

토양·지하수 환경 분야 국내외동향

환경발자국

vs

녹색정화

(Environmental Footprint)

(Green Remediation)

키워드:

- 탄소발자국
- 환경발자국
- 녹색정화
- 5가지 핵심요소

<목차>

P1

- ▷ 탄소발자국? 환경발자국?
 - 환경발자국 저감을 위한 녹색정화
 - 녹색정화의 핵심요소

P2

- ▷ 녹색정화 최적관리방안
 - 최적관리방안 적용분야 및 장점
 - 토양·지하수 정화 분야의 적용

P3

- 부지조사 최적관리방안
- 생물학적 정화의 최적 관리방안

P5

- 지중 열탈착 기술의 최적 관리방안
- ▷ 녹색정화 적용 국내외 사례
 - 국외 사례

P6

- 국내 사례

P7

- ▷ 토양·지하수 R&D기술 온라인 쇼룸 영상 업로드

탄소발자국? 환경발자국?

탄소발자국(carbon footprint)은 인간의 일상생활에서 연료, 전기, 물품 사용 등으로 인해 직간접적으로 발생하는 모든 이산화탄소(CO₂) 배출량을 일컫는다. 또한, 물의 사용 총량을 표시하는 물발자국(water footprint), 토지의 소비 면적을 표시하는 생태발자국(ecological footprint) 등이 있다(농어촌연구원, 2013). 그리고 이러한 온실가스, 물, 에너지 사용 등으로 인해 환경에 끼치는 모든 피해정도를 환경발자국(environmental footprint)이라고 한다(그림1).

환경발자국 저감을 위한 녹색정화

녹색정화(Green Remediation)란 환경적, 경제적, 사회적 지속가능성을 위해 오염지역 정화 시 발생하는 모든 영향을 고려해서 정화작업 중(정화시설의 설치, 화학물질의 투입 등) 발생 가능한 환경발자국을 최소화하는 정화전략을 의미한다(US EPA, 2008).



그림1. 환경발자국에 영향을 미치는 요소들

출처: Global Efficiency Intelligence, 2020.

녹색정화의 핵심요소

녹색정화는 다양한 기술을 고려하여 환경발자국을 줄이고, 기술의 장단점을 비교하여 적용하는 것이다. 기존의 오염정화 기술이 정화비용, 정화기간, 오염물의 농도 등 정화의 효율성만을 고려하였다면, 녹색정화는 탄소발생이 적은 장비를 사용하고, 에너지와 물의 소비를 최소화하면서 정화하는 기술을 적용하는 것이다. 하지만 현장 조건은 매우 다양하기 때문에 녹색정화를 위한 방법 또한 다양하다. 환경발자국을 줄일 수 있는 핵심요소는 5가지로 분류할 수 있다(그림2).

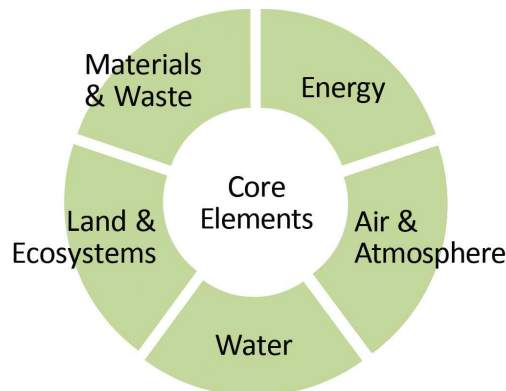


그림2. 환경발자국을 줄일 수 있는 5가지 핵심 요소

출처: <http://alternativestandrews.blogspot.kr>, 2012.

1) 에너지 절약 및 재생에너지 활용

- 모든 정화장비를 효율적으로 작동하고 작업에 적합한 규모를 유지함으로써 에너지 사용 최소화. 태양열, 풍력 등 재생에너지 활용(그림3).

