

시간경과에 따른 임도 절토비탈면의 식생피복도 변화

전권석¹⁾ · 마호섭²⁾

¹⁾ 임업연구원 중부임업시험장 · ²⁾ 경상대학교 농업생명과학대학 산림과학부

Changing of Vegetation Coverage through Elapsed Years on Cutting Slope in Forest Roads

Kwon-Seok Jeon¹⁾ and Ho-Seop Ma²⁾

¹⁾ Chungbu Experiment Station, Korea Forest Research Institute, Pocheon, 487-820 Korea,

²⁾ Division of Forest Science, Gyeongsang Nat'l Univ., Jinju, 660-701, Korea.

ABSTRACT

The purpose of this study was investigated to the change of vegetation coverage by elapsed years on the cut slope of forest road in Jinju-si. The results obtained could be summarized as follows;

The plant coverage on the cut slope of forest road was decreased hastily in first and second year after seeding. The plant coverage on the cut slope of forest road was increased as growth of seed-sprayed from third year. But the plants were began to competition with between sprayed seeds and invaded plants from third to fifth year after seed-spray. The numbers of invading plants were gradually increased as 581 individuals from sixth year after seed-spray. The cut slopes of the forest roads turned to a good site condition for growing of invasion plants. And also the total coverage on cut slope of forest roads by invading of surrounding plants was increased more. It showed that plant invasion on cut-slopes of forest roads would be mostly influenced by surrounding plants.

The number of surrounding plants on the cut-slopes of forest roads was 59 species, and the number of invading plants showed 65 species. The invading species were high in order of *Boehmeria tricuspis*, *Oplismens undulatifolius*, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, *Erechtites hieracifolia* and *Artemisia princeps* var. *Orientalis*.

In the stepwise regression analysis, main factors affecting the coverage of vegetation on the cut-slopes of forest road showed in order of elapsed years, gravel contents(30~50%), middle, sandy loam, sandy clay-loam, soil hardness, aspect(NS), concave(凹) type and gravel contents(15~30%).

Key Words : *Plant coverage, Invasion plants, Stepwise regression analysis.*

I. 서론

산림은 생활수준의 향상을 위하여 임도 등의 각종 개발로 인하여 비탈면의 토사유출과 산사태가 발생되므로서 환경 친화적인 설계 및 시공이 요구되고 있다. 자연친화적인 임도 비탈면 녹화의 목표는 물과 바람에 의한 침식방지, 다양한 동물의 먹이와 은신처 제공, 그 지역의 자연적인 경관을 형성하는 데 있다. 특히, 이 중에서 임도 비탈면의 생태적인 녹화는 자연적인 경관형성에 많은 비중을 두고 그 지역에서 자생하는 자생수종의 선발이 필요하다. 지역적인 경관형성에 미치는 자생수종을 선발하기 위해서는 다양한 입지에 대하여 시공 년도의 경과에 따른 식생의 변화를 계속적으로 조사 관찰하는 것이 가장 적절한 방법이라고 생각된다.

향토 목·초본의 초기생육은 외래초본에 비해 다소 불량하지만, 토사유출의 방지면에서는 그 효과가 인정되고 시공지의 환경에 적합하여 주변의 자연경관과 조화를 이루며, 군락의 유지·안정 및 식생천이가 원활한 장점이 있으나(김남춘, 1991, 1990) 파종 후 초기에는 토사유출의 방지효과가 외래도입종에 뒤지나 시간이 경과하면서 외래 도입초종들보다 토사유출 방지효과가 크다고 보고한 바 있다(江崎, 1984).

절토비탈면의 녹화에 관한 연구에서 우보명 등(1996)은 절토 비탈면 출현식생종 초본류(다년생 초본, 1년생 초본)의 비율은 감소하였으나, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였으며, 주변식생으로부터 천이가 진행되는 것으로 보고하였다. 김남춘 등(2001)은 마사비탈면의 종자발아 및 식물의 생육을 위하여 식생기반토양을 적절한 두께로 복원시켜 주면서 생태복원을 유도할 수 있다고 보고하였다.

비탈면녹화를 위한 수종개발 연구로는 정원옥 등(2000)과 김경훈(1994)이 일반도로의 절토비탈면의 녹화공에 유용한 향토목·초종을 제시하였으며, 장한성 등(1994)과 마호섭 등(1995)은 임도 비탈면에 자연적으로 침입하는 주요수종에 관한 연구를 보고한 바 있다.

임도 비탈면 녹화에 관한 연구는 주로 초기녹

화용 초종의 선정에 관한 것이 주된 방향이었다(김남춘, 1991), 특히 임도는 자연성이 높은 곳에 개설되므로 주변 경관과 조화가 중요하므로 그 지역의 자생식물을 이용하는 것이 경관적인 면이나 유지관리 면에서 바람직하다고 보고(우보명, 1983; 우보명과 손두식, 1980; 小林·山口, 1988; 山寺, 1990)한 바 있다. 또한, 토사비탈면에서 종자뿌어붙이기공법만을 시공할 때 파종한 종자가 강우에 의해 토사와 함께 유실되는 문제를 해결하기 위한 방안으로 분사파종 후 벧짚거직 또는 coir net, jute net 등의 멀칭(mulching) 재료를 이용하여 피복시키고 있으며, 경남 비탈면에는 덩굴식물식재공법보다 경관적으로 우수한 종비토뿌어붙이기공법 등을 개발하여 이용하고 있다(한국도로공사, 1995). 특히, 전국적으로 해마다 많은 임도가 신설되고 구조개량도 하면서 종자뿌어붙이기공법을 이용하여 임도사면을 녹화하고 있으나, 사면의 녹화는 잘 되고 있는지, 또는 파종식물의 생육은 어떻게 진행되고 있는지에 대한 조사는 지역적으로 다양하게 이루어 지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 경남 진주시에서 1995년부터 2000년까지 6년 동안 개설한 민유임도의 절토비탈면의 안정과 조기녹화를 위하여 종자뿌어붙이기공법이 실시된 지역을 중심으로 시간경과에 따른 파종식물에 대한 초기생육 상황과 주변식생의 침입에 따른 식생피복 상태 등을 분석하여 향후 임도비탈면의 녹화 및 유지관리에 필요한 기초적자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지의 개황

본 연구 대상지는 상층에는 소나무와 해송이 우점하고 기후 및 지형적인 조건이 비슷한 경상남도 진주시 일원을 중심으로 1995년부터 2000년까지 6년 동안 개설되어진 기설임도 중 종자뿌어붙이기공법이 적용된 11개 노선을 선정하였다. 사용된 파종종자는 Tall fescue, Perennial ryegrass, Weeping lovegrass 3종만 사용되었으며, 조사대상지의 임도는 해발고 70~400m 내외의

Table 1. General descriptions of investigated area on the cut slope of forest roads.

