



2016. 7

우리 토양의 재발견

I. 흙, Soil, 토양.....	4
1. 다른 말, 같은 뜻 : 흙, Soil, 토양.....	5
2. 토양은 어디서 왔나?	7
3. 토양의 기능은 무엇인가?	11
II. 토양의 “흙”역사.....	14
1. 상실되는 토양의 기능	15
2. 도시, 사라지는 토양	16
3. 농촌, 악화되는 토양	19
4. 개발행위, 토양의 오염.....	22
III. 토양을 살리려면?.....	29
1. 토양기능 보전을 위한 기본원칙.....	30
2. 토양을 살리기 위한 주요 방법과 기술	34
IV. 토양을 살리기 위한 8가지 실천방법.....	48
【부록】	
토지거래 할 때 이렇게 하면 좋아요.....	54
토양정보, 여기서 확인해요.....	57
참고 문헌	61

1cm 두께의 토양이 만들어지는 데에는
200~500년이 걸린다고 합니다.

지구의 나이는 46억 살.
두터운 토양이 만들어질 만큼 충분히 긴 시간이지만,
의외로 우리 주위에서 토양(흙)을 보기가 힘듭니다.

식물이 자라고 동물이 커가던,
우리의 삶터였던 토양은
지금 어디에 있을까요?
이렇게 계속 사라져도 되는 걸까요?
토양을 지키기 위해 우리는 무엇을 할 수 있을까요?

이 소책자는 이러한 궁금증을
풀어드리기 위해 제작되었습니다.





건강한 토양, 안전한 작물

흙, Soil, 토양

다른 말, 같은 뜻 : 흙, Soil, 토양
토양은 어디서 왔나?
토양의 기능은 무엇인가?

1. 다른 말, 같은 뜻 : 흙, Soil, 토양

흙은 지구 표면의 바위가 부스러져 생긴 무기물과 동식물에서 생긴 유기물이 섞여 이루어진 물질이다. 한자어로는 토양(土壤), 영어로는 soil이라고 한다.

토(土)는 육상의 식물이 생육하고 있는 상태를 표현한 상형문자이며 양(壤)은 덩어리로 되지 않은 부드러운 흙을 의미하고 있다.

영어의 “soil”은 고대 프랑스어와 라틴어의 “solum”에서 유래한 것으로 바닥(floor) 또는 지면(ground)을 의미 한다. 학자에 따라서는 프랑스어의 “soile” 진흙창(miry place)을 뜻하거나 라틴어의 “solium” 자리(seat)라는 말에서 유래했다고 설명하는 학자도 있다. 모두 공간의 가장 아래부분에 위치하여 인간의 활동을 떠받쳐주는 것을 의미한다.

토양은 그 어원에서 나타나는 것처럼 인간의 문명을 발생시킨 원동력이다. 중국 황하의 황토와 이집트 나일강유역의 흑토 등은 문명 개화의 토대가 되었다. 대부분의 고대 국가에서 흙은 물, 공기, 불과 함께 만물의 근원으로 묘사되고 있다.

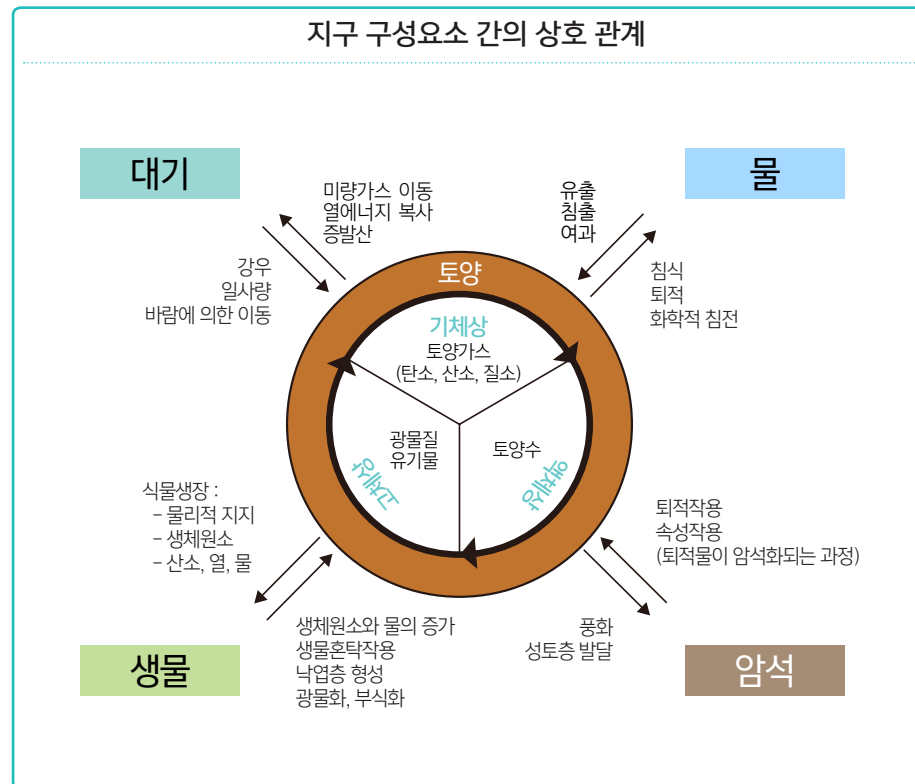
토양과 식물재배 벽화(고대 이집트)



* 사진출처 : 크리스티앙 자크와 함께하는 이집트여행, 문학세계사, 김병욱 옮김, 2006

토양은 대기(atmosphere), 물(hydrosphere), 생물(biosphere), 암석(lithosphere)과 매우 긴밀하고 복잡하게 상호작용을 하고 있다. 질소와 탄소 같은 물질들은 대기와 토양을 이동, 토양 내 물은 침출되어 나오기도 하고, 강물이 흐르면서 토양의 침식도 일어난다. 생물이 성장하고 사멸하여 거름이 되는 과정에서, 암석은 풍화되고 퇴적되면서, 토양을 구성하기도 한다.

예전에 인간은 생물권의 작은 부분을 차지했으나 지금은 지구에 가장 큰 영향을 미치는 존재가 되었다. 도시가 확장되면서 밟고 다닐 흙이 줄어들고, 생산활동을 위한 각종 비료와 농약, 화학물질 등의 사용으로 토양의 기능이 저하되고 있다.



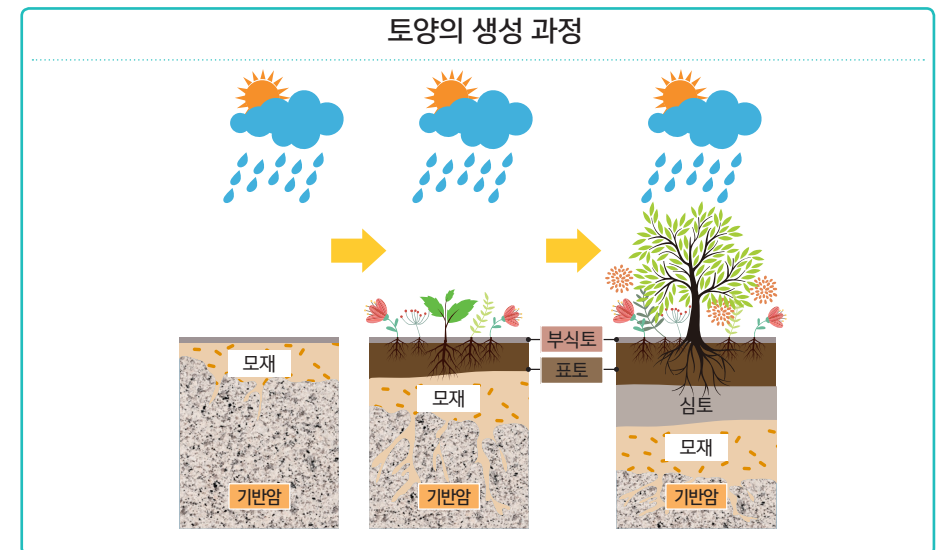
2. 토양은 어디서 왔나 ?

토양의 생성과정

토양은 기후, 모재, 생물, 지형, 시간이 상호작용하여 만들어진다. 오랜 세월을 거쳐 가루가 된 무기물 모재(母材)와 생물의 활동으로 만들어진 유기물이 섞여 토양이 된다.

큰 나무가 자라고 있는 오래된 토양을 수직으로 잘라보면 여러 층으로 구성된 것을 볼 수 있다. 토양의 맨 아래층에는 암반이 있다. 그 위에는 암반이 부서져서 생성된 돌조각이나 모래 같은 작은 알갱이 형태의 모재가 존재한다.

모재가 더 잘게 쪼개지면 표토가 만들어진다. 표토에는 낙엽 등 유기물과 양분이 풍부하여 식물생장이 주로 이루어진다. 표토와 모재 사이에는 심토가 존재한다. 표토 층의 진흙처럼 입자가 작은 물질들이 지하수에 씻겨 내려가거나 유기물들이 침전되어 만들어진다.



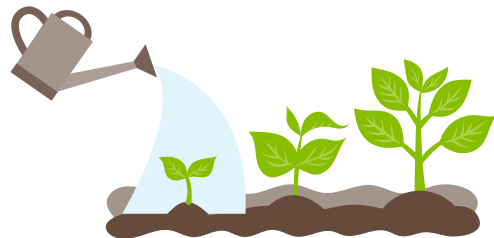
지금까지 발견된 가장 오래된 해양 퇴적암은 38억년 전의 것이다. 암석이 비와 바람, 미생물 등의 영향으로 쪼개져 토양이 퇴적되기 시작한 시기도 이 때부터라고 보고 있다. 1cm 두께의 토양이 만들어지는데 걸리는 시간도 약 200~500년 정도이다.

토양은 암석이 풍화되어 생성된다. 풍화는 암석 성분의 변화가 없는 물리적 작용, 물이나 대기 물질과 반응하는 화학적 작용, 생물체의 작용에 의해 복합적으로 일어나게 된다. 암석이 풍화작용을 거쳐 서로 다른 형태와 크기를 가진 모래와 미사(微砂) 그리고 점토가 만들어진다.

토양이 암반, 모재, 심토, 표토로 풍화되는 데 필요한 시간은 암반의 종류, 지형, 기후 등에 따라 상이하다. 제주도의 현무암은 부서지기 쉬워 빠르게 풍화가 진행되지만, 땅속 깊은 곳에서 만들어진 화강암은 단단하여 풍화가 더디게 일어나므로 토양층의 발달이 늦다.

편평한 지형에서는 나뭇잎과 생물 사체 등이 쌓여서 토양층이 만들어지기 쉽지만, 경사가 가파른 지형은 빗물에 의해 표토가 빠르게 침식되기 때문에 비교적 거친 입자만 남게 되어 토양층이 형성되기 어렵다.

기후 역시 토양의 생성에 영향을 미친다. 열대우림과 같은 식물이 많은 곳은 땅에 떨어진 낙엽이나 식물의 잔해물이 미생물에 분해되어 비옥한 토양이 생성된다. 반면에 사막과 같은 강수량이 적은 곳은 식생이 드물어 척박한 토양이 만들어진다.



참고 : 풍화작용

토양은 암석이 풍화되어 만들어진다. 풍화란 암석이 공기, 물, 미생물 등의 작용으로 성분이 변하거나 잘게 부서지는 현상을 말한다. 풍화를 일으키는 모든 작용을 풍화작용이라 한다.

◆ 물리적 풍화작용

물리적 풍화 또는 기계적 풍화는 암석이 성분의 변화 없이 물리적인 힘에 의해서 작은 조각으로 부서지는 현상이다. 물과 대기의 작용, 압력과 온도의 변화 등이 그 원동력이 된다.

