

# 高速道路 切土비탈면의 植生遷移過程에 關한 研究<sup>1</sup>

- 中部高速道路를 中心으로 -  
禹保命<sup>2</sup> · 金南禧<sup>3</sup> · 金慶勳<sup>4</sup> · 全起成<sup>4</sup>

## A Study on Plant Succession Stages of Highway Cut-slope<sup>1</sup>

- In case study on Joongbu-highway -  
Bo-Myeong Woo<sup>2</sup>, Nam-Choon Kim<sup>3</sup>, Kyung-Hoon Kim<sup>4</sup> and Gi-Seong Jeon<sup>4</sup>

### 要 約

이 研究는 高速道路 切土비탈면에 1차적으로 도입된 植生의 生育狀況과 自然상태로 방치된 切土비탈면의 2次植生遷移狀況을 파악하기 위하여 1989년과 1995년에 中部高速道路를 대상으로 실시되었다. 切土비탈면에 自然 침입하여 生育이 왕성한 草本類는 참억새, 쭉, 솔새 등이었으며, 木本類로는 산딸기, 아까시나무, 칩, 소나무 등이었다. 또한 녹화공법 적용 단계에서 파종된 植生중 외래목초류로는 Weeping lovegrass의 生育이 우세하였다. 切土비탈면에 평메블이기공법에 의해 적용된 잔디(*Zoysia japonica*)의 生育비율은 비탈면 조성후 維持管理가 수반되지 않은 상태에서는 현저하게 감소하거나, 침입植生에 의해 피압 소멸되었으며, 주변植生의 영향으로 천이가 진행되어 초본류(多年生草本, 1年生草本)의 비율은 감소하였으며, 목본류(灌木類, 喬木類)의 출현비율이 증가하였다. 따라서 비탈면에 적용된 植生은 계속적인 維持管理가 수반되어야 하며, 綠化工法 적용시 生活力이 강한 草本類(野生草花類 포함) 및 木本類의 도입이 요망된다.

### ABSTRACT

This study was carried out to find the plant succession stage on highway cut-slopes. In order to analyze succession stage, plant survey with belt transect method was carried out in 1989 and 1995 at Joongbu-highway cut-slopes.

The results could be summarized as follows :

The mean plant coverage of cut-slope was 78.3%. Plant coverage of lower part area was higher than that of upper part area. Pioneer herb species on cut-slope were *Miscanthus* spp., *Arundinella* spp., *Artemisia* spp. etc., and pioneer woody species were *Rubus crataegifolius*, *Robinia pseudo-acacia*, *Pueraria thunbergiana*, *Pinus* spp. etc. Also, among the introduced turf grasses, *Eragrostis curvula* is the pioneer species. Due to short of maintenance works, *Zoysia japonica* which has been planted by sodding work was found to decrease or diminish gradually. The ratio of pioneer stage plants, domestic and introduced herb species, seems to decrease, while the ratio of woody species which are advanced stage plants seems to increase.

Maintenance works are needed to management and monitoring of plant succession on cut-slope, and

<sup>1</sup> 接受 1995년 11월 23일 Received on Nov. 23, 1995.

<sup>2</sup> 서울대학교 農業生命科學大學 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

<sup>3</sup> 檀國大學校 農科大學 觀賞園藝學科 Dept. of Ornamental Horticulture, College of Agriculture, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

<sup>4</sup> 서울대학교 農業生命科學大學 山林資源學科 大學院 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

use of herb and woody species will be effective.

*Key words* : Plant succession, highway cut-slope, pioneer stage plants, advanced stage plants, plant coverage

## 緒 論

국가의 기반 시설인 각종 도로의 신설, 확장 등 일련의 공사는 계속적으로 진행되고 있으며, 이에 따른 環境毀損의 문제가 심각해지고 있다(韓國道路公社, 1990). 국내에서는 훼손비탈면의 녹화를 위하여 土砂비탈면일 경우에 잔디 및 초목 종자의 도입과 식재 등을 병행하고 있으며, 岩盤비탈면의 경우는 일반적으로 덩굴식물을 이용하여 피복녹화하는 방법이 선택되고 있다(柳澤圭和李天龍, 1982; 禹保命, 1978, 1989). 또한 대규모의 암반비탈면이면서 경관적 중요성이 인식되는 곳에는 種子, 肥料, 土壤代用資材 등을 혼합한 種肥土뽀어붙이기공법이 적용되고 있다(韓國道路公社, 1995).

그러나 지금까지 도로 절개지 녹화는 도입된 외래초본류를 이용한 표면 안정 및 피복 위주의 급속녹화를 목표로 진행되어 왔다(道路綠化保全協會, 1974). 따라서 비탈면의 특성과 현지조건이 고려된 環境生態의인 綠化工法이 선별 적용되고 있지 않은 실정이며, 경관정비 또는 遷移의 방향을 장기적으로 예측하고 이를 반영시킨 녹화공법은 실행되지 못하고 있다(韓國道路公社, 1995).

우리 나라 도로비탈면 식생에 대한 조사는 최근에 많이 진행되고 있다. 이 연구의 조사대상인 중부고속도로(서울~남이)는 비교적 산악지대에 개설되어 있어 녹화를 위하여 다양한 공법이 적용되었으며, 식생의 정착도 비교적 양호한 편이라고 최근에 조사 연구된 바 있다(韓國道路公社, 1995).

비탈면의 植生遷移를 해명하기 위하여는 식생 분류시 분포상황을 고려하여야 하며, 천이계열을 규명하여 천이와 입지조건과의 관계를 파악하고, 각 식생군락의 특성을 검토하여야 한다. 천이도 분석을 위하여 龜山章(1976)은 상대우점도, 출현종수, 피복율, 생활형 조성에 의한 결과를 분석한 바 있다. 녹화공법을 적용한 암반비탈면에서는 초기에는 녹화초본류가 우세하지만, 시간이 경과할수록 초기 도입식생은 쇠퇴하게 되고, 침

입종이 들어와서 천이가 진행된다(吉田博宣, 1983; 江岐次夫等, 1986). 실제로 외래초본류 위주의 녹화는 초기녹화를 위해서는 바람직하지만, 수년이 경과한 후부터는 서서히 퇴화하는 경향이 있다(金南樞, 1991). 또한 비탈면에서는 재래 초·목본의 초기생육은 느리지만 토사유출의 억제 효과면에서는 오히려 외래초본류 보다 우수하다는 연구결과가 발표된 바 있다(道路綠化保全協會, 1979). 따라서 식생에 의한 초기조성속도의 차이는 있지만 외래도입초본류의 噴射播種에 의한 綠化보다는 재래관목과 초본류를 적절히 배합하는 식생형이 식생안정 및 토양보전 측면에서 우수하다고 볼 수 있다(江岐次夫, 1976; 金南樞, 1991).

