

나노효소활성 기반, 기후농업기술과 잣 생산



PineGuard-NX™
(Nanozyme Xylem Stabilizer)

도관 붕괴 지연
수분 스트레스 완화
생존기간 연장

SMO 3단 통합 산림기술 플랫폼

- 재선충에 의한 도관의 수분붕괴 지연
- 도관 안정성과 생리 스트레스를 제어
- 물 흐름이 끊어지지 않도록 고사방지



경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168 (흥덕IT밸리)
Tel: (031) 340-3551
www.orpinnovation.com

- 목 차 -

I. 문제 현황

- 소나무 재선충병 = ROS 과잉과 도관막힘
- 가평 잣이 사라진다

II. 해결방안

III. 가평 잣이 사라진다

IV. SMO 기반 잣나무 생산 회복 프로그램 사업모델

- 기후변화 적응형 생리적 기능 강화형 잣나무 품종개발

V. 가축분 고비효 저탄소 (맞춤형 나노캐리어) 비료 제조

I. 문제 현황

소나무 재선충병

재선충병 확산 → 대규모 벌목 불가피

경제적 손실 + 산림 훼손

대응: 살충제 → 벌목 + 소각 (유일한 방법)

비용 막대함

“유의미한 대안 없음”

소나무재선충 피해증상(병징 및 진행과정)

- 기온이 높은 시기 : 다량의 소나무재선충 침입 ▶ 빠르게 병징이 나타남
- 3주 후 목은 잎 변색 확인 ▶ 1개월 정도 경과 후 잎 전체 갈변, 심하면 고사
- 9월 이후로 감염시기가 늦어질 경우
- ▶ 병징이 늦게 발생, 이듬해에 고사, 일부 가지만 죽는 경우도 있음

1 전전목



2 감염초기



3 감염말기



가평 잣이 사라진다... 4천t 달하던 생산량 2023년 24t에 그쳐

기후 변화로 잣나무 분포지 감소 원인

소나무재선충·허리노린재 병충해까지

가평군·경기도 문제 공감... 대책 고심

“유의미한 대안 없음”



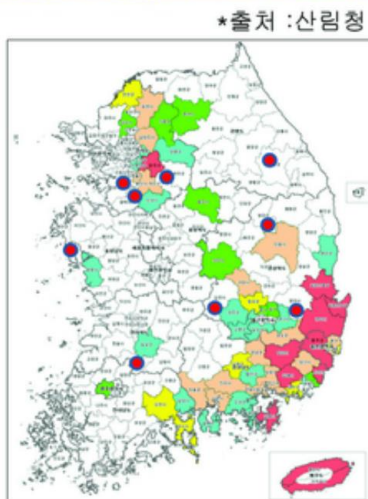
소나무 재선충병

ROS 과잉과 도관막힘

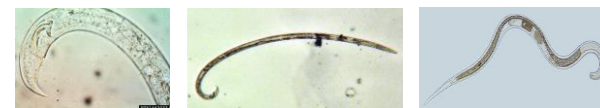
우리나라에서는 1988년 부산 금정산에서 소나무재선충에 의한 소나무류 피해가 최초 확인된 이후 피해가 확산, 2003년부터 2005년까지 **방제비용으로만 연평균 1000억원 이상 투입**되고 있는 것으로 집계됐다. 이처럼 소나무재선충병에 의한 직·간접적 피해가 매우 심각하기 때문에 이를 방제하기 위한 다양한 방법들이 활용되고 있으나 유의한 효과는 없다.

소나무재선충(국내 발생 연혁)

- 1988년 부산 금정산 최초 발생
- 2001년 경남(거제, 김해, 진해, 밀양), 경북(구미) 전남(목포)
- 2005년 대구(달서, 달성, 북구) 강원(강릉, 동해)
- 2007년 전북(익산, 임실) 경기도(포천, 남양주), 강원(춘천, 원주), 경남(산청)
- 2009년 충북(옥천, 단양) 지역발생
- 2010년 전남 여수, 순천, 광양
- 2011년 경기(용인, 성남)
- 2013년 경기(양평, 하남, 가평, 연천, 양주, 안성), 강원도(춘천-재발생, 충북(충주), 경북(상주), 울산(동구)
- 2014년 서울(정릉), 경기(의왕, 이천, 여주, 평택), 강원(정선), 충남(태안), 전북(순창), 대구(서구), 경북(영천, 김천, 영주)
- 2015년 서울(용산), 대구(달서구), 강원(원주), 충북(단양), 충남(서천, 천안), 전북(군산)
- 2016년 동두천
- 2017-2020년 파주, 화성, 연천
- 2021년 부산(연제구), 강원(동해), 충북(충주), 전북(완주), 전남(함평, 화순, 나주) ▶ 7개 지역



- 학명: *Bursaphelenchus xylophilus*
- 길이: 약 1mm 내외 (매우 미세)
- 형태: 실처럼 가늘고 투명한 선형 구조 양쪽 끝이 뾰족한 실지렁이 형태
- 특징: 육안으로는 거의 보이지 않음 물속 또는 목질 내부에서 활발히 이동

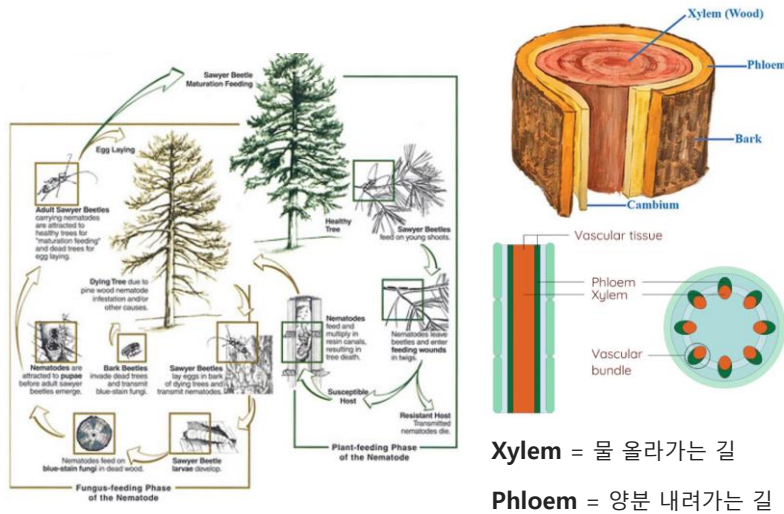


- * 서식 위치: **소나무의 물관(xylem) 내부**
- 작용 방식: **수분 이동 통로를 막음** 수지(송진) 흐름 교란
- 결과: 나무가 **"급격히 말라 죽는 현상"** 발생

- 정체: **미세 선형 기생충** (눈에 안 보임)
- 치명성: 소나무 수분 이동 차단 → 급사
- 전파: 매개충(솔수염하늘소 등)이 옮김

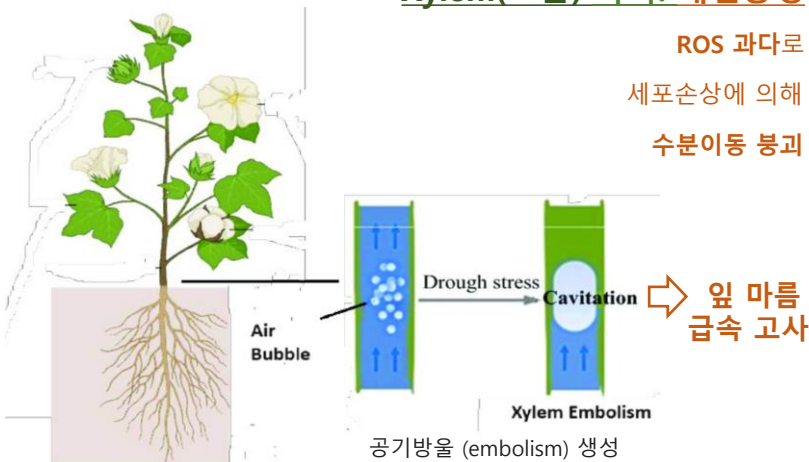
나무는 병으로 죽는 게 아니라 **ROS 과잉**으로 스스로 무너집니다.