빗물이나 냇물, 강물, 빙하 등이 침식, 운반, 마모, 퇴적 작용을 하면서 암석의 풍화에 영향을 준다. 바람에 의해 운반된 모래 입자 역시 암석을 마모시키거나 침식한다. 지하 깊은 곳의 암석이 지표로 노출되어 압력이 약해지면서 암석사이에 틈이 생겨 풍화가 촉진된다. 온도의 변화에 의해 암석이 수축과 팽창을 반복하면서 풍화되기도 한다.



풍화에 의해 생성된 아치

◆ 화학적 풍화작용

암석은 빗물과 지하수 등에 포함되어 있는 용존물질 또는 대기 중의 산소와 화학적인 반응을 일으키기도 한다. 암석을 구성하는 광물이 산소와 결합하여 산화가 일어난다. 광물이 물과 화합할 때 기존광물보다 안정성이 높은 2차 광물이 생성되는 가수분해 등의 작용도 일어난다.

예를 들면, 석회암지역에서는 이산화탄소가 용해된 빗물과 지하수에 의해 석회암이 용해되어 석회동굴을 형성한다. 정장석(도자기, 유리의 원료)은 온대지방에서는 물, 탄산염과 반응하여 고령토($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)와 같은 점토 광물을 만든다. 고령토는 열대지방에서 물과 반응하여 보오크사이트($\text{Al}(\text{OH})_3$)를 형성한다.



석회동굴

◆ 생물적 풍화작용

동물, 식물, 미생물과 같은 생물체의 활동에 의해 암석이 파괴되거나 분해되는 일도 있다. 생물적 풍화작용은 자주 다른 유형의 풍화방식과 결합되어 일어난다.

동물에 의한 풍화는 물리적 현상인 반면, 미생물은 화학적 변화를 수반한다. 호흡작용을 통해 이산화탄소를 생성하여 수산화이온(OH⁻)을 중화시키거나 탄산염 또는 중탄산염을 생성하여 암석의 분해를 촉진한다. 토양 내 미생물은 동물 배설물 등의 암모니아, 황화물, 유기물 등을 질산, 황산, 유기산으로 변화시켜 암석의 풍화를 일으킨다.



뿌리에 의한 풍화

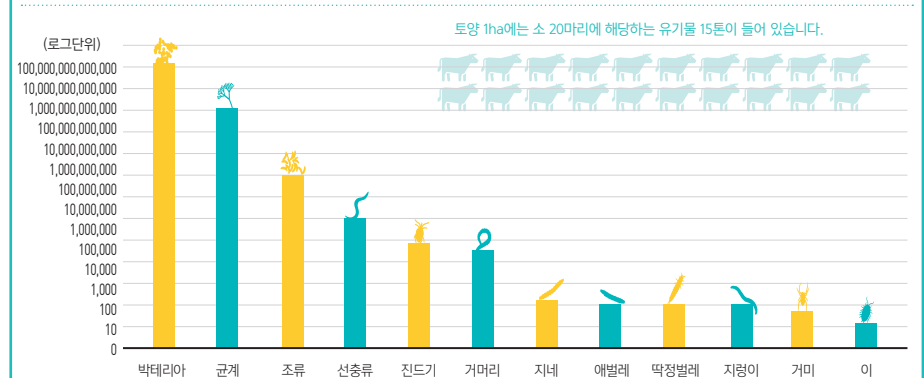
3. 토양의 기능은 무엇인가?

토양에서는 매우 다양한 활동이 이루어진다. 토양은 모든 육상 생물들의 삶의 터전이자 서식처이며, 식물을 기르는 생산자이고 동식물 사체의 분해가 이루어지는 곳이다.

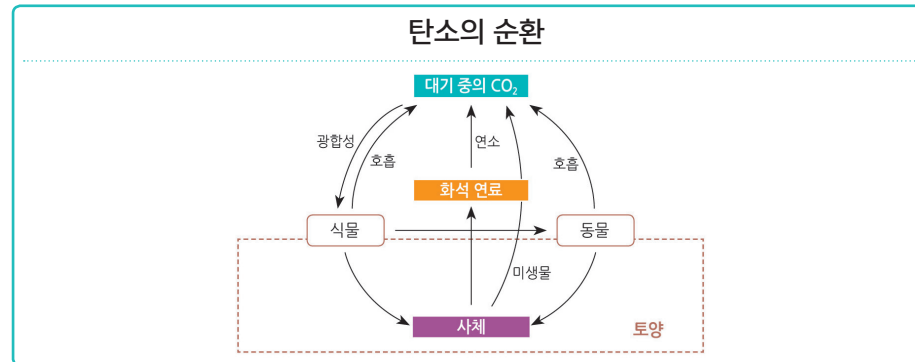
토양은 지구를 이루고 있는 한 부분으로 탄소의 저장고이다. 물을 담아 놓은 그릇일 뿐만 아니라 오염된 물이나 폐기물의 정화조이다. 농작물 생산의 기반으로 인간, 인간의 식량과 동물의 사료를 생산하는 바탕이 된다.

토양은 육상 생물의 삶의 터전으로, 그 자체가 하나의 생태계이다. 모든 식물은 토양에 뿌리를 박고 토양으로부터 물과 양분을 공급 받는다. 식물의 뿌리 주변을 잘 헤쳐 보면 살아 움직이는 작은 벌레들을 볼 수 있다. 토양에는 지렁이와 같은 큰 생물과 토양선충을 비롯하여 곰팡이와 세균 등 많은 미생물들이 함께 살고 있다.

토양 1㎡에 들어 있는 유기생물체의 수



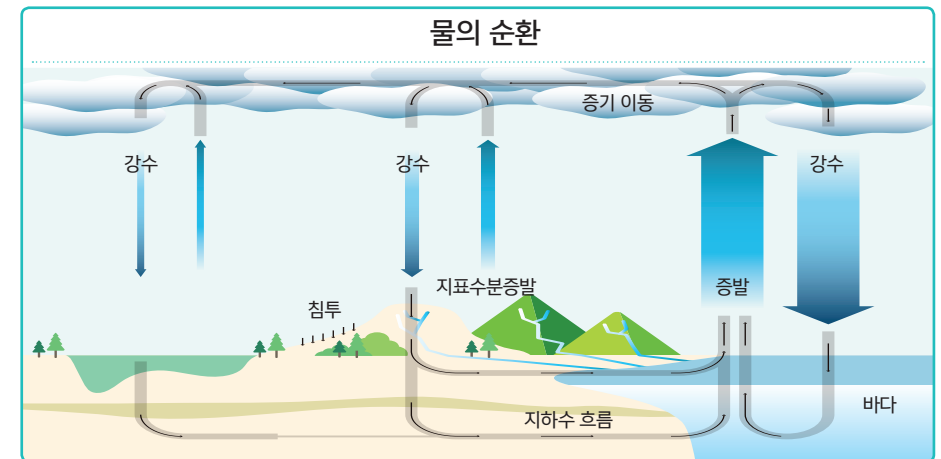
토양 내 생물들은 토양을 섞어 주고 유기물을 분해하며 질소를 고정하고 영양소를 순환시킨다. 미생물은 동식물의 사체를 분해하여 탄소와 질소를 생태계에서 순환시키는 기능을 한다.



순환 과정에서 분해되지 않고 토양에 남아있는 유기물을 부식질(humus)이라고 한다. 일반 토양 중에 부식질은 광물질 같은 무기물보다는 적게 들어 있지만, 매우 중요한 기능을 수행한다. 식물에게 필요한 영양분을 저장·공급해 주며, 미생물에게도 영양분 등을 공급함으로써 생존할 수 있게 한다.

토양은 물을 담아두는 그릇의 역할도 한다. 지구에 존재하는 물은 기체(수증기), 액체(물), 고체(얼음)로 그 형태를 바꿔가면서 지구상의 대기, 지표, 지하, 바다를 순환한다. 이러한 물의 순환 과정에서 토양은 물을 담아두는 그릇 역할을 한다.

비나 눈이 내리면 대기 중의 물이 비나 눈으로 토양에 내려 지하수로 흐르거나 토양 내 비어 있는 공간(공극)에 저장된다. 토양 내 공극에 저장된 물은 식물에 흡수되어 대기로 배출되거나, 직접 대기로 증발한다. 토양, 바다, 강에서 증발한 물은 대기 중에 구름을 형성하고 다시 비나 눈이 되어 지표로 떨어지며 순환하는 것이다.



※출처 : Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute(SHI, ST. Petersburg) and UNESCO, Paris, 1999;

토양은 유입된 오염물질을 정화하는 기능도 한다. 토양의 물리, 화학, 생물학적 작용을 기반으로 여과, 흡착, 고정, 불용화, 분해나 용해, 그리고 완충작용 등을 통해 오염물질을 처리한다.

토양으로 유입된 오염물질은 토양입자 사이를 통과하면서 유기물이나 미세한 입자에 흡착된다. 토양 내 미생물의 분해활동에 의해 무해한 화합물이나 물질로 분해되기도 한다.

토양은 우리 인류발전의 토대이기도 하다. 건축물의 기반이며 인간의 삶에 필요한 물질의 재료가 된다. 토양은 우리의 선조들이 남겨놓은 유물을 그대로 간직하고 있기에 역사를 담고 있는 보자기라고 할 수 있다.

이처럼 토양은 동식물의 서식지가 될 뿐만 아니라, 식량생산의 기지, 물을 담아놓는 그릇의 기능, 인류문명의 토대 등 다양한 역할을 담당하고 있다. 토양이 이러한 기능을 유지할 수 있도록 지속적인 관심이 필요하다.



병커C유 유출로 인한 토양오염

토양의 “흙”역사

상실되는 토양의 기능
도시, 사라지는 토양
농촌, 악화되는 토양
개발행위, 토양의 오염

1. 상실되는 토양의 기능

토양의 기능을 유지하고 발휘하기 위해서는 토양의 양적 및 질적 상태를 유지하는 것이 필요하다. 그러나 사람의 활동범위와 강도가 증가함에 따라 토양의 기능은 손상을 받게 된다.

토양의 기능을 위협하는 요인들로는 급격한 도시화에 따른 토양의 유실, 차폐를 비롯하여 광범위한 환경오염의 발생과 확산이 있을 수 있다. 또한 토양유기물의 손실, 화학비료 및 농약의 과도한 사용 등은 토양 기능을 위협하는 요인이 된다.



2. 도시, 사라지는 토양

급격한 도시화

급속한 도시화와 높은 경제활동은 많은 환경문제를 발생시킨다. 우리나라의 도시화 수준은 매우 높은 편이어서 1996년 87.1%였던 도시화율은 꾸준히 증가하여 2013년 91.0%로 우리나라 인구의 10명중 9명이 도시에 거주하고 있다는 것을 나타낸다.

이는 우리나라의 1960년대 이후의 빠른 산업화전략에 따라 노동력과 자본이 도시로 유입되면서 급격한 도시화가 이루어진 것으로 고령화, 노동력 감소, 에너지 소비증가와 환경오염, 기후변화 등의 도시문제가 발생한 것으로 나타났다.

우리 도시에서 소실되는 토양

우리나라의 도시는 인간생활의 편의성을 고려하여 공간설계가 이루어진다. 도시 공간은 주택·건물·도로 등 인공구조물과 산림·대지 등 인공구조물이 없는 공간으로 나눌 수 있다.

