

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

토양정화

환경규제 강화 & 미군기지 반환 등의 이슈로 당분간 시장 성장세 기대

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

한국기업데이터(주)

작성자

최준호

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-3215-2553)로 연락하여 주시기 바랍니다.



한국IR협회

토양정화

환경규제 강화 & 미군기지 반환 등의 이슈로 당분간 시장 성장세 기대

■ 토양정화 산업은 환경규제 & 파생수요 산업

토양은 인간 및 동·식물이 살아가는 터전으로, 일단 한 번 오염이 진행되면 정화 과정이 매우 복잡하고 어려우며, 많은 비용이 소요된다. 따라서 오염이 일어나지 않도록 예방하는 것이 가장 중요하며, 오염된 토양에 대해서는 오염원의 형태를 분석하고 관리하는 것은 물론, 적절한 정화 기술의 적용이 무엇보다 중요하다. 세계적으로 환경규제가 강화되면서, 토양정화 산업 내에서는 토양정화 기술의 개발 및 고도화 필요성이 꾸준히 증가하고 있다. 이와 같은 토양정화 산업은 토양의 오염이라는 환경압력 혹은 환경문제가 촉발되어야 관련된 수요가 발생하는 산업으로, 수요를 발굴하는 행위보다는 선행적인 요인이 있어야 수요가 발생하는 파생수요에 기반하고 있는 산업이며, 정부정책과 환경규제로부터 많은 영향을 받는 산업이다.

■ 2018년 기준 국내 토양정화 시장규모는 1.3조 원, 대표 코스닥 업체는 (주)자연과환경

우리나라의 토양환경 시장은 반환미군기지 정화사업(LPP)과 남북송유관 정화사업(TKP)이 시작된 2008년부터 전체적으로 급격히 성장하였으며, 2007년부터 1,000억 원 시장으로 성장한 이후 2011년에는 5,558억 원의 규모를 형성할 정도로 급격히 성장하였다. 하지만, LPP 사업 이후인 2012년부터는 정화업체 수와 매출이 함께 감소하는 추세를 보이다가 이후 다시 성장하여 2018년 기준으로 약 1.3조 원의 규모를 형성하고 있다. 시장을 대표하는 코스닥 업체는 (주)자연과환경으로, 친환경 자재 생산, 조립사업, 해외 생태복원사업 등 다양한 연계 및 용역 사업을 영위하고 있으며, 2017년 3월 토양·지하수 정화 및 복원 전문업체인 (주)에코바이오를 흡수·합병하였다. 자체 공법(토양경작법, 동전기정화법, 토양세척법 등)을 보유하고 있어 오염원에 따라 최적화된 공법을 적용할 수 있는 기술적 노하우를 보유하고 있으며, 토양 경작장과 반입장도 갖추고 있어 전체 토양정화 업체 중 처리능력이 상위권에 위치해 있다.

■ 중소기업에서 대기업 위주로 구조 재편, 반환미군기지과 정부정책에 따른 성장세 예상

미국이나 일본 모두 초기에는 중소회사들의 시장점유율이 높은 편이었다. 하지만, 시장이 성숙되고 공공부문의 프로젝트 규모가 커지면서 대기업들의 영향력이 커졌다. 미국의 경우 상위 20개 대형사가 전체 시장의 60%를 점유하고 있으며, 일본의 경우도 상위 10개사가 전체 시장의 67%를 점유하고 있다. 향후 국내 토양정화 시장은 국가 정화 우선대상 부지의 도입, 반환 미군기지 정화시장의 형성 등 신규 시장의 형성으로 성장세를 시현할 것으로 전망되며, 오염규제 물질의 확대, 토양 및 지하수 동시 정화실시 등이 이루어지게 되면 시장규모는 더욱 확대될 것으로 기대된다. 현재 매출액 50억 원 미만의 중소기업들 중심으로 시장이 형성되어 있으나, 향후 미국이나 일본의 예와 같이 대기업들이 주도하는 시장으로 시장이 재편될 것으로 전망된다.

I. 배경기술분석

정부 주도의 정책과 규제 영향이 큰 토양정화 산업

토양은 우리 삶의 터전으로, 오염이 진행되면 정화·복원 작업에 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 오염된 토양에 대해서는 오염원의 형태를 분석하고 관리하는 것은 물론, 적절한 정화 기술의 적용이 무엇보다 중요하다. 토양정화는 오염이라는 선행적 요인이 있어야 수요가 발생하는 만큼, 정부 주도에 의해 진행되고 있으며, 정책 및 규제로부터 크게 영향을 받는다.

■ 토양의 정의와 특성

토양은 인간 및 동·식물이 살아가는 터전으로서, 생육의 기본이 되며, 물질 순환 과정에서 발생하는 다양한 종류의 유해 성분을 흡착·고정 또는 분해하는 정화 기능을 갖고 있다. 대개의 경우 평형 상태를 유지하고 있지만, 그 정화 능력이 초과될 경우 정화 기능이 상실되어 오염이 진행된다. 토양오염은 초기 단계에서 처리하지 못하면 광범위하게 확산될 수 있으며, 시간이 경과하면서 지하수 오염, 지표수 오염, 공기오염 등 2차 오염을 야기하여 인체 및 생태계에 지속적인 영향을 미칠 수 있다.

토양은 인간의 활동으로부터 발생하는 농약 비료, 생활 오물, 가축 분뇨, 산업 폐기물 등의 오염물질로부터 오염되고 있다. 특히, 도시화, 교통량 증가 등으로 인해 토양 내 중금속 농도는 꾸준히 높아지고 있으며, 이에 따라 농작물 생산성 저하, 사람과 동물의 건강 악화, 생태계에너지 불균형 등의 문제가 발생하고 있다.

토양은 일단 한 번 오염이 진행되면 정화 과정이 매우 복잡하고 어려우며, 많은 비용이 소요된다. 따라서 오염이 일어나지 않도록 예방하는 것이 가장 중요하며, 오염된 토양에 대해서는 오염원의 형태를 분석하고 관리하는 것은 물론, 적절한 정화 기술의 적용이 무엇보다 중요하다. 또한, 토양은 고상(토양 입자), 액상(토양 수분, 비수용성 액체), 기상(토양 공기) 등 다양한 매질로 이루어져 있기 때문에 정화 기술을 적용할 때에는 이러한 특성도 고려하여야 한다.

[그림 1] 토양오염의 주요 원인



[그림 2] 토양오염의 악순환



*출처: 환경부 환경통계포털

■ 토양 산업의 정의와 구조 및 특성

토양정화 산업은 따로 법률상 따로 규정되어 있지 않으므로, 환경 산업에서 그 정의를 유추할 수 있다. 「환경 기술 및 환경 산업 지원법」에서는 환경 산업을 “환경의 보전 및 관리를 위하여 환경시설 및 환경분야 시험·검사에 따른 측정기기 설계·제작·설치하거나 환경 기술에 관한 서비스를 제공하는 산업” 이라고 정의하고 있으며, 세부적으로는 대기, 수질, 소음·진동, 생태계 등에 대한 환경 피해의 측정·예방·최소화·복구 등 환경보전 활동에 필요한 시설·재료 또는 서비스를 제공하는 산업으로 정하고 있다.

[표 1] 토양 산업의 기능적 분류

매체	주요 기능	내용
토양	사전예방	오염예방을 위한 설계, 시공 등 포함
	조사·평가	조사, 환경평가, 위해성평가, 누출검사 등
	정화·복원	정화 및 복원작업 등
	검증 및 모니터링	정화작업 결과에 대한 검증, 대상의 상황 변동 여부 관찰 등
	관리/재활용	오염 토양관리 및 정화토양의 재활용 관련 기능

*출처: 한국환경산업기술원 「토양지하수 환경 기술산업정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구 한국기업데이터 재구성

[그림 3] 토양 산업의 개념도



*출처: 한국환경산업기술원 「토양지하수 환경 기술산업정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구」 한국기업데이터 재구성

따라서 토양 산업은 공기, 물, 폐기물과 함께 환경의 4대 매체를 구성하는 ‘토양’을 대상으로, 오염의 사전 예방, 조사·평가, 정화·복원, 검증, 관리·재활용에 관련된 기능을 수행하는 수입창출 활동으로 볼 수 있다. 또한, 이러한 기능을 수행하는 데 필요한 기계, 장비 및 원재료 등을 생산하는 제조 활동, 이와 관련된 장비나 원재료 등을 사용하여 기능을 수행하는 서비스 활동, 제조 활동과 기능 수행 활동에 지식과 정보를 제공·지원하는 서비스 활동도 모두 포함한다. 따라서 토양 산업은 토양환경 보전의 기능 사이클에 따라 사전예방, 조사·평가, 정화·복원, 검증 및 모니터링, 관리/재활용 산업으로 분류할 수 있다. 토양정화 산업은 오염된 토양의 정화와 복원이 주된 활동이므로 정화·복원 분야에 직접적으로 속해 있으며, 사전예방 산업을 제외한 나머지 기능별 산업에도 일부 속해 있다. 토양정화 산업의 대표적인 활동으로는 정화·복원 기술 개발, 정화 기술의 검토 및 적용, 정화 활동의 수행 및 연구, 정화 및 복원 관련 컨설팅 서비스 등이 있다.

