

林道 切土斜面の 侵入 植生에 대한 計量 生態學的 分析^{*}

金光澤¹⁾ · 金知洪²⁾

The Quantitative Ecological Analysis for Invading Vegetation on Forest Road Cut-slopes^{*}

Guang-Ze Jin¹⁾ and Ji Hong Kim²⁾

요 약

임도 절토사면에서의 자연식생의 침입과정과 천이과정을 구명하고, 침입속도가 빠르며 경관상으로 우수한 향토 식물종을 선별하기 위하여 '93, '95, '97, '98년도에 개설된 임도에 각각 15개, 총 60개의 1m×1m 표본구를 설치하고 침입식생의 생태적 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 절토사면의 식생 피복률은 입지인자 중 토양경도, 사면경사도와 고도의 상관을 나타냈고, 피복률이 높을수록 침입식물의 종수는 많은 것으로 나타났다.
2. 절토사면에서 목본류는 산딸기, 붉나무, 싸리, 호랑버들, 물오리나무, 소나무가 주요 우점수종으로 나타났고, 그중 산딸기는 열매로, 붉나무는 단풍으로 경관적 가치가 높았으며, 초본류는 고들빼기, 큰기름새, 큰까치수영이 모든 개설연도에서 우점도가 높았다. 고들빼기는 우점도가 높았을 뿐만 아니라 개화시기도 길었고(5~10월), 봄에는 세잎양지꽃, 고깔제비꽃, 여름에는 큰까치수영, 닭의장풀, 돌콩, 미꾸리뉘시, 달맞이꽃, 가을에는 넓은잎외잎쭈, 물봉선이 개화하면서 우점하였다.
3. 임도 개설 후, 시간이 지남에 따라 목본류의 종다양성지수는 증가하였고, 초본류는 감소하는 경향을 보였다.
4. 휴면형에 속하는 Th 생활형의 우점도는 임도 개설 초기에 높게 나타났으나, 그후 낮아지는 경향이 있었다. MM+M+N은 개설시간이 지남에 따라 증가하였고, Ch+H+G+Th+HH는 감소하였다.
5. 천이도는 '93, '95, '97, '98년도에 개설한 임도가 각각 359, 111, 97, 87로 임도 개설 연수가 지남에 따라 증가하였다.

ABSTRACT

This study was carried out to examine the process of plant succession through

^{*} 본 연구는 한국과학재단의 "북방농업의 개발과 연구협력" 연구비 지원에 의해서 수행된 연구 결과의 일부임.

1) 江原大學校 大學院 森林經營學科 : Department of Forest Management, Graduate School, Kangwon National University.

2) 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部 : Division of Forest Management, College of Forest Sciences, Kangwon National University.

vegetation invasion and to select appropriate endemic plant species for rapid stabilization and good visual effect on cut-slopes of forest roads. Establishing total of sixty 1m×1m sample plots, fifteen for each forest road constructed in the year of '93(six-year-old), '95(four-year-old), '97(two-year-old), and '98(one-year-old), the ecological attributes of invading vegetation on cut-slopes were analyzed. The results are summarized as follows:

1. The rate of vegetation coverage was highly associated with soil hardness and aspect of cut-slope. Higher rate of vegetation coverage was caused by larger number of invading plant species.
2. The dominant woody species were *Rubus crataegifolius*, *Rhus chinensis*, *Lespedeza bicolor*, *Salix hulteni*, *Alnus hirsuta*, and *Pinus densiflora*. The visual attractive for the fruit of *Rubus crataegifolius* and the autumn coloration of *Rhus chinensis* was noteworthy. The dominant herbaceous species were *Youngia sonchifolia*, *Spodiopogon sibiricus*, and *Lysimachia clethroides* in all study forest roads. Spring flower of *Potentilla freyniana* and *Viola rossii*; summer flower of *Lysimachia clethroides*, *Commelina communis*, *Glycine soja*, *Persicaria sieboldi*, and *Oenothera odorata*; and autumn flower of *Artemisia stolonifera* and *Impatiens textori* were abundant and remarkable.
3. The diversity index of woody species tended to be increased as years passed after construction, and that of herbaceous species were decreased.
4. The dominance of Th of dormancy form was early high in the first year of construction, getting decreased thereafter. And that of MM+M+N was increased as years passed after construction, but that of Ch+H+G+Th+HH was decreased.
5. The degrees of succession were estimated by 359, 111, 97, and 87 for the construction year of '93, '95, '97, and '98, respectively, increased as years passed after construction.

Key words : cut-slope, vegetation of invasion, degree of succession, native species

1. 머리말

임도는 산림의 종합적 이용과 임업경영의 합리화 및 임업생산의 기계화를 위한 기반 시설로써 1998년말 현재 총연장거리 13,517km에 이르며(산림청, 1999), 산림청은 2007년까지 총 29,100km를 확충할 예정이다(산림청, 1997). 그러나 임도는 낮은 시공 비용과 지형상의 특성으로 비탈면은 그대로 방치되어 침식과 토사유출 등의 환경문제와 경관 훼손을 불러일으키고 있으며 사회적으로도 부정적인 비판을 받고 있다. 이런 임도의 비탈면 피복은 대부분이 식생의 자연

침입에 의해 진행되고 부분적으로 외래식생을 도입하는 녹화공법을 쓰고 있으나, 계절적 변화감이 결여하는 등 주위 경관과의 이질성으로 인하여 자생식물을 이용하는 것이 자연환경과의 조화를 이루어 경관적인 면이나 유지 관리면에서 더욱 바람직하다.

비탈면의 식생피복에 대한 연구는 고속도로와 임도의 절개사면에서 식생침입에 대한 입지인자의 영향(禹保命과 李峻雨, 1987; 全權雨와 吳在萬, 1992), 초기 식생침입(北原等, 1968; 全權雨等, 1994)과 침입한 식생의 종구성 변화 및 천이 경향(丸山等, 1982, 1984; 禹保命等,

1996), 지역별 향토 식물종 선발(程龍鎬와 金在憲, 1994; 麻鎬燮 등, 1995)과 녹화공법(禹保命 등, 1993; 禹保命 등, 1996; 禹保命과 金慶勳, 1997) 등이 있다.

이 연구에서는 침입속도가 빠르고 우점도가 높으며 경관적으로도 우수한 향토 식물종을 선발하고 식생의 침입 및 천이과정을 구명하여 기존의 연구와 비교·분석함으로써 임도 절토사면에서의 식생의 침입과정에 대한 기초 정보를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 연구대상지

이 연구는 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림의 1993~1998년 사이에 개설된 임도(Table 1)를 대상으로 1999년 7월말에 조사하였다.

