

山沙汰地の 植生 回復過程에 關한 基礎的 研究¹

- 龍仁·華城郡地域을 對象으로 -

禹保命²·全起成²·崔炯太²·鄭道鉉³

Studies on Rehabilitation Progress of Vegetation on Landslide Scars¹

- In Cases of Yongin-gun · Hwaseong-gun at Areas -

Bo-Myeong Woo², Gi-Seong Jeon², Hyeong-Tae Choi² and Do-Hyun Jeong³

要 約

山沙汰地에서의 자연적인 植生着生 및 植生回復過程을 究明하기 위하여 京畿道 龍仁·華城郡地域에서 山沙汰地 復舊工事施行地(14개소)와 復舊工事非施行地(14개소)를 對象으로 1993년과 1994년에 植生調查를 遂行하였다. 山沙汰地에서는 총 61種의 植生이 出現하였으며, 초기식생침입은 주로 참싸리, 새, 쑥, 고사리, 망초, 산딸기, 국수나무 등에 의해 이루어지고 있었다. 種多樣도와 均在度は 復舊工事非施行地가 復舊工事施行地에서보다 높았으며, 또한 주변식생과의 類似度指數에 있어서도 復舊工事非施行地가 復舊工事施行地에서보다 높게 나타났고, 遷移度指數에 있어서는 두 처리지에서 비슷한 값을 보였으므로 復舊工事非施行地에서는 주변식생의 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 따라서 山沙汰地의 植生回復綠化에는 初期着生力이 크고 適應力이 큰 참싸리, 새, 억새, 쑥, 고사리, 산딸기, 망초, 국수나무 등과 같은 自生種의 活用이 導入草種의 이용보다 효과적일 것이다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the process of natural plant establishment and revegetation on the slopes of landslide scars, both untreated(14 plots) and treated plots(14 plots) with rehabilitation measures in 1993 and 1994 at Yongin · Hwaseong-gun region. While total of 61 species were identified at surveyed sites in the region, the pioneer species on landslide scars were *Lespedeza cyrtobotrya*, *Arundinella hirta*, *Artemisia princeps*, *Pteridium aquilinum*, *Erigeron canadensis*, *Rubus crataegifolius*, *Stephanandra incisa* etc. The species diversity(H') and evenness(E') of the untreated scars were greater than those of the treated scars. Similarity indices in the untreated scars were higher than those in the treated scars, and succession indices showed similar value in both areas.

As a conclusion, this study shows that the untreated scars were more influenced by the around-vegetation, and the native vegetations(plants) like *Lespedeza cyrtobotrya*, *Arundinella hirta*, *Miscanthus sinensis*, *Artemisia princeps*, *Pteridium aquilinum*, *Erigeron canadensis*, *Rubus crataegifolius*, *Stephanandra incisa* etc. could be more effectively used as plant vegetation for rehabilitation of landslide scars.

Key words : Landslide rehabilitation measures, Native vegetation on landslide scar, Pioneer species

¹ 接受 1994年 10月 12日 Received on October 12, 1994.

² 서울대학교 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Seoul Nat'l. Univ. Seoul, Korea.

³ 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

I. 緒 論

우리나라는 지형적 조건과 여름철의 集中豪雨, 颱風 등으로 인해 많은 재해가 발생하여 人命, 財産 및 山林環境의 破壞를 가져와 우리에게 막대한 人的, 物的, 環境的 被害를 주고 있다.

1991년 7월 20일부터 21일 양일간의 集中豪雨(약 200~250mm)로 京畿道 龍仁郡, 安城郡, 華城郡 일대에 집중적인 山沙汰地(약 2,700개소, 480ha)가 발생되어 56개 마을에서 하천피해 123.3krn, 도로피해 58.8km, 교량피해 46개소, 농경지피해 1,392.52ha의 피해가 발생하였다. 이때에 山沙汰와 土石流 등으로 인한 土石流出로 인하여 山地를 荒廢시키고, 山地下流의 水質汚染, 農耕地 및 住宅地 埋沒 등과 같은 災害를 발생시키는 등 自然環境 및 生活環境에 여러가지의 피해를 끼쳤다.

荒廢山地 혹은 인위적인 절개지에 대한 植生侵入에 관한 연구는 지속적으로 수행되고 있고, 식물의 사회학적 연구의 한 방편으로 Crutis와 McIntosh(1951)의 相對優占度 分析, Whittaker(1965)의 類似度指數 등을 사용하여 식물군집을 상호간에 객관적으로 비교하는 연구가 진행되어 왔다. 특히 李天龍(1986), 李壽燾 등(1978)은 砂防工事 施行후 土壤 및 植生環境의 변화를 바탕으로 砂防效果를 분석하였다. 金泰旭과 李景宰(1986)는 山地에서는 고도가 높아감에 따라 出現種數 및 種多樣度는 감소하고, 優占度는 증가하는 경향을 보인다고 하였으며, 禹保命 등(1993)은 임도비탈면의 자연식생침입을 구명하였는데 우리나라의 임도개설지의 비탈면에서 목본은 소나무, 싸리, 산딸기 등이, 초본은 새류, 큰까치수영, 쭉류 등의 순으로 침입하였다고 보고한 바 있다. 또한 徐丙秀 등(1991)은 지리산의 도로비탈면의 경우 초본류의 種多樣度가 목본보다 높고, 類似度指數도 높았다고 하였으며, 비탈면과 주변식생과의 유사도에 있어서 목본식물의 경우는 유사성이 매우 낮은 반면 초본은 유사성이 있는 것으로 보고하였다.