■ 토양정화 산업의 특성과 Value Chain

토양정화 산업의 특성은 대체적으로 환경 산업과 유사한 특성을 보인다. 다만, 대기, 수질 등의 환경 산업은 감각에 의한 오염 진행 현상의 인지가 쉬운 반면, 토양의 경우에는 상대적으로 인지가 어렵기 때문에 환경문제로의 부각이 지연될 수 있다. 또한, 토양오염이 진행되어야만 수요가 발생하며, 토양의 소유권은 개인인 경우가 많은 반면, 공공재적 성격이 강하기 때문에 이중적인 특성을 가지고 있는 산업이기도 하다. 특히, 토양오염은 진행속도가 느리고 불규칙한 지반 환경 때문에 오염 확산 경로의 예측, 정화 기술의 적용 등이 쉽지 않은 편이며, 피해가 광범위하게 확산된 이후에 발견되는 경우가 많아 정화와 복원 활동에 많은 시간과 비용이 소요되는 것이 특징이다.

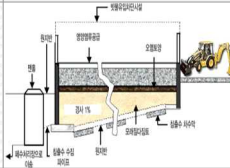
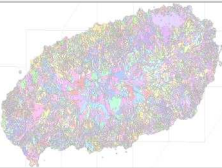
[표 2] 토양정화 산업의 특성

특성	내용
이중적인 산업	대기, 물과 마찬가지로 토양도 공공재적 성격이 강한 측면을 지니고 있어 공공부문에 의한 투자 비중이 높음. 반면, 소유권이 개인인 경우가 많아 완전한 공공재로 보기 어려운 이중적인 특성을 지니고 있음
정부주도 산업	토양정화는 국가차원의 해결 과제 중 하나이며, 대규모 투자와 기초 기술 개발이 선행적으로 필요한 기술시장 영역이기 때문에, 정부가 주도적으로 지원해야 하는 산업
파생수요 산업	토양의 오염이라는 환경압력 혹은 환경문제가 촉발되어야 관련된 수요가 발생하므로 근원적으로 수요를 발굴하는 행위보다는 선행적인 요인이 있어야 수요가 발생하는 파생수요 산업
기술집약적 산업	기계, 전자, 화학 분야를 아우르는 종합적인 융합 산업으로, 기술집약적이고 고부가가치 산업
정책 및 규제 영향이 큰 산업	세계적으로 환경규제에 대비한 환경기준 강화 및 자원순환 관련 법, 제도 등이 정비되고 있으며, 이에 따른 토양정화 기술의 필요성이 증가하고 있음
대중 영향이 큰 산업	생활환경 개선에 대한 대중의 관심이 높아지고 있기 때문에 건강을 포함한 삶의 질과 연관된 큰 토양정화와 같은 환경산업은 대중들의 관심도에 직접적인 영향을 받아 시장이 형성됨

*출처: 한국환경산업기술원 「토양지하수 환경 기술산업정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구」 한국기업데이터 재구성

토양정화 산업의 Value Chain은 오염 조사 및 컨설팅 산업 → 기초 기술 및 화학 재료 산업 → 토양정화 및 복원 산업 → 토양환경 평가·분석 서비스 산업 → 최종 수요처 등으로 이루어져 있다. 후방 산업에서는 기초 기술 및 화학 재료 산업에서 토양정화 및 복원 활동에 필요한 세라믹, 고분자, 계면활성제, 미생물 등의 원재료가 공급되며, 전방 산업에서는 정화 및 복원된 토양의 사후 평가/분석/관리, 엔지니어링, 건설 및 건축 서비스 등의 활동이 이루어진다.

[표 3] 토양정화 산업의 Value Chain

구분	오염 조사 및 컨설팅	기초 기술 및 화학 재료 산업	토양정화 및 복원 산업	토양정화 평가·분석 서비스	최종 수요처
제품·서비스	 오염원 규명, 조사·분석 서비스	 세라믹, 고분자, 미생물 등	 정화제, 차단제, 정화설비 등	 토양환경 분석/평가 서비스	 사업단, 정부, 지자체·공공기관
기업	국립환경과학원 보건환경연구원 한국수자원공사	(주)동일그린시스 (주)삼양사	(주)자연과환경 (주)오이코스 (주)지오그린21	벽산엔지니어링(주) (주)드림바이오스 환경시설관리(주)	한국농어촌공사 한국환경공단 한국토지주택공사

*출처: 한국기업데이터 자체 작성

II. 심층기술분석

오염원별 최적화된 공법 적용 중요, 국내 기술경쟁력 선진국 대비 약 81% 수준

토양정화 기술은 처리기술별(생물학적 처리방법, 물리화학적 처리방법, 열적 처리방법), 처리 위치별(현장 외 처리, 현장 내 지중처리, 현장 내 지상처리) 기술로 구분할 수 있으며, 오염물질별로 정화방법이 다르기 때문에 오염원별 최적화된 정화공법을 적용하는 것이 중요하다. 국내 기술 수준은 선진국 대비 약 81% 수준으로 파악된다.

■ 토양정화 기술의 종류와 분류

토양오염이 발생하면 정밀조사, 오염확산 방지, 오염정화 및 사후관리 절차 등이 진행된다. 세부적으로는 토양정화를 위한 조사 이후 실증 시험을 통해 정화 대상 부지의 특성에 적합한 정화공법을 선정하고, 설계 인자를 추출하여 설계를 추진한다.

오염토양의 정화방법은 「토양환경보전법 시행령」 제10조 제2항 각 호의 규정에 따라 분류되며, 크게 처리기술별 정화방법과 처리위치별 정화방법으로 분류된다. 처리기술별 정화방법으로는 생물학적 처리방법, 물리화학적 처리방법, 열적 처리방법이 있고, 처리위치별 정화방법은 현장 외 처리(Off-site), 현장 내 지중처리(On-site/In-site), 현장 내 지상처리(On-site/Ex-site)로 구분된다. 정화방법은 오염물질의 특성 및 부지 특성에 따라 단일 기술로 적용되거나 여러 가지 기술이 복합적으로 사용되기도 한다.

[표 4] 처리기술별 정화방법

구분	공법	공정개요
생물학적 처리방법	생물학적 분해법	영양분과 수분(필요시 미생물)을 오염토양내로 순환시킴으로써 미생물의 활성을 자극하여 유기물 분해기능을 증대시키는 방법
	생물학적 통풍법	오염된 토양에 대하여 강제적으로 공기를 주입하여 산소농도를 증대시킴으로써 미생물의 생분해능을 증진시키는 방법
	토양 경작법	오염토양을 굴착하여 지표면에 깔아 놓고 정기적으로 뒤집어줌으로써 공기 중의 산소를 공급해주는 호기성 생분해 공정법
	바이오 파일법	오염토양을 굴착하여 영양분 및 수분 등을 혼합한 파일을 만들고 공기를 공급하여 오염물질에 대한 미생물의 생분해능을 증진시키는 방법
	식물재배 정화법	식물체의 성장에 따라 토양 내 오염물질을 분해·흡착·침전 등을 통해 오염토양을 정화하는 방법
	퇴비화법	오염토양을 굴착하여 팽화제로 나뭇조각, 동식물 폐기물과 같은 유기성 물질을 혼합하여 공극과 유기물 함량을 증대시킨 후 공기를 중비하여 오염물질을 분해시키는 방법
	자연 저감법	토양 또는 지중에서 자연적으로 일어나는 희석, 휘발, 생분해, 흡착 그리고 지중물질과의 화학반응 등에 의해 오염물질 농도가 허용 가능한 수준으로 저감되도록 유도하는 방법
물리 화학적	토양 세정법	오염물 용해도를 증대시키기 위하여 첨가제를 함유한 물 또는 순수한 물을 토양 및 지하수에 주입하여 오염물질을 침출 처리하는 방법