나. 조사방법

임도 개설 연도별 절토사면에 무작위로 1m×1m의 표본구를 각각 15개씩 총 60개 설치하여 식생조사와 사면구조 및 지형조사를 실시하였다.

(1) 식생조사

표본구내에 있는 모든 식물에 대해서는 종을 식별하고(李昌福, 1982), 개체수, 높이, 수관폭(초폭)을 조사하였다.

(2) 사면구조 및 지형조사

사면길이, 사면방향, 경사도(Suunto Clinometer

를 사용), 토양경도(山中式 土壤硬度計를 사용), 토성, 모암유형, 주위 식생 상황과 절토사면에 대한 주위식생의 비음여부 및 사면형태 등을 조사하였다.

다. 연구내용

(1) 임지 조건 및 임도 개설 연도별 피복률에 대한 분석

사면방향, 사면경사도, 사면길이, 토양경도 등 임지인자에 따른 식생 피복률의 변화와 절토사면에 침입한 종수와 피복률의 변화를 비교·분석하고 각 인자와 피복률 간의 상관계수를 산출하였으며 절토사면에 침입하는 종수와 피복률과의 관계 및 임도 개설 경과 연수에 따른 피복률 변화를 파악하였다.

(2) 식생구성상태 분석

상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 기초로 하는 중요치를 이용하여 식생구성을 파악하고(Curtis and McIntosh, 1951), 개화시기와 결실시기(李昌福, 1982; 高庚植과 金潤植, 1988; 宋柱澤 등, 1989)를 조사하여 월별 개화, 결실 및 가을철 단풍이 들어 경관상으로 우수하다고 판단되는 주요 우점종을 파악하였다.

(3) 임도 개설 연도별 침입식생의 종다양성 지수 비교

종구성 상태의 다양성을 나타내는 척도인 Shannon-Wiener의 종다양성지수(H') 산출하였다(Brower and Zar, 1977).

Table 1. The study forest roads by constructed year.

Constructed year	Section	Total distance(km)
1993	Bongmyeong office~Saemokhyeon	4.5
1995	Saemokhyeon~Bookbangri	7.3
1997	Saemokhyeon~Deuwoonjimnaegi	4.5
1998	Moolteu~Myeongnaegol	7.5

(4) 임도 개설 연도별 침입식생의 생활형 분석

생활형은 Numata식의 생활형 분류방법(李愚喆, 1996)에 의하여 출현 식생을 분류하고 임도 개설 연도별로 비교·분석하였다.

(5) 임도 개설 연도별 천이도(degree of succession, DS) 분석(沼田, 1961)

$$DS = \left\{ \left(\frac{\sum dl}{n} \right) \cdot v \right.$$

DS : 천이도

d : 積算優占度(중요치, 0~100%)

l : 生存年限(생활형별로 Th=1: H, G, Gh=10: N=50: M, MM=100)

n : 最小면적의 종수(이 연구에서는 편의상 最小면적을 1m²로 하고, 연도별 출현한 종수에 표본구수(15)를 나누어서 얻은 평균 종수를 最小면적의 종수로 하였음)

v : 피복률(0~100%)

3. 결과 및 고찰

가. 입지 조건에 따른 식생 피복률

이 지역의 임도는 개설 후, 성토사면에는 씨뿌리기공법에 의하여 부분적으로 녹화한 곳이 있으나, 절토사면은 녹화 처리를 하지 않았으며 식생의 자연침입에 의하여 부분적으로 피복되었다.

사면방향이 절토사면의 식생침입에 어떤 영향을 주는가를 알아보기 위하여 사면방향을 8방위로 나누어 평균 피복률을 계산하였다. 기왕의 연구에서는 남향에서 피복률이 가장 높았다고 하였으나(禹保命 等, 1993), 이 연구에서는 서북, 서남, 서향, 동향, 동남, 북향, 동북 순으로 나타났고, 남향에는 표본구가 존재하지 않았다(Fig. 1).

사면경사도는 대부분의 사면이 50° 이하로 분포되어 있었고, 대체로 50° 이하에서 피복률이 30~40%를 나타냈으며, 사면경사가 급할수록 식생 피복률은 25% 이하로 매우 낮게 나타났는데

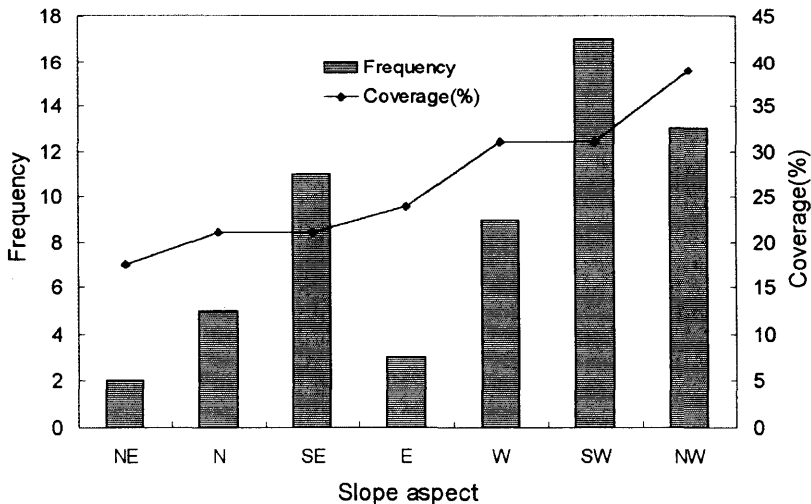


Fig. 1. Average rate of coverage and frequency of invading vegetation on forest road cut-slopes by slope aspect.

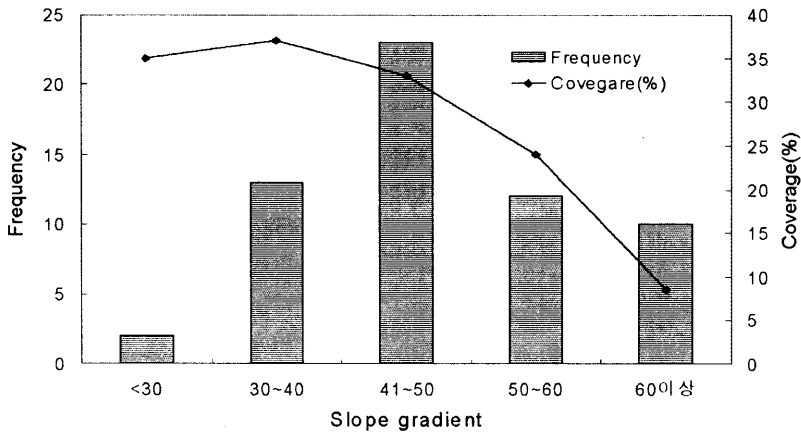


Fig. 2. Average rate of coverage and frequency of invading vegetation on forest road cut-slopes by slope gradient.