산림에 있어서 산림보전과 재해방지 측면에서 山沙汰地의 復舊·綠化는 매우 중요한 요소이며, 식생은 붕괴지의 안정과 매우 밀접한 관계가 있다(禹保命와 李峻雨 1987). 그러나 우리나라의

현실을 볼 때 山沙汰 災害가 자주 발생하고 있음에도 불구하고 山沙汰復舊를 위한 적절한 安定工法 및 綠化工法에 대한 국가적 차원에서의 연구가 부족하고, 또한 예방사방차원에서의 과감한 투자가 부족한 실정에 있다. 인위적인 훼손지에 있어서 식생의 회복에 관한 연구는 계속 진행되고 있으나, 山沙汰地에 있어서 식물사회학적 연구의 수행은 한정되어 있는 현실이다. 산사태발생의 예방 뿐만 아니라 복구차원에서도 山沙汰地의 植生着生 및 回復에 관한 연구는 절실히 필요하다고 생각된다.

이 연구는 山沙汰地에서의 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地에서의 植生을 調査·分析함으로써 山沙汰發生地에서 自然植生着生과 植生回復過程을 구명하여 山沙汰地 復舊工法 技術開發의 基礎的 資料를 얻고자 遂行하였다.

II. 材料 및 方法

1. 調査對象地의 概況

이 연구는 1991년 7월 집중호우로 山沙汰로 인한 피해가 극심한 龍仁郡 二東面과 華城郡 東灘面內의 山沙汰地를 대상으로하여 현지조사를 실시하였다. 현지조사는 植生의 生長력이 왕성한 계절을 택하여 1993년 8~9월에 1차 조사를 실시하였고, 1994년 8월에 동일 조사구에 대하여 2차 조사를 하였다.

조사지는 山沙汰地 復舊工事が 施行된 후 2년

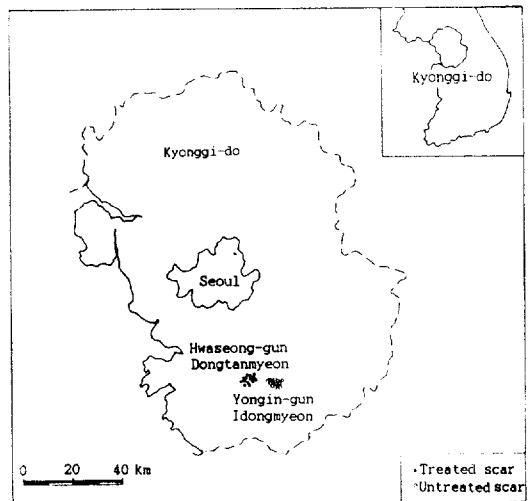


Fig. 1. Location map of surveyed plot

Table 1. Location and number of landslide scars investigated

Name of administrative district	Occurred year	Surveyed year	Remarks
Sinri, Dongtan-myeon, Hwaseong-gun, Kyonggi-do	July, 1991	Aug., 1993, 1994	Treat. (11)
Mogri, Dongtan-myeon, Hwaseong-gun, Kyonggi-do	July, 1991	Aug., 1993, 1994	Treat. (3)
Bangmogri, Idong-myeon, Yongin-gun, Kyonggi-do	July, 1991	Aug., 1993, 1994	Untreat. (10)
Suyeokri, Idong-myeon, Yongin-gun, Kyonggi-do	July, 1991	Aug., 1993, 1994	Untreat. (3)
Jangseori, Idong-myeon, Yongin-gun, Kyonggi-do	July, 1991	Aug., 1993, 1994	Untreat. (1)

Untreat. - Untreated scars for rehabilitation, () - No. of landslide scars.
Treat. - Treated scars for rehabilitation.

경과한 곳이 14개소, 復舊工事非施行地가 14개소로 총 28개소이었으며, 조사대상지의 지리적 위치는 그림 1과 같다.

그림 1에서와 같이 조사대상지는 1991년 7월 집중호우재해지역으로 한정하였으며, 조사 대상지의 행정구역상 위치는 表 1에서와 같다.

表 1에서와 같이 山沙汰 復舊工事を 施行한 14개소는 華城郡 東灘面 新里(11개소), 睦里(3개소)에, 復舊工事非施行地 14개소는 용인군 이동면 수역리(3개소), 방목리(10개소), 장서리(1개소)에 위치하였다.

2. 研究方法

1) 調査方法

조사대상지의 현지조사는 山沙汰地의 입지요인 조사와 식생조사로 나누어 수행하였다.

(1) 식생조사구의 선정

山沙汰 復舊工事を 施行한 곳과 復舊工事非施行地를 대상으로 山沙汰地의 상부와 하부 및 주변산림경계부의 좌측과 우측에 방형구법으로 조사하였다.

(2) 조사항목

조사대상지마다 ① 산사태지의 입지요인조사, ② 대상지의 식생인자조사로 나누어 현지 조사법으로 수행하였다.

① 입지요인조사 항목

입지요인은 현지조사시 야장에 기록하는 방식으로 식생피복에 영향을 미치는 인자를 분석하기 위하여 다음 항목을 조사하였다.

- ㉠ 지질조사 : 1 : 25,000 토양도를 이용하여 대상 지역의 지질을 조사하였다.
- ㉡ 방위 : 방위계를 이용하여 조사대상지의 방위를 측정하였다.
- ㉢ 토지이용상태조사 : 조사지를 성림지, 치수유령림, 척암림지, 독나지, 암설지, 농경지, 기

타 등으로 구분하였다.