처리방법	토양증기 추출법	압력구배를 형성하기 위하여 추출정을 굴착하여 진공상태로 만들어줌으로써 토양 내의 휘발성 오염물질을 휘발·추출하는 방법
	토양 세척법	오염토양을 굴착하여 토양입자 표면에 부착된 유·무기성 오염물질을 세척액으로 분리시켜 이를 토양 내에서 농축·처분하거나, 재래식 폐수처리 방법으로 처리하는 방법
	용제추출	오염토양을 추출기내에서 solvent와 혼합시켜 용해시킨 후 분리기에서 분리하여 처리하는 방법
	화학적 산화/환원법	오염된 토양에 오존, 과산화수소 등의 화합물을 첨가하여 산화/환원반응을 통해 오염물질을 무독성화 또는 저독성화 시키는 방법
	동전기법	투수계수가 낮은 포화토양에서 이온상태의 오염물(음이온·양이온·중금속 등)을 양극과 음극의 전기장에 의하여 이동속도를 촉진시켜 포화오염토양을 처리하는 방법
열적 처리방법	열탈착법	오염토양내의 유기오염물질을 휘발·탈착시키는 기법이며, 배기가스는 가스처리시스템으로 이송하여 처리하는 방법
	소각법	산소가 존재하는 상태에서 800~1200°C의 고온으로 유해성 폐기물 내의 유기오염물질을 소각·분해시키는 방법
	유리화법	굴착된 오염토양 및 슬러지를 전기적으로 용융시킴으로써 용출특성이 매우 적은 결정구조로 만드는 방법
	열분해법	산소가 없는 혐기성 상태에서 열을 가하여 오염토양 중의 유기물을 분해시키는 방법

*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

[표 5] 처리위치별 정화방법

구분		개요	장점	단점
현장 외		오염토를 굴착한 후 처리시설이 설치된 새로운 처리지역(반입정화 시설)에 오염토양을 옮겨 처리하는 기술	- 정화시설물 설치비 절감 - 신속한 오염 제거가 가능 → 지역주민 민원해소 - 부지 내 화학물질(산세척제 등) 미 반입	- 반출정화대상 법규검토 및 유관기관 협의 필요 - 이송에 따른 부대비용 발생 - 운반차량에 의한 교통혼잡 가능성 존재
현장 내	지중 처리	오염 또는 축적된 토양을 굴착·이동하지 않고 현 오염위치에서 오염물질을 제거, 분해하는 기술	- 굴착이 불가능한 구간의 정화가 가능함 - 굴착 시 발생하는 환경문제가 없음	- 정화기간 장기화 가능성 - 정화성과 판단의 어려움
	지상 처리	오염토양을 굴착한 후 오염부지 내에서 정화시설물을 설치하여 오염물질을 분해, 제거하는 기술	- 지중정화에 비해 정화목표 농도 달성이 용이 - 모니터링 및 검증단계에서 얻어진 정보에 대한 신뢰성이 높음 - 외부정화에 의한 2차오염 확산 방지	- 정화시설을 갖추는 데 추가 비용 소요 - 지역주민 민원발생 예상 → 부지전면 통제 → 부지 내 화학물질 반입

*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

■ 토양정화의 핵심기술

토양정화는 오염물질(카드뮴, 납, 구리, 수은, 비소, 6가크롬 등의 중금속과 휘발성유기화합물 및 석유계충탄화수소 등)별로 정화방법이 다르기 때문에 오염원별로 다양한 형태의 정화공법이 적용되고 있다. 처리기술별 정화방법 중에서 이미 상용화되어 현장에 적용되고 있거나, 상

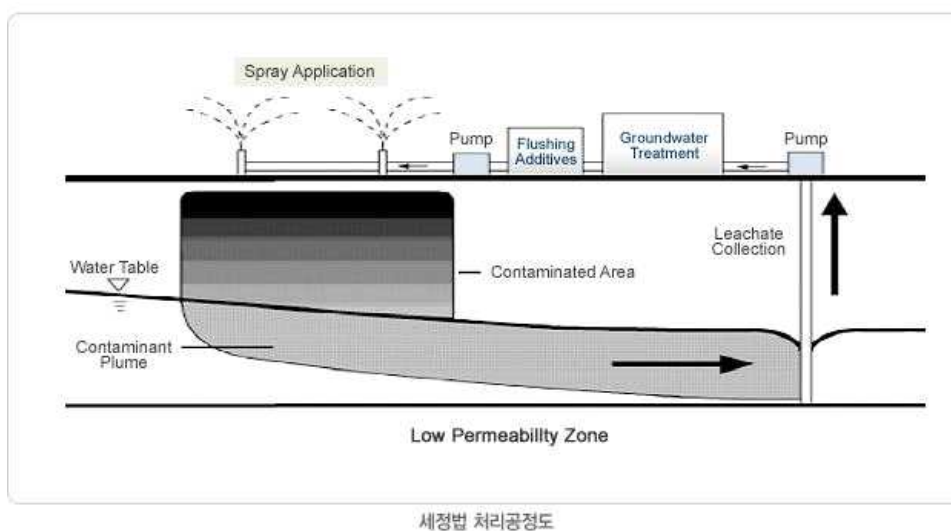
용화 단계에 도달한 기술은 생물학적통풍법, 토양경작법, 바이오파일법, 토양세정법, 토양증기 추출법, 화학적산화·환원법 등이 있으며, 생물학적처리방법, 물리화학적처리방법, 열적처리방법 등을 대표하는 핵심기술은 다음과 같다.

▲ 토양세정법(Soil Flushing)

토양세정법은 물 또는 오염물질 용해도를 증대시키기 위한 첨가제(계면활성제 등)가 함유된 물을 관정을 통하여 토양공극 내에 주입함으로써 토양에 흡착된 오염물질을 탈착시켜 지상으로 추출하여 처리하는 방법이다. 지중처리(In-situ) 기술 중에 물리/화학적 처리기술에 속하며, 이 방법은 한국환경공단이 토양정화 공법으로 적용한 방법이기도 하다.

생분해 과정이 불가능한 중금속의 경우 활용도가 높지만 살충제, 휘발성 유기화합물, 준 휘발성 유기화합물질의 처리 시 높은 세정제 비용으로 인해 타 공정에 비하여 경제성이 떨어지는 것이 단점이다. 반면, 오염물질 중 중금속을 비롯한 무기물로 오염된 지역의 정화에 매우 탁월한 효과를 나타내며, 비할로젠 및 할로젠 VOCs, 비할로젠 및 할로젠 SVOCs 및 유류로 오염된 지역의 정화에도 대체적으로 적용이 가능하다. 다만, 방사성물질 및 화약류에는 적용이 용이하지 않다.

[그림 4] 토양세정법 공정도



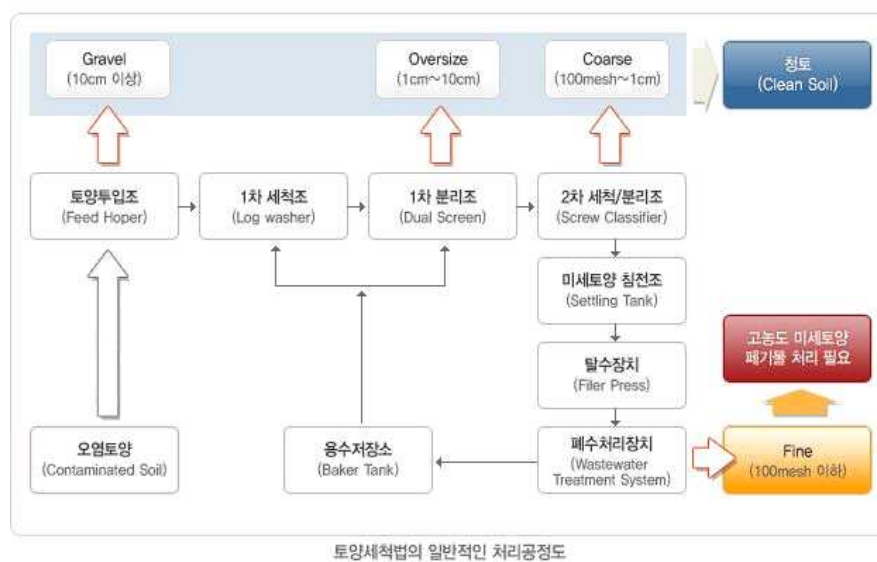
*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

▲ 토양세척법(Soil Washing)

토양세척법은 적절한 세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 유해한 유기오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해한 유기오염물질 및 중금속을 분리시켜 처리하는 지상처리(Ex-situ)기술이다. 사용하는 세척제의 종류에 따라 광범위한 유기 및 무기오염물질을 제거할 수 있으며, 선별과정을 통하여 효과적으로 오염토양의 부피를 감소시킬 수 있기 때문에 타 공정과 복합적으로 사용할 경우 그 활용도가 더 높아질 수 있다.