(Fig. 2), 이는 禹保命과 李峻雨(1987), 禹保命等(1993)의 연구결과와 유사하였다. 상관계수는 -0.3364로, 유의수준 0.01에서 상관관계가 존재하였다.

사면길이에 있어서는 대체로 6m이하에서 피복률이 높게 나타났고 사면길이가 길어짐에 따라 피복률도 낮아졌는데 新谷 等(1980), 禹保命과 李峻雨(1987)의 연구결과와 유사하였다. 조사 대상지의 절토사면은 70%이상이 6m이하로 되어 있었고(Fig. 3) 사면길이와 피복률의 상관계

수는 -0.1735로 추정되었다.

토양경도에 있어서는 대체로 6kg/cm²이하에서 피복률이 30%이상으로 비교적 양호하였고, 6kg/cm² 이상에서는 피복률이 20%이하로 떨어졌다(Fig. 4). 특히 암반지역에서는 대부분이 10%이하의 낮은 값을 보였으나, 암반에서도凹凸부분이 있는 곳은 흠이 쌓여 그 곳에 식생이 생육함으로써 피복률이 다소 높게 나타났다. 상관계수는 -0.4070로 피복률은 토양경도와 유의수준 0.01에서 상관관계가 존재하였다.

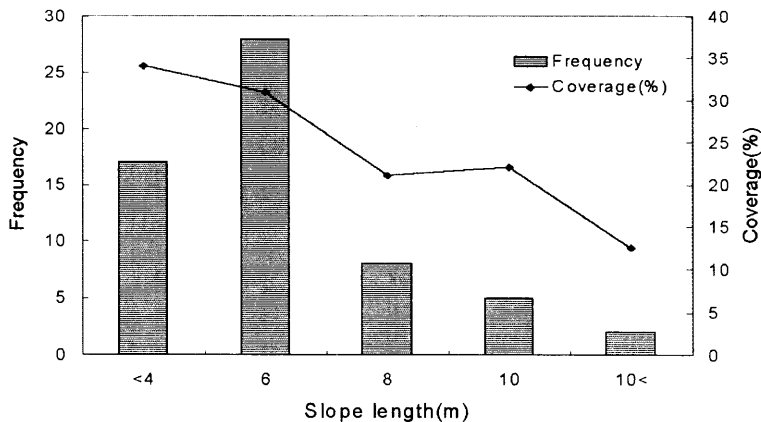


Fig. 3. Average rate of coverage and frequency of invading vegetation on forest road cut-slopes by slope length.

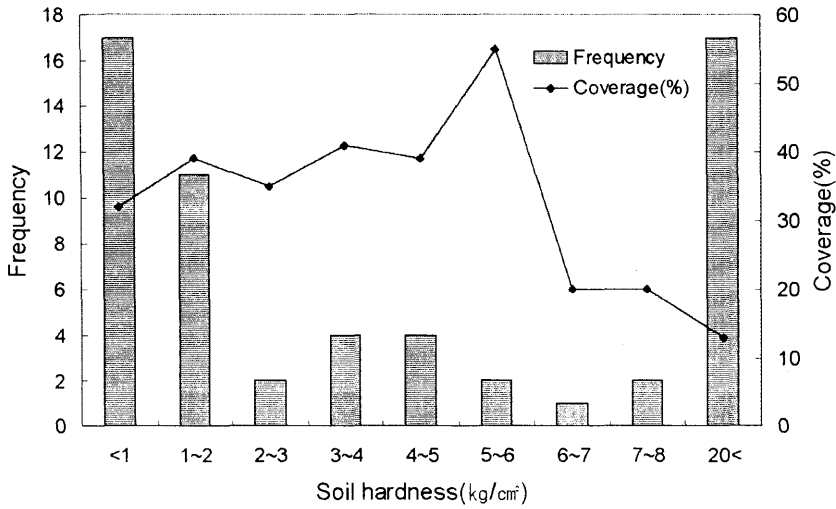


Fig. 4. Average rate of coverage and frequency of invading vegetation on forest road cut-slopes by soil hardness.

절토사면의 피복률이 높은 곳에서는 침입한 종 수도 많았고, 40%이상의 표본구에서 6~9종의 식물이 출현하는 것으로 파악되었으며(Fig. 5), 상관계수는 0.6457로 출현종수와 피복률은 유의 수준 0.01에서 상관관계가 존재하였다.

'93년에 개설한 임도의 절토사면의 평균 피복률은 49%로 식생침입이 비교적 양호하게 나타났으나 '95년도에 개설한 임도는 21%, '97년은 17%, '98년도는 30%로 비교적 낮게 나타나 임도 개설 후 시간이 지남에 따라 피복률은 대체적

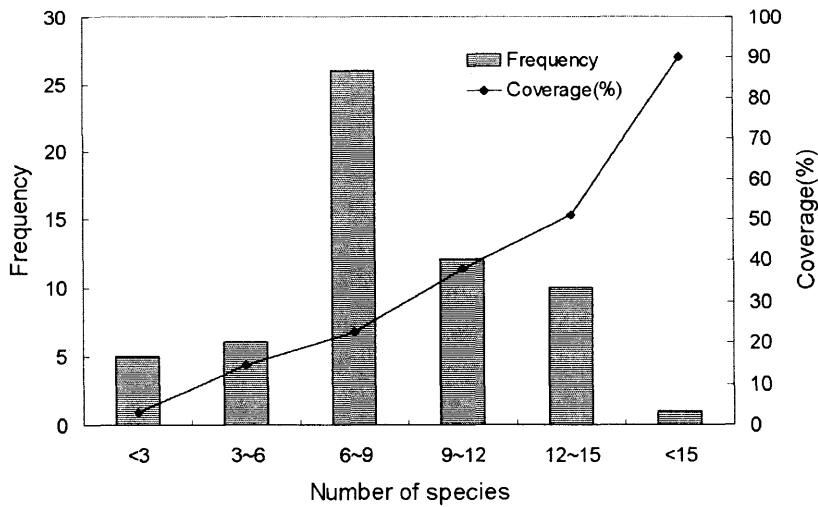


Fig. 5. Average rate of coverage and frequency of invading vegetation on forest road cut-slopes by number of species.

