

岩切取 毀損비탈면에 대한 環境生態的으로 安定된 綠化工法에 關한 研究(Ⅱ)^{1*}

- 山林表層土를 利用한 種肥土뽀어붙이기工法の 施工效果 分析 -
禹保命² · 金慶勳³

Studies on the Environmentally and Ecologically Stable Revegetation Measures on Rock Cut-Slopes^{1*}

- Effect of Hydroseeding Measures with Forest Topsoil -
Bo-Myeong Woo² and Kyung-Hoon Kim³

要 約

岩切取 毀損비탈면에 環境生態的으로 安定될 수 있도록 적용이 가능한 山林表層土를 利用한 種肥土 뽀어붙이기工法용 速成綠化資材(綠化土壤)의 施工效果를 분석하기 위하여, 1997년 4월에 현장 시공을 실시하였다. 3가지 유형의 녹화토양에 따른 식생 및 토양의 특성을 파악하기 위하여 완전임의배치법으로 實驗을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

山林土壤과 마사토, 퇴비, 슬러지, 연소재 등의 자재를 이용하여 조제한 3가지 綠化土壤의 粒度분포는 큰 차이가 없었으나, 산림토양을 첨가함에 따라서 土壤假密度는 높아졌고, 土壤硬度는 시공 후 초기단계에서는 약간 증가하였으나, 식생의 활착에 따라서 점진적으로 감소하였다. 시공 1개월 후 전체 식생의 出現個體數는 3,000본/m² 이상으로 나타났으며, 산림토양을 첨가함에 따라서 공시종과 자연적으로 발생한 식생과의 경쟁으로 인하여 출현개체수는 급격히 감소하였다. 산림토양을 첨가함에 따라서 초기에 파종한 공시종 외에 산딸기, 왕바랭이, 망초, 방울토마토 등 약 6종/m² 이상이 자연적으로 출현하였다.

비탈면 식생의 種多樣性 회복이라는 측면에서 산림토양의 이용가능성은 높았으며, 산림토양을 녹화 자재(녹화토양)로 이용하기 위해서는 산림토양의 특성(潛在種子源, 土性, 有機物 특성) 등을 면밀히 분석하여 배합비율을 결정하는 것이 타당할 것이다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of new materials with forest topsoil for hydroseeding measures that is environmentally and ecologically stable revegetation measures on rock cut-slopes. Field hydroseeding experiment was used with a completely randomized design at highway rock cut-slopes in April, 1997. Results obtained in this study were summarized as follows:

Particle size distribution of 3 mixed-soil materials that consisted of forest topsoil, decomposed granite soil, compost, sludge, and bottom ash did not show a significant difference. As appending the amount of forest topsoil, soil bulk density was increased. Soil hardness was slightly increased in early period, and then decreased with the flourishing of plants.

¹ 接受 1998年 4月 1日 Received on April 1, 1998.

² 서울대학교 農業生命科學大學 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, College of Agri. and Life Sciences, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Republic of Korea.

³ 서울대학교 農業生命科學大學 大學院生 Dept. of Forest Resources, College of Agri. and Life Sciences, Seoul Nat'l Univ.

* 이 연구는 1996년 한국과학재단 핵심전문연구 지원(KOSEF 961-0608-072-2)에 의한 연구결과임.

The number of individuals increased, more than 3,000 seedlings/m², after 1 month, and it was decreased as time passes because of competition between the seeded species and the naturally emerged species. In addition to the seeded species, seeding plot has more than 6 species (*Rubus crataegifolius*, *Eleusine indica*, *Erigeron canadensis*, *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, etc.) per m² were naturally appeared in the first year.

From the viewpoint of species diversity promotion, the capability of using forest topsoil as seed bank source was high. In order to apply in the field, the investigation and analysis of topsoil availability (quantity and quality of seed source, soil texture and organic composition) should be carried out beforehand.

