

(슬러지 가용화 및 혐기성소화, 난분해성 폐수처리, 살균,
약품 급속혼화장치, 원유 정제)

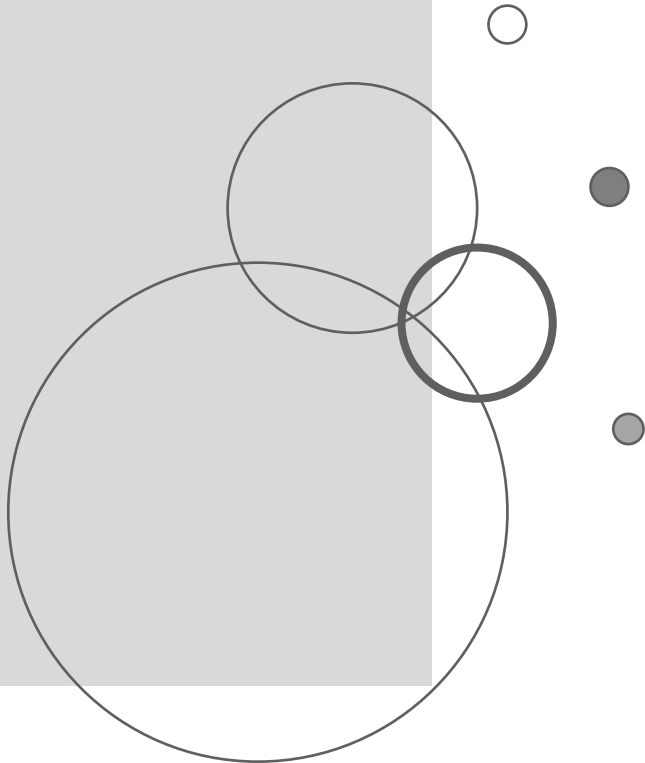
『캐비테이션(공동화장치) 기술』 소개

2026. 02.

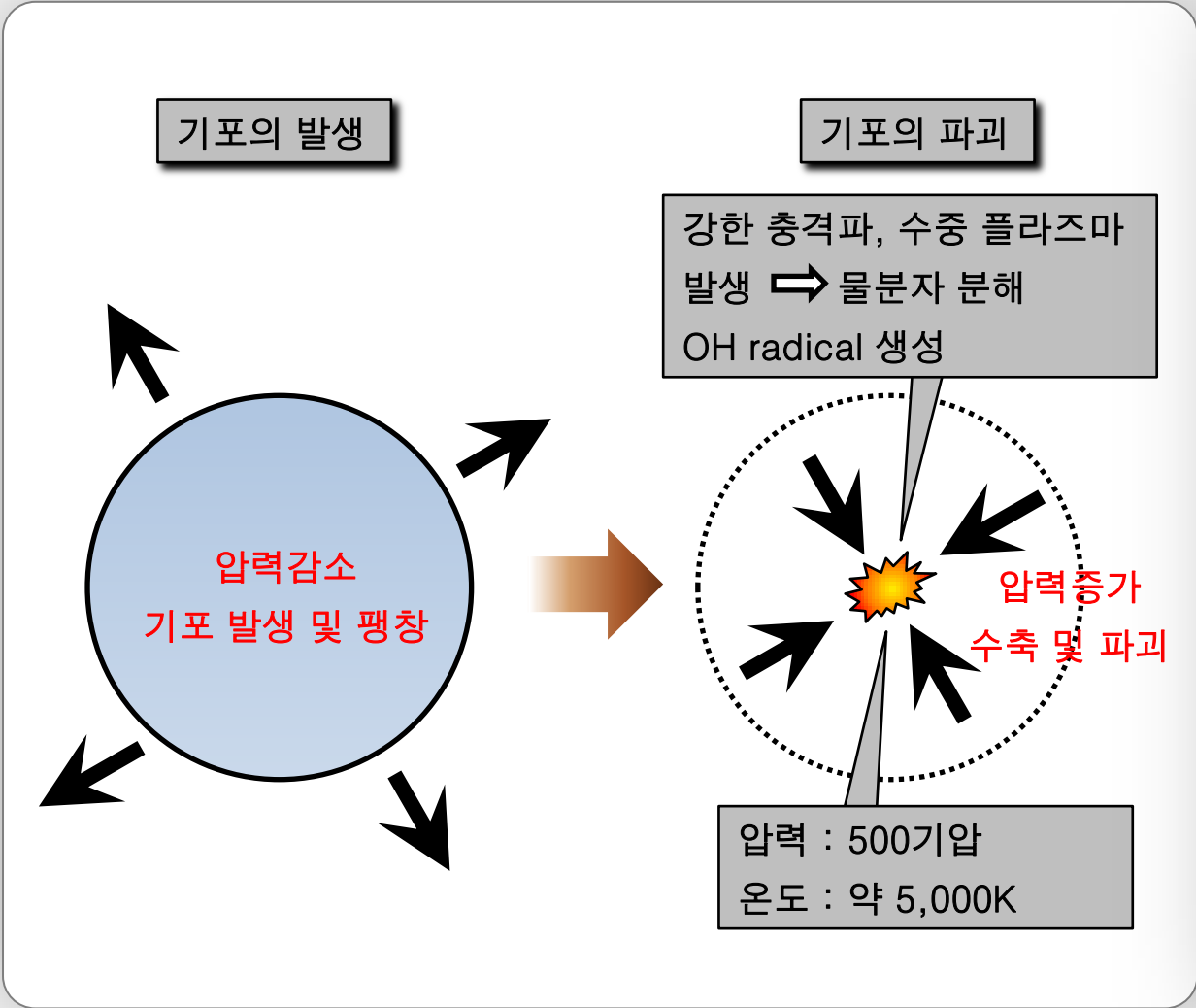




목 차

- 01 기술개발자 소개
 - 02 캐비테이션 (Cavitation) 기술 소개
 - 03 캐비테이션 (Cavitation)의 적용
 - 04 기술개발 진행 상황
 - 05 슬러지 가용화 및 혐기성 소화 분야
 - 06 추후 진행 계획
- 

항 목	세부 내용
학력	<ul style="list-style-type: none"> . 1982 ~ 1989 한양대학교 토목공학과 . 1990 ~ 1992 한국과학기술원 (KAIST) 환경공학석사
주요 경력	<ul style="list-style-type: none"> . 1992 ~ 1999 삼성물산 건설부문 근무 (건설연구소 및 환경사업팀) . 1999 ~ 2002 (주)제오씨엔디 이사 . 2005 ~ 2009 (주)에코데이 이사 . 2009 ~ 2011 (주)비엔에이치엔지니어링 전무 . 2011 ~ 2018 엔바이로앤에너지 대표이사 . 2018 ~ 2020 (주)에스엠 기술연구소 소장 . 2020 ~ 2023 (주)데오테크 기술연구소 소장 . 2024 ~ 현재 해성엔지니어링 환경사업부 부서장
보유 자격증	<ul style="list-style-type: none"> . 폐기물처리기술사, 수질관리기술사, 상하수도기술사 . 대기환경기사
특허 보유 현황	<ul style="list-style-type: none"> . 캐비테이션을 이용한 슬러지 가용화 수처리 장치 (등록번호 : 10-1602178) (이재기 및 용진환경 공동소유) . 염화동폐액을 이용한 탈취제의 제조 방법 (등록번호 : 10-2666478) . 구리킬레이트를 이용한 복합약취 성분의 제거 방법(등록번호 : 10-2789725) . 오존을 이용한 고농도 대기오염물질 제거 장치(출원일 : 2025년 5월 19일)