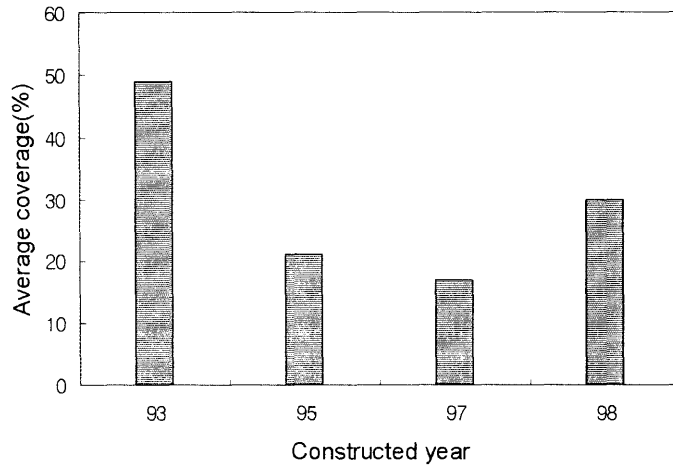


Fig. 6. Average rate of coverage of invading vegetation on forest road cut-slopes by constructed year.

으로 증가하는 경향을 나타내어 全權雨 等 (1998, 1999)의 연구결과와 유사하였다(Fig. 6). 상관계수는 -0.3233 로 유의수준 0.05 에서 상관관계가 존재하였다.

절토사면의 식생 피복률과 입지인자의 상관계수는 토양경도, 사면경사도, 사면방향, 사면길이 순으로 높게 나타났다.

나. 임도 개설 연도별 침입 식생의 구성상태

98년도 개설한 임도에서는 10종의 목본류가 출현하였고 물오리나무(23.5%), 붉나무(18.6%), 갯버들(16.9%), 산딸기(14.8%) 등의 목본식물이 우점종으로 나타났으며, 97년도에 개설한 임도에서는 15종의 목본류가 출현하여 종수는 98년도보다 다소 증가하였고, 산딸기(41.1%), 붉나무(13.3%)가 우점종으로 나타났다. 95년도에 개설한 임도에서는 산딸기(38.7%), 싸리(30%)가 우점종으로 나타났고, 10종의 목본류가 생육하고 있는 것으로 조사되어 종수는 '97년도보다 다소 떨어졌다. '93년도에 개설된 임도에서는 산

딸기(20%), 소나무(12.8%)가 우점종으로 조사되었고, 20종의 목본류가 출현하여 종수는 먼저 개설된 임도에서 더 많이 출현하여 대체로 개설한 후 시간이 지남에 따라 목본류의 종수는 증가하는 경향을 보였다. 각 개설 연도에서 산딸기는 모두 우점종인 것으로 조사되었고, 붉나무도 비교적 높은 값을 나타냈다. 싸리는 '98년도 개설한 임도에서는 조사되지 않았으나 '93, '95, '97년도에 개설한 임도에서 발생이 비교적 양호하였다. 호랑버들은 모든 개설 연도에서 모두 출현하였으나, 시간이 지남에 따라 우점률은 다소 떨어졌다(Table 2).

程龍鎬와 金在憲(1994)은 고속도로와 신도시 주택단지 주변의 절개사면을 연구한 결과, 싸리, 아까시나무, 자귀나무, 오리나무류, 산딸기, 좀개잎나무, 참나무류 등이 절토사면 녹화에 유용한 목본류라 하였고, 麻鎬燮 等(1995)은 全南 麗川 郡의 임도에서 산오리, 복분자딸기, 국수나무, 좀개잎나무, 명석딸기 등이 집중적으로 침입한다고 하였으며, 중부고속도로에서는 산딸기, 아까시나무, 칩, 소나무(禹保命 等, 1993)가 우점한다고

하여 지역적으로 우점하는 목본류는 다소 상이하였다.

98년도에 개설한 임도에서는 53종의 초본식물이 출현하였고, 강아지풀(13.4%), 닭의장풀(12.2%), 물봉선(9.3%)이 우점종으로 나타났으며, 97년도에 개설한 임도에서는 미꾸리뉘시(10.3%), 큰까치수영(9.1%)이 우점종으로 나타났고, 41종의 초본류가 출현하여 종수는 다소 감소하였다. 95년도에 개설한 임도에서는 36종의 초본류가 출현하였고, 넓은잎외잎쑥(12.2%), 방동사니(8.4%), 고들빼기(8.0%)가 우점종으로 나타났으며, 93년도에 개설한 임도에서는 돌콩(14.5%), 주름조개풀(12.8%), 큰기름새(10.8%), 고들빼기(9.1%)가 우점종으로 조사되었고, 38종의 초본류가 생육하고 있는 것으로 파악되어 임도 개설 연도별로 우점하는 초본류는 많이 다르게 나타났고, 임도 개설 후, 시간이 경과됨에 따라 초본류의 종수는 대체로 감소되는 경향을 보였다. 각 개설 연도에 모두 출현하면서 상대적으로 비교적 높은 우점률을 보이고 있는 초본류로는 고들빼기, 큰기름새, 큰까치수영으로 파악되었고, 돌콩, 넓은잎외잎쑥, 물봉선, 산겨울, 산박하, 세잎양지꽃, 기름새, 고깔제비꽃, 개망초도 각 개설 연도에서 모두 출현하였으며 상대적으로 발생이 양호한 편이었다 (Table 3).

麻鎬燮等(1995)은 쑥, 큰까치수영, 억새, 밀사초, 산겨울, 깨풀, 양지꽃, 닭의장풀, 주름조개풀이 우점한다고 하였고, 程龍鎬와 金在憲(1994)은 사철쑥, 산쑥, 개똥쑥, 쑥, 재비쑥 등의 쑥類와 새, 억새, 솔새와 같은 새類가 가장 높은 우점도를 나타냈다고 하였으며, 禹保命等(1993, 1996)은 새류, 큰까치수영, 쑥류가 우점하다고 하여 새류, 쑥류와 큰까치수영은 거의 모든 지역에서 우점종으로 나타났고, 고들빼기는 본 연구 대상지역에서만 우점종으로 나타났다.