고속도로 비탈면에서 출현한 목본식생은 죽재비싸리, 뽕자나무, 개나리, 참싸리, 명석딸기, 아까시나무가 주된 출현종이었다(金南樞, 1991). 徐丙秀等(1991)은 국립공원 지리산의 도로비탈면에 침입된 식생(또는 초본류)을 조사한 결과 쑥, 새 등의 출현율이 높다고 하였다. 또한 고속도로 절토사면의 초본식생을 조사한 결과 쑥, 재비쑥, 억새, 솔새, 새, 달맞이꽃, 개망초, 애기수영, 사철쑥, 새, 비수리, Weeping lovegrass, Tall fescue 등이 주종을 이루고 있다고 하였으며(金南樞, 1991), 임도비탈면의 경우는 새류, 큰까치수영, 쑥류 등의 침입이 빠르다고 하였다(禹保命等, 1993). 한편, 덩굴식물로는 마삭줄, 담쟁이덩굴, 인동덩굴, 으름덩굴, 칩, 청미래덩굴 등이 유용하다고 하였다(韓國道路公社, 1990).

비탈면의 경관에 대해서 吉田博宣(1983)은 침입목본이 많을수록 景觀選好度가 높다고 하였으며, 江岐次夫等(1986), 龜山章(1976), 伏見知道等(1979)은 비탈면에 침입하는 2차식생은 비탈면의 안정과 경관회복에 중요한 역할을 하며, 대체로 경관적인 면에서 우수한 녹화방법은 그 나라, 그 지역에 적합한 자생식물의 이용이라는 결론을 내리고 있다.

최근의 비탈면 녹화의 방향에 대하여는 외국에서 다양한 연구방향이 제시되고 있다. 도로 비탈면의 자연성 회복을 위하여 기존의 식생도를 이용하여, 도로건설에 따른 절토비탈면 식생의 변

화 상황을 파악하며, 컴퓨터 프로그램에 의한 시뮬레이션으로 녹화경관을 예측하고 있다(森本幸裕, 1993). 또한 植生景觀指標(Vegetation Landscape Index, VLI) =  $C \times dc \times dh \times di$  (C : 비탈면 식생의 전피도, dc : 우점종의 피도, dh : 우점종의 지상고, di : 생활형 분류에 의한 생존연한)를 이용하여 녹화방법 및 관리방안을 모색하고 있다(吉田博宣, 1983).

이상의 선행연구결과를 볼 때 고속도로 비탈면의 녹화공법 적용에는 초기정착을 위한 외래초본류의 도입과 향후 바람직한 植生型 및 景觀造成을 위하여 부분별한 외래 초종의 분사과중보다는 재래 목·초본류의 도입이 필요하다고 생각된다. 본 연구에서는 高速道路 切土비탈면에 1차적으로 도입된 식생의 生育狀況을 조사하고, 수년동안 事後維持管理가 적용되지 않고 자연상태로 방치된 상태에서 절토비탈면의 2차식생의 침입과 遷移關係를 조사하고자 하였다. 따라서 본 연구의 목적은 효과적인 유지관리 및 향후 녹화공법 적용시 사용될 植生の 選定을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

아울러 본 연구를 수행하는데 도움을 주신 韓國道路公社 姜洪烈 과장, 李文鎬 선생, 林業研究院의 朴在鉉 박사, 서울大學校 山林資源學科 山林環境保全工學研究室의 대학원생 여러분에게도 감사드립니다.

**材料 및 方法**

**1. 調查對象地의 選定**

본 연구를 수행하기 위하여 中部高速道路의 일부 구간(호법 J/C~광주 I/C)을 대상으로 조사구를 선정하였으며, 조사지의 위치는 그림 1에서와 같다. 조사대상지는 그림에서와 같이 중부고속도로의 광주 I/C(기점에서 12.4km 지점)에서 영동고속도로와 만나는 호법 J/C(40.7km 지점)까지의 총 28.3km를 대상으로 이 연구목적에 부합된다고 판단되는 절토비탈면을 대상으로 노선에 따라 상·하행 4개소씩 총 8개소를 임의로 선정하여 조사를 실시하였다.

그림 1에서와 같이 절토비탈면 조사구는 총 8개(상행선 4개소 C1~C4, 하행선 4개소 C5~C8)로 1989년 8월에 1차조사(녹화공법 적용후 2년 경과)를 하였으며, 1995년 9월에 동일 절토비

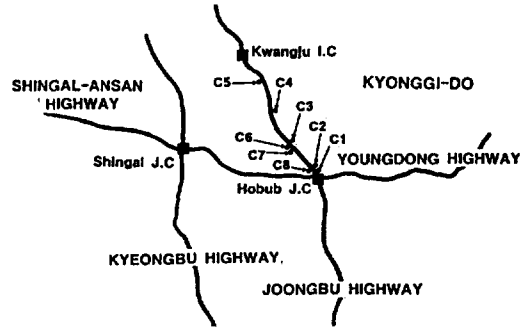


Fig. 1. Location map of surveying plot on Joongbu-highway

탈면을 대상으로 2차조사(녹화공법 적용후 8년 경과)를 실시하였다.

**2. 調查方法**

고속도로 절토비탈면을 구성하고 있는 立地因子, 植生因子 및 적용된 綠化工法을 조사하였으며, 현장에서 야장에 직접 기입하는 방법을 사용하였다.

**1) 立地因子 調査**

절토비탈면을 구성하는 입지인자로서 다음 항목들을 조사하였다.