토양은 자연적으로 일어나는 유실 이외에 도시지역 확대, 건축물과 도로 건설로 인해 사라지게 된다. 이는 굴착이나 토양이동, 배수, 하천정비와 교량건설, 도로공사 등을 위해 지형이 재구성되기 때문이다. 건설현장에서 잘려진 토양단면으로부터도 소실이 일어날 수 있으며, 바람에 의한 침식도 일어나서 분진 발생의 원인이 될 수 있다.

도시에서 토양이 사라지는 정도는 개발의 유형에 따라 차이가 있다. 건축물을 짓는 경우에는 지하부의 토양까지 굴착되어 이동되므로 토양의 소실 정도가 크지만 도로를 건설하거나 주차장을 조성하는 경우에는 그보다 적은 토양이 이동·소실된다.

다양한 도시 토양의 모습



* 사진출처 : 도시의 노출 토양(박, 2008)

도시화에 의한 또 다른 토양의 수난은 토양의 차폐(soil sealing)이다. 아스팔트 등 불투수층 재료의 포장으로 토양의 표면이 덮여지게 되는 토양차폐는 도시가 확장되면서 토양이 사라지게 되는 주요한 원인이 된다.

토양의 차폐는 토양의 순기능을 감소시키는 원인이 된다. 불투수층이 증가하면 토양은 물을 담아둘 수 없게 된다. 이로 인해 물 저수량이 줄어들거나 홍수가 일어나기도 한다. 기존 농경지를 도시로 개발하는 경우에도 식량생산이 저하되고 생물다양성을 위협하여 토양의 기능을 떨어뜨린다.

또한 아스팔트, 콘크리트 등은 태양열을 흡수하고 주변 냉방기, 자동차 등에서 나오는 열과 함께 도시의 온도를 높이는 열섬효과를 나타내기도 한다.



3. 농촌, 악화되는 토양

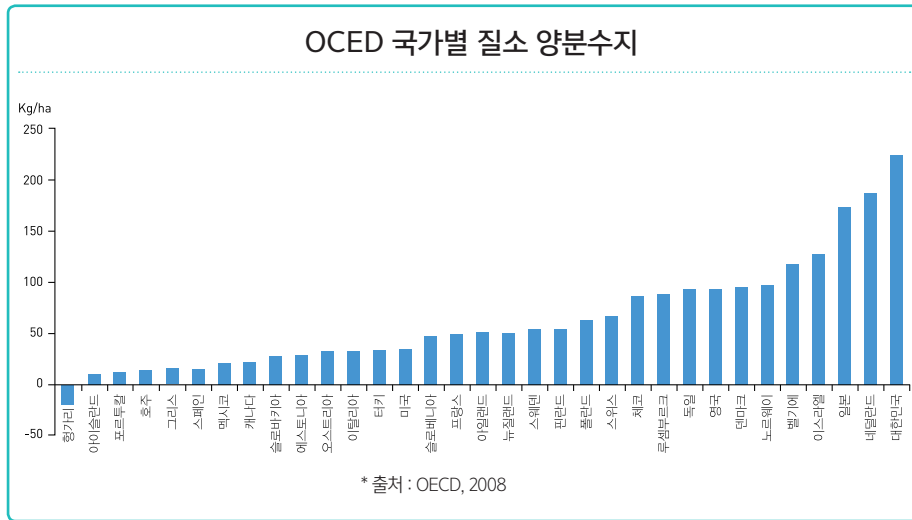
지나치게 쓰여지는 농촌 토양

토양의 기능은 현대적 농경행위에 의해서도 손실되고 있다. 급격한 산업화와 도시개발로 농경지가 지속적으로 훼손되거나 축소되고 있다. 유엔 식량농업기구에 따르면 1인당 농경지 면적이 1961년에 0.45ha이던 것이 2020년에 0.2ha로 감소되었다. 2050년에는 0.1ha까지 감소할 것으로 예측된다.

우리나라의 경우도 전체 농경지 면적이 1975년에 224만ha에서 지속적으로 감소하여 2014년에는 1975년 대비 약 25%가 감소한 169만ha 수준을 보이고 있다. 같은 시기에 총인구는 1975년 3,500만명에서 꾸준히 증가하여 2014년에는 50만명으로 1975년에 비하여 약 43%가 증가하였다.

줄어든 경지 면적에서 늘어난 인구를 부양하기 위해 과다한 화학비료와 농약을 이용한 집약 농업을 함에 따라 환경이 훼손되고 환경오염이 확산되었다. 다량의 식량생산을 위해 편의성과 시비효과가 뛰어난 화학비료가 개발되고 사용되면서 식물의 영양분이 되는 토양 내 유기물이 줄어들고, 과다한 비료 사용과 계속되는 농경활동으로 토양의 장기적인 생산성이 저하된다. 이를 보완하기 위해서는 보다 많은 비료를 사용하게 되어 악순환이 되풀이된다.

또한 질소비료를 과도하게 사용하면 작물의 병해충에 대한 저항성이 약화되어 농약사용량이 증가하게 되고, 농산물 내에 잔류농약문제 등 농산물의 안전성에 대한 우려도 커지게 된다. 특히 우리나라는 OECD국가 중 가장 높은 질소 양분수지(224.6kg/ha)를 보여 토양에 질소가 과도하게 투입되고 있다.



토양으로서의 기능 약화

논과 밭에서 5,000만명 이상의 인구가 생존하는 데 필요한 작물을 재배하기 위해서는 비료, 농약, 비닐 등 다양한 농자재를 사용할 필요가 있다. 과도한 농자재의 사용은 작물재배를 용이하게 하는 반면, 토양오염을 유발하여 그 기능을 훼손하는 원인이 되기도 한다.

화학비료의 부작용을 줄이기 위한 유기질비료의 과다 사용도 토양기능을 약화시킨다. 작물이 흡수할 수 있는 양 이상의 과다한 양분이 농경지에 투입되고 집적되어 식물생장의 기능이 훼손되는 것이다.

현대 농업에 있어서 매우 중요한 기법인 비닐덮음도 토양오염의 원인이 되기도 한다. 비닐 사용은 수분 유지, 병충해 방지, 잡초발생 방지, 지온 유지, 토양침식과 유실방지에 탁월한 효과가 있기 때문에 해가 갈수록 증가하고 있다.



이에 비례하여 폐비닐 발생량도 급격히 증가해 왔다. 2004년에 약 26만 톤 발생했던 영농 폐비닐은 2014년에는 약 33만 톤이 발생하였다. 사용 후 썩지 않는 폐비닐을 제대로 수거하지 않으면 농업생산성이 저하되고, 생태계에 피해를 주게 된다.



4. 개발행위, 토양의 오염

광산 개발에 따른 토양오염

광산지역의 토양오염은 대부분 광산 개발 과정에서 발생한다. 광석을 운반하는 과정에서 주변 토양을 오염시키거나 폐광석 또는 광물찌꺼기가 토양에 흡착되어 발생하기도 한다.

지표에서 광산을 개발하는 노천채굴의 경우에는 발파작업을 하면서 미세한 입자들이 비산되기도 하며, 소음과 진동이 발생되기도 한다. 벌목 작업으로 식생이 교란되거나 비옥한 토양이 훼손되는 경우도 있다.

또한 광산이나 탄광 내에는 지하수나 주변의 하천 등에서 유입된 물이 모이기도 한다. 이러한 갯내수가 제대로 정화되지 않고 광산 밖으로 유출되는 경우 주변 토양이나 하천을 오염시키게 된다.

지표면 아래에 분포하고 있는 금, 은, 구리 등 유용한 광물자원을 얻기 위하여 터널을 뚫고 이들 자원을 함유하고 있는 암석을 채취하게 된다. 지하에서 채취한 암석에서 유용한 광물을 얻고 남은 것을 ‘광물찌꺼기’라고 한다. 이들에 함유된 유독성 중금속은 지표에 노출되어 비와 바람에 의해 풍화되면서 주변의 토양과 하천으로 이동하여 오염을 일으키기도 한다.



개발이 종료된 후 적절한 조치 없이 그대로 방치된 폐광산 역시 토양의 주요 오염원이다. 석탄 채굴 후 광물찌꺼기를 주변에 쌓아두면 그 안에 함유된 황철석이라는 광물이 물과 공기 그리고 박테리아 등과 반응하면서 만들어진 강한 산성인 황산에 의해 노란색(철수산화물) 또는 백색(알루미늄수산화물)의 침전물이 생기기도 한다. 태백이나 정선 지역의 하천 바닥에 노란색 침전물이 자주 관찰되는 것은 이 때문이다.



환경부는 전국의 휴·폐광산을 대상으로 오염원, 오염상태, 오염영향 등을 평가하는 폐광산 주변지역의 사후 환경오염영향조사를 통해 오염조사를 수행하고 있으며, 오염이 확인된 폐광산을 대상으로 광해방지사업을 하여 환경복원에 기여하고 있다.

광해방지사업이 완료된 부지에 대하여도 지속적으로 모니터링을 실시하고 있다. 또한 운영 중인 광산은 갯내수와 광물찌꺼기로 주변 환경에 영향을 주지 않도록 집적장 안전 관리, 먼지날림 방지조치, 폐수배출시설 관리에 철저를 기해야 한다.

산업활동으로 인한 토양오염

산업활동 과정에서 사용되는 화학물질이 누출되거나 유출되어 토양을 오염시킬 수 있다. UNEP(2007), 즉 유엔환경계획에 따르면 오랫동안 산업의 중심 지역이었던 곳은 토양이 오염된 경우가 많다고 한다. 미국, 유럽과 구소련 등에서는 이와 같은 문제가 심각했던 것으로 보고되고 있다.

유럽전역에서는 중금속, 시안, 유류, 염화탄화수소류 등과 같이 유해한 물질로 오염된 부지가 약 2백만개 이상으로 예상된다. 그 중 약 10만개 정도의 부지는 정화가 필요한 것으로 파악되고 있다.

산업지역의 주요 오염원은 유해화학물질이다. 유류, 섬유, 플라스틱 등 인간의 의식주 생활에 이용되는 생활 필수품을 제조하는 공장에서는 다양한 화학물질이 사용되고 있다. 화학물질을 보관하기 위한 저장시설에서 누출되거나 화학물질을 사용하고 운반하는 과정에서 염소화합물, 시안화합물 등의 화학물질이 유출될 경우 토양이 오염된다.



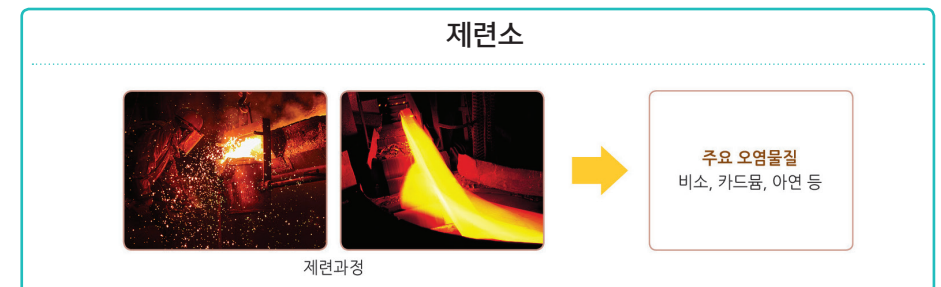
또한 토양오염은 금속제품 적치장, 유류나 화학물질 저장탱크 저장탱크 주변 등에서 발견되며 생산품 등의 적치, 산업단지 부지 조성 시 오염토양 반입, 취급부주의로 인해 오염이 발생하기도 한다.



환경부에서는 2004년부터 전국의 국가·지방산업단지를 대상으로 노후년수별로 우선순위를 정하여 단계별로 토양오염실태 조사·정화하고 있다.