2) 대기오염물질 및 온실가스 관리

- 화석연료의 사용을 줄이고 중장비의 배기 시스템에 필터를 장착하며, 노후 장비 교체를 통해 대기오염물질의 분진 배출 최소화.

3) 수자원 활용 및 수질 관리

- 정화과정에 사용된 물의 재사용 및 영양염 부하 등 방지.

4) 자원관리 및 폐기물 감소

- 폐자재의 재사용(그림4) 또는 재활용을 최대화하여 폐기물 발생 최소화.

5) 부지 및 생태계 관리

- 오염지역 정화 전 동물을 안전한 지역으로 옮기고 토양 및 서식지의 교란을 최소화하는 등 토지 및 생태계 보호를 위한 예방 조치 실시. 생물학적 정화(bioremediation) 및 식물정화(phytoremediation) 등 활용. 🌱

* 탄소발자국: 영국의 제조 및 유통업체가 참여하여 결성한 카본 트러스트(Carbon Trust)는 제품에 생산, 소비, 폐기 단계까지 발생하는 CO₂의 총량을 라벨로 표시하고자 탄소 라벨(carbon label)을 만들었고, 탄소가 배출된 자취를 따라간다는 의미에서 발자국 모양을 도식화한 것이 탄소발자국이다.

시사점: 1985년 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)와 UNEP가 이산화탄소 등 온실가스를 기후변화의 주범이라고 공식 선언한 이래, 전 세계적으로 UN 주도 하에 탄소 배출을 줄이기 위한 다양한 노력들을 하고있다. 이산화탄소는 인간이 일상생활에서 사용하는 연료, 전기, 물품 등 대부분의 과정에서 직간접적으로 배출되며, 많은 자원과 전력을 소비하며 오염된 토양과 지하수를 정화하는 과정 중에서도 다량의 이산화탄소가 배출된다.

키워드:

- 최적관리방안
- US EPA
- 시행규칙
- 토양·지하수 정화 분야



그림3. 오염지하수의 기름 제거를 위해 활용되는 풍력발전설비
출처: A Citizen's Guide to Greener Cleanups, EPA, 2012.



그림4. 복구작업 등 재사용을 위해 적재된 반출 정화 토양
출처: Green Remediation BMPs: An Overview, 2015.

녹색정화 최적관리방안

최적관리방안 적용분야 및 장점

2015년, US EPA는 녹색정화를 위한 시행규칙(EPA Principles for Greener Cleanups)에 근거하여 녹색정화 최적관리방안(BMPs: Best Management Practices)을 도출하였다. 이는 프로젝트 관리자 및 기타 이해관계자가 녹색정화 시행규칙을 이행하며 정화목표를 달성하고 현장 별 적용공법을 선정하는데 도움을 준다.

녹색정화 최적관리방안은 앞서 언급한 5가지 핵심요소와 더불어 아래의 단계적 절차를 바탕으로

정화부지 전체에 적용된다.

- 1단계: 부지조사
- 2단계: 정화설계
- 3단계: 정화 시공
- 4단계: 정화 및 유지관리
- 5단계: 장기간 모니터링 실시

이러한 최적관리방안을 타당성 조사 혹은 정화 계약서에 반영하면 효율적 비용 관리와 더불어 부지 재사용 계획을 적절하게 수립할 수 있다. 대표적인 최적관리방안은 부지 조사와 토양 굴착 및 표토복원, 광산부지 등에서도 적용할 수 있다. 또한, 매립지 포장시스템 및 그와 연계된 에너지 생산, 재생에너지 적용, 청정연료 생산 및 추출기술,

자재 및 폐자원 관리, 환경발자국 평가를 위한 EPA 방법론 등에도 적용이 가능하다.