- 비탈면 폭(m) - 절토비탈면 하단부의 직선거리를 측정
- 비탈면 길이(m) - 절토비탈면 중앙 하부에서 상부 주변 산림대까지의 사거리를 측정
- 비탈면 경사(%) - Clinometer를 이용하여 비탈면의 평균 경사를 측정
- 비탈면 방위(°) - Compass를 이용하여 비탈면의 평균 방위를 측정
- 토양경도(mm) - 山中式 토양경도계를 이용하여 비탈면 상부, 중부, 하부의 평균 토양경도를 측정(토양경도지수로 환산)
- 토양습도(%) - 간이 토양습도계를 이용하여 비탈면 상부, 중부, 하부의 평균 토양습도를 측정
- 토양산도(pH) - 간이 토양산도계를 이용하여 비탈면 상부, 중부, 하부의 평균 토양산도를 측정

**2) 植生調査**

절토비탈면을 세로로 4등분하여 Belt transect 방법으로 조사구를 설치하였으며, 조사구는 가로 2m×세로 2m 규모의 정방형구로 설치하였다. 식생조사구는 각 belt를 4등분하는 지점(상부, 중

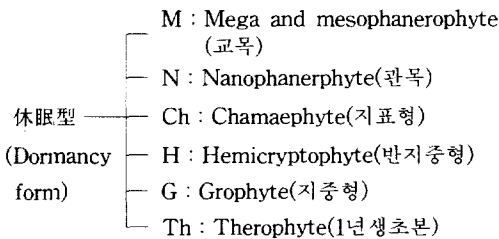
부, 하부) 및 주변산림지에 조사구를 총 12개를 설치하였으며, 조사구별로 식생피복도 및 출현종을 조사하였다.

또한 각 비탈면 위치별 遷移度는 龜山章(1976)의 다음 식에 의하여 분석하였다.

$$\text{천이도 DS} = [(\sum d \cdot l)/n] \cdot v$$

d : 상대우점도, n : 최소면적의 종수,  
v : 피복율  
1 : 생활형에 의한 분류(Th=1,  
G · H · Ch=10, N=50, M=100)

또한 Raunkiaer의 생활형 분류방법(Albert 등, 1974)에 의하여 출현 식생을 분류하였다.



3) 綠化工法 調査

조사대상 절토비탈면에 적용되어 있는 녹화공법별 현황 및 특징을 각 위치별로 조사하였다.

結果 및 考察

1. 調査對象地의 概況

비탈면을 조성하고 있는 環境因子들은 녹화의 성패여부에 중요한 영향을 미치고 있으며, 이들 인자에 의하여 녹화공법의 종류, 식생 등의 선정

이 달라지게 된다. 중부고속도로상에 선정된 조사대상 절토비탈면의 概況 및 環境因子 조사결과를 表 1에서와 같다.

조사대상지중 상행선에는 주로 남~남서향사면이, 하행선에는 북동사면이 분포하였다. 비탈면의 길이는 15m에서 45m 까지이며, 비탈면 하단부의 폭은 80m에서 300m 이었다. 비탈면의 경사는 약 80% 정도이었으며, C3, C5 조사구에서는 90% 이상의 급경사를 나타내었다.

土壤硬度(土壤硬度指數)는 8~16mm 사이로 비교적 식생 정착이 용이한 상태이었으며(江岐次夫等, 1986), 土壤濕度는 C2 조사구를 제외한 전 조사구에서 약 20% 이상으로 나타났다.

조사대상지에서 측정된 토양산도는 pH 6.4~6.9의 범위로서 약간 중성인 것으로 조사되었으며, 이는 韓國道路公社(1995)의 연구결과인 전국고속도로 절토비탈면의 평균 토양산도(pH 6.7~7.0)와 비슷한 범위에 있었으며, 산악지에 개설된 도로에서 측정된 값(pH 5.8~6.6범위; 徐丙秀等, 1991)보다는 약간 중성을 나타내었다.

조사대상 비탈면에는 주로 평매붙이기공법과 분사파종공법이 적용되었다. 그 중 C7(하행 32.4km) 지점에는 비탈면 하부에 콘크리트격자틀이 설치되었으며, 격자틀내에 평매붙이기공법이 병행되었다. 분사파종공법에 적용된 외래도입식생으로는 Creeping redfescue, Perennial ryegrass, Weeping lovegrass가 주로 생육하고 있었으며, 일부분에는 Orchard grass, Tall fescue가 조사되었다. 또한 목본식생으로는 싸리류와 비수리가 조사되었으며 이는 시공초기에 파종하였던 것으로 판단된다.

Table 1. Slope condition of surveying plot in the pass of Joongbu-highway

No.	Direction	Location (km)	Slope length (m)	Slope width (m)	Slope gradient (%)	Aspect	Hardness index (mm)	Moist. content (%)	Acidity (pH)	Revegetation measures*
C1	Upper	40.2	18	100	65	W	11.6	22.4	6.8	Sod, Seed
C2	Upper	39.0	25	150	72	SW	8.2	10.3	6.8	Sod
C3	Upper	30.5	28	300	95	W	16.2	46.2	6.4	Seed
C4	Upper	25.7	37	250	85	W	9.8	36.2	6.7	Sod
C5	Down	18.5	33	250	90	NE	13.8	20.4	6.9	Seed
C6	Down	30.8	34	150	80	NE	11.8	26.1	6.7	Seed
C7	Down	32.4	45	150	65	NE	13.7	34.3	6.6	Sod(Block)
C8	Down	39.0	15	80	80	NE	11.0	26.5	6.8	Sod, Seed

\* Sod : Block-sod pitching works, Seed : Hydro-seeding measures, Block : Latticed-block pitching works

조사대상 비탈면을 상부, 중부, 하부, 하단부와 주변부로 구분 조사한 결과(식생피복도)는 表 2에서와 같다.

식생피복도는 전체 비탈면에서 비슷한 분포를 보이고 있다. 상부(78.2%; 이하 식생피복도), 중부(77.5%)의 식생피복도는 상대적으로 하부(69.8%)의 식생피복도 보다 높게 조사되었다. 비탈면 상부는 주변 산림지에서 비탈면으로 목본종자가 유입되어 비교적 양호한 생육상황을 나타내고 있었으며, 비탈면 전체의 평균 식생피복도는 78.3% 이었다. 이는 韓國道路公社(1995)에서 조사한 바 있는 전국 고속도로 절토비탈면의 평균식생피복도인 약 63% 보다 높은 것으로 나타나 비교적 식생생육상태가 양호한 것으로 판단되었다.

절토비탈면을 구성하고 있는 환경인자의 상관분석 결과 비탈면 길이, 비탈면 폭, 비탈면 경사, 토양산도, 토양습도, 녹화공법 등의 인자는 식생피복도와는 유의성이 적은 것으로 분석되었다. 그러나 토양경도, 방위와는 부(-)의 상관을 나타내었으며, 이들 인자에 따라서 식생생육이 영향을 받는 것으로 나타났다. 이 중 조사대상 비탈면의 노선별(방위별) 식생피복도는 表 3과 같다.