ROS 과잉과 도관막힘



Xylem(도관) 마비: 재선충병

ROS 과다로
세포손상에 의해
수분이동 붕괴



Xylem (도관) 기능 3가지

- 1) 물 이동: 뿌리 → 줄기 → 잎
- 2) 무기질 이동: Ca, K, Mg 등 운반
- 3) 구조 지지: 나무의 강도 유지

재선충병 감염

수지(resin) 과다 생성

도관 막힘

공기방울 (embolism) 생성

물 흐름 중단

Xylem (도관)은

단순한 파이프가 아니라 물을 잘 흐르게 하는 “생명선”

II. 해결방안

1. 초기 감염목 생존율 개선
2. 수분 스트레스 완화
3. 고사 지연 기술

“죽은 나무를 살리는 기술”은 불가능
 “죽기 직전 나무를 살리는 기술”은 가능

1. SMO 나노자임 활성화

- ROS 제어
- 수분에 의한 스트레스 완화... **건조스트레스 완화**

2. 나노캐리어 전달

- 도관 침투.... **모세관 상승력 개선**
- 국소 작용

3. 토양/근권 활성화

- 뿌리 흡수력 증가... **초기 수분이동 보조**

“프리컨디셔닝과 생존율 향상 기술”

초기단계에 개입 (Early-stage intervention)

PineGuard-NX™ (Nanzyme Xylem Stabilizer) 작동 가능 메커니즘

1. 수분막 안정화 : **Cavitation 지연**
2. ROS (활성산소종) 제어 (나노자임 역할): **스트레스 반응 완화**
3. 미세 통로 유지: **초기 도관 기능 유지**
4. 수지 과다 분비 억제 가능성 (**가설**): **매우 중요**

PineGuard-NX™ (Nanzyme Xylem Stabilizer) 맞춤형 설계

“수분 이동 개선”이 아니라 “도관 붕괴 지연과 생리적 안정화”

1. 나노자임 (ROS 제거) : 이미 식물 스트레스 분야에서 검증된 방향

- SOD-like, Catalase-like
 - ROS 산화 스트레스 감소
 - 세포막 안정화
 - 수분 스트레스 완화
- 
CeO₂ 기반 nanozyme (SOD/Catalase mimic)
Fe₃O₄ 기반 nanozyme (peroxidase-like) 농도 10 ~ 50 ppm (금속 기준)

2. 나노캐리어 (도관 전달 시스템) : “잎 → 줄기 → 뿌리” 이동 가능 설계

- 크기: 50~150nm (xylem 이동 가능 범위)
 - 도관 내부 전달
 - 국소 농도 유지 (점진적 방출)
- 
실리카 기반 mesoporous nanoparticle (50~120nm)
또는 bio-polymer carrier (chitosan derivative는 주의 → 저농도만)

3. 수분이동 보조 (저표면장력 활성화수)

- 초기 수분이동개선 (표면장력 10~20% 감소)
- Capillary flow 보조 (ORP: +300~600 mV)

→ 적용 대상 구분: 초기 적용이 전부

단계	효과
건강목	생육 촉진
초기 감염	효과 가능성 높음
중기 감염	제한적
말기 (갈변)	효과 거의 없음

4. 근권활성 (뿌리활력유지, 2차 스트레스 완화)

- *Bacillus velezensis* / *amyloliquefaciens*
- *Trichoderma* spp. - Fulvic acid (0.01~0.05%)

단독 해결책 X
 보조 시스템 O

PineGuard-NX™ 제형 (제품 형태)

1) 액상 (주력)

- SMO 활성수 기반, 50~150nm (xylem 이동 가능 범위)
- 나노자임 + 나노캐리어 분산

2) 토양 관주용 농축액

- 희석비: 100~300배

1. 투입 방식 (현장 적용 핵심)

1) 수간주입 (가장 효과적)

위치: 지면 30~50cm
깊이: 3~5cm
주입량: 1~2L / tree

적용 대상:

초기 감염 의심목

2) 토양 관주

20~50L / tree

뿌리 반경 집중

목적:

근권 활성 흡수력 유지

3) 엽면 살포 (보조)

흡수율 낮음 → 보조용

2. 적용 타이밍 (매우 중요)

시기	목적
3~4월	예방
5~6월	핵심 투입
7월 이전	마지막 효과 구간

갈변 이후 투입 → 효과 거의 없음

3. 기대 효과 (현실적 기준)

항목	기대 수준
고사 지연	3~12개월
수분 유지	증가
스트레스 완화	확실
재선충 제거	❌ 불가

4. 리스크 및 주의

- 중금속 나노입자 → 환경 규제 대응 필요
- 과농도 → 식물 독성 가능
- "치료"가 아니라 고사를 지연하는 것

재선충 대응 “**Xylem 안정화 나노자임/나노캐리어**” 설계.

아래의 2가지 방안을 권장함

1안: 수간주입형

- 입자 크기: 25–50 nm
- 표면전하: -10 ~ -20 mV
- 농도: 2, 5, 10 ppm 3수준 시험
- 제형: 저염, 저점도, 비이온성 또는 약한 음이온성 분산계
- 목표: xylem 내 장거리 이동 + ROS 완충

2안: 토양관주형

- 입자 크기: 10–20 nm
- 표면전하: -5 ~ -15 mV
- 농도: 1, 3, 5 ppm 시험
- 목표: 근권 흡수 후 xylem loading 유도

“뿌리흡수형 10–20 nm”보다 “수간주입형 25–50 nm, 약한 음전하, 2–10 ppm”**이 유리함.

*Ref: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942823008082>

현재 근거상,

양전하 키토산계 캐리어를 주전달체로 쓰는 것은 xylem loading 관점에서 불리할 가능성이 높다.

키토산은 식물방어 유도에는 좋을 수 있으나, xylem으로 “멀리 실어 보내는” 목적에는 적합성이 낮을 수 있다.

*Ref: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-35066-y>



기술적용의 목표

“현재”

- 재선충 = “베고 태운다”
- 비용 = 막대
- 대안 = 없음



“고사 시점을 장기간 지연시키는 기술”

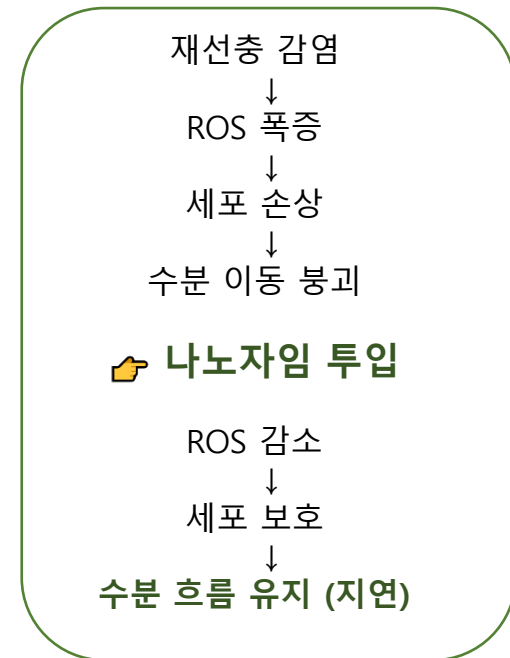
- 감염 확산 속도 ↓
- 고사 시점 지연
- 경제적 가치 유지 기간 ↑

문헌상 실제 xylem sap에서 **CuO NPs**와 **CeO₂** 또는 그 변환종이 검출된 사례가 있으므로, “효과 추정”이 아니라 **xylem sap 실검출**로 검증되어야 할 것임.