- ㉣ 비탈면 길이 : 50m 테이프자를 이용하여 山沙汰地의 상부에서 하부까지의 사거리(m)를 실측하였다.
- ㉤ 비탈면 경사 : 순도경사계를 이용하여 山沙汰地의 상부와 하부의 경사(%)를 각 5회 측정하여 평균하였다.
- ㉥ 토양경도 : 山中式土壤硬度計를 이용하여 山沙汰地의 상부와 하부의 토양경도(mm)를 각 5회 측정하여 평균하였다.
- ㉦ 토양산습도 : 간이土壤酸濕度計를 이용하여 山沙汰地의 상부와 하부의 토양산습도를 각 5회 측정하여 평균하였다.

② 조사대상지의 녹화공법조사

조사대상지의 山沙汰地에 復舊工事を 施行했던 당시의 설계서와 현장조사 자료를 참조하여 綠化工法の 현황을 파악하였다.

③ 조사대상지의 식생조사

山沙汰地 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地 식생조사를 위해 2m×2m의 방형구를 산사태지의 상부와 하부에 설치하고 상층부의 식생을 조사하였으며, 방형구내의 우측하단에 다시 1×1m의 소방형구를 설치하여 초본식생을 조사하였다. 초본식생조사는 초종, 개체수, 초장, 초폭 등을 조사하였으며, 목본은 수종, 개체수, 수관폭, 수고 등을 조사하였다. 식생피복도는 방형구내의 피복도를 측정하여 전체피복도로 환산하였다.

④ 조사대상지의 주변식생조사

山沙汰地 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地 周邊部의 식생조사를 위해 2×2m의 식생조사구를 산사태지의 좌측과 우측에 1개소씩 설치하여 상층식생의 수종, 개체수, 수고, 수관폭 등을 조사하고, 방형구내에 다시 1m×1m의 소방형구를 설치하여 초본식생의 초종, 개체수, 초폭, 초장 등을 조사하였다.

2. 分析方法

조사자료의 分析은 山沙汰地の 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地の 1차, 2차조사결과를 비교하였으며, 復舊工事施行地の 綠化工法을 분석함으로써 앞으로의 山沙汰地の 綠화와 식생도입에 대한 자료가 될 수 있도록 하였다. 또한 山沙汰地 및 주변식생의 重要度(importance value: IV)와 種多樣度(species diversity), 均在度(evenness), 類似度指數(similarity index) 등을 분석·비교하여 山沙汰地에서의 식생변화 양상을 파악하였다.

1) 山沙汰地の 復舊工事 施行經過에 따른 被覆度

山沙汰復舊工事施行地와 復舊工事非施行地の 식생피복도의 차이를 비교·분석하였다.

2) 山沙汰地の 綠化工法の 現況分析

復舊工事を 施行한 지역에 적용된 綠化工法の 종류와 피복정도를 조사하여 山沙汰地の 復舊에 많이 사용되는 주요 공종·공법을 분류하였다.

3) 山沙汰地の 植生分析

山沙汰地の 식생을 분석하기 위해 相對密度(relative density), 相對頻度(relative frequency), 相對被度(relative coverage)를 이용한 積算優占度(重要度)를 구하였으며, 重要度(importance value, IV)는 Crutis(1951)의 방법을 사용하였다. 또한 한 조사구내에서 종구성상태의 다양성을 나타내는 측도로서는 Shannon (1963)의 種多樣度(species diversity)를 사용하였고, 均在度(J': evenness), 最大種多樣度(maximum H')를 구하였다.

한편 종구성상태의 유사한 정도를 나타내는 類似度指數(similarity index, SI)는 Whittaker (1956)의 방법을 이용하였으며, 遷移度는 龜山章(1977, 1978)의 방법을 이용하였다.

III. 結果 및 考察

1. 山沙汰地 周邊環境要因의 概況

龍仁郡과 華城郡 地域은 1991년 7월 20일부터 21일 양일간에 천둥과 번개를 동반한 집중호우(강우량 226mm, 최대시우량 56mm/hr)가 내려 2,643개소에 475ha라는 막대한 山沙汰가 발생되었던 지역이다. 용인지역의 인명피해 현황을 보면 사망 51명, 실종 2명, 부상 54명(경기도, 1991)으로 피해가 대단히 컸다(연평균 약 250명; 禹保命, 1984).

조사대상지역의 모양은 대부분 화강암이었으며, 토양은 총 28개소의 조사지중 사질양토가 18개소, 식양토가 5개소, 역토가 5개소이었다. 또한 이 피해 지역은 山沙汰 발생위험이 높았던 지역으로 우리나라 산지의 전형적인 특징인 중·급사면을 이루고 있고, 주위 임상 및 토지이용상태는 대부분 유령림에 속하는 리기다소나무 단순림이 우점하고 있었다.

山沙汰發生地の 침식상황을 보면 復舊工事非施行地는 14개소 모두 누구침식 및 구곡침식이 발생되었으나 復舊工事施行地는 2개소에만 누구침식이 일어나 침식상황은 復舊工事非施行地에서 더욱 심한 것으로 나타났다.

이 조사지역의 山沙汰地の 復舊工事非施行地는 소규모의 붕괴가 집중다발적으로 발생되어 주변 농경지나 민가에 피해를 주었다. 이 조사지의 주변 입지인자를 조사한 결과는 表 2와 같다.

復舊工事施行地는 붕괴지의 길이가 50m 이상으로 길거나 면적이 비교적 큰 경우가 많은데 비해 復舊工事非施行地는 붕괴지의 길이가 50m 이하이며, 면적도 모두 1,000m² 이하로 소규모이므로 復舊工事が 누락되었다. 이들 지역은 1994년 현재 復舊工事を 진행하고 있는 곳이 대부분이었다.