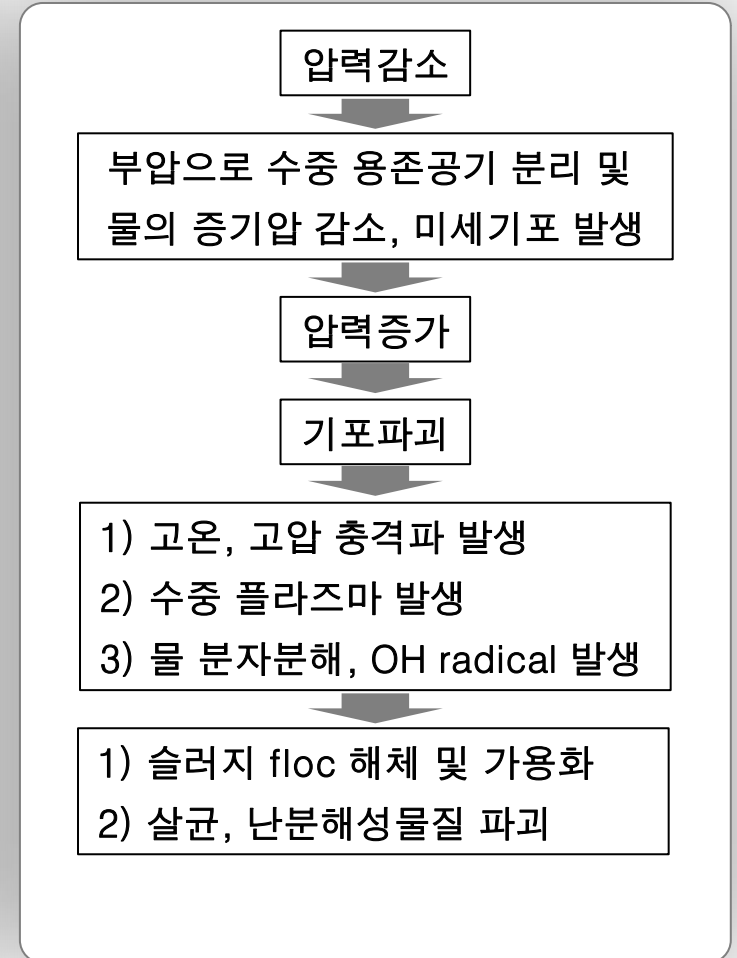
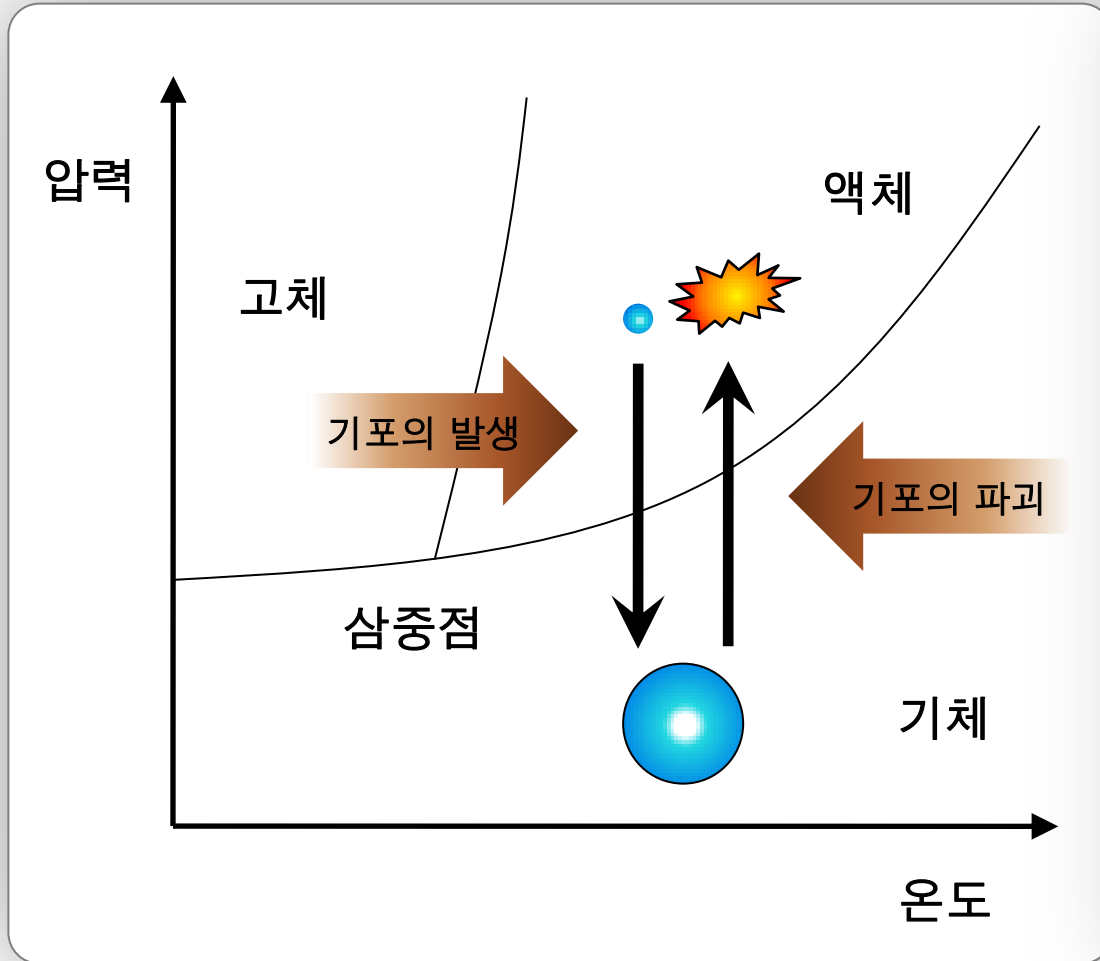


펌프 임펠러의 파괴



선박 스크류 손상





1. 캐비테이션(공동화 현상)이란 ?

액체의 미소한 일부의 주위가 액체로 둘러싸인 상태에서 기화하는 현상. 공동화, 공동현상이라고도 한다. 개체와 액체의 상대속도가 매우 큰 경우에 고체 표면의 일부에서 액체의 정압이 액체의 증기압보다 작아질 때 일어난다.