Key words : forest topsoil, hydroseeding, highway rock cut-slopes, species diversity

緒 論

각종 도로의 신설, 토목공사의 증대로 도로 비탈면은 점차 대형화 추세에 있으며, 여러가지 유형의 암절취 비탈면이 발생되고 있다(韓國道路公社, 1995, 1997). 대규모로 개발된 인공 암반비탈면은 경관, 안정적인 측면에서 문제가 되고 있으며, 이들 비탈면에 대한 침식·붕괴방지 대책의 수립과 함께 조기 식생피복녹화가 필요하게 되었다(禹保命, 1997; 日本岩盤綠化協會, 1995). 급경사 경암 비탈면에 주로 시공되는 종비토뿌어붙이기공법은 토양, 비료, 종자원을 함유한 식생생육기반을 인공적으로 조성해주는 방법으로서 급속녹화 및 피복안정을 위주로 적용하고 있다.

식생의 생육기반 확보를 위해 비탈면에 뿌어붙이는 토양자재는 안정성이 매우 중요하며(長川, 1981), 이를 위해 사용하는 토양안정제(침식방지제)는 표토의 강도와 결합도를 증대시키고 배수성을 크게 하는 성질을 가지고 있다(日本岩盤綠化協會, 1995). 각종 침식방지제 중에서 아크릴 산수지계의 에틸선타입과 비닐·아크릴산수지계(加藤, 1974), 갈색흡수성 분말인 Verdyol(山寺, 1985) 등을 사용한 실험결과가 있으며, 국내에서는 토양침식방지제의 일종인 S-fix 1호가 사용된다(禹保命, 1974). 또한 토양자재에 혼합되는 토양개량제는 유기질계와 무기질계로 구분되며(李元圭, 1993; Schoenholtz 등, 1992), 제지슬러지(權琦遠과 李奎承, 1993)와 충전제로서 Bottom ash가 사용되고 있다(增田과 奥野, 1990).

암절취비탈면에는 토양과 종자원이 거의 존재하지 않으며, 그대로 방치할 경우 식생의 침입에 의한 자연적인 친이를 기대하기가 곤란하다(龜山, 1978). 이러한 암절취비탈면에 인공적으로 식생

의 생육기반을 조성해 줄 때 주변의 산림표층토를 이용함으로써, 식생의 조성을 빠르게 하는 연구가 진행되고 있다. 식생생육 조건을 주변과 유사하게 조성해지면 향토종 종자가 발아되어 친이가 진행되고 이전의 종구성 상태로 복원이 가능하다는 연구결과가 있다(Gross, 1990; 永野와 梅原, 1980). 그러나 잠재종자원만으로는 일시에 전면피복이 어려우므로 향토종과 외래종을 동시에 파종하는 방법(Wade, 1989)을 이용하고 있다.

산림표층토를 이용하기 위해서는 적절한 저장시간과 방법의 선정이 매우 중요하며(Wade, 1989; Johnson과 West, 1989), 이용하고자 하는 토양에 잠재된 종자원을 파악하기 위하여 부선법(高柳 등, 1990), 직접 발아시험법(Garcia, 1995; Louise와 Mohan, 1982) 등이 이용되고 있다. 그러나 직접 발아시험법은 토양내에 함유된 종자에 적합한 개별적인 발아조건과 온도 등을 맞추기 곤란한 문제점이 있으며, 부선법은 결과의 신뢰도가 낮아지는 단점이 있다(Roberts, 1981). 산림토양을 현장에 적용할 경우 산림토양의 채취 두께는 30~40cm 이상으로 하고(山寺 등, 1976), 객토두께는 20~30cm 이상(Bradshaw, 1984; 梅原 등, 1983)으로 적용하고 있다.