조사대상 비탈면에 적용된 녹화공법별 식생피복도는 평폐불이기공법이 적용된 곳에서 평균 식생피복도는 82.3% 이었다. 분사파종공법이 적용된 비탈면에서는 평균 71.4%로 많은 차이가 있는 것으로 조사되었으며, 따라서 평폐불이기공법을 적용한 곳에서의 식생피복도가 상대적으로 양

호한 것으로 조사되었다.

노선별로 상행선(C1~C4; 방위 SW)과 하행선(C5~C8; 방위 NE)의 각 위치별 식생피복도를 비교하였을때, 비탈면 방위와 식생생육과의 관계는 약간 부(-)의 상관을 나타내고 있다. 이는 중부고속도로 개설 후 시간이 오래 경과되지 않아서 일조량의 차이에 의한 식생피복의 정도는 큰 차이가 나타나지 않고 있는 것으로 판단된다.

2. 切土비탈면 出現植生の 種構成的 變化

비탈면 출현식생의 연차별 相對優占度의 변화는 表 4에서와 같다.

조사비탈면의 각 위치에 모두 출현한 초본류는 개솔새, 달맞이꽃, 망초, 비수리, 솔새, 쑥, 참억새, 잔디, 제비꽃으로 조사되었으며, 이 결과는 金南樞(1991), 禹保命 等(1993)의 연구결과와 유사하였다. 이 중 개솔새, 솔새, 제비꽃은 주변 산림부에서는 출현하지 않았으며, 비탈면에서만 생육하고 있는 것으로 조사되었다. 상대우점도는 잔디(6.95; 이하 상대우점도 평균), 참억새(5.13), 쑥(4.14), 솔새(3.43)의 순으로 높게 조사되었다. 조사비탈면 8개소중 5개소에 시공한 평폐불이기공법의 영향으로 잔디의 우점도는 높게 조사되었으며, 1989년의 조사에서 높은 출현율을 나타내었던 김의털, 나도겨풀, 고들빼기, 갈퀴덩굴, 포아풀류, 벌개미취 등의 자연식생은 향후 목본류 및 다년생 초본류의 침입으로 피압 소멸되고, 참억새, 솔새 등의 벼과 식생 및 쑥 등 생육이 강

Table 2. Plant coverage(%) of surveyed plot in 1995

Location	Around area	Upper part of slope	Middle part of slope	Lower part of slope	Lower terrace
Plant coverage(%)	87.7	78.2	77.5	69.8	67.0
Average	78.3				

Table 3. Plant coverage(%) of each surveyed plot by revegetation measures and road direction in 1995

Location	Revegetation measures*		Direction	
	Sod	Seed	Upper(C1~C4)	Lower(C5~C8)
Around area	89.7	85.2	89.9	85.4
Upper part of slope	87.2	72.7	76.8	79.6
Middle part of slope	77.1	79.3	78.3	76.7
Lower part of slope	82.5	62.3	79.3	77.3
Lower terrace	66.3	73.0	65.0	69.0

\* Sod : Block-sod pitching works, Seed : Hydro-seeding measures

Table 4. Importance value of surveyed plants in 1989 and 1995

Scientific name	1989			1995				Life form	Flowering			
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Around		L	Spr.	Sum.	Aut.
HERB SPECIES												
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>							1.42	H				
<i>Beckmannia syzigachne</i>						0.70		Th	○			
<i>Festuca ovina</i>	1.32		0.60					H		○		
<i>Poa</i> spp.	3.08	12.59	7.31					Ch	○			
<i>Leersia japonica</i>	1.28		1.76					H				○
<i>Muhlenbergia japonica</i>		2.55	6.06					H				○
<i>Arundinella hirta</i>	0.92	1.69		22.12	27.65	6.78	5.37	H				○
<i>Setaria viridis</i>	2.38	1.49	1.39			1.7		Th		○		
<i>Digitaria sanguinalis</i>						0.35		Th		○		
<i>Oplismenus undulatifolius</i>			1.70					H				○
<i>Miscanthus sinensis</i>	3.91	1.50	2.18	17.73	0.45	5.02	7.43	Ch				○
<i>Spodiopogon cotulifer</i>							13.56	Ch		○		
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>japonica</i>	0.92	2.51	4.44	3.26	1.32	1.00		Ch		○		
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>	8.65	2.75	3.18	0.66	3.05	2.26		Ch		○		
<i>Commelina communis</i>	0.45		1.65		1.13	2.48		Th		○		
<i>Scilla scilloides</i>			0.52			0.25		G				○
<i>Humulus japonicus</i>						0.51		Th		○		
<i>Rumex acetocella</i>			0.79					H	○			
<i>Persicaria perfoliata</i>	2.54							Th		○		
<i>Persicaria seticosa</i>						0.40		Th		○		
<i>Persicaria hydropiper</i>	3.20	0.43	2.25		0.61			Th		○		
<i>Dianthus sinensis</i>	1.04	1.32			0.39			Ch		○		
<i>Pulsatilla koreana</i>								H	○			
<i>Ranunculus sceleratus</i> 6	0.40							Th	○			
<i>Capsella bursa-pastoris</i>						0.24		Th	○			
<i>Sedum sarmentosum</i>						0.25		Ch	○			
<i>Duchesnea chrysantha</i>				1.60				Ch	○			
<i>Potentilla discolor</i>		0.46						G	○			
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	1.77	0.58	0.50			5.50		Ch	○			
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1.97	0.51		4.03	1.46	0.86	0.65	H		○		
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>	1.93	2.75	2.78		1.33			Th		○		
<i>Lespedeza pilosa</i>	0.70							Ch				○
<i>Kummerowia striata</i>	2.52		2.45		0.39			Th		○		
<i>Aeschynomene indica</i>				0.85			3.19	Th		○		
<i>Phaseolus nipponensis</i>	0.40	0.64	0.42			0.37		Th		○		
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>					0.63	0.59		Th		○		
<i>Lotus corniculatus japonicus</i>						0.28		Ch		○		
<i>Trifolium repens</i>	0.59							Ch		○		
<i>Geranium sibiricum</i>		0.59						Ch		○		
<i>Acalypha australis</i>	0.41	0.58		0.57	0.52			Th		○		
<i>Phyllanthus ussuriensis</i>			0.46					Th		○		
<i>Viola mandshurica</i>	2.80	2.25	1.81	0.66	2.43	1.02		H	○			
<i>Oenothera odorata</i>	4.92	3.72	2.96	0.54	5.79	4.02	0.70	Th		○		
<i>Lysimachia clethroides</i>				0.57				H		○		
<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	0.44							H				○
<i>Metaplexis japonica</i>						1.30		H		○		
<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>linacina</i>			0.50			0.25		H	○			
<i>Mosla punctulata</i>		1.05						Th				○
<i>Elsholtzia splendens</i>					1.04	1.66		H				○
<i>Isodon inflexus</i>	0.41							H		○		

