

유류 오염토양 및 지하수 동시복원을 위한
In-Situ 다중상 유류오염물질 추출장치

2004 . 2.

(주) 에코솔루션



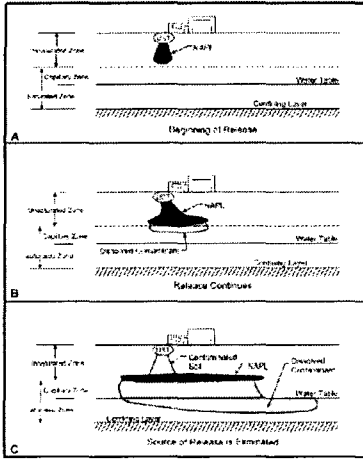
목 차

1. 지중 유류오염물질 분포형태
2. 기존 기술현황 및 기술개발 필요성
3. 지중 LNAPL 거동연구
4. 실험실규모 적용성평가 결과
5. 현장 적용성평가 결과
6. 국외 제품과의 특성비교
7. 개발기술 특성요약

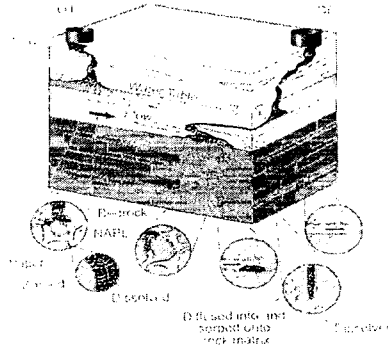


1. 지중 유류오염물질 분포형태

유류의 지중 확산형태



누출유류의 지중 존재형태



1. 지중 유류오염물질 분포형태

30,000 gal.의 Gasoline 누유시 오염상태 분포예측

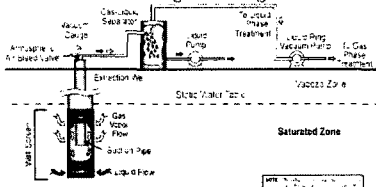
Phase	Spatial [Media] Volume(m ³)	% of Total	Gasoline Volume(gal)	% of Total
Free Product	7,100	1	18,500	62
Adsorbed (soil)	250,000	20	10,000	33
Dissolved (water)	960,000	79	333	1~5
Vapor	No Data	-	-	<1

• Source : "How to Effectively Recover Free Product At Leaking UST Sites", US EPA, 1996

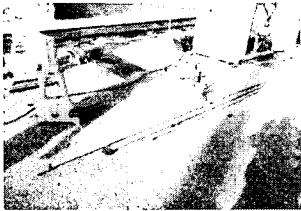
- 지중에 누출된 Gasoline 중 유동유분(LNAPL) 형태로 62%정도가 지하수위 상부 토양공극사이에 존재
- 1~5%정도의 누출 Gasoline이 전체오염부피의 80%에 가까운 지하수를 오염시킴
- 유류오염토양 복원시 신속한 유동성 LNAPL의 제거는 토양과 지하수로의 추가확산을 막고, 복원기간을 단축시키는 역할 수행