국내에서는 1936년부터 1989년까지 운영되었던 장항제련소로 인한 토양오염이 문제가 되기도 했다. 장항제련소 주변지역을 조사한 결과 비소, 카드뮴, 납으로 오염된 토양이 확인되었다. 비소는 제련소 굴뚝에서 4km 떨어진 곳에서도 발견되기도 했다. 제련소를 운영하는 과정에서 오염물질이 대기 중으로 배출된 후 빗물에 씻기거나 바람에 날려 확산된 것이다.

정부는 토양오염으로 인한 주민피해를 줄이기 위해 2009년 종합대책을 수립하고 오염된 토지를 매입하여 토양을 정화하는 등 그 기능을 회복하기 위해 노력하고 있다.





참고 : 산업단지에서의 토양오염

◆ [독일] 산악지대 공업단지 정화 프로젝트

독일은 공장이나 군사시설 운영과정에서 각종 유해물과 폭발성 화합물이 누출되어 토양이 매우 오염되어 있었다.

독일의 대표적 오염토양 정화 프로젝트로 “산악지대 공업단지 정화사업”이 있다. 이 지역은 과거 100년 간 여러 종류의 금속과 염소계 화합물을 생산했던 산업단지지역으로서 폐기물을 제대로 처리하지 않아 주변지역을 오염시켰다.

공장에서 발생한 폐기물이 주변을 오염시켜 개울이 산성화 되었으며 홍수기에는 이 개울을 따라 오염된 퇴적물이 저지대에 있는 주거지역과 호수로 유입되었다.

다행히도 중금속 오염은 발견되지 않았으나 염소계 용매에 의한 지하수 오염이 확인되었다. 1991년부터 6년간에 걸쳐서 정화사업이 수행되었으며 인근 주민에 대한 보건평가도 함께 진행되었다.



참고 : 유해화학물질(PCBs) 불법 매립으로 인한 토양오염

◆ [미국] 러브커널 사건

1978년 뉴욕 주 나이아가라폴스의 러브커널에서 후커 케미컬 社(Hooker Chemical)가 매립한 폴리클로리네이트드비페닐(PCBs)로 인해 대규모 토양 오염이 발생했다.

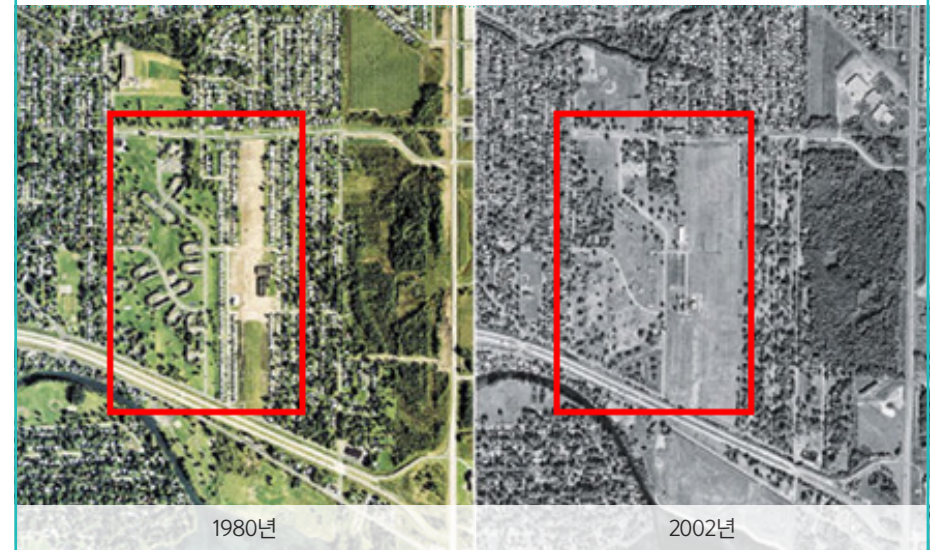
미국정부는 이 지역을 연방 비상지역으로 선포하고 매립지 인근 주민 238세대를 즉각 이주시켰다. 1980년 5월에는 매립지 주변을 환경재난지역으로 추가하여 약 800세대를 이주시켰다.

많은 여러 집들이 사라지거나 버려졌으며 세차례에 걸쳐 복구를 시도하였으나 도시는 아무도 살지 못하는 지역이 되었다. 이 사건을 계기로 미국에서는 슈퍼펀드법*이 제정되었다.

* 미국의 포괄적 환경대응 책임보상법(특별기금법)으로 오염책임자를 특정할 수 없거나 오염책임자가 정화비용을 지불할 수 없을 경우 연방정부에서 보유하고 있는 자금(슈퍼펀드)을 사용하여 오염정화를 추진하는 법

아래 그림에서 왼쪽은 1980년에 촬영된 사진으로 주택과 학교가 있는 마을(붉은색 네모박스)이었으나 정화가 진행되면서 건물과 도로는 철거되었으며, 오른쪽 2002년 사진처럼 황폐한 채로 사람이 살지 않는 버려진 땅이 되어버렸다.

러브 커널 사고지역



* 사진출처 : Happy birthday, love canal, 2008, Enviro.Sci. Technol, 42(22), 8179-8186.

폐기물 매립에 따른 토양오염

제대로 관리되지 않는 폐기물 매립지는 토양을 오염시키는 원인이 된다. 매립된 폐기물에 함유된 중금속 등 유해물질이 빗물이나 지하수 등에 섞여 토양으로 누출되지 않도록 차수막을 설치하고 내부에서 발생한 침출수 및 매립가스 처리시설을 갖추어야 한다. 차수막이 훼손되거나 오염된 침출수를 처리하는 시설이 제대로 설치·운영되지 않는 경우 토양오염이 발생한다.



지속가능한 폐기물 관리를 위하여 우리나라와 일본 등에서는 자원을 보다 효율적으로 사용하기 위하여 감량(Reduce)/재사용(Reuse)/재활용(Recycle) 정책을 채택하여 건전한 물질 순환사회로 전환하고 있으며, 폐기물의 매립량을 줄임으로써 매립에 필요한 부지를 줄여나가고 있다.



토양을 살리려면?

토양 기능 보전을 위한 기본 원칙
토양을 살리기 위한 주요 방법과 기술

1. 토양 기능 보전을 위한 기본 원칙

토양은 그 자리에 있는 게 제일 좋습니다.

암석이 풍화되어 1cm 두께의 토양이 생성되기 까지는 수백년이 걸린다. 생성된 토양에는 다양한 광물과 양분이 함유되어 있고 미생물과 토양 생물이 살고 있으며 이들의 먹거리라 할 수 있는 유기물질들이 포함되어 있다.

수백, 수천년 동안 그 자리에서 그 지역의 기후, 식생, 지형 특색을 반영하면서 서서히 형성되어 온 토양은 그곳 생태계의 일부이다. 그 자리에 그대로 있을 때 본연의 기능을 잘 수행할 수 있다.

도시화가 급격히 일어나고 인간의 생산활동이 늘어나면서 토양의 이동과 기능 상실이 심해지고 있다. 유일무이한 자원인 토양이 유실, 유기물 손실, 다짐, 염류화, 사막화, 산사태, 오염, 차폐 등에 의해서 점점 더 퇴화되어 가고 있는 것이다. 인류의 건강은 물론 지구생태계, 기후변화와 세계경제까지 위협하고 있다.

토양의 양과 질을 보전하여 다양한 기능을 계속 유지할 수 있도록 하기 위해서는 토양의 이동과 주변개발을 최소화할 필요가 있다.



토양을 과도하게 사용하여서는 안 됩니다.

토양의 이동이 불가피하다면 도시개발 등 각종 개발과 농경활동에서 토양을 과도하게 사용하지 않도록 주의할 기울여야 한다. 토양이 육상 생물의 삶의 터전으로서의 기능과 인류발전의 토대로서의 기능을 수행하기 위해서는 토양의 질과 양에 대한 관리가 필요하다.

도시에서는 토양차폐율 개선

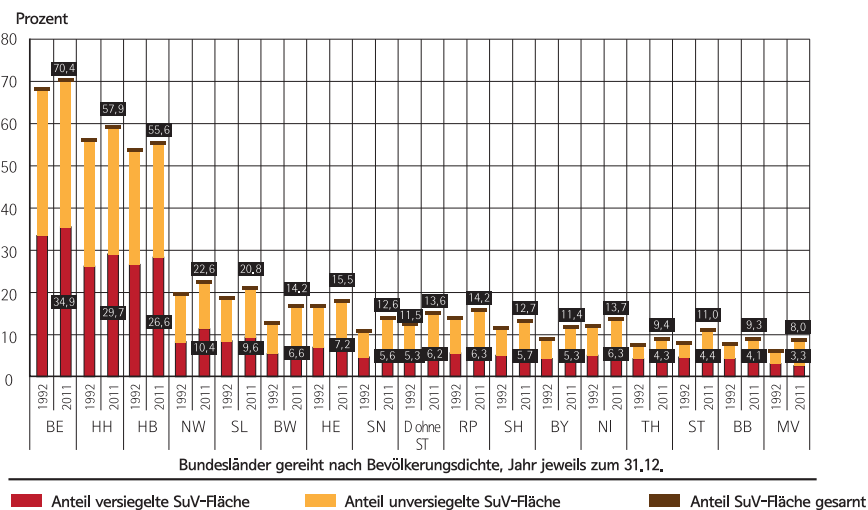
도시화로 인하여 건축물, 도로와 주차장 등이 늘어나면서 토양이 이동하거나 표면이 인공구조물로 덮이게 된다. 이로 인해 토양의 양적·질적 기능이 손실되어 토양자원의 지속적인 사용이 어려워진다.

도시화로 인한 편의성과 토양기능의 지속성을 유지하기 위해서는 아스팔트와 같은 불투수성 포장재료를 투수성이 있는 재질로 교체하는 것이 좋다. 지붕과 옥상으로 부터 강우 유출수를 받아서 토양으로 흡수시키는 침투시설을 설치하는 등의 방법으로 토양 기능을 회복시킬 수도 있다.

장기적으로는 도시를 설계할 때 토양의 기능 유지를 위해 차폐율 목표를 정하여 관리하거나, 녹지 등에 건축물이 축조될 경우에는 기금을 납부하도록 하여 토양의 기능을 보호하는데 사용하는 방법도 고려해 볼 수 있을 것이다.

독일에서는 도시지역의 차폐정도를 조사(1992~2011)하여 2030년까지 토양의 차폐면적을 낮추기 위한 토지이용 및 개발에 대한 인증시스템을 개발하여 40개 도시에서 운영하고 있다.

독일 지역별 최근 10년간 도시면적이용 현황 및 차폐율 현황(1992~2011)



< 빨간색 : 차폐면적율, 노란색 : 투수면적율 >

농촌에서는 토양의 퇴화 방지

농경지는 토양 비옥도와 양분 유효도에 크게 의존한다. 유럽에서는 인산질 비료가 지난 30년 동안 연간 2~3천만 톤 사용되어 왔으며, 이로 인해 카드뮴 등 유해한 불순물이 토양에 축적되어 왔다.

토양의 생산성이 복원되도록 농경지에서는 과도한 화학비료의 사용을 줄이고 농약을 적정수준으로 사용해야 한다.