Table 4. Continue

Scientific name	1989			1995				Life form	L	Flowering		
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Around			Spr.	Sum.	Aut.
<i>Plantago asiatica</i>					0.63	0.48		H			○	
<i>Galium spurium</i>	2.07	2.11						Th		○		
<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	1.66					0.61		H			○	
<i>Patrinia villosa</i>				3.25		1.09		H			○	
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>						0.54		G			○	
<i>Leibnitzia anandria</i>	1.53	0.56						H			○	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	0.41		0.92					Th				○
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>					0.99	0.73		Ch				○
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>gigantea</i>					0.37	0.60		Ch				○
<i>Aster koraiensis</i>		1.71						H				○
<i>Aster yomena</i>	0.49	0.67	1.36	0.66		3.07	1.30	H				○
<i>Aster ciliolus</i>					0.86			H				○
<i>Aster scaber</i>					0.61			H				○
<i>Aster associatus</i>	1.30		0.97					H				○
<i>Erigeron annuus</i>			0.45			1.07		Th				○
<i>Erigeron canadensis</i>	5.76	2.72	3.34	1.14	0.50	1.78	1.29	Th				○
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>				2.43	0.99	0.80	1.72	Ch				○
<i>Artemisia capillaris</i>	2.39	5.60	8.37		3.73	4.82	1.09	Ch				○
<i>Artemisia japonica</i>	5.25	11.61	2.04					Ch				○
<i>Artemisia keiskeana</i>		1.59	0.62		1.65			Ch				○
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	4.58	4.48	5.98	1.32	5.67	2.83	1.71	Ch				○
<i>Atractylodes japonica</i>						0.25		H				○
<i>Cosmos bipinnatus</i>						0.39		Th				○
<i>Taraxacum officinale</i>					0.46	0.25		Ch				○
<i>Ixeris dentata</i>		0.46						Ch				○
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	1.83	2.82	3.81			0.77		Th				○
<i>Youngia denticulata</i>						1.33		Th				○
<i>Youngia sonchifolia</i>	0.89	0.64	7.91					Th				○
INTRODUCED SPECIES FOR REVEGETATION WORKS												
<i>Zoysia japonica</i>	6.71	9.89	12.81	2.09	6.16	4.02	1.09	Ch				○
<i>Agrostis palustris</i>	1.27	0.58	1.83			3.30		H				○
<i>Dactylis glomerata</i>					0.52	0.28		Ch				○
<i>Festuca arundinacea</i>	1.69	3.01	1.04		1.83	4.92		Ch				○
<i>Lolium perenne</i>						0.31		Th				○
<i>Eragrostis curvula</i>	4.80	7.75	1.45	2.09	8.34	1.37	2.17	Ch				○
<i>Lespedeza maximowiczii</i>				2.87			0.82	N				○
<i>Lespedeza bicolor</i>	1.18			1.05	2.00	0.33	1.24	N				○
<i>Lespedeza cuneata</i>	2.04	2.71	2.42	1.23	2.33	1.05	0.78	N				○
WOODY SPECIES												
<i>Pinus rigida</i>				1.05	1.20	0.38	2.71	M				○
<i>Pinus densiflora</i>	1.48			2.77			0.90	M				○
<i>Juniperus rigida</i>							2.09	M				○
<i>Populus tomentiglandulosa</i>							2.22	M				○
<i>Salix koreensis</i>						0.80		M				○
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>							3.22	M				○
<i>Alnus hirsuta</i>				7.94				M				○
<i>Castanea crenata</i>							0.92	M				○
<i>Quercus variabilis</i>	0.67			1.75			6.55	M				○
<i>Quercus mongolica</i>							4.95	M				○
<i>Clematis trichotoma</i>						0.80		N				○
<i>Cocculus trilobus</i>					0.49			N				○

Table 4. Continue

Scientific name	1989			1995			Life form	Flowering			
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower		Around	L	Spr.	Sum. Aut.
<i>Lindera obtusiloba</i>							2.21	N	○		
<i>Rubus crataegifolius</i>			0.42	8.28	4.67	1.19	7.54	N		○	
<i>Rubus oldhamii</i>				2.00		2.05	0.72	N	○		
<i>Rosa maximowicziana</i>			0.45		0.56	1.35		N		○	
<i>Pueraria thunbergiana</i>	1.22			1.99	1.01	0.40	4.01	N			○
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	1.86	0.55		2.57	1.43	2.00	3.32	M	○		
<i>Amorpha fruticosa</i>		1.45						N	○		
<i>Ailanthus altissima</i>							0.40	M	○		
<i>Securinega suffruticosa</i>							0.44	N		○	
<i>Rhus chinensis</i>				1.81			2.59	N		○	
<i>Rhus verniciflua</i>							2.70	M		○	
<i>Acer palmatum</i>				1.90			0.94	M	○		
<i>Rhododendron mucronulatum</i>					0.61			N	○		
<i>Rhododendron schippenbachii</i>				1.90			1.53	N	○		

\* Life form(Dormancy form)

M : Mega and mesophanerophyte, N : Nanophanerophyte, Ch : Chamaephyte,  
H : Hemicryptophyte, G : Grophyte, Th : Therophyte

한 저래종이 우점되어 가는 경향을 보이고 있다.

녹화공법 시공시에 사용된 외래목초류는 Creeping redfescue(CRF, *Agrostis palustris*), Orchard grass(OG, *Dactylis glomerata*), Perennial ryegrass(PRG, *Lolium perenne*), Tall fescue(TF, *Festuca arundinacea*), Weeping lovegrass(WLG, *Eragrostis curvula*) 등이 조사되었다. 이 중 WLG는 조사구 각 위치에서 모두 출현하였으며, 상대우점도는 4.3으로 전 초본류중 3번째로 높은 값을 보이고 있다. 이 결과는 녹화공사에 이용된 대부분의 외래초종은 파종후 3~4년 후에 쇠퇴하지만, WLG는 쇠퇴하는데 7~8년이 소요된다는 吉田博宣(1983)의 연구결과와 일치하는 것으로, 본 조사시점에서 WLG는 아직까지 번무하고 있는 것으로 조사되었다.