Construction year	Surveyed area	Length(km)	Sites(no.)	Remarks
2000	Jinseong-myeon gajin-ri	1.7	21	
	Daegok-myeon daegok-ri	2.0	25	
1999	Myeongsuk-myeon yongsan-ri	1.1	50	
1998	Micheon-myeon hyangyang	2.5	24	
	Jeongchon-myeon daechuk-ri	3.4	25	
	~ Naedong-myeon doksan-ri			
1997	Jeongchon-myeon daechuk-ri	2.3	24	
	~ Naedong-myeon doksan-ri			
	Munsan-eup igok-ri	2.1	21	
	~ Munsan-eup anjeon-ri			
1996	Michun-myeon Angan-ri	1.4	24	
	Jinseong-myeon daesa-ri	1.3	25	
	~ Ilbanseong-myeon namsan-ri			
1995	Geumgok-myeon jeongja-ri	1.9	25	
	Jinseong-myeon daesa-ri	2.1	25	
Total		19.7	289	

야산으로 상층에는 소나무와 해송이 우점하고 노선별 현황은 Table 1과 같다.

2. 연구방법

1) 식생조사

각 임도에 대해 노선측량의 기본단위인 20m를 1개의 조사구로 하였으며, 비탈면에서 암석지, 발파비탈면 및 비탈면길이가 3m 이하인 곳은 제외시켰다. 따라서 1995년도 50개소, 1996년도 49개소, 1997년도 45개소, 1998년도 49개소, 1999년도 50개소, 2000년도 46개소로 총 289개소를 2001년 8~10월 사이에 조사하였다. 임도 절토비탈면의 초본식물에 대한 피복도와 침입식생을 조사하기 위해 1m×1m 조립식 격자틀을 만들어 폭 1m의 belt를 1개 비탈면에 상·중·하로 3개씩 설치하였으며, 피도는 방안지상에 그림을 그려 산출하였다. 임도 주변식생의 조사는 절토 비탈면과의 거리 20m내에 1m×1m 방형구를 설정하여 주변식생의 종명과 개체수를 조사하고, 중요치는 沼田(1987)에 의해 제안된 아래 식 (1)을 원용하였다.

$$I.V. = \frac{RD+RF}{2} \dots\dots\dots (1)$$

I.V. = Importance value, RD : Relative density,
RF : Relative frequency

2) 산림환경인자의 조사

조사 대상 임도 비탈면의 전반적인 형상을 나타내는 입지인자와 토양인자 등 환경인자 11개항목을 다음과 같은 방법으로 조사 하였다.

- ① 경과년수(elapsed year) : 각 임도의 해당 설계서를 이용하여 경과년수를 조사하였다.
- ② 표고(altitude) : 지형도와 고도계를 이용하여 측정(m)하였다.
- ③ 방위(aspect) : Compass를 이용하여 8방위(N, NE, E, SE, W, NW, S, SW)로 구분하였다.
- ④ 비탈면 위치(position) : 비탈면의 위치를 산정, 산복, 산록으로 구분하였다.
- ⑤ 비탈면 형(shape of slope) : 비탈면 형을 Convex(凸)형, Concave(凹)형, Straight(□)형, Compound(凹凸)형으로 구분하였다.
- ⑥ 비탈면 경사(degree of slope) : Suunto식

clinometer를 이용하여 측정(°)하였다.

⑦ 비탈면 길이(length of slope) : 비탈면의 직선적인 경사를 줄자를 이용하여 측정(m)하였다.

⑧ 토양경도(soil hardness) : Suunto式 토양경도계를 이용하여 측정(kg/cm²)하였다.

⑨ 토성(soil texture) : 미농무성 방법에 따라 양질사토(Loamy sand), 사질양토(Sandy loam), 사질식양토 (Sandy clay loam), 식양토(Clay loam), 양토(Loam), 미사질양토(Silty loam), 미사질식양토(Silty clay loam), 미사질식토(Silty clay)로 구분하였다.

⑩ 유효토심(effective soil depth) : 토양 단면을 통하여 식물근이 가장 많이 분포 되어 있는 부분을 줄자를 이용하여 측정(cm)하였다.

⑪ 석력함량(gravel contents) : 표준 토색척을 기준으로 석력함량을 구분(%)하였다.

3) 자료의 통계적 분석

임도 비탈면의 식생피복도에 미치는 각종 산림환경인자의 영향을 분석하기 위하여 SAS package를 이용하여 통계분석을 실시하였다.

(1) 단순 상관분석

임도 비탈면의 식생 피복도에 영향을 미치는 28개의 관련 인자를 변수로 사용하였고, 비탈면방위와 비탈면 형, 토성, 석력함량의 경우는 假變數(dummy variable)로 처리하여 반응되는 경우에는 1, 그 외의 경우에는 0으로 처리하여 다음의 식 (2)에 의하여 상관분석을 실시하였다.

$$R_{xy} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})\sum(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \dots\dots (2)$$

(2) 단계별 회귀분석

식생피복에 영향을 많이 미치리라 예상되는 인자들을 도출하기 위하여 종속변수(Y : 식생피복도)가 P-1개의 독립변수(Xn : 산림환경인자)에 의하여 변화함을 가정하여 다음의 식(3)에 의하여 단계별 회귀분석을 실시하였다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_{p1} X_{p1} \dots\dots\dots (3)$$

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 경과년수에 따른 식생의 피복도 변화

임도시공시 비탈면에 종자뿌어붙이기공법을 실시한 후 조사시기인 2001년을 기준으로 경과년수에 따른 살포초종의 피복도 변화는 Figure 1과 같다.



Figure 1. Vegetation coverage by elapsed years on the cut slope of forest roads.