토양·지하수 정화 분야의 적용

토양·지하수 정화기술*에는 크게 물리화학적 처리기술(그림5), 열적 처리기술, 생물학적 처리기술(그림6)로 분류되며, 국내에서는 에너지 사용은 많으나 단기간에 정화를 하는 물리화학적, 열적 처리기술이 선호되고 있다. 최적관리방안 적용 가능 기술로는 생물학적 정화, 토양증기추출 및 공기주입 기술, 양수처리기술, 지중 열탈착 기술 등이 있다.



그림5. 물리화학적 처리기술(토양세척)
출처: 농어촌연구원, 2013.



그림6. 생물학적 처리기술(토양경작법)
출처: 농어촌연구원, 2013.

* 토양지하수 정화기술에 대한 자세한 설명은 토양환경센터 홈페이지 기술소개 메뉴의 소름 영상 등을 통해 확인. 관련 내용은 마지막 페이지 참고.

녹색정화 기술은 정화과정 중 발생하는 환경발자국을 분석하여 환경에 미치는 영향을 최소화하는 기술을 적용하는 것이다. 지난 10여 년 동안 미국 내 10개의 USEPA 지역 등을 시작으로 많은 토양정화 선진국에서 녹색정화를 위한 다양한 기본체계, 방법, 가이드라인 등을 현장에 적용하고 있으며, 이를 통해 환경적, 경제적, 사회적으로 지속가능한 정화 활동을 하고있다. 반면 국내에서는 2010년대 전 후로 관련 사례 몇 가지를 제외하면 적극적으로

키워드:

- 부지조사
- 프로젝트 기획단계
- 현장활동
- 생물학적 정화
- 미생물 촉진
- 미생물 첨가
- 토지 기반 시스템

부지조사의 최적관리방안

일반적으로 부지 조사는 초기 현장 평가부터 정화 완료에 이르기까지 정화과정의 전반에서 수행된다. 일반적으로 부지를 조사하는 목적으로는 특정 오염물질의 유무 확인 및 오염원 식별, 환경오염의 특징 및 범위 설정이 있고, 사람의 건강 또는 환경에 대한 잠재적 위험 평가 목적의 데이터 제공, 정화 또는 오염원 제거(굴착 등) 조치 결정을 위한 데이터 수집, 정화 설계 및 시공 또는 운영에 미치는 영향인자 조사 등이 있다. 부지조사 시, 각 단계별로 고려할 수 있는 사항들은 다음과 같다.

1) 프로젝트 기획단계

- 계절에 맞는 활동을 계획하여 냉난방 연료 감소.
- 지역 내에 서비스 제공업체, 제품 공급업체 등을 선택하고 서비스 및 배송일정을 통합하며, 최신 배기가스 제어장치 및 청정 대체연료로 작동하는 트럭과 설비의 판매처를 이용.
- 주변 폐기물 처리 시설 유무 확인.

- 전자문서를 이용하거나 데이터 전송이 가능한 네트워크를 구축하고, 화상회의로 일부 출장을 대체.

2) 현장 활동

- 실시간 데이터를 사용하여 빈번한 시료채취 활동 등 최소화.
- 태양열 원격 측정 시스템을 설치해 통해 데이터 원격 전송.
- 샘플링 작업 중 다음 활동을 결정하는데 도움이 되는 데이터를 제공해 실시간 필드 측정과 관련된 작업계획을 수립.

3) 기타

- 제조 공정에서 나온 폐기물을 처리해서 재활용하는 시스템의 중수로를 이용하여 차량 및 장비 사용으로 인한 오염 감소.
- 유기용매나 산 대신 인산이 없는 세제 사용.
- 잠재적으로 오염된 배출 수를 활성탄 여과와 같은 기술을 사용하여 처리 후 오수 배출.
- 생분해성 윤활유 및 유압유 사용
- 부식에 강한 지하수 모니터링 장비 활용.