따라서 이 연구에서는 암반 훼손지의 식생조성 및 자연 경관성 등의 회복을 위한 환경녹화공학적인 속성녹화기술을 개발하고자 하며, 그 일환으로 산림표층토를 이용한 종비토뿌어붙이기공법용 녹화토양(綠化土壤)의 시공효과를 분석하고자 한다.

材料 및 方法

1. 供試種子

이 연구에 사용된 종자로 현재 우리나라 비탈

면 녹화공사에 가장 널리 이용되고 있는 한지형 외래초종 3종(Tall fescue, Perennial ryegrass, Creeping red fescue), 재래종 2종(싸리, 비수리)을 선정하였다(韓國道路公社, 1997). 발아실험은 1997년 3월에 실시하였으며, 발아상의 온도는 23℃, 발아실험기간은 20일간이었다(Table 1 참조).

공시종자의 발아율을 고려하여 현장 실험에서는 예상성립본수율 2,000본/m² 기준으로 파종량을 결정하였다. 또한 입지인자(θ)를 고려하여 30%, 종자취급시 유실(γ)을 고려하여 20% 할증율을 적용하였으며, 발아가능두께(K)를 고려하여 5배로 파종량을 증량하였다. 실험에서는 파종량 산정식(日本岩盤綠化工協會, 1995)에 의하여 5종의 종자를 혼합하여 총 43g/m² 기준으로 적용하였다(Tall fescue 9g, Perennial ryegrass 9g, Creeping red fescue 7g, 참싸리 15g, 비수리 3g).

2. 供試材料 및 土壤配合

이 연구에 사용된 공시재료는 기존의 암절취비 탈면 녹화공사(중비토뿌어붙이기공법)에 사용되고 있는 재료(韓國道路公社, 1997; 日本岩盤綠化工協會, 1995) 중에서 유기질자재와 무기질자재(李元圭, 1993)를 선정하였으며, 잠재종자원을 활용하기 위하여 산림표층토를 채취·이용하였다. 배합에 사용된 산림표층토는 칠보산연습림(경기도 수원시 소재 서울대학교 부속연습림, 임분: 리기다소나무림 3영급, 임분밀도: 600본/ha)의 산림지에서 낙엽층을 제거한 뒤 30cm 깊이로 채취하였다(山寺 등, 1976).

녹화토양 배합에 사용된 토양의 토성분석은 미농무부 분류법을 따랐으며, 사용된 공시재료의 물리적 특성은 Table 2와 같다.

이 실험에 사용된 녹화토양의 조제는 기존의

Table 1. Calculation of seeding amount for hydroseeding experiment

Contents	Unit	<i>Festuca arundinaceae</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca rubra</i> var. <i>genuina</i>	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	<i>Lespedeza cuneata</i>	Remarks
Expected seed number germinated per unit size (G)	No./m ²	400	400	1000	100	100	Total 2,000/m ²
No. of seed (S)	No./m ²	400	400	1200	120	600	
Purity (P)	%	95	95	95	85	85	
Germination rate (B)	%	90	90	90	50	50	
Effective No. of grain (SxPxB)	No.	342	342	1026	51	255	
Coefficient of site (θ)	—			0.3			premium rate 30%
Coefficient of handling (γ)	—			0.2			premium rate 20%
Coefficient of spraying tickness (K) ¹⁾	—			5			5 times
Unit seeding amount (W)	g/m ²	9	9	7	15	3	43
Calculation form	$W = \frac{G}{S \times (P/100) \times (B/100)} \times (1 + \theta) \times (1 + \gamma) \times K$						

1) Coefficient(K) means germinative depth rate = whole spraying depth/germinative topsoil depth = 10cm/2cm = 5

Table 2. Particle size distribution of the soil materials used in this experiment

Soil materials	Particle Size Distribution(%)			Soil texture
	Sand	Silt	Clay	
Decomposed granite soil	65.9	26.9	7.2	SL
Forest topsoil	55.9	26.6	17.5	SL

중비토뿔어붙이기공법에 이용되는 각 자재별 함량을 기준으로 하여(韓國道路公社, 1997), 다음의 3가지 기준(부피비, %)으로 중비토뿔어붙이기공법용 녹화토양을 배합하였다.