토양세척법은 유기오염물질, 유류 및 중금속과 같은 무기물질로 오염된 지역의 정화에 대체적으로 적용이 가능하며, 토양입경별로는 자갈, 모래, 미사 등에 효과가 크고 미사에는 부분적인 효과가 있지만, 점토에는 효과가 거의 없다.

[그림 5] 토양세척법 공정도



*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

▲ 식물정화법(Phytoremediation)

식물정화법은 식물을 이용하여 오염토양 및 지하수를 포함한 수질을 정화시키는 새로운 자연 친화적인 토양정화 기술이다. 오염지역에 정화에 필요한 식물들을 식재 후 식물에 의해 발생 되는 오염물질의 추출, 안정화 등의 원리를 이용하는 방법으로, 뿌리가 접촉하는 면에 한정되어 일어나기 때문에 오염원의 깊이가 중요한 고려 요소이며, 식물종, 식물의 성장속도, 오염물질의 농도, 주변 생태계 및 환경과의 관계 등도 기본적으로 고려해야 할 사항들이다.

[그림 6] 식물정화법 공정도



*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

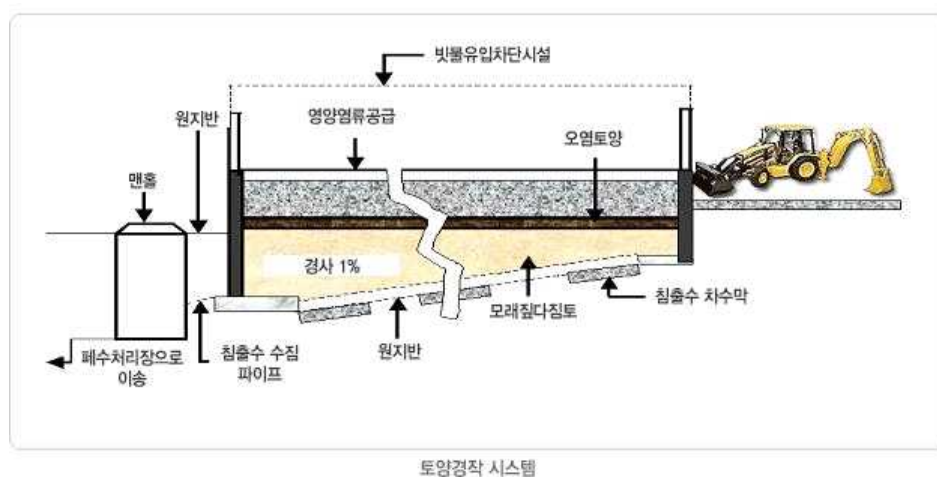
물리/화학적 기술에 비해 확실히 경제적인 방법이고, 2차 부산물 발생이 적은 자연친화적인 기술이라는 장점을 가지고 있다. 그러나 얇은 토양, 수변, 지하수에 한정적으로만 적용이 가능하고 고농도 유기물질인 경우 독성으로 인해 처리의 한계가 있으며, 물리학적 처리공정에 비해 처리기간이 오래 소요되는 것이 단점이다.

식물정화법은 비할로젠 및 할로젠 VOCs, 비할로젠 SVOCs유류 및 중금속으로 오염된 지역의 정화에 대체적으로 적용이 가능하지만 방사성물질 등에는 본 기술의 적용이 어렵다. 효과적으로 처리될 수 있는 대상오염 물질은 소수성을 가진 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 염소계 용제, 방향족 탄화수소와 암모늄, 인과 같은 과잉의 영양염류 및 특히 중금속들을 제거하는 데 효과적으로 이용된다.

▲ 토양경작법(Land Farming)

토양경작법은 오염토양을 굴착하여 지표면에 깔아 놓고 정기적으로 뒤집은 다음, 공기를 공급하여 미생물에 호기성 생분해 조건을 제공함으로써 토양에 잔류되어 있는 유기성 오염물질을 제거하는 생물학적 정화기술이다. 오염부지의 범위 및 깊이를 정확히 조사한 후 오염토양을 굴착하여 준비된 경작지역으로 옮겨 처리하는 방법이므로 지중처리기술에 비하여 공기의 접촉량을 최대화 시킬 수 있다. 토양의 생분해는 유류계 탄화수소의 처리에 효과적인 것으로 판명되었으며, 이 기법으로 처리 가능한 주된 오염물질은 디젤 연료, NO. 2와 No. 6 연료기름, JP-5, 기름 슬러지, 나무 보호제로 오염된 토양, 석탄 오염토양, 그리고 살충제 등이다.

[그림 7] 토양경작법 공정도



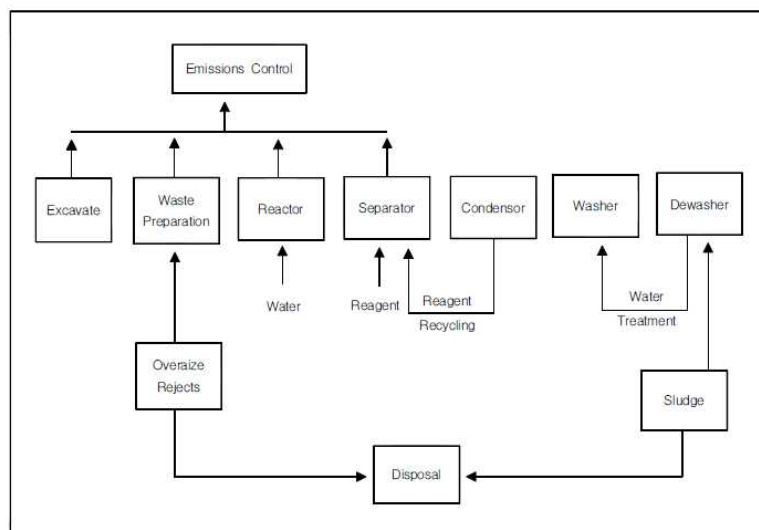
*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

▲ 화학적산화/환원법(Chemical Oxidation/Reduction)

산화/환원반응은 오염물질을 화학적으로 더 안정하고, 유동성이 없으며, 비활성 물질로 변화시키는 반응이다. 산화/환원반응은 한 물질로부터 다른 물질로 전자를 이동시키는 반응으로, 하나의 물질이 산화되면 다른 물질은 환원되는 원리를 이용한 것이다. 독성물질의 처리에 사용되는 가장 일반적인 시약은 오존, 과산화수소, 차아염소산염, 염소 그리고 이산화염소이다. 화학적 산화는 음용수와 폐수의 재오염방지를 위해 사용되는 Full-scale 기술이며, 시안으로 오

염된 토양의 처리를 위한 가장 일반적인 방법이다. 무기물질에 효과적이며, 휘발성 유기물질, 반휘발성 오염물질, 유류탄화수소 등의 비할로젠물질에는 효과가 낮다.