2. 캐비테이션 효과

- 부압에서 기포가 생성되며 양압에서 기포의 파괴가 일어남
- 기포가 파괴 및 수축되면서 발생하는 제트류는 100m/sec 속도를 발생시키며,
수축 충격력은 국부적으로 500atm의 고압, 5000K의 고온을 발생시킴
- 기포 파괴 충격력은 강한 충격파 및 수중 플라즈마를 발생시키면서 물분자를 열분해 및 이온화시켜 지구상 가장 강력한 산화력을 가지는 고반응성의 OH radical을 만들어냄

3. 파괴 충격력의 예

- 펌프의 임펠러와 선박의 스크류 등에서 발생하면, 표면에 미세한 천공이 발생하고, 천공이 다수 발생하면 균열과 파괴로 이어짐
- 따라서, 펌프와 선박의 스크류에서는 캐비테이션이 발생하는 것을 방지하는 설계를 반영하고 있음

캐비테이션(Cavitation)의 적용

초음파



초음파 세척기

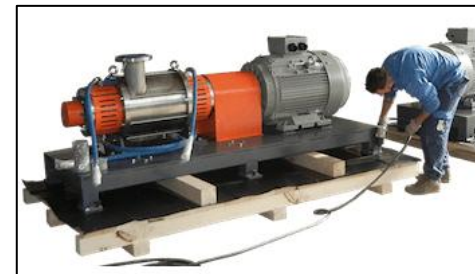


초음파 녹조 제거

장치형 (물리학적)



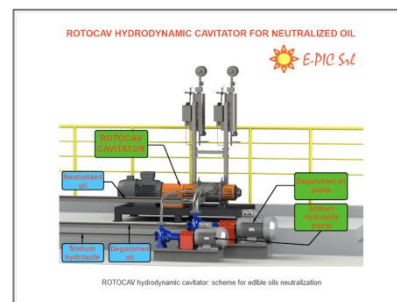
슬러지 가용화 (벤츄리)



슬러지 가용화 (펌프)



슬러지 가용화



원유 점도 감소 (펌프)

물리학적 캐비테이션 기술 → 적용 분야의 확대 동향

초음파 공동 현상
이론 접목

스팀 생산 보일러
(고압 수증기 발생)

- 1) 슬러지 분해 및 혐기성소화
- 2) 난분해성 폐수처리 AOP 적용
- 3) 중금속, 경도 성분 침전 제거
- 4) 살균 (냉각탑, 양어장, 선박 평형수, 스마트팜 용수 등)
- 5) 약품균일혼합 (약품, 화장품 등)
- 6) 원유정제 (Cracking, 점도 감소)

수중 플라즈마 발생
(그린 수소 생산)
(수중 핵융합)

항 목	시장 적용 분야	적용 효과	예상 시장 규모
슬러지가용화 + 혐기성소화조 메탄가스 발생량 증대	하.폐수처리장 잉여슬러지 처리	슬러지가용화, 슬러지발생량 감소, 슬러지가용화로 생성된 유기탄소원(메탄 을 대체)이용 인제거, 질소제거 효율 증대	국내 : 2,733억 국외 : 219,641억 폐수처리장 제외
	하.폐수처리장 혐기성소화 전처리	유입 고형 유기물입자 가용화, 혐기성 소화슬러지 발생량 감소, 바이오가스법(메탄가스 발생 속도 및 발생량 증가, 온실가스 감축)에 대응	국내 : 1,406억 국외 : 미산출 폐수처리장 제외
	음식물폐수, 축산폐수 소화조 전처리		미산출
수처리분야	폐수처리 AOP (OH radical 발생), 오존 함께 사용 처리속도 증가	난분해성 물질처리(색도, 향생제 등)	미산출
	광산폐수 중금속 응집침전 제거	중금속 이온 제거	미산출
	보일러 및 멤브레인 유입수 전처리	경도 이온 제거	미산출
	양어장, 목욕탕, 수영장	살균, 물가온(보일러 기능), 오염물산화	미산출
	스마트팜. 선박평형수, 냉각탑순환수	살균, 배관 내 미생물 슬라임 생성 방지	미산출
정유산업	원유 가온, 이송 점도 감소	강력한 순간 혼합 및 온도 상승 (점도를 낮추기 위한 원유 가온 비용 및 이송동력 현격히 감소)	미산출
화학분야	화장품, 폴리머, 벤토나이트 균질화	강력한 순간 균질화 혼합, 유화 효과	미산출