생물학적 정화의 최적관리방안

생물학적 정화는 토양 및 퇴적물, 지하수의 오염물질을 미생물의 분해 활동을 촉진시켜 정화하는 방법(그림7)이다. 이러한 생물학적 정화 방식에 최적 관리방안 적용을 통하여 환경발자국을 최소화 시킬 수 있으며, 적용기술은 다음과 같다.

1) 미생물촉진(Biostimulation)

- 액체 혹은 가스 형태의 영양분과 산소를 공급하여 물이나 토양에 이미 존재하는 토착미생물의 성장과 활동을 증진시키고, 바이오벤팅(bioventing)을 통해 산소를 공급하고, 대수층에서 호기성을 유지하기 위해 oxygen-releasing compounds (ORC) 등을 공급.
- 혐기성 미생물군 성장을 촉진시키기 위해 탄소가 풍부한 식물성 오일 / 과당 등의 환원제 등을 첨가.

2) 미생물첨가(Bioaugmentation)

- 정화능력이 있는 미생물을 오염지역에 주입하는 방법으로 분해능이 우수하고 유전적 안정성과 생존력을 유지한 미생물을 선정하여 오염지역에 첨가.

3) 토지 기반 시스템

(Land-based systems)

- 퇴비화 또는 경작과 같은 방식으로 토양 표층에서 혼합을 통해 오염토양 및 퇴적물 처리.

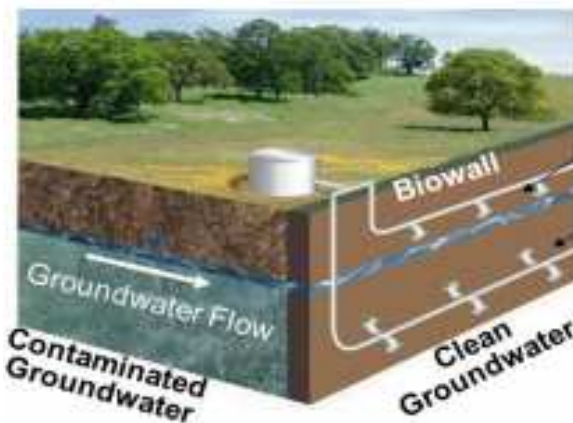


그림7. 미생물을 활용한 녹색정화

출처: 농어촌연구원, 2013.

녹색정화 기술을 적용한 사례를 찾기 힘들다. 비록 정화과정 중 발생한 폐열이나 물의 재활용은 비교적 잘 이루어지고 있으나, 정화과정 전반에 걸친 녹색정화 기술 적용에 대한 고민은 부족한 실정이다. 토양지하수 정화를 위해 다른 환경 매체를 오염시키지 않기 위해서는 녹색정화 기술의 적용, 즉 환경발자국 최소화를 위한 노력이 필요하다. 📍

키워드:

- 생물반응기
- 종합계획
- 설계
- 관정 설치
- 자원 소모 최소화
- 양수처리공법
- 토양증기추출법
- 공기확산법

4) 생물반응기(Bioreactors)

- 오염된 토양 및 지하수 처리를 위한 최적의 환경 제어 가능. 지중정화를 위해 생물반응기 매립(bioreactor landfill) 또는 투수성 반응벽체(biological permeable reactive barrier)를 선택할 수 있으며, 지상정화를 위해 회분식 또는 연속 주입 반응기(continuous-feed reactor)를 적용 가능.

프로젝트의 종합계획(그림8) 설계 시, 설계자는 생물학적 정화 프로세스 및 관련 결정사항을 주기적으로 점검하며 다음 내용을 이행해야 한다.

- 생물학적 정화 처리 효율을 유지하면서 현장 운영을 개선함으로써 천연자원 소비 및 폐기물 발생을 줄일 수 있는지 확인.
- 프로젝트의 환경발자국을 줄이는 동안 생물학적으로 오염물질을 감소시킬 수 있는 새롭게 입증된 물질이 있는지 조사.
- 제어되지 못한 2차 부산물의 생산 및 차선의 영양소 기준 또는 비표적화된 토착 미생물 군의 변화와 같이 예상치 못한 환경에 대해 파악.

