

플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치 및 방법

■ 보유기관 국가핵융합연구소

■ 주요 발명자 홍용철

■ 권리사항

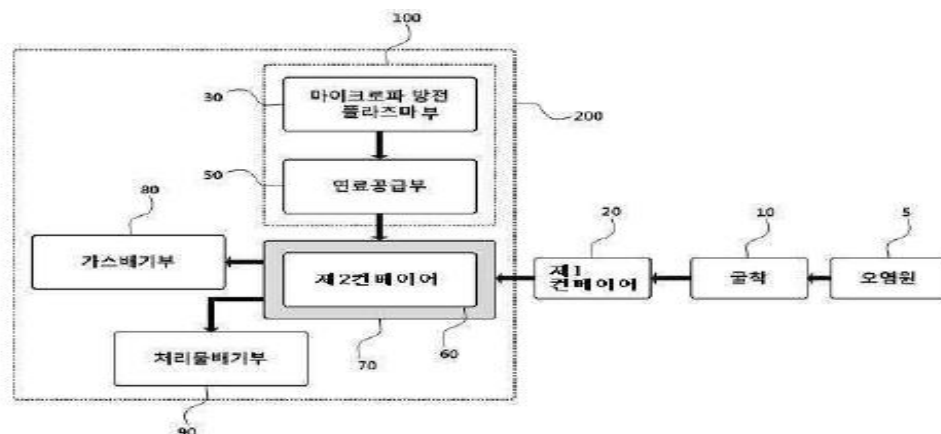
· 출원번호	10-2009-0131931
· 출원일	2009년 12월 28일
· 현재상태	<input type="checkbox"/> 등록 <input checked="" type="checkbox"/> 공개(심사중) <input type="checkbox"/> 미공개
■ 기술완성도	<input type="checkbox"/> 기초연구단계 <input type="checkbox"/> 실험단계 <input checked="" type="checkbox"/> 시작품단계 <input type="checkbox"/> 제품화단계

■ 적용가능분야 및 목표시장 토양오염부지복원장치, 토양선별기, 집진처리장치 등

■ 기술 개요

휘발성 물질로 오염된 토양을 마이크로파 플라즈마를 이용하여 플라즈마 화염을 발생시켜, 컨베이어로 이송되어진 오염된 토양을 태워서 오염물질을 제거하는 기술임

■ 기술 개념도



[그림] 플라즈마를 이용한 오염토양 복원장치 구성 블록도

■ 기술 내용 및 동향

[상세 기술 내용]

국내외적으로 기름 유출에 의한 토양 및 해안가의 오염, 국내 미군기지의 기름, 벤젠, 톨루엔 등의 유기물에 대한 오염도가 심각하여 관련 복원 기술의 중요성이 대두되고 있음

환경부에서 반환예정인 미군기지의 환경오염 현황을 조사하였으며, 29곳 중 25곳에서 기준치보다 높은 오염이 확인되었음

현 정부에서는 최상가용기술(Best Available Technology)을 도입하여 해양, 토양 등의 오염정화 사업과 관련하여 재허가 및 국가 차원의 통합적인 관리로 오염을 감축할 수 있는 방안을 마련 중으로 환경복지에 대한 중요성이 높아지고 있음

대규모의 토양 오염시설을 취급하는 곳에서도 사전예방이 필요함을 강조하고 있으며, 토양정화 사업을 통하여 환경보전의식의 향상과 친환경 토양관리정책에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상됨

[기술의 특징점]

플라즈마를 이용하여 오염된 토양을 복원하는 방법으로 기름 유출 등으로 인하여 오염된 토양의 복원에 효과적인 기술임

본 기술은 기름 및 휘발성 유기화합물로 오염된 토양을 정화하는 데에 있어서 콤팩트한 장치로 연속적 처리와 차량 장착이 가능하며, 플라즈마를 이용하여 운전비용 절감 및 에너지 효율이 높은 오염 토양 복원 장치를 제공할 수 있음