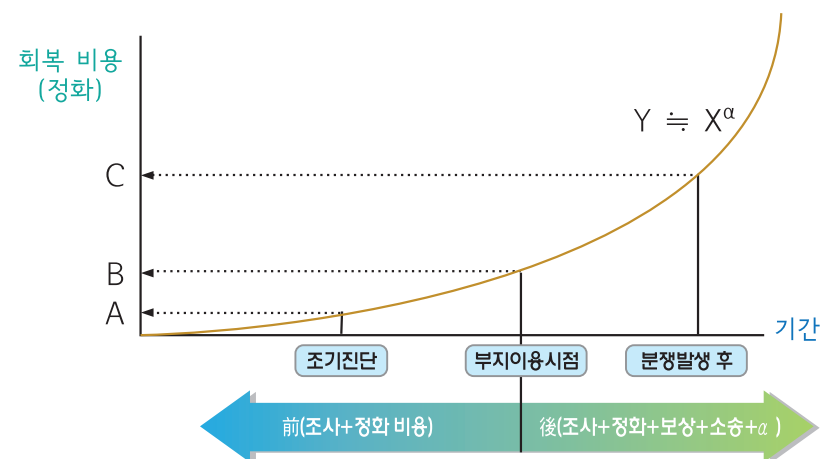
오염된 토양은 신속하게 회복시켜야 합니다.

대부분의 토양오염은 대기오염이나 수질오염에 비해 직접적인 피해를 즉시 확인하기 어렵다. 오염이 축적되고 그 피해가 심각해진 이후에야 발견되는 경우가 많다. 따라서 사전에 토양오염을 적극 예방하고 관리하는 것이 효과적이다.

오염된 토양은 신속하게 제거하거나 복원하여 인체와 환경에 대한 피해를 최소화 하여야 한다. 토양오염을 제거하는 비용은 부지이용 이전에는 순수한 조사와 정화비용만 소요된다.

그러나 적기에 정화하지 않으면 오염물질의 확산으로 정화할 부지가 늘어나 비용이 많이 발생한다. 토양오염과 관련된 분쟁이 발생하는 경우에는 비용이 기하급수적으로 증가한다. 조사와 정화비용이외에 소송, 보상 등 사회적 비용이 추가로 소요되기 때문이다.

시간 경과에 따른 정화비용 변화



2. 토양을 살리기 위한 주요 방법과 기술

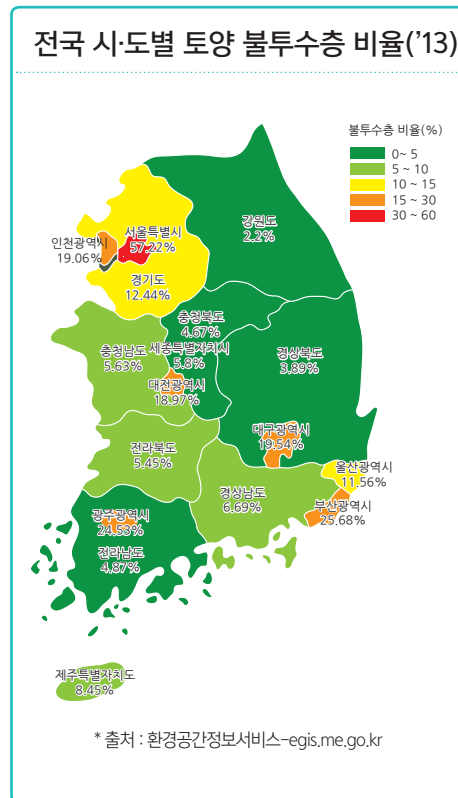
토양의 기능들을 건강하게 보전하고 살리기 위해서는 사전 예방적인 저영향개발, 녹지면적 확보, 토양모니터링 등이 필요하며 오염발견 시에는 조속한 토양정화가 필요하다

저영향개발(Low Impact Development, LID)

토양은 침투된 빗물을 담아 홍수를 예방하는 역할을 한다. 기후변화로 집중 강우가 증가하고 도심홍수가 빈번해지면서, 토양의 홍수예방기능이 관심을 받고 있다.

도시화로 인해 도심 내 불투수면 즉, 차폐면적이 증가하면, 지면의 오염 물질이 그대로 하천으로 유입되어 인근 하천에 악영향을 미치게 된다. 토양으로 유입되는 빗물이 감소하면서 지하수도 고갈된다.

2013년도에 구축된 토지피복지도를 분석한 결과 녹지율이 높은(69.8%) 울산은 불투수층 비율이 11.6%로 나타나 전국 광역시 중에서 가장 낮았으며, 녹지비율이 가장 낮은(30.2%) 서울은 불투수층 비율이 57.2%로 전국에서 가장 높게 나타났다.



이러한 문제점을 토지이용 계획단계에서 해결하기 위하여 저영향개발(Low Impact Development, LID)이 활용되고 있다. 저영향개발은 불투수면을 감소시켜 빗물의 표면유출을 줄이고, 빗물의 토양침투를 증가시켜 물순환을 개선한다. 동시에 토양유실과 오염을 줄일 수 있다.

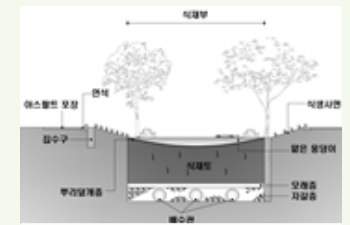
저영향개발 기법으로는 저류형 시설, 침투형 시설(투수성 포장, 침투도랑 등), 식생형 시설(수목여과박스, 식생여과대 등) 등이 있다.



참고 : 저영향개발 기법

◆ 저류형 시설

토양에 의한 여과, 생화학적 반응, 침투와 저류 등의 방법으로 강우유출수를 조절하는 소규모의 저류시설

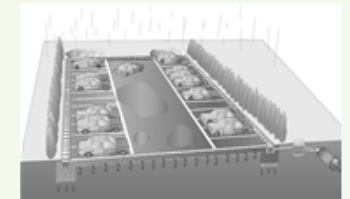


저류형 시설

◆ 침투형 시설

강우 유출수가 자갈, 돌로 채워진 시설을 통과한 후 보관되어 있다가 토양에 침투되도록 하는 시설

- 투수성포장 : 다공성 아스팔트, 쇠석의 공극 통과 후 토양에 침투
- 침투도랑 : 자갈, 쇠석 등으로 채워진 도랑에 강우 유출수를 담아두고 토양으로 침투시키는 시설

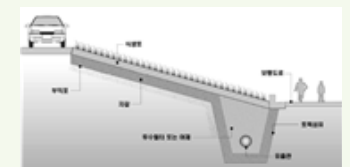


투수성포장

◆ 식생형 시설

식생을 조성하여 토양에 의한 여과와 생화학적 반응 등으로 강우유출수를 조절

- 수목여과박스 : 가로수 하부에 여과부가 포함된 구조물을 매립하여 강우시 유출되는 빗물을 유입시킨 후 토양으로 침투 유도
- 식생여과대 : 생태제방이라고도 하며 도로, 보도의 완경사면에 설치되어 강우 유출수의 토양침투 유도



식생여과대

녹지면적율 유지

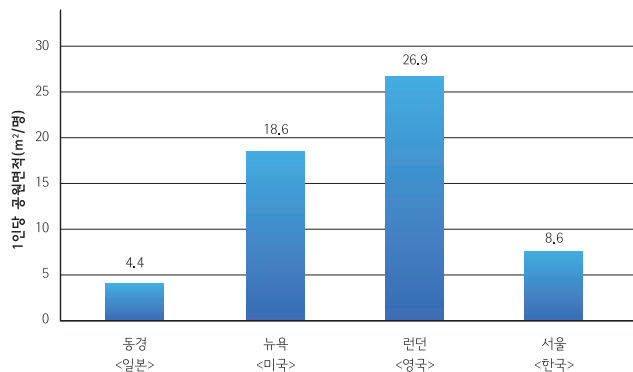
녹지는 도시지역에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 환경오염과 재해를 방지함으로써 도시경관의 향상을 도모하기 위한 공간이다.

도심 내 토양표층에 수목과 풀이 자라고 있을 경우, 토양 통기성과 투수성이 좋아져 빗물이 잘 흡수되고 토양유실이 방지된다. 이산화탄소가 광합성에 사용되기 때문에 지구 온난화와 온실효과를 감소시켜주는 효과도 있다.

정부는 “도시공원 및 녹지 등에 관한 법률”을 제정하여 녹지면적을 유지하기 위한 노력을 하고 있다. 주택건설 규모에 따라 일정면적의 공원녹지 확보를 의무화하고 있으며, 도시개발시 공원조성을 향상을 위해 노력하고 있다.

2006년 119 km²이던 녹지면적이 2014년 194 km²로 증가하였다. 1인당 도시공원 면적(8.6 m²/인, 2014년)은 일본 동경(4.4 m²/인, 2012년)에 비해서는 높으나, 미국 뉴욕(18.6 m²/인, 2012년), 영국 런던(26.9 m²/인, 2012년)과 비교하면 아직 낮은 실정이다.

세계 주요 도시의 1인당 공원 면적 (2012년)



* 출처 : 국가지표체계-도시공원, 녹지 국토교통부, 2014

토양오염의 조사와 확인

토양은 자연환경의 핵심 부분으로서 사람뿐만 아니라 동·식물 등 모든 생명체 생존의 기반이다. 각종 오염물질과 폐기물들을 분해하여 생태계의 순환체계를 유지시키는 최후의 보루이다. 토양을 보전하기 위해서는 적절한 환경기준을 설정하고 지속적으로 오염 여부를 모니터링할 필요가 있다. 토양오염이 확인되었을 경우에는 신속하게 정화한다.

토양환경기준

토양환경기준은 사람의 건강을 보호하고 건전한 토양환경을 유지하기 위한 정책 목표이다. 토양오염물질의 위해성, 토지이용도, 배경농도 등을 반영하여 사람의 건강과 환경에 피해를 주지 않는 수준으로 기준 값이 제시되고 있다.

토양환경기준은 국가마다 다를 수 있다. 나라별로 오염 현황이 다를 뿐 아니라 사회·경제적 발전단계, 기술수준 등도 상이하기 때문에 이를 고려하여 정하고 있다.

토양오염도 상시 측정

토양의 건강성을 유지하기 위해서는 토양오염도를 정기적으로 확인 할 필요가 있다. 주요 선진국에서는 토양오염의 가능성이 있는 지역을 대상으로 토양오염 조사를 실시하고 있다.

우리나라에서는 전국의 토양오염 추이를 조사하기 위하여 논, 밭, 과수원, 도로 등 토지 용도지역별로 토양측정망을 운영하고 있으며, 토양오염이 우려되는 산업 지역, 폐금속광산, 폐기물 매립지역, 사격장 등에 대하여도 토양오염실태를 조사하고 있다.

조사결과 토양환경기준을 초과하는 지역에 대하여는 오염원과 오염범위에 대한 정밀조사를 실시한 후 오염된 토양을 정화한다.

토양오염 조사와 평가

토양오염으로 인한 인체와 환경 피해를 방지하기 위해서는 오염토양에 대한 정확한 진단이 필요하다. 오염의 수준이나 범위를 진단하기 위해서는 기초조사, 개황조사, 정밀조사의 단계를 거치게 된다.

먼저 토양오염조사를 위해서는 조사지역에 대한 자료를 수집한다. 해당 지역의 사업 활동, 오염유발 가능성이 높은 시설의 과거 이력 등에 대한 서류를 조사하며 사업장 환경담당자, 담당공무원, 주변지역 거주자 등을 대상으로 청취조사를 실시한다.

다음으로 수집된 자료를 토대로 조사 목적에 맞게 건물, 지형 등의 현장 상황을 고려하여 일정한 간격과 깊이에 따라 시료를 채취하고 오염 정도를 분석한다.