*Ref: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22435775/>

→ 최소한 아래 항목은 관리되어야 함.

- DLS 크기 / PDI / zeta potential: 주입 전후
- 주입액 EC, pH
- 주입 직후 및 24-72시간 xylem sap 내 입자 존재
- 수분포텐셜, 수간전기저항, 엽수분함량
- ROS 마커, MDA, 항산화효소
- 수지 분비 변화, 조직 독성



III. 가평 잣이 사라진다

잣나무 비료 기본 원칙

- 질소(N) 과다 → 연약한 조직 → 병충해 증가
- 완효성(천천히 방출) 비료 권장
- 토양 pH 약산성(5.0~6.5) 유지 중요
- 유기물 중심 관리가 가장 안정적

지금 문제는 비료가 아니라 '생식 실패 + 해충 피해' 문제입니다."

SMO 기반으로 가장 유효한 포인트

1. 해충(소나무허리노린재) 대응 간접 접근

소나무허리노린재의 구과·종실 흡즙 피해 → 적기 방제 (6월 중순~7월 초)

수액 품질 변화 → 해충 기피 가능성 (연구 필요)

2. 기후변화 (고온+장마) 스트레스 완화

나노자임 활성수 → ROS 균형 조절

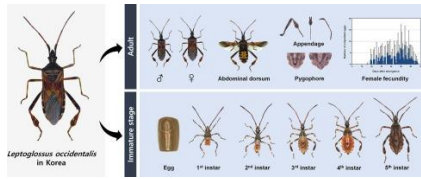
고온 스트레스 대응

3. 토양 미생물 개선 및 병해 (재선충) 대응

뿌리 활력 ↑ → 결실 안정성 ↑

북방 흰수염 하늘소와 연계된 소나무재선충병 확산 → 감염 진단

소나무허리노린재는 소나무(특히 잣나무 포함)에 피해를 주는 대표적 침엽수 해충입니다.



- 학명: *Leptoglossus occidentalis*
- 분류: 노린재목(Coreidae)
- 영어명: Western Conifer Seed Bug
- ☞ 북미 원산이지만 현재는 한국 포함 전 세계로 확산된 외래 침입종입니다.

- 몸 길이: 약 15~20mm
- 색상: 갈색 계열 (나무와 비슷해 위장 잘함)
- 특징:
 - 뒷다리에 앞처럼 넓은 구조(허리처럼 보이는 부분) → 이름의 유래
 - 날개에 흰색 지그재그 무늬

피해 특성 (매우 중요)

이 해충이 문제가 되는 이유는:

- 1. 종자(잣, 솔방울 씨앗) 흡즙**
 - 솔방울 속 종자를 빨아먹음
 - 잣 수확량 급감의 핵심 원인 중 하나
- 2. 열매 품질 저하**
 - 정상적으로 딱딱하게 익지 못함
 - 수분 많은 허물한 상태(사용자께서 언급한 증상과 일치)
 - 내부 종자 발달 불량
- 3. 기후변화와 시너지**
 - 따뜻한 겨울 → 개체수 급증
 - 생존율 증가 → 피해 확대

발생 시기

- 봄~여름: 번식
- 가을: 솔방울 집중 피해
- 겨울: 건물 안으로 침입 (월동)

ORP 기술 관점 (핵심 인사이트)

SMO + 나노자임 활용 가능성

- 1. 수액 흐름 개선 (Xylem flow 개선)**
 - 표면장력 감소 → 수분 이동 개선
 - 스트레스 저항성 증가
- 2. ROS 제어 기반 방어력 강화**
 - 나노자임 → 항산화 + 면역 활성화
- 3. 노린재 흡즙 피해 완화**
 - 조직 회복 속도 증가
 - 종자 발달 유지 가능성

- 소나무허리노린재는 실제로 잣 생산 감소의 핵심 해충
- ORP가 언급한 열매 이상 현상과 매우 높은 상관성 있음
- 단순 방제보다:
 - ☞ “나무 자체의 생리 강화 + 해충 억제” 복합 전략 필요

IV. SMO 기반 잣나무 생산 회복 프로그램 사업모델

본 내용은 검증된 산림 방제기술이 아니라, SMO 나노자임 활성수 기술을 활용한 현장 실증형 사업모델 제안이며, 상용 설계를 위한 아이디어이다.

사업명: “Pine Nut Recovery Program (PNRP)”

사업 매출 포인트: 해충·병해·기후온난화 등 복합문제이므로 통합관리 서비스가 필요함.

① 잣 생산 손실 진단 → ② 권역 방제 연계 → ③ 수세 회복용 활성수/토양개선 패키지 → ④ 결실 데이터 모니터링

서비스 구성

1단계: 원인 진단 서비스

드론 영상, 피해목 GPS 매핑, 구과 절개 샘플링, 재선충 의심목 분류를 제공함
수익모델은 ha당 진단비 또는 프로젝트 착수비임.

2단계: 방제 연계 서비스

직접 농약 판매보다, 지자체·산림조합·방제업체와 연결하여 적기 공동방제 PM 역할함.
수익모델은 프로젝트 관리수수료임.

3단계: SMO 기반 수세 회복 패키지

이 부분은 검증이 필요하므로, 가능성 있는 형태는

- 토양관주용 저염류 활성수
 - 유기물/바이오차 침투 촉진용 전처리수
 - 묘목장·유묘 단계의 활착 보조수
- 하지만 허리노린재 직접 방제 효과나 성목 결실 회복 효과는 반드시 파일럿으로 입증함.

4단계: 성과연동형 계약

다음 해 구과 건전율, 공립율, 쪽정이율, 수확량 회복률로 성과를 측정함.

파일럿 설계

가장 현실적인 파일럿은 3개 처리구 비교임

- 대조구: 기존 관리
- 표준구: 적기 방제 + 임분정비
- 실증구: 적기 방제 + 임분정비 + **SMO 기반 수세회복 패키지**

평가 지표는 “SMO가 실제로 기여했는지”를 분리해서 확인가능

① 허리노린재 밀도, ② 건전 구과율, ③ 쪽정이율, ④ 열매 함수율/경도, ⑤ 수확량, ⑥ 수관활력

고객군

가평·남양주·춘천·홍천·인제처럼 잣 생산 또는 잣나무림 보전 이해관계가 있는 지역의
지자체, 산림조합, 잣 생산자협회, 임업후계자 조직이 1차 고객군.

최근 대응도 행정·생산자 단체·과학원·산림청이 함께 움직이는 형태라, B2C보다 **B2G/B2Association**이 맞음.

제안 내용

“잣 생산량 회복”이 아니라,

“**잣 생산 손실의 주원인인 허리노린재·재선충·기후 스트레스를 동시에 관리하는 권역형 회복 프로그램**” 으로 제안함.