산사태지의 붕괴지 사면경사는 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地 대부분 25~60%에 분포하

Table 2. Site factors of surveyed area

Factors	Lands. length		Area		Degree		Hardness		Soil moisture	
	<50m	50m ≤	<1,000m ²	1,000m ² ≤	<60%	60% ≤	<20mm	20mm ≤	<50%	50% ≤
Treated	8	6	9	5	12	2	14	-	11	3
Untreated	14	-	14	-	10	4	14	-	14	-

였으며, 토양경도는 복구지와 復舊工事非施行地 모두 20mm 이하로 식생의 착생에 직접적으로 영향을 미치는 요소인 토양경도가 28mm 이상이 되면 식생의 뿌리생장이 매우 어렵다는 朴炳益 등(1986)의 연구와 비교할 때 식생침입과 녹화에는 큰 지장이 없을 것으로 생각된다.

토양습도는 토양경도와 마찬가지로 식생의 생장과 밀접한 관계를 가지고 있다. 일반적으로 馬相圭(1979)와 李壽燾 등(1978)의 荒廢地에서 토양수분은 식생의 생장과 양분흡수에 관련이 있다는 연구결과에 의하면, 복구지가 다소 토양수분이 높게 나타나 초기의 식생 활착과 관계가 있을 것으로 생각되며, 復舊工事施行地에서는 초기에 착생된 식생의 근계에 의하여 수분의 침투능과 토양보수능력이 復舊工事非施行地보다는 높다고 판단된다.

2. 調査對象地의 植生被覆度

1) 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地의 植生被覆度 比較

砂防工事 施行地에서의 녹화수종인 물오리나무와 아까시나무로 구성되는 상층림은 거의 동일한 피복조건을 갖고 있으며, 피복속도도 빠르다. 李天龍(1986)의 보고에 의하면 사망수종에 의한 상층림관의 피복도는 시공후 10년까지는 급격한 증가를 보이다가 그 후부터는 대체로 80% 선을 유지하고 있다. 또한 하층식생(과중, 줄베짚기 등)도 피복도가 시공후 4년까지는 크게 증가하나 5년후부터는 감소하는 경향이 있었다.

하층식생의 감소는 상층식생에 의해 햇빛이 차단되어서 양성초류가 쇠퇴하는데 비해 내음성초류의 침입이 활발하지 못하기 때문이라 생각되며, 이 조사지에서 復舊工事施工後 2년이 경과한 山沙汰地에서는 높은 식생피복도를 나타내었

으나, 상층식생의 왕성한 생육으로 하층식생의 생육이 점점 쇠퇴해 가는 것으로 나타났다(復舊工事施行後 2년 경과된 지역). 復舊工事施工後의 피복도와 復舊工事非施行地에서의 피복도를 비교해 보면 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는 바와 같이 1차년도 조사지에는 山沙汰地 復舊工事施工後의 피복도가 평균 79%로 매우 양호한 피복상태를 보이고 있으나, 復舊工事非施行地에서는 평균 피복도가 10.7%로 낮은 피복도를 나타내었다. 또한 2차년도 조사지 復舊工事施行地는 피복도가 평균 82%, 復舊工事非施行地는 12%로 다소 피복도가 증가하였다.

1차년도 조사지에 復舊工事施行地에서 하부의 피복도는 82.1%, 상부는 76.7%로 하부의 피복도가 높게 나타났고, 復舊工事非施行地에서는 하부가 13.1%로 상부의 8.1% 보다는 높은 결과를 나타냈으며, 2차년도에도 유사한 결과를 얻었다. 이것은 침식에 의해 퇴적된 토사가 하부에 집적됨으로 인하여 양분 및 습도가 상부보다는 하부가 높아 식생생육에 양호한 조건이 제공되기 때문에 피복도에 영향을 주는 것이라 생각된다.

식생피복도가 높을수록 양호한 경관을 나타내며, 주위 산림보다 경관미가 뚜렷하므로 山沙汰發生地域에서는 경관적 측면이나 재해예방의 측면에서 반드시 復舊·綠化工事를 施行하여야 할 것으로 사료된다.

3. 復舊工事施行地의 綠化工法 分析

山沙汰地의 復舊工法에 있어서는 대부분 산비탈 돌흙막이공법, 녹화수종식재공법, 선베붙이기공법과 지표면 유출수의 배수를 위한 돌수로와 배수로를 많이 시공하였다. 조사대상지에서도 산비탈 돌쌓기를 하고 사면의 안정을 위해 단꿈기를 한 후 녹화수종을 식재한 復舊工法이 주요 공법이었다.

이 조사대상지의 主要 復舊工法은 녹화수종 식재가 13개소로 가장 많고, 다음이 산복 비탈면돌쌓기 10개소, 비탈면단꿈기 10개소, 배수로 8개소, 돌수로 5개소, 돌망태구쪽막이 4개소이고, 비탈바자얌기, 선베붙이기, 기슭막이를 施行한 곳이 각각 1개소이다. 특이한 것은 최근에 山沙汰地나 절개지에 많이 시공되는 비탈 흙포대(마대)흙막이가 7개소에 적용되어 앞으로의 綠化工法에 많이 응용될 것으로 사료된다.