목본의 경우 89년 조사에서는 많이 출현하지 않았지만, 95년 조사에서는 산딸기(이하 평균 상대우점도, 3.42), 아까시나무(2.00), 칩(1.13), 리기다소나무(0.88) 등이 우점도가 높게 조사되었으며, 金南椿(1991)의 연구결과와 유사하였다. 그러나 89년 조사에서 출현한 굴참나무, 찔레꽃, 족제비차리 등은 주변 식생의 침입에 의하여 피압 소멸된 것으로 조사되었다. 또한 산오리나무는 초기 적용 식생이 계속적으로 생육하고 있는 비탈면의 중·하부와는 달리 절암벽면이 노출되어 있는 상층부에 자연적으로 침입하여 비교적 많은

개체수가 정착하여 생육하고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 본 조사에서는 조사구 선정상의 문제로 상부 산림부에서의 산오리나무의 출현은 측정되지 않은 것으로 보아 향후 식생조사구의 확대가 필요한 것으로 사료된다.

조사대상 비탈면에서 출현한 총 86종의 초본류 중에서 表 4에서와 같이 봄에 개화하는 초본류는 18종, 여름에 개화하는 초본류는 41종, 또한 가을에 개화하는 초본류는 28종 이었다(개화시기 동정이 불가능한 초본류는 제외). 이 중 봄에는 제비꽃이 우세하였으며, 여름부터 가을까지는 달맞이꽃이 우세하였다. 가을에는 구절초, 달맞이꽃, 쑥부쟁이 등의 국화과의 초본류 등의 생육이 우세하며, 비탈면 경관에 양호한 효과를 나타내고 있다. 향후 국내 수급종자의 도입시 종자산포 방식과 식생생존연환을 고려하여 구절초, 달맞이꽃 등의 초본류를 적용하는 것이 경관적인 면에서 좋을 것으로 사료된다.

조사대상 비탈면에서 출현한 전 식생의 種多樣度, 均在度 등을 분석한 결과는 表 5에서와 같다.

種多樣度는 1989년에 상부가 1.4251이었으며, 중·하부는 1.2373~1.2574로 비슷한 양상을 보이고 있으며, 95년에는 상부 1.3402, 하부 1.3719로 비슷하나 중부의 종다양도는 상대적으로 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이 결과는 지리산에 개설된 도로의 경우 종다양도는 평균 0.7~2.4 정도



**Table 5.** Comparison of species diversity indices on each part of slope

Site number	Indicies diversity(H')	Maximum H (H' <sub>max</sub> )	Evenness (J')	Dominance (1-J')
1989				
Upper part	1.4251	1.9609	0.7268	0.2732
Middle part	1.2574	2.0274	0.6202	0.3798
Lower part	1.2373	2.0091	0.6158	0.3842
1995				
Upper part	1.3902	2.3367	0.5950	0.4050
Middle part	1.0984	2.3820	0.4611	0.5389
Lower part	1.3719	2.2630	0.6062	0.3938
Around area	1.1149	1.7587	0.6339	0.3661

**Table 6.** Percent of plant coverage(%) of *Zoysia japonica* in 1989 and 1995(percent plant coverage : %)

Plot Location		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
1989	Upper(%)	22.27	4.14	--	--	--	--	1.23	0.25
	Middle	8.84	2.51	--	11.31	--	--	1.72	0.25
	Lower	5.89	1.96	--	57.43	--	--	2.45	--
1995	Upper	--	21.21	--	--	--	--	--	8.84
	Middle	19.44	9.42	--	--	--	--	0.39	13.94
	Lower	--	--	--	--	--	--	15.71	24.30
		(83.3)	(78.3)	(62.7)	(92.9)	(75.8)	(67.9)	(80.8)	(84.6)

\* ( ) means total plant coverage of all species

도의 범위를 나타낸다고 한 徐丙秀 等(1991)의 연구결과와 유사한 것으로 것으로 분석되었다.

또한 最大種多樣度는 전체적으로 높게 나타나고 있었으며, 95년도에는 약간 높아지는 경향(2.2630~2.3820)을 나타내었다. 종의 구성상태를 나타내는 均在度와 優占度는 초기단계에는 다양한 식생이 초기에 유입되어 89년의 균재도는 0.6158~0.7268의 범위를 보여 식생침입단계로 보여지고, 시공후 8년뒤인 95년에는 우점도가 0.3939~0.5384의 범위로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 조사대상지역이 산림지가 아닌 녹화식생을 인위적으로 조성한 곳이기 때문인 것으로 사료된다. 또한 종다양도가 상대적으로 낮은 중앙부는 우점도가 가장 높은 값(0.5389)을 나타내어 사후 식생관리상 계속적인 유지관리가 필요한 곳으로 판단된다.

**3. 綠化工法에 適用된 植生과 侵入植生**

녹화공법을 적용한 절토비탈면은 초기에는 파4 종된 종이 생육하고 있지만 시간이 경과할수록 도입된 초본류의 생육은 감소하고 2차천이 종들

이 침입하여 식생 생육은 양호해지고 있다(吉田博宣, 1983; 江岐次夫 等, 1986). 조사대상 비탈면중 총 5개소에 적용한 평떼불이기공법에 의하여 도입된 잔디의 각 조사구별 피복비율은 表 6에서와 같다.

초기에 평떼불이기공법에 의해 비탈면에 이식된 잔디(*Zoysia japonica*)의 상대피복율은 1989년에는 비교적 고르게 분포하고 있었으며, C4 조사구의 중부와 하부에서는 11.31~57.43%로 매우 높은 점유비율을 나타내었다.

1995년에 조사된 결과에 의하면 잔디의 피복비율은 C8 조사구에서만 전체 식생 피복도에서 차지하는 상대적인 비율이 증가하였으며, 피복도 역시 증가하였다. 그러나 C1~C7의 조사구에서는 피복율이 현저하게 감소하였으며, C4 조사구에서는 완전히 소멸되었다. C8 조사구는 계속적인 비탈면의 유지관리가 수반되어 아직까지 잔디의 생육상태가 양호하지만, 다른 조사구는 관리가 뒤따르지 않아서, 잔디의 생육 특성상 다른 목·초본류의 침입기회가 증가한 것으로 판단된다.