Figure 1에서 임도 비탈면의 살포초종의 피복도는 1년후(2000년) 22.9%, 2년후(1999년) 20%, 3년후(1998년) 45%, 4년후(1997년) 52%, 5년후(1996년) 50%, 6년후(1995년) 58.2%로 나타났다. 임도 절토비탈면의 식생피복도는 1~2년후 20~23% 정도로서 일부지역에서 지역적 차이가 나타나 피복율이 저조하였다. 특히, 2년후 비탈면은 살포초종(외래초종 3종)들간 서로 밀도경쟁이 발생하여 개체수가 감소함으로서 피복도가 떨어졌으나, 3년이후 부터 비탈면의 피복도가 증가하는 것은 살포초종들의 개체수와 초종들의 성장량 증가가 주원인으로 사료되었다. 전체적으로 3년이 되면서 임도 비탈면 피복율은 45% 이상으로서 더욱 증가하는 경향을 보이면서 6년후(1995년)에 58.2%로 가장 높은 피복도를 나타내었다.

또한, 박문수(1996)는 인공피복처리지역에서 절토비탈면 식생피복도는 임도개설 초기에 빠른 피복도를 보여 임도개설 후 1년후 2.5%, 2년후 29.9%, 3년후 71.3%로 조사되었으며, 6년후 임도는 90.3%의 피복도를 보였다고 하였다. 이미정 등(2003)은 복사면의 경우 피복율은 시공경과 1~2년 후 78%, 3~4년 후 52%, 5~7년

후 75%, 8~10년 후 96%로 증가하다가 11~14년 93%로 다소 감소한다고 하였다.

본 연구의 경우 경과년수에 따라 피복율의 증가는 있지만 기존연구의 피복도와 비교하면 약간의 차이가 있는데 이는 본 조사지의 경우 비탈면의 길이가 3m 이하인 곳은 제외되고, 식생의 정착이 어려운 암반지역과 경사가 비교적 급한 지역이 많아 지역적인 차이에서 나타나는 현상으로 판단되었다.

또한 5년후 비탈면의 피복도가 갑자기 떨어지는 것은 이 시기의 임도 비탈면은 초본침입이 가장 많고 계속적으로 침입초본수가 증가함으로서 한지형초종인 Tall fescue, Perennial ryegrass는 북서사면을 제외하고 환경에 적응하지 못하였으며, 침입초본에 의한 경쟁으로 피압·쇠퇴되어 살포초종의 피복도가 떨어진 것으로 사료되었다.

특히, 시공 5년후(1996년) 임도의 종자뿔어붙이기공법에 의한 살포초종의 개체수는 남동사면의 햇빛이 드는 곳에서 Weeping lovegrass는 아직 왕성한 생육을 하고 있으나 전체적으로 피복도는 낮아지고, 반면에 침입초종의 개체수가 증가함으로서 임도 비탈면의 식생피복도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 경과년수에 따라 지피식생의 개체수는 감소하나, 개체당 생중량이 증가하며 동시에 피복도도 증가한다는 이수옥(1976)의 보고와 유사한 경향을 보였다. 그리고, 외래초종은 비탈면의 조기녹화가 우수한 반면, 초기생장이 왕성하여 혼파한 재래식물의 생육을 억제하고, 주변식생으로 부터 향토종의 침입·착생을 저해시키며, 주변 산림지역으로 침입·생육하여 자연생태계에 영향을 미칠 우려가 있다는 보고(고강석, 1996)가 있으나, 종자뿔어붙이기공법을 적용한 외래초종들이 주변 산림지역에 침입하여 생육하는 현상은 거의 없는 것으로 생각된다.

따라서, 현지식생이 아닌 초종을 도입하여 종자뿔어붙이기공법 등으로 시공했을 때, 도입초종의 경우 기후, 토양조건 및 침입초본과의 경쟁 등 환경조건이 맞지 않아 오랜 기간 성장하지 못하고 결국 고사하므로 가능하면 현지에

서 우점하고 있는 종자를 채취하여 적정한 비율로 배합하여 이용하는 것이 가장 좋을 것으로 사료된다.

2. 경과년수별 침입초본의 개체수 변화

임도 비탈면의 종자뿔어붙이기공법을 실시한 후 경과년수에 따른 침입초본의 개체수 변화를 나타내면 Figure 2와 같다. Figure 2에서 보면, 종자뿔어붙이기공법을 실시한 임도 비탈면의 경과년수에 따른 전체조사구에서 침입초본의 개체수 변화는 1년후 57개체/m²가 침입하여 가장 적게 나타났으나, 2년후에는 562개체/m²로 급격히 증가하였다가 3~4년에는 점차 감소하였다. 4년 이후 부터 다시 침입초본의 개체수는 점차적으로 증가하면서 6년후에는 총 581개체/m²로서 가장 많이 나타났다.

침입초본의 개체수가 급격히 증가한 2년후의 경우 Figure 1과 비교하여 보면 살포되어진 초류종자들간 밀도경쟁에 의하여 살포초종의 피복이 감소하고, 상대적으로 피압이 적은 주변식생의 침입이 많았다. 경과년수 2년부터 4년까지 살포초종과 침입초종간의 밀도경쟁이 발생하여 살포초종이 우위를 차지함으로써 살포초종의 피복도는 증가하나, 침입초종의 개체수는 감소하는 것으로 나타났는데 이는 임도 절토비탈면상에 침입한 식생이 안정적으로 생육할 수 있는 입지적 환경이 형성되지 못한 시기로 사료되었다.

또한 경과년수 4년후부터 침입초종의 개체수가 증가하는데 비탈면에 식생이 침입하여 안정

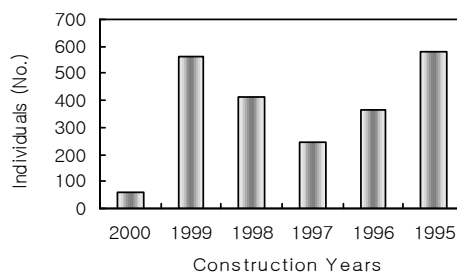


Figure 2. Invasion vegetation by elapsed years on the cut slope of forest roads.

적으로 생육할 수 있는 입지적 환경이 형성되는 시기로 사료된다. 이는 임도 비탈면의 물리적 안정에 요구되는 경과년수는 절토비탈면의 경우 2~4년이 소요됨을 알 수 있으며, 특히 침입수종의 종자는 주위 산림으로부터 침입하게 되어 토사의 이동이 정지된 후 2~4년간 중의

변화가 가장 많았다가 그 이후부터 감소한다는 江崎(1986)의 결과와 다른 경향을 보였다.