- 프로젝트의 환경발자국을 크게 늘리지 않고 특정 지역에서 생분해를 촉진할 수 있는 다른 프로세스 조사. 예를 들어 일부 주입정에는 수동형 공기흐름 제어장치와 재생에너지 발전 송풍기를 장착하여 미생물 첨가 이후에 지중으로 공기 전달 가능.

설계에서 도입된 최적관리방안은 시공 단계와 운영 및 유지관리 과정 중에서도 계속 적용될 수 있다. 생물정화 시스템 구축은 환경발자국에 많은 영향을 끼치며, 특히 성능 모니터링 및 선택된 시약을 전달하는데 사용되는 테스트 관정(well) 설치가 주된 요인이며, 이를 위한 최적관리 방안 적용 방법은 다음과 같다.

- 불연속 수직 간격에 미생물에 필요한 기질을 효과적으로 주입하기 위해 일반적인 회전 방식 대신 직접 압력주입 기술을 사용하여 임시 또는 영구적인 관정을 설치.
- 낭비되는 자원의 범위를 줄이기 위해 새로운 관정과 기존 관정 시추공의 재이용을 최대화.
- 최소한의 관정을 통해 지하수를 여러 번 통과시킬 수 있는 지하수 재순환 프로세스 사용.

지중 주입과 지하수 재순환에 적용되는 것과 같은 관정 설계, 시공 및 운영은 양수처리공법과 토양증기 추출법 및 공기확산법이 효과적이다. 토지 기반 시스템은 복토처리지역 내에 방류된 오수를 저장, 처리, 방출할 수 있도록 복토처리지역 내에 우수지를 건설한다. 또한, 빗물을 모아 사용하고 필요 시 토양·지하수 보전을 위한 토양경작 침출수 수집 시스템을 적용한다.

아울러, 엔진 공회전 감소, 고급 디젤 기술이 적용된 장비 개조 등과 같은 최적관리방안을 통해 온실가스 및 이동경로에서 입자상 물질 배출을 줄일 수 있다.

정화시스템의 모니터링 프로그램 최적화를 통한 장기적 조치는 환경발자국 발생가능성 감소로 연결된다. 주기적인 재평가를 통해 시간이 지남에 따라 오염범위가 줄어들 때 시료채취 빈도 및 위치 개수를 감소시킬 수 있다. 시약은 트럭 대신 철도를 통해 대량으로 운송하여 연료 소비를 줄이고, 연료공급펌프 대신 중력공급분사 시스템(gravity-fed injection systems)을 사용하여 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다. 우수 및 유출수는 포집하여 처리하는 저류지를 건설해서 인근 및 하류 지표수를 보호한다. 끝으로 산업 폐기물 및 잉여 부산물을 활용하여 폐기물 양을 최소화하고, 부지를 신중하게 선정해서 시스템 구축을 위한 토지 다짐 횟수를 최소화 한다.



그림8. 생물학적 정화 종합 계획(Marine Corps Base Camp Lejeune)

출처: Green Remediation BMPs: Bioremediation, 2010.

키워드:

- 지중 열탈착 기술
- 증기회수 장비의 효율성
- 태양광 발전시스템
- 직관식기술
- 폐기물 감소
- 비산먼지 제어
- 수처리 시스템
- 다공성 아스팔트 소재
- 방음 장치, 빛 차단 장치
- 국외 사례
- 미국
- 습지-자연정화 공정
- 처리용수-관개용수

지중 열탈착 기술의 최적관리방안

지중 열탈착 기술(in-situ thermal technology)은 보통 3가지 주요 기술을 독립적으로 또는 결합하여 오염 지역에 열을 가해 정화하는 방식이다. 점토, 미사, 모래 및 부서진 기반암을 포함한 다양한 지질계 지층의 오염원을 처리할 때나, 지표면의 포화 및 불포화 영역에서 토양에 흡착된 휘발성 유기화합물 및 반 휘발성 유기 화합물을 제거할 때, 그리고 비수용성 상에 존재하는 오염물질을 포획하여 처리하거나 지하수에서 용해된 오염물질을 제거할 때 유용하다.