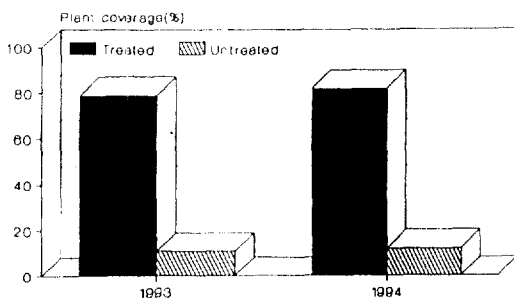


Fig. 2. Vegetation coverage of the Landslide scar

조사대상지의 山沙汰가 대부분 곡두와 凹형사 塹인인 있으나 평상지의 수분보유상태가 높아 식 면에서 많이 발생하는 것은 강우수의 집적량에도 塹의 근계발달이 빈약한 것도 한 원인이 될 수

Table 3. Importance value (%) of surveyed area

Korean name	Scientific name	Around Vegetation		1993		1994	
		Tre.	Untre.	Tre.	Untre.	Tre.	Untre.
갈참나무	<i>Quercus aliena</i>		0.58				
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>	1.49		1.57		1.39	
거망초	<i>Erigeron annuus</i>		0.57		0.63		0.71
거쭈부쟁이	<i>Aster ciliosus</i>	0.42					
거참나무	<i>Corylus heterophylla</i>	1.98	3.13	0.42	0.64	0.36	0.71
거북꼬리	<i>Boehmeria tricuspis</i>	0.28	1.4		2.5		3.3
고들빼기	<i>Youngia sonchifolia</i>	0.85					
고사리	<i>Pteridium aquilinum</i>	4.42	4.44	1.3	9.7	1	11.1
구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>		0.25				
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>	4.46	1.94	2.8	2.2	2.42	2.48
길쭉사초	<i>Carex bostrychostigma</i>			0.37		1.3	
김의털	<i>Festuca ovina</i>	1.75	1.87	1	0.77	1.87	0.8
깨풀	<i>Acalypha australis</i>	0.83	0.51	1.3	0.92	1.7	1
꼭두서니	<i>Rubia akane</i>					1	
꿀풀	<i>Prunella vulgaris</i>						4.92
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i>	0.87					
노루오줌	<i>Astilbe chinensis</i>	0.36					
달맞이꽃	<i>Oenothera odorata</i>	0.35					4.75
닭의장풀	<i>Commelina communis</i>	3.8	0.52	3.1	2.1	3.34	2.46
대사초	<i>Carex siderosticta</i>	1.86	0.83				
떡갈나무	<i>Quercus dentata</i>	2.29	2.99				
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>	11	13				
마타리	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>			0.41		0.36	
망초	<i>Erigeron canadensis</i>	2.48	1.99	5	4.4	4.4	5.42
며느리 밭셋개	<i>Persicaria senticosa</i>	3.2	1.2	5.1	0.97	4.5	1
물봉선	<i>Impatiens textori</i>	1.86		2.1		1.91	
바랭이	<i>Digitaria sanguinalis</i>	1.75	1.97	4.1	0.8	4.4	0.79
밤나무	<i>Castanea crenata</i>	3.78	3.17				
팜나무	<i>Rhus chinensis</i>	0.69		0.31		0.26	
뽕나무	<i>Morus alba</i>	0.96					
산딸기	<i>Rubus crataegifolius</i>	1.42	2.97	2.4	4.8	2.34	5.42
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>	2.67	0.26	0.29	0.56	0.72	0.58
산철쭉	<i>Rhododendron yedoense</i>	1.44	1.59		0.79		0.97
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>	3.44	5.3	0.28	1.3	0.29	1.42
새	<i>Arundinella hirta</i>	2.9	2.2	20	0.7	18.9	3.9
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i>	3.17	0.54		0.64		0.7
세잎양지꽃	<i>Potentilla freyniana</i>	2	2.1	2	2.2	1.73	2.37
신갈나무	<i>Quercus mongolica</i>	3.76	0.27	0.8	2.6	0.69	2.97
실새	<i>Calamagrostis arundinacea</i>		5.5				
쑥	<i>Artemisia princeps</i>	3.63	2.48	8	6.7	7.3	8.5
아까시나무	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	4.9	4.87	12.17	13	11.2	17.4
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>	6.5	3.18	5.4	8.9	6.33	10.9
영강취	<i>Cirsium japonicum</i>	0.75	0.9	1	3.6	0.88	5.32
여뀌	<i>Persicaria hydropiper</i>			0.37		0.31	5.1
으리나무	<i>Alnus japonica</i>	0.3	0.33	2.1	0.56	1.78	0.58
웃나무	<i>Rhus verniciflua</i>	2.73			1.18	0.78	1.26
일본일갈나무	<i>Larix leptolepis</i>	1.9	2.33				
자귀나무	<i>Albizzia julibrissin</i>	0.28	0.78	0.26			3.8
잔디	<i>Zoysia japonica</i>		2.49				
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>		1.27				
죽채비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i>		0.26				
줄참나무	<i>Quercus serrata</i>	2.88	8.74		5.3		7.2
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.58	0.6				
질경이	<i>Plantago asiatica</i>		0.38		0.98		1
쐨레	<i>Rosa multiflora</i>		0.27				
찰싸리	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	2.9	3.9	15.29	19	14.38	25.8
청미래덩굴	<i>Smilax china</i>	0.56	1				
초피나무	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	0.36	0.93	0.28	1.28	0.72	1.42
읍취	<i>Ligularia fischeri</i>	0.34	0.76				3.2
킴	<i>Pueraria thunbergiana</i>						0.22
큰까치수영	<i>Lysimachia clethroides</i>	2.25	2.29	0.3		0.24	

* Note : Tre. - Treated landslided scar
Untre. - Untreted landslided scar

있다. 조사지역중에서 復舊工事非施行地는 대부분 포토의 붕괴가 많았고(14개소), 대부분 대경목이며, 심근성 수종인 상수리나무가 있는 지역에서는 山沙汰 피해가 적었다.

