

## 환경영향평가(소규모 포함)시 토양 평가기법 도출

Study of Soil Assessment Techniques for Environmental Impact Assessment  
(Small Scale Environmental Impact Assessment)



박광현<sup>1)</sup>



김태흠<sup>2)</sup>



한상건<sup>3)</sup>

1. 서론
2. 환경영향평가(소규모 포함)에서의 토양평가기법(안) 시범적용
3. 결과
4. 결론 및 제언

This study aims to develop strategy, the Environmental Impact Assessment(EIA) method, and procedure by examining the characteristics of the soil evaluation method and the environmental evaluation system as well as the complex characteristics of the soil - in order to develop EIA method considering the complex characteristics of the topsoil.

Therefore, 8 items such as soil pollution, soil erosion, soil movement, soil biodiversity, soil sealing, soil consolidation, soil organic matter and soil salinization based on soil evaluation technique are used as trial application through selecting a sample from EIA and small scale EIA each, which has an intention to investigate evaluation method of soil items when conducting EIA and small scale EIA, find out problems with existing evaluation, and come up with improvement plan, applying the newly developed soil evaluation method. As a result, this study presents a detailed evaluation method that reflects the improvement plan.

In order to develop the EIA method considering the complex characteristics of the five-years conservation of topsoil comprehensive plan for the future, comprehensive consideration method about subordinate items such as the soil quality, soil loss, soil structure, soil organic material which could influence the soil should be sought, getting away from current soil pollution level oriented evaluation. Also, study of detailed guideline is needed with development of comprehensive evaluation method, which can reflect the mentioned items above in the evaluation process.

In order to develop the EIA method considering the complex characteristics of the topsoil, strategy and EIA method must be developed by examining the characteristics of the soil evaluation method and the environmental evaluation system as well as the complex characteristics of the soil, and valuable soil evaluation should be conducted in steps.

1) 환경부 부사장, 소음진동기술사, 공학박사(khpark@yooshin.com)  
2) 환경부 상무·토양환경기술사(taemmy@yooshin.com)

3) 환경부 과장(f7821@yooshin.com)

## 1. 서론

토양은 단단한 기반암이 오랜 시간에 걸친 풍화·유실 과정을 거쳐 모래나 흙으로 잘게 부서져 형성된 것으로서, 식생과 기후변화에 중요한 영향을 미치고 있다. 특히 가장 위쪽에 존재하는 표토는 지질 지표면을 이루는 흙으로 1ha당 유기물을 5톤까지 함유할 수 있고, 토양 미생물이 많아 식물의 양분, 수분의 공급원과 탄소저장소의 역할을 하고 있으며, 2cm 생성에 500년 이상이 소요되나 유실에는 1~2년 밖에 소요되지 않는 재생 불가능한 유한한 자원으로 정의되고 있다(Defra(2009)).

토양이 가지는 가치를 살펴보면 폐기물 정화, 수자원 저수, 대기온도조절효과, 수질정화, 대기정화 등이 있으며, 환경부(2001)는 우리나라 토양이 가지는 환경적 가치는 ha당 연간 1,264천원~6,490천원으로 약 26조원에 이르는 것으로 보고하고 있다.

환경부는 2012년 전국을 8개 권역으로 나누어 표토 침식을 예비조사한 결과에 따르면, 용도별 토지 이용 중 공사장 등 나지 지역에서의 평균 표토 유실량이 318.58Mg/ha·yr로 전국 평균 표토 유실량 34.56Mg/ha·yr의 9.2배에 달하며, 전국 평균 표토 유실량을 초과하는 발 지역 평균 93.89Mg/ha·yr보다 3.4배, 초지 지역 평균 61.13Mg/ha·yr의 5.2배가 높아 개발사업에서의 토양유실 관리가 필요한 것으로 나타났으며, 평균 유출량이 경제협력개발기구(OECD) 토양침식 등급 중 최고인 '매우 심함' 등급에 해당된다고 보고되었다.