기후변화 적응형, 생리적 기능 강화형 잣나무 품종개발

일반적인 육종이 아니라, **장기적·다층적 전략**(유전 + 생리 + 환경제어)이 필요합니다.
특히 잣나무는 생장 속도가 느린 수종이라 **기술 결합형 접근이 핵심**입니다

왜 필요한가

최근 잣 생산 감소의 핵심 원인:

- 고온 스트레스
 - 수분 불균형
 - 병충해 (특히 선충, 곰팡이)
 - 개화·결실 교란
- 즉, "단순 비료 문제"가 아니라
유전 + 생리 + 환경 복합 문제

① 전통 육종 (가장 현실적인 방법)

- 우수 개체 선발 (열매 잘 맺는 나무)
- 내건성/내열성 개체 선발
- 교배 → 선발 반복

개발기간 10~20년

가능성 이미 산림청/연구기관에서 수행 중
충분히 검증된 방법

② 분자육종 / 유전자 기반 접근

내열성 (HSP 계열)

수분이동 (Aquaporin)

항산화 (ROS scavenging)

③ 생리적 "기능 강화형 품종" (핵심 전략)

여기서 ORP 기술이 **게임체인저** 가능

품종을 바꾸는 대신, **나무의 기능을 바꾼다**

1) 나노자임 활성화

- ROS 균형 조절
- 항산화 시스템 강화

2) 나노캐비티 수분 활성화

- 수분 표면장력 감소
 - xylem 이동성 증가
- xylem = 물 이동 통로

항목	변화
가뭄 저항성	↑
고온 내성	↑
광합성 효율	↑
열매 품질	↑

V. 가축분 고비효 저탄소 (맞춤형 나노캐리어) 비료 제조

SMO 나노자임 관주용 액상 복합비료 (SMO Nanozyme Fertigation Concentrate)

원수: 양돈폐수 처리 공정 중 중간액 또는 고도처리수

처리: SMO 활성화 + 멸균 안정화 + 영양염 회수/농축

조성: **NPK 보강 + 미량원소 + 필요 시 휴믹/풀빅/해조추출물**

제품 구조: **재이용수 + 등록 비료 패키지**

- 본체는 농업용 재이용수
- 비료는 별도 등록품, ORP는 “**SMO fertigation package**”제품으로 판매

이 방식은 인허가 리스크가 가장 낮습니다.

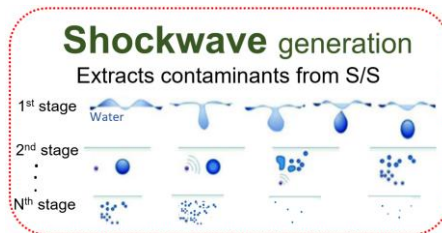
상품화 전에 꼭 해야 할 검증은 다음 5가지.

1. **비료성분 분석:** T-N, P₂O₅, K₂O, 유기물, 염분. 가축분뇨 액비의 현장 분석기 개발 자료에서도 N, P₂O₅, K₂O, 수분, 유기물 관리가 핵심으로 다뤄졌습니다.
2. **위해성 분석:** 대장균 O157:H7, 살모넬라, 중금속. 이는 가축분뇨발효액 공정규격의 핵심입니다
3. **저장 안정성:** 침전, 악취 재발, pH 변화, 가스 발생.
4. **약효/비효 시험:** 상추, 토마토, 고추, 잔디 등 빠른 포트시험 → 관주 실증.
5. **법적 포지셔닝 확정:** 부산물비료로 갈지, 보통비료로 갈지, 재이용수 패키지로 갈지 선결정.

ORP Innovation의 나노기술은?

아래와 같이 분자변화에 의한 나노입자 생성 원천기술

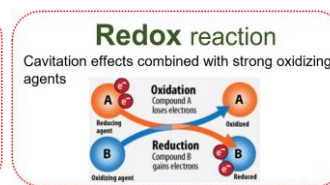
1. 나노입자 제조: 1) 수중 다단계 및 다중교차 충격파 방출에 의한 Liquids, Solids, Gases의 전단과 합성
2) 증발 응축, 기상 합성 등을 통해 나노입자 제조
3) 물리, 화학, 생물학적 표면장력변화 및 합성에 의한 nano-emulsification, nano-synthesis 반응
Liquid + Liquid, Liquids + Solids, Liquids + Gases + Solids 등의 나노유화 및 산화-환원반응,
4) 수중 용존산소 포화, Nanozyme 생성



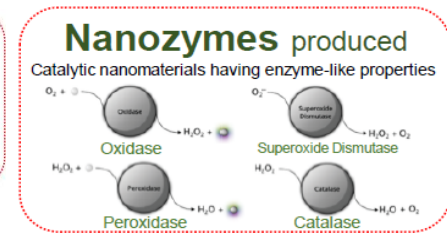
물리적 분자변화로 나노입자 생성



제어된 나노캐비티 생성



강력한 산화-환원반응



생물학적 나노자임 생성

2. 나노캐비티의 크기: 직경 140nm 이하의 미세 기포, 일반적인 기포와 달리 물에 용해되어 안정적으로 유지.

농도: 2억7천만개/ml 이상의 다량 기포, 표면적이 넓어 혼합물질은 분자변형 촉진

생산규모: 최소 0.5 m³/h ~ 최대 50m³/h

3. 나노캐비티의 특성: 1) 용해도: 산소, 이산화탄소, 오존 등 다양한 기체가 물/액체속에서 안정적으로 용해.

- 2) 환경 및 자연친화성:

초미세 상태에서 나노구조체를 합성하여 에너지효율의 극대화 및 효과적 오염제거 등으로 부산물 생성 최소화.

- 3) 안정성: 물/액체내 용해된 나노캐비티는 장기간 안정적으로 공존.

나노캐비티 기포는 나노입자물질의 저장 컨테이너로 매우 유용.

- 4) 높은 표면/계면 에너지: 넓은 표면적에 의한 강한 계면활성력은 물리적/화학적/생물학적 반응 촉진

4. 나노캐비티의 초분자적 접근 및 이점

- 1) 액체의 증발 응축 및 기상 합성을 통해 **나노구조체 합성**, 이러한 과정으로 **미세입자 세정 및 순수화 촉진**
- 2) 나노캐비티에 의해 천연효소 생체모방 기질과 함께 생화학적 촉매반응이 우수한 **나노자임 생산**
- 3) 나노캐비티의 공동기포는 나노 컨테이너 공간으로서 **나노구조체 합성물의 운반체 기능제공**
- 4) 자연 진화적 경험에 의한 생태학적이론은 **나노자임에 의하여 실질적 수행가능**
- 5) H_2O , CO_2 , N_2 , O_2 , H_2 및 CH_4 와 같은 소분자를 **활성화하는** 현재의 과제에 충분히 적용가능