2. 기존 기술현황 및 기술개발 필요성

국내 관련분야 기술현황



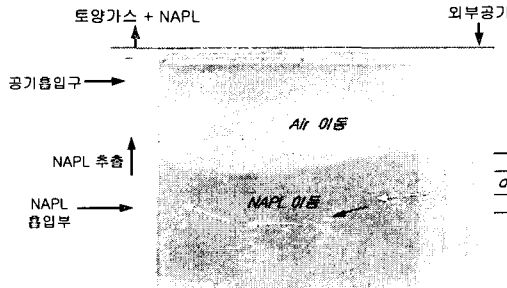
SVE 공정을 응용한 기존 MPE 공정



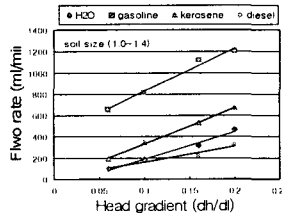
기존 MPE 공정의 추출관

- 본 장치 개발전 당사는 유류오염토양 복원시 LNAPL 제어를 위해 기존 SVE 추출정에 별도의 진공흡입 추출관을 삽입하여 LNAPL과 지하수를 동시 추출제거하는 슬러링 공법이나, 다량의 지하수를 양수하여 지상 처리후 재주입하는 양수처리(P&T)공법을 주로 적용
- LNAPL의 추출효율이 떨어지고, 추출지하수 처리를 위한 별도의 이송 및 수처리시설 설치와 운영이 필요
- 조수 및 강우 등의 영향에 의해 지하수위변동이 심한 복원부지의 경우 추출공정의 연속 운전이 불가능함
- 기존공법의 상기와 같은 문제점에 의해 범용적으로 유류오염부지 복원사업에 적용시켜 유용성 유분만을 선택적으로 제거 할 수 있는 장치개발이 시급하게 대두되었음

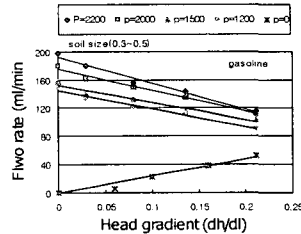
3. 지중 LNAPL 거동 연구



- 지중 LNAPL의 이동률은 수두구배에 비례해 증가
- LNAPL의 점도, 밀도등 물리적특성에 영향을 받음
- LNAPL은 자연구배 상태보다 추출부 내부에 진공압을 형성시켜주었을때 더 큰 이동률 보임
- 실험결과 지중에 진공압을 형성시켜주면, 유동상 유분의 흐름속도를 향상시키고, 토양공극사이에 모세관압으로 포획되어 있던 잔류상 유분을 유동상으로 전환시켜 지중 LNAPL 추출율을 향상시키는 결과 초래



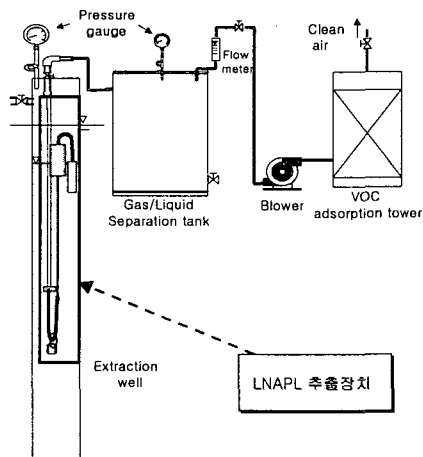
수두구배에 따른 LNAPL 유동유량 변화



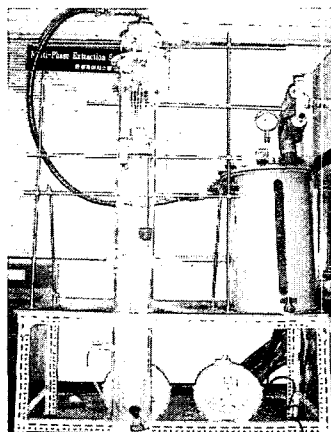
추출압력에 따른 Gasoline 추출유량 변화

4. 실험실규모 적용성평가 결과

LNAPL 추출장치 공정개요도

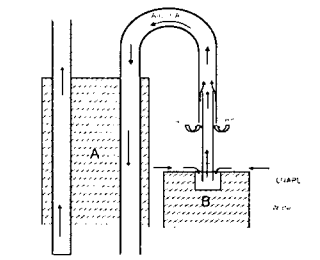
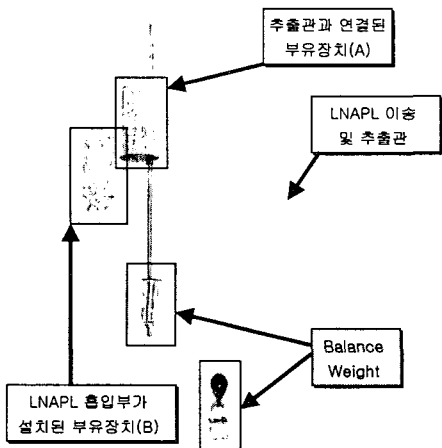