월별 개화 식물을 조사·분석한 결과, 3월에는 3종류(목본류 3종류)가 개화하고 그중 물오리나무, 갯버들이 우세하였으며, 4월에는 13종류(목

본류 8종류, 초본류 5종류)가 개화하고 호랑버들, 세잎양지꽃이 우세하였다. 5월에는 개화하는 종수가 급격히 증가하여 35종류(목본류 17종류, 초본류 18종류)에 이르렀고 고깔제비꽃, 고들빼기, 세잎양지꽃, 알록제비꽃 등이 우세하였으며, 6월에는 31종류(목본류 5종류, 초본류 26종류)가 개화하였고 산딸기, 고들빼기, 큰까치수영, 미꾸리뉘시, 산박하가 우세하였다. 7월에는 51종류(목본류 5종류, 초본류 46종류)가 개화하고 싸리, 붉나무, 고들빼기, 큰까치수영, 돌콩, 닭의장풀, 미꾸리뉘시, 산박하, 방동사니, 달맞이꽃이 우세하였으며, 8월에는 개화 종수가 제일 많아 61종류(목본류 7종류, 초본류 54종류)에 이르렀고 싸리, 붉나무, 고들빼기, 큰까치수영, 돌콩, 닭의장풀, 넓은잎외잎쑥, 물봉선, 주름조개풀, 큰기름새가 우세하였다. 9월에는 38종류(목본류 4종류, 초본류 34종류)가 개화하였고, 싸리, 붉나무, 고들빼기, 방동사니, 넓은잎외잎쑥, 물봉선, 주름조개풀이 우세하였으며, 10월에는 개화하는 종류가 급격히 감소하여 초본류 7종류만 개화하는데 그중 고들빼기, 넓은잎외잎쑥이 우세하였다.

버드나무과의 식물들이 4~5월에 비교적 일찍 결실하였고, 대부분의 식물들은 9~10월에 결실하였으며, 그중 우점도가 높은 산딸기는 7~8월에 맺는 열매가 아름다웠다.

가을철 단풍이 아름다운 식물로는 일본잎갈나무, 생강나무, 산딸기, 산뽕나무, 붉나무, 담쟁이덩굴 등으로 조사되었고, 그중 산딸기와 붉나무의 우점도가 높았다.

달맞이꽃, 재쑥, 개망초, 망초, 돼지풀, 미국가막사리, 방가지똥 등 7종의 귀화식물이 출현하였고, 그중 근년에 들어와 전국에 급속히 퍼진 돼지풀은 알레르기성 질환을 일으키는 것으로 부정적인 평판을 받고 있으나, 달맞이꽃, 재쑥, 개망초, 망초, 방가지똥은 귀화역사가 길고(朴壽現, 1994), 전국에 널리 분포되어 있으며 노출된 토양의 안정화와 천이초기의 식생으로 긍정적인 평판을 받고 있다.

Table 2. Importance values for woody species on forest road cut-slopes by constructed year.

Species	Importance value(%)				Flowering time	Fruiting time
	1993	1995	1997	1998		
<i>Larix leptolepis</i>	2.2				5	9
<i>Pinus koraiensis</i>	2.9				5	10
<i>Pinus densiflora</i>	12.8				5~6	9~10
<i>Salix koreensis</i>				3.2	4	5
<i>Salix hulteni</i>	2.4	3.0	5.7	7.6	4	5
<i>Salix gracilistyla</i>	1.2	2.6		16.9	3~4	4~5
<i>Alnus hirsuta</i>	2.5			23.5	3~4	10
<i>Betula davurica</i>	1.2	5.1			5	10
<i>Quercus aliena</i>			2.0		5	10
<i>Quercus mongolica</i>	3.3	2.7			5	8
<i>Quercus serrata</i>		2.7			5	9
<i>Quercus variabilis</i>	2.7				5	10
<i>Ulmus davidiana</i>	5.3			2.9	4~5	5~6
<i>Morus bombycis</i>	1.3		2.1		4~5	7~8
<i>Lindera obtusiloba</i>	4.1		5.8		3	9
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>			1.9	3.0	4~5	9
<i>Stephanandra incisa</i>				4.5	5	10
<i>Rubus crataegifolius</i>	20.0	38.7	41.1	14.8	6	7~8
<i>Prunus sargentii</i>	1.5				4~5	6~7
<i>Lespedeza bicolor</i>	8.8	30.0	7.9		7~8	10
<i>Lespedeza maximowiczii</i>				4.9	6~7	9~10
<i>Pueraria thunbergiana</i>	1.9				8	9~10
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	8.4		2.0		8~9	
<i>Securinega suffruticosa</i>			3.1		6~8	9
<i>Rhus chinensis</i>	8.7	4.7	13.3	18.6	7~8	10
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>			2.0		6~7	8~9
<i>Actinidia arguta</i>	1.1		2.0		5	10
<i>Actinidia kolomikta</i>			2.0		5	9~10
<i>Aralia elata</i>		5.8	5.9		8~9	10
<i>Cornus controversa</i>	7.7		3.1		5	9
<i>Weigela subsessilis</i>		4.7			5	9

Table 3. Importance values for herbaceous species on forest road cut-slopes by constructed year.

Species	Importance value(%)				Flowering time	Fruiting time
	1993	1995	1997	1998		
<i>Equisetum arvense</i>			0.6	0.5		
<i>Athyrium yokoscense</i>		1.8	5.1	2.1		
<i>Athyrium niponicum</i>			3.1			
<i>Stipa sibirica</i>			3.2	0.5	8~9	10
<i>Eleusine indica</i>				1.1	7~8	10
<i>Setaria viridis</i>				13.4	7~8	10
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	12.8		5.3	1.0	8~9	10
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	1.3	4.0	0.5	2.2	9	10
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	10.8	5.5	1.8	2.1	8	10
<i>Carex humilis</i>	2.2	4.9	5.8	1.9		
<i>Carex siderosticta</i>			1.0			
<i>Cyperus amuricus</i>		8.4	0.6	1.7	7~9	
<i>Commelina communis</i>		4.0	2.3	12.2	7~8	
<i>Hemerocallis fulva</i>	1.2				7~8	
<i>Lilium concolor</i> var. <i>partheneion</i>	0.5				6~7	9
<i>Asparagus schoberioides</i>				0.4	5~6	
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	0.5				6~7	8
<i>Dioscorea batatas</i>			0.5		6~7	10
<i>Dioscorea nipponica</i>			0.7		8	10
<i>Humulus japonicus</i>	0.8			0.8	7~8	8
<i>Boehmeria tricuspis</i>	1.6			1.4	7~9	10
<i>Pilea mongolica</i>		0.5		1.6	7~9	
<i>Persicaria perfoliata</i>	1.2				7~9	10
<i>Persicaria thunbergii</i>	0.7			1.6	8~9	10
<i>Persicaria sieboldi</i>	0.6		10.3	1.2	6~8	10
<i>Persicaria hydropiper</i>		1.8		3.3	6~9	10
<i>Polygonum aviculare</i>				0.5	6~7	9
<i>Lychnis cognata</i>		0.5			7~8	9
<i>Pseudostellaria palibiniana</i>			1.5		4~5	6
<i>Clematis mandshurica</i>		0.6			6~8	9
<i>Aconitum triphyllum</i>			0.5		9	10
<i>Actaea asiatica</i>		0.6			6	9
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>				0.4	5~8	
<i>Corydalis speciosa</i>	0.6				4~6	8
<i>Corydalis incisa</i>		1.2			5	6
<i>Descurainia sophia</i>				0.7	5~6	10
<i>Sedum kamtschaticum</i>		2.5			6~7	9
<i>Sedum erythrostichum</i>		0.6			8~9	10
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>			6.0		7~8	9
<i>Saxifraga stolonifera</i>				0.8	5	10
<i>Potentilla dickinsii</i>			2.1	0.4	6~7	8
<i>Potentilla freyniana</i>	5.7	2.9	2.3	0.7	4~5	5
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	1.4	1.1	1.2		5~6	

Table 3 (Continued).

