(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0092076
(43) 공개일자 2008년10월15일

(51) Int. Cl.
E02D 17/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0035466
(22) 출원일자 2007년04월11일
심사청구일자 2007년04월11일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 가좌동 900
(72) 발명자
마호섭
경남 진주시 하대동 삼호맨션 다동 305호
박진원
경남 진주시 하대동 올림피아골든맨션 가동 303호
(74) 대리인
김순웅

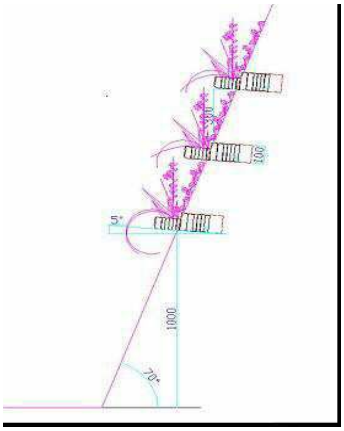
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 천공 및 녹화분을 이용한 암반사면의 녹화공법

(57) 요 약

본 발명은 채굴이 끝난 채석지 잔벽면이나 암반사면의 표면을 녹화시키는 방법에 관한 것으로, 천공기로 깊이 15~100cm, 직경 10~50cm의 구멍을 뚫은 후 녹화분을 삽입하여 암반비탈면을 녹화시키는 것을 특징으로 하는 한편, 녹화분에 식생 기반재인 배양토를 만들어 넣어 녹화종자와 미생물을 첨가하며, 강우에 의한 녹화분 배양토의 유실방지를 위하여 황마를 멀칭제로 사용하여 녹화식물(덩굴성 및 자생식물)의 활착에 최상의 조건을 만들어 주어 암반비탈면에 빠른 식생을 조성하여 녹화를 유도하게 한다. 또한 채굴이 완료된 후 한꺼번에 녹화를 하는 것이 아니라, 채굴이 진행 중에도 채굴이 완료된 맨 위 정상부 잔벽 면부터 천공을 하여 단계별로 녹화를 실시할 수 있어 경관보전을 하면서 채굴과 동시에 녹화공법을 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

암반비탈면을 천공하여 녹화분을 삽입한 후 녹화기반을 조성함으로써 파종 및 식재수종에 의해 암반비탈면을 녹화시키는 방법

청구항 2

제1항에 있어서, 천공기를 사용하여 수분확보를 위하여 천공 경사각 510° , 깊이 15~100cm의 적절한 깊이까지 암반비탈면을 천공함으로써 녹화기반을 조성하는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 녹화분은 녹화기반내 천공된 구멍 속에 들어맞는 직경100~500mm 크기로서 원형 통형 및 사각형 형상인 것을 특징으로 하는 방법

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 녹화기반 조성은 배양토와 녹화수종으로서 덩굴성 및 자생식물을 혼합하여 암반비탈면 및 석산개발지역을 자연친화적으로 조기에 녹화할 수 있는 녹화수종을 혼합하여 수행되는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 배양토는 산림 부식토(Humus soil of forest), 일반 상토(Merchantable general soils), 혼합토(Mixed soil) 및 산림 표층토(Topsoil of forest)로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종이상으로 조성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 배양토의 중량은 각각 600g~1500g 범위내로 사용하며, 이중에서, 산림부식토, 일반상토, 산림 표층토의 무게비는 2:1:2.5 정도인 것을 특징으로 하는 방법

청구항 7

제4항 또는 5항에 있어서, 상기 혼합토의 혼합비율은 산림부식토, 일반상토, 산림표층토를 200g~500g 범위내에서 산림부식토, 일반상토, 산림 표층토를 2:1:2.5의 무게비로 혼합하여 조제하는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 8

제4항 또는 제5항에 있어서, 각 배양토에는 토양 미생물 제제를 배양토 중량 기준으로 1~2중량%씩 첨가하는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 녹화수종으로는 외래초본류, 자생초본류 및 목본류로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 사용하는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 녹화수종으로는

Tall fescue(*Festuca arundinacea*), 및 Perennial ryegrass(*Lolium perenne*)로 이루어진 그룹으로부터 1종이상 선택된 외래초본류,

바랭이(*Digitaria sanguinalis*)와 구절초(*Chrysanthemum zawadskii*))로 이루어진 그룹으로부터 1종이상 선택된 자생초본류, 및

참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)와 낭아초(*Indigofera pseudo-tinctoria*)*의 목본류 2종*, 으로된 초본류

4종으로 이루어지며,

그 파종량은 녹화분의 식재면적을 고려하여 각 식생별 10립에서 적절한 양까지 파종하며, 또한 덩굴성 식물인 담쟁이, 등나무, 마삭줄, 인동덩굴, 댕댕이덩굴, 능소화, 돌가시나무 등을 식재하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제4항에 있어서, 상기 배양토와 덩굴성 및 자생식물은 제5항의 배양토내에 제9항에 의한 덩굴성 및 자생식물을 섞어 파종한 후 미생물을 넣어 천공내부에 삽입하는 것을 특징으로 하는 방법

청구항 12

제3항에 있어서, 상기 녹화분에 황마를 이용한 멀칭처리를 통하여 녹화분내 배양토의 침식방지 및 우수에 의한 튀김현상을 방지하는 것을 특징으로 하는 방법

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<5> 본 발명은 채굴이 끝난 채석지 잔벽면이나 암반사면의 표면을 녹화시키는 방법에 관한 것으로, 보다 상세히는 천공기를 이용하여 암반비탈면에 천공 후 녹화분을 삽입하여 녹화시키는 공법에 관한 것이다.