비탈면 녹화공사를 위하여 파종 또는 이식된 식

**Table 7.** Vegetational changes of herb, woody species and introduced species for revegetation works on each part of slope

Species	1989				1995				No. of species
	Importance value			No. of species	Importance value				
	Upper	Middle	Lower		Upper	Middle	Lower	Around	
Herb species	77.08	74.06	79.58	50*(79.4)	54.56	68.85	74.61	38.74	52(65.8)
Introduced s.	**17.69	23.94	19.55	6 ( 9.5)	9.33	21.18	15.58	5.01	9(11.4)
Woody species	5.23	2.00	0.87	7 (11.1)	36.11	9.97	9.81	56.25	18(22.8)

\* Unit area is 12m<sup>2</sup>(No. of Species)

\*\* Introduced s. means seeded/planted species for revegetation works

**Table 8.** Comparison of the No. of species and individuals of each part of slope(Unit : No./4m<sup>2</sup>)

Site number	No. of Species	No. of Individuals
1989		
Upper part	11.88	30.45
Middle part	11.11	35.42
Lower part	11.00	34.17
1995		
Upper part	4.31	72.38
Middle part	15.83	80.36
Lower part	19.13	61.00
Around area	7.75	19.13

생과 자연침입 식생의 종수 및 상대우점도는 表 7에서와 같다.

1989년에는 전체 63종의 출현종 중 녹화공법 적용당시 도입된 6종(9.5%)과 함께 50종(79.4%)의 초본과 7종(11.1%)의 목본이 출현하였다. 그러나 1995년에는 2차적으로 침입하여 생육하고 있는 초본의 비율이 65.8%로 초기상태보다 감소하였으며, 목본의 경우 22.8%로 2배 이상 증가하였다. 또한 초기에 녹화공사에 적용된 종은 1989년에는 6종이었지만, 주변 절토비탈면에 녹화시공시 적용된 외래목초류가 자연침입하여 종수는 증가한 것으로 조사되었다.

초기단계에 출현식생의 상대우점도를 비교하면 상부의 경우 목본의 비율이 높으며, 하부로 갈수록 초본의 비율이 우세한 것으로 나타났다. 또한 1995년에도 동일한 경향을 보이고는 있지만, 전체적으로 목본류의 침입이 증가하여 비탈면이 안정화되어가는 경향을 보이고 있다.

비탈면의 위치에 따른 분류에서 1995년에는 상

층의 경우 목본의 비율이 약 36.11% 정도로 높아진 반면 녹화공사에 적용된 식생이 점유하는 비율은 9.33%로 상당부분 감소한 것으로 조사되었다. 따라서 식생천이는 상층부의 자연식생으로부터 목초본류가 침입하여 천이가 진행되는 것으로 나타났다. 또한 비탈면 하부로 갈수록 목본의 생육보다는 초본이 우점되는 경향이 있으며, 비탈면 전체에 도입 또는 천이된 초본류는 자연식생과의 경쟁에 의해 하부에 집중되는 경향을 보이고 있다.

#### 4. 切土비탈면 出現植生の 種數 및 個體數의 變化

조사대상 비탈면에 출현한 전 식생의 각 위치별 개체수의 변화는 表 8에서와 같다.

절토비탈면의 출현종수는 1995년도 조사에서 높은 증가 경향을 나타내고 있다. 중부와 하부는 점진적인 식생의 침입으로 식생피복도는 증가하는 경향을 나타내었고, 하부의 경우 일년생 초본이 상층부에서부터 하부로 밀리면서 생육하는 관계로 종수는 약 2배 정도로 증가하였다. 반면 비탈면 상부의 경우는 약 11.9종에서 4.3종으로 매우 많은 감소를 보였다. 이 결과는 하부로 갈수록 종수의 변화는 크고, 하부에 식생이 집적된다는 小橋澄治 等(1982)의 연구결과와 일치하는 것으로 나타났다.

출현개체수는 점차적으로 증가되고 있는 경향을 보이고 있으며, 4m<sup>2</sup> 당 약 30여 개체수에서 약 70여 개체수로 증가하였다. 출현종수의 경우 중부, 하부로 갈수록 증가하는 경향을 보였으나, 출현개체수는 중부에서 평균 80여개체로 가장 많이 증가하였으며, 오히려 상부, 하부에서는 상대적으로 적은 개체수가 조사되는 상이한 결과를 나타내었다.

5. 切土비탈면 植生の 遷移度 分析

조사지역의 식생 생육형태를 분석하기 위하여 다음과 같은 Raunkiaer의 生活形분류를 실시하였다. 고속도로 절토비탈면(주변식생은 제외)에 출현한 식생을 生活形 조성에 따라 분류한 것은 表 9에서와 같다.

조사대상지의 식생조성 형태는 고속도로 절토비탈면 녹화공사 시공후 2년이 경과한 1989년에는 총 63종이 출현하였으며, 이중 Th형(1년생초본, 28.5%), Ch형(지표형, 다년생초본류, 27.0%)과 H(지중형, 다년생초본류, 27.0%)가 대부분을 차지하고 있다. 또한 교목(M형)과 관목(N형)의 비율은 각각 4.8%, 9.5%로 초본류에 의한 식생정착의 초기단계라고 판단된다.

녹화공사 시공후 8년이 경과한 1995년에 조사한 결과 전 출현종수는 79종으로 증가하였다. 식생의 생활형은 Th형(26.6%), Ch형(25.3%), H형(19.0%)의 초본의 비율이 상대적으로 감소하였으며, 교목(M형, 10.1%)과 관목류(N형, 16.5%)의 비율이 증가하는 것으로 보아 목본류의 침입은 주변산림의 영향을 받는 것으로 생각되었다.

조사대상 비탈면의 각 위치별 遷移度(龜山章, 1976)를 분석한 결과는 表 10에서와 같다. 각 위치의 천이도는 상층부(112.5→684.7)와 중층부(87.6→178.9)에서 급격히 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 비탈면 하부의 경우는 1989년과 거의 비슷한 천이도를 나타내고 있다. 하부의 식생이 목본보다는 초본위주의 군락으로 구성되어 감에 따라 식생천이상태는 다른 위치보다 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다.

