산지개발사업에서 표토관리 실태에 관한 연구*

김원태¹⁾ · 조용현²⁾ · 이종문³⁾ · 윤용한⁴⁾ · 강희경⁵⁾ · 박봉주⁶⁾
윤택승⁷⁾ · 장광은⁷⁾ · 신경준⁸⁾ · 어양준⁸⁾ · 곽무영⁹⁾ · 송홍선¹⁰⁾

¹⁾ 천안연암대학 환경조경과 · ²⁾ 공주대학교 조경학과 · ³⁾ 공주대학교 대학원 조경학과
⁴⁾ 건국대학교 산림과학전공 · ⁵⁾ 공주대학교 원예학과 · ⁶⁾ 충북대학교 원예과학과
⁷⁾ (주)수프로 식물환경 연구소 · ⁸⁾ (주)장원조경 부설 조경기술연구소
⁹⁾ (주)드림바이오스 · ¹⁰⁾ 민속식물연구소

A Study on Actual Condition of Topsoil Management at Forest Development Projects*

Kim, Won Tae¹⁾ · Cho, Yong Hyeon²⁾ · Lee, Jong Mun³⁾ · Yoon, Yong Han⁴⁾
Kang, Hee Kyoung⁵⁾ · Park, Bong Ju⁶⁾ · Yoon, Taek Seong⁷⁾ · Jang, Kwang Eun⁷⁾
Shin, Kyung Jun⁸⁾ · Eo, Yang Joon⁸⁾ · Kwak, Moo Young⁹⁾ and Song, Hong Seon¹⁰⁾

¹⁾ Dept. of Landscape Architecture, Cheonan Yonam College University,

²⁾ Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University,

³⁾ Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Kongju National University,

⁴⁾ Dept. of Forest Science, Konkuk University,

⁵⁾ Dept. of Horticulture, Kongju National University,

⁶⁾ Dept. of Horticultural Science, Chungbuk National University,

⁷⁾ Suppro Plant Environment Research Center,

⁸⁾ JangWon Landscape Technology Institute,

⁹⁾ Dreambios CO. LTD.,

¹⁰⁾ Ethno-plant Research Institute.

* 본 연구는 2012 차세대에코이노베이션기술 개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

First author : Kim, Won Tae, Dept. of Landscape Architecture, Cheonan Yonam College University,
Tel : +82-41-580-1171, E-mail : wtkim@yonam.ac.kr

Corresponding author : Yoon, Yong Han, Dept. of Forest Science, Konkuk University,
Tel : +82-43-840-3538, E-mail : yonghan7204@kku.ac.kr

Received : 24 January, 2013. **Revised** : 28 January, 2014. **Accepted** : 22 February, 2014.

ABSTRACT

The study aims to investigate and analyze actual situations of managing topsoil at forest development sites based on their types, in pursuit of conservation and effective use of national land. To do this, I selected target areas by deducting the typical types of forest development and analyzed the condition of soil at the target areas before and after development. In addition to this, I interviewed associated construction staffs to conduct study on present situations of topsoil management and find out its problems. I also surveyed of relevant experts, with the intention of seeking solutions. The results of the study have been shown that firstly, experts preferred collecting and recycling of topsoil as methods of improvement of soil conditions for plant growth. Secondly, the importance of topsoil has been well noticed and there were few construction sites using the methods. However, working and economical problems have disturbed carrying out these solutions. Thirdly, after constructions, organic matter and total-nitrogen content decreased in general which were necessary for plant growth in terms of soil conditions.

Key Words : *Topsoil conservation, Soil conditions, Topsoil recycling.*

I. 서 론

지표면을 형성하는 최상단부의 표토는 유기물이 물, 공기, 미생물, 식물영양물질 등과 함께 축적된 토양의 A층으로(장병관 · 정중배, 2008) 표토 속에 함유된 토양 유기물은 농업과 환경에 필수적인 역할을 담당한다(Ding, 2002). 또한 표토는 조경수의 성장률, 건강과 시각적으로는 토양의 품질에 직접 관련이 있다(Koenig, 1997).

그런데 국내 산지개발 현장에서 이 표토자원을 너무도 소홀히 다루는 실태를 많이 목격할 수 있다(조용현, 1988). 이러한 관행이 지속되는 이유는 국내 표토보전 정책 및 관련 법제도에 중금속이나 유해물질에 의한 토양오염에 초점을 맞추어 토양환경을 보전하는 정책과 법적 내용이 중심이고, 토양을 하나의 생태계로 간주하여 그 구조와 기능을 강화하고 보전하는 내용의 표토관리에 관한 제도가 아직까지 거의 없다(조용현, 1988; 박은진 등, 2008; 박은진 · 강규이, 2009). 또한 하층토와 표토의 구분이 힘들어 시

공이 어렵고, 건설 비용의 추가 발생(김선미 · 이인성, 2007)과 공정 전체에서 표토관리를 행할 책임의 소재가 불명료하며, 따라서 공정간 조정이 이루어지지 못하기 때문인 것으로 판단된다(조용현, 1988).

현재까지 국내에서는 토양침식 방지에 관심이 큰데, 표토보전 및 침식 유실방지 대책에 관한 연구(환경부, 2001), 표토보존 및 침식방지 대책에 관한 연구(황철민, 2002), 도시유역의 노출토양 실태와 표토보전 방안(박은진 등, 2008; 박은진 · 강규이, 2009) 등의 연구가 있다.