<6> 채석개발지는 암반사면 비탈면이 노출되면서 환경적, 경제적 피해를 유발하게 된다. 이러한 암반사면 비탈면의 비산먼지의 발생과 붕괴로 인해 토사재해가 발생함으로서 주민 및 환경보호단체들로부터 석산개발을 반대하는 원인을 제공하고 있다.

<7> 과거에는 암반사면을 방치한 경우가 많았으나, 최근 유료고속도로의 경관회복, 도시근교 도로의 녹화, 채석장에서 채석이 끝난 후 주변 환경과의 조화, 공원의 절개지의 미화 등 훼손시킨 생태계를 최대한으로 회복시키고자 하는 것이 국민의 정서이다

<8> 석산개발로 인한 암반사면은 경사가 심하고 그 물리적 특성상 풍화가 많아 파쇄 되어있어 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육을 어렵게 하며 강우시 절리 및 층리 틈새에 물이 침투하여 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하고 있다.

<9> 절개 비탈면 및 훼손지는 식생의 생육기반이 불량하여 자연의 힘에 의하여 복원되기 위해서는 오랜 기간이 소요되기 때문에 이들 비탈면에는 초기 식생피복 및 녹화의 목적으로 파종 및 식재 등의 방법을 이용하고 있으며 특히 급경사로 이루어져 있는 암절개 비탈면의 녹화를 위해서는 기계력을 이용한 녹생토, 종비토 뿜어붙이기 공법 등이 인공토양과 유기질 비료, 무기질 비료 등을 혼합한 식생기반재와, 양잔디나 목초류 등의 식물종자를 다량으로 사용하여 녹화하는 방법을 적용하고 있다.

<10> 지금까지 국내에 시공되고 있는 녹생토 및 종비토 뿜어붙이기 공법들은 많은 경비와 사용재료인 토양자재의 부족 및 불량으로 시공 토층의 균열 및 붕괴, 토양 및 수질오염 등의 문제가 발생되고 있는 것이 사실이다. 또한 녹화 시공지에서는 초기 식생피복을 위하여 사용되고 있는 외래도입초종의 번무에 따른 이질적인 경관, 주변식생과의 생태적 불연속성 등의 문제도 제기되고 있다.

<11> 일반적인 녹화공법은 암반사면에 천공을 하여 천공 내 앵커를 박아 그라우팅처리를 하고, 능형철망을 덮어 그 위에 취부기로 배양토를 510cm 두께로 분무 접착하여 식생기반 조건을 조성하는 공법을 사용해왔다. 또한 암비탈면에 부착망(망규격 5 × 5cm)을 설치하고 고정철선을 가로 3m, 세로 1.5m 간격으로 설치한 다음 지반을 천공하여 앙카핀으로 부착망을 고정한 다음 부착망에 목본류의 식물이 식재된 포트(부식이 가능한 가로세로 높이 5cm)를 끼우고, 부착망에 초본류의 종자를 식생기반재, 접착재와 혼합하여 취부시키며, 포트가 보이지 않도록 8cm두께로 취부하여 보이지 않게 하였다.

<12> 그러나 이러한 공법은 암반사면의 전체 면에 510cm 두께의 배양토를 분무 접착하는 관계로 배양토의 자중의 증가로 인한 암반사면의 안정성과 강우 시 빗물이 배양토의 균열부에 침투하여 기반암과 배양토 사이에 유

로를 형성시켜 배양토의 박리현상이 있으며, 이로 인하여 배양토의 부착수명(접착성)에 따라 배양토가 유실되어 능형철망과 앵커가 노출 훼손되어 붕괴위험성이 우려되어 시공 후 수년 후부터는 유지관리를 해야 하는 단점이 있다.

<13> 특히, 천공 후 천공 내에 능형철망과 앵커를 박아 사면을 녹화하는 공법은 암질이 안전한 곳에만 사용해야만 했고, 계속적인 유지관리를 하지 않는 경우 노출된 암반사면보다도 오히려 경관을 해칠 우려가 있었다. 아울러 암반사면의 붕괴우려가 있는 사면부를 안정화시키기 위해 록볼트 또는 앵커로 지지하도록 하는 것이 주목적이었다.

<14> 암반사면의 경우에는 일반 절개비탈면 및 훼손지와는 달리 식생이 정착할 수 있는 토양이 전혀 존재하지 않으므로 전면적으로 종비토 뿜어붙이기 및 녹생토 등 앞에서 설명한 공법을 통하여 인공적으로 식생 기반재를 조성함으로서 많은 경비가 소요되며, 계속적인 유지관리가 필요하여 환경적 및 경제적인 측면에서 현실적으로 좋지 못하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<15> 이에 본 발명은 상기와 같이 암반비탈면을 녹화하기 위해 사용된 공법들이 비탈면의 암질에 관계없이 동일한 방법으로 적용되고 있는 점과, 기존의 공법으로는 안정성과 녹화효과를 기대하기 어려운 문제점들을 해결하기 위한 것으로, 암반비탈면 천공과 녹화분을 이용하여 암반비탈면 자체의 안정성과 식물에 의한 조기녹화를 이룰 수 있는 공법을 개발하고자 하는 것에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

<16> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 천공 및 녹화분을 이용한 암반비탈면의 녹화공법의 방법은 천공기를 사용하여 암반비탈면을 천공하고 녹화분을 삽입하여 녹화하는 것을 특징으로 한다.