5. 나노캐비티 생성, 나노에멀전 반응, 나노자임 생산 관련 기술의 미국-한국-중국 특허



미국기술특허

한국 기술 특허

중국기술특허

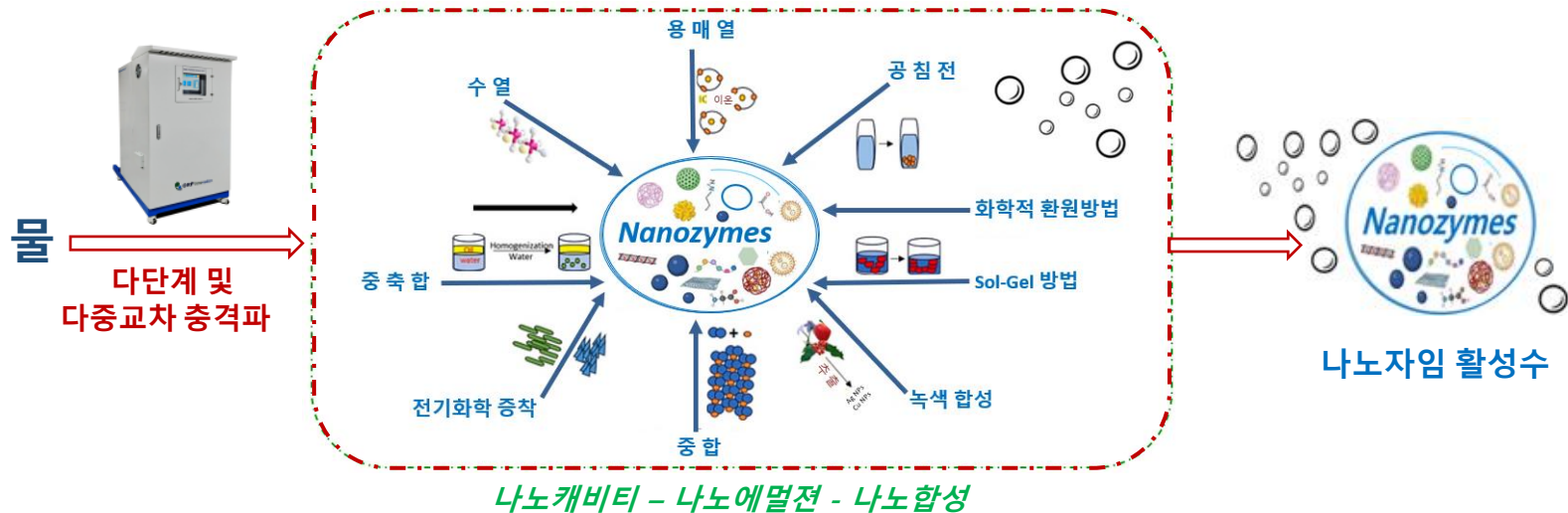
6. Nanozymes, 맞춤형 나노자임 적용방안

1) 효소 유사 활성 부여

- **표면 개질**: 나노물질 표면에 특정 화합물(리간드, 폴리머)을 코팅하여 효소 활성부여, 효율검증
- **촉매 활성화**: 과산화효소(oxidase), 산화효소(oxidase), 카탈라아제(catalase)... 등 효소역할 기능화

2) 특정 환경에 맞는 설계

- **pH, 온도 안정성 조정**: Nanozyme의 활성은 천연효소와 달리 더 넓은 범위의 pH나 온도에서 안정적 작동
- **기질 특이성 설계**: 목표하는 분자(기질)에 맞춰 특정 반응만 일으키도록 설계, 안전성과 독성 평가



천연효소는 제한된 열 안정성, 얇은 pH 범위의 제약에 취약으로 변성되고 효소활성이 크게 손상되거나 방해받기 쉽다.

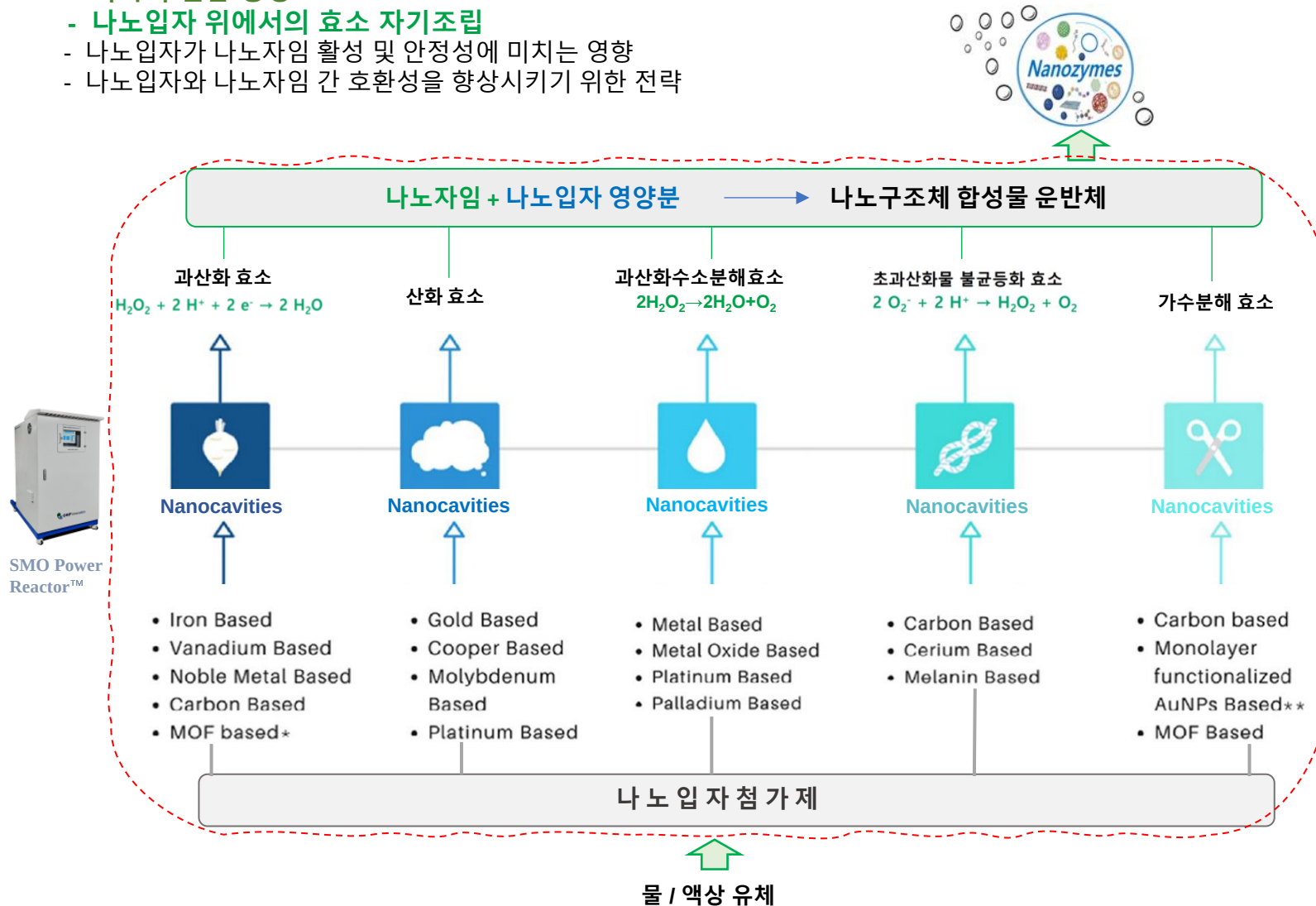
나노자임은 생물의학, 클리닉, 환경 및 식품 분야에서 널리 사용되면서 다기능 나노 플랫폼으로 빠르게 개발되고 있다.

나노자임은 고유한 물리화학적 특성과 정확한 구조적 구성에 의해 생리적으로 관련된 활동을 모방하는 데 사용될 수 있다.