[그림 8] 화학적산화/환원법 공정도

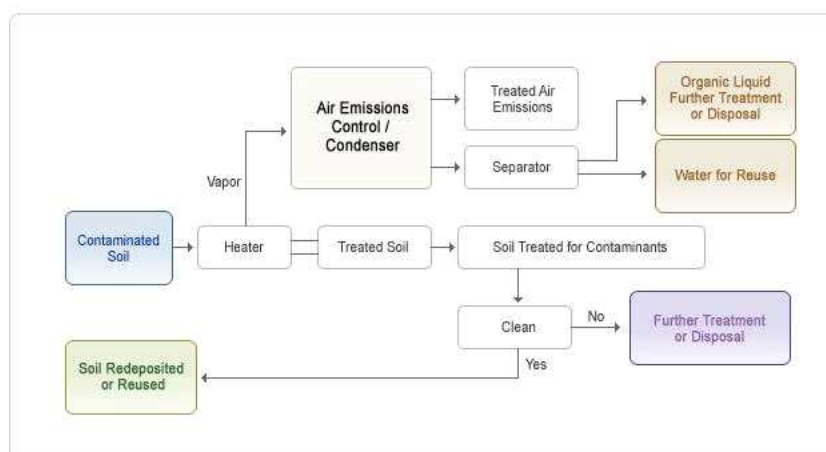


*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

▲ 열탈착법 (Thermal Desorption)

열탈착법은 통제된 환경에서 토양을 일정온도로 가열하여 토양에 흡착된 오염물질을 휘발 및 탈착시키는 지상처리기술로서 오염지역의 굴착된 오염토양을 열탈착장치에 투입하여 처리하는 방법이다. 열적 처리는 직접 연소에 의한 열처리(소각)와 산소가 없는 혐기성 상태에서 열을 가해 유기물질을 분해하는 열처리(열분해)의 두 가지 형태로 구분되며, 다시 열분해 형태는 오염물질을 제거하기 위한 운전 온도에 의해 고온열탈착법(400~800℃)과 저온열탈착법(약 400℃ 이하)으로 구분된다.

[그림 9] 열탈착법 공정도



열탈착법의 처리공정도

*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

할로젠, 비할로젠 휘발성물질 및 준 휘발성물질, PCBs, 농약, 살충제 등 유기성 오염물질은 모두 처리가능하나 카드뮴이나 수은을 제외한 중금속은 일정온도에서 처리가 되지 않으며, 이 공정은 중금속, 콜타르, 나무찌꺼기, 탄화수소 오염, 방사능물질이나 독성물질로 오염된 토양, 합성고무로 오염된 토양, 페인트 찌꺼기 등으로부터 유기물질을 분리하는 데 적용할 수 있다.

■ 국내외 토양정화 기술·정책개발 동향

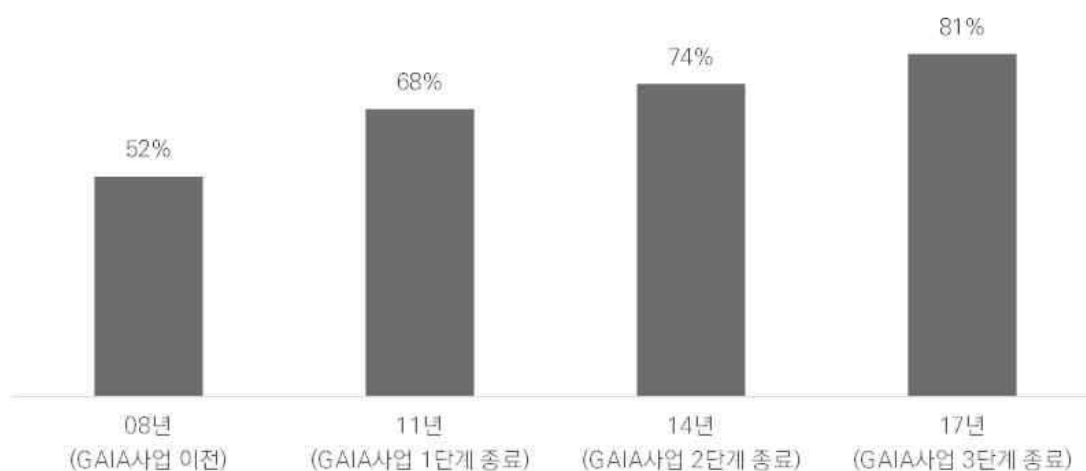
국내에서 적용되었던 오염부지 평가기술의 대부분은 해외 의존도가 높았다. 이에 환경부에서는 우리나라 지형 및 지질에 부합되는 오염부지 평가기술의 개발과 오염확산 방지 및 위해도 평가기술을 개발 및 보급하였으며, 기존에 추진되고 있던 국가연구개발사업을 포함한 ‘토양·지하수오염방지기술개발사업(GAIA Project)’을 추진하고 있다.

[표 6] GAIA Project의 오염정화 기술 분야

구분	세부기술	요소기술
오염정화 기술	오염물질 및 부지정화 기술	현장형 정화기술의 원천기술 개발
		정화기술의 현장 실증화
		정화를 위한 최적의 평가기법
	현장적용 기술	위해성평가기법을 활용한 오염정화목표 설정 및 기술
	정화기술의 표준화	오염원에 따른 정화기술의 표준화 및 최적화 기술
	토양의 산성화 및 토양질 저하 방지 기술	토양 산성화 회복 기술
		토양침식 및 유실 방지 기술
		토양질 개선 및 악화 방지 현장적용 기술

*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

[그림 10] 선진국 대비 토양정화 및 오염방지 기술 기술경쟁력 변화



*출처: 한국환경산업기술원 「토양·지하수 환경 기술·산업·정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구」

GAIA Project의 사업추진 분야는 사전예방, 오염조사, 오염정화, 사후관리 총 4개 분야, 14개 세부기술 분야와 각 세부기술별 요소기술 분야로 구성되어 있으며, 이 중 오염정화 기술 분야는 오염물질 및 부지정화 기술, 현장적용 기술, 토양 산성화 및 토양 질 저하 방지 기술 등으로 이루어져 있다. 환경부의 GAIA 사업 추진 결과, 토양·지하수 오염방지 기술의 선진국 대비 기술경쟁력은 사업 전인 2008년 52%에서 사업이 종료된 2017년에 81% 수준으로 상승하였다.

한편, 세계 주요 국가 중 미국은 부지평가 기술을 원천기술로 인식하고 있으며, 실시간 오염부지의 정보를 제공하여 오염 비용 절감하고 있고, 국가 차원에서 지역정화를 추진하여 유해물질로 인한 긴급사고에 대처하고 있다. 또한, 2013년 8월 행정명령(Executive Order)을 통해 유해시설 관리 방안을 제시하였고, EPA는 ‘24시간 비상센터’ 운영을 통해 화학사고에도 대처방안을 마련하고 있다.

특히, 잠재적 오염개연성 지역 및 오염발견 지역을 데이터베이스화하고 조사 및 정화우선순위 선정을 위한 대표적 국가오염부지 조사·정화우선순위 평가 모델 기술을 개발하고 있다. 또한, 유류 저장시설에 대한 관리 및 오염된 토양·지하수의 인체와 환경에 미치는 잠재적 위해성을 평가하는 기술 분야의 수요 확대가 예상됨에 따라 기술 적용에 대한 영향 평가 및 유류오염 모니터링 기술 등을 개발 중에 있으며, 최적의 토양 오염 복원 기술을 선정하는 매트릭스를 이용하여 정보를 제공하고 있다.

유럽의 경우 토양 오염 자체에 집중하기 보다는 생태적 관리 통한 사전예방, 타 환경 분야와 연계한 통합 관리 등을 적용하고 있고, 토양오염을 국지적으로 보기보다는 ‘식량’, ‘기후변화’의 문제와 연계시키고 있으며, ‘지속가능한 농업기술’ 및 ‘이산화탄소 저장고로써의 토양 기능’에 집중하고 있으며, 특히, 생태적다양성모니터링, 통합적인 접근 방식, 비점오염원의 관리 등에 주목하고 있다. 기후변화와 연계하여 토양·지하수 오염의 생태기반 관리를 추진하고 있으며, 정보공유를 위한 네트워크를 구축하고 있다.

서유럽의 다수 국가들은 효율, 비용, 현장조건에 따라 물리적 또는 화학적 복원 방식을 채택하여 오염된 토양·지하수 정화를 위해 활용하고 있으나, 통상적으로 부지 외 처리(Ex-situ) 방식을 채택하고 있다. 대표적으로 영국은 복원 기술을 in-situ, ex-situ 등으로 분리하여 적용하되, 최근 대규모 건설사업 침체로 인해 in-situ 기술을 주로 채택하고 있다. 네덜란드는 생태 한계기준(ERI, Environmental Risk Limit) 등 인체와 생태의 잠재적 위해성을 고려한 개입 기준을 설정하여 오염원 조사 및 처리 최적화에 힘쓰고 있다.