Species	Importance value(%)				Flowering time	Fruiting time
	1993	1995	1997	1998		
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>				1.5	7~8	10
<i>Kummerowia stipulacea</i>				0.6	8~9	
<i>Vicia unijuga</i>		0.8			7~8	10
<i>Phaseolus nipponensis</i>				0.5	8	11
<i>Glycine soja</i>	14.5	1.8	1.4	1.5	7~8	10
<i>Oxalis corniculata</i>	0.7		1.6	1.6	5~9	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	1.0				8~9	8~9
<i>mpatiens textori</i>	1.7	1.2	2.4	9.3	8~9	11
<i>Hypericum erectum</i>	0.6		0.9	1.8	7~8	9
<i>Viola rossii</i>	3.1	4.0	5.1	1.0	4~5	7
<i>Viola dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>			0.9		4~6	8
<i>Viola variegata</i>		6.2	1.4	0.8	5	
<i>Oenothera odorata</i>	2.6		4.5	1.5	7~9	10
<i>Pyrola japonica</i>		0.5			6~7	8
<i>Lysimachia barystachys</i>	0.5				6~8	8
<i>Lysimachia clethroides</i>	4.2	5.7	9.1	1.3	6~8	10
<i>Metaplexis japonica</i>	0.8				7~8	9
<i>Meehania urticifolia</i>	0.9	0.5	1.2	0.5	5	7
<i>Isodon inflexus</i>	0.6	4.4	4.9	2.1	6~8	
<i>Pedicularis resupinata</i>			1.0		8~9	10
<i>Rubia akane</i>	0.5				7~8	9
<i>Galium spurium</i>	0.6				5~6	
<i>Patrinia villosa</i>	1.3	0.6	0.7		7~8	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	2.5	0.4	0.7	0.5	8~9	10
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>				0.8	7~10	10
<i>Aster yomena</i>			0.6	4.9	7~10	10
<i>Aster tataricus</i>				0.4	7~10	10
<i>Aster scaber</i>	1.4	0.9	1.2		8~10	
<i>Erigeron annuus</i>	2.6	1.4	0.5	1.6	7~9	
<i>Erigeron canadensis</i>		2.2		1.2	7~9	
<i>Chrysanthemum boreale</i>		0.5		1.8	9~10	
<i>Artemisia japonica</i>	0.5	2.6	0.5	0.6	7~9	10
<i>Artemisia apiacea</i>				0.9	7~9	10
<i>Artemisia keiskeana</i>	1.9	2.5		1.0	7~9	10
<i>Artemisia stolonifera</i>	5.7	12.2	0.7	0.4	8~9	10
<i>Artemisia montana</i>			0.6	0.3	8~9	10
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>				2.3	7~9	10
<i>Siegesbeckia glabrescens</i>				1.0	8~9	10
<i>Bidens frondosa</i>				0.4	9~10	
<i>Ixeris dentata</i>	0.5				5~7	8
<i>Sonchus oleraceus</i>		2.9			5~9	10
<i>Youngia sonchifolia</i>	9.1	8.0	5.6	5.5	5~10	

다. 임도 개설 연도별 침입식생의 종다양성 비교

목본류의 종다양성지수는 93년도에 개설한 임도에서 2.489로 가장 높은 값을 보였고, 95, 97, 98년도에 개설한 임도는 각각 1.669, 2.061, 2.019로 산출되어, 임도 개설 후 시간이 지남에 따라 목본류의 종다양성지수는 대체로 높아지는 경향을 보였다.

초본류는 93, 95, 97, 98년도에 개설한 임도에서 각각 2.614, 3.025, 3.128, 3.093으로 비교적 높은 값을 보였고, 임도 개설 후 시간이 지남에 따라 초본류의 종다양성지수는 감소하는 경향을 보였다.

목본류의 균재도는 93년도와 98년도에 개설한 임도에서 0.833, 0.877로 비교적 높은 값을 보였고, 95년도와 97년도에 개설한 임도에서는 0.725, 0.761로 다소 떨어졌으나, 초본류는 93년도와 98년도에 개설한 임도에서 0.719, 0.779로 다소 낮았고, 95년도와 97년도에 개설한 임도에서 0.844, 0.842로 높게 나타났다 (Table 4).

라. 임도 개설 연도별 침입 식생의 생활형 구성

Table 5는 임도 개설 연도별로 Numata식의

생활형인 휴면형, 번식형(지하기관형과 산포기관형), 생육형에 포함되는 종수와 우점도(중요치)를 정리한 표이다.

휴면형에서 대고목(MM)은 93년도 개설한 임도에서 종수와 우점도가 타년도 개설된 임도에 비해 훨씬 높은 값을 보였고, 저목(N)은 98년도 개설된 임도에서 종수는 타년도와 유사한 값을 보였지만 우점도에 있어서는 낮은 값을 보였으며, 1년생식물(Th)은 98년도 개설한 임도에서 월등히 높은 값을 보였지만 타 연도에서는 우점률이 급격히 떨어졌고 HH(Th)도 우점률이 떨어지는 경향이였다. 93, 95, 97, 98년도에 개설한 임도에서 목본류(MM+M+N)는 31.3%, 15.8%, 22.4%, 10.6%의 우점률을 나타내었고, 초본류(Ch+H+G+Th+HH)는 68.7%, 84.2%, 77.6%, 89.4%의 우점률을 나타내어 임도 개설 경과 연수에 따라 목본류는 증가하고, 초본류는 감소하는 경향을 보였다.

번식형에서 지하기관형은 R₄가 우점도에 있어서 감소하는 추세였고, R₅는 거의 50%의 종수와 우점률을 보였으며, 산포기관형에서는 중력산포형으로 특별한 산포기관이 없이 중력에 의해 모체의 주변에 떨어지는 식물(D₄)이 종수나 우점도에서 50%의 높은 비율을 보였고 종수에 있어서는 감소하는 추세였다.

Table 4. Species diversity for invading vegetation on forest road cut-slopes by constructed year.