나노자임은 천연 효소에 비해 더 안정적이고 비용 효율적이며 조정 가능한 촉매 특성을 가지며, 더 광범위한 응용 분야로 잘 알려져 있고, 천연 효소와 유사한 작업을 수행하며 열악한 환경에서도 촉매반응이 효율적이고 선택적이다.

3) 나노자임과 나노입자 간 상호작용의 최적 설계방안

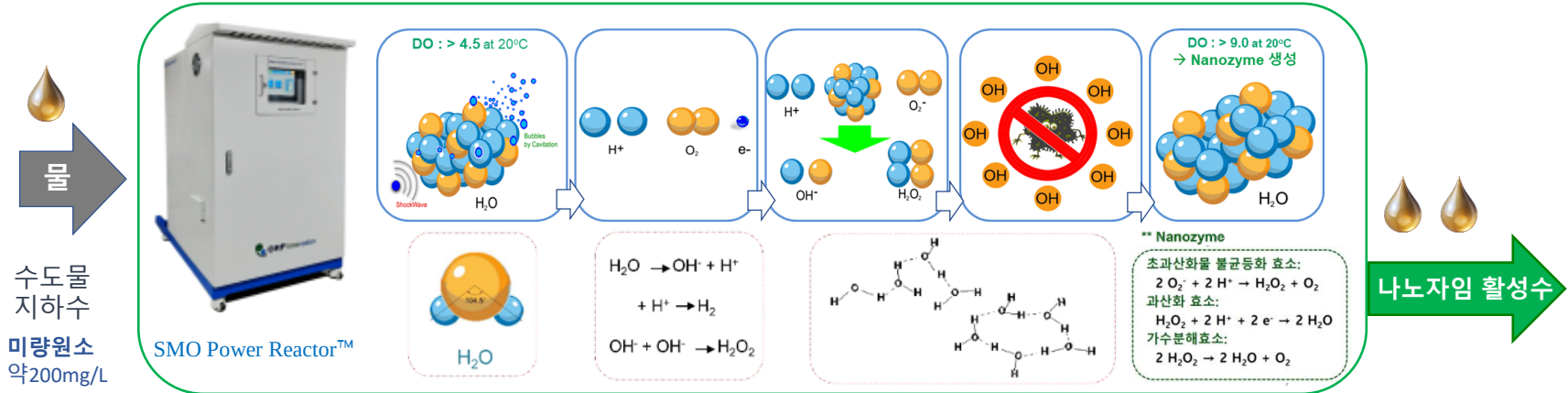
- 물리적 결합 형성
- 화학적 결합 형성
- 나노입자에서의 효소 자기조립
- 나노입자가 나노자임 활성 및 안정성에 미치는 영향
- 나노입자와 나노자임 간 호환성을 향상시키기 위한 전략



4) 나노자임 활성 식용 생수제조 공정 예시 다목적 위생수제조 기술공정

다단계 다중교차식 충격파에 의한 나노캐비티의 고도화 위생수 개질성능

Drinking water manufacturing process by combination reaction of shearing, mixing, and oxidative force

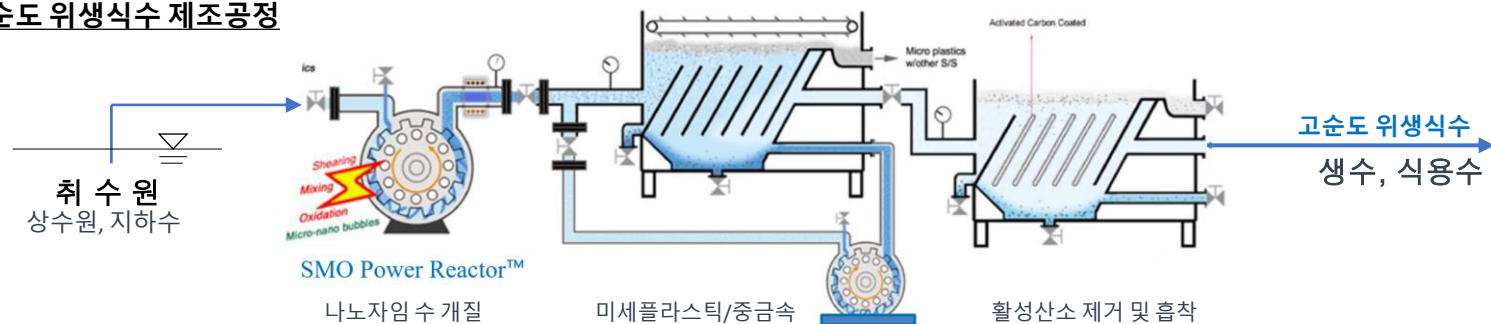


수돗물 속 주요 미량원소 미네랄 : Ca²⁺와 8종 기준 10~200mg/L

미네랄	일반적인 함량 (mg/L)	역할
칼슘 (Ca ²⁺)	5~100 mg/L	뼈 건강, 근육 수축
마그네슘 (Mg ²⁺)	1~30 mg/L	신경전달, 심장 건강
칼륨 (K ⁺)	0.1~2 mg/L	세포 기능, 수분 균형
나트륨 (Na ⁺)	5~50 mg/L	체액 균형, 신경자극

철 (Fe)	0.01~0.3 mg/L	산소 운반 (지하수 수질일 경우 더 높을 수 있음)
아연 (Zn)	0.01~0.1 mg/L	면역 기능
망간 (Mn)	0.001~0.05 mg/L	효소 활성 조절
구리 (Cu)	0.005~1 mg/L	적혈구 생성
실리콘 (Si) (규소)	1~20 mg/L	피부, 머리카락 건강에 연관 있음 (비공식)

고순도 위생식수 제조공정



5) SMO 나노자임 활성 식용 생수의 효능

1. 수중 중금속, 미세플라스틱 및 유해물질이 제거된 순수 수

- **효과:** 식수내 미세플라스틱, 중금속 등의 비중분리 제거, 기타 유기오염물질의 산화제거 됨.
필요시 TiO_2 , Zn 나노자임으로 As^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} 등 유해 중금속 이온을 흡착하거나 산화 전환하여 제거 효율 향상

2. 항산화 활성 증진 (ROS 제거), 식용수의 산화반응 억제

- 나노자임은 Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase (POD) 등 인공효소, 활성산소종(ROS)을 분해함
- **효과:** 체내 산화 스트레스 감소 → 노화 억제, 면역 기능 개선, 염증 완화
- **주요 소재:** CeO_2 , Mn_3O_4 , Fe_3O_4 , Zn 기반 나노자임

3. 항균 및 살균 기능

나노자임은 식수내 “대장균 (예: E. coli, Salmonella)”의 세포막을 파괴하고 H_2O_2 기반의 산화 반응으로 세균 사멸

4. 장내 환경 개선 (프리바이오틱 효과)

연구에서는 항산화성 나노자임이 장내 미생물 군집을 안정화하고 유익균 증식을 유도할 수 있다고 보고함.
간접적 결과: 배변 활동 개선, 소화율 상승, 면역력 증진 가능성

5. 세포 보호 작용

동물 실험에서 나노자임 식수는 간세포, 신장세포 등에서 세포 사멸 감소, 조직 염증 억제와 같은 보호 효과가 관찰됨
논문 예시: - *Cerium oxide nanozyme protects against cisplatin-induced nephrotoxicity in rats*
- *Nanozyme oral administration enhances gut health in mouse models*