중국은 토양오염으로 인한 지하수 및 음용수 오염의 개선에 집중하고 있으며, 2020년까지 국가통합관리체계 및 복원 강화에 힘쓰고 있다. 국가 상위 계획에 토양보호 활동을 포함시키고 있으며, 중국 최상위 계획인 12.5계획(2011-2016년)에는 토양 중금속 오염 방지를 위한 계획이 포함되어 있고 토양 문제에 약 750억 위안을 투자하였다. 다만, 중국의 토양복원 기술은 아직 연구 단계에 있으며 토양 검측 기준이 표준화 되지 않아 선진국 기준에 따르고 있다.

Ⅲ. 산업동향분석

토양정화 시장은 당분간 성장세 예상, 대기업 위주로 시장구조 재편 전망

국내 토양정화 시장은 국가 정화 우선대상 부지의 도입, 반환 미군기지 정화시장의 형성 등 신규 시장의 형성으로 성장세를 시현할 것으로 전망된다. 현재는 매출액 50억 원 미만의 중소기업체들 중심으로 시장이 형성되어 있으나, 미국이나 일본의 예와 같이 향후에는 대기업 위주의 시장으로 재편될 것으로 전망된다.

■ 국내 토양정화 산업 정책적 이슈

2020년, 환경부는 총 1,200개의 보도·설명자료를 기고하였으며, 토양지하수과는 약 1%에 해당하는 11건(토양 4건, 지하수 7건)의 자료를 기고하였다. 2019년 환경부가 기고한 1,235개의 자료 중 토양지하수과의 자료가 0.5%에 해당하는 6건의 자료를 차지한 것과 비교해보면, 2019년 6월 물관리 일원화 시행 이후 본격적인 물통합 관리가 추진된 2020년부터 토양지하수과의 업무량이 증가된 점을 파악할 수 있다.

대표적인 토양 관련 보도자료는 토양오염 반입정화시설 소재지 등록 자료이다. 이는 토양오염 반입정화시설의 소재지 등록기준을 구체화하는 것을 주요 내용으로 하며, ‘토양환경보전법 시행령’ 일부 개정안이 7월 7일 국무회의에서 의결되어 현재 시행 중이다.

반입정화시설이란 장소 협소 등의 사유로 토양오염이 발생된 부지 내에서 정화가 곤란한 경우 오염토양을 외부로 반출하여 정화하는 시설을 말한다. 그간 오염토양 정화를 위한 토양정화업 등록은 반입정화시설 유무와 관계없이 사무실 소재지의 관할 시·도에 등록하도록 운영되어 왔으나, 본 개정안 시행 후 토양정화업을 등록한 사업자는 시·도의 관할구역 외에서 반입정화시설을 설치하려는 경우, 해당 시설 소재지를 관할 시·도에 추가로 등록해야 한다. 다만 반입정화시설을 해당 시·도에 추가로 등록할 때는 장비와 기술 인력을 추가로 갖추지 않아도 되는 등 장비 및 기술 인력에 대한 등록 면제 요건을 두어 기업의 부담을 최소화하였다.

또한, 환경부 예규로 운영해왔던 토양정화업 등록지 근거 규정과 변경 등록 사항이 시행령으로 상향 입법되어 반입정화시설의 변경등록 사항에 시설의 신설·폐쇄·이전, 시설면적의 50% 이상 증감 등 변경사유를 구체화하도록 했다. 이번 개정으로 반입정화시설의 소재지를 관할하는 지자체가 시설입지의 적정성부터 사후관리까지 토양관리 업무에 대한 적극적 행정을 도모할 수 있을 것으로 예상된다.

한편, 2003년도부터 뜨겁게 논의 중인 미군기지 이전문제의 경우, 2020년이 되어서야 비로소 전국 12개 기지에 대한 반환이 진행되었다. 정부는 미군기지 반환 지연이 지역사회에 초래하는 사회 및 경제적 문제와 해당 지역에서 조속한 반환 요청이 끊임없이 제기돼 온 상황 등을 고려하여 국가안정보장회의(NSC, National Security Council) 상임위원회 논의를 거쳐 지난 4월 용산기지 일부를 포함한 금년도 미군기지 반환절차를 미군 측과 함께 적극 추진하였으며, 2020년 12월 11일 주한미군지위협정(SOFA, Status of Forces Agreement) 합동위원회를

통해 11개 미군기지 및 용산기지 2개 구역(이하 12개 기지)을 반환 받기로 했다. 한미 양측은 오염정화 책임, 주한미군이 현재 사용하고 있는 기지의 환경관리 강화방안, 오염관리 기준 개발, 공동오염조사 절차 마련, 환경사고 시 보고절차와 공동조사 절차에 대한 검토 및 개선을 협의 중에 있다. 중앙 감염병 전문병원 및 공공주택 건설, 공원 조성 등 일부 부지에 대한 구체적인 활용 계획이 검토 중에 있으나, 아직은 확정되지 않은 상태이며, 향후 구체적인 활용 계획이 발표되면 토양정화 산업에 속해 있는 기업들은 일정 부분 수혜를 입을 수 있을 것으로 예상된다.

[그림 11] 반환되는 서울 내 6개 미군기지



[그림 12] 반환되는 서울 외 지역 6개 미군기지



*출처: 한국환경산업기술원 토양환경센터

■ 토양정화 산업동향 및 시장구조

토양정화 산업은 국내외 환경규제에 따른 정부의 꾸준한 지원으로 수요가 지속적으로 확대되고 있으며, 이를 통해 공공복지를 위한 사회간접자본의 성격을 기반으로 성장하고 있다. 환경복원을 기반으로 친환경 조림사업, 생태복원 사업 등 다양한 연계사업을 통해 활성화하고 있다. 이를 체계적으로 관리하기 위해서는 토양정화 복원 기술을 보유한 기업들을 중심으로 환경사업에 주력할 필요가 있으며, 국내뿐만 아니라 글로벌 종합 환경기업들과 지속적인 협업을 통해 노하우를 쌓아가는 것도 매우 중요할 것으로 판단된다.

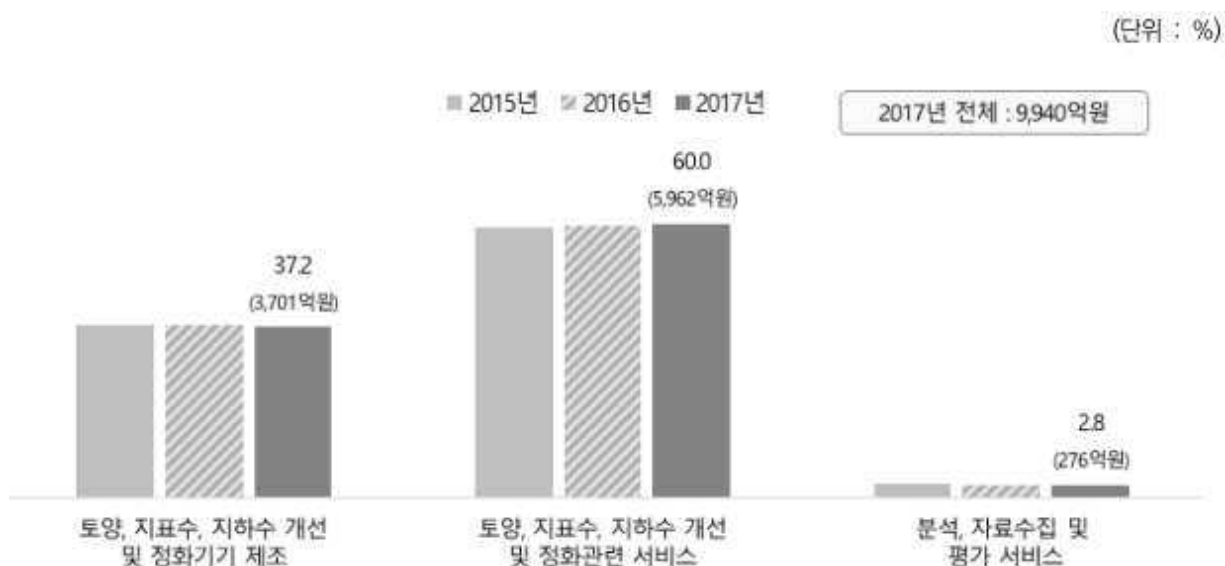
국내 토양정화 시장 구조는 정부단체가 주도하는 공공부문과 대형건설사 및 정유사 등이 주도하는 민간부문으로 구분되어 있으며, 공공부문은 환경부, 산자부, 국방부 등에서 주도하고 있고 산업단지, 매립장, 광산, 군부대 등을 대상으로 하고 있다. 또한, 민간부문은 개발용지나 저유소 및 직영주유소 등을 대상으로 하고 있으며, 전체 시장의 70~80%를 차지하고 있는 것으로 추정된다.