신경희(2013)는 국토통계자료를 이용하여 최근 10년간 농경지 808km<sup>2</sup>, 임야 596km<sup>2</sup> 등 총 1,403km<sup>2</sup>

가 감소된 반면 대지 356km<sup>2</sup>, 공장용지 215km<sup>2</sup>, 도로 및 철도 527km<sup>2</sup>, 기타 801km<sup>2</sup>가 증가하여 연평균 약 140km<sup>2</sup>의 농경지 및 임야 훼손이 이루어지고 있으며, 전략환경영향평가 및 환경영향평가 대상이 되는 개발사업의 경우에는 2003년 37,140건에 84.91km<sup>2</sup>가 이루어졌으나 2011년에는 89,209건에 412.77km<sup>2</sup>로 개발행위건수는 2.4배, 면적은 4.9배가 증가하여 상대적으로 토양의 훼손이 이루어지고 있다고 보고되었다.

우리나라에서 표토의 중요성이 대두된 것은 1973년 1월 23일 개발 사업에서 표토관리규정의 신설이 시급하다고 대통령에게 보고한 것이 시초이며, 이후 각종 건설관련 지침에 건설공사시 표토 또는 비옥토에 대한 보관 및 재활용 규정을 반영하였고, 2002년 12월 30일 환경정책기본법(법률 제6846호) 제3조 개정으로 인해 '환경훼손'의 범위에 표토의 유실이 포함되었다.

토양환경보전법은 1996년 1월 6일(법률 제4906호) 제정된 이후 2011년 4월 5일 「토양환경보전법」 제6조의2에 '표토의 유실현황 조사'가 신설되어 「수도법」에 따른 상수원보호구역과 4대강 유역에 지정·고시된 수변구역에 대해 환경부장관이 표토의 유실현황 및 정도를 조사하여 환경부령으로 정하는 기준을 초과하는 경우에는 이에 대한 대책을 수립하여 시행토록 규정되었으며, 동법 제6조의2 및 같은 법 시행규칙 제5조의2에 따라 2012년 7월 18일 환경부 고시 제 2012-124호로 '표토의 유실현황 조사에 관한 고시'가 이루어졌으나 각종 개발사업에 대해서는 누락되어 표토보전의 효율성을 기대하기 어려운 실정이다.

환경부(2013)에서는 토양생태계의 환경적 기능을 유지하도록 하기 위한 '표토보전 5개년 종합계

획을 수립하였으며, 이 중 골프장, 산업단지 등 표토의 대량 손실을 수반하는 사업의 인위적 침식에 따른 표토유실을 방지하기 위하여 기존 환경영향평가 제도를 활용하여 2016년부터 표토 환경영향평가를 실시기로 계획되어 있다.

현행 환경영향평가 제도에서 토양의 평가는 단순히 토양오염도 항목에 대해 현황조사, 영향예측 및 평가, 저감방안 수립, 사후환경영향조사 순으로 이루어지고 있으며, 지형·지질 항목에서 비옥토 유실 및 재활용 계획 수립에 국한되어 있어 토양 고유의 복합적 특성을 반영하지 못하고 있으며, 계획 수립 단계인 전략환경영향평가와 사업 실시단계에서 이루어지는 환경영향평가 기법이 동일하여 효과적인 토양평가가 이루어지지 않고 있다.

표토보전 5개년 중합계획상의 표토의 복합적 특성을 고려한 환경영향평가 기술을 개발하기 위해서는 현재의 토양오염도 위주의 평가가 아닌 토양의 질, 토양유실, 토양구조, 토양 유기물질 등 토양에 영향을 미칠 수 있는 하위항목에 대한 종합적 고려방안이 모색되어야 하며, 이를 평가에 반영할 수 있는 평가기법 개발과 아울러 세부적인 가이드라인에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 주요 목적은 표토의 복합적 특성을 고려한 환경영향평가 기술을 개발하기 위하여 국내외 토양 평가 기법과 환경성평가 제도별 특성 그리고 토양의 복합적 특성을 조사하여 전략 및 환경영향

평가 기법을 개발하고 절차를 마련하고자 한다.

## 2. 환경영향평가(소규모 포함)에서의 토양평가기법(안) 시범적용

### 2.1 시범적용 대상사업 사업개요

본 연구에서는 소규모환경영향 및 환경영향평가 평가시 토양 항목의 평가방법에 대하여 조사, 분석하고 금번 개발한 토양평가기법(안)을 시범 적용하여 기존 평가시의 문제점을 도출하고 개선방안을 도출하고자, 소규모환경영향평가 및 환경영향평가 각 1건을 선정하였다.