마이크로파 플라즈마를 이용한 물질로 원유, 경유, 등유, 벙커-C유 등을 포함하는 기름, 벤젠, 톨루엔, 에틸렌 벤젠, 자일렌 등을 포함하는 휘발성 유기화합물과 납, 구리, 아연, 비소, 카드뮴 등의 중금속으로 오염된 토양을 복원 또는 정화가 가능함

본 기술은 기름, 휘발성 유기화합물, 중금속을 포함하는 환경유해물질로 오염된 열적 내구성이 강한 물체를 세정 또는 정화할 수 있는 효과가 있음

기존의 정화시설의 경우에는 램프교체 등 꾸준한 유지비용이 소요되나, 본 기술이 적용된 장치는 반복적인 소모품 교체 소요가 상대적으로 적고 멤브레인의 역세척 운전비용을 기존보다 30%절감이 가능한 기술임

본 기술은 토양 뿐 아니라 수상오염에도 동일 장치를 이용하여 복원 · 정화가 가능하여 해안의 기름이 유출된 해안가에서 유용하게 사용 가능한 기술임

[기술동향]

최근 토양내 TPH(Total Petroleum Hydrocarbons) 및 Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene 으로 불리는 방향족 탄화수소류 화합물의 약자로 BTEX 같은 유류오염물질을 제거하는 사업이 대거 발주 되고 있음

국방부 및 한국농어촌공사에서 발주되는 반환미군기지 환경오염 정화사업(LPP)이나 육군 본부 및 한국농 어촌공사에서 발주되는 반환승유관로(TKP) 환경오염 정화사업을 중심으로 국내 토양 및 지하수 오염복원 시장규모가 커지고 있는 실정임

국내 토양조사 및 정화관련 기술수준은 선진국 대비 49~61% 수준으로 기술수준이 비교적 떨어짐

우리나라의 토양환경 분야의 역사가 짧아 국내에 적용되고 있는 정화처리 기술은 선진국과 약 5~10년의 격차를 보이는 것으로 평가하고 있음

토양환경보전법」이 제정된 '90년대 중반 이후 본격적인 토양·지하수 분야 기술개발 연구가 진행되면서, 오염도 측정기술 및 오염 확산 방지 기술 분야 등에서는 선진국과 기술격차가 감소되고 있음



[그림] 토양·지하수분야 선진국 대비 특허출원 비교 현황(1993~2007)

(출처: 환경부)

토양환경과 관련한 기술개발은 '90년대부터 대부분 국가주도의 개발 사업의 일환으로 극히 부분적으로 수 행하고 있음

DNAPL(Dense Non-Aqueous Phase Liquid)에 대한 오염복원 사업은 토양 및 지하수 오염정화 사업 이 활성화되면서 정부 주도로 진행되어 선진국의 DNAPL 현장 정화 기술 수준으로 향상될 것으로 예상하 고 있음

물리/화학적 처리 및 생물학적 처리에 대한 기술을 적용하고자 각 설비의 재평가와 산화제, 균주 및 조건

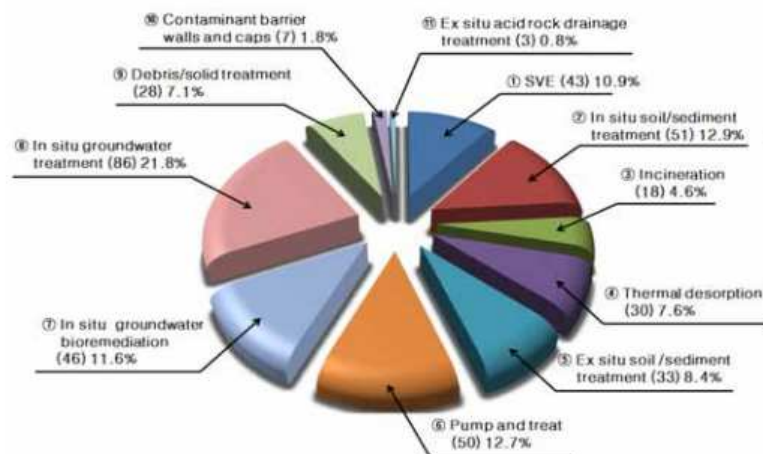
변화 등을 통해 진보성에 대한 연구를 진행하고 있음

최근 국내에서는 DNAPL 처리를 위해 다단계 처리공정에 많은 시간이 소요되는 한계를 극복하기 위한 고도산화 공정을 적용하는 연구가 많이 수행되고 있으나, 아직은 개발단계로서 상용화 사례가 미비한 실정임