적용성평가용 시스템의 실물

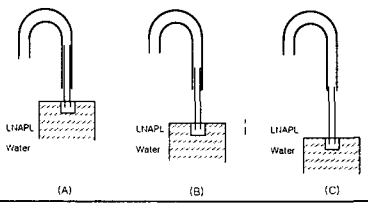


4. 실험실규모 적용성평가 결과

LNAPL 추출장치



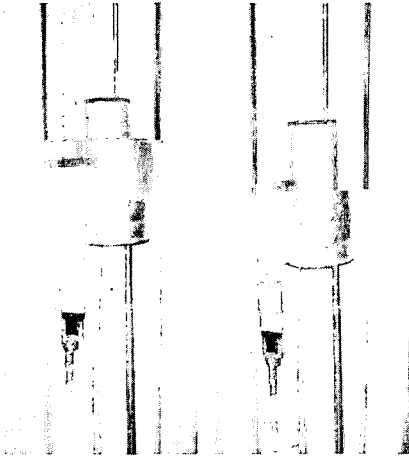
LNAPL의 추출원리 [분리추출 시스템]



LNAPL 추출부와 흡입부의 상하 이동모식도

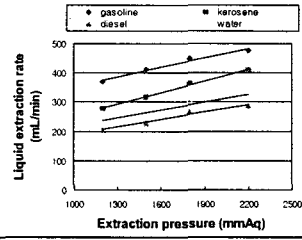
4. 실험실규모 적용성평가 결과

LNAPL 추출장치

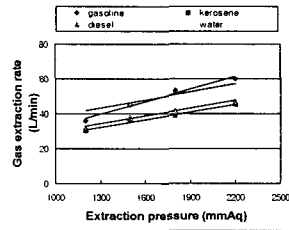


LNAPL 추출 전 모습

LNAPL 추출 후 모습



추출압력 변화에 따른 LNAPL 추출유량



추출압력 변화에 따른 토양가스 추출유량

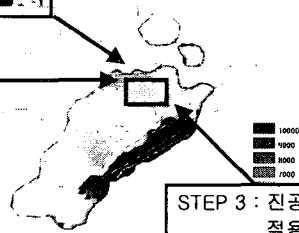


5. 현장 적용성평가 결과

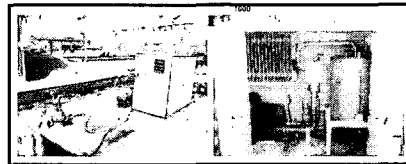


STEP 1 : 추출관정 착정 및 LNAPL 오염확인

STEP 2 : 추출심도 결정 및 추출장치 장착

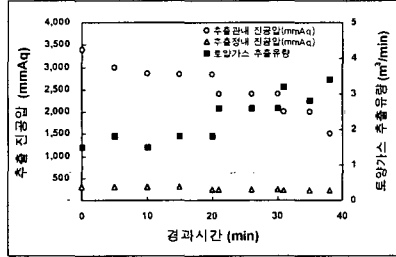


STEP 3 : 진공시스템 연결 및 적용성 평가 수행

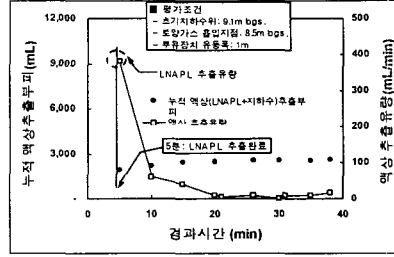


5. 현장 적용성평가 결과

유류의 지중 확산형태



누출유류의 지중 존재형태



- 추출심도 9.1m bgs. 와 부유장치 유동폭 1.0m 조건에서 추출진공압은 (-) 1,500~3,400mmAq 범위 유지
- 추출정 내부는 (-) 300mmAq의 진공압이 유지되었으며, 토양가스 추출유량은 2.0~4.0m³/min 범위를 보임
- 초기 5분만에 0.4L/min 유량으로 두께 30cm 이상의 LNAPL층을 추출제거 하였으며, 추출이 완료된 이후 지하수 흡입이 억제되고, 토양가스의 단독추출이 이루어짐
- 최종적으로 추출정내 LNAPL층의 두께는 3mm 이하를 유지하였음