<17> 또한 암반사면의 환경조건은 수목이 생장하는데 부적합하여 수목의 활착기회가 낮고, 활착하더라도 생장하는데 오랜 시간이 걸리지만 암반사면에서 활착하여 생장하는 수목은 특이한 자연적인 내건성을 갖추고, 장기적인 측면에서 내건성과 조경적 가치에 중점을 두고 다수의 수종을 선발해야 한다. 따라서 천공 및 녹화분을 이용한 녹화공법은 부분적으로 천공을 통해 녹화분 배양토의 유실방지를 위하여 황마를 멀칭제로 사용하여 녹화식물(덩굴성 및 자생식물)의 활착에 최상의 조건을 만들어주어 암반비탈면에 빠른 식생을 조성하여 암반사면을 녹화시킴으로 경관적 및 경제적인 측면에서 아주 효율적이면서 우수한 특징이 있다.

<18> 또한 노출된 암반비탈면에 천공을 하여 녹화분을 이용하므로써 경관적으로 매우 우수하고, 식생의 활착을 도우기 위하여 5~10° 정도로 경사를 주어 비스듬히 천공함으로 수분보유에 적합한 것이 특징이다.

<19>

<20> 이하, 본 발명의 천공 및 녹화분을 이용한 암반비탈면 녹화공법방법을 상세히 설명한다.

<21> 본 발명의 암반비탈면 녹화공법은, 천공기를 이용하여 암반사면 비탈면에 대해 배치상태, 각도, 크기 및 깊이 등을 다양하게 할 수도 있지만 일정하게 암반사면 내의 형상을 그대로 유지하면서 천공을 한 후 녹화분을 삽입하여 암반비탈면을 녹화시키는 것을 특징으로 한다.

<22> 상기 천공기는 이에 한정하는 것은 아니나, 통상 사용하는 유압식 크롤라드릴을 이용하여 천공을 하며 천공시는 녹화분이 앞으로 돌출될 부분을 고려하여 15~100㎝, 바람직하게는 15~20㎝ 정도로 천공을 하고, 천공각도는 잔벽면으로부터 수분확보를 위하여 510° , 바람직하게는 57° 정도 기울기를 주고 천공을 하는 것이 좋다. 모양은 수평천공이 되므로 천공비트의 형상에 따라 원형으로 되어 수분의 확보가 용이하여 발아 및 녹화에 도움이 되도록 한다.

<23> 절리대가 있거나 약간 오목한 부위는 비가 오면 쉽게 절리대 및 잔벽 표면으로부터 수분을 확보하기 쉬운 장점이 있으며, 절리가 많은 잔벽 또는 오목한 부위에 천공이 된 지점은 수분확보가 용이하여 식물생장에 많은 도움이 된다.

<24> 절리면, 층리 및 편리가 있는 지점은 암석의 강도를 저하시키므로 그 간격이 조밀하면 천공효과가 증대되었으나, 그 간격이 넓으면 천공시 응력파가 반사되어 암석 내에 간섭현상을 일으켜 큰 구멍이 발생하고 때로는 천공구멍이 파괴되어 천공형성이 어려우므로 가능한 피하는 것이 좋다.

<25> 이때 녹화분으로서는 이에 한정하는 것은 아니나, 흙(황토 및 찰흙 등), PVC, 플라스틱, 고무 등의 재

료를 이용하여 암반용 녹화분을 천공된 구멍 속에 넣을 수 있도록 일정한 크기로 녹화분을 제조하는 기술이 특징으로, 그 직경은 녹화기반내 천공된 구멍속에 들어맞으면 충분하며 대략 100~500㎜ 정도 크기이면 바람직하다.

<26> 이와 같은 녹화분 내에 녹화기반을 조성할 수 있도록 배양토와 녹화수종(덩굴성 및 자생식물 등)을 혼합하여 암반비탈면 및 석산 개발 지역을 자연친화적으로 조기에 녹화할 수 있도록 적절하게 녹화수종을 혼합할 수 있도록 조제하는 기술이 본 발명의 일 특징이다.

<27> 즉, 암반비탈면에 천공된 구멍 속에 배양토 및 녹화수종이 들어 있는 녹화분 일체를 넣어두기만 하면 녹화공법이 완료되어 조기에 녹화가 이루어지기 시작하는 특징을 갖는다.

<28> 이때 녹화수종으로는 외래 초본류, 자생 초본류 및 목본류로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 사용하는 것이 좋으며, 특히 Tall fescue(*Festuca arundinacea)*, 및 Perennial ryegrass(*Lolium perenne*)로 이루어진 그룹으로부터 1종이상 선택된 외래 초본류, 바랭이(*Digitaria sanguinalis)*와 구절초(*Chrysanthemum zawadskii*))로 이루어진 그룹으로부터 1종이상 선택된 자생 초본류, 및 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)와 낭아초(*Indigofera pseudo-tinctoria)의 목본류 2종*, 으로된 초본류 4종으로 이루어지고, 그 파종량은 녹화분의 식재면적을 고려하여 각 식생별 10립에서 적절한 양까지 파종하며, 또한 덩굴성 식물인 담쟁이, 등나무, 마삭줄, 인동덩굴, 댕댕이덩굴, 능소화, 돌가시나무 등을 식재하는 것이 보다 바람직하다.