- 녹화토양 A(Type A) : 표층토(0) + 마사토(50) + 축분퇴비(20) + 제지슬러지(20) + 연소재(10)
- 녹화토양 B(Type B) : 표층토(20) + 마사토(40) + 축분퇴비(15) + 제지슬러지(15) + 연소재(10)
- 녹화토양 C(Type C) : 표층토(30) + 마사토(40) + 축분퇴비(10) + 제지슬러지(10) + 연소재(10)

녹화토양 A에는 산림토양을 제외한 마사토, 퇴비, 슬러지, 연소재를 이용하여 배합하였으며, 녹화토양 B와 C에서는 산림토양을 각각 20%, 30%로 증가시킴에 따라서 퇴비와 슬러지의 양을 같은 비율로 감소시켜 배합하였다.

3. 實演 및 試驗의 配置

배합한 “녹화토양”을 현장에 적용하기 위하여 의왕-과천고속도로 하행 4.2km 지점(의왕터널 출구 1km지점)의 연암비탈면을 선정하였다. 시험에 사용된 각종 재료는 칠보산 연습림에서 굴착기(02)를 이용하여 각 기준별로 배합하였으며, 각 배합처리별로 시험백(1m²)에 담아서 시공현장으로 운반하였다. 현장시공을 위하여 암절취비탈면 정지작업을 실시하고, 철망(코팅 8번선, 망목 Ø10cm, 길이 10m×폭 3m)을 설치하고 앙카로 요철부위에 5cm 이내로 고정하였다.

현장에서 콘베이어벨트를 이용하여 배합기로 시험토양을 보내고, 배합기로 들어가는 토양중 크기가 큰 자갈, 불순물 등을 걸러주었다. 배합기에서 배합된 토양자재는 공기압축기의 공기압에 의하여 호스를 통하여 고압으로 비탈면 상부까지 보내고, 상부에서 인력작업으로 뿔어붙이는 작업을 실시하였다.

현장시험시공의 개황은 다음과 같다.

- 시공일시 : 1997년 4월 27일
- 시공지 개황 : 의왕-과천유료도로 하행선 4km 지점(연암비탈면), 비탈면 길이 40m, 너비 200m, 경사 50°, 방위 S 60° W
- 시공업체 : M 조경
- 시공특징 : 전식 중비토뿔어붙이기공법 (토양 두께 10cm)
- 시공인력구분 : 6인 1조 구성 - 뿔어붙이기작업 2명(비탈면), 이물질제거작업 2명, 굴착기 운전수 1명, 보조 1명
- 시공장비구성 : 굴착기 1대, 교반기 1대, 발전기 1대, 공기압축기 1대

현장 시험지에는 3가지 유형의 녹화토양자재를 연암비탈면에 뿔어붙였으며, 비탈면에 1m×1m의 세부시험구를 완전임의배치법(3반복)으로 배치하고, 각 처리별 효과를 파악하기 위하여 표층부의 토양경도, 토양가밀도 등의 물리적 특성과 출현종수, 출현개체수 등의 식생생육특성을 측정하였다. 또한 각 시험구내에 생육하고 있는 식생을 채취하여 건중량을 측정하였으며, 각 항목별 처리평균간 다중검정을 실시하였다.

結果 및 考察

1. 土壤特性 分析 結果

공시자재를 이용하여 3가지 기준에 의하여 암절취비탈면 녹화를 위한 중비토뿔어붙이기용 녹화토양을 조제하였으며, 각각의 배합비율에 따라 혼합된 각 토양자재의 특성은 Table 3과 같다.

