

공 정	특 징		장 단 점
토양증기추출법 (In- Situ)	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 토양증기추출법은 불포화 대수층 위에 추출정을 설치하여 강제진공흡입으로 토양을 진공상태로 만들어 증으로써 토양으로부터 휘발성, 준휘발성 오염물질을 제거하는 기술이다 <p style="text-align: center;">[적용 제한인자]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 방출, 추출된 증기는 인간이나 주변환경에 해가 되지 않도록 처리해야한다 * 추출가스 처리에 사용된 활성탄 및 용액을 안전하게 처리해야한다 * 포화지역에는 효과가 없으나 대수층을 낮추면 적용범위가 많아진다 * 유기물의 함량이 높은 토양 및 건조한 토양은 VOC의 흡착능력이 높아 제거율이 낮아진다 	<p style="text-align: center;">[추출정, 공기유입정 설치 시 기준요소]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 추출정: 1개 이상으로 하여 일부 개방되어 있는 파이프를 이용하여, 침투성이 좋은 굵은 모래나 자갈 위에 설치 * 공기유입정: SVE에 필요한 유량을 보장하기 위해 설치하며, 일반적으로 송풍기로 사용 <p style="text-align: center;">[구성장치]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 저투수성 덮개 * 기액분리기 * 진공장치 * 배기가스 처리장치 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 기계 및 장치가 간단 * 유지 및 관리비용이 저렴 * 단기간 내에 설치 가능하다 * 즉시 복원 효율에 대한 결과를 얻을 수 있다 * 굴착이 필요 없어 오염되지 않은 토양과 혼합될 우려가 없다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 증기압이 낮은 오염물질은 제거효율이 낮다 * 추출된 기체의 처리를 위한 대기오염 방지시설 필요 * 불포화 대수층에만 적용 가능하다 * 독성이 잔존한다
	<p style="text-align: center;">[오염물 물리, 화학적 인자 4가지]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 용해도 * 헨리상수 * 증기압 * 흡착계수 <p style="text-align: center;">[부적합한 오염물질 종류]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 중금속 * PCB * 다이옥신 	<p style="text-align: center;">[설계인자]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 대상오염물질의 종류 * 증기압 * 헨리상수 * 물에 대한 용해도 * 토양 내 농도 <p style="text-align: center;">[영향반경]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 추출정 또는 주입정에서 공기를 추출 또는 주입 시 공기흐름이 가능한 최대거리, 즉 산소전달 반경을 말하며 영향반경은 토양조건에 따라 6m에서 45m 정도이며 심도 7m 까지 토양조건에 적용할 수 있다 	

<p style="text-align: center;">토양 세척공법 (Ex-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 토양 내 오염물질을 세척수와 기계적 마찰력을 이용하여 처리하는 공법으로 적절한 세척제를 이용하여 유기오염물질과 중금속을 처리 	<p style="text-align: center;">[제약조건]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 세척수로부터 미세토양입자를 분리해 내기 위해서 응집제를 첨가해 주어야 하는 경우도 있다 * 복합오염물질의 경우 적용하고자 하는 세척제를 선별, 제조하기가 어렵다 * 토양 내 휴믹질이 고농도로 존재 시 전 처리가 요구된다 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 외부환경의 조건 변화에 대한 영향이 적고 자체적인 조건 조절이 가능한 폐쇄형 공정이다 * 부지 내에서 유해오염물의 이송 없이 바로 처리 가능 * 적용 가능한 오염물질 종류의 범위가 넓다 * 오염토양 부피의 단시간 내의 효율적인 급감으로 2차 처리비용이 절감된다