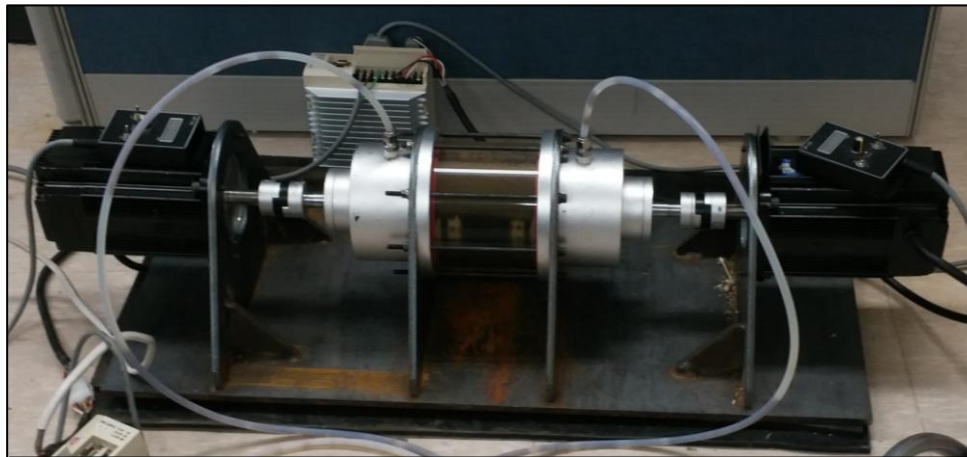
캐비테이션(Cavitation)의 적용

구분	회사명	참고사항	적용 분야	형태
미국	VORTEX CHC	http://vortexchc.com	냉각탑 살균 외 다양함	양방향 고정 프로펠러
	SPX FLOW	www.spxflow.com	믹서(혼합)	원통형
이탈리아	E-PIC S.r.l	www.epic-srl.com	다양함	한방향 임펠러
한국	뉴엔텍(주)	◆환경 신기술 인증 제331호◆ 『수리동력학 및 초음파 캐비테이션 조합처리를 이용한 바이오가스 증산기술』	하수슬러지 혐기성소화	초음파+벤츄리
	에이티이(주)	ATE (atecorp.co.kr)	하수슬러지 혐기성소화	한방향 임펠러
	코오롱 워터앤에너지	(등록특허 10-1284811) 수력학적 공동에 의한 산화 하이브리드 복합오염 토양 정화 시스템 및 방법	오염토양 정화	오리피스(벤츄리)
		(등록특허 10-1270403) 초음파 산화-추출 하이브리드 복합오염 토양 정화 시스템 및 방법	오염토양 정화	초음파
	케이퓨전 테크놀로지	미세기포 파괴를 이용한 수중 플라즈마 연속발생	그린수소 생산	오리피스(벤츄리)
	퍼스트랩 <FUST Lab.>	CAVITOX : 고도산화공정(AOP) DEBREX : 유화분산장비	PFAS(과불화합물) 분해 나노 유화.분산기술	집속형 초음파 기술
	(주)케이씨티 <(주)KCT>	◆넷제로(Net Zero) 챌린지 X 선정◆ (탄소중립.녹색성장 범국가 프로젝트) ◆(등록특허 10-2656931, 등록일자 2024년 04월08일) 이중 회전자 구조를 갖는 캐비테 이션 발생장치	바이오텔 양산 병커C-물 유화 순환식 수경재배 살균시스템	1) 회전임펠러(ROTOR)+ 고정임펠러(STATOR) 2) 양방향 회전임펠러
캐비트론(주)	CAVITRON(독일)과 기술제휴 KOREA 법인	유화.분산기술	회전임펠러(ROTOR)+ 고정임펠러(STATOR)	

1. 실험실 규모 실험 (슬러지 가용화)

(1) 최적 반응기 및 임펠러 형태 검증 (Lab Scale Test)

연구 장치



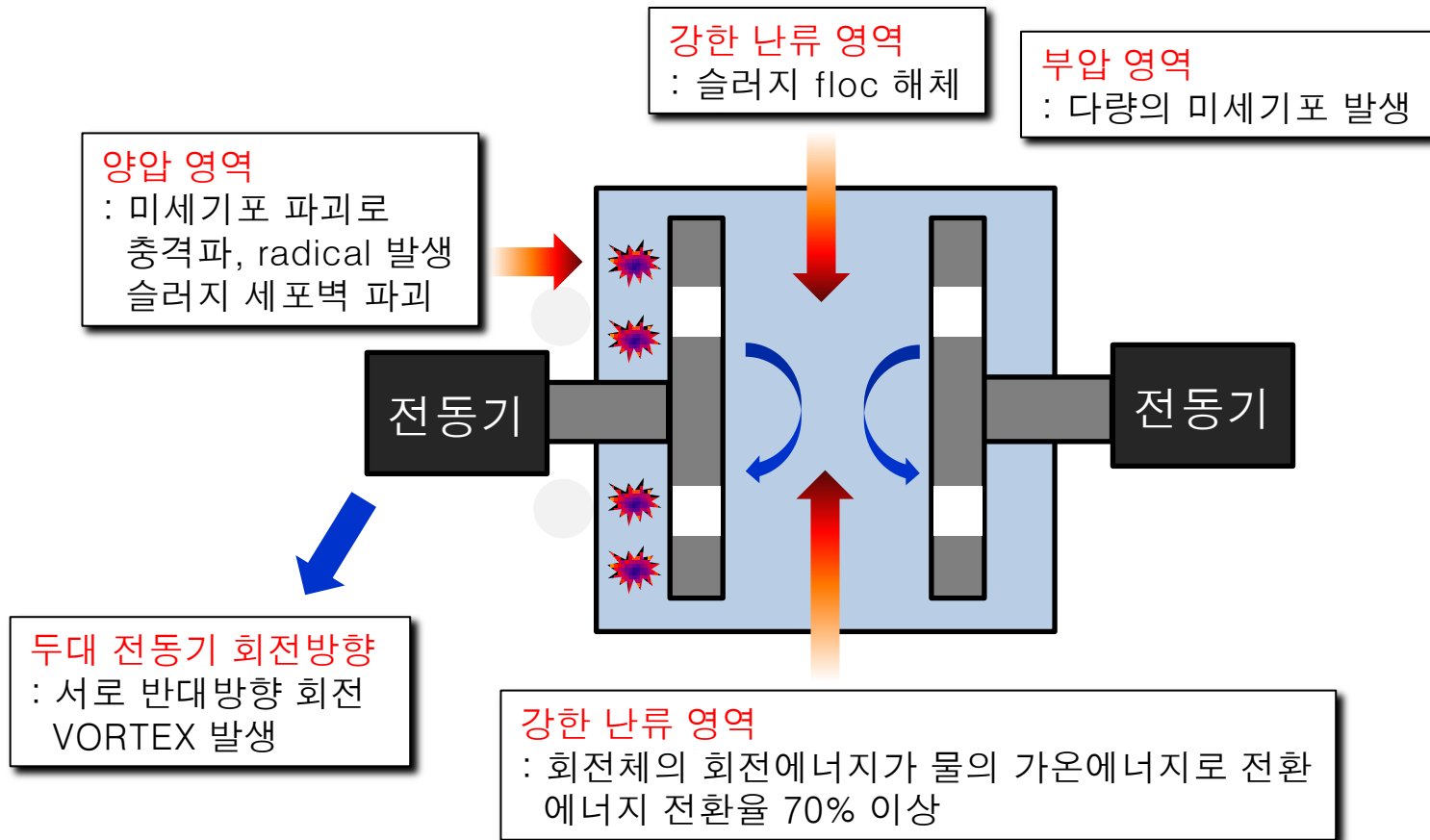
Lab Scale 연구 장치 제원

- 반응기 용량 : $V = 967\text{cm}^3$
- 반응기 제원 : $\varnothing 11\text{cm} \times L12.0\text{cm}$
- 임펠러 제원 : $\varnothing 10.5\text{cm} \times L1.0\text{cm}$
- 슬러지 반응 시간 : 5min
- 임펠러 회전 속도 : 2,500rpm

테스트 임펠러 형상

구분	제작 형태
돌기형	
원통형	
평판형	

(2) 캐비테이션 효과 분석



(3) 분석 결과

초음파 및 장치형 캐비테이션 간의 효율 비교

- 1) 벤츄리 대비 가용화 효율 ⇒ 6.4배 증가 (SCODcr)
- 2) 초음파 대비 가용화 효율 ⇒ 3.9배 증가 (SCODcr)
- 3) 초음파 대비 에너지회수율 ⇒ 2.7배 증가 (70%)
- 4) 슬러지가용화 소요시간 30분(초음파) 이상 ⇒ 5분