토양분석 결과 배합된 녹화토양은 모래의 함량이 약 60% 이상, 미사의 함량은 약 20% 이상, 점토의 함량은 약 12% 이상으로 토성은 사질양토

Table 3. Soil characteristics of three mixed-soils for hydroseeding experiment

Soil type	Particle size distribution(%)			Soil texture	pH (H ₂ O)	Organic matter (%)
	Sand	Silt	Clay			
Type A	62.9	24.6	12.5	SL	6.7	12.1
Type B	61.2	25.2	13.6	SL	6.7	12.4
Type C	66.7	19.9	13.4	SL	6.6	12.3

(SL)이었다. 토양산도는 pH 6.6~6.7, 유기물함량은 약 12%이었으며, 토양 배합비율에 따른 3가지 녹화토양의 물리적 특성은 큰 차이가 없었다.

현장 시공에서는 공기압에 의하여 녹화자재가 압반비탈면 표면에 압밀됨에 따라서 토양가밀도는 시공전의 상태보다 높아지게 된다. 3가지 녹화토양처리별 토양가밀도를 시공전후에 측정된 결과는 Table 4와 같다.

토양가밀도는 녹화토양 A에서는 0.8870에서 시공직후 0.9512로, 녹화토양 B에서는 0.9092에서 시공직후 1.0395로 증가하였다. 그리고 녹화토양 C에서는 첨가된 산림토양이 입자가 상대적으로 큰 마사토 등이 생성하는 공극을 충전시키기 때문에 0.9738에서 시공직후 1.2024로 크게 증가하였으며, 처리평균간 다중검정 결과 유의차가 인정되었다. 또한 식생이 정착된 5개월 후의 토양가밀도 변화는 시공직후의 상황과 거의 유사한 것으로 나타나 초기 단계에서 식생의 근계에 의한 토양가밀도 변화는 크지 않았다.

현장에 뿌어붙인 녹화토양자재의 표층부 토양경도를 측정된 결과는 Table 5와 같다.

토양경도지수는 초기단계에서는 기후적인 영향으로 변화가 심하였으며, 점진적으로 증가하여 7월 5일경에는 25mm 이상으로 증가하였으며, 처리평균간 다중검정 결과 유의차는 인정되지 않았

다. 전체적으로 토양경도지수는 식생의 생육가능 범위인 27mm 이하인 것으로 나타났다(韓國道路公社, 1995). 토양경도지수는 식생의 활착 후 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 시공 6개월 후(11월)에는 녹화토양 A가 상대적으로 녹화토양 B, C 보다 높은 것으로 나타났다.

2. 植生生育特性 分析 結果

3가지 녹화토양에 따른 시험구의 출현종수와 개체수를 측정하였으며, 처리별 출현개체수의 변화를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 시공 초기에는 외래초종의 발아 상태가 양호하였으며, 출현개체수는 시공 후 20일이 경과한 시점에서는 약 800본/m² 이상이였으며, 시공 2개월 후에는 3,000본/m² 이상으로 최대 출현개체수를 나타내었다.

시공 2개월 후 출현개체수는 녹화토양 C에서 3,570본/m²으로 가장 많았으며, 모든 처리구에서 시공 3개월 후인 8월부터 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 처리평균간 다중검정 결과 시공초기에는 출현개체수의 차이를 나타내지 않았으며, 8월(시공 3개월 후)에는 출현개체수의 차이가 인정되었다. 출현개체수는 초기에 파종된 공시종과 산림토양의 첨가로 발생한 자연출현종과의 경쟁 및 하고현상으로 인하여 녹화토양 B, C에서는

Table 4. Effect of soil type on soil bulk density after treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test

Measuring time Soil type	Before hydroseeding	After hydroseeding	After 5 months
Type A	0.8870 b	0.9512 b	0.9543 b
Type B	0.9092 b	1.0395 b	1.0354 b
Type C	0.9738 a	1.2024 a	1.1967 a

Table 5. Effect of soil type on soil hardness after treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test
(unit : soil hardness index, mm)