개발현장에서의 표토보전 및 활용과 관련해서는 주택단지 개발현장에서의 표토관리 실태 및 표토 활용방안(조용현, 1988), 부지조성시 표토보존 및 활용방안(한국토지개발공사, 2005), 토재개발사업의 표토보존에 있어서의 과제(김선미 · 이인성, 2007), 저탄소 녹색고속도로 건설을 위한 표토활용방안(한국도로공사, 2010) 등의 연구가 있으나, 이 연구들은 주로 평탄지 조성과정에서 표토관리 방안을 주로 보여주고

있다. 그리고 조용현(1988)의 연구를 제외하면 표토관리 행위 실태와 표토보전을 고려하지 않은 토지개발로 인한 토양환경 악화의 실태를 보여주고 있지는 못하다.

그밖에 비탈면 녹화기술로서 표토 이용 방법에 관한 연구로서 산림표토를 이용한 훼손 비탈면의 식생복원 또는 녹화에 관한 연구(남상준·김남춘, 1998; 김남춘 등, 2001; 손원주, 2003; 여환주, 2005)가 있지만, 이들 연구들은 녹화기술에 관한 연구로서 표토관리 실태를 밝히지는 못했다.

해외에서는 표토보전을 실현하기 위해 토양보전을 개발관련법에서 입법화하는 경우가 있다. 예를 들어 독일의 경우 연방자연보호법과 연방건설법(Ernst et al., 1974)에서 각기 표토보존을 의무화하고 있는데, 연방자연보호법에서는 제2조 자연보존 및 풍치보존의 원칙 4항에서 '토양은 보존되어야 한다. 토양의 자연적인 생산능력의 상실은 피하여야 한다'고 규정하여 포괄적인 개념의 토양보존을 하나의 자연보호 원칙으로 제시하고 있다(조용현, 1988). 연방건설법 제202조에서는 토양은 보전되어야 하며 자연적 생산성이 손실되지 않도록 해야 한다고 명시되어 있고, 이를 이행하지 않을 경우 제제조치로 벌금을 부과한다. 또한 독일에서는 관련 공정을 공업표준으로 규정하고 있다(DIN, 1973; 1976; 1979).

일본에서도 표토의 중요성을 인식하고 있으나, 저렴한 경비와 공사기간을 앞세워 토목공사에서 이 표토를 대형 불도저 등 토공기계로 무분별하게 밀어버리거나 저층토와 뒤섞어 소실시키는 등 식생회복이 불가능할 정도로 표토를 완전히 파괴하는 식의 택지조성방식이 허다하여(Mituhasi kazuya, Aikawa sadaharu. 1981.), 이에 대한 반성으로 1974년에 도시계획법을 개정하였으며, 현재 도시계획법 제33조 제 1항 9에서 1m이상 표고 변경하는 절·성토지의 총 면적이 1,000m² 이상인 사업의 경우 개발구역의

식물 생육 상 필요한 수목의 보존, 표토의 보존, 그 외의 필요한 조치를 강구할 수 있게 설계에 정해져야한다고 명시되어 있다. 이에 반해 국내에서는 표토보전 제도가 전무한 실정이다.

한편 국내외를 막론하고 산지개발현장에서 표토 관리 실태의 조사·분석에 관한 연구는 조용현(1988)의 연구를 제외하면 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 귀한 표토자원의 보존을 위해 우선적으로 선행되어야 할 표토관리의 실태를 밝히는 데 있다. 이를 위해 첫째 연구목표는, 국내 개발현장 중 표토자원이 우수할 뿐만 아니라 가장 의미 있는 사례인 산지개발현장에서 사례조사 대상지에서 직접 행해지고 있는 표토관리 행위 현황과 그로 인한 개발 전과 후 토양환경 변화를 조사·분석하여 밝히는 데 있다. 둘째 연구목표는 산지개발현장에서 일반적으로 이루어지고 있는 표토관리 실태를 밝히는 데 있다. 셋째 연구목표는 과거 조용현(1988)의 연구결과와의 비교를 통해 25년 사이의 관리 실태 변화를 밝히는데 있다.

II. 연구의 방법

1. 실태조사

1) 대상지 선정

대상지의 선정을 위해 먼저 산지개발의 유형을 구분하였으며, 유형 분류와 대상지 후보 목록은 산림청(2010)의 자료를 이용하였다. 산림청 자료에 따르면 2009년 말 기준으로 최근 10년간 산림면적이 연평균 5,182,ha가 감소하였는데, 원인별로는 대지 1,146ha, 도로 1,107ha, 공장용지 506ha, 유원지(골프장 등) 338ha, 유지·구거 361ha, 농경지 347ha 등으로 전용된 것으로 조사되었다(산림청, 2010). 이 자료를 바탕으로 산지를 개발하는 다양한 사업들 중 개발면적이 많은 순서대로 4가지 원인을 개발유형으로 삼아, 택지개발, 도로, 공장, 골프장을 추출하였

Table 1. Field survey sites.

Class	Sites
Housing sites	A: Chenwang, Seoul
	B: Segok, Seoul
	C: Poil, Uiwang
Industrial sites	A: Asan, Chungnam
	B: Woolsan, Woolsan
	C: Yeongdeok, Gyeongbuk
Roads	A: Gwangyang-Jeonju expressway
	B: Seoul-Chuncheon expressway
	C: Daegu-Busan expressway
Golf courses	A: East Yeosu physical fitness center, Yeosu
	B: Arumdaun C.C., Asan
	C: Aekje C.C., Buyeo
Quarries	A: Dangjin quarry, Chungnam
	B: Yeoncheon quarry, Gyeonggi
	C: Yeongdeok quarry, Gyeongbuk

고, 여기에 대표적인 대규모 산지 훼손 사례인 채석장 개발 사업을 추가하여 총 5가지 개발 유형으로 구분하였다(Table 1 참조).