<29> 또한, 상기 배양토와 덩굴성 및 자생식물은 배양토내에 상기덩굴성 및 자생식물을 섞어 파종한 후 미생물을 넣어 천공 내부에 삽입하는 것이 가장 바람직하다.

<30> 한편, 본 녹화분은 천공된 암반비탈면에 삽입하기 적합한 형태로서 제조된 배양토에 의한 식생의 활착 및 수분보유에 적합한 일 특징을 갖는다.

<31> 상기 배양토는 천공을 이용한 암반비탈면 녹화공법이 적용되는 곳의 주변 산림토양과 일반 상토 및 산림토양과 일반 상토를 혼합한 혼합토를 사용한다. 상기 배양토의 선택은 공법이 적용되는 시기와 장소와 사용되는 종자에 따라 4가지의 배양토 중 하나 혹은 다수를 선택할 수 있다.

<32> 상기 배양토는 산림 부식토(Humus soil of forest), 일반 상토(Merchantable general soils), 혼합토(Mixed soil) 및 산림 표층토(Topsoil of forest)로부터 선택된 1종 이상으로 조성되는 것이 좋으며, 각 배양토의 중량은 녹화분의 식생 생육부분의 부피를 고려하여 600g~1500g 범위내에서 사용되며, 특히 상기 산림부식토, 일반상토, 산림 표층토의 무게비는 2:1:2.5 정도인 것이 가장 바람직하다.

<33> 나아가 혼합토의 혼합비율 또한 산림부식토, 일반상토, 산림표층토를 200g~500g 범위내에서 산림부식토, 일반상토, 산림 표층토를 2:1:2.5의 무게비로 혼합하여 조제하는 것이 좋다.

<34> 즉, 일예로서 산림부식토는 약1200g, 일반상토는 약600g, 혼합토는 약1100g(400g+200g+500g), 산림 표층토는 약1500g씩 사용할 수 있다.

<35> 본 발명의 배양토의 조제시 비질소 유기물의 분해 변화, 질산화작용, 안전응집체의 생성, 생장촉진물질 분비, 항생물질 분비로 토양 내 병원균의 밀도를 낮추고, 각종 생리활성물질을 분비하여 식물의 지하부 생육을 촉진시키도록 토양미생물을 첨가한다. 구체적으로, 상기 토양 미생물 제제는 트리코델마 하지아눔(*Trichoderma harzianum*)으로서, 항생물질 분비로 토양 내 병원균의 밀도를 낮추어 식물의 지하부 생육에 도움을 주고자 하는 것으로, 첨가한 토양 미생물 제제의 중량은 각 배양토 중량 기준으로 1~2 %를 첨가하면 충분하다.

<36> 상기 녹화분의 식생생육 부분은 암반비탈면 밖으로 돌출되어 있으므로 강우 및 유출수에 의하여 녹화분의 배양토가 유실되는 문제점이 있으므로 미생물 처리된 녹화분에 황마를 멀칭재로 사용하는 것이 좋다. 이 같은 멀칭재의 효과로는 직사광바람에 의한 토양내의 수분증발건조를 방지, 잡초방지, 토양형성에 따른 침식방지의 효과를 얻을 수 있다.

<37> 이하, 실시 예를 통하여 본 발명의 천공 및 녹화분을 이용한 암반비탈면 녹화공법을 구체적으로 설명한다. 이는 본 발명의 실시 예일 뿐, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

<38> *[실시예 1]*

<39> **A. 식생기반조성을 위해 천공기를 이용한 암반비탈면의 천공**

<40> 암반비탈면의 천공은 유압식 크롤라 드릴을 이용하여 천공하였다. 사용하는 천공 배치 구성도를 도 2에

도시하였다.

<41> **B. 식물체의 선정**

<42> 본 실험에 사용된 식물은 초본류 4종, 목본류 2종, 덩굴성 식물 1종이며, 이중 초본류로는 외래 초본 2종과 재래초본 2종을 사용하였다.

<43> 이때 사용된 외래 초본류는 Tall fescue(*Festuca arundinacea*), Perennial ryegrass(*Lolium perenne*)이며, 자생 초본류는 바랭이(*Digitaria sanguinalis*)와 구절초(*Chrysanthemum zawadskii*)가 사용되었다. 또한 목본류로는 자생 목본인 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)와 낭아초(*Indigofera pseudo-tinctoria*)를 사용하였다. 한편, 그 파종량은 녹화분의 식재면적을 고려하여 각 식생별 10립씩 파종하였고, 덩굴성 식물로서 담쟁이 2본을 식재하였다.

<44> 또한, 녹화분으로는 천공된 암반비탈면에 삽입하기 적합한 형태로서 생육기반의 크기에 따라 원형이며 지름 100 ㎜이하, 길이 300 ㎜이하로써, 천공내에 들어 있는 여분의 토양수분을 흡수시킬 수 있도록 헝겊을 깔고 배양토를 충진하여 녹화분을 제작하였다.