TCE(Trichloroethene), PCE(Tetrachloroethene)와 같은 유기염화물질 성분에 대한 생물학적 처리 연구개발이 활발하게 진행되고 있으며, 현장 적용을 위한 실험실 규모의 처리효율 평가도 지속적으로 실시되고 있음

[경쟁사 제품 현황]

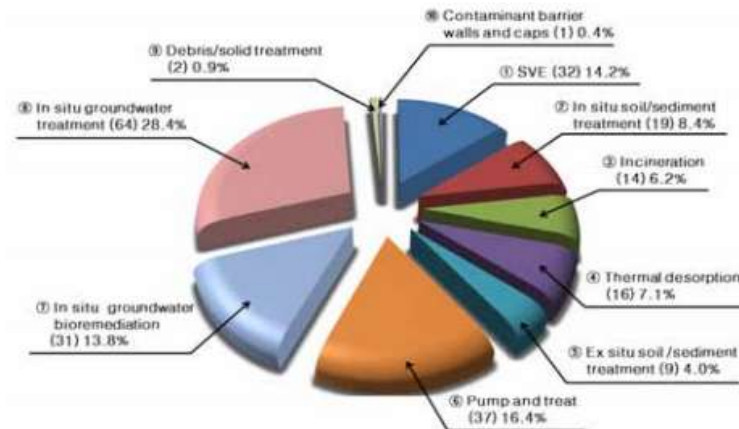
미국에서는 1980년대부터 토양 및 지하수 정화에 대한 국가 정책 과제를 선정하여 현장적용까지 완료하고 상용화 적용단계이며, 복원사업 연구프로그램인 SITE Demonstration Program을 통해 혁신적인 기술개발을 장려하기 위한 Emerging Technology Program과 현장 중심의 처리기술의 평가 및 관리를 위한 Measurement & Monitoring Program으로 구성되며, 효율적인 토양·지하수 처리기술 개발 진행 중임



[그림] 오염토양 및 지하수 정화사업 현황(미국 1986~2007)>

(출처: SEEDS 지하수연구단 한국환경기술원 DNAPL 정화처리기술 보고서, 2010)

유럽연합의 경우, 전 세계적인 기후변화로 인해 토양과 기후변화의 상호관계, 토양에서의 생물다양성에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 오염부지의 정화에도 이를 반영하려고하고 있음



[그림] DNAPL 오염부지에 적용된 정화기술 현황
(출처: SEEDS 지하수연구단 한국환경기술원 DNAPL 정화처리기술 보고서, 2010)

최근 한·미 FTA, 한·유럽연합간 FTA, DDA 등 국제환경협약에 따른 환경서비스시장 개방 압력이 증대되고 있음

국내 토양환경산업 육성, 국내시장 선점 및 해외진출 확대를 위한 정부 주도의 토양오염방지기술 개발사업의 투자확대와 함께 산·학·연 공동기술개발이 활발하게 이루어질 전망이다

[표] 토양환경분야 기술개발사업 현황

사 업 명	사업기간	내 용
G7환경기술개발사업	'92~'01	불량매립지, 유류오염토양 등 정화기술 개발
STAR-프로젝트	'95~'99	폐광산 유해물질 분리기술, 매립지 안정화 및 복원재생, 유류오염지역 정화기술 개발
차세대 핵심환경기술개발사업	'01~'10	도시 산업지역, 불량매립지 및 폐광산 주변 지역의 토양지하수 현장정화기술 개발
토양오염확산방지기술 개발	'03~'07	오염부지 특성평가기술, 오염탐지기술, 오염물질 확산 및 거동예측기술 개발