이를 근간으로 개발 전·후의 선명한 비교를 위해 최근 2008년부터 2011까지 산지관리법에 의거하여 산림청의 중앙산지관리위원회 심의를 거친 사업들 중 한반도 도서지역을 제외한 중남부 일원의 산지를 개발하여 완료된 사업현장을 대상으로 실태 현장조사지를 선정하였으며, 대상지 목록은 Table 1과 같다. 각 조사지에 대한 실태조사 과정에서 자료공개를 꺼리는 현지관리자들의 비협조로 조사지 접근 자체에 어려움을 겪었기 때문에 정확한 조사지점 표시를 생략하였다.

2) 실태 현장조사

실태 현장조사에서는 개발 당시의 표토관리 행위와 토양환경 변화를 조사하였다. 대상지는 개발지역(정비지역)과 미개발지역(개발지역의 개발 전 원형에 해당하는 자연지역)으로 분류한 후, 미개발지역은 근접한 자연상태의 산림지역으로 설정

하였다. 각 대상지를 대표하는 지점에서 2011년 8월 10일부터 2011년 9월 10일에 걸쳐 식재지 중심으로 3반복으로 토양 시료를 채취하였다. 토양시료 수는 개발 전 45점, 개발 후 45점으로 총 90개를 채취하여 각각에 대해 토양분석을 실시하였다. 분석항목은 건설교통부(2007)의 조경설계기준에 제시된 토양성능 평가 항목 중에서 유효수분량, 공극률, 투수성, 토양경도를 제외한 모든 항목 즉, 토양반응(pH), 전기전도도(E.C.), 유기물 함량, 전질소량, 유효태 인산 함량, 염기치 환용량(C.E.C.), 치환성양이온 함량을 분석하였다. 제외된 평가 항목들은 산지사면이라는 환경의 특성 상 문제가 없을 항목들로 판단하여 제외시켰으며, 그 대신 토양의 물리성을 대표하는 토성(texture)과 함께 토색, 냄새, 토양단면 등 정성적 항목을 추가하여 조사·분석하였다.

실험실 토양분석을 위한 토양시료 채취방법은 각 조사구 내에서 야삽과 꽃삽을 이용하여 유기물층을 제거 후(환경부, 2012; 농촌진흥청, 2000), 식물의 잔뿌리가 생육하는 0~30cm 깊이에서 토양시료를 채취하여 섞은 후 27cm × 28cm 규격의 비닐 지퍼백에 2/3 가량 담고, 이를 지점을 달리하여 3번 반복한 후, 실험실로 운반하여 음지에서 자연건조한 후 농촌진흥청(2000)의 조사방법에 따라 이화학적 특성을 분석하였다. 항목별 분석결과는 유형별로 개발 전·후로 구분하여 평균값을 산출하여 표로 제시하였다. 유형별로 미개발지역을 개발 전으로 보고 개발 전·후의 토양조건을 비교·분석하였다.

또, 실태조사 일환으로 과거 공사과정에서 표토보존조치 내용을 알아보기 위하여 공사관계자와의인터뷰를 통해 공사실행상의 제약사항, 표토 수거 및 재활용 여부, 식재기반 조성방법, 그 결과로서의 문제점 등을 조사하였다.

2. 전문가 설문조사

설문조사 대상을 선정하기 위하여 소속 기업을 공기업과 사기업(대기업, 중소기업)으로 구

분하고, 공기업으로서 산지개발사업과 관련이 있는 LH공사, SH공사를 위주로 설문하였다. 사기업은 산지개발사업과 관련한 설계·시공을 담당해본 대표적인 대기업과 중소기업 목록을 작성한 후 대상자를 접촉하여 설문을 실시하였다. 총 100 명을 대상으로 2011년 9월 10일부터 2011년 9월 30일에 걸쳐 설문조사 참여에 대한 의향을 묻는 전화통화 후 이메일을 이용해서 설문조사를 실시하였다. 이중 98건만이 유의성이 있다고 판단하고, 이들을 대상으로 분석하였다. 설문내용은 크게 4가지 범주로서, 응답자의 신상에 관한 사항, 실무에서 토양 관련 자료의 사용 여부, 부지정지에 따른 표토 형질변경의 영향, 표토의 활용방법에 관한 항목으로 이루어졌다.

III. 결과 및 고찰

1. 실태 현장조사 결과

1) 택지개발

미개발지역 토양의 상태는 낙엽이 평균 5cm 가량 쌓여 있고 그 밑에 유기물층이 발달되어 있었으며, 시료채취 구덩이에서 진한 흙냄새가 났다(Figure 1 참조). 토성은 사질식양토이며 토양반응은 대부분의 산지 토양이 그렇듯 pH 5.3으로 산성으로 나타났다. 유기물 함량은 3.2%로 비교적 양호하며, 기타 토양 조사항목 전반에 걸쳐 매우 양호한 상태를 보여주고 있었다(Table 2 참조).

설계상 표토보존 조치로 A, B지구의 경우에는 설계상에서는 표토보존을 계획은 하였지만, 사실상 시공 단계에서는 시공의 난이성과 경제적 비용 등의 문제로 행해지지 못하였고, C지구의 경우 토목의 공종에서 표토보존을 반영하여 시공하였다고는 하나 최종식재조치로는 식재면 고르기 후에 외부 반입토와 유기질 비료만을 시비하는 정도였다.