따라서 復舊工事時에도 山沙汰의 재발방지 및 피해감소를 위하여 심근성 수종과 혼합 파식하는 것이 효과적일 것이라 생각되며, 특히 대규모 붕괴되는 식생의 파식에 있어서 상층교목만을 식재하는 것이 아니라 주변환경과의 생태적환경을 고려해 상층·하층식생을 고르게 파식해야 할 것으로 생각된다.

4. 調査對象地の 植生重要度 比較分析

1차 조사(1993)의 경우 復舊工事施行地에서는 30종이 출현하였고, 復舊工事非施行地에서는 총 31종의 식생이 출현하였다. 또한 2차 조사(1994)의 경우 復舊工事施行地는 32종, 復舊工事非施行地는 35종이 출현해 식생종이 약간 증가하였다. 각 조사대상지의 식생중요도를 보면 表 3과 같다.

表 3에서와 같이 주변식생의 중요도는 리기다소나무(11%), 아까시나무(4.9%)가 가장 높은 수치를 보이며, 그 다음은 국수나무, 밤나무, 신갈나무 등의 순으로 나타났다. 초본으로는 참억새가 가장 높은 값(6.5%)을, 다음은 고사리, 닭의장풀, 쑥, 머느리밀싯개 등의 순이었다. 또한 復舊工事非施行地 주변식생도 리기다소나무가 13%로 가장 높은 값을 보였으며, 다음으로는 줄참나무, 상수리나무, 아까시나무로 나타나 과거의 사방수종들이 많이 나타났다.

이렇게 주변식생에서 리기다소나무와 아까시나무 외에 국수나무, 신갈나무 등이 우점한 것을 볼 때, 리기다소나무나 아까시나무같은 수종 외에 다른 수종의 식재도 고려하여야 할 것이다. 또한 復舊工事非施行地에서는 1차 조사시 참새

리, 억새, 고사리, 쑥, 산딸기, 망초 등이 주로 출현하였으며, 2차 조사시에도 유사한 경향을 보여 禹保命(1993)의 연구결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 復舊工事施行地에서는 녹화수종을 인위적으로 파종하거나 식재한 경우가 대부분이므로 녹화식생인 새, 참새리, 아까시나무 등의 중요도가 월등히 높아 자연적인 침입수종과는 대조를 이루고 있었다.

따라서 山沙汰地の 식생침입과 활착면에서 초기에는 싸리, 아까시나무, 새류, 쑥류 등이 유리할 것으로 생각되며, 山沙汰地 復舊工事に 이들 사생수종을 이용하기 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 調査對象地 植生構造 比較分析

山沙汰地에서 식생구조를 구명하기 위하여 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度 등을 분석한 결과는 表 4와 같다.

表 4에서와 같이 植生種면에서는 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地 모두 유사한 수치를 나타내고 있으며, 개체수를 보면, 復舊工事施行地가 매우 많아 녹화면이나 경관면에서 복구공사비시행지보다 효과가 있다고 생각된다.

種多樣度는 復舊工事施行地보다는 復舊工事非施行地가 다소 높은 수치를 나타내는 것을 볼 수 있는데, 이는 인위적인 復舊·綠化工法보다는 자연적인 식생착생이 種多樣度面에서는 유리하다는 것을 나타내고 있으나 붕괴지의 조기녹화 및 붕괴사면의 안정을 위해서는 반드시 復舊綠化를 하는 것이 효과적일 것이다.

最大種多樣度에서 復舊工事施行地가 높은 값을 나타내는 것은 단위면적당 개체수가 많아 앞으로의 종구성이 다양해질 가능성이 높다는 것을 나타내고 있다. 또한 均在度面에서도 種多樣度와

Table 4. Various species diversity values of surveyed area

Year	Indices	No. of Species	No. of Individ.	Diversity H'	Max. Diversity H' max	Evenness E'	Dominance D'
	Around Treated	47	546	1.4782	1.5911	0.9291	0.0709
	Vegetation Untreated	46	523	1.4539	1.5722	0.9247	0.0753
1993	Treated	30	1,921	1.0512	2.1374	0.4918	0.5082
	Untreated	29	169	1.2434	1.3466	0.9233	0.0767
1994	Treated	32	2,005	1.0907	2.1560	0.5059	0.4941
	Untreated	35	386	1.3534	1.4404	0.9396	0.0604

같이 復舊工事非施行地가 復舊工事施行地보다는 높게 나타났는데, 復舊工事施行地가 낮은 것은 공사시에 주요 사방용 수종 및 초종(싸리, 아까시나무, 재류)을 파종하였기 때문이라 생각된다.

따라서 山沙汰地에 있어서 녹화수종으로는 기존의 리기다소나무나 아까시나무 일변도의 사방수종만을 선정하기보다는 좀더 다양한 종을 이용하여야 할 것이며, 심근성 수종에 대한 이용도 고려해야 할 것이다. 또한 주변식생을 고려한 식생도입과 이에 대한 연구가 있어야 할 것으로 판단된다.

6. 植生 類似度 指數 分析

이 연구대상지의 類似度指數와 相異度指數를 보면 그림 3과 같이 1차 조사시에는 復舊工事施行地가 復舊工事非施行地(0.3866)보다 다소 높은 값(0.4671)을 보이고 있으나 2차 조사시에는 復舊工事非施行地(0.5052)가 復舊工事施行地(0.5027)보다 높게 나타나 復舊工事施行地가 더 빠른 속도로 주변식생과 유사한 상태로 진행되고 있는 것으로 판단된다. 한편 復舊工事施行地에서 類似度指數의 增加率이 낮은 것은 주로 녹화수종중심으로 파종과 식재가 이루어져 이들 수종이 먼저 우점하므로써 다른 주변식생의 침입을 막기 때문이라 생각된다.