<45> 암반 비탈면 녹화에 적용시 식생 생육부분은 암반비탈면 밖으로 돌출시켜 빛과 수분의 공급이 용이하게 하였으며, 나머지 부분은 천공 속으로 삽입시켰다. 그 밑면 3개 흡수구 중 1개는 비탈면의 경계부분에, 2개는 천공 속으로 들어가게 된다.

<46> **C. 배양토의 조제**

<47> 본 발명에 사용된 배양토는 산림부식토(Humus soil of forest), 일반상토(Merchantable general soils), 혼합토(Mixed soil) 및 산림표층토(Topsoil of forest)로 조성하였다.

<48> 참고로, 일반적인 특수지와 인공지반의 녹화기반 조성 시 사용되는 배양토는 녹화기반의 하중을 고려하여 상대적으로 무게가 가벼운 일반 상토를 사용하고 있다. 하지만 암반비탈면의 경우 배양토의 하중보다는 식생생육기반 조성이 우선시되므로 주변 산림에서 채취가 가능할 경우 산림토양의 사용이 효율적인 방법일 수도 있다.

<49> 하기 표 1은 녹화분의 총 부피 10,808㎣를 고려하여, 배양토의 중량을 나타낸 것으로서, 산림부식토 1200g, 일반상토 600g, 혼합토 1100g, 산림 표층토 1500g씩 사용되었다. 상기 혼합토의 혼합비율은 각 배양토 중량의 1/3을 사용하여 2:1:2.5로 하였으며, 일반상토의 중량의 1/3인 200g을 기준으로 하였다.

<50> 상기 혼합토에 사용된 각 배양토의 중량은 산림부식토, 일반상토, 산림 표층토는 각각 400g, 200g, 500g씩 사용하여 혼합하였다.

표 1

<51> 배양토의 종류와 중량

Soil media type	Weight(g)/pot
산림부식토(H.s)	1200
일반상토(M.g.s)	600
혼합토(M.s)	1100
산림표층토(T.s)	1500

<52> 각 배양토의 수분함량은 산림부식토(H.s)가 14.5%, 일반상토(M.g.s) 51%, 혼합토(M.s) 17.4%, 산림표층토(T.s) 8%이었으며, 산도(pH)는 산림부식토가 4.88, 일반상토 5.05, 혼합토 4.93, 산림표층토 5.26로서 산림부식토와 산림 표층토가 차이를 보였다. 유기물의 함량(%)은 산림부식토가 10.14%로 가장 높고, 산림 표층토가 0.72%로 가장 적었다.

<53> 치환성 양이온과 양이온 치환용량은 일반 상토가 다른 처리토양보다 높다. 이는 다른 배양토보다 비료성분을 흡착, 보유하는 힘이 커 비료를 많이 주어도 일시적 과잉 흡수가 억제되고, 또 비료성분의 용탈이 적어서 비효가 늦게까지 지속된 것으로 여겨진다.

표 2

<54> 배양토의 화학적 성질

Soil media	Moisture content(%)	pH H_2O(1:5)	OM(%)	T-N (%)	Av-P_2O_5 (mg/kg)	CEC ($cmol^+/kg$)	Ex-cation(mg/kg)			
							K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}
산림 부식토 (H.s)	14.50	4.88	10.14	0.56	24.30	9.90	0.18	0.04	0.89	0.21
일반상토 (M.g.s)	51.00	5.05	9.10	0.56	54.00	13.40	15.20	21.50	21.10	6.62
혼합토 (M.s)	17.40	4.93	6.00	0.35	57.20	9.24	1.85	2.28	3.17	0.99
산림 표층토 (T.s)	8.00	5.26	0.72	0.14	38.90	3.52	0.15	0.05	1.16	0.21

<55> **D. 토양처리**

<56> 각 배양토의 식생생육기반재로의 사용가능성과 식생생육효과를 알아보기 위해 조성한 배양토 4종류(산림부식토, 일반상토, 혼합토, 산림표층토)에 3가지 토양처리(미생물처리, 미생물+멀칭처리, 무처리)를 하여 토양처리에 따른 파종 종자의 발아특성 및 생육상태를 조사하였다.

<57> **E. 식생생육조사 및 분석**

<58> 실시예 산림부식토(H.s), 일반상토(M.g.s), 혼합토(M.s), 산림표층토(T.s) 배양토를 조제하여 녹화분에 충진하고 녹화수종을 파종 후 파종식생의 발아상태와 생장특성을 분석하였다.

<59> 초기발아조사, 비탈면방위, 배양토, 토양처리에 따른 파종식물의 생존개체수변화와 생장량 변화를 조사하였다. 생존개체수는 직접 야장기입방법에 의해 생존하고 있는 개체수를 조사하였으며, 조사된 개체수의 생장량은 현장에서 줄자를 사용하여 식물의 지하부를 제외한 식물의 선단부까지의 초장 길이를 조사 하였다.

<60> 개체수 파악을 위해 파종 시 부여된 초종별 번호에 따라 발아와 고사개체를 확인분석하는 사진 판독법을 사용하였다.

<61> 위의 효과에 대한 검정을 통해 각 파종식물의 생존 개체수와 생장량에 영향을 주는 요인을 검정하여 천공및 녹화분을 이용한 암반비탈면 녹화공법의 현장 적용성을 평가하였다.

