



열가수분해를 이용한 유기성 폐기물 에너지화

[전단 가용화 / 후단 가용화]

가장 효율적인 에너지화 사업을 위한 세가지 주요 이슈

요소기술의 안정



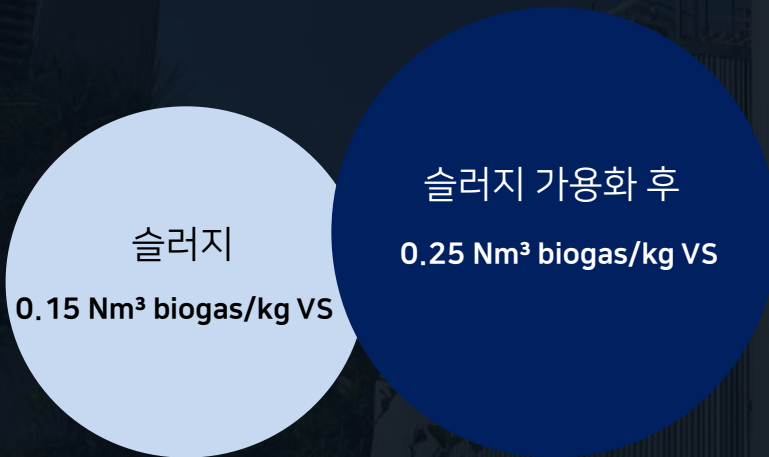
에너지 생산 극대화



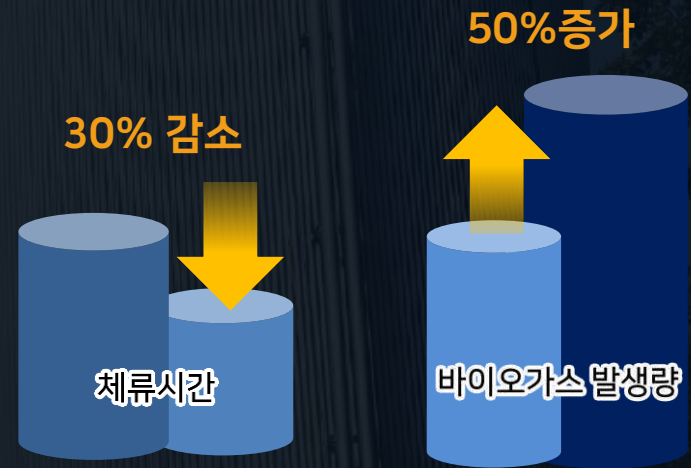
부산물 최소화
(운영비 절감)

에너지 생산 극대화

에너지원 최대 확보
에너지 생산 극대화



슬러지 가용화에 따른 바이오가스 발생량

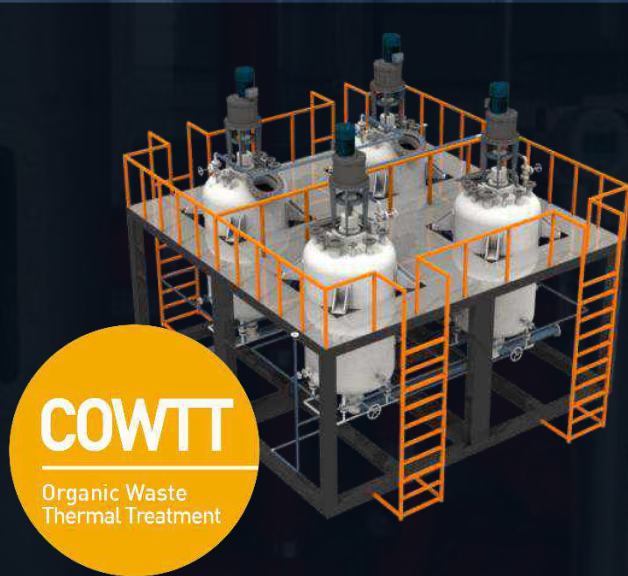


열가수분해 적용 효과

- 효율적 에너지 생산공정 적용
(슬러지 가용화시설, 개선된 혐기성 소화 공정)

요소기술의 안정성

균형 잡힌 에너지 생산 단위기술 조합
에너지 생산 극대화 및 안정성 확보



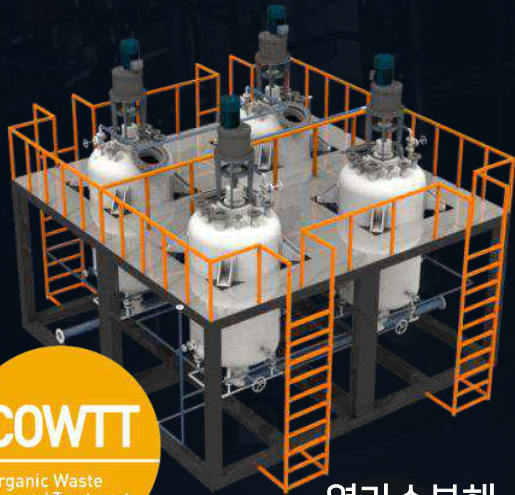
- 스팀 재활용을 통한 에너지 효율 증대
- 에너지 사용량 절감을 통한 경제성 확보
- 혐기소화 병행시 바이오가스 생산 향상 등 안정적인 처리 효율



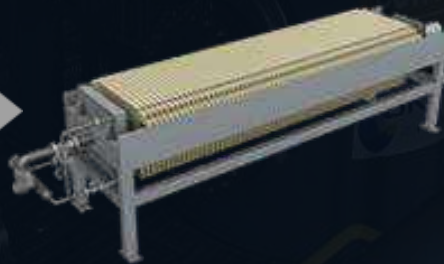
- 완전 교반 구현을 통한 사영역 발생 억제
- 상부 스크럼 사전 억제 및 하부 퇴적물 침전 방지
- 잔류 유기물 회수를 통한 소화 효율 향상

부산물 최소화

검증된 유기성 폐기물 감량화 솔루션
슬러지 처리비 90% 절감



열가수분해



필터프레스



건조기

- 슬러지 점착구간없이 감량을 극대화(최대 90%)
- 슬러지 감량화를 위한 에너지사용량 최소화
- 과도한 운영비(슬러지 처리비) 솔루션 제공
- 국내 최초 열가수분해를 이용한 감량화 실적 보유



G시 슬러지/폐기물 감량화 시설



필터프레스 탈수기
함수율 40~50%



건조설비
함수율 10~20%

국내 유일 열가수분해 감량화 실적(100톤/일)

열가수분해란 무엇인가?

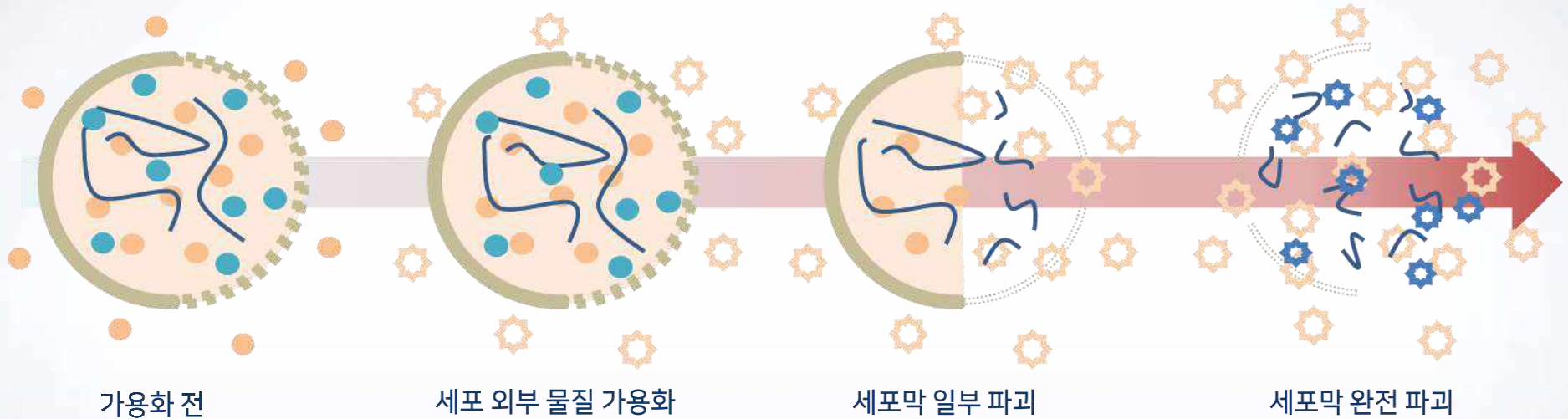
Cyclic Organic Waste Thermal Treatment



WHAT? 열가수분해란 무엇인가?