	<p style="text-align: center;">[공정순서]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 전처리: 오염토양을 주 세척장치에 투입하기전에 분쇄, 분리, 선별, 혼합등의 과정으로 분순물 및 큰 고형물 제거, 함수율 조절, 금속물질 제거, 토양입도를 균등히 하여 토양세척에 적합한 토양조건으로 하는 공정 * 분리: 굵은 입자와 미세입자를 63~74 μm 사이를 기준으로 보다 더 정밀한 토양분리를 실시하는 공정 * 조립자(굵은 토양) 처리: 입경 63~74 μm 이상에 해당하는 굵은 토양은 표면 세척, 산 염기 용제추출에 의해 표면에 흡착된 오염물질을 제거하는 공정 * 세립자(미세 토양) 처리: 입경 63~74 μm 이하에 해당하는 미세토양은 표면 세척에 의한 오염물질 제거에 한계가 있어 다른 처리공정으로 보내기 위해 분립, 수립하는 공정 * 오염수 처리: 배출오염 오염수는 기존의 폐수처리시설에서 토양세척도에 영향을 미치지 않는 정도로 정화처리하여 재순환시키는 공정 * 처리 잔류물 관리: 최종적으로 미처리된 잔류미세토양은 매립, 소각, 열분해, 화학적 처리, 생물학적 처리, 고형화, 안정화 등의 방법으로 최종 처분하는 공정 <p style="text-align: center;">[탈착원리]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 마찰력, 탈착력, 용해력 	<p style="text-align: center;">[계면활성제를 선택하는 이유]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 토양과 계면활성제 용액의 혼합물 중에서 중력에 의한 고액분리가 용이하기 때문에 계면활성제를 선택한다 <p style="text-align: center;">[세척장치의 종류]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 교반형, 진동형, 유동상형 <p style="text-align: center;">[계면활성제의 주 역할]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 중금속을 토양으로부터 분리하는 역할 -중금속으로 오염된 토양을 pH가 낮은 산성 용액을 이용하여 분리 * 표면장력을 약화시켜 용해시키는 역할 -토양입자 표면에 흡착되어 계면의 활성을 크게 하여 표면장력을 약화시켜 안정된 상태로 용해시킨다 <p style="text-align: center;">[pH가 산성 및 알칼리성일 때의 차이점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 산성: 보통금속들이 표면에 흡착되지 않고 이동성이 증가해서 분리가 가능하다 * 알칼리성: 비소, 몰리브덴, 셀레늄 금속은 알칼리성에서 음이온이 되어 토양에 흡착되지 않고 이동성이 증가해서 분리가 가능하며 수산화물이나 복합체 형태로 용출된다 	<p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 점토와 같은 미세입자에 흡착된 유기오염물질은 제거가 어렵다 * 비싸다 * 토양유기물 함량이 높을수록 토양세척효율이 낮아진다 * 휴믹질이 고농도 존재시 전처리가 필요하다

<p>토양 세정방법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염물질의 용해도를 증대시키기 위하여 첨가제를 함유한 물, 순수한 물 등을 원위치 처리방법으로 토양층에 주입하여 침출처리하는 방법 		
<p>공기 스파징 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 포화대 내에 공기를 강제 주입하여 지하수를 폭기시킴으로써 휘발성 유기화합물을 휘발시켜 제거하는 원위치 기술 	<p>[제약조건]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염확산 우려가 있는 피압 대수층에서는 적용할 수 없다 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 저렴하다 * 제거효율 높다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 피압대수층에는 적용하지 못한다 * 오염물질이 다른 지역으로 이동 가능성이 있다
<p>동전기 정화방법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 지층 속에 전극을 설치하고 전류를 가하여 지층의 물리, 화학적 및 수리학적 변화를 유도한 후 전도현상을 일으켜 오염물질을 이동시켜 추출, 제거하는 기술이다 	<p>[이동기작]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 전기삼투이론: 전기경사에 의한 공극수의 이동 * 전기이동이론: 전기경사에 의한 전하를 띤 화학물질의 이동 * 전기영동이론: 전기경사에 의한 전하를 띤 입자의 이동 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 다양한 종류의 오염물질에 적용 가능하다 * 경제적이다 * 처리된 토양은 재생 가능하다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 최적조건의 pH조절이 곤란하다 * 토양산성화가 발생하며 침전물에 의한 제거효율이 감소한다
<p>자연 저감법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 자연적인 지중공정(희석, 생분해, 휘발, 흡착, 지중물질과 화학반응 등)에 의해 오염물질농도가 허용가능한 농도수준으로 저감되도록 유도하는 기법이다 	<p>[오염물질 감소 메커니즘]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 희석, 생분해, 휘발, 흡착 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 타공정에 비해 친환경적이다 * 처리비용이 적다 * 타 매체로의 오염확산이 적고 타 정화공법 연계가능 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 장기간 소요된다 * 부지접근방지 및 부지사용금지 등의 조치가 필요하다