Nano Research (2022) CeO_2 나노자임 식수 투여 → 혈청 내 MDA 감소, GSH 증가

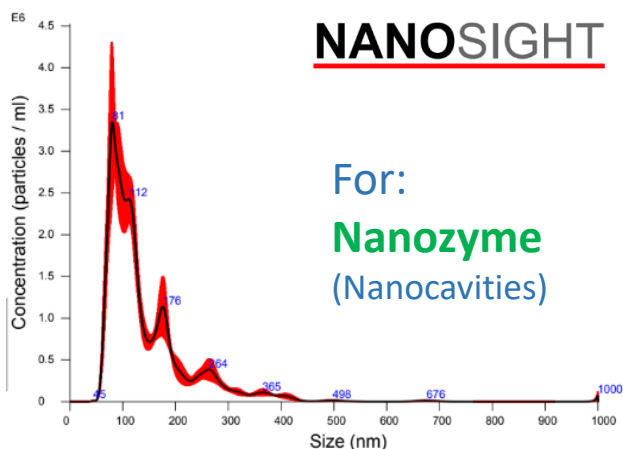
Journal of Nanobiotechnology (2021) $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}$ 나노자임 마우스 실험 → 대장염 억제, 장내 미생물 균형 회복

항산화 나노자임 복합물 식수 조성물 → 면역력 강화, 스트레스 저항성 증가

→ 나노자임 식용수의 미래:

나노자임 식용수는 지속적인 연구 개발을 통해 더욱 안전하고 기능성이 높은 식용수를 생산할 수 있을 것으로 기대된다.
나노자임 기술의 발전과 함께 다양한 분야에서 활용될 것이다.

SMO 나노자임 식용수의 나노기포 밀도분석표



NANOSIGHT

For:
Nanozyme
(Nanocavities)

Averaged FTLA Concentration / Size for Experiment:

20KA 2023-03-03 16-06-02

Error bars indicate + / - 1 standard error of the mean

Results

포화용존산소

Stats: Merged Data

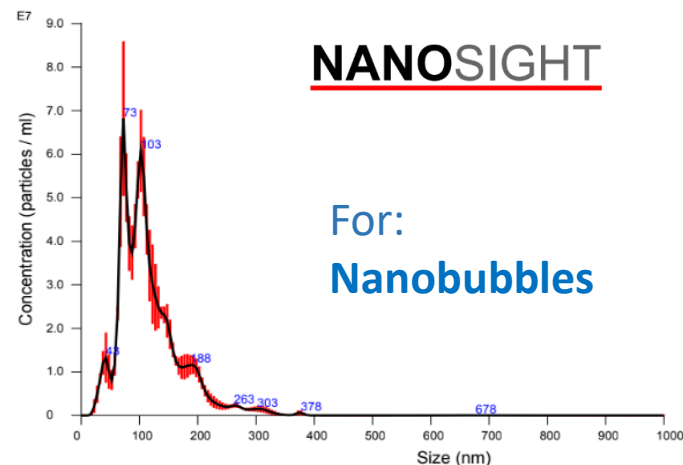
Mean: 142.8 nm
Mode: 80.4 nm
SD: 85.5 nm
D10: 75.6 nm
D50: 114.5 nm
D90: 254.8 nm

Stats: Mean +/- Standard Error

Mean: 143.2 +/- 3.7 nm
Mode: 91.9 +/- 4.9 nm
SD: 84.4 +/- 4.8 nm
D10: 77.0 +/- 2.4 nm
D50: 113.7 +/- 2.9 nm
D90: 249.2 +/- 11.0 nm

Concentration (Upgrade): 2.68e+08 +/- 1.24e+07 particles/ml
51.6 +/- 2.5 particles/frame
63.5 +/- 1.2 centres/frame

Concentration measurements may require some caution due to noise
See summary file for more info



NANOSIGHT

For:
Nanobubbles

Averaged FTLA Concentration / Size for Experiment:

Aerated 2021-01-22 09:32:01

Error bars indicate + / - 1 standard error of the mean

Results

과포화용존산소

Stats: Merged Data

Mean: 115.9 nm
Mode: 72.6 nm
SD: 54.9 nm
D10: 60.3 nm
D50: 99.1 nm
D90: 183.4 nm

Stats: Mean +/- Standard Error

Mean: 115.9 +/- 3.2 nm
Mode: 87.4 +/- 8.4 nm
SD: 54.7 +/- 3.4 nm
D10: 59.9 +/- 1.4 nm
D50: 100.0 +/- 3.2 nm
D90: 181.0 +/- 5.2 nm
Concentration: 9.81e+008 +/- 6.15e+007 particles/ml
49.8 +/- 3.1 particles/frame
104.0 +/- 7.9 centres/frame

Water/Slurry Nano Cavity Treatment System

SMO Power Reactor™

ORP Innovation's cutting-edge system, the SMO Power Reactor™, combines the power of shear, mixing and oxidation to optimize oxidant production for organic contaminant removal and water upcycling.

This equipment can be configured in parallel with a high-speed mixing tank and a slurry bioreactor process to optimize Nano-Upcycling effects with the performance.