열가수분해를 이용한 유기성 폐기물 에너지화

열가수분해를 통한 가용화 과정



세포 내부수가
자유수로 전환



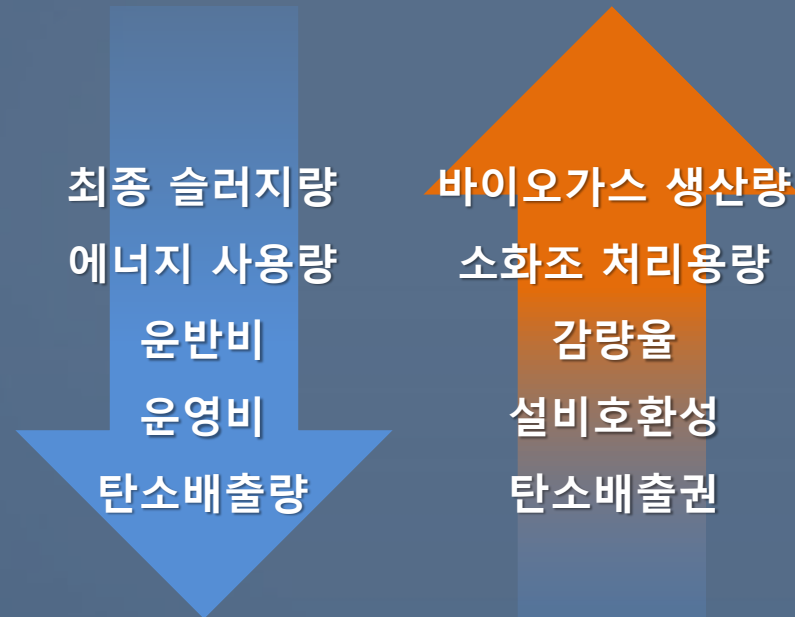
고분자 물질이
저분자 물질로 전환



혐기성 소화 효율 및 탈수능 향상

열가수분해 효과

- 분해속도 증가 (고분자 물질 → 저분자 물질)
- 분해속도 증가로 인한 체류시간과 소화조 체적 감소
- 바이오가스 발생량 증가



구 분	기존 혐기소화	열가수분해+혐기소화
유입슬러지 (kg/d)	12,000	12,000
소화조 체적 (m ³)	9,000	5,000
체류시간 (d)	30.0	25.0
VS 감량율 (%)	40.0	60.0
바이오가스 (Nm ³ /d)	2,402	3,604
소화슬러지량 (m ³ /d)	30.0	20.8

슬러지 세포벽 파괴 및 분해속도 증가 효과

WHAT? 열가수분해란 무엇인가?

부강테크의 열가수분해 기술

- COWTT(Cyclic Organic Waste Thermal Treatment)

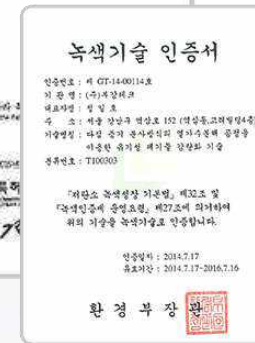


다점 증기분사방식
(스파저 파이프 적용)



• 특허 제 10-1339718호

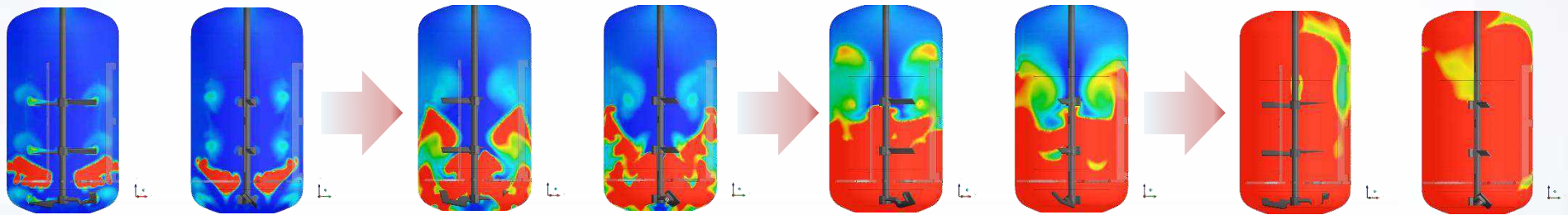
“다점 증기 분사방식의 반응장치 및 이를 구비한 유기성 폐기물 처리장치”