개발지역 토양 유기물함량은 미개발지역 3.2%

a. Before development b. After development

Figure 1. Photos of soils at Cheonwang housing site.

Table 2. Change of soil properties before and after construction of housing sites.

Soil analysis factors		Criteria of the middle class*	Before	After
Acidity(pH)		5.5～7.0	5.3	7.1
Electrical conductivity(ds/m)		0.2～1.0	0.04	0.04
Organic mater(%)		5.0～0.3	3.2	1.7
Total Nitrogen(%)		0.12～0.06	0.14	0.06
Cation exchange capacity(cmol ⁺ /kg)		20～6	15	11
Exchange-able cation (cmol ⁺ /kg)	K ⁺	3.0～0.6	0.02	0.02
	Ca ²⁺	5.0～2.5	0.78	6.52
	Mg ²⁺	3.0～0.6	0.29	1.19
	Na ⁺	-	0.09	0.17
Available phosphate (mg/kg)		200～100	9	20
Soil texture	Sand(%)	-	48	72
	Silt(%)	-	24	14
	Clay(%)	-	28	14
	Class	-	Sandy clay loam	Sandy loam

* Source: The Korean Institute of Landscape Architecture, 2007: 356.

에서 1.7%로 줄어들었고 토성은 미사의 함유량이 24%에서 14%로 줄어들었으며 반대로 모래의 함유량은 48%에서 72%로 대폭 급증하여 사질 식양토에서 사양토로 변했다. 특히 관수가 따로 행해지지 않는 아파트단지인 점을 감안할 때 건조에 따른 수목의 피해가 예상된다(Table 2 참조).

2) 산업단지

미개발지역 경사가 15-20%로서 다소 급경사가 있는 산지가 많았고 토성은 사질식양토로서 배수성이 높은 토양으로 건조한 지역이었다. 이 때문에 주요 우점종은 소나무류였고 토양반응에 있어서 pH 4.6으로 강산성을 나타냈다. 그러나 전질소 함량과 유기물함량은 각각 0.14%, 3.9%로 양호한 상태인 것으로 나타났다.

a. Before development b. After development

Figure 2. Photos of soils at Ulsan industry site.

Table 3. Change of soil properties before and after construction of industrial sites.

Soil analysis factors		Criteria of the middle class [*]	Before	After
Acidity(pH)		5.5 ~ 7.0	4.6	6.1
Electrical conductivity(ds/m)		0.2 ~ 1.0	0.05	0.18
Organic mater(%)		5.0 ~ 0.3	3.9	0.9
Total Nitrogen(%)		0.12 ~ 0.06	0.14	0.03
Cation exchange capacity(cmol ⁺ /kg)		20 ~ 6	16	13
Exchange-able cation (cmol ⁺ /kg)	K ⁺	K ⁺	0.03	0.04
	Ca ²⁺	Ca ²⁺	2.00	7.31
	Mg ²⁺	Mg ²⁺	0.94	2.17
	Na ⁺	Na ⁺	0.18	0.36
Available phosphate (mg/kg)		200 ~ 100	31	25
Soil texture	Sand(%)	-	62	59
	Silt(%)	-	13	20
	Clay(%)	-	25	22
	Class	-	Sandy clay loam	Sandy loam

* Source: The Korean Institute of Landscape Architecture, 2007: 356

설계상의 표토보존조치는 전무하였고 따라서 A단지의 경우 산업단지내의 공원조성에 있어서 식재지에 전면 객토하여 마운딩을 조성하였으며, C단지의 경우 토양 시료채취 도중 도로와 인접한 비탈면에서 건설 잔재물로 보이는 시멘트 가루도 발견되었다(Figure 2 참조). B단지의 경우 일부 식재구덩이에만 시비하는 정도였다.

개발 후 토양조건은 외부의 객토로 인하여 토양반응이 pH 4.6에서 6.1로 향상되었으나 유기물함량에 있어서는 3.9%에서 0.9%로 현저히 저하되었다. 전질소와 유효인산함량 또한 현저히 수준 이하로 떨어졌다(Table 3 참조).

3) 골프장

미개발지역 경사는 10-15%로서 완만한 경사였고 낙엽이 평균 5cm 이상으로 두터웠으며(Figure 3 참조), 토양반응은 pH 4.6으로 강산성을 띄고 있었고, 유기물함량이 3.9%로서 중급 이상의 수치를 보이고 있었다(Table 4 참조). 주요 식물종은 상수리나무, 담쟁이덩굴, 대사초 등이 자생하였고, 우점종은 상수리나무였다.

설계 시공상의 표토보존 조치는 전무하였고, 관계자와의 면담에 의하면 예전에는 전혀 이루어지지 않았고, 최근에 표토를 활용하려 하나 경제적인 측면에서 타산이 맞지 않아 사실상 표토 수거 및 재활용을 하기에는 문제가 있다고 하였다. 그래서 부지정시 시 심토와 섞여버린 표토를 모았다가 식재지에 객토하여 마운딩에 사용하는 것이 전부였다. 최종식재기반조성은 일반적인 식재면 고르기 후 식재 구덩이에 양질토를 넣어서 활용하는 것이 일반적이라고 하였다.