<62> *[실시예 2] 천공을 이용한 암반비탈면 녹화공법의 현장적용*

<63> **A. 배양토 및 토양처리에 따른 파종 및 식재수종의 초기발아 상태 분석**

<64> 암반사면상에 배양토 및 토양처리에 따른 식생의 초기발아 상태를 4주동안 분석하고 그 결과를 하기표 3에 정리하였다.

표 3

<65> 배양토 및 토양처리에 따른 식생의 초기발아 상태 분석

Soil media	Treatment	Data	1	2	3	4	5	6

H.s	T1	4-29	9	4	0	0	0	0
		5-06	19	22	0	21	3	7
		5-13	22	23	1	26	8	12
		5-20	22	28	1	26	8	12
	T2	4-29	5	13	0	0	0	0
		5-06	17	28	0	0	0	4
		5-13	26	32	0	0	1	6
		5-20	26	32	0	0	4	8
	C	4-29	1	12	0	1	1	1
		5-06	17	27	0	9	10	2
		5-13	21	30	0	12	11	6
		5-20	21	30	0	15	11	7
M.g.s	T1	4-29	0	0	0	0	0	0
		5-06	0	1	0	0	0	0
		5-13	4	1	0	0	0	0
		5-20	4	2	0	0	0	0
	T2	4-29	4	7	0	0	0	0
		5-06	7	11	0	0	0	2
		5-13	11	22	0	0	0	4
		5-20	12	22	0	0	1	5
	C	4-29	0	0	0	0	0	0
		5-06	4	3	0	0	0	2
		5-13	8	5	0	0	0	4
		5-20	9	7	0	0	0	4
M.s	T1	4-29	0	3	1	0	0	0
		5-06	1	9	8	1	1	0
		5-13	5	18	14	1	2	2
		5-20	10	20	19	1	3	6
	T2	4-29	2	2	0	0	0	0
		5-06	7	14	1	0	0	0
		5-13	14	19	12	0	3	1
		5-20	20	24	13	0	3	2
	C	4-29	1	1	0	0	0	0
		5-06	3	10	15	0	3	2
		5-13	3	11	18	0	6	6
		5-20	3	15	22	2	6	8
T.s	T1	4-29	0	0	0	0	0	0
		5-06	9	24	3	0	2	1
		5-13	18	25	16	3	5	4
		5-20	19	28	22	4	9	9
	T2	4-29	0	0	0	0	0	0
		5-06	12	26	4	0	3	3
		5-13	15	29	8	0	4	3
		5-20	15	29	10	0	6	4
	C	4-29	0	0	0	0	0	0
		5-06	16	23	3	0	5	1
		5-13	25	26	15	0	7	3
		5-20	25	26	17	0	7	3

<66> * T1: Microorganism plot T2: Microorganism + Net plot C: Control plot

<67> 상기표에서 보듯이, 배양토에서는 외래초종인 Tall fescue(*F. arundinacea*) 및 Perennial ryegrass(*F. arundinacea*)는 산림부식토에서 가장 많이 발아하였으며, 산림표층토, 혼합토 및 일반상토의 순으로 발아를 하

였다.

<68> 이에 반해 처리구에서는 미생물+멀칭처리구와 미생물처리구가 무처리구보다 발아량이 많았다.

<69>

<70> 재래초본류인 바랭이(*D. sanguinalis*)와 구절초(*C. zawadskii*)는 일반상토를 제외한 배양토의 미생물처리에서 많이 발아하였다. 바랭이(*D. sanguinalis*)는 혼합토와 산림표층토에서 많이 발아하였으며, 구절초(*C. zawadskii*)는 산림부식토의 미생물처리구에서 가장 많이 발아하였다.

<71> 참싸리(*L. cyrtobotrya*)와 낭아초(*I. pseudo-tinctoria*)는 산림부식토, 혼합토, 산림표층토에서 비교적 고르게 발아하였다. 그러나 멀칭처리구보다는 처리되지 않은 미생물처리, 무처리에서 발아가 양호하였다. 녹화분에 사용된 재래초본과 재래목본의 멀칭처리구는 초기발아에는 영향을 미치지 않으며 미생물처리구가 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<72> **B. 식재후 3년간의 월별 개체수변화**

<73> 북서방향의 토양처리에 따른 3년간의 월별 평균생존개체수는 가장 생존개체수가 많은 5월에서 7월의 생존개체수는 미생물처리구 > 무처리구 > 멀칭처리구로 높았으나 전체적인 생존개체수는 미생물처리구 > 멀칭처리구 > 무처리구의 순으로 높았으며, 미생물처리구는 산림부식토와 산림표층토, 멀칭처리구는 산림부식토와 혼합토, 무처리구는 산림표층토와 산림부식토의 순으로 각각 가장 높은 개체수를 나타내었다.

<74> 각 토양처리 별 배양토의 생존개체수는 산림부식토 > 산림 표층토 > 혼합토 > 일반 상토 순으로 높았다.

<75> 비탈면 북서방위와 토양처리에 따른 3년간의 월별 평균생존개체수변화를 정리하면 도 3과 같다.