이 조사에서 나타난 산사태지의 類似度指數는 徐丙秀 등(1991)과 Cox(1972)와는 다른 값을 보이고 있는데, 徐丙秀 등은 비탈면을 대상으로 했고, Cox는 연속된 동일군집을 대상으로 했다는 데서 차이가 있는 것으로 생각된다.

7. 植生의 遷移度 指數 分析

植生의 遷移度(DS)는 각 종의 우점도에 생활

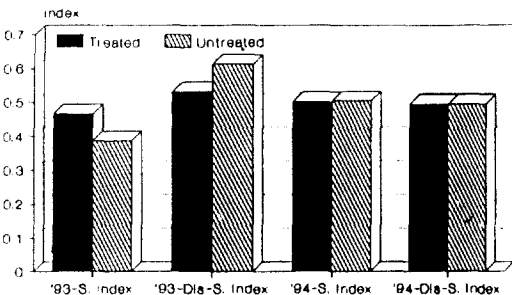


Fig. 3. Similarity and dissimilarity indices of landslide scars

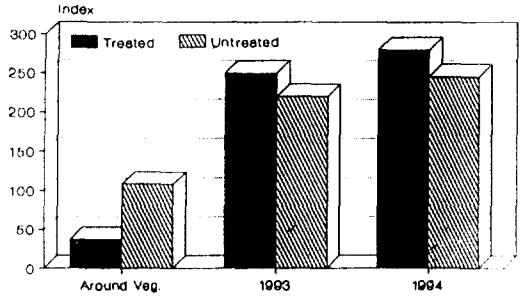


Fig. 4. Succession index of landslide scar

형에 의한 수치를 곱하기 때문에 그 값이 커지면 천이가 진행되는 것을 의미한다. 이 조사대상지의 遷移度指數를 보면 그림 4와 같으며, 復舊工事施行地와 復舊工事非施行地 모두 유사한 증가율을 나타내고 있어 遷移의 진행정도는 큰 차이가 없는 것으로 보인다.

그러나 復舊工事施行地는 녹화식생의 집중적인 파종과 식재로 인해, 復舊工事非施行地는 식생의 침입이 활발히 이루어지지 않음으로 인해 주변 자연식생의 천이지수와는 상이하다고 생각된다. 이 결과는 龜山章(1977, 1978)과 八神徳彦(1991)의 결과와 유사한 수치를 보여 山沙汰地에서는 切土地 및 盛土地에서의 초기 자연식생침입으로 비롯되는 천이상태와 비슷한 경향이 나타나는 것으로 판단된다.

IV. 結 論

山沙汰地에서의 자연적인 植生着生 및 植生回復過程을 究明하기 위하여 경기도(龍仁郡, 華城郡地域)에서 山沙汰 復舊工事施行地(14개소)와 復舊工事非施行地(14개소)를 대상으로 상하부에 조사구를 설치하여 1993년과 1994년에 식생조사를 하였으며, 현장조사자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 山沙汰 發生地의 붕괴지규모에 있어서 復舊工事 施行地(14개소)에서는 붕괴지 길이 50m 이하는 8개소, 51m 이상의 대규모 붕괴지는 6개소였으며, 復舊工事非施行地에서는 14개소가 모두 길이 50m 이하로 주로 소규모의 붕괴지에 대한 復舊工事が 누락되었으나 1994년에 추가로 대부분 復舊工事を 施行하였다. 山沙汰地의 평균경사도는 復舊工事施行地中에서

는 12개소, 復舊工事非施行地中에서는 10개소가 60% 이하에 분포하였으며, 토양경도지수는 거의 전지역에서 약 20mm 이하로 나타나 식성침입과 회복에는 지장이 없었다.

2. 復舊工事施行地の 식생피복도(82%)와 復舊工事非施行地の 피복도(12%)는 현저한 차이를 나타내었으므로 대규모의 山沙汰地에 대해서는 자연적인 식생침입·녹화를 기대하기는 곤란하였으며, 소규모의 山沙汰地에서도 자연적인 녹화에는 장구한 시일이 소요될 것이다. 또한 復舊工事施行地の 綠化工法을 보면 녹화수종식재(13개소), 산비탈면돌쌓기(10개소), 비탈면단풍기(10개소), 산비탈바자얌기, 선베붙이기가 각각 1개소이었으며, 최근에 많이 시공되는 마대흙막이가 7개소에 적용되어 앞으로의 붕괴지의 安定·綠化에 많이 이용될 것으로 판단되었다.
3. 이 조사대상지에서는 총 61종의 식생이 출현하였으며, 植生重要도가 가장 높은 식생은 山沙汰 復舊工事施行地에서 새, 참싸리, 아까시나무, 쑥 등의 순이었으며, 復舊工事非施行地에서는 참싸리, 억새, 고사리, 쑥, 산딸기, 국수나무, 망초 등의 순으로 나타나 山沙汰地의 초기 식생정착면에서는 싸리, 새류, 쑥류, 산딸기, 국수나무 등을 이용하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.
4. 種多樣도와 均在度面에서는 山沙汰의 復舊工事非施行地(1.2434~1.3534, 0.9233~0.9396)가 復舊工事施行地(1.0512~1.0907, 0.4918~0.5059)보다 높았으며, 우점도는 復舊工事施行地(0.5082~0.4941)가 復舊工事非施行地(0.0767~0.0604)보다 높은 값을 보였는데 이것은 復舊工事施行地가 싸리, 새 등의 녹화수종을 인위적으로 파종하여 주변식생의 침입을 막아 몇개 수종만 우점하였기 때문인 것으로 판단되었다.
5. 山沙汰地에서 주변식생과의 類似度指數를 보면 復舊工事施行地보다 復舊工事非施行地가 주변식생의 영향을 많이 받아 높은 값을 보이고 있으며, 遷移度指數面에서는 復舊工事施行地가 復舊工事非施行地에 비해 높았다. 따라서 집중적인 山沙汰地의 安定·綠化에는 초기 착생력이 큰 싸리, 새, 억새, 산딸기 등의 自生種에 대한 지속적인 연구와 주변환경의 생