3. 임도비탈면 주변식생과 침입식생의 분석

임도의 절토비탈면 주변 상부 20m 이내 지역에서 생육하고 있는 초본류가 비탈면 식생침입

Table 2. Important value of circumference and invasion vegetation on cut slope of forest road.

과 명	한국명	Species	Importance value															
			95	95'	96	96'	97	97'	98	98'	99	99'	0	0'	Total	Total'		
고사리과	고사리	<i>Peridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	3.0	0.0	2.4	0.0	5.2	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	2.55	0.00		
국화과	가야산은분취	<i>Saussurea pseudogracilis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.08		
	개망초	<i>Erigeron annuus</i>	0.0	3.6	1.5	1.3	1.0	0.7	5.0	0.4	0.7	0.0	6.3	0.0	2.49	1.34		
	구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.08		
	단풍취	<i>Ainsliaea acerifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.28	0.00		
	밝은대쭉	<i>Artemisia keiskeana</i>	1.3	1.5	1.1	0.8	1.5	1.2	1.1	0.0	2.6	0.0	0.6	4.0	1.54	0.81		
	망초	<i>Erigeron canadensis</i>	5.8	6.4	2.7	0.8	4.3	5.9	3.9	21.4	1.5	0.4	4.2	2.1	4.14	6.62		
	미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i>	3.0	0.3	0.0	0.8	3.6	1.5	2.4	1.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.80	0.56		
	붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>	1.4	1.6	5.7	0.4	0.0	4.1	0.0	0.8	2.6	19.6	3.8	2.1	2.30	5.35		
	산쭉	<i>Artemisia montana</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.28		
	산쭉바귀	<i>Lactuca raddeana</i>	5.0	4.2	4.7	6.6	5.5	5.9	5.0	8.8	4.1	7.9	8.4	17.4	5.90	6.83		
	숨방망이	<i>Senecio integrifolius</i> var. <i>spatulatus</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.08		
	쭉	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	3.1	11.3	4.9	1.3	2.1	4.0	0.7	3.2	1.5	0.0	0.0	2.1	2.07	4.30		
	쭉부쟁이	<i>Aster yomena</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.13	0.00		
	어리곤달비	<i>Ligularia intermedia</i>	4.8	2.3	6.4	9.4	5.5	0.7	4.5	3.7	1.5	2.0	0.6	13.0	4.11	4.08		
	왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	2.3	5.1	1.1	2.5	1.2	8.3	3.0	4.3	1.5	0.0	3.1	0.0	2.22	3.49		
	우산나물	<i>Syneilesis palmata</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.08		
	제비쭉	<i>Artemisia japonica</i>	0.9	0.0	1.3	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.98	0.00		
	참쭉	<i>Artemisia lavandulaefolia</i>	1.7	2.0	1.1	0.8	0.0	0.0	2.7	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.04	1.60		
	참취	<i>Aster scaber</i>	0.0	0.6	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.41		
	천일담배풀	<i>Carpesium glossophyllum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36	0.10		
꼭두서니과	계요등	<i>Paederia scandens</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.23		
	큰잎갈퀴	<i>Galium dahuricum</i>	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	0.15		
꿀풀과	방아풀	<i>Isodon japonicus</i>	2.1	8.3	1.3	4.7	0.0	0.0	4.3	3.3	1.5	0.0	2.4	3.8	2.16	3.81		
닭의장풀과	닭의장풀	<i>Commelina communis</i>	4.0	4.0	3.7	3.3	7.2	1.0	6.1	1.6	1.9	0.9	0.0	2.1	4.22	2.33		
대극과	여우주머니	<i>Phyllanthus ussuriensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	1.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.23		
돌나물과	기린초	<i>Sedum kamschaticum</i>	0.0	0.0	1.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.26	0.10		
마디풀과	머느리밀씻개	<i>Persicaria senticosa</i>	1.4	3.7	1.5	0.8	3.1	0.0	2.8	2.4	0.0	2.4	2.5	2.1	1.90	2.09		
	고마리	<i>Persicaria thunbergii</i>	0.0	0.0	1.1	5.7	3.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.72	1.24		
	메밀	<i>Fagopyrum esculentum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.08		
	머느리베짚	<i>Persicaria perfoliata</i>	0.0	2.7	2.4	0.0	1.7	1.7	2.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.21	0.96		
	산여뀌	<i>Persicaria nepalensis</i>	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.6	0.0	2.1	0.00	1.14		
	세뿔여뀌	<i>Persicaria debilis</i>	2.5	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.08	0.00		
	애기수영	<i>Rumex acetocella</i>	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.00		
	이삭여뀌	<i>Persicaria filiforme</i>	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.00		
마타리과	뚝갈	<i>Patrinia villosa</i>	3.5	2.8	3.8	3.8	4.8	2.6	4.3	1.3	1.9	5.4	0.7	0.0	3.91	3.05		
	마타리	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	3.0	0.0	3.3	0.0	4.5	5.2	6.2	0.0	1.9	0.0	2.8	0.0	3.86	0.55		
면마과	개고사리	<i>Athyrium niponicum</i>	0.0	0.5	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.00	1.92		

Table 2. Continued.