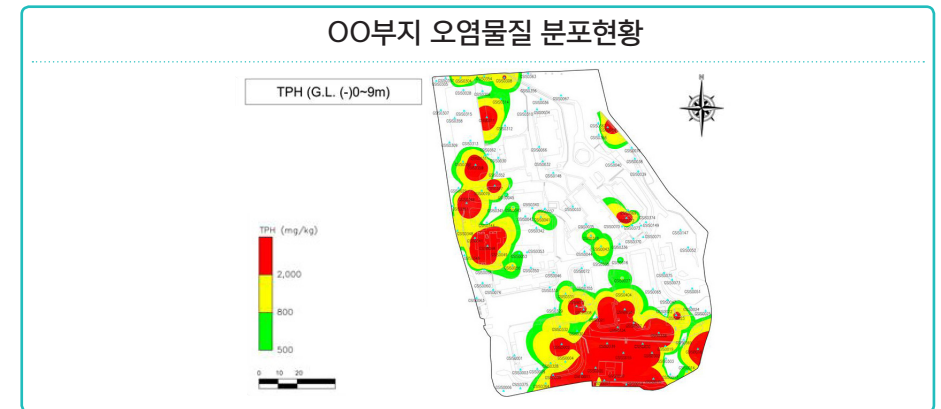


토양오염지역 토양 채취

오염이 심각한 위치가 발견되면 주변 지역에 대한 정밀조사를 추가적으로 실시하여 오염 수준과 범위를 보다 정확하게 평가한다. 그 외에도 토양의 이용 실태를 비롯한 주변 확산 여부 등을 평가할 필요가 있다.

토양오염조사가 이루어지면 어떤 오염물질이 농도별로 어떻게 분포되어 있는지를 확인한다. 일반적으로 오염을 평가할 때 가장 손쉬운 방법은 토양오염기준 농도를 초과한 토양이 얼마나 분포되었는지를 확인하는 것이다.

아래의 그림은 토양오염조사 결과 자료로, 오염물질이 고농도(빨간색)인 지역에서 주변 지역(노란색, 녹색)으로 확산되었음을 확인할 수 있다



국가에 따라서는 토양 오염 수준을 어디까지 허용할지를 판단하는 방법으로 위해성 평가방법을 사용하기도 한다. 오염지역 현황 자료, 오염물질 노출정도 등을 조사하여 해당 지역의 위해성을 평가하고, 평가결과에 따라 최종 정화목표 농도를 정하게 된다. 위해성 평가를 통해 오염 토양에 대한 응급조치나 처리기술 적용 등 관리방법을 제시한다.

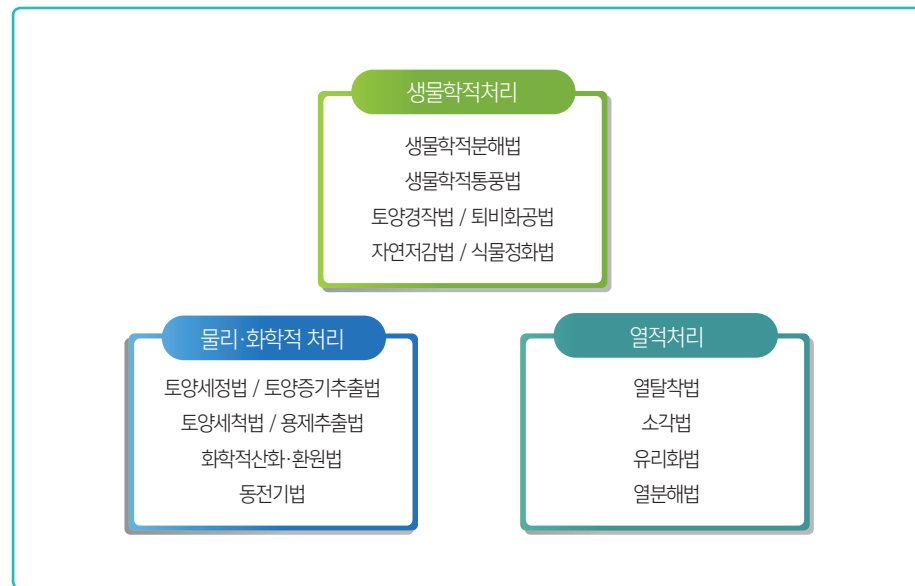


토양오염의 정화

토양오염의 정화란 토양 중의 오염물질을 감소시키거나 제거하여 환경과 인체에 위해하지 않도록 하는 것을 말한다. 정화기술에는 오염물질이 노출되지 않도록 하는 안정화, 확산되지 않게 하는 차단 등도 포함되지만, 일반적으로는 오염 물질을 제거하는 적극적인 정화를 말하는 경우가 많다.

오염된 토양을 정화하기 위해서는 오염물질의 종류, 부지의 지질학적 특성, 처리농도 등을 고려하여 적절한 정화기술을 선택하고 적용하여야 한다. 정화기술은 처리공정에 따라 생물학적/물리·화학적/열적 처리 기술로 분류할 수 있다.

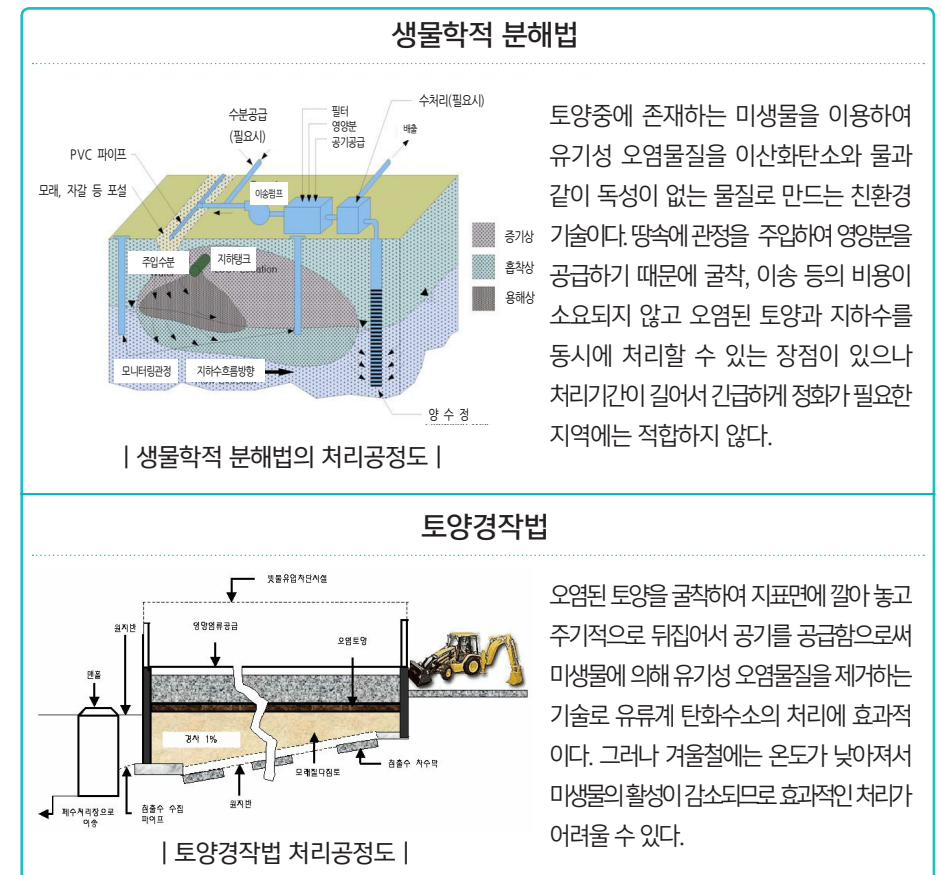
오염토양의 정화는 주로 오염부지 내에서 이러한 처리기술을 적용하여 이루어 지지만 부지 밖으로 오염토양을 가지고 나와 처리할 수도 있다.



생물학적 처리

생물학적 기술은 미생물에 의하여 유기오염물질을 분해하거나 중금속등의 생물학적 독을 저감하는 방법을 말하며, 오염토양에 영양분, 수분, 공기 등을 주입, 미생물이나 식물 등의 생장을 촉진하여 토양 중의 오염물질을 분해, 흡수, 흡착 또는 침전시키는 기술이다.

생물학적 처리기술에는 생물학적 분해법, 생물학적 통풍법, 토양경작법, 퇴비화공법, 식물정화법, 자연저감법 등이 있다.



물리·화학적 처리

오염물질의 흡착, 휘발, 화학적 산화·환원, 전기장에 의한 이동 등 물리·화학적 작용을 통해 오염물질의 농도를 정화 기준 미만으로 제거하거나 감소시킬 수 있다. 물리·화학적 처리기술에는 토양세정법, 토양증기추출법, 토양세척법, 용제추출법, 화학적 산화·환원법, 동전기법 등이 있다.

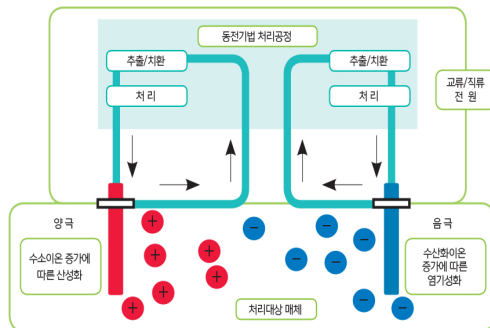
토양세척법



| 토양세척법 복원과정 |

세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 오염물질의 표면장력을 약화시키거나 증금속을 액상으로 용출시켜 토양입자로 부터 분리시키는 처리 기술이다. 생물학적 분해가 어려운 PCBs 등 유해 화학물질이나 니켈, 크롬 같은 증금속을 빠른 시간내에 처리할 수 있는 장점이 있으나 세척제 비용, 폐수처리비용 등이 많이 소요될 수 있어 비교적 경제성이 낮다. 증금속과 같이 타 공법 적용이 어려운 지역에서 빠른 시간 안에 긴급히 처리 할 경우 유용하게 사용될 수 있는 기술이다.

동전기법



| 동전기법 처리공정도 |

이온상태의 오염물질을 양극과 음극의 전기장을 통과하게 하여 이동속도를 촉진 시킴으로써 처리하는 방법이다. 오염 지역에 전극을 연결하고 전류를 흐르게 함으로써 투수계수가 낮은 토양, 점토등에 포함된 오염물질을 제거하는데 사용되며 토양내 수분함량이 10%미만일 경우에는 정화효율이 감소하기 때문에 지속적으로 수분을 공급해줘야 하는 단점이 있다.

열적 처리

오염토양에 열이나 전기를 가하여 토양오염물질을 휘발, 탈착, 소각, 열분해, 용융 등의 과정을 거쳐 오염된 토양을 정화하는 기술이다. 열적 처리기술에는 열탈착법, 소각법, 유리화법, 열분해법 등이 있다.

열탈착법



| 열탈착법 복원과정 |

토양을 일정온도로 가열하여 흡착된 오염물질을 휘발 및 탈착시키는 처리 기술이다. 고온(400~800℃) 처리법은 모든 오염물질을 처리할 수 있어 적용범위가 넓으며 저온 (400℃ 이하) 처리법은 휘발유, 항공유, 중유, 경유 등을 포함하는 석유계화합물의 농도를 감소시키는데 효과가 큰 것으로 알려져 있다.



토양환경보전을 위한 기술개발

토양환경보전법 제정('95) 이후 그간 우리나라의 토양환경보전 정책은 부문별로 많은 발전을 이루어 왔다. 오염의 종류와 방식이 다양해지고 오염물질 유출 등 긴급한 현안이 다수 발생하면서 이에 대응할 수 있는 기술을 개발할 필요성도 대두되었다.