Date Soil type	4/28	5/1	6/3	7/5	8/2	9/4	10/2	11/2
Type A	17.3a	22.8a	21.6a	25.3a	23.7a	22.0a	22.7a	21.5a
Type B	20.2a	23.7a	21.0a	25.7a	23.5a	19.7a	18.5a	16.4 b
Type C	18.5a	23.0a	23.1a	25.3a	23.0a	21.7a	19.5a	19.3a, b

Table 6. Effect of soil type on the number of individuals that emerged in the surveyed plot after treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test

Date Soil type	5/19	6/3	7/5	8/2	9/4	10/1	Remaining rate(%)*
Type A	808.7a	2,721.9a	3,274.2a	2,628.6a	1,298.5a	906.5a	27.7a
Type B	1,005.9a	2,840.2a	3,412.2a	1,796.0b	986.2a	704.8a	20.6b
Type C	828.4a	3,234.7a	3,570.0a	1,964.2b	1,144.0a	673.0a	18.6b

* Remaining rate=(The last number of remained individuals/The maximum number of individuals) * 100

급격히 감소하는 것으로 나타났지만, 산림토양을 첨가하지 않는 녹화토양 A에서는 공시종의 우점 상태가 지속되면서 외래종 위주의 생육으로 개체수는 완만히 감소하는 것으로 나타났다.

생존개체수비율(최종 생존개체수/최대 생존개체수)은 녹화토양 A에서는 27.7%, 녹화토양 B에서는 20.6%, 녹화토양 C에서는 18.6%로 각각의 유의차가 인정되었다. 고사율은 산림토양을 첨가한 시험구에서 상대적으로 높았으며, 자연적으로 출현한 식생에 의하여 초기단계에서 외래초종의 피압이 빠르게 나타나고 있었다.

시공 후 1개월이 경과한 시점에서는 초기에 파종한 Tall fescue, Perennial ryegrass, Creeping red fescue 등의 외래초종 외에 산딸기, 방울토마토, 코스모스, 고들빼기 등이 자연적으로 출현하였으며, 재래종의 생육이 왕성해진 8월 이후부터는 왕바랭이, 망초, 쑥 등이 출현하였다(韓國道路公社, 1997).

파종 5개월 후(10월) 각 처리구별 출현종수와 건중량은 Fig. 1, 2와 같다.

출현종수는 초기에 파종한 공시종 5종 외에 산림토양을 첨가한 녹화토양 B, C에서는 약 6종 이상이 자연적으로 출현하였다. 산림토양을 첨가하지 않은 녹화토양 A에서는 초기에 파종한 5종의 공시종 중에서 4종이 생존하고 있었으며, 파종한 종 외에 3.7종이 더 출현하였다. 또한 산림토양을 첨가한 녹화토양 B, C에서는 산림토양내 함유된 종자원의 발아·생육(Gross, 1990; Wade, 1989)으로 시험구내의 초종이 증가된 것으로 나타났다.

각 녹화토양별 건중량을 측정된 결과 출현종수와는 반대로 녹화토양 A에서 전체 3,879.4g/m²으로 가장 높았으며, 산림토양의 첨가로 인하여 출현종수가 증가한 녹화토양 C에서 3,336.4g/m²으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 초기에 파종한 종의 건중량은 녹화토양 A에서 1,215.6g/m²으로 가장 높았으며, 산림토양을 첨가한 녹화토양 B, C에서는 상대적으로 낮았다. 그러나 자연적으로 출현한 식생의 건중량은 녹화토양 B에서 2,952.0g/m²으로 가장 높았다. 따라서 녹화토양자체에 산림