과명	한국명	Species	Importance value													Total	Total'	
			95	95'	96	96'	97	97'	98	98'	99	99'	0	0'				
미나리아재비과	미나리아재비	<i>Ranunculus japonicus</i>	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	0.08
	사위질빵	<i>Clematis apiifolia</i>	0.4	0.0	0.0	1.8	0.0	0.7	0.4	0.4	0.7	0.0	1.8	0.0	0.0	0.60	0.47	
방기과	맹맹이덩굴	<i>Cocculu trilobus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.00	0.40		
백합과	애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.18	0.08		
	여로	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>japonicum</i>	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.15		
벼과	강아지풀	<i>Setaria viridis</i>	3.5	2.0	1.8	0.6	2.2	2.7	3.2	1.0	3.4	0.0	6.4	2.1	3.79	1.17		
	개밀	<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.66	0.00		
	개보리	<i>Elymus sibiricus</i>	0.0	0.0	0.0	1.7	2.6	0.0	2.1	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.97	0.41		
	기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	0.0	4.4	0.0	2.2	0.0	3.8	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.96			
	실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1.4	0.0	2.9	1.6	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	2.1	0.90	0.46			
	참억새	<i>Miscanthus sinensis</i> for. <i>purpurascens</i>	0.0	9.6	0.0	1.6	0.0	20.6	0.0	5.1	0.0	0.5	0.0	0.00	6.06			
	주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	2.9	1.7	3.7	0.8	8.9	4.4	1.7	0.0	3.7	33.0	18.8	14.1	8.48	9.05		
봉선화과	물봉선	<i>Impatiens textori</i>	3.5	2.3	3.3	0.0	0.5	5.7	3.9	6.2	0.7	0.8	0.0	0.0	2.21	2.50		
사초과	대사초	<i>Carex siderosticta</i>	10.7	4.4	7.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.2	12.0	7.8	5.33	2.13		
	산기울	<i>Carex humilis</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4	2.4	0.0	1.03	0.08		
산형과	개발나물	<i>Sium suave</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.08		
삼과	환삼덩굴	<i>Humulus japonicus</i>	0.9	0.0	0.0	0.0	3.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.63	0.08		
석죽과	별꽃	<i>Stellaria media</i>	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	0.08		
췌기풀과	거북꼬리	<i>Boehmeria tricuspis</i>	5.1	2.5	8.6	25.5	5.9	5.1	4.5	7.5	3.4	10.7	7.3	7.8	6.49	10.24		
앵초과	까치수영	<i>Lysimachia barystachys</i>	0.9	0.7	0.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.35		
	큰까치수영	<i>Lysimachia clethroides</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	4.0	0.00	0.38		
자리공과	미국자리공	<i>Phytolacca americana</i>	7.0	2.3	5.1	2.7	4.6	2.9	4.7	4.1	4.1	9.5	2.4	0.0	5.18	4.11		
장미과	가느오이풀	<i>Sanguisorba tenuifolia</i> var. <i>alba</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.47	0.00		
	산짚신나물	<i>Agrimonia coreana</i>	0.0	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.23		
	오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	0.0	0.0	1.3	0.4	0.5	0.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.15		
	짚신나물	<i>Agrimonia pilosa</i>	0.0	0.0	2.2	0.6	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.6	0.0	0.57	0.18		
제비꽃과	제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	0.0	0.7	0.0	1.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.18	0.44		
취방울덩굴과	취방울덩굴	<i>Aristolochia contorta</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.23		
초롱꽃과	털잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>hirsuta</i>	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.15		
콩과	돌콩	<i>Glycine soja</i>	0.4	1.2	0.5	0.4	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.0	0.44	0.61		
	매듭풀	<i>Kummerowia striata</i>	2.1	0.9	4.2	0.0	2.1	0.0	3.7	0.0	0.7	0.0	3.0	0.0	2.70	0.23		
	비수리	<i>Lespedeza cuneata</i>	0.9	0.0	2.0	0.8	2.2	3.4	2.5	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	1.55	0.83		
	새콩	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	0.4	0.7	0.4	0.0	0.0	0.24	0.31		
	새팥	<i>Phaseolus nipponensis</i>	1.8	0.0	0.5	1.6	0.0	1.5	2.8	2.4	1.9	0.0	1.7	6.1	1.71	1.15		
	여우팥	<i>Dunbaria villosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.93	0.00		
포도과	담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.0	0.0	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.1	0.24	0.15		
현호색과	산괴불주머니	<i>Corydalis speciosa</i>	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.08		

Note : ' means invasion vegetation on cut slope of forest road in same year.

에 미치는 영향을 살펴보기 위해 주변식생(95, 96, 97, 98, 99, 00)의 분포와 임도비탈면에 침입한 초본류(95', 96', 97', 98', 99', 00')의 우점도를 조사한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 임도 절토비탈면 주변식생의 우점도를 보면, 임도시공 1년후 임도 절토비탈면 주

변에 총 27종의 초본이 생육하고 있었으며, 그중 주름조개풀(18.8), 대사초(12.0), 산썸바귀(8.4), 거북꼬리(7.3), 강아지풀(6.4), 개망초(6.3), 망초(4.2), 붉은서나물(3.8), 왕고들빼기(3.1), 매듭풀(3.0) 등의 순으로 우점하였고, 2년후에는 총 30종의 초본류가 생육하고 있었으며, 그 중

산씀바귀(4.1), 미국자리공(4.1), 주름조개풀(3.7), 거북꼬리(3.4), 강아지풀(3.4), 맑은대쭉(2.6), 붉은서나물(2.6) 등의 순으로 우점하고 있었다. 3년후 임도 절토비탈면 주변은 총 37종의 초본이 생육하고 있었으며, 그 중 마타리(6.2), 닭의장풀(6.1), 개망초(5.0), 산씀바귀(5.0), 미국자리공(4.7), 거북꼬리(4.5), 어리곤달비(4.5) 등의 순으로 우점하고 있었다. 4년후에는 총 32종의 초본이 생육하였으며, 그 중 주름조개풀(8.9), 닭의장풀(7.2), 거북꼬리(5.9), 산씀바귀(5.5), 어리곤달비(5.5), 딱갈(4.8) 등의 순으로 우점하고 있었다. 5년후 임도 절토비탈면 주변에는 총 36종의 초본이 생육하고 있었으며, 거북꼬리(8.6), 대사초(7.8), 어리곤달비(6.4), 붉은서나물(5.7), 미국자리공(5.1), 쭉(4.9), 산씀바귀(4.7) 등이 우점하고 있었다. 6년후 임도는 총 39종의 초본이 생육하였으며, 대사초(10.7), 미국자리공(7.0), 망초(5.8), 거북꼬리(5.1), 산씀바귀(5.0), 어리곤달비(4.8), 닭의장풀(4.0), 딱갈(3.5), 강아지풀(3.5), 물봉선(3.5) 등의 순으로 우점하고 있었다.

이와같이 조사 대상지의 임도 절토비탈면 주변에는 24과 46종 53종 6변종 총 59종의 초본이 생육하고 있었으며, 그 중 주름조개풀(8.5), 거북꼬리(6.5), 산씀바귀(5.9), 대사초(5.3), 미국자리공(5.2), 닭의장풀(4.2) 등의 순으로 나타나 진주시 주변 11개노선은 해발고 70~400m 범위의 야산으로서 주로 상층부와 계곡부의 습지, 노방식물, 논과 밭 등 잡초의 분포에 따라 차이는 있지만 거의 동일한 초종들이 임도 절토비탈면 주변에 우점하고 있음을 알 수 있었다.