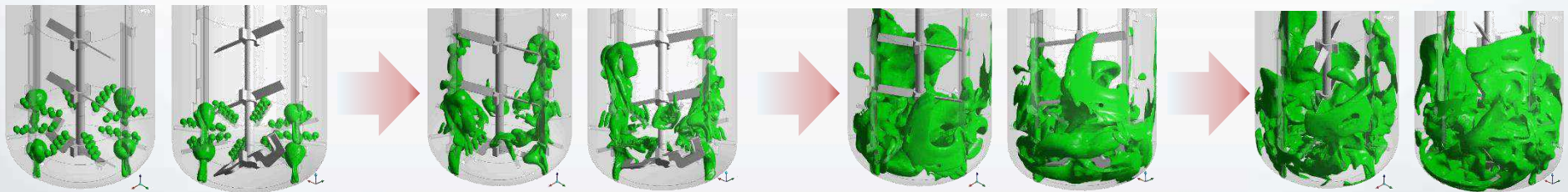
다점 증기분사방식(특허기술)을 적용하여 효율 극대화

부강테크의 열가수분해 특징

- '슈퍼컴 3D 유동해석'을 이용한 설계(열전달효율 최적화)
- 단시간 내 균일한 열 전달을 위한 반응기 설계



<승온 시간에 따른 반응기 온도 분포>



<스파저 파이프 스팀 분사 유동 해석>

열가수분해 설계 최적화를 통한 에너지효율 향상

부강테크의 열가수분해 특징



- 교반기 및 다점분사 방식 도입,
열효율 향상을 통한 경제성 확보

- 병렬구조의 이단 열가수분해로
Flash Steam 재활용 + Live Steam 사용량 절감

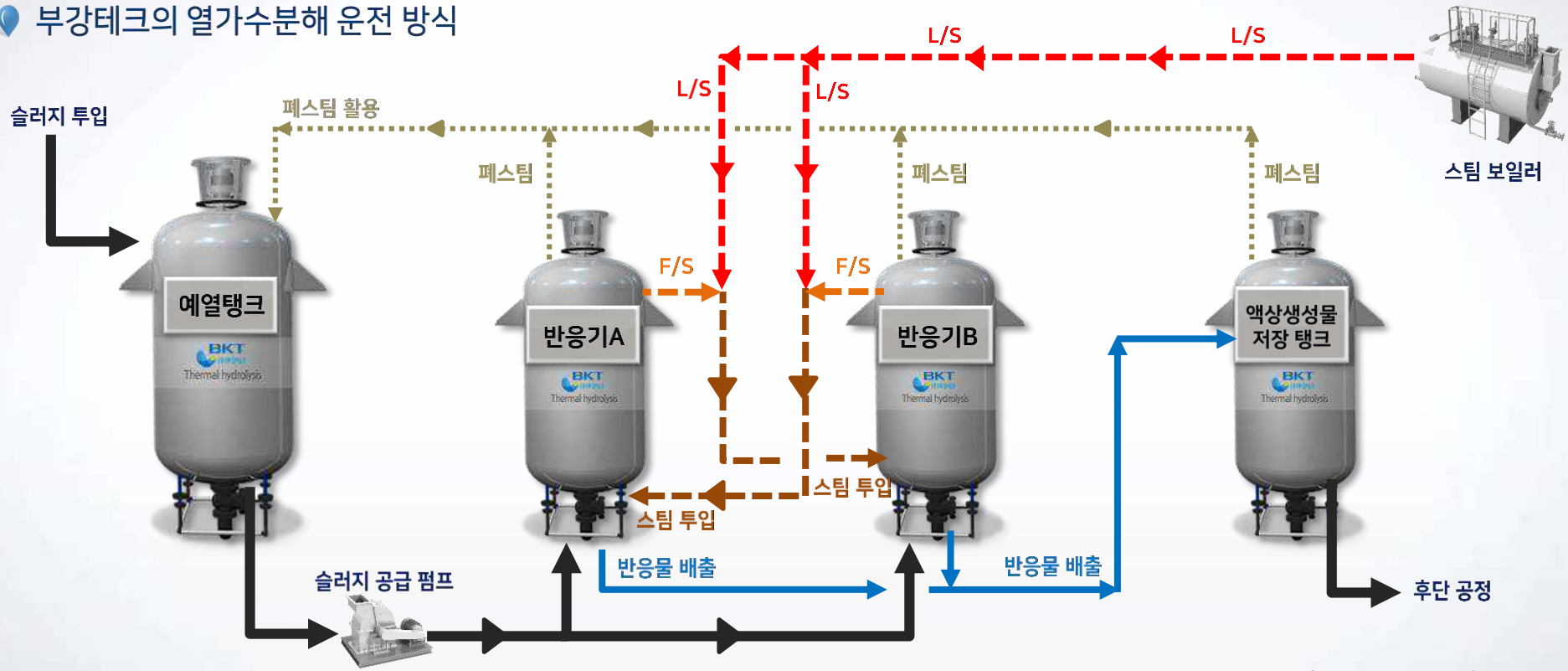
- 순수 국산 기술로 가용화율은 해외 기술과 동등 이상,
혐기소화를 위한 전처리 및 유기성 폐기물 처리(감량화) 활용

감압시 버려지는 스팀 교환으로 **에너지사용량 최소화**

WHAT? 열가수분해란 무엇인가?

열가수분해를 이용한 유기성 폐기물 에너지화

부강테크의 열가수분해 운전 방식



*F/S = Flash Steam L/S = Live Steam

< 열가수분해 운전 로직(예) >



처리과정 →

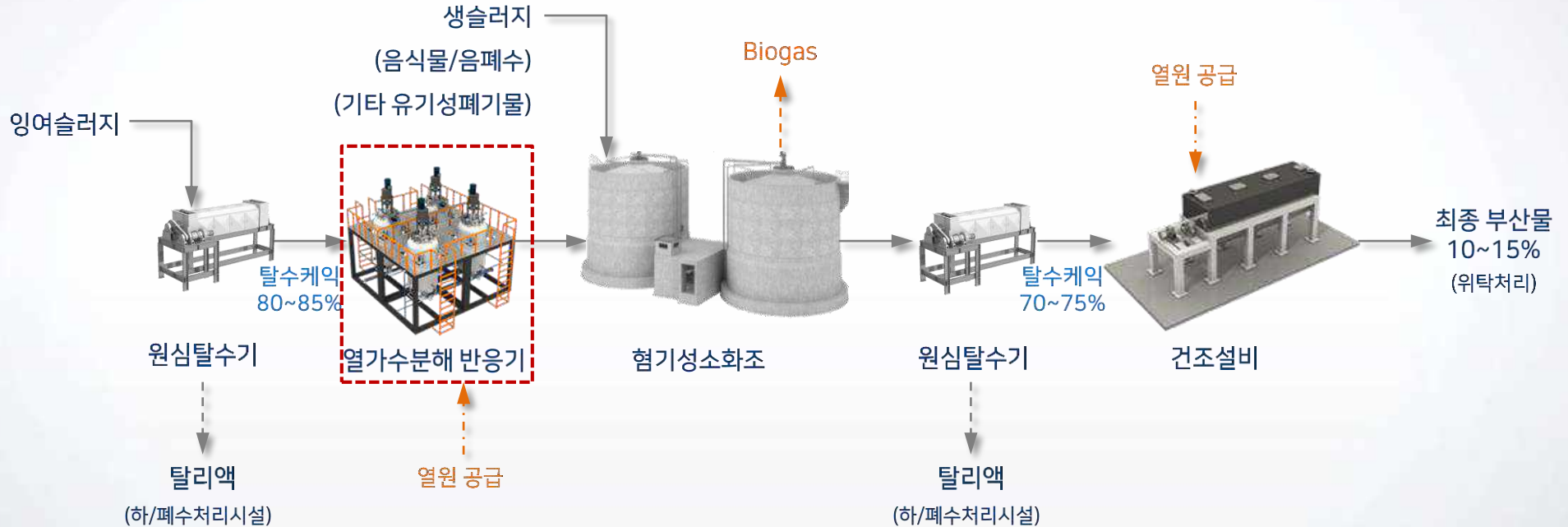
열가수분해는 어디에 적용하나?

열가수분해를 이용한 에너지화 공정

COWTT
Cyclic Organic Waste
Thermal Treatment

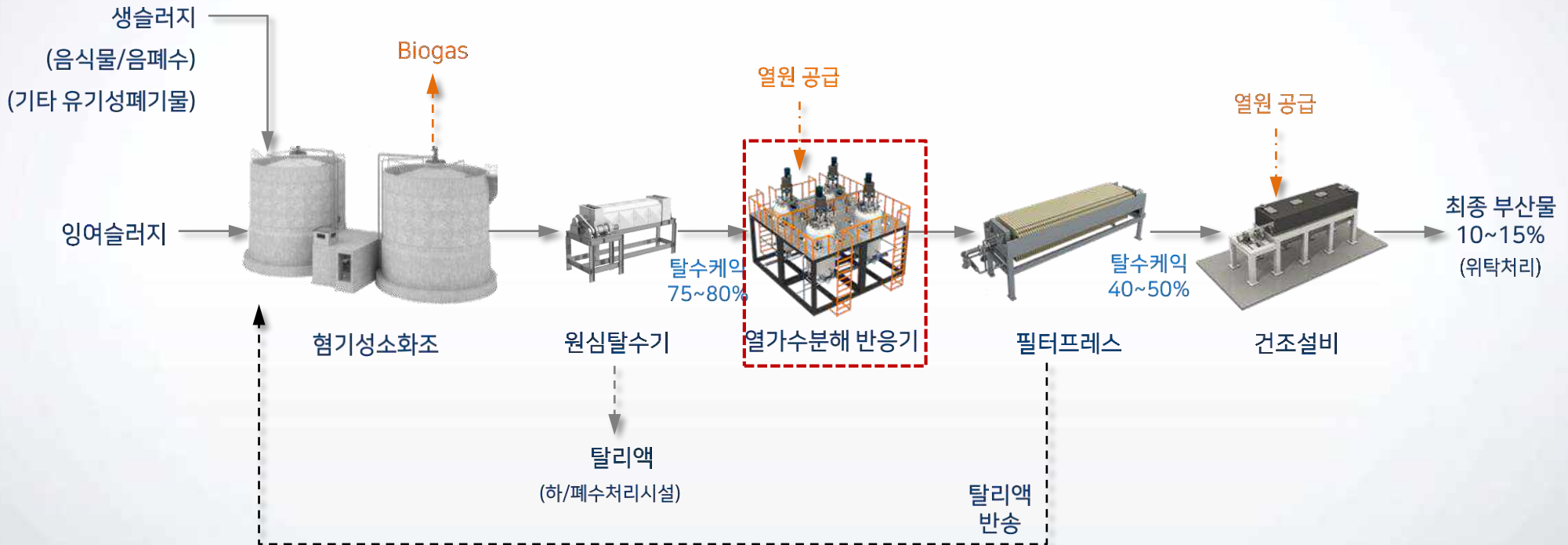
BKT
Bioscience & Technology

열가수분해를 이용한 에너지화 공정 - Case 1(전단 가용화)