(출처: 토양보전 기본계획, 환경부 (2009.09))

미국의 경우 수퍼펀드법에 의한 국가 오염정화프로그램을 통해 체계적이고 집중적인 연구로 기술 개발을 유도하여 상업화를 지원함

SITE 프로그램을 통해 수퍼펀드 부지에 현장스케일의 신기술 적용 평가 기회를 제공함으로써 연구성과를

극대화함

독일은 DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT의 지원하에 연구소간 연계를 통해 현장 오염측정을 위한 광학적 센서개발 및 적용평가를 실시함

국내 토양·지하수 환경시장의 90% 이상을 국내기술로 대체하기 위하여 토양·지하수오염 방지기술 개발 사업(GAIA, '08~'17년)을 추진함

국내 독자적 기술 확보로 선진국에서 요구하는 기술이전비용 저감 및 기술 수출을 지원하고 있음

기존 사업과 차별화하여 사전예방 - 오염탐지 - 정화 - 사후관리기술 등 단계별 기술의 연계 및 통합 오염관리 종합 기술 개발에 지원하고 있음

[표] 단계별 기술개발 목표

구 분	1단계 (2008 ~ 2011)	2단계 (2012 ~ 2014)	3단계 (2015 ~ 2017)
중점 목표	<p>〈 요소기술개발 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 오염물질의 사전오염예 방지기술 개발 오염물질 탐사이동·예 측기술 개발 	<p>〈 현장기술개발 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 오염물질 모니터링 분석·측정기술 개발 오염원인자 판별기술 개발 	<p>〈 통합관리기반 구축 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 오염사고에 대비한 오염물질 종합관리 시스템 구축 토양/지하수오염 종합 관리시스템 구축
기술수준 향상도	60%(2006) → 70%(2011)	80%	90%

(출처: 토양보전 기본계획, 환경부 (2009.09))

■ 관련 시장 동향

[시장 정의 및 시장규모]

미국의 오염부지들에 대한 전체 정화비용을 1700~2500억달러로 추정하고 있으며 유럽도 전세계 복원시장의 30%를 차지할 정도로 오염토양 정화시장은 급성장 중임

현재 세계 토양 복원시장의 1/3을 차지하고 있는 미국에서는 500,000개 이상의 오염부지가 존재하며, 오염부지복원을 위하여 매년 10억 달러에 가까운 비용이 사용되고 있음

서유럽지역은 평균적으로 GDP의 약0.5~1.5%를 매년 복원비용으로 사용하고 있으며, 600,000개 이상의 오염 부지를 복원하기 위하여 약50억 달러의 비용을 사용하고 있음

멕시코의 토양복원시장 규모는 2005년도에 약 1조원에 육박하며, 28% 이상을 수도인 멕시코 시티가 차지하고 있음

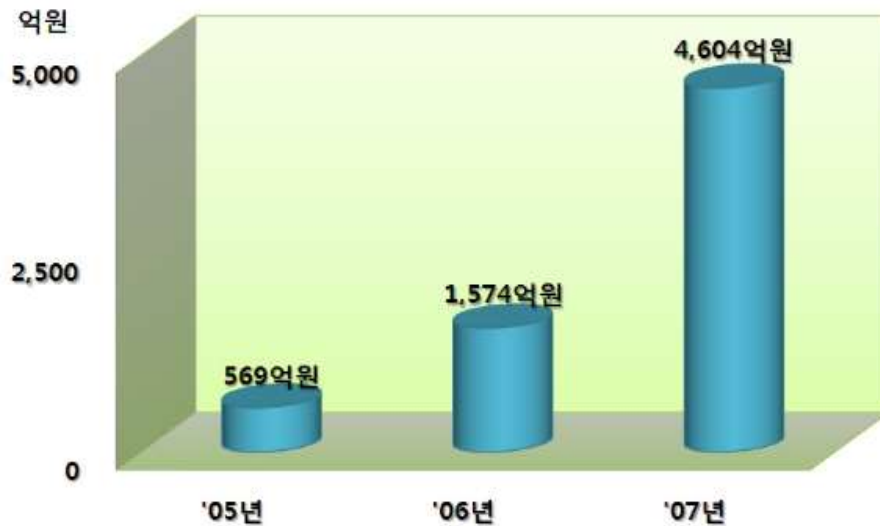
미국의 환경전문 컨설팅 업체인 EBI(Environmental Business International)와 영국 정부 기관인 JEMU(Joint Environmental Markets Unit)에 따르면 전 세계 토양 복원시장은 2005년 300억달러(약 33조7350억원)에서 2015년 534억달러(약 60조원)로 성장할 전망이다