현재의 토양정화 시장은 중소기업 중심으로 시장을 형성하고 있으며, 선발업체와 후발업체 간의 경쟁 구도를 보이고 있다. 5~6 개사 정도로 추정되는 선발업체는 정유사 및 건설사와 협력관계를 바탕으로 30억 원 이상의 대형 프로젝트 중심의 수주를 하고 있으며, 후발업체는 실적 확보를 위해 소형 주유소 위주의 수주를 하고 있는 것으로 파악된다.

■ 국내 토양정화 산업의 시장규모

우리나라의 토양환경 시장은 반환미군기지 정화사업(LPP)과 남북송유관 정화사업(TKP)이 시작된 2008년부터 전체적으로 급격히 성장하였으며, 2007년부터 1,000억 원 시장으로 성장한 이후 2011년에는 5,558억 원의 규모를 형성할 정도로 급격히 성장하였다. 하지만, LPP 사업 이후인 2012년부터는 정화업체 수와 매출이 함께 감소하는 추세를 보이다가 이후 다시 성장하여 2018년 기준으로 약 1.3조 원의 규모를 형성하고 있다. 시장별 구성비는 ‘토양, 지표수, 지하수 개선 및 정화관련 서비스’ (60.0%), ‘토양·지표수·지하수 개선 및 정화기기 제조’ (37.2%), ‘분석, 자료수집·평가 서비스’ (2.8%) 순서로 나타났다.

[그림 13] 토양정화 산업의 현황 및 구성비



*출처: 한국환경산업기술원 「토양지하수 환경 기술산업정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구, 2019년 11월

[표 7] 연도별 토양 산업체 현황

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
계(개소)	211	229	231	239	232	228	232	224
토양정화업	110	101	83	84	82	80	80	74
토양오염조사기관	72	75	79	82	79	79	79	79
누출검사기관	13	13	14	20	20	19	18	18
토양환경평가기관	16	37	48	45	43	43	47	47
위해성평가기관	-	3	7	8	8	7	8	9

*출처: 한국환경산업기술원 「토양지하수 환경 기술산업정책 분야 중장기 사업계획 수립 및 발전방안 마련 연구, 2019년 11월

한편, 국내 토양 산업체는 224개소(2019년 12월 기준)로, 토양관련 업체 중 토양오염정화업소는 74개소이고 토양오염조사기관은 79개소이며, 2012년 110개에 달하던 토양정화업체 수

는 2014년 이후 80개 수준으로 감소하였다. 토양오염조사기관, 누출검사기관, 토양환경평가기관, 위해성평가기관 등 토양관련전문기관은 2014년까지 증가하다가 이후에는 정체 상태에 있으며, 토양정화업 등록업체 중 토양정화 실적을 보유한 업체는 약 51% 수준으로 나타났다.

■ 토양정화 산업의 향후 전망

정책적 측면에서 보면, 제2차 토양보전기본계획 수립에 따라, 토양환경 및 생태계 보전을 위한 사전예방 및 사후관리 정책을 근간으로 제도개선, 인력·산업육성 등을 포괄하는 종합적인 정책이 추진되고 있다. 토양정책의 새로운 방향을 설정할 때 환경매체 중 토양매체의 사후관리 특성을 고려한 사전예방정책을 뒷받침할 필요 기술이 집중 개발되고 있으며, 오염조사 및 정화 중심 산업에서 국내 토양관련 전문사업자로 산업 확대 및 인프라 구축이 이루어지고 있다. 또한, 토양시장의 글로벌 성장세에 따른 국내 기업의 해외 진출 가속화 및 효율적 진출 등 국내 토양분야 시장 활성화를 위한 지원 또한 확대되고 있는 상황이다.

특히, 최근 토양오염조사 및 정화영역의 수평적 토양환경관리영역에서 오염 및 비오염 토양의 관리기술로 확대(기존 산업단지, 매립지, 폐광산 등 → 비오염 손상 토양환경)됨에 따라 토양 산업에서는 기후변화 감축 및 적응 기술, 토양사태 평가 및 방지 기술, 토양 차폐 관리 기술, 토양 기능 회복 기술, 토양 침식방지 및 복원 기술, 토양 생물다양성의 보전과 지속 가능한 이용 및 확보 기술, 토양 질 관리 기술, 토양 산성화 및 염화 방지 기술, 법·제도 및 정보화 기술 등 다양한 기술이 요구되고 있다. 이 중 토양정화 산업에서는 표토 유실 및 오염원 추적·관리 최적화 기술, 토양 침식 및 유실·평가 기술, 준설토 등의 제거 및 처리 기술 등을 중심으로 개발이 진행되고 있다. 즉, 토양 생태계가 제공하는 서비스와 토양환경에 가해지는 미지의 위해까지 정책범위를 확대하는 것이 최근의 산업 트렌드이며, 동·식물 서식지, 식량생산 기반, 물 그릇, 경제활동 터전 등 토양 및 생태계가 제공하는 각종 서비스에 대한 정책적 관심도 증대되고 있다. 따라서, 향후에는 경제·산업구조 변화, 기후변화 등에 대비해 토양오염물질 등 토양환경 관리범위를 확대하는 것이 필요하다.

구조적 측면에서 보면, 미국이나 일본 모두 초기에는 중소기업들의 시장점유율이 높은 편이었다. 하지만, 시장이 성숙되고 공공부문의 프로젝트 규모가 커지면서 대기업들의 영향력이 커졌다. 미국의 경우 상위 20개 대형사가 전체 시장의 60%를 점유하고 있으며, 일본의 경우도 상위 10개사가 전체 시장의 67%를 점유하고 있다. 향후 국내 토양정화 시장은 국가 정화 우선대상 부지의 도입, 반환 미군기지 정화시장의 형성 등 신규 시장의 형성으로 성장세를 시현할 것으로 전망되며, 오염규제 물질의 확대, 토양 및 지하수 동시 정화실시 등이 이루어지게 되면 시장규모는 더욱 확대될 것으로 기대된다. 현재 매출액 50억 원 미만의 중소기업들 중심으로 시장이 형성되어 있으나, 향후 미국이나 일본의 예와 같이 대기업들이 주도하는 시장으로 시장이 재편될 것으로 전망된다.

다만, 토양오염은 10년 이상 장기간에 걸쳐 이루어지는 반면, 토양정화는 이보다 짧은 기간에 이루어지기 때문에 장기적으로 수요 감소는 불가피할 것으로 보인다. 일본이나 한국의 경우 최근 토양정화관련법의 제정으로 시장이 크게 확대되고 있으나, 미국의 예에서 알 수 있듯이 성장세가 점차 둔화되다가 시장규모는 점차 축소될 것으로 전망된다.

IV. 주요기업분석

국내 유일의 토양정화 코스닥 상장기업, (주)자연과환경

2019년 말 등록업체 기준 국내 토양정화 업체는 74개이며, 이 중 코스닥 등록업체는 (주)자연과환경이 유일하다. (주)자연과환경은 전국 170개소 약 20만 톤의 토양을 정화한 실적을 보유하고 있으며, 충북 괴산에 43,148㎡의 토양정화센터도 갖추고 있다. 반환되는 미군기지 이슈, 국가 정화 우선대상 부지 선정 등의 시장상황에 힘입어 향후 성장세를 보일 것으로 전망된다.

■ 국내 토양정화 시장 참여 기업

국내 토양 관련 시장에 참여하고 있는 기업 수(2019년 말 등록업체 기준)는 233개로, 토양정화업 74개, 토양오염조사기관 76개, 누출검사기관 18개, 토양환경평가기관 47개, 위해성평가기관 9개로 이루어져 있다. 토양정화 업체 74개 중 코스피 업체는 10개 미만(약 10%), 외부감사업체(약 30%), 일반 및 기타 법인(약 60%) 등 다양하게 이루어져 있다. 가장 많은 기업 형태는 일반법인이며, 지에스건설(주), 삼성물산(주) 등의 대기업은 건설업과의 겸업인 경우가 많다. 코스닥 시장에 등록된 업체는 주식회사 자연과환경 1개이며, 주요 기업들은 다음과 같다.