- 일반적인 가용화 및 혐기성 소화 공정 구성
- 잉여슬러지 가용화(세포벽 파괴)로 에너지 생산량 증대 및 소화조 용량 축소
- 생슬러지 및 음식물/음폐수 등은 혐기성소화 직 투입으로 가용화 시설 최소화
- 혐기성소화액 탈수 슬러지 발생 및 건조시 다량의 에너지 필요

열가수분해를 이용한 에너지화 공정 - Case 2(후단 가용화)



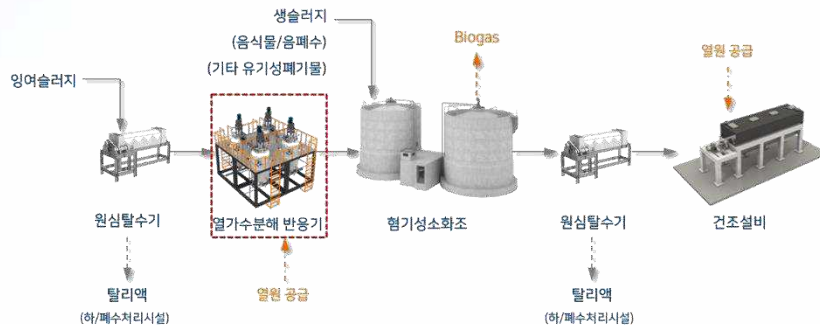
- 혐기성 소화 후단 가용화를 통한 에너지 생산량 증대 및 슬러지 감량 극대화
- 혐기성 소화 후단 열가수분해+필터프레스 후 탈리액 반송으로 에너지원 최대 활용
- 필터프레스 함수율 40~50%로 슬러지 발생량 최소화
- 건조에 필요한 시설비 및 에너지사용량, 운영비 최소화 가능

WHERE? 열가수분해는 어디에 적용하나?

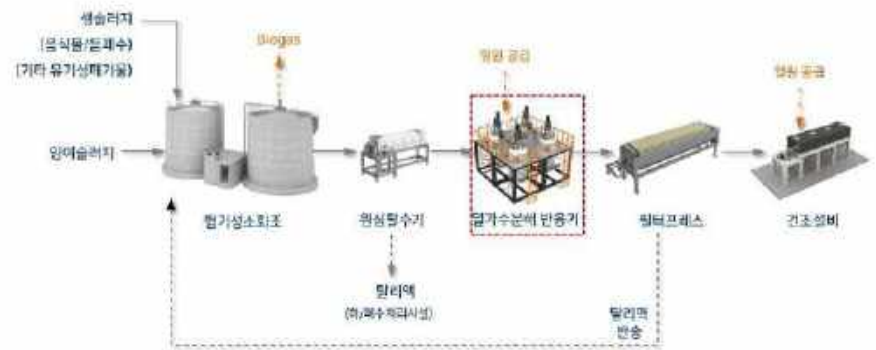
열가수분해를 이용한 유기성 폐기물 에너지화

열가수분해를 이용한 에너지화 공정 비교

< Case 1 - 전단 가용화 >



< Case 2 - 후단 가용화 >



공정 비교

소화가스

비가용화 대비 110~120%

비가용화 대비 120~140%

슬러지 감소

비가용화 대비 87%
(건조 미고려)

비가용화 대비 30%
(건조 미고려)

혐기성소화조

비가용화 대비 60~80%

비가용화 대비 100%

건조 소요열량

600,000~1,000,000kcal/ton

200,000~250,000kcal/ton

연계처리 부하

비가용화 대비 BOD 300~400%
비가용화 대비 T-N 100%(유기질소 다량 함유)

비가용화 대비 BOD 100%
비가용화 대비 T-N 100%(암모니아성 질소 함유)

Case Study #1

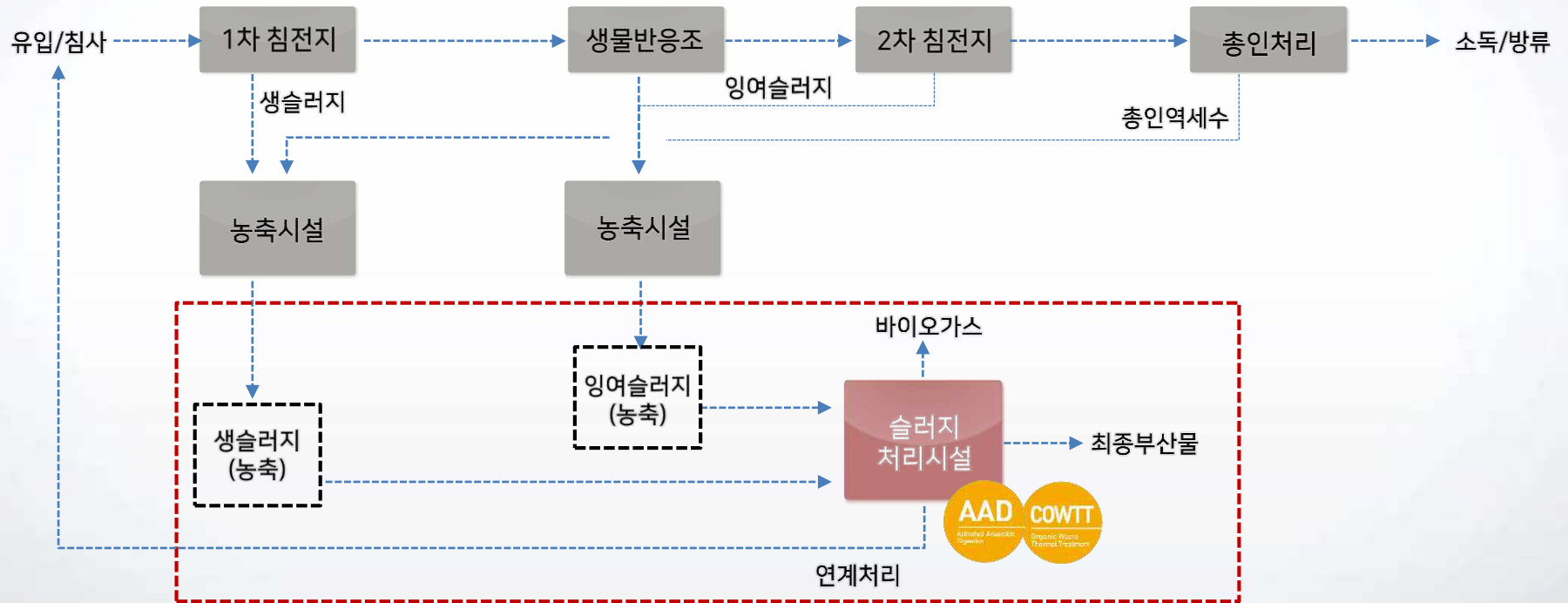
하수슬러지 단독 처리 (J 하수처리시설)