이런 결과로 토성에 있어서도 사양토에서 양질사토로 모래의 함량이 높아졌다. 토양반응은 미개발지역 pH 4.6에서 pH 6.1로 개선되었고, 치환성칼슘이온의 농도 또한 개선되었으나, 유기물함량에 있어서는 미개발지역 3.9%에서 0.9%로 현저히 감소한 것으로 나타났다. 기타 전질소 함량과 양이온 치환용량에 있어서도 미

a. Before development b. After development

Figure 3. Photos of soils at East Yeosu physical fitness center(golf club).

Table 4. Change of soil properties before and after golf club construction.

Soil analysis factors		Criteria of the middle class*	Before	After
Acidity(pH)		5.5～7.0	4.8	5.7
Electrical conductivity(ds/m)		0.2～1.0	0.04	0.03
Organic mater(%)		5.0～0.3	3.1	1.7
Total Nitrogen(%)		0.12～0.06	0.13	0.07
Cation exchange capacity(cmol ⁺ /kg)		20～6	14	1.2
Exchange-able cation (cmol ⁺ /kg)	K ⁺	K ⁺	0.03	0.02
	Ca ²⁺	Ca ²⁺	2.61	6.68
	Mg ²⁺	Mg ²⁺	1.04	1.41
	Na ⁺	Na ⁺	0.17	0.21
Available phosphate (mg/kg)		200～100	6	49
Soil texture	Sand(%)	-	68	82
	Silt(%)	-	15	7
	Clay(%)	-	17	11
	Class	-	Sandy loam	Loamy sand

* Source: The Korean Institute of Landscape Architecture, 2007: 356

개발지역에 비하여 감소하였다(Table 4 참조).

4) 도로

미개발지역 평균경사도는 10-15%로서 경사가 약한 산지였으며, 낙엽층이 두텁고 유기물층 또한 5cm이상으로 두터웠다. 진한 흙냄새가 났으며, 표토층의 색깔에 있어서도 뚜렷한 암색을 나타내고 있었다(Figure 4 참조). 토양반응은 대

a. Before development b. After development

Figure 4. Photos of soils at Daegu-Busan expressway.

Table 5. Change of soil properties before and after road construction.

Soil analysis factors		Criteria of the middle class*	Before	After
Acidity(pH)		5.5～7.0	4.4	5.3
Electrical conductivity(ds/m)		0.2～1.0	0.03	0.03
Organic mater(%)		5.0～0.3	4.0	1.8
Total Nitrogen(%)		0.12～0.06	0.21	0.11
Cation exchange capacity(cmol ⁺ /kg)		20～6	16	15
Exchange-able cation (cmol ⁺ /kg)	K ⁺	K ⁺	0.02	0.04
	Ca ²⁺	Ca ²⁺	0.86	4.51
	Mg ²⁺	Mg ²⁺	0.37	0.93
	Na ⁺	Na ⁺	0.15	0.17
Available phosphate (mg/kg)		200～100	12	28
Soil texture	Sand(%)	-	46	57
	Silt(%)	-	28	20
	Clay(%)	-	26	23
	Class	-	Sandy clay loam	Sandy clay loam

* Source: The Korean Institute of Landscape Architecture, 2007: 356

부분의 산지처럼 pH 4.4로서 강산성을 띄고 있었으며 식생은 갈참나무, 소나무 등의 목본류가 주를 이루고 있었다.

실태조사 결과 계획수립시 성토재로 표토를 활용토록하고 때에 따라서 표토재활용을 하지 만 대부분의 도로 개발현장에서는 사실상 시공 단계에서 시간적인 문제와 보관 장소의 문제, 그리고 시공의 난이성 때문에 실제 표토를 활용

하고 있지 못하고 있다고 말했다. 또한 평지는 소량 사용하기도 하지만 도로의 특성상 절토와 성토가 빈번하게 일어나기 때문에 암반노출지의 급경사는 적용할 수 없고 식재 가능 비탈면의 최종 식재기반은 대부분 씨드스프레이, 식생 매트 등을 이용하여 식재한다고 하였다.

개발 후 토성은 사질식양토로 개발전과 동일하였고, 토양반응은 평균 pH 4.4에서 pH 5.3으로 다소 향상되었다. 치환성마그네슘이온과 칼슘이온이 향상되긴 하였으나, 전질소량이 0.21%에서 0.11%로 절반가량 감소하였고 유기물함량도 4.0%에서 1.8%로 매우 감소한 것으로 나타났다(Table 5 참조).

5) 채석장

미개발지역 경사는 15-20%정도의 어느 정도 경사가 있는 산지였으며, 표토의 색깔은 암색으로 매우 우수하였고, 흙냄새 또한 진하게 났다(Figure 5 참조). 주요 우점종은 갈참나무와 굴참나무로 토양반응이 pH 5.0으로 나타났다. 토성은 사질식양토였으며, 유기물함량과 전질소량이 각각 4.6%와 0.23%로 전반적으로 우수했다(Table 6 참조).

실태조사에서는 표토보존 조치는 전혀 이루어지지 않았고, C단지의 경우 일부 표토를 복원시 재활용했다고 하였으나, 현장조사와 토양분석 결과 외부의 토양을 객토한 것으로 추측된다. A단지의 경우 표토의 상태가 좋은 산지였음에도 불구하고 관계자와의 면담에서 복원할 당시에는 산지의 대부분이 암색으로 이루어져 복원시에는 외부에서 반입한 토양으로 객토하여 식재지를 조성하였다고 하였다.