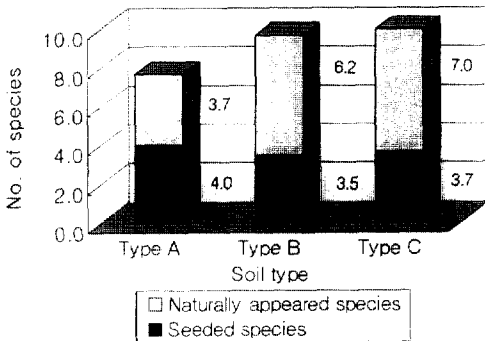


Fig. 1. Number of species that emerged in the surveyed plot(3 mixed-soils)

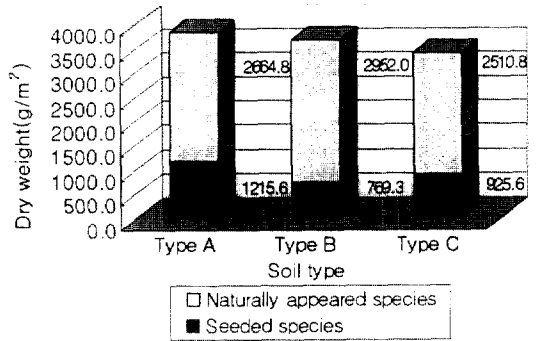


Fig. 2. Dry weight of plants that emerged in the surveyed plot(m⁻²) of 3 mixed-soils

토양을 첨가함에 따라서 식생의 건중량의 변화는 크지 않지만 종의 구성상태가 다양해지는 것으로 나타났다.

結 論

岩切取 毀損비탈면에 環境生態적으로 安定될 수 있도록 적용이 가능한 山林表層土를 이용한 種肥土뿔어붙이기工法을 速成綠化資材(綠化土壤)의 시공효과를 분석하기 위하여, 1997년 4월에 현장 시공을 실시한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 山林土壤을 이용하여 조제한 綠化土壤의 粒度 분포는 큰 차이가 없었으나, 산림토양이 공극을 충진시킴에 따라서 土壤假密度는 높아지는 것으로 나타났다. 또한 식생의 정착에 의한 토양가밀도의 변화는 시공 후 첫째에서는 나타나지 않았다.
2. 土壤硬度는 시공 후 초기단계에서는 증가하였으나, 식생이 번무하게 됨에 따라서 점진적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 산림토양을 첨가한 시험구에서는 초기단계에서는 표층부의 경화가 빨리 진행되었지만, 식생의 활착 등으로 인하여 토양경도지수는 산림토양을 첨가하지 않은 시험구보다 감소하였다.
3. 식생의 총 出現個體數는 시공 1개월 후 각 녹화토양에서 3,000본/m² 이상으로 가장 높았으며, 전 처리구에서 파종 2개월 후인 7월부터 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 출현개체수는 산림토양을 첨가한 시험구에서는 산림토양내 함유된 種子源의 발아에 의하여 자연적으로 발생한 종과 초기에 파종한 공시종과의 경쟁으로 인하여 급격히 감소하는 것으로 나타났다지만, 산림토양을 첨가하지 않는 시험구에서는 공시종의 우점상태가 지속되면서 개체수는 완만히 감소하는 것으로 나타났다.
4. 山林土壤을 첨가함에 따라서 초기에 파종한 공시종 외에 약 6종/m² 이상이 자연적으로 출현한 것으로 나타났으며, 시공 후 1개월이 경과한 시점에서는 초기에 파종한 Tall fescue, Perennial ryegrass, Creeping redfescue 등의 외래초종 외에 산딸기, 방울토마토, 고들빼기 등이 출현하였으며, 재래종의 생육이 왕성해진 8월 이후부터는 왕바랭이, 망초, 썩 등이 출현하였다.

이상의 결과를 볼 때 岩切取비탈면 綠化土壤資材로서 山林土壤의 利用可能性은 비탈면 생육 식생의 種多樣性 회복이라는 측면에서 매우 높다고 할 수 있으며, 산림토양을 녹화자재(녹화토양)로 이용하기 위해서는 산림토양의 특성(潛在種子源, 土性, 有機物 특성) 등을 면밀히 분석하여 배합 비율을 결정하는 것이 타당할 것이다.