### 2.2 토양 평가기법 적용 결과

환경영향평가 토양 평가 대상항목은 토양오염, 토양침식, 토양이동, 토양생물다양성, 토양밀폐, 토양압밀, 토양유기물, 토양염류화 등 8개 항목으로 구분된다.

이 중 토양평가항목 중 토양오염 항목은 현재의 환경영향평가 방법과 동일한 방법을 따르며, 토양침식, 토양이동은 현재 평가방법을 보완하고, 토양생물다양성, 토양밀폐, 토양압밀, 토양유기물, 토양염류화는 신규로 추가되는 것으로 연구되었다.

[표 1] 시범적용 대상사업 개요

구분	소규모 환경영향평가	환경영향평가
사업명	○○○○○○○○ 건립공사	고양○○ 도시개발사업
위치	충북 제천 ○○면	경기도 고양시 ○○구 ○○동 일원
면적	74,790m <sup>2</sup>	646,160m <sup>2</sup>

기술정보

[표 2] 항목별 토양평가기법 적용 결과

구분	소규모 환경영향평가	환경영향평가
토양오염	Cd 0.703~1.262mg/kg Cu 7.861~9.900mg/kg As 1.692~2.030mg/kg Hg 0.023~0.038mg/kg Pb 26.326~42.140mg/kg Zn 50.673~63.460mg/kg Ni 5.115~5.698mg/kg F 34.934~161.233mg/kg PCB, 유기인, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TPH, TCE, PCE는 불검출	Cd ND~2.0mg/kg Cu 18.3~271.80mg/kg As ND~50.11mg/kg Hg ND~7.1mg/kg Pb 14.5~187.2mg/kg Zn 52.46~1,051.04mg/kg Ni 16.9~59.3mg/kg F 157~600mg/kg TPH ND~521mg/kg PCB, 유기인, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE는 불검출
토양침식	침식 있음 62.68%(46,880m <sup>2</sup> ) 침식 없음 37.32%(27,910m <sup>2</sup> )	침식 없음 83.60%(540,166m <sup>2</sup> ) 침식 있음 16.40%(105,994m <sup>2</sup> )
토양이동	절토 27,870m <sup>2</sup> , 성토 24,755m <sup>2</sup>	절토 810,000m <sup>2</sup> , 성토 810,000m <sup>2</sup>
토양생물 다양성	생태자연도 2등급 및 3등급 - 토양생물 다양성은 보통	생태자연도 2등급 및 3등급 - 토양생물 다양성은 보통
토양밀폐	토양밀폐도 0% - 밭, 활엽수림, 침엽수림, 혼효림으로 구성 (100.0%)	토양밀폐도 45.31% - 불투수 지역인 주거, 공업, 상업, 교통, 공공시설지역(45.31%)
토양압밀	지면으로부터 0.5~0.8m에 위치한 붕적층, 풍화층의 경우 매우 연약한 것 조사됨 일반적인 표토 깊이 30cm 이내에서는 토양압밀이 이루어지지 않음	표토층은 모래로 대부분 구성되어 있으며, 매립토층까지는 느슨한 상태의 상대밀도를 나타냄 표준관입시험에서는 깊이가 깊어질수록 조밀한 상태의 상대밀도를 나타냄
토양유기물	일부지점에서 pH가 기준보다 낮았으며, EC, 치환성 Ca, 치환성 Mg, 치환성 K, 유기물함량은 기준을 만족하나, 유효인산만이 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타남	밭토양에서 유효인산의 농도가 높았으며, 임야 중 사업지구 북측은 상대적으로 낮은 값을 보임
토양염류화	전기전도도 : 0.112~0.245 ds/m - 토양염류화 기준인 4ds/m 미만	전기전도도 : 0.153~0.886 ds/m - 토양염류화 기준인 4ds/m 미만

### 3. 결과

#### 3.1 시범적용을 통한 문제점 분석 및 개선방안 도출

소규모 환경영향평가 및 환경영향평가 시범 적용을 통해 다음과 같은 문제점이 도출되었다.

공통적인 사항으로는 평가기법상 실측과 자료조사를 병행하고 있으나, 실측의 경우 필요시로 명기하고 기본적으로 자료조사를 명문화하여야 한다.