Table 2에서 임도 절토비탈면에 침입한 식생은 1년후 총 19종/m²의 식생이 침입하였으며, 이중 산씀바귀(17.4), 주름조개풀(14.1), 어리곤달비(13.0), 대사초(7.8), 거북꼬리(7.8), 새팔(6.1), 맑은대쭉(4.0), 돌콩(4.0) 등의 순으로 우점하고 있었다. 주변식생에서 나타나지 않았던 큰까치수영, 닭의장풀, 쭉, 산여뀌, 실새풀 등 5종이 새롭게 출현하였다. 2년후에는 총 21종/m²의 식생이 침입하여, 주름조개풀(33.0), 붉은서나물(19.6), 거북꼬리(10.7), 미국자리공(9.5), 산씀바귀(7.9), 딱갈(5.4), 며느리밀췌개(2.4) 등의 순으로 우점하

고 있었다. 이중 주변에서 볼 수 없었던 며느리밀췌개, 개고사리, 산여뀌, 참억새 등의 7종이 새로이 침입하여 생육하고 있는 것으로 나타났다. 3년후 임도 절토비탈면에는 총 36종의 식생이 침입하였으며, 그 중 망초(21.4), 산씀바귀(8.8), 거북꼬리(7.5), 물봉선(6.2), 기름새(5.2), 참억새(5.1), 참쭉(4.9), 왕고들빼기(4.3), 미국자리공(4.1), 어리곤달비(3.7) 등이 우점하고 있었다. 주변에서 볼 수 없었던 새로운 침입종으로는 기름새, 참억새, 땃대이덩굴, 쥐방울덩굴, 참취, 붉은서나물 등 10종/m²이 나타났으며 그중 덩굴식물들의 출현이 있었다. 4년후에는 총 31종/m²의 식생이 침입하였으며, 그 중 억새(20.6), 왕고들빼기(8.3), 여우주머니(7.0), 산씀바귀(5.9), 망초(5.9), 물봉선(5.7), 마타리(5.2), 거북꼬리(5.1) 등이 우점하고 있었다. 주변에서 볼 수 없었던 침입초종으로는 참억새, 여우주머니, 붉은서나물, 기름새, 새팔, 땃대이덩굴, 사위질빵, 여로 등 9종이 침입하였으며, 참억새(20.6)의 중요치가 높게 나타났다. 임도 주변 20m에서 볼 수 없었던 초종들이 바람 등의 자연적인 원인과 임도의 이용으로 4년이후부터 많이 출현하는 것으로 보여진다. 5년후의 임도 절토비탈면은 총 41종/m²의 식생이 침입하였으며, 그 중 거북꼬리(25.5), 어리곤달비(9.4), 개고사리(7.6), 산씀바귀(6.6), 고마리(5.7), 방아풀(4.7), 딱갈(3.8) 등의 순으로 우점하고 있었다. 특히, 주변식생에서 볼 수 없었던 개고사리, 기름새, 사위질빵, 개보리 등 12종이 새롭게 출현하였다. 6년후에는 총 42종의 식생이 침입하여 생육하였으며, 그 중 쭉(11.3), 억새(9.6), 방아풀(8.3), 망초(6.4), 왕고들빼기(5.1), 기름새(4.4), 대사초(4.4), 산씀바귀(4.2), 닭의장풀(4.0) 등의 순으로 우점하고 있었다. 또한, 주변식생 조사에서 볼 수 없었던 억새, 기름새, 개망초, 며느리배꼽 등 16종/m²이 새롭게 나타나 시간경과에 따라 침입초종도 더욱 많아 지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 임도를 개설하여 토사의 이동이 정지된 후 3~4년간 식생침입에 따른 종의 변화가 가장 많고 그 후부터는 감소한다는 江崎(1984)보고와 다른 경향을 보였다.

이상과 같이 전체 조사대상지역 임도 절토비

탈면의 침입식생은 28과 53속 59종 5변종, 1품종으로 총 65종이었으며, 거북꼬리(10.2), 주름조개풀(9.1), 산씀바귀(6.8), 망초(6.6), 억새(6.1), 붉은서나물(5.4), 쑥(4.3), 미국자리공(4.1), 어리곤달비(4.1), 방아풀(3.8), 왕고들빼기(3.5) 등의 순으로 침입하여 우점하고 있었다. 주변식생이 침입하여 생육하고 있는 식생들은 종자가 세립이면서 임도 절토비탈면 주변에서 우점도가 높은 초본류가 역시 절토비탈면에서도 많이 침입하여 성장하고 있는 것으로 나타났다. 침입식생의 생활형을 살펴보면 휴면형에서는 반지중식물, 산포기관형은 풍수산포, 지하기관형은 적당한 범위 및 모체에 가까운 근경식물, 생육형은 직립형의 식물들중 주변에서 자라고 있는 초종들이 주로 임도 절토비탈면에도 우점하게 될 것으로 보인다. 따라서 개발로 인한 인위적인 훼손지가 있을 경우 주변식물이 먼저 침입이 될 것이므로 향후 임도 절토비탈면의 초류종자 파종

시 향토종의 선정에 있어서 고려되어야 할 초종으로는 거북꼬리, 주름조개풀, 산씀바귀, 참억새, 쑥, 방아풀, 맑은대쑥, 구절초 등 다년생의 초본류가 적합할 것으로 생각된다.

4. 식생피복도에 미치는 환경인자의 영향

임도 비탈면의 식생피복도와 환경인자와의 관계를 알아보기 위해 경과년수, 표고, 방위, 비탈면위치, 비탈면형, 비탈면경사, 비탈면길이, 토양경도, 토성, 유효토심 및 석력함량과 식생피복도를 상관분석한 결과는 Table 3와 같다.

Table 3에서와 같이 임도 비탈면 피복도에 영향을 많이 미치는 인자로 유효토심, 미사질식양토, 석력함량(5~15%), 경과년수는 유의수준 1%에서 정(正)의 상관관계를 보였고, 비탈면길이는 유의수준 5%에서 정(正)의 상관관계로 나타났다. 비탈면경사, 토양경도, 사질양토, 사질식양토, 석력함량(30~50%)은 유의수준 1%에서 부

Table 3. Correlation coefficient between variables and vegetation coverage on the cut slope of forest roads.