引用文獻

1. 權琦遠·李奎承, 1993. 製紙슬러지 加工肥料의 施用이 樹苗의 生育에 미치는 影響. 韓國環境農學會誌 12(3) : 219-229.
2. 禹保命, 1974. 種子吹付斜面綠化工에 關한 研究(I) -土壤浸蝕防止劑 S-fix1號의 散布效果-. 서울大 演習林報告 10 : 55-68.
3. 禹保命, 1997. 改正 砂防工學. 鄉文社, p.310.
4. 李元圭, 1993. 土壤改良材의 利用. 林業情報 26 : 34-38.
5. 韓國道路公社, 1995. 高速道路 切土비탈면 綠化工法 研究. 韓國道路公社, p.355.
6. 韓國道路公社, 1997. 導入草種이 周邊植生에 미치는 影響에 關한 研究. 韓國道路公社, p.280.
7. 加藤降, 1974. 客土種子吹附工に用いる接着劑の浸蝕防止效果. 治山林道研究發表論文集 22 : 151-159.
8. 高柳繁·中谷敏子·草得一·松永順子·野口勝可, 1990. 浮選法による土壤中雜草種子分離回收裝置の試作. 雜草研究 35(2) : 189-191.
9. 龜山章, 1978. 高速道路のり面の植生遷移について(II) - 群落調査による遷移の診斷と遷移系列の推定. 造園雜誌 41(4) : 2-15.
10. 梅原徹·永野正弘·麻生順子, 1983. 森林表土のまきだしによる先驗植生の回復法. 綠化工技術 9(3) : 1-8.
11. 山寺喜成, 1985. 木本植物と草本植物の混播に關する實驗(II) - アルギン酸ソーダ系土壤活性劑の生育促進效果 -. 綠化工技術 11(2) : 16-20.
12. 山寺喜成, 1992. これからの綠化工技術. 日本綠化工學會誌 17(2) : 114-115.
13. 永野正浩·梅原徹, 1980. 森林表土のまきだしによる植生回復法の檢討. 大阪府, p.113.

14. 日本岩盤綠化工協會. 1995. 有機質系吹附岩盤綠化工法 技術資料. 日本岩盤綠化工協會, p.47.
15. 長川秀三. 1981. 土壤改良材—正しい知識と利用法. 公害と對策臨時増刊. 22(14) : 1424-1435.
16. 増田拓朗・奥野美子. 1990. 土壤改良材とそとのボトムアツツエの特性. 日本綠化工學會誌 15(3) : 24-29.
17. Bradshaw, A.D. 1984. Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape Planning* 11 : 35-48.
18. Garcia, M.A. 1995. Relationships between weed community and soil seed bank in a tropical agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55 : 139-146.
19. Gross, K.L. 1990. Comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology* 78(3) : 1079-1093.
20. Johnson, C.K. and N.E. West. 1989. Seed reserves in stockpiled topsoil on a coal strip-mine near Kemmerer, Wyoming. *Landscape and Urban Planning* 17 : 169-173.
21. Louise, R.I. and K.W. Mohan, 1982. Buried, viable seeds and their relation to revegetation after surface mining. *Journal of Range Management* 35(5) : 648-652.
22. Roberts, H.A. 1981. Seed banks in soil. *Advanced in Applied Biology* 6 : 1-55.
23. Schoenholtz, S.H., J.A. Burger, and R.E. Kreh. 1992. Fertilizer and organic amendment effects on mine soil properties and revegetation success. *Soil Science Society of America Journal* 56(4) : 1177-1184.
24. Wade, G.L. 1989. Grass competition and establishment of native species from soil seed banks. *Landscape and Urban Planning* 17 : 135-149.