Case Study #1 하수슬러지 단독처리

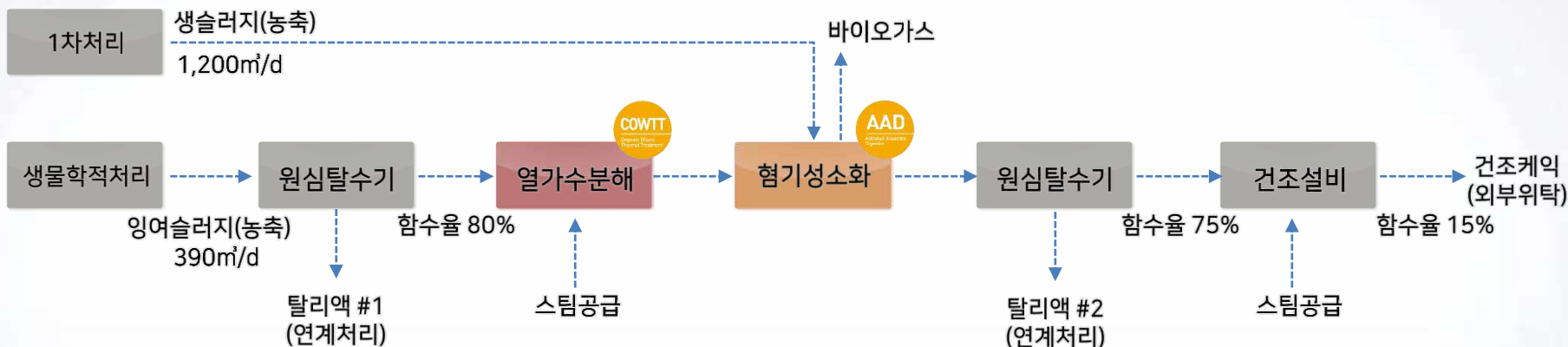
열가수분해를 이용한 유기성 폐기물 에너지화

J 하수처리시설 (시설용량 175,000톤/일)

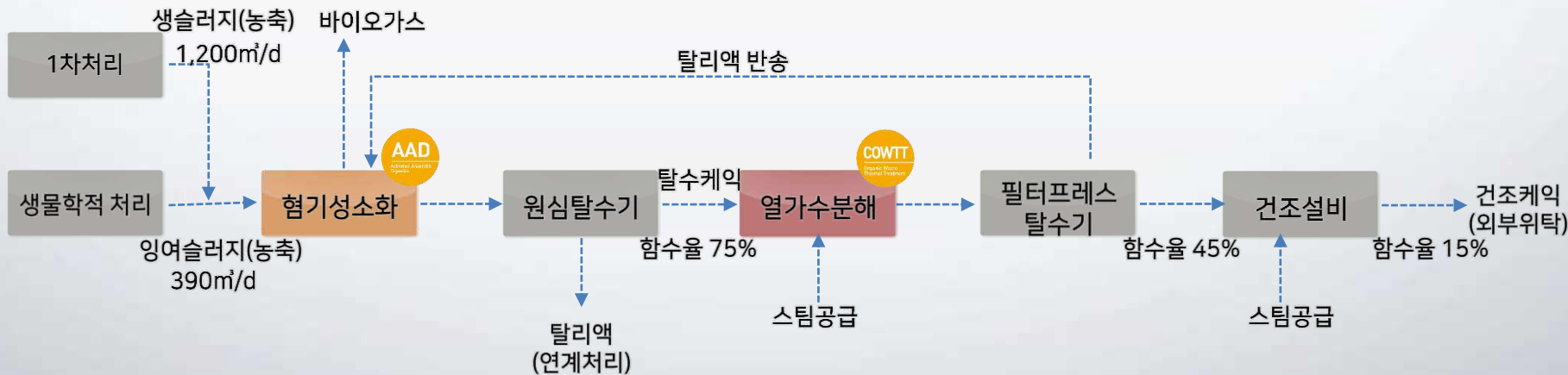


- 슬러지처리시설 : 가용화 및 혐기성소화 최적 공정 검토
- 바이오가스 생산량, 최종 부산물, 폐수 연계 부하 검토
- 초기 투자비 및 운영비 검토

Case 1 - 전단 가용화 공정



Case 2 - 후단 가용화 공정



주요 시설용량 및 물질수지 비교 검토

구분	주요 설비용량					바이오가스	스팀사용량		슬러지 발생량	건조 부산물	폐수연계 부하
	가용화 시설	혐기성 소화조	원심탈수기 (AD 전단)	원심탈수기 (AD 후단)	건조설비		가용화 시설	건조시설			
전단 가용화	처리량 48m ³ /d	처리량 1,260m ³ /d 규격 6,000m ³ × 6조	처리량 435m ³ /d 규격 40m ³ /hr × 2대	처리량 1,372.4m ³ /d 규격 50m ³ /hr × 4대	처리량 80m ³ /d (함수율 75%)	14,850Nm ³ /d 8,900Nm ³ CH ₄ /d	8m ³ /d	280m ³ /d	80m ³ /d (75%)	23.0m ³ /d (15%)	연계량 2,000m ³ /d BOD 3,100kg/d
후단 가용화	처리량 93m ³ /d	처리량 1,670m ³ /d 규격 6,000m ³ × 8조	-	처리량 1,773m ³ /d 규격 70m ³ /hr × 4대	처리량 30m ³ /d (함수율 45%)	16,600Nm ³ /d 9,960Nm ³ CH ₄ /d	17m ³ /d	15m ³ /d	30m ³ /d (45%)	18m ³ /d (15%)	연계량 1,700m ³ /d BOD 1,400kg/d

✓ 참고문헌

- 하수도시설기준(2011)
- 혐기성 소화를 위한 하수슬러지의 초음파와 알카리 전처리, 수원대(2011)
- G하수처리장 BMP TEST 결과 보고서(2016)
- Y하수처리장 설계도서(2016)
- 서산 친환경에너지타운, 밀양 가축분뇨공공처리시설
- 통합소화 기술지침
- Thermal pre-treatment of aerobic granular sludge: Impact on anaerobic biodegradability(Val del Rio et al., 2011)
- RBC Bioenergy Technology Subcommittee(WEF 2019)

후단가용화 적용시 가스 생산량 10%이상 증가, 연계부하 감소

공사비 및 운영비 비교 검토

구분	공사비(백만원)					연간유지관리비(백만원)								비고
	토목	건축	기계	전기	계	전력비	발전수익	연료비	슬러지처리비	약품비	용수비	수선비	계	
전단 가용화	3,100	2,500	41,500	6,200	53,300	560	260	2,700	1,300	500	160	240	5,720	
후단 가용화	3,700	1,400	45,000	6,800	56,900	590	340	520	1,100	300	50	260	3,160	
증감	+600	-1,100	+3,500	+600	+3,600	+30	+80	-2,180	-200	-200	-110	+20	-2,560	

- ✓ 공사비는 설계가/순공사비 기준이며, 실제 설계시 여건에 따라 변동될 수 있음.
- ✓ 토목공사비 : 구조물 체적당 200,000원 적용
- ✓ 건축공사비 : 건축 연면적당 1,500,000원 적용
- ✓ 기계설치비 : 일반기자재비 x 10%
- ✓ 배관공사비 : 기자재비 x 10%
- ✓ 전기/계장 : 기계공사비 15%
- ✓ 경상수선비 : 토목/건축 0.1%, 기계/전기 0.5%

후단 가용화 적용시 연간 운영비 25억 감소 효과

Case Study #2

유기성폐기물 통합처리 (S 하수처리시설)

