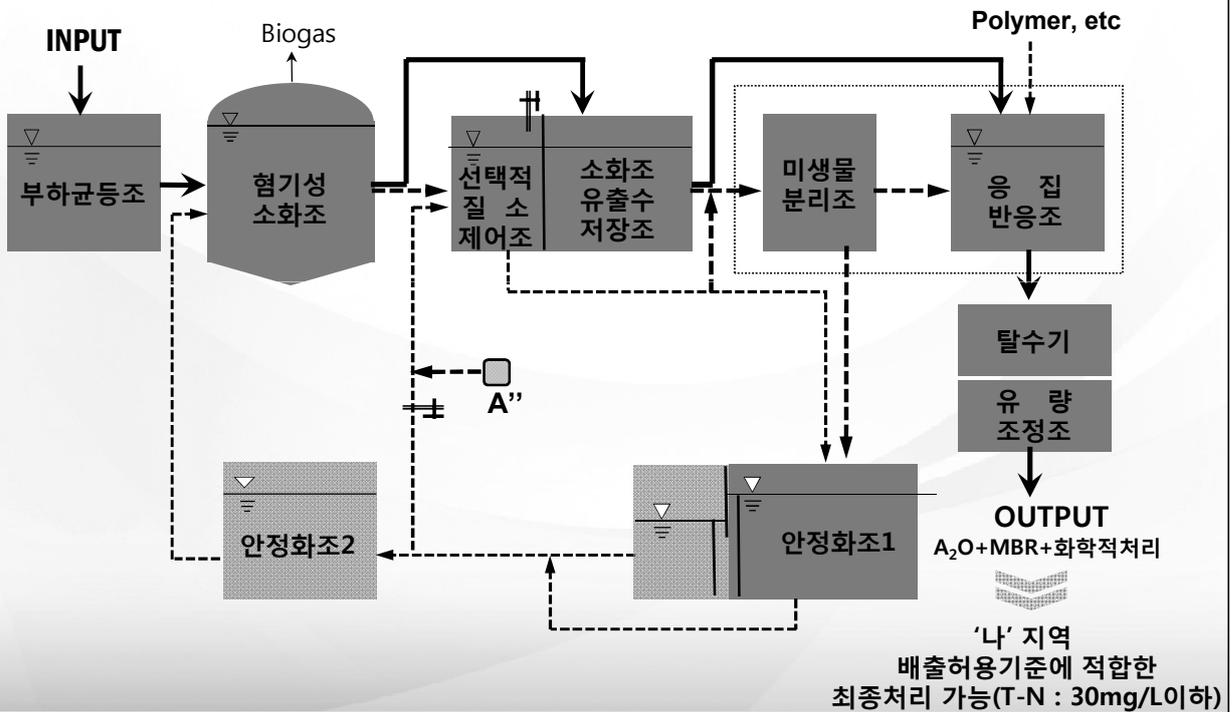
- 소화조 내에서 질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$)농도가 기준이상으로 증가되는 경우
 - 암모늄 질소 농도 조절에 의한 혐기성 소화 방법
- 소화조 내에서 미생물 농도가 TS기준으로 적정치 이상으로 증가되는 경우
 - 중탄산염 알칼리도 제어에 의한 혐기성 소화 방법