<p>화학적 산화/환원법 (Ex-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 산화/환원반응은 오염물질을 화학적으로는 더 안정하게 하고, 유동성이 없게 하며, 비활성 물질로 변화시키는 방법이다 	<p>[유류 오염 토양 정화시 사용 산화제]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오존, 과산화수소, 차아염소산염, 염소, 이산화염소 <p>[유기탄소 분배계수와 처리효율과 관계]</p> <ul style="list-style-type: none"> * Koc가 높다는 의미는 Kd(흡착계수) 값이 유기물 함량에 비해 상대적으로 크다는 것이므로 오염물질의 처리효율이 높다는 의미 이다 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염물질은 지중에서 처리 가능하고 오염물질의 분해가 빠르다 * 자연정화기법과 병행처리 가능하며, 잔류 탄화수소류에 대한 호기성 및 혐기성 생분해를 도모 할 수 있다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 초기비용이 타 방법보다 상대적으로 높은 저투수성 토양에서는 산화제와 오염물질 간의 접촉과 분해가 느리다 * 용존오염물질의 농도는 기술 적용 후 수 일 후 다시 증가될 수 있다.

<p style="text-align: center;">수직차단벽 (In-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 수직방어벽 및 수직방벽이라고도 하며 지하수와 오염물질들의 수평이동을 제어하기 위해서 지중에 설치한다 	<p style="text-align: center;">[수직차단벽의 종류]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 슬러리월 -낮은 수리전도도를 가진 슬러리에 채워 오염된 지하수를 상수원 또는 비오염 지하수와 단절시키는 방법 * 그라우트 커튼 -지중의 공극을 채울 수 있는 물질들을 저수층까지 양수시켜 유체의 흐름속도를 감소시키는 차단벽이다 * 진동빔 차단벽 -그라우트 접합 노즐이 부착된 빔이 진동파일 드라이버와 연결되어 지중을 진동시켜 구멍을 만든 후에 빔을 제거하고 그라우트 노즐을 통해 그라우트가 주입됨으로써 연속적인 차단벽을 설치하는 공법이다 * 스틸시트 파일링 * 심층 토양혼합 수직차단벽 * 얇은 막벽 차수공업 	
<p style="text-align: center;">투수성 반응벽체</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 투수성 반응벽은 오염된 지하수를 복원하기 위해 반응기질로 채워진 다공성의 지중벽체로, 용존성의 오염물질은 주변 지하수 흐름에 의해 PRB로 이동되며 반응물질이 충전된 벽체를 통과하면서 처리된다. 즉, 지중의 반응존으로 오염물을 이동시키는 자연적인 지하수 흐름에 의존한다 * 반응물질과 오염물질의 화학반응을 유도하여 오염물질을 제거하는 기술이다 	<p style="text-align: center;">[반응 메커니즘]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 침전, 휘발 및 생분해, 흡착, 산화 환원 <p style="text-align: center;">[반응물질]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 영가철 * 제올라이트 * 활성탄 * 미생물 복합체 <p>[탈염소화 반응을 하는 투수성 반응물질]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 반응물질: 영가철 * 반응식: $Fe^0 \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ (호기성 조건에서 Fe^{2+}로 산화되어 2개전자 방출) $R-Cl + 2e^- + H^+ \rightarrow R-H + Cl^-$ (전자수용체로서 전자를 받은 염소계화합물은 탈염소화 과정 후 염소이온 방출) 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 설치비가 저렴하고 시공도 간단하다 * 운영, 유지비가 경제적이다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 미생물의 과대증식으로 인한 막힘 현상이 있다 * 중간생성물로인해 독성을 나타낼 수 있다

<p>고형화, 안정화 방법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 물리, 화학적 방법을 통해 일차적으로 폐기물 유해성분의 유동성을 감소시켜 확산을 방지시킨다 	<p>[위해성 평가방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> * TCLP 시험법 * EP TOX 시험법 * MWEF 시험법 * MEP 시험법 	<p>[장단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 부피 감소가 가능하여 폐기물 취급이 용이하다 * 폐기물의 표면적이 감소한다 * 평균입자크기를 증가시켜 입자의 확산을 감소시킨다