토양침식 항목에 있어서 가장 큰 문제점은 수질과의 평가내용이 중복되는 점이다.

즉, 일정 대상사업은 사전재해영향성검토 대상 사업이 되고 있어 환경영향평가지 사전재해영향성검토서를 그대로 반영하고 있고, 이때 산정되는 침식량 또한 대부분 원단위법에 의한 연평균 토사유출량( $m^3/년$ ) 또는 RUSLE 식에 의한 토사침식량(tonnes/storm)이다.

즉, 확률강우량(30년 또는 50년 빈도)에 의하여 유출되는 토사침식량 또는 유출량을 이용하여 저감대책(침사지 또는 영구저류조 등)을 수립하고 있어 토양평가 항목에서 이를 그대로 반영할 경우 수질편과 차별이 되지 않고 중복되는 문제가 발생된다.

이를 해결하기 위해서는 국민안전처 고시 제 2016-79호와 '사전재해영향성검토협의 실무지침'을 개정하던지 본 연구에서 개발되는 KUSLE 공식을 토양침식 평가시 적용토록 명문화하는 작업이 필요하다.

또한 KUSLE의 경우 현재 개발된 상용 GIS방식을 적용할 경우, 업체에 소프트웨어 비용의 과다지

출로 반발이 우려되며, 적용계수 또한 농업(경작방법)에 치우쳐 있어 개발사업에 따른 계수 및 예측방법의 단순화가 요구된다.

즉, KUSLE에 적용되고 있는 R(강우침식인자)의 경우 지역별로 회귀식이 개발되어 있어 월별 강우침식인자 산정에 문제가 없으나, K(토양침식성인자)의 경우 일부 개략토양도에 의한 일부항목만 개발되어 있어 월별 적용값 적용이 어려우며, LS(경사장·경사도)인자의 경우도 평가자가 쉽게 도출할 수 있는 툴의 개발이 필요하다.

토양생물다양성 항목의 경우 실측을 수행할 수 있는 업체가 전무한 형편이며, 생태자연도와의 관련성에 대한 추가 보완이 필요하다.

현재 사용하고 있는 생태자연도와 경사도의 관련성 분석을 통해 보전지역을 결정하고 있으나, 이것만을 적용할 경우 동식물상 평가항목과 중복됨에 따라, 토양유기물 등과 함께 분석하여 보전지역을 설정하는 방법의 모색이 필요하다.

토양 압밀 항목의 경우 환경영향평가에서 사용하는 토질조사보고서상 이를 조사하지 않고 있으며, 환경영향평가 대행업체 또는 측정대행업체가 이를 자체적으로 측정할 수 없어, 현행 토질조사시 사용하고 있는 표준관입시험의 N치를 이용하여 토양밀도를 평가하는 방법의 도입이 필요하다.