첫째로, 설계 단계에서는 효과적인 분석모델을 사용하여 최적의 에너지 사용 및 가열시간, 증기회수 장비의 효율성을 위해 관정 간의 간격을 최적화한다. 이를 위해서는 추출정에서부터 처리 시스템까지 배관을 최소한으로 설치하고, 현장의 지질적 특성을 고려하여 기술을 적용해야 한다. 또한, 대규모 부지의 하위 영역을 순차적으로 가열하는 단계적 접근 방법으로 시스템 운영시간을 줄이고 자원을 적절히 사용해야 한다. 재사용이

가능하거나 휴대가 가능한 태양광 발전시스템 또는 풍력 터빈과 같은 다양한 에너지를 통합시키면 펌프 또는 송풍기 등의 장비를 가동하거나 시스템의 보조전력으로 저장할 수도 있다. 그리고 전기 및 물 소비량, 자체 및 부지의 처리량 등의 효율성 향상을 위해 기준을 설정하여 운영 중 지속적으로 관리한다.

둘째로, 설치 단계에서는 직관식기술(DPT: direct-push technology)을 사용하면 폐기물 발생을 줄이고, 기존 천공방식 대비 굴착유체(drilling fluids) 소비와 시추시간을 최대 50~60% 줄일 수 있다. 추운 날씨에는 설비의 작동을 극대화하기 위해 단열증기 덮개를 설치하고, 배관 결빙 방지를 위해 지상에 설치된 모든 배관에 방한 처리를 한다. 그리고 비산먼지 제어, 식생 관개 및 기타 처리시스템에 사용되는 물을 처리할 수 있는 수처리 시스템을 설치하고, 토양 생태계에 피해를 줄이기 위해 불침투성 콘크리트가 대신 다공성 아스팔트 소재를 사용하여 환경발자국을 줄일 수 있다. 아울러, 인근 주민과 동물을 위해

방음 장치와 빛 차단 장치를 설치하면 소음 및 빛공해를 최소화시킬 수 있다. 🌍

녹색정화 적용 국내외 사례

국외 사례

미국에서 기존의 화석연료 등의 많은 비용과 연료를 사용하는 토양·지하수 정화사업에 재생에너지를 이용한 친환경 저탄소 배출 정화사업의 개념으로 시작된 녹색정화는 현재까지 많은 나라에서 적용되고 있다.

(1) 미국의 경우 애리조나주의 화약류 제조 공장에서 군사용 화약류로 오염된 토양·지하수를 부지의 장기적 사용을 위해 습지를 활용한 자연정화 공정(그림9)을 도입하였다. 또한, 태양광을 활용하여 매일 1.5MW의 전기를 공급하여 습지정화를 위한 유량계, 조명, 보안 카메라, 습지 내 소형 펌프의 운전을 위한 전력으로 활용하였다.

캘리포니아주 비료제조 공장에서는 각종 화합물질에 오염된 지하수를 태양광을 활용하고, 처리용수를 관개 용수로 재이용(그림10)하여 매년 16,000\$의 전기로 절감과 관개용수 공급을 통한 수자원 활용 효과를 가져왔다.



그림9. 습지를 활용한 자연정화
출처: 농어촌연구원, 2013.



그림10. 처리용수의 관개용수 활용
출처: 농어촌연구원, 2013.