<76> 도 3에서 보듯이, 북동방향의 토양처리에 따른 월별 생존 개체수는 멀칭처리구 >미생물처리구 > 무처리구 순으로 높아 햇빛이 드는 북동방향은 멀칭효과가 상당히 좋은 것으로 나타났다.

<77> 또한 실험구의 위치에 따라 암반유출수의 영향이 크므로 배양토의 유실이 적어 멀칭처리구가 더욱 효과적으로 나타났다.

<78> 미생물처리구는 산림부식토와 산림표층토, 멀칭처리는 산림부식토와 혼합토, 무처리는 산림표층토와 산림부식토의 순으로 각각 가장 높은 개체수를 나타내었다.

<79> 한편, 비탈면 북동방위와 토양처리에 따른 생존 개체수변화를 도 4로서 정리하였다.

<80> 그 결과, 각 토양 처리 별 배양토의 생존개체수는 산림부식토 > 산림 표층토 > 혼합토 > 일반 상토 순으로 높았다.

발명의 효과

<81> 본 발명에 따르면, 암반비탈면을 녹화가능할 뿐 아니라 식생기반재인 배양토에 녹화종자와 미생물을 첨가하여 식생활착에 최상의 조건을 만들어주어 암반비탈면에 빠른 녹화를 유도하게 한다. 또한 채굴이 완료된 후 한꺼번에 녹화를 하는 것이 아니라, 채굴이 진행 중에도 채굴이 완료된 맨 위 정상부 잔벽면부터 천공을 하여 단계별로 녹화를 실시할 수 있어 채굴과 동시에 녹화공법을 적용할 수 있는 효과가 있다.

<82> 또한, 본 발명은 천공공법, 녹화분, 배양토, 미생물 및 멀칭처리를 함으로써 채석개발지역의 발아율과 활착률이 증대되어 조기녹화를 도모할 수 있으며, 석산개발 지역의 암반사면에 친환경적 소재를 이용한 재해 방지 및 생태적 복구를 위한 새로운 친환경적 녹화기반재 개발과 암반비탈면의 녹화로 인해 석산개발지역의 경관보전, 비산먼지 및 퇴적토사로 인한 계류오염을 저감하여 호소 및 하천의 수질개선효과가 있다.

<83> 또한, 본 발명은 채석지의 노출로 환경적으로 많은 피해를 받게 되므로 채석타당성 평가를 통하여 석산개발업자의 도산에 따른 미복구지역을 사전에 예방할 수 있으며, 자연 및 인공훼손지를 생태적환경적 경제적으로 적절하게 복구·녹화할 수 있는 방안을 제시함으로써 재해방지 및 경관적 기능을 증진할 수 있다. 수입에 의존해왔던 각종 친환경적 녹화자재(식생대 및 식생반 등)를 국산화함으로써 기술이전비 절약 등 막대한 수입대체 효과를 발휘할 수 있으며, 일반적인 녹생토 및 종자뿜어붙이기공법, 앙카핀을 박아 능형철망을 덮어 식생기반재를 취부하는 사면녹화 공법에 비하여 경비와 노동력이 적게 들고, 노동력을 분산시킬 수 있기 때문에 저비용 고효율의 효과를 얻을 수 있다.

<84> 결론적으로, 산림환경복원 및 복구기술을 석산개발지역 분야에 도입함으로서 개발로 인한 암반사면의 훼손지를

효과적으로 방지, 산림의 경제적 가치 증진 및 관련 산업 육성효과를 가져올 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 천공을 이용한 암반사면의 녹화 모식도,

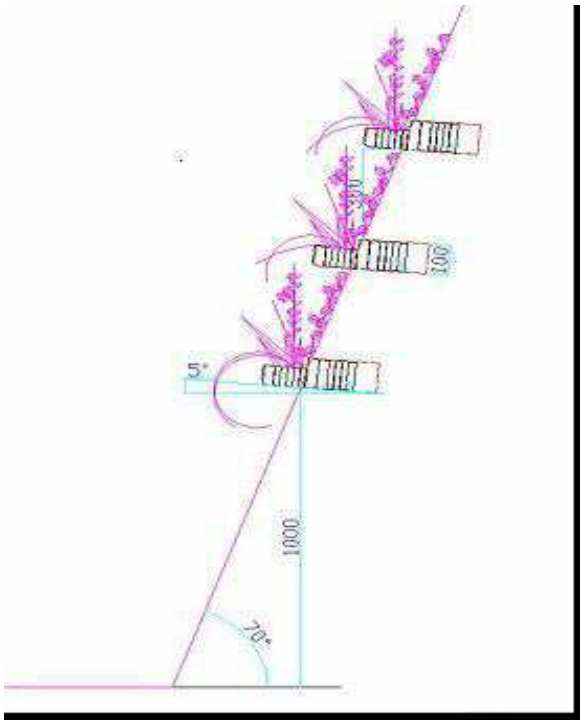
<2> 도 2는 천공배치 구성도.

<3> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 비탈면 북서방위와 토양처리에 따른 3년간의 월별 평균생존개체수 변화를 정리한 그래프이다.