개발지역 토양반응은 pH 6.2로 향상되었으나 토성이 모래의 함유량이 많아지면서 사양토로 변질되었다. 유기물함량과 전질소량 또한 0.7%와 0.03%로 현저히 감소하였다. 토양반응은 좋아졌으나 대체적으로 개발 전에 비하여 토양환경이 식물생육에 불량하게 변했음을 알 수 있다.

a. Before development b. After development

Figure 5. Photos of soils at Dangjin quarry.

Table 6. Change of soil properties before and after quarrying.

Soil analysis factors		Criteria of the middle class*	Before	After
Acidity(pH)		5.5～7.0	5.0	6.2
Electrical conductivity(ds/m)		0.2～1.0	0.05	0.02
Organic mater(%)		5.0～0.3	4.6	0.7
Total Nitrogen(%)		0.12～0.06	0.23	0.03
Cation exchange capacity(cmol ⁺ /kg)		20～6	18	13
Exchange-able cation (cmol ⁺ /kg)	K ⁺	K ⁺	0.04	0.02
	Ca ²⁺	Ca ²⁺	3.82	8.18
	Mg ²⁺	Mg ²⁺	1.31	2.77
	Na ⁺	Na ⁺	0.18	0.18
Available phosphate (mg/kg)		200～100	3	6
Soil texture	Sand(%)	-	60	80
	Silt(%)	-	17	9
	Clay(%)	-	23	11
	Class	-	sandy clay loam	sandy loam

* Source: The Korean Institute of Landscape Architecture, 2007: 356

Figure 6. Change of acidity before and after development.

Figure 7. Change of organic matter content before and after development.

Figure 8. Change of total nitrogen content before and after development.

Figure 9. Change of cation exchange capacity before and after development.

Figure 10. Change of cation exchange cation Ca²⁺ before and after development.

Figure 11. Change of available phosphate before and after development.

Figure 12. Change of sand content before and after development.

6) 종합

표토 토색의 비교에 있어서 미개발지역이 전반적으로 암색 등의 어두운 색을 띠고 있는 반면 개발지역은 황색, 적색 계통의 색을 보이며 미개발지역에 비해 매우 불량한 것으로 나타났다.

표토의 냄새는 전반적으로 미개발지역은 산림토양으로 수목의 오래된 낙엽 등으로 인해 흙냄새가 진했으나, 개발지역의 흙냄새는 전반적

으로 약하거나 거의 나지 않는 상태였다. 이를 통해 개발 전·후의 표토 냄새에 있어서도 상당한 차이를 보였다.

토양반응의 경우 미개발지역의 표토는 국내의 산림 특성상 소나무류 등의 낙엽으로 인해 대부분 산성을 띠고 있으며, 상대적으로 개발지역은 토양개량으로 인하여 적정한 수준에 이른 것으로 나타났다(Figure 6 참조).

유기물 함량의 경우 미개발지역과 개발지역 모두 적정기준에는 들되지만, 양적, 질적 측면에서 미개발지역이 개발지역에 비해 우수함을 알 수 있다(Figure 7 참조).

전질소 함량은 개발 전에는 중급 이상(중급: 0.06~0.12, 상급: 0.12이상)의 경우가 5곳에서 개발 후 2곳으로 줄어들며, 모든 곳에서 토양성능이 저하되는 것을 확인할 수 있다(Figure 8 참조).

양이온치환용량도 골프장의 개발지역을 제외하고는 적정수준을 유지하고 있으나, 이 역시 미개발지역에 비해 개발 후 함량이 감소하여 토양 성능이 저하되는 것으로 나타났다(Figure 9 참조).

치환성 칼슘이온 농도는 토양반응에 있어서 알칼리화 되는 것과 관련이 깊은 항목으로서 미개발지역에 비해 개발지역이 상승하는 것으로 나타났다(Figure 10 참조).

유효인산 함량으로 보면 개발 후 산업단지를 제외하면 유효인산의 함량이 약간 개선되지만, 모든 지점의 토양성능이 하등급으로서 개발 전·후의 차이는 미미하다 하겠다(Figure 11 참조).

모래함량의 변화를 살펴보면, 산업단지를 제외하고 모든 개발지역의 모래함량이 증가하는 것으로 나타났다(Figure 12 참조).

2. 전문가 설문조사 결과

산지개발에 따른 표토처리와 관련하여 기존의 건설관계 실무자들을 대상으로 총 100명의 응답자중 98명의 회신만이 유의성이 있다고 판단하고 그들의 회신내용을 중심으로 분석하였다(Table 7 참조).

신상정보와 관련하여 응답자 98명 중 11.2%인 11명이 건축·토목 등의 비조경분야 종사자였고, 나머지 88.8%인 87명이 조경분야 종사자였다. 직급별로는 사원급이 4.1%로 4명 대리급이 14.3%로 14명, 과장급이 41.8%로 41명, 차장급이 30.6%로 30명, 부장급이 9.2%로 9명이었

다. 80%이상이 과장급 이상이였다.

토양자료와 관련하여 식재공사 관련 토양자료가 충분한지를 묻는 질문에서 40.8%가 보통이라고 답하였고, 51%인 50명이 아니라고 답하면서 국내에 아직까지 식재공사에 관련된 토양자료가 충분하지 않은 것으로 집계되었다. 토양자료가 필요한 이유를 묻는 질문에서는 식물생육, 배수, 지내력, 토양침식 순으로 각각 65.3%, 26.5%, 6.1%, 2.0%로 집계되었다.