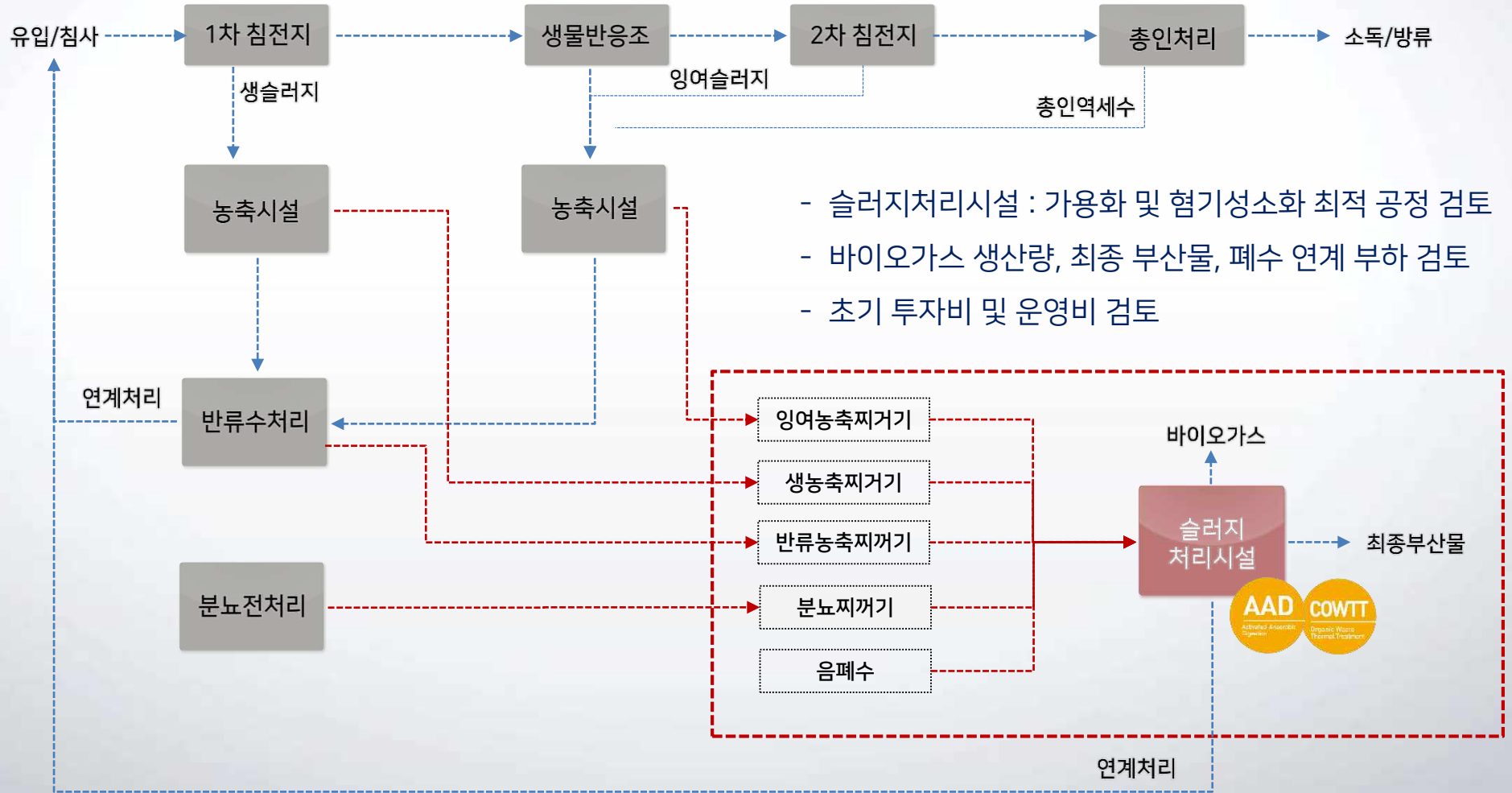
COWTT
Cyclic Organic Waste
Thermal Treatment

BKT
BIOKINETICS TECHNOLOGY

COWTT
Cyclic Organic Waste
Thermal Treatment

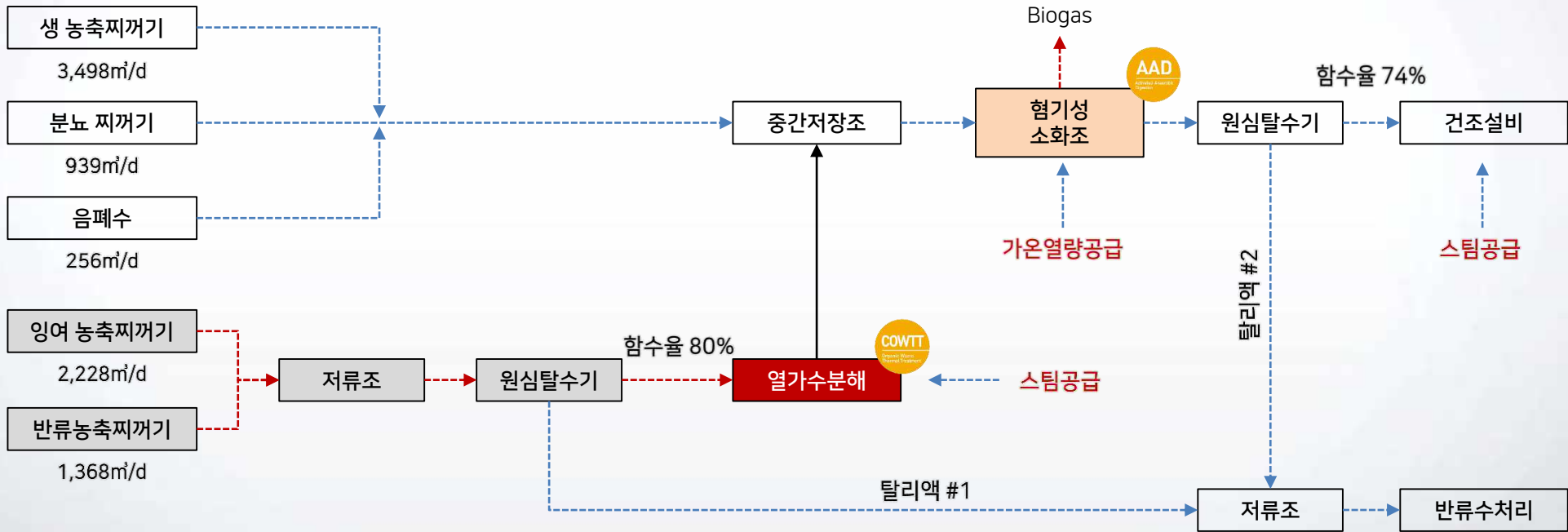
BKT
BIOKINETICS TECHNOLOGY

📍 S 하수처리시설 (시설용량 1,590,000톤/일)