(4) 특허 등록

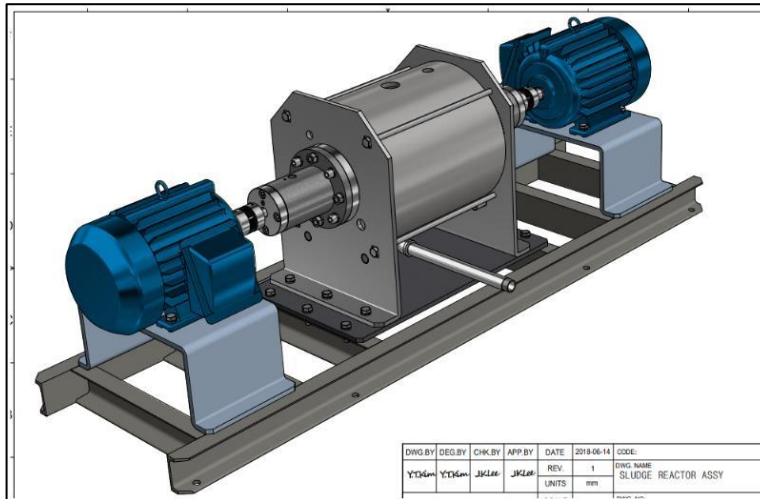
캐비테이션을 이용한 슬러지 가용화 수처리 장치 (등록번호 : 10-1602178)

(이재기, 용진환경주식회사 공동 소유)

2. 실규모 장치 설치 (슬러지 가용화)

(1) 오수 발생 슬러지 가용화

설계 도면 및 제원



반응기규격 : $\phi 270 \times 350$ (V = 20L)
 전체규격 : W400 x L1500 x 450H
 반응기재질 : SUS316L
 처리용량 : 5.6m³/d
 반응시간 : 5min

현장 설치 전경




3. 본 기술의 장점 (기존 캐비테이션 장치와의 비교)

분야	구분	상세한 내용
효율적인 반응기 구조	양방향 임펠러 및 임펠러 형상	1) 반응기 본체의 크기 조절이 가능 (본체 길이) ▶ 각각의 원료에 적합한 체류시간(반응시간) 확보가 가능 2) 공동화 현상 최대한 활용 ▶ 2개의 임펠러 끝단에서 발생하는 공동화 현상과 2개의 임펠러가 반대방향으로 회전하며 발생하는 VORTEX로 인해 발생하는 공동화현상을 모두 이용 3) 강력한 Mixing 효과 발생 ▶ 한방향이 아닌 양방향 임펠러를 채용, 한방향 임펠러 구조보다 더 강력함 4) 이물질이 감기는 것을 방지하는 임펠러 구조 ▶ 복잡한 구조는 머리카락, 셀룰로오즈 등이 임펠러에 감겨서 저해 발생
효율 증가	처리효율	기존 캐비테이션 대비 슬러지 가용화 효율 증가 ▶ 3.9~6.4 배
	반응시간 감소	기존 캐비테이션 반응시간 최소 30분 대비 5분이면 가능 ▶ 반응시간 6배 이상 감소
경제성 증가	보일러 기능	보일러 효율과 거의 동일 ▶ 혐기성소화를 위한 슬러지 가온 에너지가 별도로 추가되지 않으면서도 메탄가스 발생량은 20~30% 증가
	슬러지 발생량 감소	슬러지 파괴로 인한 슬러지 발생량 감소 ▶ 탈수케익 발생량 20~30% 감소로 처리비용 감소
	혐기성소화조 건설비용 감축	강력한 Mixing으로 인한 슬러지 분산화 촉진으로 유기물질 분해 시간 감축 ▶ 혐기성소화 시간 30일에서 20일로 감소 가능 ▶ 혐기성소화조 건설비용 20~30% 감소

1. 정책 동향 (1)

정책 동향	세부 내용
<p>바이오가스법</p> <p>2023.12.31 부터 시행</p> <p>(유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법)</p>	<p>1) 개요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 90% 이상 단순한 사료, 퇴비화로 처리되던 음식물류폐기물, 하수찌꺼기, 가축분뇨 등 유기성폐자원을 바이오메탄 에너지로 재활용 - 바이오메탄 사용으로 발생하는 온실가스 증가량은 0로 인정됨 (온실가스 저감 정책에 부합) <p>2) 바이오가스법 주요내용</p> <p>① 바이오가스 생산 목표제 도입</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공공 : 음식물류폐기물, 가축분뇨 + 하수찌꺼기, 분뇨 - 민간 : 음식물류폐기물, 가축분뇨 <p>② 바이오가스 생산시설 운영 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> - 운영평가 및 재정지원 차등화 - 생산, 이용시설 → 설치 · 개선 · 운영비 지원 가능 (재정지원 근거 마련) <p>3) 시행령 주요 내용</p> <p>① 민간 의무 생산자 범위 설정 (2023.12.28)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨 (배출자) 3년 평균 돼지사육수 2.5만두 이상 (처리자) 폐수발생량 200m³/일 이상 (단, 돈분 반입량 80% 이상) - 음식물류 폐기물 (배출자) 1천톤/년 이상 <p>② 생산 목표율 설정 (5년 단위 설정, 그 사이 목표율은 매년 지정)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공공 : (25~30년) 50%, (45년) 80%, (50년) 80% - 민간 : (25~30년) 10%, (35년) 50%, (50년) 80% <p>4) 바이오가스 활용</p> <p>① 도시가스 공급 ② 자체발전 또는 매전 ③ 시설 내 난방 ④ CNG 차량 충전 ⑤ ♣생산</p>

1. 정책 동향 (2)


보도자료
다시 대한민국!
새로운 국민의 나라

보도시점 2024. 3. 4.(월) 12:00 (화요일 오전) 배포 2024. 2. 29.(목)

2024년 통합 바이오가스화 사업 대상 지자체 8개 선정

- 바이오가스 생산목표제 이행 준비, 통합 바이오가스화 시설설치 지속 확대

환경부(장관 한화진)는 ‘2024년 통합 바이오가스화 시설* 설치 공모 사업’ 대상으로 지자체 8개의 사업을 선정했다고 밝혔다.

* 하수찌꺼기, 음식물류 폐기물, 가축분뇨 등 유기성 폐자원 중 2종 이상을 한 시설에서 통합 처리하여 바이오가스를 생산하는 시설

선정된 지자체 8개는 △인천광역시, △경기도 광주시, △경기도 과천시, △강원도 춘천시, △강원도 횡성군, △충청남도 부여군, △전라남도 목포시, △전라남도 순천시이다.

‘통합 바이오가스화 시설 설치 공모사업’은 바이오가스의 보급 및 사용 확대를 위해 2022년부터 사업을 진행했고, 이번 사업에 선정된 지자체 8개를 포함하면 총 15개의 통합 바이오가스 시설 설치가 추진된다.

환경부는 지난 1월 초부터 한 달간 전국 지자체를 대상으로 사업 신청을 받았고, 총 19곳의 지자체가 접수했다. 2월 22일 전문가로 구성된 선정 위원회가 개최되어 사업의 적정성 및 효과 등을 살펴보고, 환경기초시설임을 감안하여 △부지 확보 및 지역주민과의 원활한 소통 여부, △예산 신속 집행을 위한 사전절차의 충분한 이행 등 사업 추진 가능성을 중점적으로 검토하여 최종 8개의 사업을 선정했다.