키워드:

- 체코 공군비행장
- 미생물정화
- 네덜란드 화학공장
- 미생물 주입 공법
- 국내 사례
- 원주 우산공단
- 물리적공법, 미생물 적용 공법 연계
- 포항 TKP 저유소
- 열탈착 기술
- LNG
- 폐열 재활용

(2) 체코에서는 공군비행장에서 비행기 연료, 경유, 엔진오일 등으로 오염된 토양 지하수를 현장에서 미생물정화(그림11) 및 지하수 양수 정화 공법을 적용하였다. 이로 인해 기존의 생물학적 하수처리장 정화 대비 275,000L의 수자원 절감, 720t의 CO₂ 배출 절감, 10~15% 가량의 비용절감 효과를 가져왔다.

(3) 네덜란드의 한 화학공장(헤이그 소재)에서는 염소계 화합물질로 오염된 지하수 정화를 위해 현장 내 미생물 주입 공법을 적용하여 기존 양수처리공법 대비 약 460,000€ 절감, 63,000KWH의 에너지 절감, 그리고 135,000kg의 CO₂ 절감 효과를 가져왔다.

국내 사례

우리나라에서는 강원도 원주의 우산공단에서 염소계 화합물질로 오염된 지하수 정화를 위해 물리적공법과 미생물 적용 공법을 연계하여 정화하였고, 태양광을 이용해 전기를 공급하여 7천만원 가량의 비용절감 및 16,715kg의 CO₂ 저감 효과를 나타냈다.

아울러, 2008년에는 경북 포항시 북구에 위치한 軍 저유소를 한국환경공단과 육군본부의 TKP (Trans Korea Pipeline; 한국중단송유관*) 사업단이 열탈착 공법을 활용하여 폐쇄저유소 7개소 철거 후 정화사업을 수행한 사례가 있다. 토양경작법이나 토양세척법과 같은 일반적인 기술로는 처리가

어려운 고농도의 유류 오염 토양을 정화하기 위해 녹색정화공법을 적용한 저온 열탈착 기술(그림12)이 활용되었다. 열탈착 처리 기술은 토양을 일정 온도로 가열하여 토양에 흡착된 오염물질을 휘발·탈착 시키는 기술로서 소각 처리 기술과 달리 400°C 이하의 저온으로 정화하므로 처리 후 토양 고유의 기능을 잃지 않아 생물학적 활성을 그대로 유지할 수 있다. 처리기간 또한 짧은 장점이 있지만 기타 정화공법과 비교해서 에너지 소비가 많은 공법이기 때문에 에너지 절감과 탄소 발생량을 낮추기 위한 저탄소 녹색정화공법을 접목하였다. 경유 대신 청정 연료인 액화 천연가스(LNG: liquified natural gas)로 변경하여 5,297t의 CO₂를 저감(소나무 200만 그루를 심는 효과와 동일)하였고, 더불어 폐열을 적정 수분함량(15% 내외) 유지 목적으로 재활용하는 등 총 52억 원의 사업비 절감 효과를 가져왔다. 🌱



그림11. 생물학적 정화 이송관 매설 현장
출처: 농어촌연구원, 2013.



그림12. 열탈착 공정도(오염토양 : 오염토 투입 → 열탈착 → 처리토 배출)
(탈착된 오염물질: 열탈착기 → 2차 산화시설 → 대기오염방지시설 → 배출)

* 한국중단송유관: 1970년 12월, 주한미군 포항과 의정부를 연결(452km, 10개 저유소)하는 유류수송체계로서 2004년 주한미군 유류수송체계 전환 합의 후 일부 시설이 폐쇄(364km, 포항저유소 등 7개 저유소), 2008년 3월 이후 정화사업 착수하여 2012년 11월 종료.