[표 8] 토양정화 관련 국내 업체 현황

기업명	사업화 현황
 GS건설	1969년 설립된 종합건설회사로 플랜트, 토목, 주택 등의 다양한 건설사업을 하고 있으며, 국내 건설사 최초로 쿠웨이트에서 세척방식을 주공법으로 삼고 바이오환경복원을 부가공법으로 병행한 토양정화작업을 진행함
 백산엔지니어링	1979년 설립된 종합엔지니어링 기업으로, 플랜트, 지반, 인프라, 산업설비, 건설, 환경 분야에서 계획부터 설계, 시공, 감리, 운영까지 전 과정 운영체계를 구축하고 있음. 토양 환경 분야에서 오염토양의 복원을 위한 정밀조사, 복원설계 및 복원시공을 하고 있음
 지이엔지니어링	1986년에 설립된 기업으로, 토양 및 지하수 분야를 중심으로 수질, 대기, 폐기물에 걸친 환경 분야 전 영역에 걸쳐 종합 환경사업을 영위하고 있고, 각 분야별 사전 오염예방 분야에 주력하여 사업을 진행하고 있음
 아름다운환경건설(주)	1996년 창업 이후 부지환경평가, 오염정화 및 관련 장비 제조 판매 등 토양·지하수 환경 분야 기업으로서 토양증기추출, 통풍법, 바이오슬러핑, 토양세정법, 화학적 산화, 투수성 반응벽체, 바이오파일, 토양경작, 토양세척법, 열탈착법 등 각종 모델링 기법을 활용한 다수의 정화설계 노하우를 보유하고 있음
 ECOphile	환경전문 벤처기업으로 오염토양정화 및 지하수정화 등의 목적으로 2000년 3월에 설립되었고, 원천기술로 보유하고 있는 생물학적 정화기술 및 동전기를 활용한 정화기술 등 환경신기술에 대한 18건의 특허를 보유하고 있음
 (주)자연과환경	1990년에 설립되었으며, 2017년 에코바이오와 합병함. 끊임없는 연구개발을 통해 오염 토양과 지하수 정화·복원 사업을 수행하고 있음. 대규모 토양 경작장을 보유하고 있으며, 토양경작, 토양세척법, 동전기법 등의 기술 기반 토양정화·복원 분야의 선도 기업임

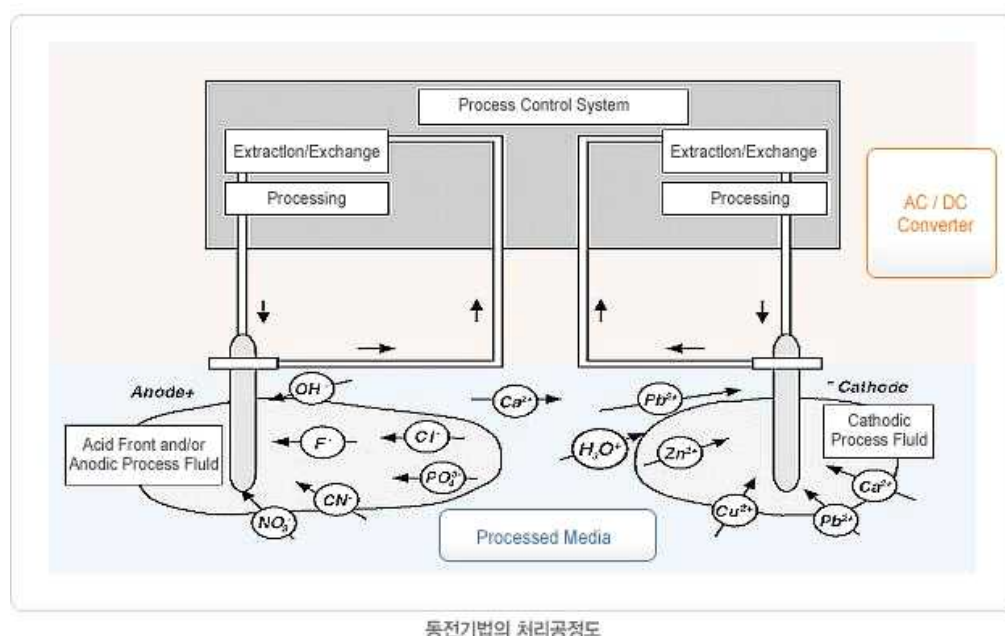
*출처: 회사별 홈페이지 및 공시내용 재구성

■ 토양정화 관련 코스닥 기업, (주)자연과환경

주식회사 자연과환경은 환경복원을 기반으로 친환경 자재 생산, 조림사업, 해외 생태복원사업 등 다양한 연계 및 용역 사업을 영위하고 있으며, 2017년 3월 토양·지하수 정화 및 복원 전문업체인 (주)에코바이오를 흡수·합병하면서 토양정화 사업에 본격적으로 뛰어 들었다. 토양정화 관련 부지조사에서부터 기본설계, 타당성조사, 현장실험, 공정 및 설비 설계 등 대부분의 단계를 자체적으로 수행하고 있다. 특히, 자체 공법(토양경작법, 동전기정화법, 토양세척법 등)을 보유하고 있어 오염원에 따라 최적화된 공법을 적용할 수 있는 기술적 노하우를 보유하고 있으며, 토양 경작장과 반입장도 갖추고 있어 전체 토양정화 업체 중 처리능력이 상위권에 위치해 있다.

(주)자연과환경이 보유하고 있는 동전기정화법(Electrokinetic Separation)은 토양 내에 전류를 공급하여 정화하는 방법으로, 투수계수가 낮은 포화토양에서 이온상태의 오염물(음이온, 양이온, 중금속 등)을 양극과 음극의 전기장에 의하여 이동속도를 촉진시켜 포화지역의 오염토양을 처리하는 방법이다. 지중처리(In-situ) 토양정화 기술로서 오염지역에 전극을 연결하고 낮은 강도의 전류를 흐르게 함으로써 투수계수가 낮은 토양, 점토, 슬러지 그리고 해양준설토로부터 오염물질을 제거한다. 일반적으로 미세토양이 다량으로 혼합되어 투수계수가 낮은 토양의 경우 통기성 및 유체의 이동성이 낮아 토양오염 처리기술의 적용이 용이하지 않지만 동전기법은 투수계수가 낮은 토양의 경우에서도 높은 처리효율을 갖는 것이 장점이다. 점토질 지반간극수의 중금속 이온이나 용존 유기물질을 효과적으로 제거할 수 있으며, BTEX, TCE, 페놀 등의 오염물질 정화에도 유용하다.

[그림 14] 동전기정화법 공정도



*출처: 한국환경공단 토양정화사업 설명자료

(주)자연과환경은 유류·독성물질에 오염된 토양과 지하수 정화·복원에 특화된 기술을 보유하고 있다. 전국 170개소 약 20만 톤의 토양을 정화한 실적을 보유하고 있으며, 충북 괴산에 43,148㎡의 토양정화센터도 갖추고 있다(2019년 7월 (주)자연과환경 IR 자료 기준). 군부대, 주유소, 제련소, 유류 누출, 농약축적, 중금속 오염토 등 다양한 정화실적과 반환되는 미군기지 이슈, 국가 정화 우선대상 부지 선정 등의 시장 및 정책기조에 힘입어 향후에도 성장세를 보일 것으로 전망된다.

[표 9] (주)자연과환경 토양정화 공사 주요 실적

공사명	발주처	공사금액(백만 원)	공사년도
반환미군기지 토양정화	국군재정관리단	246	2016
영천(포항)주유소 토양정화	한국도로공사	277	2017
○○군부대 토양정화	국군재정관리단	899	2017
화성반환미군기지 토양정화	국군재정관리단	406	2017
한남공동주택현장 토양정화	(주)티에스케이코퍼레이션	2,268	2019
한성주유소부지 토양정화	퀀텀, 케이에스개발	214	2018
대구달서주유소 토양정화	그린비즈	195	2018
서초○○부대 토양정화	국군재정관리단	860	2018
18-교-통영관 토양정화	해병3283부대	438	2018
인천용현.학익 개발부지 토양정화	(주)디씨알이	3,680	2020



*출처: (주)자연과환경 2019년 사업보고서 & 홈페이지