변화영향과 관련하여 토공사가 추가 되는 부지정지를 할 때 표토관리가 합리적인지를 묻는 질문에서 보통이라고 답한 응답자가 전체 27.6%인 27명이고, 아니라고 답한 응답자가 전체 48.0%인 47명이였다. 토목분야에서 업무하는 전문가들조차 표토보존의 중요성을 인식하고 있으나, 공사비용과 공사기간 등의 문제로 사실상 하기가 어렵다고 답하였다.

표토활용방법과 관련하여 식재기반조성으로 가장 좋은 토양유지개선방법을 묻는 질문에서는 표토 수거 및 재활용이라는 응답자가 전체 59.2%인 58명으로 절반이상이였다. 그 뒤로 객토가 29.6% 토양개량제가 9.2% 시비가 2.0%로 집계 되었다.

3. 고찰

과거 조용현(1988)의 설문 결과와 비교해보면 실무자들에게 개발현장에서 토양관련 자료가 충분하지 않다는 응답자가 과거 84%에서 현재 59%로 개선된 것으로 나타났다. 또, 토양관련 자료가 필요한 이유를 묻는 질문에서 과거와 현재 모두 식물생육 때문인 것으로 집계되었다. 식물생육과 배수 지내력 등을 위한 토양관련 자료가 필요하지만 여전히 자료가 부족한 것을 알 수 있었다.

식재기반 조성으로 가장 좋은 토양유지개선 방법으로는 과거 63%, 현재 59.2%로 여전히 표토 수거 및 재활용이 우수하다고 믿고 있음을

Table 7. Results of questionnaire survey.

Categories		Frequency	Percentage(%)
Professional field	Landscape architecture	87	88.8
	Other	11	11.2
	Sum	98	100
Position	Mere clerk	4	4.1
	An acting chief of a section	14	14.3
	Section chief	41	41.8
	Deputy dept. head	30	30.6
	Dept. head	9	9.2
	Sum	98	100
Are soil data enough for preparing planting sites?	Greatly positive	0	0.0
	Positive	2	2.0
	Normal	40	40.8
	Negative	50	51.0
	Greatly negative	6	6.1
	Sum	98	100
Reason why soil data is needed at forest development projects	Plant growth	64	65.3
	Bearing power	6	6.1
	Drainage	26	26.5
	Soil erosion	2	2.0
	Etc.	0	0.0
	Sum	98	100
Is topsoil management at forest development projects reasonable?	Greatly positive	4	4.1
	Positive	9	9.2
	Normal	27	27.6
	Negative	47	48.0
	Greatly negative	11	11.2
	Sum	98	100
The best soil treatment method for preparation of plating site?	Recycling topsoil	58	59.2
	Transporting soil	29	29.6
	A soil conditioner	9	9.2
	Fertilization	2	2.0
	Etc.	0	0.0
	Sum	98	100

* Listed data are extractions from the survey results.

알 수 있었다. 토공사의 표토관리가 합리적인지를 묻는 질문에서 과거 76%, 현재 59%가 잘못 되었다고 답하여 토공사 표토관리의 합리성이 약간 개선되었으나, 그 정도가 미미한 것을 알 수 있었다.

과거 조용현(1988)의 설문 결과와 비교했을 때 개발사업에서 표토 보존 및 활용의 설계 시 공은 표토 보존이 회자된 후 25년이 넘는 세월이 흘렀음에도 불구하고 예전에 비하여 크게 변

하지 않았음을 알 수 있다. 이는 실무자들의 바램만으로는 표토보존이 요원하다는 것을 보여주는 의미 있는 연구결과로 사료된다.

조용현(1988)의 연구에서는 개발 전에 비해 개발 후 모래성분의 비율이 크게 증가하고, 유기물, 전질소, 유효인산의 함량이 크게 감소하며, 치환성 칼슘이온의 농도가 증가한다는 결과가 나타났다. 이에 반해 이 연구에서는 개발 후 유효인산 함량이 미세하게 증가하는 것으로 나타

나서 조용현(1988)의 연구와 차이를 보였으나, 이를 제외하면 비슷한 분석결과를 보여주었다.

이처럼 표토 보존 및 재활용이 이루어지지 않은 결과로서 유기물, 전질소, 양이온치환용량 등의 항목에서 토양등급이 저하되고 모래성분이 크게 증가하는 것은 것은 식물생육토양으로서 성능이 낮은 심토가 표토에 혼입되기 때문인 것으로 사료되며, 칼슘이온이 증가하는 이유는 공사현장에서 흔히 사용되는 시멘트 또는 시멘트 세척수의 관리가 제대로 이루어지지 않아 현장에 잔류하기 때문인 것으로 추측된다(조용현, 1988).

이상 과거의 연구결과와 비교한 바에 따르면 25년이 넘는 오랜 기간 동안에 걸쳐 토공사에서 식물생육에 부정적인 영향을 주는 시공관행을 유지하고 있는 것을 인식하고 있음에도 불구하고, 과거와 같은 문제점인 법 또는 제도적인 표토보존의 강제이행 의무가 없다는 문제, 조경공사에 필요한 표토관리가 토공사에서 부적절하게 다루어지는 문제, 표토 수거 및 재활용을 위한 경제적 비용문제로 인해 여전히 식물생육에 필요한 표토는 제대로 보존 및 활용되고 있지 못하고 있는 문제 등이 확인되었다.

따라서 산지개발현장에서 표토 수거 및 재활용이 실현되기 위해서는 표토 보존을 규정하는 법 조항 신설, 표토보존의 공중 세분화와 품셈 제도 마련, 국가 표준시방서 마련 등 표토보존을 현실화 할 수 있는 강력한 강제이행 의무 제도들이 도입되어야 할 것이다.