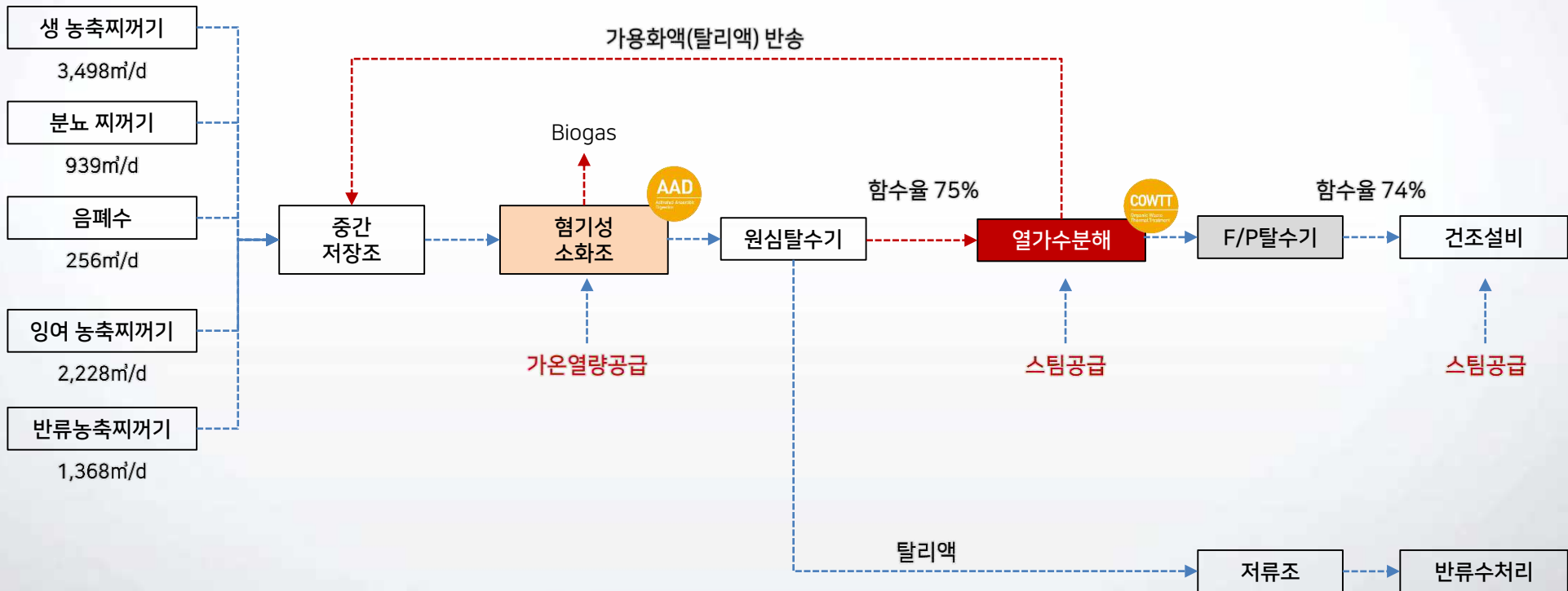


- 슬러지처리시설 : 가용화 및 혐기성소화 최적 공정 검토
- 바이오가스 생산량, 최종 부산물, 폐수 연계 부하 검토
- 초기 투자비 및 운영비 검토

Case 1 - 전단 가용화 공정 (일부 가용화)



Case 2 - 후단 가용화 공정



주요 시설용량 및 물질수지 비교 검토

구분	주요 설비용량					바이오가스	바이오가스 사용량			바이오 가스 잔여량	건조 부산물	폐수연계 부하
	가용화 시설	혐기성 소화조	원심탈수기 (AD 전단)	원심탈수기 (AD 후단)	건조설비		가용화 시설	소화조 가온	건조 시설			
비가용화	-	처리량 8,920m ³ /d 소요부피 248,690m ³	-	처리량 8,924m ³ /d	처리량 726m ³ /d (함수율 75%)	135,577Nm ³ /d 81,346Nm ³ CH ₄ /d	-	42,480 Nm ³ /d	산정 중	생산량 -가용화 -가온 -건조	산정중	연계량 8,580m ³ /d BOD: 22,333 kg/d TN: 20,145 kg/d
전단 가용화	처리량 952m ³ /d	처리량 5,650m ³ /d 소요부피 165,550m ³	처리량 3,596m ³ /d	처리량 5,650m ³ /d	처리량 629m ³ /d (함수율 74%)	149,631Nm ³ /d 89,778Nm ³ CH ₄ /d	14,585 Nm ³ /d	14,520 Nm ³ /d	산정 중		산정중	연계량 9,339m ³ /d BOD: 74,505 kg/d TN: 21,318 kg/d
후단 가용화	처리량 975m ³ /d	처리량 9,101m ³ /d 소요부피 269,640m ³	-	처리량 9,101m ³ /d	처리량 218m ³ /d (함수율 45%)	165,023Nm ³ /d 99,014Nm ³ CH ₄ /d	14,059 Nm ³ /d	41,669 Nm ³ /d	산정 중		산정중	연계량 9,290m ³ /d BOD: 22,873 kg/d TN: 22,698 kg/d

✓ 참고문헌

- 하수도시설기준(2011)
- 혐기성 소화를 위한 하수슬러지의 초음파와 알카리 전처리, 수원대(2011)
- Y하수처리장 설계도서(2016)
- Thermal pre-treatment of aerobic granular sludge: Impact on anaerobic biodegradability(Val del Rio et al., 2011)
- RBC Bioenergy Technology Subcommittee(WEF 2019)
- 통합소화 기술지침
- G하수처리장 BMP TEST 결과 보고서(2016)
- 서산 친환경에너지타운, 밀양 가축분뇨공공처리시설

후단가용화 적용시 가스 생산량 20%이상 증가, 잔여량 증대 효과

공사비 및 운영비 비교 검토

구분	공사비(백만원)					연간유지관리비(백만원)								비고
	토목	건축	기계	전기	계	전력비	발전 수익	연료비	슬러지 처리비	약품비	용수비	수선비	계	
전단 가용화														
후단 가용화						내용 확정 후 업데이트 예정								
증감														

- ✓ 공사비는 설계가/순공사비 기준이며, 실제 설계시 여건에 따라 변동될 수 있음.
- ✓ 토목공사비 : 구조물 체적당 200,000원 적용
- ✓ 건축공사비 : 건축 연면적당 1,500,000원 적용
- ✓ 기계설치비 : 일반기자재비 x 10%
- ✓ 배관공사비 : 기자재비 x 10%
- ✓ 전기/계장 : 기계공사비 15%
- ✓ 경상수선비 : 토목/건축 0.1%, 기계/전기 0.5%

전체 공사비는 산정중에 있으며, 완료되는대로 업데이트 하겠습니다.

(주)부강테크

A Clean & Beautiful World
Beyond Waste

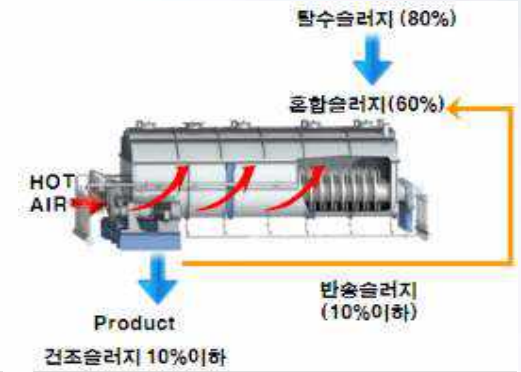
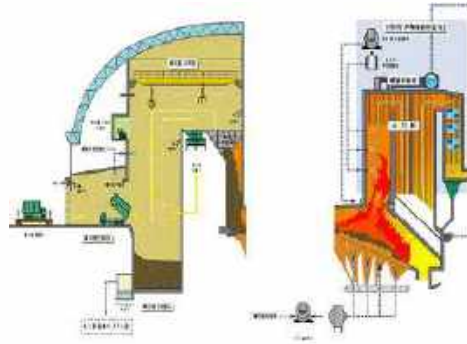
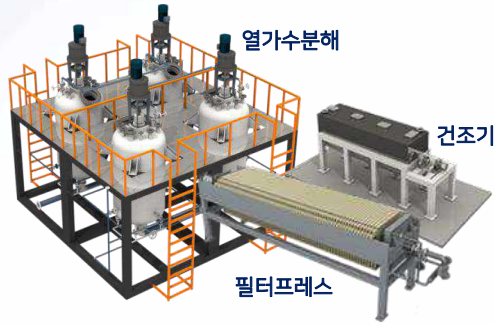
E-mail : bkt@bkt21.com

Tel : 070-5050-5555

Fax : 070-5050-5562

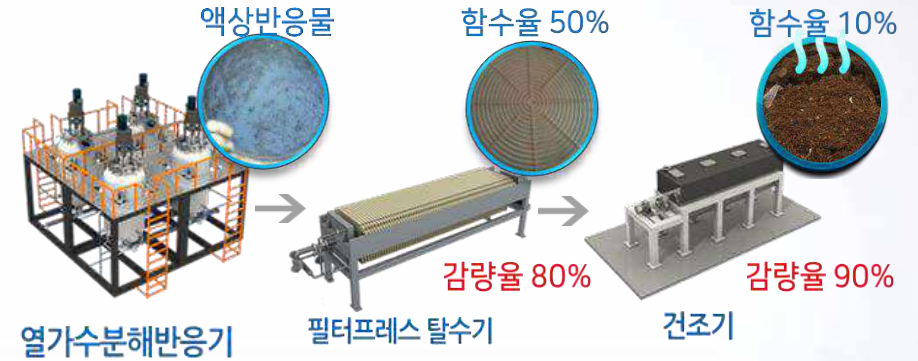


슬러지 감량화시설 비교



구분	열가수분해 +탈수 (F/P) +건조 (option)	소각	건조
원리	고온, 고압에 의한 가수분해	직접연소에 의한 소각	열 에너지에 의한 수분증발 후 매립 / 소각
생성물	건조 슬러지 (F/P 탈리액)	소각재	건조 슬러지 (건조응축수)
부산물 함수율	10% (필터프레스 50%)	10%	10%
에너지효율	우수함 (230,000 Kcal/ton)	에너지효율 낮음 (800,000 Kcal/ton)	에너지효율 낮음 (800,000 Kcal/ton)
특징	에너지 절감	높은 시설비 대기오염방지시설(대규모)	높은 처리비 대기오염방지시설(중규모)