Hardware



ANS Process 공정도 - 질소안정화

◆ AMMONIUM NITROGEN STABILIZATION PROCESS

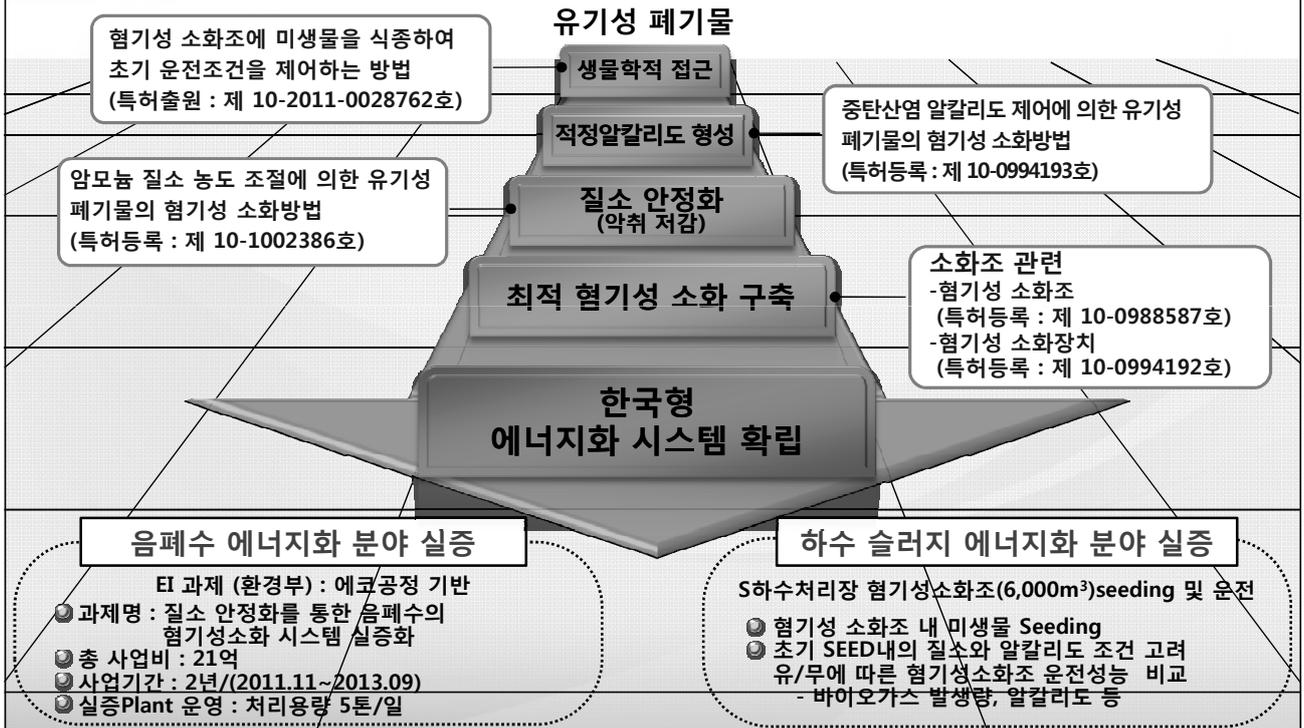


www.abtez.com

19

ANS Process 특허 및 실적

혐기성 소화 = 생물학적 접근



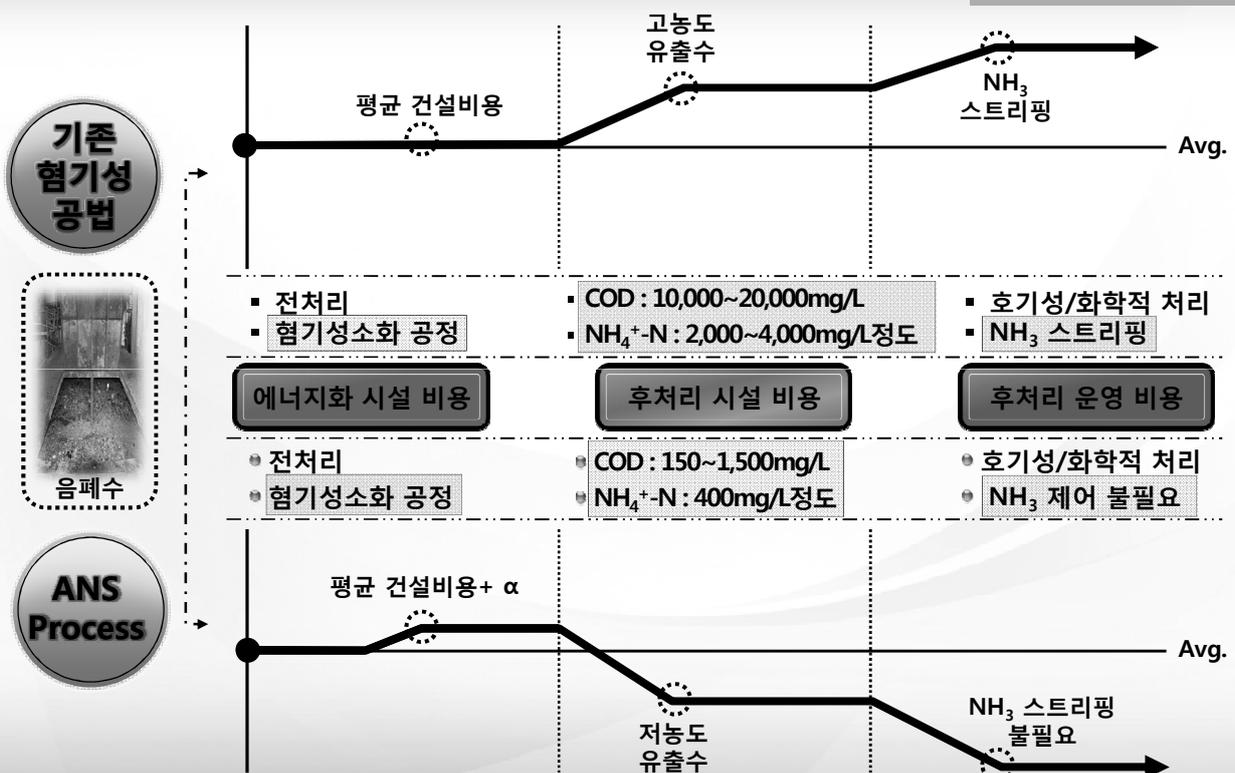
www.abtez.com

20

ANS process의 경제성

- 혐기성소화/후처리 비용
- 바이오가스, CO₂, 운영비, 약품비용

경제성 I - 혐기성소화 시설 비용 & 후처리 비용



경제성 II - 바이오가스/CO₂/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 ₄ ⁺ -N)	2,000~4,000 mg/L	400 mg/L 정도
바이오가스	연간 약 8억(0.27 기준) (0.27~0.92 m ³ /kg VS _{removed})	연간 약 30억(0.92 기준) (0.92 m ³ /kg VS _{removed} : 이론치)