<p>파쇄공법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 지반파쇄 기술이라고도 하며, 지반 내에 물 또는 공기를 고압으로 분사하여 기존의 간극을 확장시키거나 새로운 파쇄간극을 생성시켜줌으로써 토양이 투과성을 향상시켜 오염물질의 추출 및 처리를 용이하게 하는 토양오염 복원기술이다 * 종류 <ul style="list-style-type: none"> -수압파쇄기술 -압축공기파쇄기술 		
<p>생물학적 복원기술 (In-Situ)</p>	<p>[공동대사의 정의]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염물질이 미생물의 탄소원이나 에너지원으로 이용되지 않으면서 미생물이 갖고 있는 효소에 의하여 다른 화합물질로 전환, 즉 2차 기질로서 분해되는 현상이다. <p>[미생물에게 필요한 환경조절인자]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 전자수용체, pH, 영양물질, 온도, 토양수분 	<p>[탄소원과 에너지원]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 종속영양 미생물 <ul style="list-style-type: none"> -화학합성 종속영양: 유기탄소 / 유기물의 산화, 환원반응 -광합성 종속영양: 유기탄소 / 빛 * 독립영양 미생물 <ul style="list-style-type: none"> -화학합성 자가영양: 이산화탄소 / 무기물의 산화 -광합성 자가영양: 이산화탄소 / 빛 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 적용이 광범위하고 설치가 간단하다 * 원위치에서도 정화 가능 * 타 기술보다 처리비용 적게 소요된다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 긴 정화시간이 요구된다 * 용해도가 낮고 고농도 오염물질은 독성을 날내어 미생물의 생물학적 분해가 불가능하다 * 유해한 중간물질을 생성하는 경우가 있기 때문에 분해생성물의 유무를 조사할 필요하다.
<p>바이오 벤팅 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염토양에 인위적으로 산소를 공급하여 토양 내에 존재하는 토착미생물의 활성을 촉진시켜 생분해도를 극대화하여 오염토양을 정화하는 기술 <p>[최적 유지를 위한 pH 및 온도의 범위]</p> <ul style="list-style-type: none"> * pH: 6~8, 온도: 10~45°C 	<p>[바이오벤팅과 바이오 스파징의 차이점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 바이오벤팅: 지하수면 상부의 불포화대에 공기를 주입함으로써 미생물에 의한 유기물질을 분해 * 바이오스파징: 지하수면 아래의 포화대에 공기를 주입함으로써 미생물에 의해 대수층 내의 유기물질을 분해하고 또한 휘발성 유기오염물질을 불포화 토양층으로 이동시켜 분해한다 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 장치 간단하고 설치 용이하다 * 처리비용이 적다 * 처리시간이 짧다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 항상 높은 제거효율을 얻기 어려움 * 불포화층에만 적용이 가능함 * 특정 현장조건에 적용하기 어려움

<p style="text-align: center;">토양경작법 (Ex-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[토양특성인자]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 수분함유량, 산소함유량, 영양분(N,S), pH, 토양 부피 <p style="text-align: center;">[유류에 대한 오염도 기준물질]</p> <ul style="list-style-type: none"> * BTEX, TPH 	<p style="text-align: center;">[토양경작법/바이오파일 공통점, 차이점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 공통점: 굴착된 오염토양에 공기를 주입하여 미생물의 활성을 증대시킴으로써 처리효율을 증가시킨다. * 차이점: 공기주입방식의 차이가 있다. 바이오파일은 파일 더미까지 통하는 관을 이용하여 강제적으로 공기를 주입하거나 추출하며, 토양경작법은 토양을 경작 및 정기적으로 뒤집어 공기를 통기 <p style="text-align: center;">[가장 오랫동안 모니터링 해야 할 물질]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 증기압이 낮을수록 제거효율이 낮으므로 증기압 가장 낮은 물질 선택 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 처리기간 짧다 * 초기 투자비가 적게들며 설치가 간단하다 * 처리비용도 저렴하다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 넓은 부지가 요구된다 * 먼지와 배출가스의 발생으로 대기오염을 유발한다 * 고농도 중금속의 처리에는 비효율적이다