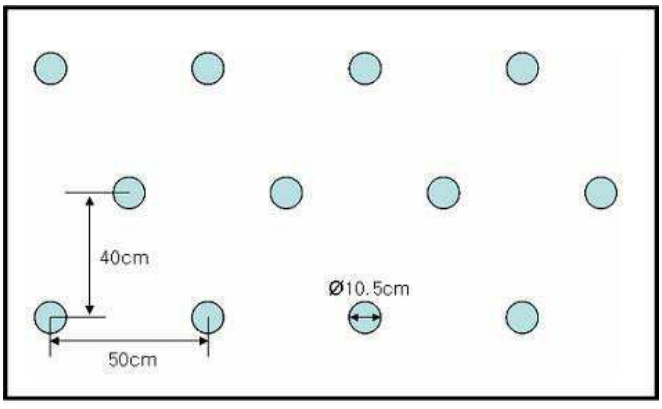
<4> 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 의한 비탈면 북동방위와 토양처리에 따른 생존 개체수변화를 정리한 그래프이다.

도면

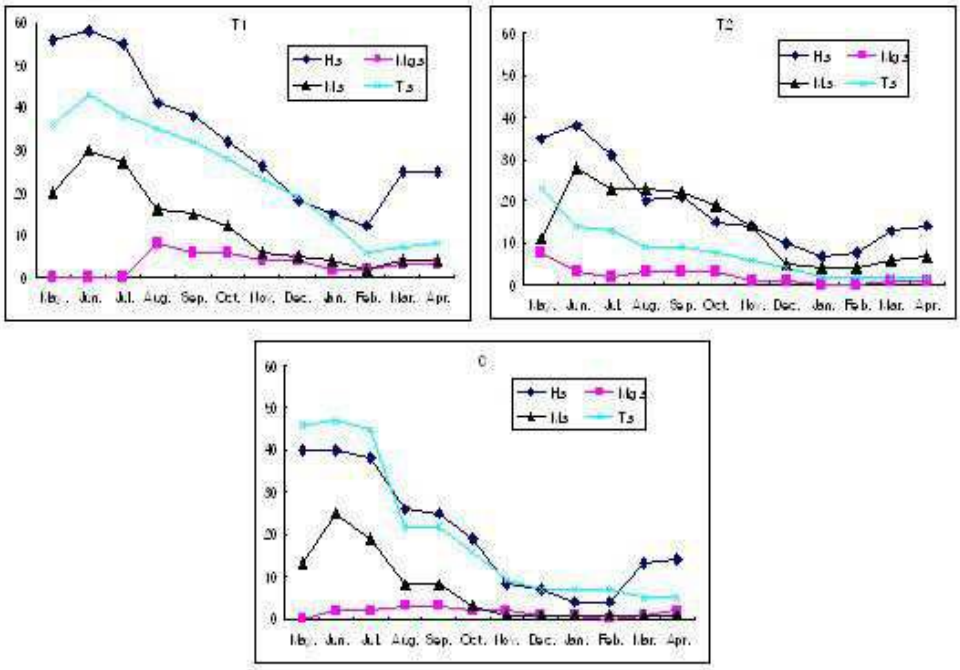
도면1



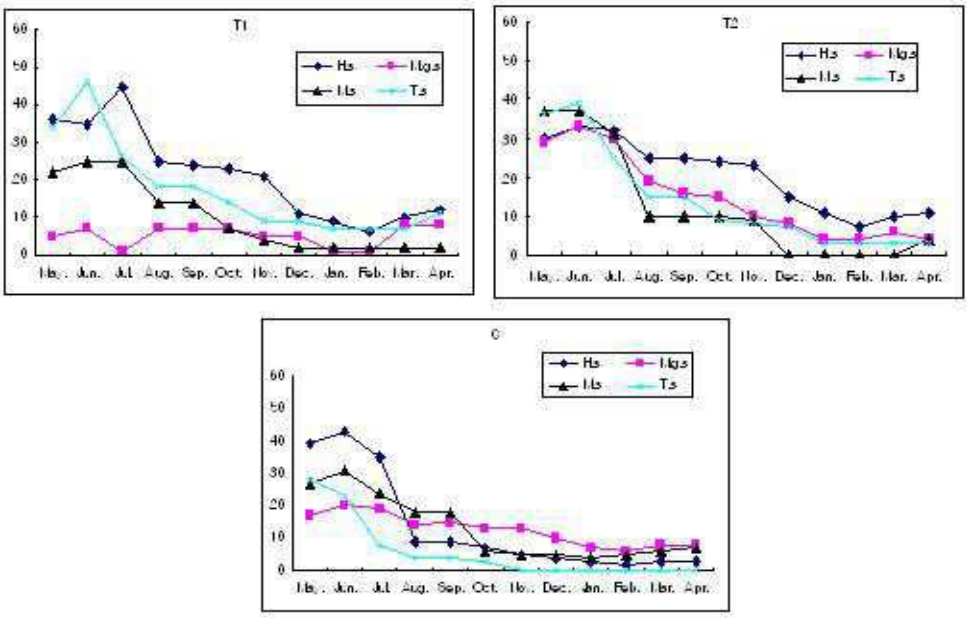
도면2



도면3


T1
T2
C
Hs
Hgs
Ls
Ts
May. Jun. Jul. Aug. Sep. Oct. Nov. Dec. Jan. Feb. Mar. Apr.

도면4


T1
T2
C
Hs
Hgs
Ls
Ts
May. Jun. Jul. Aug. Sep. Oct. Nov. Dec. Jan. Feb. Mar. Apr.