CO ₂ 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 ₃ 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/Nm³, 경유 열량:9200kcal/L → 메탄 1Nm³ 는 경유 0.92L 와 동일 2) 경유 1L = 1,764원 (111010일 기준)
 # CO₂ 거래이익 산출 근거: 1) 가스발생량: 0.92기준 8000m³/day, 0.27기준 2350m³/day 2) 메탄밀도: 0.7143kg/m³ 3) CH₄의 CO₂ 환산계수: 2.1 4) 환율 1,469원/€

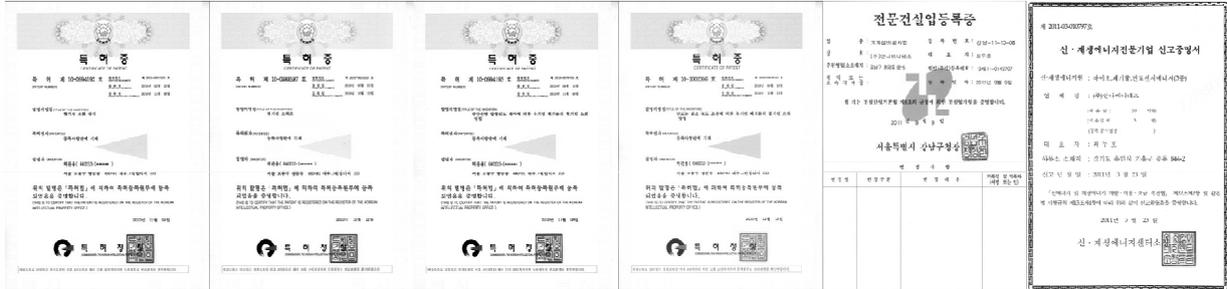


www.abtez.com

등록사항 / 참고사항

등록 사항 - 지식재산권

◆ 관련특허, 신재생에너지 전문기업 등록, 전문건설업 등록



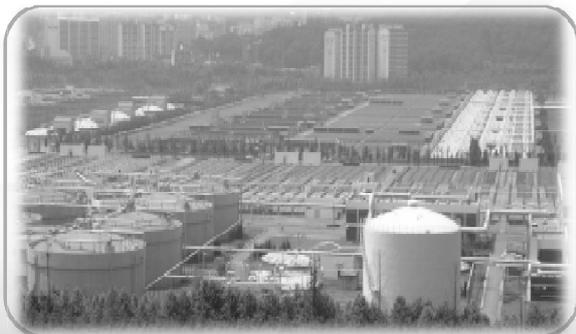
- 국내 특허 : ANS Process에 관한 혐기성 소화장치 특허 제 10-0994192 호 외 4건(1건 : 출원)
- 국제 특허 : ANS Process에 관한 혐기성 소화장치 특허출원번호 : PCT/kr2011/001207 외 1건
- 신·재생에너지 전문기업 등록
- 전문건설업(기계설비공사업) 등록