기술정보

[표 3] 시범적용을 통한 문제점 분석

구분	문제점	비고
공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세부 평가항목에서 실측과 자료조사를 병기하고 있으나, 소규모 환경영향평가 대상 사업의 규모상 실측곤란                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우유출수를 이용한 토양유실량 실측</li> <li>- 지표생물 개체수, 바이오매스 현황 실측</li> <li>- 충전밀도 (Packing density) 실측</li> </ul> </li> </ul>	
토양침식	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 규모에 따라 사전재해영향성검토 대상사업의 경우 대부분 사전재해영향검토 결과를 그대로 수질편에 반영하여 영향예측 및 저감대책을 수록하고 있음</li> <li>○ 사전재해영향성검토 미대상 사업의 경우 국민안전처고시 제2016-79호와 '사전재해영향성검토협의 실무지침' 상의 원단위법을 사용하여 수질예측 및 저감방안 수립</li> <li>○ 토양항목에서 추가로 토양침식을 다루는데 있어 명확한 규정이 없음                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외의 경우 부지 경계를 기준으로 유출수 평가</li> </ul> </li> <li>○ 운영시 토양침식을 예측토록 연구되어 있으나, 평가 대상사업이 단지개발이 완료되면 토양침식 영향이 없어 예측이 무의미 함</li> <li>○ 영향예측시 유출수의 확산 및 수질예측을 시행토록 규정되어 있으나, 수질편에서 다루고 있어 예측의 중복 발생</li> <li>○ 연구결과(KUSLE) 적용계수가 농업에 치중되어 있으며, 방법 또한 상용 GIS를 이용하여, 평가시 활용이 어려움</li> </ul>	
토양이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양이동 평가기법중 저감방안에서 공사장내 재활용방안이 있으나 토양유기물 저감 방안과 중복</li> </ul>	
토양생물 다양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양생물 다양성 항목에 대해 자료조사(생태자연도)를 이용토록 규정되어 있으나, 이에 대한 평가기준이 불명확함</li> </ul>	
토양밀폐	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현황조사시 토양밀폐에 대한 조사 미시행</li> <li>○ 밀폐지역의 우수 토양에 대한 재활용 방안 검토되지 않음</li> </ul>	
토양압밀	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 평가기준상 충전밀도(packing density)를 조사토록 규정하고 있으나, 환경영향평가가시 사용하고 있는 지반조사보고서상에 이를 조사하지 않음</li> <li>○ 평가업체에서 측정을 수행하고 있는 측정대행업체 또한 이를 측정할 수 있는 업체가 없음</li> <li>○ 영향예측시 토양구조붕괴/압밀 변화로 인한 우수유출량 및 투수계수 변화를 예측토록 규정되어 있으나, 이를 평가할 수 있는 기법 없음</li> </ul>	
토양유기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양유기물에 대한 현황조사 미시행</li> </ul>	
토양염류화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양염류화(EC)에 대한 현황조사 미시행</li> <li>○ 토양염류화 평가기준 없음</li> </ul>	

유신기술회보 제24호

[표 4] 개선방안

구 분	개 선 방 안	비 고
공 통	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양 세부평가 항목의 실측항목 명문화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우 유출수를 이용한 토양유실량 실측(필요시)</li> <li>- 지표생물 개체수, 바이오매스 현황 실측(필요시)</li> <li>- 충전밀도 (Packing density) 실측(필요시)</li> <li>- 토양유기물 및 염류화(9개 항목)                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• EC, 유기물함량, 작열감량, 치환성 Ca, 치환성 Mg, 치환성 K, 유효인산</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
토양침식	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 평가규정 개정시(KUSLE) 사용 명시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공개GIS(퀀텀GIS) 등으로 개발 후 공개</li> <li>- K(토양침식성인자)의 개발</li> <li>- LS(경사장, 경사도 인자) 산정틀 개발</li> </ul> </li> <li>○ 사업지구 외부 경계지점의 유출기준 설정 (일본 농업용수기준 SS 100mg/L 이하 등)</li> </ul>	
토양이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단지 내 토양 이동량 산정</li> <li>○ 시민사토 반입 및 반출 등 수급계획 다변화</li> </ul>	
토양생물 다양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생태자연도 외에 경사도, 유기물함량 등을 중첩하여 보전지역 설정에 활용</li> </ul>	
토양밀폐	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양밀폐율 산정</li> <li>○ 장래 토지이용계획을 반영한 토양밀폐율 평가기준 제시</li> </ul>	
토양압밀	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반조사보고서상의 표준관입시험의 N치를 이용하여 평가대상지역의 지반밀도 추정</li> <li>○ 영향예측시 구조물 입지지역에 대해 압밀이 이루어지므로, 토양밀폐와 통일하여 평가 수행</li> </ul>	
토양유기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현황조사 항목 제시</li> <li>○ 토양내 유기탄소량 산정 방법 제시</li> </ul>	
토양염류화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현황조사 항목 제시</li> <li>○ 토양염류화 평가기준 제시</li> </ul>	