환경부에서는 우리나라 토양·지하수 환경을 보전하고 환경산업시장의 90% 이상을 국내기술로 대체하기 위한 '토양·지하수 오염방지 기술개발사업' (이하 'GAIA 사업', '08~'17, 1,631억원)을 추진하였다.

토양 오염의 경우 눈에 보이지 않으며 오염이 일정 수준 이상이 되고 나서야 확인 가능하기 때문에 사후관리 중심의 단편적인 기술로는 대응이 어렵다. GAIA 사업은 토양오염 특성을 고려하여 사전예방, 오염조사, 오염정화, 사후관리 총 4단계를 포괄하는 기술을 개발·보급하는 것을 목표로 진행하고 있다.

분야	주요내용
사전예방	오염물질 누출을 사전에 감지할 수 있는 기술 - 상시누출 모니터링 센서 기반 경보 시스템, 오염물질 차단·차폐, 지하수 관정 상부 밀폐장비, 토양유실량 평가 기술 등
오염조사	오염원, 오염도 및 오염영향 평가 기술 - 오염원인자 판별, 오염부지 조사, 오염물질 확산과 거동 특성 규명, 오염 탐사장비, 확산과 거동 모델링, 위해성평가 기술 등
오염정화	부지특성에 맞는 최적의 정화기술 개발 - 현장 실증 연구개발을 통한 토양지하수 오염물질의 물리적·화학적·생물학적 정화기술 개발
사후관리	오염방지 및 오염정화 후 관리 기술 개발 - 정화 토양의 생태학적 건전성 평가, 정화부지의 재오염방지를 위한 장기 모니터링, 토양지하수 오염 종합관리시스템 개발 등

GAIA 사업은 '08년부터 토양분야 환경현안을 파악하고 산·학·연 관계자들의 수요를 반영하여 기술을 개발하여 왔다. 178개의 연구개발과제를 발굴하여 616건의 논문을 게재하고 447건의 특허를 보유하는 성과를 거두었다.

개발된 기술은 환경오염이 발생된 현장에서 문제해결에 활용되고 있다. 구제역 매몰지에서는 침출수 누출여부를 현장에서 판정할 수 있는 기술이 적용되고 있다. 비소와 수은 누출사고에 의한 토양오염 발생 시 토양을 정화할 수 있는 기술을 개발하여 신속한 정화가 이루어질 수 있도록 지원하기도 하였다.

앞으로도 주요 이슈별 연구과제를 발굴하고 기술 개발을 지원함으로써 토양·지하수 보전을 위한 국산 기술 개발과 보급에 기여할 것이다.



장항제련소 부지에서 국산화된 세척 장비로 오염토양 정화

부영공원의 중금속 및 유류 오염현장에서 국산화 장비로 오염토양 정화



참고 : 외국의 토양보호 정책

◆ [미국]

- 슈퍼펀드(Superfund) : 오염원인자가 불분명하거나 오염 원인자가 정화비용을 지불할 수 없는 국가우선정화부지에 대해 기금(슈퍼펀드)을 활용하여 정화비용을 지급
- 브라운필드법(Brown Field) : 오염물질의 존재 또는 잠재적 존재 가능성으로 인해 재개발이나 재이용이 곤란한 부지에 대하여 소량 배출자, 선의 매수인, 선의 토지소유자, 도시 폐기물 배출자 등에 대하여 정화책임을 면책하여 토지이용 활성화 지원
- 표토보전정책 프로그램(Soil Quality for Environmental Health) : 토양 질을 평가하고 관리와 주요 전략에 대한 가이드라인을 작성하여 농민들에게 제공

◆ [유럽연합(EU)]

- 유럽산림보호대책(EU Forest Action Plan) : 포기 농지, 사막화, 산불, 토양 침식, 토양생물다양성 감소, 비옥도·유기물 함량과 관련된 위해 방지 대책
- 유럽기후변화프로그램(European Climate Change Programme, ECCP)-Programmes I and II : 토양내 유기물 함량의 감소 방지 대책
- 토양보호전략(The Soil Thematic Strategy) : 토양을 보호하기 위해 토양 퇴화를 방지하고 토양보호정책을 추진하기 위해 토양오염정화, 토양유실, 유기물함량 감소, 토양다짐, 염도증가, 산사태 등의 주제로 대책 제시

◆ [영국]

- 건설에 따른 토양 보호 대책(Construction Code of Practice for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites) : 건설과정에서 발생할 수 있는 토양오염과 불필요한 토양의 질 저하와 기능 손실을 방지하기 위한 방안 마련
- CAP 프로그램(Common Agricultural Policy Cross Compliance) : 이해당사자들(농부, 임업인, 부지의 관리자 등)과의 협력을 위해 하구 유역 지역의 농경지 관리 방안, 우수 농산물 관리 제도 운영

◆ [독일]

- 도시지역의 차폐율 관리대책(Strategy for Sustainable Development, 2002) : 토양의 차폐 정도를 모니터링하여 관리하는 대책으로, 2002년에 차폐면적이 113ha/일이었으나 2016년 현재 104ha/일까지 감소시켰다. 2030년까지 토양의 차폐면적을 30ha/일로 낮추기 위해 토지 이용 및 개발에 대한 인증시스템을 개발하였으며 40개 도시에서 4년간 운영

◆ [오스트리아]

- 지속가능한 개발을 위한 오스트리아 전략(Austrian Strategy for Sustainable Development, 2002) : 도시의 확산과 이에 따른 부지의 추가 이용, 토양의 차폐를 1/10로 저감하기 위한 정책 추진





1. 아이들과 함께 토양과 나무가 있는 숲에서 놀아 주세요.

자연과 함께 성장한 아이들은 자연을 사랑하고 자연과 함께 살아가는 삶을 배우게 됩니다. 부드러운 흙이 주는 촉감, 나무가 만들어낸 깨끗한 공기, 흙에서 살아가는 생명체와의 교감 등 자연이 주는 선물을 맘껏 누리고 토양의 소중함을 느낄 수 있도록 ‘숲 놀이터’에서 함께 해주세요



2. 도심의 짜투리 땅에는 나무와 꽃을 심어주세요.

나무와 꽃은 토양이 생명력을 유지할 수 있도록 합니다. 식물의 광합성, 토양 내 미생물의 분해활동으로 인한 물질 순환은 도시의 공기를 맑고 깨끗하게 만들어줍니다. 도시에 나무와 꽃을 심으면 토양을 기반으로 살아가는 지렁이, 딱정벌레 같은 다양한 생물도 살게 되어 자연생태계를 회복시킬 수 있습니다.



토양을 살리기 위한
8가지 실천 방법

3. 식료품 구매 시 안전한 토양에서 재배된 것인지 확인해주세요.

화학비료와 농약을 사용하지 않은 토양에서 안전하게 생산된 식료품을 구매하여 건강한 토양이 많이 만들어질 수 있도록 해주세요. 식탁에서는 식재료가 어디에서 왔는지, 어떻게 생산되었는지 아이들에게 알려주세요. 건강한 토양은 안전한 먹거리를 만들어냅니다.



4. 경사진 토양에는 식물을 심어주세요

1cm 두께의 토양을 생성하는데 약 200년이 걸린다고 합니다. 토양은 비와 바람, 생물체들과의 작용으로 오랜 기간을 거쳐 만들어졌습니다. 그러나 강하게 내리는 비와 바람은 단 10분만에도 많은 양의 토양을 사라지게 합니다. 특히 경사지에서는 토양이 잘 쓸려내려가므로 계단식 경작지 조성 등으로 토양이 사라지는 것을 막아주세요



5. 오염물질이 토양에 들어가지 않도록 철저히 관리해주세요.

토양이 오염되면 식물이 자랄 수 없고 미생물도 살아갈 수 없게 되어 생명력을 잃게 됩니다. 불법적으로 쓰레기를 버리거나 생산시설에서 오염물질을 적절하게 관리하지 않으면 토양이 오염됩니다. 특히 중금속 및 화학물질을 많이 사용하는 산업시설에서는 원료 저장시설과 제품 생산과정에서 오염물질이 유출되지 않도록 안전하게 관리하고 폐기물을 적법하게 처리하여 토양이 오염되지 않도록 해야 합니다.



6. 쓰레기 배출량을 줄이는 생활을 실천해주세요.

우리가 쓰레기통에 버린 모든 것은 쓰레기 매립지로 보내집니다. 분리해서 배출한 종이, 플라스틱, 유리 외의 매립되는 쓰레기들은 토양에 해를 가하게 됩니다. 그러므로 가급적 쓰레기를 덜 만들어내는 것이 토양에 미치는 나쁜 영향을 최소화 할 수 있는 길입니다.

가정에서는 일회용 용기대신 재사용이 가능한 그릇을 이용하고 비닐봉지 대신 장바구니를 생활화합니다.

사무실에서는 양면인쇄, 이면지 사용을 생활화하고 클립 등은 다시 사용하도록 합니다. 또한 생산시설에서는 친환경 포장재를 이용하고 과도한 포장을 자제합니다.



7. 오염된 토양을 발견하면 즉각 지자체에 신고해 주세요.

건설현장과 경작지의 토양에서 유류 및 화학제품 냄새가 나거나 토양 이외의 물질이 발견 되었을때는 시청과 구청 환경담당 부서에 신고해 주세요. 오염된 토양을 방치하면 오염이 확산되어 주변 토양 및 지하수까지 오염시킬 수 있습니다. 나중에 정화하게 되면 초기에 정화하는 것보다 막대한 비용을 지불해야 하므로 오염물질이 즉각 제거 될 수 있도록 알려주세요.



8. 오염된 토양은 빠른 시일 내 원상복구 시켜주세요.

유류저장시설에서 유류가 유출되거나 제련소, 광산지역에서 오염물질이 누출 되었을때는 즉각적으로 정화해야 합니다. 정화조치가 늦어질수록 정화비용은 급속히 증가되어 재정적 손실이 커집니다.

오염된 토양을 다른 지역으로 옮기거나 더 깊이 묻지 말고 깨끗한 토양으로 돌려 놔야 합니다.



[부록]

토지거래 할 때 이렇게 하면 좋아요
토양정보, 여기서 확인해요
참고문헌

토지거래 할 때 이렇게 하면 좋아요

토양오염을 확인해야 하는 이유

토양오염의 우려가 있는 토지를 거래 할 때에는 계약체결 전에 토양의 오염여부, 오염범위 등을 꼼꼼히 조사하고 확인하여 정화책임을 명확히 해야 향후 발생할 수 있는 법적분쟁이나 재산상의 손해를 미연에 방지할 수 있다.

실제로 오염개연성이 큰 주유소와 공장부지는 거래 후에 토양오염으로 인한 법적분쟁이 끊이지 않고 발생하고 있다. 특히 오염된 부지의 소유권이 수시로 변동되는 경우에는 오염토양에 대한 정화책임을 누가 지느냐가 분쟁의 핵심이 된다.



정화책임 분쟁 사례

A는 주거지 개발 용도로 토양오염도 확인 없이 B의 생산 공장 부지를 인수하였다. 이후 환경단체 등에 의해 해당 부지의 오염 문제가 불거졌고, 정밀조사 결과 부지 내에 다량의 폐기물이 매립된 사실과 대규모의 토양오염지역이 확인되었다.

이에 따라 정화 및 폐기물 처리비용 300억원과 관련한 정화책임 분쟁 소송 등이 수년간 지속 되었으며 최근 들어 정화책임자인 B가 정화비용을 부담하고 해당부지 정화작업이 완료되었다.