	Woody species				Herbaceous species			
	1993	1995	1997	1998	1993	1995	1997	1998
<i>R</i>	20	10	15	10	38	36	41	53
<i>H'</i>	2.489	1.669	2.061	2.019	2.614	3.025	3.128	3.093
<i>H max'</i>	2.996	2.303	2.708	2.303	3.638	3.584	3.714	3.970
<i>J'</i>	0.833	0.725	0.761	0.877	0.719	0.844	0.842	0.779
1- <i>J'</i>	0.167	0.275	0.239	0.123	0.281	0.156	0.158	0.221

R : Species richness; *H'* : Shannon-Wiener's diversity index;
H max' : Maximum diversity index from *H'*; *J'* : Evenness index, using *H'*;
 1-*J'* : Dominance index, using *H'*.

Table 5. Composition of invading vegetation life form on forest road cut-slopes by constructed year.

Life form*		Number of species				Importance value(%)				
		1993	1995	1997	1998	1993	1995	1997	1998	
Dormancy form	MM	11	3	3	3	10.8	1.4	1.3	2.7	
	M	4	3	7	2	5.6	3.3	7.2	3.7	
	N	4	5	5	5	14.3	11.6	13.8	4.4	
	Ch	5	3	6	7	9.8	3.5	6.9	9.6	
	H	12	15	17	15	29.1	41.3	34.8	17.4	
	G	9	5	9	4	6.5	9.7	15.3	3.9	
	Th(w)	5	5	3	8	9.9	12.2	7.4	11	
	Th	6	6	5	15	13.1	15.6	5.3	40.7	
	HH(Th)	2	1	1	3	0.9	1.5	8.0	6.1	
	HH							1	0.6	
Propagation form	Radicoid form	R ₂₋₃	5	4	6	7	8.9	23.4	11.8	6.9
		R ₃	12	13	14	15	22.8	16.5	29.9	20.7
		R _{3(b)}	3	2	4	2	3.1	5.5	5.9	1.5
		R ₄	8	4	7	8	12.2	4.5	17.4	19.2
		R ₅	29	23	23	31	52.3	50	33.7	51.8
		R _{5(s)}	1		1		0.6		0.4	
		R _(s)			1				1.0	
	Disseminule form	D ₁	13	11	10	12	17.2	21.4	13.2	15.6
		D _{1.2}				1				0.3
		D _{1.4}		1				0.7		
		D ₂	8	1	6	5	16.6	0.4	15.7	4.9
		D _{2.4}	2	1	3		1.9	0.4	2.9	
		D ₃	6	6	5	6	12.7	13.7	8.2	14
		D _{3.2}	1		1	1	0.5		1.2	1.3
		D ₄	25	25	29	33	48.6	62.1	47.6	56.2
D _{4.1}	3	1	2	4	2.5	1.5	11.2	7.4		
D _{4.2}				1				0.4		
Growth form	b	2	3		1	0.7	3.6		1.5	
	b,e				1				0.4	
	b-l	4		1	1	3.4		8.0	1	
	b-p	2	2	2	3	1.2	7	2.4	12.3	
	b-ps	2	2	2	1	12.9	3.4	3.3	0.5	
	e	30	22	23	23	57.1	51.1	39.6	33.4	
	e,b		1	1	4		1.5	0.4	4.4	
	t	3	4	6	7	9.1	6.8	14.9	20.5	
	l	3	1	5	2	1.6	0.6	2.1	1	
	l-b	2	1	1	1	2.4	5	1.0	1.3	
	p	1		1	1	3.1		3.7	0.8	
	p-b	1		1	1	0.6		1.2	1.3	
	p-ps	1	1	1		0.5	0.7	0.5		
	r	1	3	4	4	0.4	6.2	7.0	2.6	
pr	4	5	5	11	6.5	12.8	4.8	13.1		
ps	2	1	3	2	0.7	1.1	11.0	5.8		

* Life form classification and abbreviations were referred to Lee Woo Chul(1996).

생육형에서는 b-p는 임도 개설 시간이 지남에 따라 우점도가 떨어졌고 t와 pr는 종수와 우점도가 떨어지는 경향이었으며, 반면에 e는 종수와 우점도가 모두 증가하였고, b-ps는 우점도가 증가하였다.

丸山 等(1982)은 冷溫帶多雪地帶의 임도 절토사면에서 휴면형은 N, M, MM이 증가하고, H와 Th는 감소하며, 지하기관형은 R₄와 R₅는 격감하고, R₃는 증가하며, 산포형은 D₄는 감소하고, D₁은 증가한다고 하였다. 생육형에서는 t, p는 감소하고, pr, l은 약간 증가하며, e는 증가한다고 하여, 본 연구결과와 대체적으로 유사하였으나, 휴면형의 H, 지하산포형의 R₅, 생육형의 pr에서 차이를 보였다.

마. 임도 개설 연도별 천이도 추정

임도 개설 연도에 따라 절토사면의 천이의 진행을 정량화하기 위하여 沼田의 천이도를 산출하였다. 최소면적의 종수는 편의상 최소면적을 1m²로 하고, 연도별 출현한 종수에 표본수(15)를 나누어서 얻은 평균 종수를 최소면적의 종수로 하였다. 천이도는 98년도에 개설한 임도는 87, 97년도에 개설한 임도는 97, 95년도에 개설한

임도는 111, 93년도에 개설한 임도는 359로 산출되어, 임도 개설 후 연수가 지남에 따라 천이도는 높은 것으로 나타났다(Table 6).

4. 맺는말

임도는 임업의 자원화와 산업화에 반드시 필요한 기반시설이다. 그러나 낮은 시공비와 지형특성으로 대부분의 임도 절토사면의 녹화는 식생의 자연 침입에 의존하고 있어, 토사유출 등 여러 환경문제를 일으키고 있다. 이런 관점에서, 임도 절토사면에서 침입속도가 빠르고 우점도가 높으며 경관상으로 우수한 향토 식물을 선발하고, 자연식생의 침입과정을 파악하는 것은 의미있다 할 것이다.

절토사면의 식생 피복률은 입지인자 중 토양경도, 사면경사도와 고도의 상관을 나타냈고, 피복률이 높을수록 침입식물의 종수는 많은 것으로 나타났다. 목본류는 산딸기, 붉나무, 싸리, 호랑버들, 물오리나무, 소나무가 주요 우점종으로 나타났고, 그중 산딸기는 열매로, 붉나무는 단풍으로 경관적 가치가 높았으며, 초본류는 고들빼기,

Table 6. Degree of succession on forest road cut-slopes by constructed year.