태적인 환경을 고려한 녹화용수종의 다변화가 이루어져야 할 것이다.

引用文獻

1. 姜渭平. 1984. 山腹砂防工事施工地에 있어서地形과 植生回復. 韓國林學會誌 64: 42-46.
2. 京畿道. 1991. 龍仁·安城地區의 水害狀況圖.
3. 金甲德·金在生. 1983. 白雲山 森林群集의 植物社會學的 研究. 서울大學校 農科大學 演習林研究報告 19: 1-19.
4. 金甲德·金泰旭·金俊選. 1991. 全南 白雲山 伐採地球의 森林生態系 遷移에 관한 研究(I) - 全南 白雲山 北斜面 天然林의 個體群 分布 및 群集의 遷移 -. 서울大學校 農科大學 演習林研究報告 27: 54-64.
5. 金南椿. 1990. 道路비탈면 綠化에 사용되는 主要 草本植物의 地下部 生育이 土壤安定에 미치는 效果에 관한 研究. 韓國造景學會誌 18(2): 45-55.
6. 金昌鎬·鄭印九. 1975. 效果的인 荒廢地復舊를 위한 造景樹種의 選擇과 ha當 適正植栽 本數에 대한 研究. 韓國造景學會誌 5: 25-27.
7. 金泰旭·李景宰. 1986. 智異山 深元溪谷의 海拔高에 따른 植生構造의 變化. 서울大學校 農科大學 演習林研究報告 22: 10-24.
8. 馬相圭. 1979. 山沙汰發生地와 被害危險地의 環境學的 解析과 豫防對策 - 平昌地區를 中心으로 -. 韓國林學會誌 45: 11-25.
9. 朴炳益·高大植·朴鍾旻. 1986. 砂防造林地의 物質生産力에 관한 研究. 全北大學校 農大論文集 17: 79-85.
10. 徐丙秀·金世泉·李奎完·朴種賢·李昌憲. 1991. 智異山 國立公園 道路의 비탈면의 植生과 景觀分析에 관한 研究(I). 韓國造景學會誌 19(2): 75-91.
11. 禹保命. 1984. 韓國의 山沙汰地防 對策에 관한 研究. 韓國林學會誌 63: 51-60.
12. 禹保命·權台鎬·李宗學·金景河·李峻雨·麻鎬燮. 1986. 冠岳樹木園地域內 荒廢山地土壤의 肥沃化를 통한 綠化促進에 관한 研究(II). 서울大 農學研究 11(2-1): 7-14.

13. 禹保命・李峻雨. 1987. 林道切取斜面の 植物被覆度에 미치는 因子들의 影響. 서울大學校 農科大學 演習林研究報告 23 : 47-56.
14. 禹保命・權台鎬・金南椿. 1993. 林道비탈면의 自然植生 侵入과 效果的인 비탈면 綠化工法 開發에 關한 研究. 韓國林學會誌 82(4) : 381-395.
15. 李壽煜・金智文・宋鎬京. 1978. 荒廢地 土壤水分이 苗木의 生長 및 養分吸水에 미치는 影響. 韓國林學會誌 38 : 46-54.
16. 李天龍・朴烽宇. 1988. 山地 施肥에 關한 考察. 韓國林學會誌 77(1) : 109-115.
17. 李天龍. 1986. 土壤 및 植生變化에 따른 山地砂防工事의 效果에 關한 研究. 韓國造景學會誌 14(2) : 7-16.
18. 鄭印九・金昌浩. 1978. 韓國의 代表的인 山林土壤統에 對한 重要 造林樹種의 施肥效果 分析에 關한 研究(I). 韓國林學會誌 37 : 41-56.
19. 龜山章. 1977. 高速道路のり面の植生遷移について(I). 造園雜誌 41(1) : 23-33.
20. 龜山章. 1978. 高速道路のり面の植生遷移について(II). 造園雜誌 41(4) : 2-15.
21. 新谷 融・矢島 崇・内藤 滿. 1980. 林道法面における植生變化に關する研究. 北海道大演習林報告 37(1) : 165-208.
22. 八神德彦. 1991. 法面綠化における植生遷移. 林業土木 321 : 2-8.
23. Cox, G.W. 1972. Laboratory Manual of General Ecology Wm. C. Brown Co. 232pp.
24. Crutis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continue in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
25. Frissell, S.S. 1978. Judging Recreation Impacts on Wilderness Campsites. Journal of Forestry 76 : 481-483.
26. Settergren, C.D. and D.M. Cole. 1970. Recreation Effects on Soil and Vegetation in the Missouri Ozarks. Journal of Forestry 68(4) : 231-233.
27. Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The Mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana. 117pp.
28. Whittaker, R.H. 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities. Science. 147 : 250-260.