이번에 선정된 8개 사업이 2030년까지 완공될 경우, 하루 1,660톤에 해당하는 유기성 폐자원이 처리되어 하루에 약 9만Nm³의 바이오가스를 생산할 수 있으며, 이는 약 3만 가구가 도시가스로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

‘유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법(이하 바이오가스법)’ 시행(2023.12.31.)으로 2025년부터 공공 부문 바이오가스 생산 목표제가 적용됨에 따라, 바이오가스 생산 의무가 부여되는 지자체에서는 통합 바이오가스화 시설설치 사업에 대한 관심이 부쩍 높아졌다. 이에 환경부는 올해 2월 지자체 업무 담당자 대상으로 정책 및 사업 설명회를 개최했으며, 전국에서 총 400여 명이 참여한 바 있다.

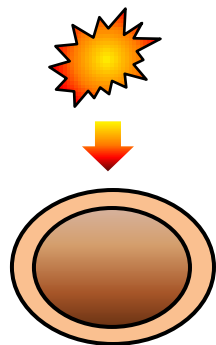
(환경부 예산 확대 : 통합 바이오가스화 생산시설)

☞ 2025년 20개소에서 2026년 26개소로 확대

환경부는 먼저 가축분뇨, 하수찌꺼기, 음식물쓰레기와 같은 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스화 사업을 확대하고자 이에 필요한 예산을 올해 160억원에서 내년 309억원에서 거의 두 배 규모(92.6%)로 늘렸습니다. 이를 통해 온실가스 저감, 자원순환 성과를 제고한다는 방침입니다.

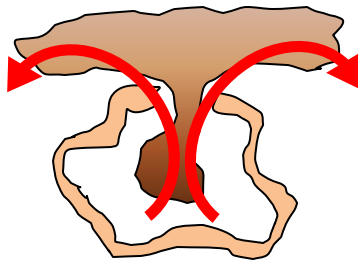
2. 슬러지 가용화 원리

- (1) 미생물 파괴 원리
- 강력한 Mixing
 - 기포 파괴 충격파
 - OH radical 발생

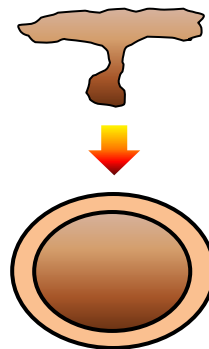


압력 500기압
OH Radical 발생

- (2) 세포내 물질 용출, 가용화

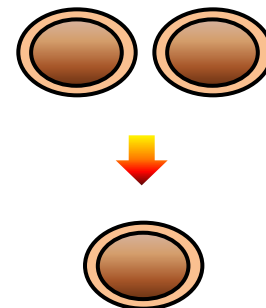


- (3) 가용화 물질 미생물 재이용
(혐기조, 무산소조, 혐기성소화조)



탈인 탈질 Biogas

- (4) 탈수슬러지 발생량 감소 (감량화)