[그림] 토양 오염복원 국내 및 세계 시장 현황
(출처:EBD,JEMU)

국내 토양정화업 등록업체의 실적보고를 토대로 한 토양정화시장의 규모는 '05년 569억원에서 '06년 1,574억원, '07년 4,604억원으로 8배정도 증가함

2005년 토양정화업 등록제 시행전부터 진행중인 정화공사는 포함되지 않아 실제 시장규모는 이보다 훨씬 클 것으로 예측함



[그림] 국내 토양정화시장 규모
(출처: 환경부)

국내 환경시장의 규모는 다양한 예측 및 전망이 나오고 있으나, 전체 환경시장은 '99년 약 6조원에서 매년 급성장하여 '10년에는 약 29조원에 이를 것으로 전망함

국내 환경시장 전망 (단위 : 천억원)

구 분	'99~'01	'05	'10	'15	'20	비 고
환경시장	60 ('99)	143	287	—	—	차세대핵심환경기술개발 10개년 종합계획('02)
환경복원 시장	11 ('01)	15	22	—	—	삼성경제연구소('00)
	5 ('00)	—	30	—	50	미국 에너지성 기술개발국 (DOE-ORD) 해외시장 분석자료('97)
	2 ('95)	5	—	30	—	국가기술지도 1단계핵심기술도출 ('02)
토양정화	2 ('95)	15	—	21	20('25)	21세기 환경기술개발 장기종합계획('97, 한국과학기술원)

(출처: 환경부)

특히 토양분야는 국민적 관심증가, 엄격한 정화책임, 관련 제도 강화, 개발사업 증가 등 토양정화 시장은 지속적으로 증가할 것으로 예측함

[주요기업 동향 및 경쟁현황]

GS건설은 국내건설사 최초로 해외에서 석유오염토양 복원사업을 총29억 5000만달러에 수주하여 사업을

진행하고 있음

현대건설은 2004년 국내 최초로 오염토양 세척기술을 개발해 환경부로부터 환경신기술로 지정받았으며, 생물학적(바이오리미디에이션)기술과 열처리(소각)기술을 확보하여, 유류오염토양 정화사업을 통해 쿠웨이트 석유오염토양 복원사업의 본공사 참여 여부를 심사하는 PQ를 통과함

삼성물산은 2000년부터 미군기지 극동공병단(FED) 환경사업 10여건을 수행하면서 선진국 수준의 기술력과 사업수행력을 갖추었으며, 특히 국내 최대이자 아시아 최대 규모인 용산역세권 정화사업을 수행하고 있어 세계적인 수행역량을 소화할 수 있다는 평가를 받고 있음

국내에서 100여건의 토양 복원사업을 수행한 삼성물산은 2000년부터 미국기지 복원사업을 미국 정부 기준에 맞게 수행하여 선진국의 기술력을 갖고 있어 토양 복원사업에 본격적으로 진출할 계획임

전체 토양 복원 시장의 70% 이상은 미국, 유럽, 일본, 캐나다, 호주의 기업들이 차지하고 있음

토양정화업은 2년 동안 67개업체가 등록, 누출검사기관은 '05년 15개소에서 '08년 40개소로 2배이상 증가함

토양정화업은 2년 동안 67개업체가 등록, 누출검사기관은 '05년 15개소에서 '08년 40개소로 2배이상 증가함

■ 문의처	
· 소속	과학사업화팀
· 담당자	김보경
· 연락처	042-879-6232, godpk2@nfri.re.kr