<p style="text-align: center;">바이오 파일 (Ex-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 오염된 토양을 굴착한 후 일정한 파일 안에 오염토양을 1~3m 높이로 쌓은 다음 폭기, 영양물질, 수분함유량을 조절하여 호기성 미생물의 활성을 극대화시켜 굴착된 토양 중의 유기성 오염물질을 처리하는 공법이다. 		<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 타 기술에 비해 설계 및 장치가 간단하다 * 처리시간의 짧다 * 처리단가가 낮다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 휘발성 오염물질은 생분해보다는 산기과정에서 휘발되기 쉽다 * 높은 오염농도에서는 처리가 비효율적이다 * 높은 중금속에서는 처리가 비효율적이다
<p style="text-align: center;">바이오 스팅 (In-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 공기를 지하수면 아래에서 주입하여 휘발성 유기오염물질을 불포화 토양층으로 이동시켜 생분해한다 	<p style="text-align: center;">[(Fe²⁺)10mg/L 이상에서는 부적합이유]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 지하수 내에 용존 Fe²⁺이 바이오스파징 중 산소와 접촉 시 Fe³⁺로 산화되면서 불용상태로 존재하여 대수층의 공극 내에 침전, 투수성을 저하시킨다 <p style="text-align: center;">[(Fe²⁺)농도가 10~20mg/L시 이로 인해 공기주입정에 발생할 수 있는 문제점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 바이오스파징 공정 운영 시 지하수 내에 용존 Fe²⁺이 존재시 대수층의 공극 내에 침전하여 투수성을 저하시킨다. 	<p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 수리전도도가 너무 크면 오염물질이 확산될 우려가 있다 * 층상구조가 발달된 지역에서는 오염물질이 확산될 우려가 있다

<p>바이오 슬러핑 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 펌프를 이용하여 지중에 존재하는 오염된 지하수와 유류 및 탄화수소 증기화합물을 분리하는 공법이다 	<p>[주요장치]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 공기공급 주입정 * 추출정 * 추출가스 처리장치 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 대부분 장비가 지하에 설치되기 때문에 넓은 부지에 대해 적용 가능 하다 * 추출정이 오염되는 것을 최소화 할 수 있다
<p>바이오 필터 (Ex-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 증기상의 휘발성 유기오염물질을 생물상층을 통과시켜 생물학적으로 분해시키는 기술 	<p>[퇴적온전조건]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 퇴비 적용 시 최적수분함량: 30~55% * 적정온도: 37°C * pH: 6~8 정도 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 여재를 자주 교체할 필요가 없다 * 별도의 포집가스 처리장치가 필요없다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 곰팡이 등에 의해 문제를 야기시킬 수 있다 * 바이오필터탑의 크기가 작게 설계될 경우 압력손실이 증가한다
<p>식물 정화법 (In-Situ)</p>	<p>[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 토양 및 지하수로부터 유해한 오염물질을 식물을 이용한 정화, 즉 생물학적 및 물리, 화학적인 제거 메커니즘이 모두 포함되며 오염물질 제거, 안정화, 무독화시키는 자연친화적인 환경복원기술이다 <p>[제약조건]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 물질전달 반응에 한계가 있다 * 물리, 화학적 공정에 비하여 상대적으로 처리속도 느다 * 지하수, 수변, 낮은 깊이의 토양에 한정적으로 적용한다 <p>[근권에 의한 여과]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 정화 원리: 수용해 오염물질을 식물의 뿌리로 통과시켜 뿌리 주변에 축적되거나 식물체로 흡수되어 처리하는 방법 * 정화 대상 <ul style="list-style-type: none"> -일반적인 토양보다는 수환경을 대상으로 하며 수생식물보다는 육상식물에 더 효과적이다 -적용오염물질은 중금속(납, 카드뮴), 방사선 원소(우라늄, 