IV. 결 론

산지개발에 있어서 대부분의 경우 설계단계에서는 물론이고 시공에서도 표토를 수거치 않고 토공사를 시행한다. 표토 수거 및 재활용을 한다고 해도 그 대상 토양의 질이 식물생육에 유용한 표토라고 볼 수 없는 토양이었다. 그 결과로서 개발 후 물리적 · 화학적 토양 조건의 변

화를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 토양 냄새가 없어진다.

둘째, 모래성분의 비율이 크게 증가한다.

셋째, 유기물, 전질소 등의 양분 함량이 감소하여 토양성능이 저하된다.

넷째, 양이온치환용량이 떨어져 토양성능이 저하된다.

다섯째, 치환성 칼슘이온의 농도가 증가한다.

전문가 설문 조사 결과로는 산지개발사업에서 식재공사에 가장 좋은 토양유지개선방법으로는 표토 수거 및 재활용이라고 답하였으나, 현재 부지정지시 표토관리는 비합리적인 것으로 나타났다. 또한 산지개발사업에서 토양 개선에 필요한 토양 관련 자료와 표토보존을 위한 제도가 미흡한 것으로 나타나, 산지개발사업에서 표토보존 제도의 마련이 시급하다 하겠다.

본 연구에서는 연구 대상이 산지개발의 주요 5가지 유형으로 한정되었고, 설문조사 내용의 범위도 제한되어 있다는 것이 한계이다. 향후 국내 산지개발사업 전반에 걸친 표토관리 실태 파악을 위해서는 산지개발의 규모, 연도를 구분할 수 있도록 표본의 수를 늘리고, 설문조사의 범위와 내용을 확대한 본격적인 연구가 필요하다 하겠다.

향후 산지개발에서 효과적인 표토관리를 실현시키기 위해서는 무엇보다 표토관리 정책에 대한 연구가 시급하다.

인 용 문 헌

- Kim, Nam Chun · Jin Hyeong Kang · Jun U Lee · Sang Jun Nam and Won Han Lee. 2001. Study on the revegetation technology for the ecological restoration of the decomposed granite roadside slopes-the application of the natural topsoil restoration methods(NTRM)-.

- J. of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 4(3): 84-95.
- Cho, Yong Hyeon. 1988. A Study on Effective Use of Topsoil in Grading. A Master's thesis, Seoul National University.
- DIN, 1973, Bodenarbeiten, DIN 18915.
- DIN, 1976, Landschaftsbauarbeiten, DIN 18320.
- DIN, 1979, Erdarbeiten, DIN 18300.
- Ding, Guangwei. 2002. Soil Organic Matter and Metolachlor Sorption Characteristics as Affected by Soil Management. p. 5.
- Ernst Werner, Willy Zinkahn und Walter Bielenberg, 1974, Bundesbaugesetz: Kommmental, Berlin: Beck, §39, §156.
- Hwang, Cheol Min. 2002. A Study on Measures for Topsoil Conservation and Prevention of Soil Erosion. A Master's thesis, Andong National University. p. 1.
- Jang, Byeong Kwan and Jeong Jong Bae trans.. 2008. Handbook of Soils for Landscape Architects. Seoul: Taelim.
- Kim, Sun Mi and In Sung Lee. 2007. The issues of topsoil preservation in land development projects. J. of the Korean Institute of Landscape Architecture 35(2): 91-96.
- Koenig, Rich. 1997. Topsoil quality guidelines for landscaping. AG/ SO-02. May 1997.
- Korea Expressway Corporation. 2010. Effective Use of Topsoil in Constructing Low Carbon Green Expressway.
- Korea Forest Service. 2010. Annual Report on Trends of Forest and Forestry. pp. 3-4.
- Korea Land Development Corporation. 2005. Effective Measures for Conservation and Use of Topsoil in Grading.
- Korean Institute of Landscape Architecture. 2007. Design Criteria for Landscape Architecture. Seoul: Kimoonddang.
- Ministry of Environment. 2001. A Study on Effective Measures for Topsoil Conservation and Prevention of Soil Loss in Erosion.
- Mituhasi kazuya, Aikawa sadaharu. 1981. Landscape Technology Practice2, Tokyo: Kajima Institute Publishing Co., Ltd, p. 65.
- Nam, Sang Jun and Nam Chun Kim. 1998. A study on the seeding of *Zoysia japonica* and woody plants for the revegetation of rock-exposed-slopes by natural topsoil restoration methods. J. of the Korea Society of Environmental Restoration Technology. 1(1): 141-150.
- Park, Eun Jin and Kyu Yi Kang. 2009. Comparative analyses for the properties of surface soils from various land uses in an urban watershed and implication for soil conservation. J. of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 12(3): 106-115.
- Park, Eun Jin · Kyu Yi Kang and Se La Lee. 2008. A Study on Actual Condition of Bare Surface Soil in an Urban Watershed and on Measures for Soil Conservation. Suwon: Kyeonggi Research Institute. p. 4.
- Rural Development Administration. 2000. Soil and Plant's Contents Analysis Method. p. 202.
- Son, Won Ju. 2003. A Study on the Vegetation Restoration of Disturbed Slopes with Forest Topsoil. A Master's Thesis of Dankook University.
- Yeo, Hwan Joo · Sang Pil Lee · Nan Young Paek and Jae Keun Lee. 2005. A study on ecological restoration characteristics of Nangido landfill slope-focused on region constructed by SF and CODRA-. J. of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 8(3): 1-12.