슬러지 : SS

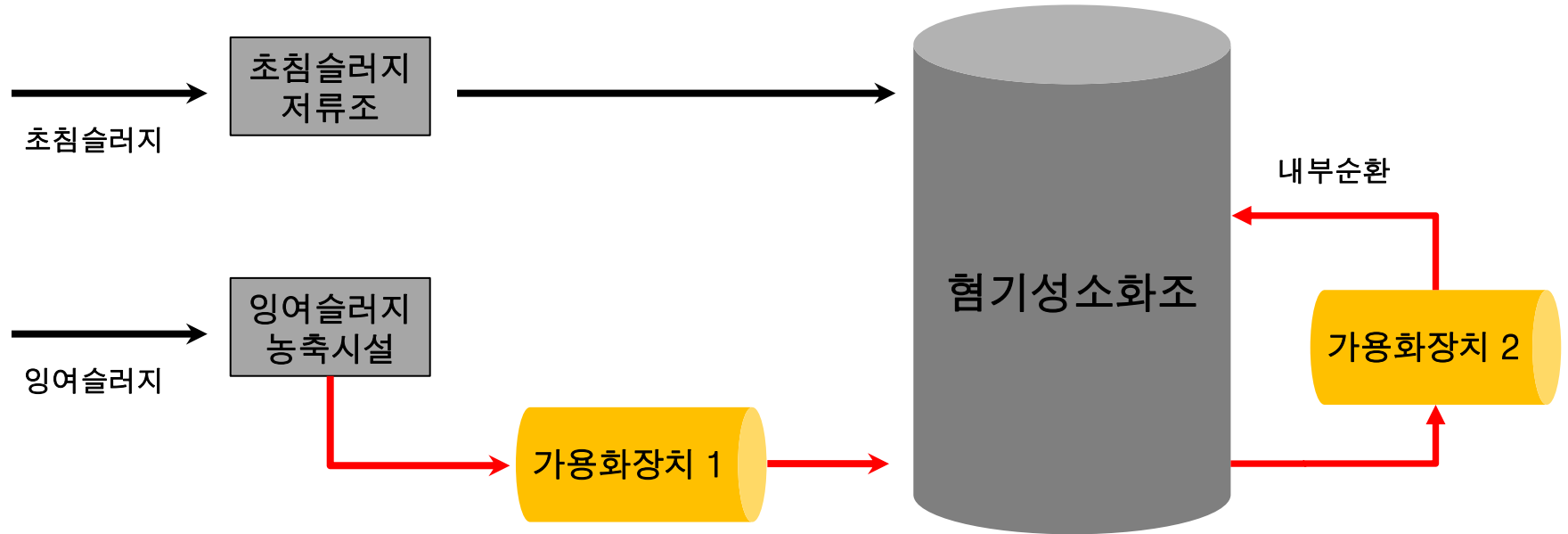


SCOD로 전환



SCOD 분해

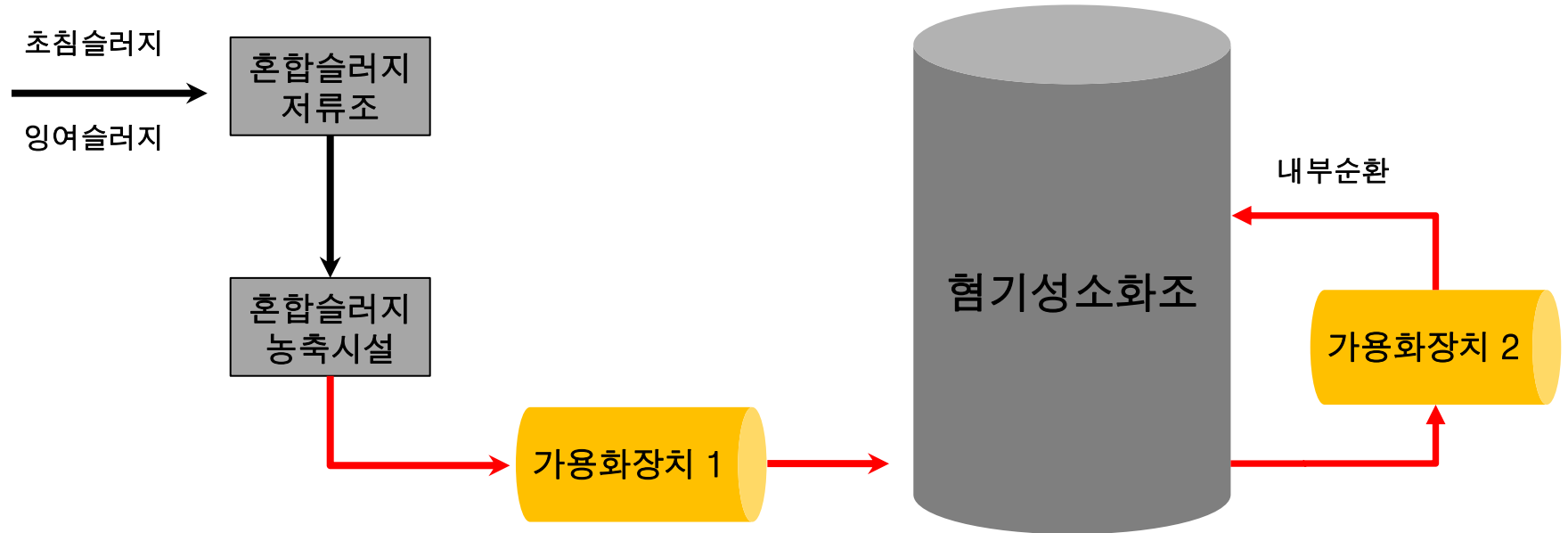
3. 적용방안 (CASE1)



최종 목표

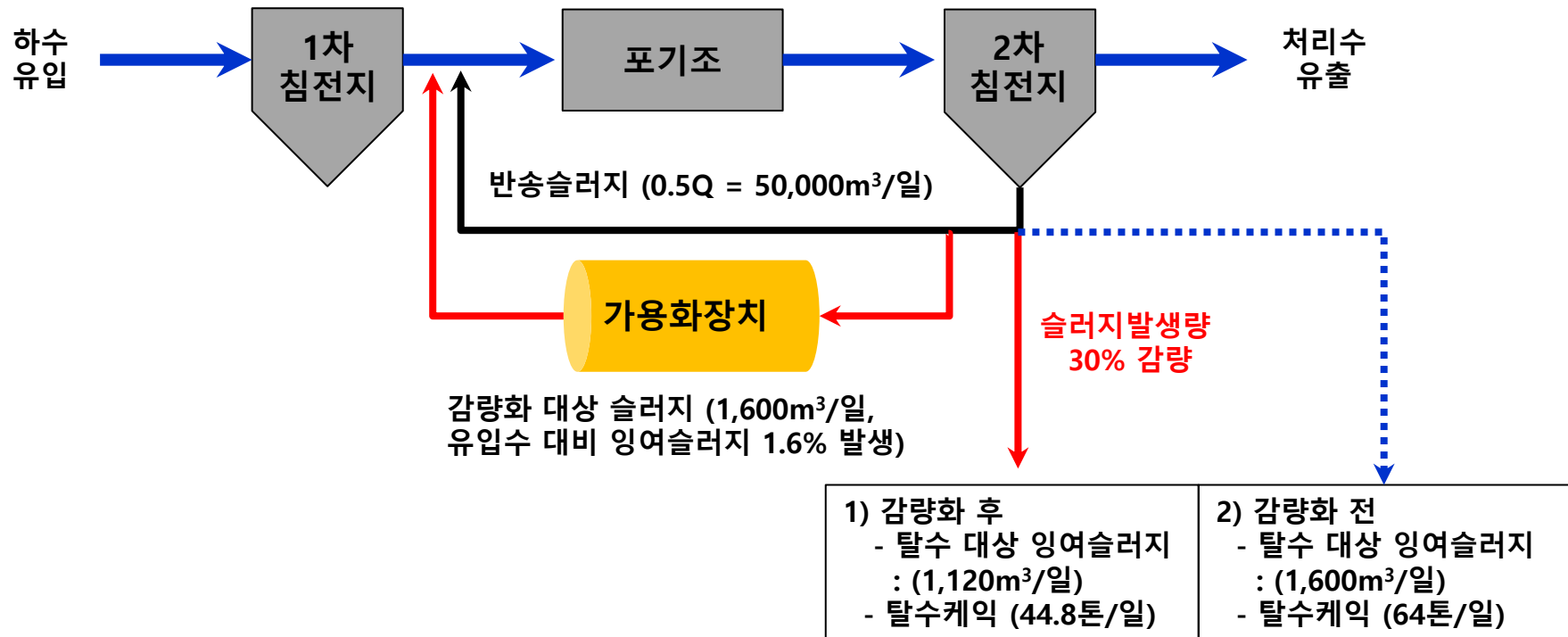
1. 소화가스 발생량 : 20~30% 증가
2. 탈수케익 함수율 : 5% 감소
3. 탈수케익 발생량 : 20~30% 감소
4. 소화조 VS 감량 : 20% 증가
5. 슬러지 가수분해 및 혐기소화 속도 증진
: 소화조 크기 1/3 감소

3. 적용방안 (CASE2)