참고사항-1 - 환경부 티과제 & 하수슬러지 에너지분야 실증

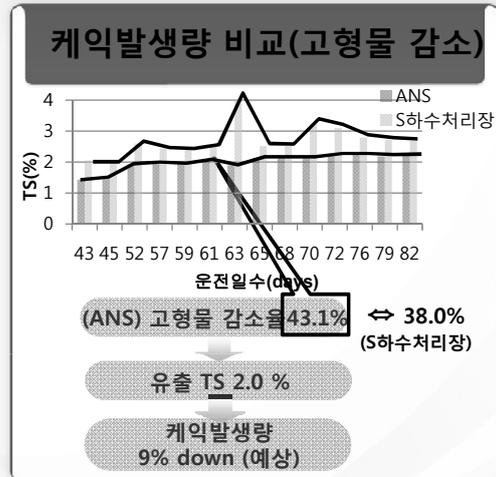
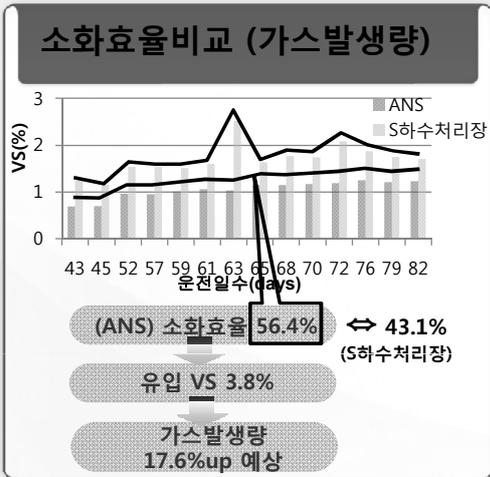
티과제 매립지 현장 공사	
사업명	질소안정화를 통한 에너지화 실증사업
위치	인천광역시 서구 백석동 수도권 매립지 관리공사 내 실증실험단지
처리방식	혐기성 소화
처리용량	5 m ³ /day
최종처리	고형물 : 원심탈수 후 위탁처리업체에 인계 상징액 : 기존 처리장에 연계처리



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 ³ /day
분석방법	3회/주, 서울시립대학교 분석 의뢰 및 S하수처리장 내 현지 분석

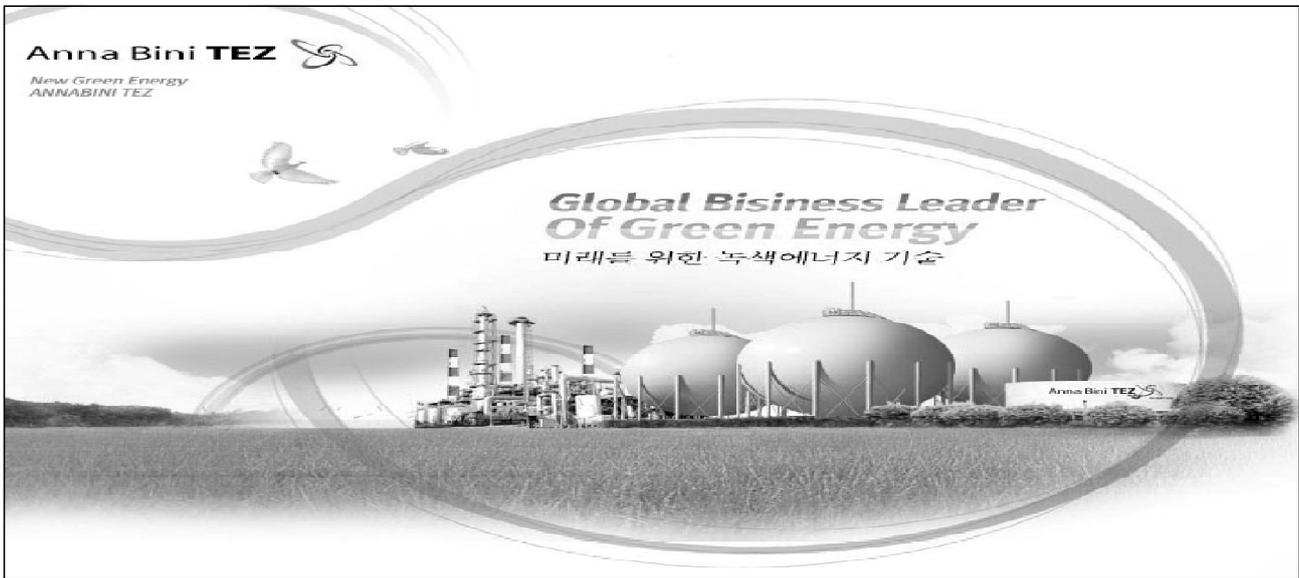


참고사항-2 - 하수슬러지 에너지분야 실증 운전 결과



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 Nm³/d (17.6% Up)
- 케익발생량 : 233 m³/d (9% Down)
- 질소안정화 : 29mg/L (Org-N)



경청해 주셔서 감사합니다.

ANNABINI TEZ

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 There 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.

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 There 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.