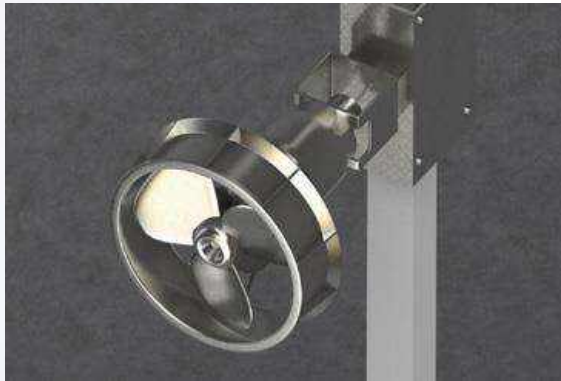
단독 건조방식과의 비교



구분	단독건조	열가수분해+탈수(F/P)+건조
특징	슬러지 점착구간(Glue Zone, 수분함량 55~65%) 회피를 위한 건조슬러지와 탈수케익 혼합 반입	슬러지 점착구간 원천적 배제 (건조기 투입함수율 50% 미만)
건조기 유입량 (시설용량)	Q + 건조슬러지 반송량	0.2Q

📍 AAD(Advanced Anaerobic Digestion)

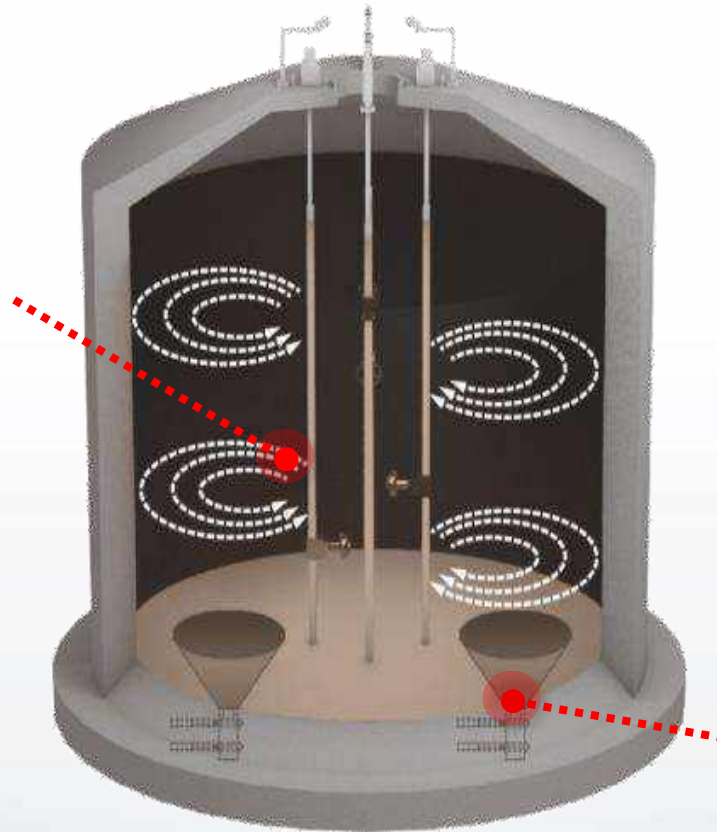
유압 구동식 교반기



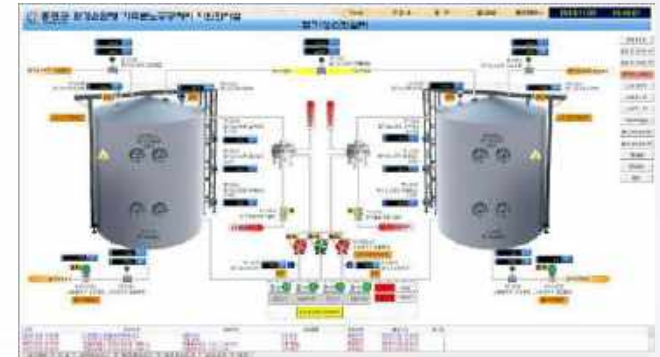
상·하, 좌·우(10°~350°) 회전가능



- 강력한 교반으로 사공간 제거, 스크제거
가스생산량 극대화

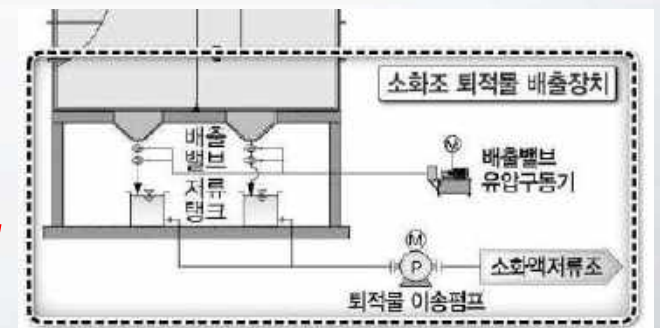


자동제어 설비



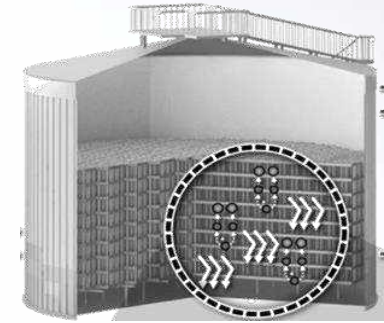
- 기계설비 및 계측장비와 연동한 자동제어시스템

퇴적물 배출장치



- 주기적인 퇴적물 배출

📍 혐기소화 기술비교자료



구분	AAD (부강테크)	D사	E사
원리	고효율 수중교반기와 퇴적물 배출 설비를 적용한 원통형 소화조	입축 수직 교반기를 적용한 일반적인 원통형 소화조	소화조 내부에 유공 Cell을 적층시켜 상향류 흐름의 소화조
소화조 형식	단상/습식/중온	단상/습식/중온	2상/습식/중온
교반방식	상하/좌우 완전 교반방식	입축 프로펠러형 교반방식	다단 상향류 PFR형 유체흐름과 적층된 유공Cell에 의한 자가 교반
유입 TS	최대 15% 이하	13% 이하	7%이하
퇴적물(FS) 배출율	90~95% 이상	80~90%	70~80%
특징	자동화 시스템으로 운영관리 최소화 퇴적물 관리 용이(준설 비용 최소화)	국내 다수 실적 보유 소화조내 사구간 발생 가능성 존재	교반을 위한 동력 최소화 유입 TS 제한으로 전처리 공정 복잡

📍 AAD 적용 사례

안성시 광일농장 가축분뇨자원화시설(20톤/일)



진주시 하수슬러지 처리시설 소화조효율 개선사업(755톤/일)



- 기타 실적 : 김제시 우정농장 가축분뇨자원화(30톤/일)
- 광주광역시 광산 내산동 가축분뇨자원화(30톤/일)
- 밀양 가축분뇨공공처리시설(100톤/일)
- 김해 가축분뇨공공처리시설 증설(200톤/일)

홍천군 환경순환형 가축분뇨공공처리시설(100톤/일)



울진군 환경순환형 가축분뇨공공처리시설(60톤/일)