Life form	Value of <i>l</i>	<i>d</i> (Importance value : %)			
		1993	1995	1997	1998
M, MM	100	16.4	4.6	8.6	6.3
N	50	14.3	11.6	13.8	4.4
Ch	10	9.8	3.5	6.9	10.3
H	10	29.1	41.3	34.8	17.4
G	10	6.5	9.7	15.3	3.9
Th*	1	23.9	29.2	20.7	57.7
<i>n</i>		58/15	46/15	56/15	63/15
Σdl		2832.7	1620.3	2138.7	1223.6
<i>v</i> (%)		49	21	17	30
DS		359	111	97	87

* Th included HH(Th)

큰기름새, 큰까치수영이 모든 개설 연도에서 우점도가 높았고, 돌콩, 넓은잎외잎쭉, 물봉선, 산거울, 산박하, 세잎양지꽃, 기름새, 고깔제비꽃, 개망초는 각 개설 연도에서 모두 출현하였으며 발생도 양호한 편이었다. 고들빼기는 우점도가 높았을 뿐만 아니라 개화시기도 길었고(5~10월), 봄에는 세잎양지꽃, 고깔제비꽃, 여름에는 큰까치수영, 닭의장풀, 돌콩, 미꾸리낙시, 달맞이꽃, 가을에는 넓은잎외잎쭉, 물봉선이 개화하면서 우점하였다. 임도 개설 후, 시간이 지남에 따라 목본류의 종다양성지수는 증가하였고, 초본류는 감소하는 경향을 보였다. 휴면형에 속하는 Th 생활형의 우점도는 임도 개설 초기에 높게 나타났으나, 그후 낮아지는 경향이 있었고, MM+M+N은 개설시간이 지남에 따라 증가하였으며, Ch+H+G+Th+HH는 감소하였다. 지하기관형의 R₁는 감소하는 추세였고, 산포기관형의 D₁는 중수에 있어서는 감소하는 추세였으며, 생육형의 b-p, t, pr는 시간이 지남에 따라 우점도가 떨어졌고, e, b-p는 증가하였다. 천이도는 93, 95, 97, 98년도에 개설한 임도가 각각 359, 111, 97, 87로 임도 개설 연수가 지남에 따라 증가하였다.

5. 인용 문헌

1. 高庚式, 金潤植. 1988. 原色韓國植物圖鑑. 아카데미서적. 500pp.
2. 麻鎬燮, 朴文秀, 全權石. 1995. 林道斜面的 植生 侵入에 關한 研究—屯田-鳳陽 林道を 對象으로—. 慶尙大 演習林研究報告 5 : 39-56.
3. 朴壽現. 1994. 韓國의 歸化植物에 關한 研究. 자연보존 85 : 39-49.
4. 산림청. 1997. 제4차 산림기본계획. 255pp.
5. 산림청. 1999. 간추린 임업통계. 63pp.
6. 宋柱澤, 鄭炫培, 金炳友, 秦熙成. 1989. 韓國植物大寶鑑(上卷). 韓國資源植物研究所第一出版社. 서울. 950pp.
7. 宋柱澤, 鄭炫培, 金炳友, 秦熙成. 1989. 韓國植物大寶鑑(下卷). 韓國資源植物研究所第一出版社. 서울. 950pp.
8. 禹保命, 權鎬鎬, 金南椿. 1993. 林道비탈면이 自然植生 侵入과 效果의인 비탈면綠化工法 開發에 關한 研究—一切取비탈면을 對象으로—. 韓國林學會誌 82(4) : 381-395.
9. 禹保命, 金南椿. 1997. 高速道路 切開비탈면에서 綠化工法 選定基準 設定에 關한 研究. 韓國林學會誌 86(4) : 476-488.
10. 禹保命, 金南椿, 金慶勳, 全起成. 1996. 高速道路 切土비탈면의 植生遷移過程에 關한 研究—中部高速道路를 中心으로—. 韓國林學會誌 85(3) : 347-359.
11. 禹保命, 李峻雨. 1987. 林道切取斜面的 植物被覆度에 미치는 因子들의 影響. 서울大 演習林報告 23 : 47-56.
12. 禹保命, 全起成, 金慶勳, 崔炯太. 1996. 高速道路 비탈면에서 周邊環境을 考慮한 綠化工法과 植生選拔에 關한 研究. 韓國林學會誌 85(4) : 619-633.
13. 李愚喆. 1996. 韓國植物名考. 아카데미서적. 서울. 1688pp.
14. 李昌福. 1982. 大韓植物圖鑑. 鄉文社. 서울. 990pp.
15. 전근우, 이상용, 이종규, 박완근, 염규진, 江崎次夫. 1999. 임도비탈면의 식생침입과 녹화공법 개발. 최근 임도사업의 현황과 연구동향('99한일공동심포지움), 1-16.
16. 全槿雨, 朴完根, 廉圭眞, 徐門原, 柳錫仁, 江崎次夫. 1998. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(IX)—開設後 5年間의 植生侵入 變化—. 江原大 學術林研究誌 18 : 95-114.
17. 全槿雨, 吳在萬. 1992. 林道斜面的 土砂流出과 植生侵入에 關한 研究(I). 江原大 演習林研究報告 15 : 39-58.
18. 全槿雨, 車斗松, 朴完根, 吳在萬. 1994. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(VI)—開設後 初期年의 植生侵入 變化—. 江原大 演習林研究報告 14 : 121-134.
19. 程龍鎬, 金在憲. 1994. 切開斜面 綠化工을 위한 有用 鄉土種 選拔. 林研研報 49 : 110-120.

20. 北原 曜, 眞島征夫, 清水 晃. 1986. 林道切取法面における木本侵入の初期過程(I)裸地法面におけるカンパ類侵入阻害要因. 日本林學會誌 68(5) : 171-179.
21. 沼田 眞. 1961. 生態遷移における問題点. 生物科學 13(4) : 146-152.
22. 新谷 融, 矢島 崇, 内藤 満. 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.
23. 丸山幸平, 土井 功, 石河 満, 志田武司. 1982. 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移(II) 7年間の傾向. 日本林學會誌 64(11) : 429-437.
24. 丸山幸平, 志田武司, 石河 満, 浅井涌太郎. 1984. 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移(III) 在來種および在來種中の木本植物の侵入について. 日本林學會誌 66(2) : 43-51.
25. 丸山幸平, 志田武司, 石河 満, 浅井涌太郎. 1984. 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移(IV)種類組成の變化. 日本林學會誌 66(3) : 83-92.
26. 丸山幸平, 志田武司, 石河 満, 浅井涌太郎. 1984. 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移(V)生活型組成と群落体制等の變化. 日本林學會誌 66(6) : 219-228.
27. Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 194pp.
28. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region Wisconsin. Ecology 9 : 161-166.