6. 국외 제품과의 특성비교

제조사	Clean Earth Tech. Inc. (미국)	CEE Inc. (미국)	㈜에코솔루션 (한국)
사 진			
모델명	SPILL BUSTER™	SOG Type	ECO-SKIM
가 격	12,000 천원 / well	14,000천원 / well	5,000천원 / well
제품특성	본 장치는 LNAPL 흡입펌프와 자동심도 조절장치, LNAPL 수위를 감지하여 펌프의 위치를 자동조절하는 Control Box로 구성되어 있으며, 관정내 기역계면에서 LNAPL 단독추출이 이루어지도록 제작	관정내 설치되는 스키머장치로 소수성 멤브레인으로 이루어진 유입부를 통해 관정내 모이는 LNAPL을 흡수하고, 공압 펌프를 통해 지상으로 이송하여 제거하는 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 진공압을 이용해 LNAPL과 토양가스의 동시추출 가능 • 토양내 압력구배 형성을 통해 LNAPL 추출효율 및 제거효율 상승 • 지하수위 변동에 무관하게 연속적인 LNAPL 추출제거 가능
비 고	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국외제품의 경우 LNAPL의 추출율이 토양고유의 유체흐름특성에 따라 관정내 LNAPL 유입을에만 의존하는 반면, 개발제품은 지중 압력구배 형성을 통해 영향반경내 잔류상 및 유동상 LNAPL 추출효율을 극대화 시킴 ■ 적용기간중 토양가스를 포함한 다중상 추출을 통해 영향반경내에서 VOC형태로의 오염물질 동시제거가 가능하며, 토양내 공기효과를 통해 토착미생물에 의한 오염물질의 생분해 유발 ■ 내구성이 강하고, 경제적인 송풍기(Blower)를 진공동력원으로 사용함으로써 현장에서의 연속운전이 가능 ■ 국내에서 적용빈도가 높은 슬러핑공법/양수처리공법들에 비해, 고농도로 집적된 LNAPL의 추출이 가능하므로, 양수된 오염지하수에 대한 후처리설비 용량이 최소화 되고, 이에 따른 복원공정의 운영비 부담 경감 		

7. 개발기술 특성요약

□ 기술명칭 : In-Situ 다중상 유류오염물질 추출장치

□ 기술특성

- 송풍기(Blower)를 이용한 진공추출시스템
 - 유동상 및 잔류상 LNAPL 추출효율 극대화 [추출정내부로의 유동유분 유입을 증대]
 - 다중상 추출을 통한 토양가스중 VOC 제거 와 지중 미생물에 의한 생분해 유도
 - 설비의 내구성과 경제성 확보
 - 기존 SVE 시스템과의 연계운전 용이
- 지하수위 상부에서 부유식(Floating Type) 추출시스템
 - 선택적인 LNAPL 추출을 통해 지상 후처리설비 용량 최소화 (과도한 지하수추출 배제)
 - 지하수위 변화에 무관하게 연속적인 오염물질 제거가능
 - 분리 추출시스템으로 기액 계면에서의 민감도를 높여 3mm이하 두께까지 LNAPL 제거가능

□ 주요 활용분야 및 기대효과

- 유류 및 유기화합물질 오염토양 복원사업 [현 토양오염복원시장의 70%이상 규모 차지]
- 오염확산 방지시설 [군부대 유류저장시설 및 석유화학단지에서 오염확산방지설비 활용]
- 신기술 인증을 통해 국외기술 및 제품에 대한 기술경쟁력 제고