**3.2 개선안을 반영한 세부 평가기법 도출** 을 통한 문제점 및 해결방안을 감안한 세부 평가항목의 평가기준은 다음과 같다.

소규모 환경영향평가 및 환경영향평가 시범적용

기술정보

[표 5] 개선안을 반영한 항목별 세부 평가기법 도출

단 계		주요 내용
토양 침식	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표토의 침식정도를 그림과 표로 제시(자료조사)</li> <li>○ 강우유출수를 이용한 토양유실량 실측(필요시)</li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업 전, 공사 중, 공사 후 토양침식량 예측(KUSLE 활용)</li> <li>○ 강우시 부지외부 유출 SS농도 예측</li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인위적 행위에 의한 토양침식 저감 방안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토양유실억제제(PAM, Polyacrylamide), 가배수로, 실트팬스, 퇴적물 트랩 등 활용</li> <li>- 사업지구 외부 유출수 농도는 농업용수 기준 SS 100mg/L 이하</li> </ul> </li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저감대책의 적정 시행 여부 확인 및 필요 시 추가 대책을 수립</li> <li>- 사업지구내 토양침식 저감시설 설치여부</li> <li>- 강우시 저감시설 유입, 유출부 SS 측정</li> <li>- 저감시설 설치효과 분석</li> </ul>
토양이동	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 필요없음</li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단지 토양 이동량</li> <li>○ 오염토양 외부 반입 및 반출량 영향예측</li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토석정보공유시스템(사토 발생 시, 부족토량 발생 시) 활용</li> <li>○ 시민사토 반입 및 반출</li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토공량 조사(반입, 반출 포함)</li> </ul>
토양 생물 다양성	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생태자연도, 유기물 함량, 경사도(자료조사)</li> <li>○ 지표 생물 개체수 및 바이오매스 현황(필요시)</li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지도중첩법을 활용한 영향예측                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생태자연도 2등급, 경사도 20°, 유기물함량 20g/kg 이상지역 중첩</li> </ul> </li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양생물다양성 보전지역 설정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생태자연도 2등급 이상, 경사도 20°, 유기물함량 20g/kg 이상 : 보전</li> <li>- 생태자연도 3등급 이상, 경사도 20°, 유기물함량 20g/kg 이상 : 선택</li> </ul> </li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양생물다양성 보전지역 보전여부</li> <li>○ 토양생물다양성 보전지역 복원여부</li> </ul>
토양 밀폐	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토지피복도, 식생피복도, 인공위성 사진(자료조사)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토양밀폐율(%) = 불투수면적/전체면적×100</li> <li>- 투수지역 : 경작지, 임야, 공원 등</li> <li>- 불투수지역 : 주거, 공업, 상업, 교통, 공공시설</li> </ul> </li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 장래 토지이용계획을 이용한 투수면적 비율 산정</li> <li>○ 평가기준 (건축물 제외 토양밀폐율 50% 이하)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토양밀폐율 50% 이상 : 1등급</li> <li>- 토양밀폐율 25% 이상 : 2등급</li> <li>- 토양밀폐율 25% 이하 : 3등급</li> </ul> </li> </ul>



유신기술회보 제24호

[표 5] 개선안을 반영한 항목별 세부 평가기법 도출-계속

단 계		주요 내용
토양 밀폐	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 투수면적 증대방안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투수성 포장, 녹지확대</li> </ul> </li> <li>○ 밀폐지역 우수토양 재활용방안 제시</li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저감방안 시행여부 확인</li> </ul>
토양 압밀	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반조사보고서의 표준관입시험 결과 이용</li> <li>○ 충전밀도(Packing density) 분석(필요시)</li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조물 입지지역 표토 영향예측                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지도중첩법을 이용하여 구조물 입지지역, 토양유기물량 중첩 면적산정</li> </ul> </li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조물 입지지역 우수토양 재활용방안</li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저감방안 시행여부 확인</li> </ul>
토양 유기물	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현황조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- EC, 유기물함량, 작열감량, 치환성 Ca, 치환성 Mg, 치환성 K, 유효인산</li> </ul> </li> <li>○ 토양분류도, 토지이용현황도(자료조사)</li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국환경공단(2015)에 의한 토양내 유기탄소량 산정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현황, 장래</li> </ul> </li> <li>○ 유기물 함량(%) = 유기탄소의 함량 × 1.724</li> <li>○ 토지이용계획에 따른 양호 표토량 산정</li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양호표토 보전 및 재활용 방안</li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표토보관 상태, 양</li> <li>○ 표토 재활용 구역 및 양</li> </ul>
토양 염류화	현황조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현황조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- EC</li> </ul> </li> <li>○ 토양 내 양이온 농도 활용(SAR, ESP 지수 등)</li> <li>○ 평가기준                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기전도도 4dS/m 이상(토양염류화 진행)</li> <li>- SAR 지수 13 이상(토양염류화 진행)</li> <li>- ESP 지수 15 이상(토양염류화 진행)</li> </ul> </li> </ul>
	영향예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토지이용계획에 따라 사업지구 토양염류화에 미치는 영향</li> </ul>
	저감방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토양염류화 방지방안</li> </ul>
	사후환경영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저감방안 시행여부</li> </ul>