結 論

고속도로 切土비탈면에 1차적으로 도입된 식생의 生育狀況과 자연상태로 방치된 절토비탈면의 2次植生遷移狀況을 파악하기 위하여 1989년과 1995년에 中部高速道路를 대상으로 조사 분석한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 切土비탈면에 자연 침입하여 생육하고 있는 식물종의 相對優占度는 참억새, 쭉, 솔새 등의 순으로 높게 조사되었으며, 목본류로는 산딸기, 아까시나무, 칩, 리기다소나무의 순으로 침입하고 있는 것으로 조사되었다.
2. 綠化工事 시공시에 적용된 식생중 외래목초본류로는 Weeping lovegrass의 생육이 우세하였으며, 평떼불이공법에 의해 적용된 잔디(*Zoysia japonica*)의 생육은 비탈면 維持管理가 수반되지 않은 상태에서는 현저하게 감소하거나, 침입식생에 의해 피압 소멸되었다.
3. 切土비탈면의 出現種數는 비탈면 하부로 갈수록 증가하는 것으로 조사되었으며, 出現個體數는 중부가 가장 높은 것으로 조사되었다. 절토비탈면에 출현한 식생중 초본의 비율은 감소하였으며, 주변식생의 영향을 받아 목본류의 점유비율이 증가하였다.
4. 切土비탈면 출현식생의 生活型조성 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다. 또한 遷移度 분석 결과 상부와 중부에서 급격히 증가하였으며, 주변식생으로

Table 9. Comparison of life form in 1989 and 1995

Life Form	Th	Ch	G	H	N	M	Total
1989	18 (28.5)	17 (27.0)	2 (3.2)	17 (27.0)	6 (9.5)	3 (4.8)	63
1995	21 (26.6)	20 (25.3)	2 (2.5)	15 (19.0)	13 (16.5)	8 (10.1)	79

( ) stands for the proportion of total species

Table 10. Plant succession index on each part of slope in 1989 and 1990

Year	Location	Upper part of slope	Middle part of slope	Lower part of slope	Around area
1989		112.5	87.6	80.4	
1995		684.7	178.9	83.4	180.0

부터 천이가 진행되는 것으로 판단된다.

5. 切土비탈면에 자생적으로 침입하여 생육하고 있는 野生花로는 봄에는 제비꽃, 여름부터 가을까지는 구절초, 달맞이꽃, 쑥부쟁이, 왕고들빼기 등의 국화과 초본류의 생육이 우세하였으며, 이들 초본류는 향후 녹화공법 적용시 바람직한 재래 야생초화류로 판단된다.

이상의 결과를 볼 때 비탈면에 적용된 식생은 계속적인 維持管理가 수반되어야 하며, 녹화공법의 적용시 종자산포방식과 식생의 생존연한을 고려하여 적절한 草本類(野生草花類 포함; 새류, 쑥류, 구절초, 달맞이꽃 등) 및 木本類(산딸기, 싸리류 등의 관목류와 아까시나무, 소나무류 등의 교목류)의 도입이 요망된다.

### 引用 文 獻

1. 金南樞, 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 關한 研究. 韓國造景學會誌 18(2) : 45-55.
2. 金南樞, 1991. 綠化植生の 生育이 斜面綠化 및 景觀造成에 미치는 效果에 關한 研究. 서울大學校 博士學位論文. pp.78.
3. 金遵敏·金喆洙·朴奉奎 譯. 1987. 植生調査法. 日新社. pp.170.
4. 김형기. 1974. 잔디학. 선진문화사. pp.545.
5. 柳澤圭·李天龍. 1982. 岩盤裸出地の 綠化方法에 關한 研究. 韓國造景學會誌 9(2) : 12-18.
6. 朴容珍·李基宣 譯. 1991. 최신 환경녹화. 강원대학교 출판부. pp.360.
7. 徐丙秀·金世泉·朴種旻·李奎完·李昌憲. 1991. 智異山 國立公園 道路비탈면의 植生과 景觀分析에 關한 研究(I) - 植生調査分析 -. 韓國造景學會誌 19(2) : 75-91.
8. 禹保命·權台鎬·金南樞. 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.
9. 禹保命. 1978. 비탈면造景. 建設部. pp.267.
10. 禹保命. 1989. 砂防工學. 鄉文社. pp.310.
11. 李載必·金南樞·洪性權. 1995. 道路斜面綠化를 위한 植生配合에 關한 研究. 韓國造景學會誌 23(2) : 113-123.
12. 李昌福. 1985. 大韓植物圖鑑. 鄉文社. pp.990.
13. 韓國道路公社. 1975. 서울 - 부산간 고속도로 절토면 녹화공법 개발을 위한 학술용역. 韓國道路公社. pp.40.
14. 韓國道路公社. 1990. 독일도로시설에 관한 시방서(경관조성분야) 및 일본도로협회 도로녹화기술 기준해설, pp.250.
15. 韓國道路公社. 1991. 高速道路 切·盛土 비탈면 綠化잔디 品種 選定 研究. 韓國道路公社. pp.92.
16. 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. pp.355.
17. 江崎次夫·伏見知道. 1976. 日本産雜草類のり面保護工に對する利用方法に關する研究(II) - 林道切取にのり面での檢討. 愛媛大演習林報告 13 : 161-174.
18. 江崎次夫·藤久正文·山本正男·河野修一. 1986. 林道のり面の植生遷移に關する研究(IV) - 暖溫帶地域の盛土のり面における木本植物の侵入と推移とについて. 愛媛大演習林報告 24 : 111 -128.
19. 龜山章. 1976. 道路周邊による周邊植生への影響 - 總設 -. 應用植物社會學研究 5 : 75-93.
20. 吉田博宣. 1983. 道路切取にのり面の植生景觀に關する研究. 造園雜誌 47(1) : 46-51.
21. 道路綠化保全協會. 1979. 郷土植物の導入に關する實驗的研究. 道路綠化保全協會. p.184.
22. 伏見知道·江崎次夫·藤久正文. 1979. 林道切取のり面の植生工と降雨流出(I) - 側溝への流出. 90回 日本林學發表會論文集 : 425-426.
23. 小橋澄治·吉田博宣·森本幸裕. 1982. 斜面綠化. 鹿島出版會. pp.218.
24. 日本道路公園大阪建設局·道路綠化保全協會. 1987. 道路綠化生育環境に關する調査研究報告書. pp.28.
25. Albert, E.E., C.D. William, R.H. Jimmy, and C.R. Bell. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row. pp.891.
26. Carr, W.W. and T.M. Ballard. 1980. Hydroseeding forest roadside in British Columbia Hitchcock, A.S. 1950. Manual of the grasses of the United States. U.S. Government

- Printing Office, Washington, D.C. pp.1051.
27. C.W.S. Van Kraayenoord, R.L. Hathaway. 1986. Plant Materials Handbook for Soil Conservation. Vol.1. Principles and Practices. Water & Soil Miscellaneous. Wellington. 1986. pp.296.
28. Tagawa, H. 1978. Seed fall and seedling re-generation, in Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T.(eds.) "Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan". Univ. Tokyo Press, 32-46.
29. T. William Lambe. 1951. Soil Testing for Engineers. John Wiley & Sons. New York. p.165.