토양오염을 일으킨 오염원인자와 더불어 오염부지의 단순 소유자·양수인도 정화에 대한 책임문제가 발생할 수 있다. 부지 매입 시 불필요한 법적 분쟁을 막으려면 토지의 오염상태를 확인할 수 있는 절차가 필요하다.



토양오염 확인 후 토지거래 사례

A사는 동종 업계의 B사를 인수하여 생산시설을 이용하기에 앞서, 부지 안에 설치된 대형 유류 저장시설 주변에 대해 토양오염조사를 하였다. 조사 결과, 부지 내 20여 곳에서 유류로 심하게 오염된 토양이 확인되었고, 이와 관련하여 B사와 공장 매매계약을 체결하되, 오염지역에 대해서는 B사가 책임을 지기로 계약하였다. 2년간의 토양정화 완료 후, A사는 오염지역에 대한 정화 검증 후 부지를 인수하였다.(정화비용 110억원 소요)

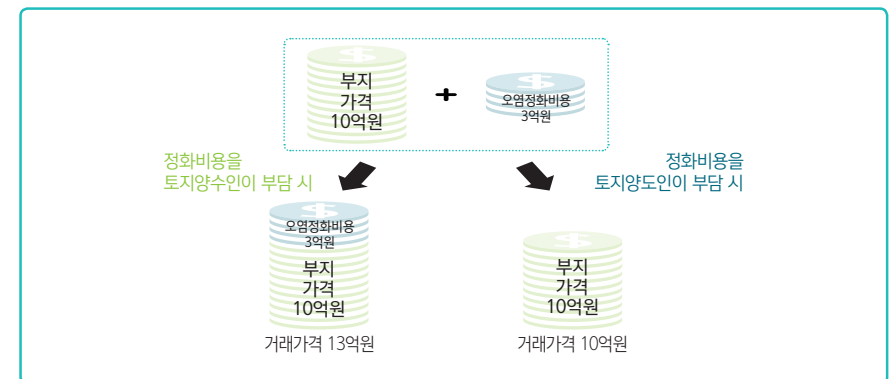
토지 거래시 토양오염 확인으로 분쟁 방지

법적 위험 관리

토지를 매매하기 전에 토양오염을 조사하여 오염여부를 확인한다. 토지를 사는 사람은 자신과 관계없는 과거의 토양오염으로부터 면책을 받을 수 있어 토지를 파는 사람과 일어날 수 있는 법적분쟁을 사전에 예방할 수 있다.

재무적 위험 관리

토양오염 조사로 매매부지의 오염이 발견되면, 오염토양 정화비용을 부지 매매가격에 반영할 수 있어 정화비용에 따른 문제를 사전에 예방할 수 있다.



미국은 부지거래나 기업 인수·합병시 부지환경평가를 적극적으로 활용하고 있다. 우리나라는 2002년부터 토양환경평가제도를 도입하여 시행 중에 있다.

※ 토양환경평가제도에 대한 사항은 홈페이지·법령/정책·고시/훈령/예규 『토양환경평가지침』에서 확인할 수 있다.



■ 미국의 부지환경평가 사례

◆ 부지환경평가의 개념

잠재적 또는 현재의 토양오염 정화책임을 규명하기 위해 부동산 소유자를 위해 실시하는 자율조사이다. 미국 재료시험협회(ASTM)에서 정한 절차에 따라 Phase I(서류및방문확인조사), Phase II(개황조사) 등으로 이루어진다.

◆ 부지환경평가의 목적

부지거래 관련 사업 활동에서 의사 결정을 위한 목적으로 주로 활용된다. 기업의 인수·합병(M&A)에 따른 위험 관리, 환경 관련 시설의 투자, 정화 목적의 예산 산정 등에 활용된다.

◆ 부지환경평가의 수요자

산업 활동이 있는 기업, 직접투자은행, 토지거래 기업 등이 주요 수요자에 해당한다.



토양정보, 여기서 확인해요

토양정보를 담고 있는 우리나라 정보 저장소

1. 토양 지하수 정보시스템 (<http://sgis.nier.go.kr>)

토양·지하수 측정망 현황, 토양오염 실태조사결과, 골프장 농약사용 조사결과, 토양관련전문기관 현황 등 환경부에서 운영하는 토양 및 지하수 환경과 관련된 정책·정보 제공



2. 흙토람 (<http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp>)

농촌진흥청에서 운영하는 농업환경정보 서비스로 작물재배적지, 농경지 화학성, 농업기후도 등 농사와 관련된 토양, 비료처방 정보 등을 지도에 기반하여 제공



3. 초록지팡이 (<http://www.keep.go.kr>)

우리나라 환경교육의 활성화를 위해 다양하고 현장 적용성이 높은 교육자료 (교육동영상, 학습지도안, e환경자료 등)와 환경부에서 운영하는 환경교육사업, 동영상, 음악, 게임 등 다양한 환경교육자료 및 정보, 소식 제공



토양에 대해 좀 더 알아볼 수 있는 외국 정보 저장소

1. FAO Soils Portal

(<http://www.fao.org/soils-portal/en>)

유엔 국제식량농업기구(FAO)에서 토양에 대한 다양한 전문정보와 가치 및 자원으로서의 기능 등 다양한 정보를 제공하고 있으며, 정책결정자, 토양학자, 농민, 관련전문가 등을 위한 분야별 자료 제공

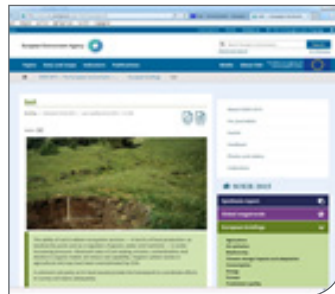


2. Soil

(<http://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/soil>)

유럽환경청에서 제공하는 “토양의 중요 경향과 전망” 보고서 자료로 유럽내 토양환경보전 정책 제공

* 유럽환경청(European Environment Agency; EEA) : 유럽내 33개국이 가입되어 있는 유럽연합(EU)의 기관으로 환경정책의 개발, 채택, 시행, 평가를 담당



3. The Dirt Doctors

(<http://www.thedirtdoctors.com/>)

영국 크랜필드(Cranfield) 대학교 토양, 농식품 분야 박사들의 토양과 식물 과학의 연구 활동 진행과정 및 아이디어를 공유하는 블로그



4. Urban Soil Management Strategy – Overview of project results

(http://www.umweltbundesamt.at/en/services/services_resources/services_soil_spatial/en_urbansms/urbansms_results/)

독일에서 유럽의 도심지역을 대상으로 도심 지역의 다양한 토양의 특성을 조사한 “도시 토양 관리 전략 프로젝트” 결과 보고서



토양에 대해 좀 더 알아볼 수 있는 외국 정보 저장소

5. Common Soil

(<http://www.commonsoil.org/>)

살아있는 토양의 다음 책임자가 될 농민과 시민들에게 재생 농업, 토지 복원, 지역 식품 시스템과 토지 관리 지식 전달을 위한 국제 학습 센터



6. G-Soil

(<https://gsoil.wordpress.com/>)

세비야 대학교 토양과학 부교수인 Antonio Jordan가 대중의 토양 과학의 관심을 이끌고, 최근 연구 동향을 알리기 위해 운영하는 블로그



7. SOILINFO

(<http://gis.teagasc.ie/soils/map.php>)

세계 전역의 토양 데이터를 무료로 액세스 할 수 있는 앱으로서 토양의 단면, 토양 유기탄소, pH 등 토양 데이터 제공



8. The Shift Soil Daily

(<http://paper.li/ShiftSoil/1306876261#!headlines>)

영국의 토양정화전문가 그룹인 Shift Soil Remediation에서 운영하는 토양 정보 제공 사이트로 토양 관련 뉴스 및 사진, 비디오별 그리고 과학, 환경, 비즈니스, 기술 등이 분야별로 제공

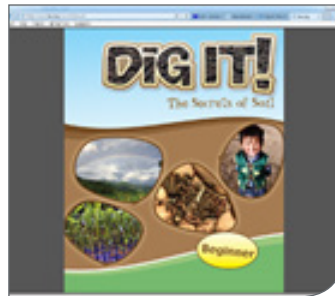


어린이와 학생을 위한 토양보전활동 학습자료

1. Dig it!

(<http://www.fao.org/soils-2015/resources/educational/en/>)

국제연합식량농업기구(FAO)에서 어린이 (5-13세) 및 교육자를 대상으로 토양에 대한 책자 및 교육 자료를 난이도(초보자, 중급자, 상급자, 교육자)별로 제공



2. Educational Resources

(<https://globalsoilbiodiversity.org/?q=education>)

국제토양생물다양성단체(Global Soil Biodiversity Initiative; GSDI)에서 운영하는 토양 생물다양성과 생태계 정보 서비스로 어린이 교육자료로 카드게임 (영어, 프랑스어), 컬러링북 수록



3. ISRIC World Soil Museum

(<http://www.isric.org/services/world-soil-museum>)

국제토양자원정보센터(ISRIC)는 주요 글로벌 이슈를 해결하는데 도움이 되는 전 세계 토양자원정보를 제공하는 기관으로 생태환경에서의 토양의 역할과 토양 유형의 변화에 대한 정보 제공



4. The hidden life of Soils

(<http://www.gessol.fr/game-hidden-life-soils>)

가족이 모두 즐길 수 있는 카드 게임으로 토양에 서식하는 숨겨진 생물들을 발견하고 어떻게 살아 가는지 학습할 수 있는 자료 제공



참고 문헌

- 1 오염토양 정화방법 가이드라인, 환경부, 2007
- 2 사정 토양학, 조성진외, 향문사, 2002
- 3 토양 보전 종합계획, 환경부, 2013
- 4 토양지하수환경, 이민효외 4인, 동화기술, 2011
- 5 토양환경사법론, 정제강, 법문북스, 2014
- 6 토양환경관리개론, 조석희외 4인, 동화기술, 2012
- 7 Ecosystem Services Provided by Soil, Finvers, M.A., Cranfield University, 2008
- 8 Into Dutch Soils, Ministry of Infrastructure and the Environment, 2014
- 9 Soil Contamination: Impacts on Human Health, European Commission, 2013
- 10 Soil : The Life Supporting Skin of Earth, Kristin Vala Ragnarsdottir and Steven A. Banward(eds.), The University of Sheffield, 2015
- 11 Sources and Impacts of Contaminants in Soils, Hannah. S et al., Cornell Waste Management Institute, 2009
- 12 The State of Soil in Europe, European Commission, 2012
- 13 Council of Europe/Committee of Ministers. 1990. Recommendation No R(92)8 of the Committee of Ministers to member States on Soil Protection. Adopted by the Committee of Ministers on 18 May 1992 at the 476th meeting of the Ministers' Deputies.
- 14 Decaens, T. et al. 2006. The values of soil animals for conservation biology. European Journal of Soil Biology. 42:S23-S38.
- 15 Miller, R. W. and Gardiner, D. T. 1998. Soils in Our Environment (8th ed.). Prentice Hall. ISBN 0-13-610882-2.
- 16 Gobat, J., M., et al., 2004, The Living Soil Fundamentals of Soil Science and Soil Biology, Science Publishers, Inc., USA, 2004



발 행 : 환경부 대변인실(044-201-6061)
(우) 30103 세종특별자치시 도움6로 11
정책담당 : 환경부 토양지하수과 (044-201-7177)

이 발행물은 국민들에게 환경정책을 알리고 정책의 발전을
함께 고민하고자 하는 목적으로 발행한 홍보물입니다.