Variables	Correl. coefficient	Significance	
Aspect of slope	Northeast (x ₁)	-0.02325	0.6939
	Northwest (x ₂)	0.04425	0.4537
	Southeast (x ₃)	0.09323	0.1138
	Southwest (x ₄)	-0.08599	0.1448
Altitude (x ₅)	0.00546	0.9263	
Degree of slope (x ₆)	-0.17391**	0.0030	
Length of slope (x ₇)	0.12571*	0.0327	
Effective soil depth (x ₈)	0.38754**	0.0001	
Soil hardness (x ₉)	-0.21125**	0.0003	
Soil texture	Sandy Loam (x ₁₀)	-0.23989**	0.0001
	Sandy Clay Loam (x ₁₁)	0.16015**	0.0064
	Silty Loam (x ₁₂)	0.10328	0.0796
	Silty Clay Loam (x ₁₃)	0.18173**	0.0019
Position	Upper (x ₁₄)	0.05763	0.3289
	Middle (x ₁₅)	-0.11058	0.0605
	Lower (x ₁₆)	0.09477	0.1079
Shape of slope	Concave (x ₁₇)	0.09607	0.1031
	Convex (x ₁₈)	-0.01443	0.8070
	Straight (x ₁₉)	-0.03806	0.5193
	Compound (x ₂₀)	-0.03249	0.5822
Gravel contents	5< (x ₂₁)	0.04481	0.4480
	6-15 (x ₂₂)	0.23715**	0.0001
	16-30 (x ₂₃)	0.04115	0.4859
	31-50 (x ₂₄)	-0.24821**	0.0001
Non-seepage (x ₂₅)	-0.00649	0.9125	
Seepage (x ₂₆)	0.00649	0.9125	
Elapsed years (x ₂₇)	0.46341**	0.0001	

(負)의 상관관계로 나타났다. 특히 임도비탈면의 석력함량이 많거나 단단하면 식물피복도는 떨어지며, 또한 임도비탈면의 토심이 열으면서 사질식양토로 이루어져 있을 경우는 침식이 많아지는 경향이 있으므로 피복율은 낮아지는 것으로 판단된다.

임도개설후 경과년수가 증가할수록 주변에서 생육하는 식생의 침입으로 임도 비탈면의 식생피복도는 증가하며, 인공피복처리지역 비탈면은 식생피복도에 미치는 관련인자들의 영향으로 절토 비탈면의 경우, 개설년도, 비탈면의 위치, 횡단물매, 비탈면물매, 토양경도, 토양습도등에서 식생피복도와 고도의 상관관계가 나타난 박문수(1996)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

新谷 等(1980), 新谷(1984)은 임도 비탈면에서 몇개의 인자로 식생회복정도를 측정하였는데 비탈면 길이가 짧고, 시공년도가 오래된 것이 피복율이 높다고 보고된 바 있으나, 본조사지에서는 조사대상지의 비탈면길이가 평균 3~7m로서 비탈면에 식생침입이 비교적 양호하고, 인위적인 녹화공법 처리를 한 상태이므로 피복율이 높게 나타난 것으로 사료된다. 이는 우보명 등(1993)의 임도 비탈면의 길이가 7m 이하에서 식생피복도가 높게 나타나고, 비탈면의 길이가 길어질수록 피복도는 감소한다는 보고내용과 유사한 경향을 보였다.

임도 비탈면 피복도에 영향을 미치는 관련인자를 알아보기 위해 단계별 회귀분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Stepwise regression analysis of factors influencing vegetation coverage.

Variables	Regression coefficient	Standard error	Model R ²	F	Significance
Constant	42.7296				
X ₂₇	6.7474	0.7603	0.2147	78.4882	0.0001
X ₂₄	-12.7065	3.4267	0.2651	19.5943	0.0001
X ₁₅	-17.5935	3.1569	0.2982	13.4522	0.0003
X ₁₀	-42.9447	7.1842	0.3365	16.3894	0.0001
X ₁₁	-16.8944	3.4253	0.3783	19.0299	0.0001
X ₉	-2.5155	0.6649	0.3996	9.9863	0.0017
X ₄	-10.0261	2.9206	0.4149	7.3649	0.0071
X ₁₇	9.8343	3.3948	0.4299	7.3666	0.0071
X ₂₃	-6.6004	3.3431	0.4385	4.2655	0.0398

Table 4에서와 같이 임도 비탈면 피복도에 영향을 많이 미치는 인자는 경과연수, 석력함량(30~50%), 산복, 사질양토, 사질식양토, 토양경도, 남서사면(SW), concave(凹)형, 석력함량(15~30%)로 나타났으며, 식생피복도에 미치는 회귀방정식은 $Y=42.7296+6.7474X_{27} - 12.7065X_{24} - 17.5935X_{15} - 42.9447X_{10} - 16.8944X_{11} - 2.5155X_9 - 10.0261X_4+9.8343X_{17} - 6.6004X_{23}$ (R²=0.4385)로 추정되었다.

임도개설 후 경과년수가 증가할수록 주변에서 생육하는 식생의 침입이 많아져 임도사면의 식생피복도는 증가하게 되며, 특히 석력함량이 많거나, 사양토 및 사질식양토된 토양이나 토양경도가 높을수록, 그리고 남서사면 등은 식생피복에 좋지 않은 입지요인임을 알 수 있다. 이는 박문수(1996), 정용호와 김재현(1994), 정원옥 등(2000)의 연구에서 절토비탈면의 식생피복도에 설명력을 보이는 인자로 제시한 경과연수, 개설년도, 토양경도, 석력함량 등의 인자와 유사함을 알 수 있다.