토양·지하수 R&D기술 온라인 쇼룸 영상 업로드

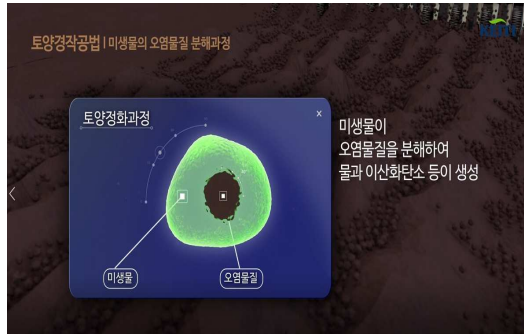
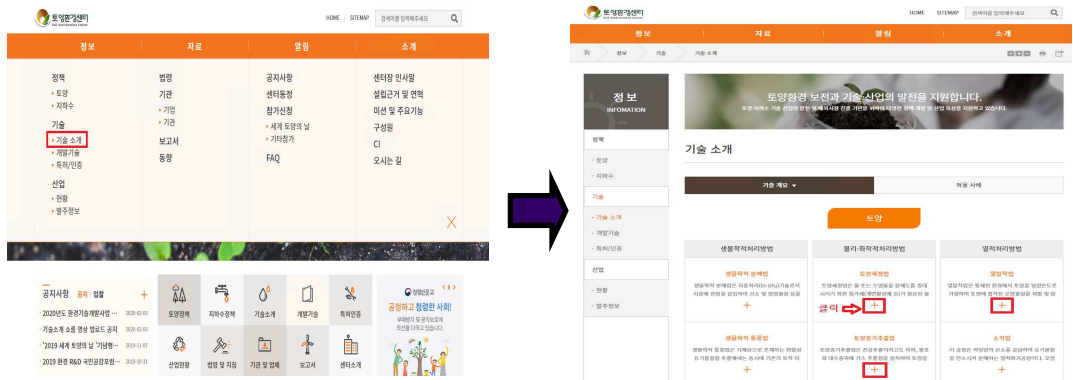
토양환경센터 홈페이지(www.sec.re.kr/main.do)에 토양·지하수 공법별 기술에 대한 대국민 이해도 제고와 인지도 확산을 위해서 제작된 10편*(편당 1분 내외)의 영상이 게시되었다.

* 토양경작법, 식물재배정화법, 바이오파일법, 토양세정법, 토양증기추출법, 토양세척법, 고형화/안정화법, 동전기법, 화학적 산화/환원법, 열탈착법

키워드:

- 온라인 쇼룸 영상
- 토양환경센터 홈페이지
- 토양경작법
- 식물재배정화법
- 바이오파일법
- 토양세정법
- 토양증기추출법
- 토양세척법
- 고형화/안정화법
- 동전기법
- 화학적 산화/환원법
- 열탈착법

정보 > 기술 > 기술 소개 메뉴에 각각의 기술 설명 내용에 보다 쉬운 이해를 돕기 위해 애니메이션 형태의 영상이 게시되었으며, 올해 추가적으로 기타 토양 정화기술 외 지하수 정화기술에 대한 영상도 게시될 예정이다.



KEITI
토양환경센터

쇼룸 영상의 일부: [토양경작법]

[식물재배정화법]

출처:

1. A Citizen's Guide to Greener Cleanups, 2012, <https://clu-in.org/>
2. Green Remediation Best Management Practices: An Overview, 2015
3. Green Remediation Best Management Practices: Bioremediation, 2010
4. Wiley Periodicals, Inc.(2019), Ten years later: The progress and future of integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects, (Paul Favara), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rem.21612>
5. 녹색정화(Green Remediation) 최적관리기법 도입을 위한 기초연구, 2009, 한국환경정책평가 연구원
6. 탄소발자국 저감, 녹색정화 기술로부터, 2013. 농어촌연구원 이규상 RRI 포커스 제8호. <http://rri.ekr.or.kr/cop/bbs/selectBoardList.do>
7. 軍 포항저유소 오염토양 정화도 녹색으로, 2011. 환경부. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=286&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=178884>

담당자:

이기환 연구원

전화:

02-2284-1394

메일:

kleekh89@keiti.re.kr