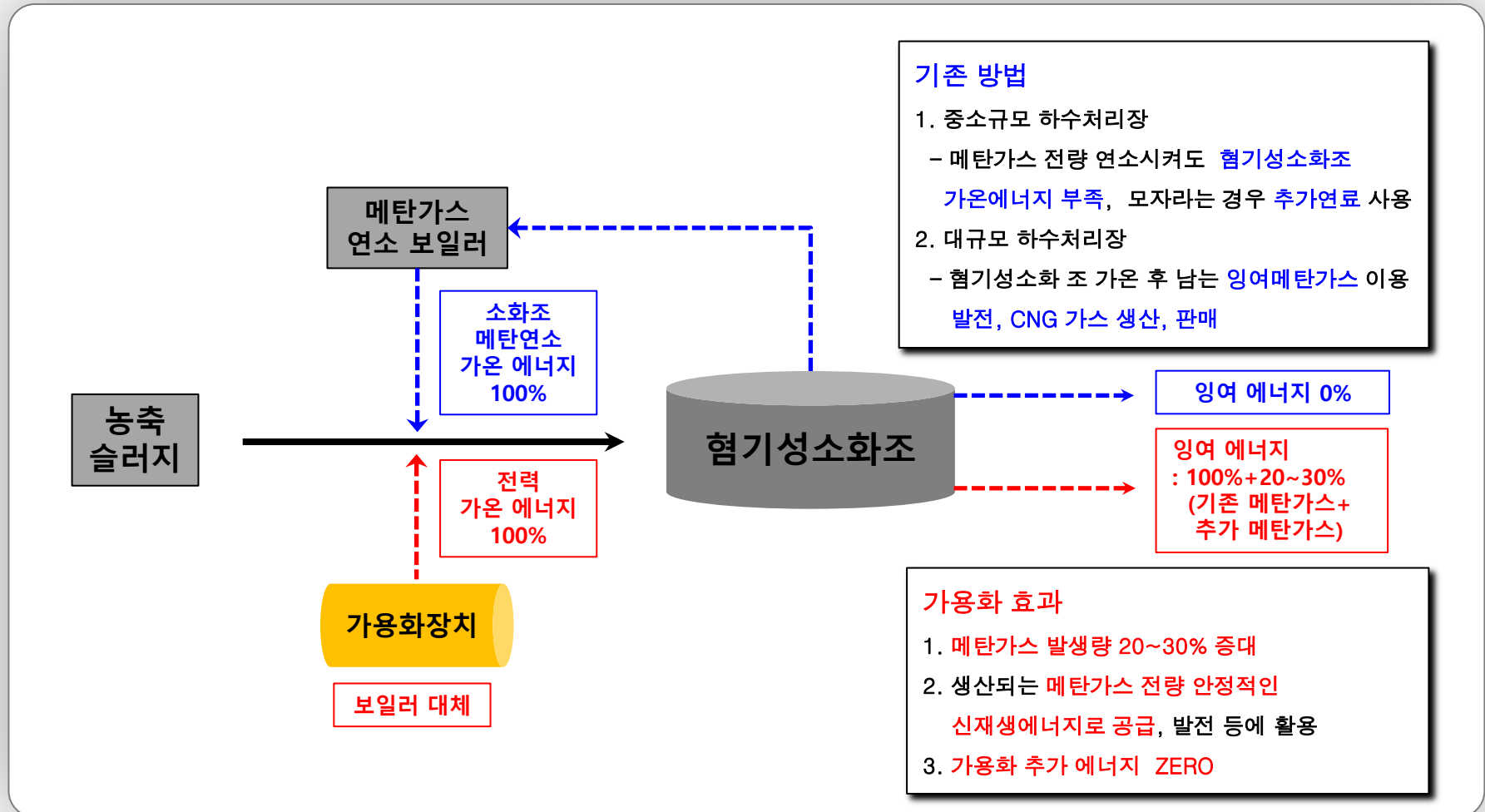


최종 목표

1. 소화가스 발생량 : 20~30% 증가
2. 탈수케익 함수율 : 5% 감소
3. 탈수케익 발생량 : 20~30% 감소
4. 소화조 VS 감량 : 20% 증가
5. 슬러지 가수분해 및 혐기소화 속도 증진
: 소화조 크기 1/3 감소

3. 기타 적용방안 (CASE3) 잉여슬러지 감량화 (하수처리장 규모 100,000 m³/일)

4. 신재생에너지(메탄가스) 활용 방법 차이점



5. 슬러지 가용화 기술 현황 및 비교표

구분	본 기술	뉴엔텍(주)	(주)카멕스이엠	SK케미칼(주) 엔텍스(주)
처리방법	임펠러 캐비테이션	벤츄리 + 초음파 캐비테이션	초음파	열적가용화
지적재산권	특허 10-1602178	환경신기술 인증 제331호 특허 10-0785327	특허 10-0603990 특허 10-0745201	환경신기술 인증 제465호 특허10-1419265
시설비	낮음	낮음	보통 (수입)	가장 높음
효율	가용화효율 높음	가용화효율 낮음	가용화효율 낮음	가용화효율 가장 높음
에너지소비	에너지소비 가장 적음, 에너지 소비 ZERO	에너지소비 높음	에너지소비 높음	에너지소비 가장 높음 160~180℃ 가온 에너지 80% 이상 회수
운전용이성	용이함	용이함	용이함	시설 복잡, 운전 어려움
기존시설 적용	적용 용이	적용 용이	적용 용이	어려움, 별도 부지 필요
소화조 적용 형태	중온소화 (35℃) 고온소화 가능	중온소화 (35℃) 고온소화 불가	중온소화 (35℃) 고온소화 불가	고온소화 (55℃) 중온소화 불가
실적	없음	서남, 부천, 일산, 안산 4건 서울, 경기, 제주 오폐수 6건	울산 용현하수처리장	진건하수처리장 P/P 화도푸른물센터 P/P
단점	현장 적용 실적이 없음	가용화효율이 낮음 에너지소비는 많음	가용화효율이 낮음 에너지소비는 많음	시설비 높음 에너지소비 많음 시설 복잡, 운전 어려움 과다한 가용화로 난분해성 물질 증가 현장 적용실적 없음

6. 당사 기술의 필요성

추가 에너지
Net Zero
(보일러 대체)

메탄가스 발생량
20~30% 증대
(재생에너지 추가 생산)

슬러지 감량
20~30%
(온실가스 감축,
처리비용 감소)

바이오가스화법
에 대응
(초기 및 추가 시장
확보 가능)

가장 효율적인
가용화 장치

1. 혐기성소화조 가온
: 스팀 또는 온수
보일러로 가온
☞ 가용화장치로
대체하여 가온
2. 에너지 효율
☞ 보일러효율(70%
이상)과 대등 이상

1. 슬러지 EPS(세포외
고분자 물질) 파괴 및
슬러지 분산화
☞ 미생물의 유기물
접촉효율 증가
☞ 가수분해속도 증대
☞ 혐기성소화조 용량
증대

1. 슬러지 처리를 위해
소요되는 에너지 감축
☞ 온실가스 감축
2. 최종처리 슬러지 감량
☞ 처리비용 20~30%
감소 효과

1. 정부 정책에 조화
☞ 온실가스 감축
☞ 재생에너지 생산
2. 공공 및 민간시장
확대에 조기 대응

1. 추후 진행 계획

구분	상세한 내용
정부 탄소중립 사업화지원 프로젝트 참여	- Net Zero challenge X 참여 (기술 X 금융, 민·관 원팀의 범국가 탄소중립 프로젝트, 대통령직속 2050 탄소중립녹색성장위원회)
정부 연구과제 참여	- 정부연구과제 참여로 Pilot Plant 설치 및 가동
1단계 상용화 추진 (상생협력 실증화 과제)	- 환경신기술 인증 및 검증 추진 슬러지 가용화 장치 + 혐기성소화조 연계 Test - 민간 : 국내 민수 및 민자사업에 대응 기존 혐기성소화 기술 가진 업체와 Joint 캐비테이션 장치 부가 설치 추진 - 슬러지, 축산분뇨, 음식물폐수 가용화 및 혐기성소화 적용
2단계 상용화 추진	- 정부 : 환경신기술 검증기술로 시범사업 참여 기존 하수처리장 혐기성소화조 개량 사업 참여 - 민간 : 국내 민수 및 민자사업에 대응 기존 혐기성소화 기술 가진 업체와 Joint 캐비테이션 장치 부가 설치 추진 - 슬러지, 축산분뇨, 음식물폐수 가용화 및 혐기성소화 적용
추가 사업 진행	- 정부 정책 및 민수 방향 검토 : 가장 수요가 큰 사업분야에 적용