세슘 등)이다 	<p>[제거기작과 적합한 식물]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 식물에 의한 추출 <ul style="list-style-type: none"> -원리: 식물조직이 중금속이나 방사성 물질과 같은 무기오염물질을 체내에 흡수하여 축적 함으로써 오염물질을 제거하는 원리 -적합식물: 해바라기 * 식물에 의한 분해 <ul style="list-style-type: none"> -원리: 식물이 독성물질을 분해하는 효소를 분비하거나 또는 오염물질을 분해하는 데 중요한 역할을 하는 토양 미생물에 필요한 영양분을 제공하여 분해활동을 활성화시킴으로써 오염물질을 무독성의 물질로 전환시키는 원리 - 적합식물: 포플러나무 * 식물에 의한 안정화 <ul style="list-style-type: none"> -원리: 오염물질이 식물 뿌리 주변에 비활성의 상태로 축적되거나 식물체에 의해 오염물질의 이동을 차단하는 원리를 이용하여, 뿌리 주변 토양의 pH변화 등에 의하여중금속의 산화도가 바뀌어 불용성의 상태로 되는 원리에 기초한다 -적합식물: 포플러나무 	<p>[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 비용이 적게 소요된다 * 넓은 부지의 오염지역에 적용이 가능하다 * 다양한 오염물질에 적용 가능하다 <p>[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 다른 방법에 비해 효과가 느리다 * 넓은 부지가 필요하고 지역에 따라 기후 및 계절의 영향을 받는다

<p style="text-align: center;">소각 (Ex-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[소각과 열탈착 기술의 차이점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 소각: 산소가 있는 조건에서 고온으로 온도를 높여 유기물을 휘발시키고 소각시키는 기술 * 열탈착 기술: 산소 또는 무산소이고, 대체로 500°C 이하의 토양온도 조건일 때 오염물질을 토양으로부터 제거하는 기술 	<p style="text-align: center;">[가소성이 소각 처리시 미치는 영향]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 가소성은 토양에 외력을 가했을 때 파괴되지 않고 유연하게 견디어 그 본래의 형태를 유지하는 성질을 의미하며 소각처리 시 가소성 때문에 소각 후 재의 제거에 어려움이 있다 <p style="text-align: center;">[열탈착 및 소각기술 적용 시 부산물로 발생하는 2차 오염원 3가지와 각각의 기본적인 제어장치 설비]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 먼지: 집진장치 * 다이옥신, 퓨란류: 활성탄 주입장치 +SCR+여과집진장치 * 산성증기: 세정식 집진장치 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 모든 유기물질을 처리할 수 있다 * 열효율이 높고 에너지 요구량이 낮다 * 장치가 간단하고 고장요인이 적다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 처리 후 토양의 고유성질을 잃기 쉽다 * 대기오염물질의 배출량이 많다
<p style="text-align: center;">열탈착 기술 (Ex-Situ)</p>	<p style="text-align: center;">[개요]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 산소 또는 무산소이고 대체로 500°C 이하의 토양온도 조건일 때 오염물질을 토양으로부터 제거하는 기술 <p style="text-align: center;">[장치의 종류]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 로터리 탈착장치 * 열스크루 장치 * 유동상 탈착장치 * 마이크로파 탈착장치 	<p style="text-align: center;">[영향인자]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 탈착속도, 온도, 수분, 체류시간, 공극 <p style="text-align: center;">[분자량과 휘발성에 따른 탈착속도]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 분자량: 유기물질의 분자량이 클수록 탈착속도가 느리다 * 휘발성: 유기물질의 휘발성이 낮을수록 탈착속도가 느리다 	<p style="text-align: center;">[장점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 가스량이 상대적으로 적게 발생한다 * 유기인 살충제와 같은 오염토양을 처리하는 동안 다이옥신과 퓨란이 생성되지 않는다 <p style="text-align: center;">[단점]</p> <ul style="list-style-type: none"> * 토양 굴착이 필요하며 중금속 처리에는 부적합하다 * 처리 토양 내 수분이 많으면 전처리를 통해 수분함량을 낮추어야 한다