## 4. 결론 및 제언

본 연구에서는 토양평가기법(안)을 토대로 토양오염, 토양침식, 토양이동, 토양생물다양성, 토양밀폐, 토양압밀, 토양유기물, 토양염류화 등 8개 항목으로 구분하여 소규모환경영향평가 및 환경영향평가에 시범 적용한 결과, 현행 환경영향평가 제도에서 토양의 평가는 단순히 토양오염도 항목에 대해 현황조사, 영향예측 및 평가, 저감방안 수립, 사후환경영향조사 순으로 이루어지고 있으며, 지형·지질 항목에서 비옥도 유실 및 재활용 계획 수립에 국한되어 있어 토양 고유의 복합적 특성을 반영하지 못하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 계획 수립단계인 전략 환경영향평가와 사업 실시단계에서 이루어지는 환경영향평가 기법이 동일하여 효과적인 토양평가가 이루어지지 않고 있는 것으로 확인되었다.

따라서 개선(안)을 반영한 세부 평가방법을 제시하였다. 향후, 표토보전 5개년 종합계획상의 표토의 복합적 특성을 고려한 환경영향평가 기술을 개발하기 위해서는 현재의 토양오염도 위주의 평가가 아닌 토양의 질, 토양유실, 토양구조, 토양 유기물질 등 토양에 영향을 미칠 수 있는 하위항목에 대한 종합적 고려방안이 모색되어야 하며, 이를 평가에 반영할 수 있는 평가기법 개발과 아울러 세부적인 가이드라인에 대한 연구가 필요할 것이다.

아울러 표토의 복합적 특성을 고려한 환경영향평가 기술을 개발하기 위하여 국내외 토양 평가 기법과 환경성평가 제도별 특성 그리고 토양의 복합적 특성을 조사하여 전략 및 환경영향평가 기법을 개발하고 절차를 마련하여 내실있는 토양에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

### \*사사

본 연구는 환경부의 토양지하수오염방지기술개발사업(과제번호 2014000540006) 일환으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 전략환경영향평가에서의 토양항목 평가대상인자 선정, 2015, J. Soil Groundw. Environ. 20(4), 104-112, 김태흠, 박선환, 황상일, 양지훈, 이재영
2. 토양의 복합적 특성을 고려한 전략환경영향평가 방안, 2016, J. Environ, Impact Assess. 25(1), 51-62(2016), 김태흠 외 5인
3. 신경희, 2013, 토양자원 유실 최소화를 위한 국내외 환경영향평가 사례 연구, 한국환경정책·평가연구원, 7-11
4. 환경부, 2013, 대규모 개발사업에 대한 토양자원 관리방안 연구, 113
5. 환경부, 2013, 표토보전종합계획('13~'17), 16
6. 구조물 기초설계기준 해설, 국토교통부, 한국지반공학회, 2009년, P.150
7. 스토리창작 클러스터 건립공사 기본 및 실시설계용역 지반조사보고서, 2014, (주)이가종합건축사사무소
8. 스토리창작클러스터 건립공사 소규모 환경영향평가, 2015, 제천시
9. 고양덕은 도시개발사업 사전재해영향성검토서, 2014, 한국토지주택공사
10. 고양덕은지구 도시개발사업 환경영향평가, 2015, 한국토지주택공사
11. 고양덕은 도시개발사업 조사설계용역 토질조사보



유신기술회보 제24호

- 고서, 2014, 한국토지주택공사
12. ENVIRONMENT PROTECTION GUIDELINES for Construction and Land Development in the ACT, 2007.8, Australian Capital Territory, Canberra
13. Standards and Thresholds for Impact Assessment, Schmidt et al., 2007
14. State and Regional Coastal Management Plans Queensland's Coastal Policy Erosion and Sediment Control, 2008.3, Environmental Protection Agency Queensland Government
15. 宮城縣環境影響評 マニュアル(大氣 水 土壤その他の環境)改訂版 資料編, 2010, 宮城縣
16. 土質工學會における化學の基礎と應用(土質工學會)