따라서, 임도 비탈면에서의 식생구성 관계를 보면 경사도가 급할수록 피복도가 낮게 나타나고, 경과년수가 오래된 것일수록 식생피복도가 높게 나타나므로 임도의 시공시 식생활착이 잘 될 수 있도록 비탈면 길이, 경사 및 토양경도, 유효토심, 미사질식양토, 적절한 석력함량(5~15%) 등 토양요인과 입지적 여건을 잘 조성하여야 하며, 또한 침식과 붕괴로 인한 비탈면 훼손을 방지하여 계속해서 피복이 잘 될 수 있도록 비탈면의 입지 및 환경조건 등 여러 가지 인자를 잘 유지 관리 할 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

IV. 결 론

경남 진주시에서 1995년부터 2000년까지 6년 동안 개설한 민유임도의 절토비탈면의 안정과 조기녹화를 위하여 종자뿌어붙이기공법이 실시된 지역을 중심으로 시간경과에 따른 초기생육 상황과 주변식생의 침입에 따른 식생피복 상태를 분석하여 향후 임도의 녹화 및 유지관리에 필요한 기초적자료를 제공하기 위하여 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

임도 절토비탈면의 식생침입과 시간경과에 따른 전체적인 식생피복도는 시공 1-2년후 20-23% 정도로서 일부지역에서 지역적 차이가 나타나 피복율이 저조하였지만, 전체적으로 3년이 되면서 임도 비탈면 피복율은 45% 이상으로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 임도 비탈면에 살포된 외래초종은 5년후부터 침입초본에 의한 피압·쇠퇴가 나타났고, 6년후부터 침입초본의 개체수가 가장 많이 나타나면서 비탈면 전체의 피복도가 가장 높았다. 도입초종만에 의한 종자뿔어붙이기공법을 시공했을 때, 기후, 토양조건 및 침입초본과의 경쟁 등 환경조건이 맞지 않아 오랜 기간 생육하지 못하므로 초기 비탈면녹화에 많은 기여를 하고 있음을 알수있다.

종자뿔어붙이기공법을 실시한 임도 비탈면의 경과년수에 의한 침입초본의 개체수 변화는 1년후 57개체가 침입하여 가장 적게 나타났으나, 2년후에는 562개체로 급격히 증가하였다가 점차 감소하였다. 4년후 부터 다시 침입초본의 개체수가 점차적으로 증가하면서 6년후에는 총 581개체로 가장 많이 나타났다. 임도 절토비탈면 주변에는 총 59종의 초본이 생육하고 있었으나, 침입초종은 1년후 19종, 2년후 21종, 3년후 36종, 4년후 31종, 5년후 41종, 6년후 42종으로서 총 65종이었으며, 절토비탈면 주변에서 우점도가 높은 초본류인 거북꼬리(10.2), 주름조개풀(9.1), 산썸바귀(6.8), 망초(6.6), 억새(6.1), 붉은서나물(5.4), 쭉(4.3) 등의 순으로 많이 침입하는 것으로 나타났다. 앞으로는 침입초본의 종수 및 개체수도 점점 증가할 것으로 예상되어 침입초본으로 천이가 더욱 진행될 것으로 보인다.

임도 비탈면의 식생피복도에 영향을 미치는 환경인자와의 관계는 경과년수, 석력함량(30~50%), 산복, 사질양토, 사질식양토, 토양경도, 방위(NS), concave(凹)형, 석력함량(15~30%) 등 토양 및 환경요인이 임도비탈면 식생피복도에 많은 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

따라서 임도비탈면의 안정과 빠른 녹화를 위해서는 우선 비탈면상에 식물이 잘 자랄 수 있는 비탈면 길이, 경사 및 토양경도, 유효토심, 미사질식양토, 적절한 석력함량(5~15%) 등 토양

요인과 입지적 여건을 잘 조성한 후 도입종과 지역별 우점종인 거북꼬리, 주름조개풀, 산썸바귀, 참억새, 쭉, 방아풀, 맑은대쭉, 구절초 등 다년생의 초본류를 이용한 녹화를 시도하여 점차 주변경관과 조화를 이루어야 할 필요성이 있는 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- 고강석. 1996. 녹화식물에 의한 생태계 영향 조사(II). 국립환경연구원. 230p.
- 김경훈. 1994. 임도 절토비탈면의 식생조성에 미치는 환경인자의 영향에 관한 연구. 서울대 대학원 석사학위논문. 51p.
- 김남춘. 1990. 도로 비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 18(2) : 45-45.
- 김남춘. 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대 대학원 박사학위논문. 78p.
- 마호섭 · 박문수 · 전권석. 1995. 임도사면의 식생 침입에 관한 연구 -둔전·봉양 임도를 대상으로- 경상대 연습림연구보고 5 : 39-56.
- 박문수. 1996. 도로구조 및 산림환경인자가 임도 비탈면의 식생침입과 토양침식에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문. 125p.
- 이미정 · 이준우 · 전권석 · 김효정 · 최윤호 · 정도현 · 송호경. 2003. 임도사면의 생태적 녹화를 위한 자생식물 선정 -강원도 지역 임도를 중심으로- 한국환경복원녹화기술학회지 6(4) : 24-32.
- 우보명. 1983. 도로비탈면의 경관안정을 위한 기본모델 선정에 관한 연구. 한국임학회지 61 : 69-79.
- 우보명 · 손두식. 1980. 도로녹화 및 도로조경 기술 개발에 관한 연구. 한국임학회지 48 : 1-24.
- 우보명 · 권태호 · 김남춘. 1993. 임도비탈면의 자연식생침입과 효과적인 비탈면 녹화공법 개발에 관한 연구. 한국임학회지 82(4) : 381-395.

- 이수욱. 1976. 황폐나지 지피식생 조성에 관한 연구. 한국임학회지 31 : 37-42.
- 장한성 · 마호섭 · 박문수. 1994. 임도사면에 있어서 식생침입의 초기과정. 경상대 농업자원이용연구소보 28 : 41-53.
- 정용호 · 김재현. 1994. 절개사면 녹화공을 위한 향토종 선발. 임연연보. 49 : 110-120.
- 정원옥 · 구소영 · 마호섭. 2000. 산림환경인자가 임도비탈면의 식생침입에 미치는 영향. 경상대 연습림연구보고 10 : 9-20.
- 한국도로공사. 1995. 고속도로 절토비탈면 녹화공법 연구. 355p.
- 新谷 融 · 勝呂博之 · 失島宗 · 橋田次一. 1980. 緑化工施工道路法面における 植生回復に する研究. 北海道大學農學部 演習林研究報告 38 : 1-30.
- 新谷 融. 1984. 林道法面の植生回復. 林業技術 50 6 : 17-20.
- 江崎次夫. 1984. 林道のり面の保全に關する研究. 愛媛大學農學部 演習林研究報告 21 : 1 -54.
- 江崎次夫. 1986. 林道のり面の植生推移に關する研究. 愛媛大學農學部 演習林研究報告 24 : 111-128.
- 小林洋司 · 山口裕子. 1988. 林道路線が景觀に與える影響. 日林誌 70(8) : 351-361.
- 沼田 眞. 1987. 植物生態學論考. 東海大學出版部. 275p.

接受 2004年 3月 5日