Water / Slurry with micro-nanoparticles



SMO-6KA



NRR-10KA



NRR-20KA



NRR-30KA

[Heavy Duty] Slurry with organic-inorganic particles



SMO-NRR-60KWA

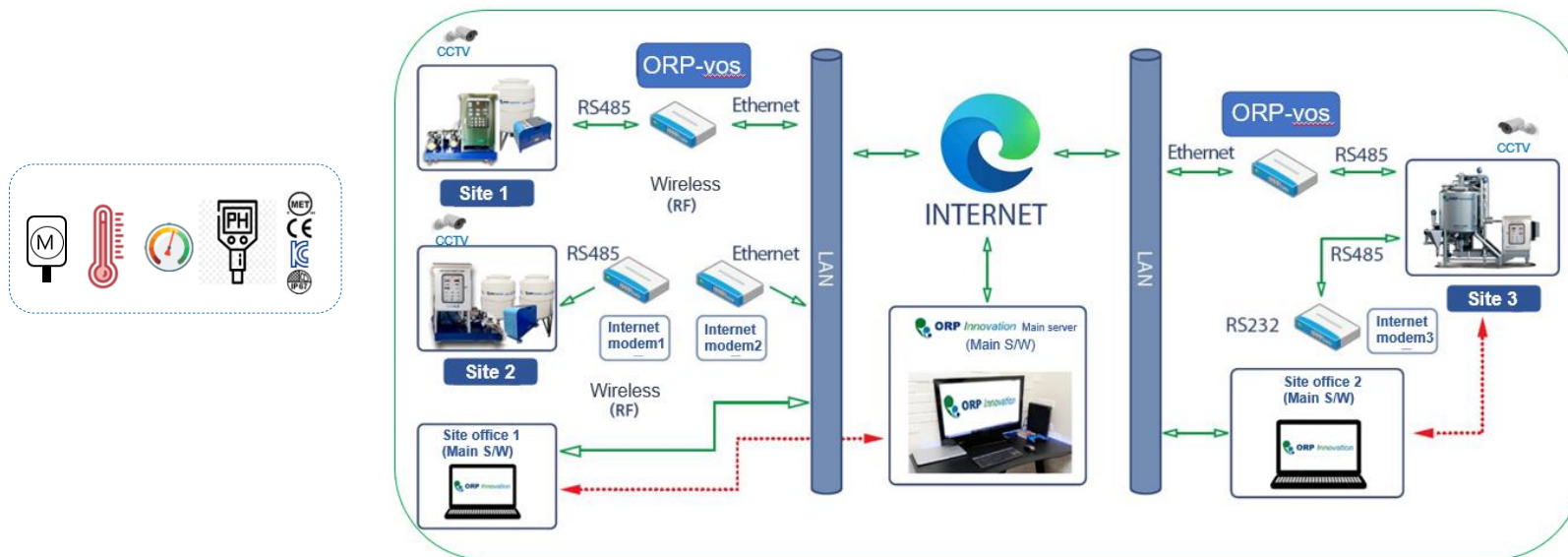


SMO-NRR-75KWA

Model	SMO-NRR	6KA	10KA	20KA	30KA
Process: 1 Pass (L/h)		3,840	15,000	30,000	45,000
3 Pass		1,280	5,000	10,000	15,000
Max. Flow Pressure (bar/psi)				10bar /160psi	
Permissible Fluid Temp. (Low)				5°C / 41°F	
(High)				120°C / 248°F	
Ambient Temp. (Lower than)				40°C / 104°F	
In/Out Diameter (mm)		30/25	50	50	65
Electric Parameter (KW)		4.4	7.5	15	22.5
Electric Power AC, 3 phases				380V/60Hz	415V or 460V available
Dimension (LxWxH)	Cm	83X50X81		170X100x185	
Weight Gross	Kg	100	350	680	960
* Custom designs for larger and unique applications available					

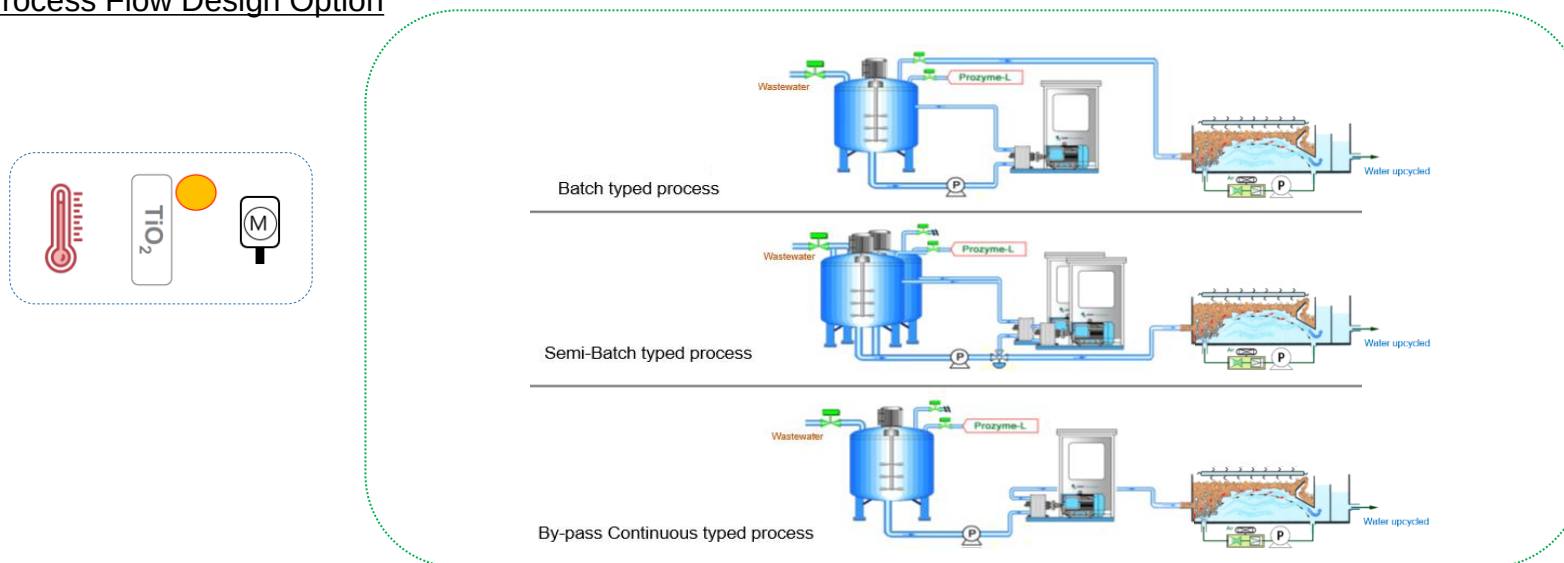
Heavy Model	SMO-NRR-60KWA	75KWA
One SMO chamber		
- Min. process rate:	20 Liter/min (5 gpm)	20 Liter/min (5 gpm)
- Max process rate:	500 Liter/min (132 gpm).	800 Liter/min (213 gpm)
Approx.	30 m3/hr @ 30% solids.	48 m3/hr @ 30% solids.
	Solid particles < 250micron (Opening gap 2.5mm)	
- Flow Pressure :	2~12 bar (29~174 psig)	
- Max Temp. :	150°C (300°F) in chamber	
- Main Motor	60 HP TEFC	100HP TEFC
- VFD rated at 380 or 460VAC, 415VAC,	up to 3,460rpm, 60 Hz	up to 2,850rpm, 50 Hz
- PLC Touch Screen:	Available	
- Dimension:		
- G. Weight :	1,350 Kg (2,979 lbs)	1,680 Kg (3,703 lbs)
- Piping connections with Cam and Groove:	65A	80A
- Equipped with	Automated chemical additive supplier, Flow meter and Slurry feed pump.	

Smart System Control, Monitoring

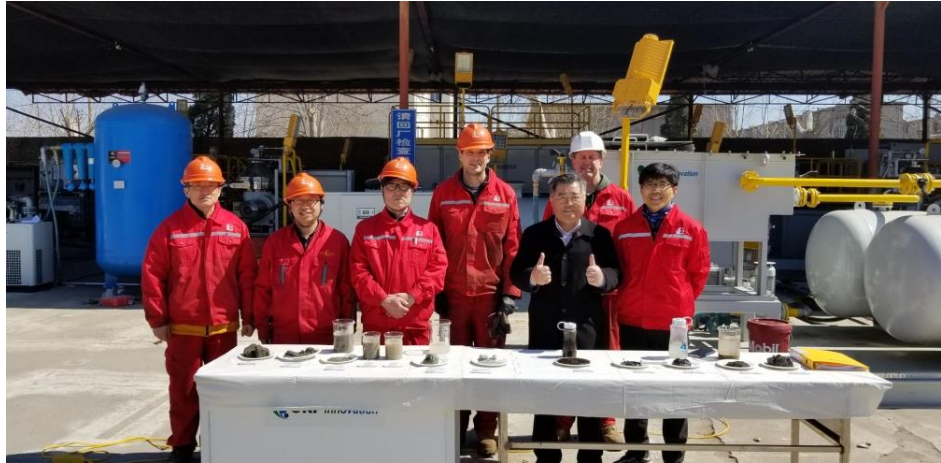


Process Flow Design Option

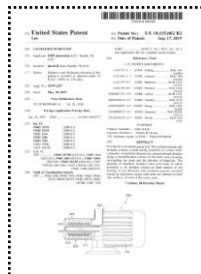
Machine learning algorithm design is available



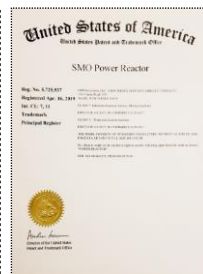
ISO 및 인적/지적자산



ISO 9001:2015



US Patent



US Trade Mark



China Patent



Korea Patents



Korea Trade Marks



경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168 (흥덕IT밸리)
Tel: (031) 340-3551
www.orpinnovation.com