

임도시공경과년수 및 물리적 특성이 임도사면의 식생 침입에 미치는 영향

이준우¹⁾ · 추갑철²⁾ · 최윤호³⁾

¹⁾ 충남대학교 산림자원학과, ²⁾ 진주산업대학교 산림자원학과, ³⁾ 충남대학교 대학원

Influence of Elapsed Years and Physical Properties on Vegetation Invasion of Forest Road Slope

Joon Woo Lee¹⁾, Gab-Chul Choo²⁾ and Yeon Ho Choi³⁾

¹⁾ Department of Forest Resources, Chungnam Nat'l Univ.,

²⁾ Department of Forest Resources, Jinju Nat'l Univ., ³⁾ Graduate school, Chungnam Nat'l Univ.

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the effects of elapsed years and physical properties on invaded vegetation of forest road slope. For the study, 8 forest roads in Asan-si of Chungcheongnam-do were selected and 15 factors that might influence on vegetation invasion were analyzed.

In generally, vegetation coverage of slope have increased with the elapsed years. But invasion species have decreased in the cut-slope and increased in fill-slope.

There was no significant correlation between rate of vegetation coverage and elapsed years, but rate of vegetation coverage was strongly related with slope aspect. And the species of invasion vegetation affected mostly by the elapsed years and slope aspect among the physical properties.

Key words : *elapsed years, invasion vegetation, forest road slope*

I. 서론

우리나라는 1960년대부터 황폐산지에 대한 대대적인 녹화정책이 수행되었으며, 세계적으로도 유례를 찾아볼 수 없을 정도의 성공적인 녹화를 이룩해 냈다. 또한 산림의 지속적인 관리와 개발을 위해서 1968년을 기점으로 임도가 시공되기 시작하여 2000년말 현재 약 2.3m/ha의 임도밀도를 보이고 있다(산림청, 2001).

임도는 산림접근성을 향상시켜 임업기계화와 현대화를 촉진시켰을 뿐만 아니라 비전문가인

국민들에게 산림의 효용과 가치를 인식시켜주는 긍정적인 역할을 하고 있다. 하지만 임도의 시공은 필연적으로 산림의 훼손을 유발하게 되므로 임도시공에 있어서 친환경적인 임도시공을 위한 많은 정책과 기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

임도시공에 의한 훼손의 대표적인 유형은 일 반도로와 마찬가지로 급경사의 비탈면을 발생시키는 것이다. Burroughs와 King(1989)이 임도 개설에 의한 침식의 약 75%가 사면에서 발생한다고 지적한 바와 같이 사면에 의한 임도의 피

해가 많은 실정이다. 이는 임도의 시공으로 인해 발생하는 비탈면의 경우 대부분 원산지경사에 비해 급하고 나지로 노출되어 있기 때문이며, 성토사면의 경우 일단 교란된 토양으로 성토되어 사면의 붕괴나 침식위험이 높기 때문이다. 따라서 구조물공과 식생공을 이용하여 임도의 사면을 안정화시킬 필요가 있다. 그러나 구조물공은 사면의 안정을 위한 확실한 방법이라 할 수 있지만 아직 일부 시험임도에서만 적용될 정도로 시공비가 높기 때문에 현재 대부분의 임도가 식생공을 이용하여 사면의 안정을 꾀하고 있다. 또한 新谷 등(1980)은 사면이 안정될 때 식생의 침입이 급속히 증가하기 때문에 사면의 안정이 매우 중요하다고 하였다. 따라서 임도로 인해 발생하는 비탈면의 녹화는 임도의 구조적인 안정 뿐만 아니라 친환경적인 임도건설에 있어서 매우 중요한 인자라 할 수 있다.

임도의 구조적인 인자와 사면의 식생침입에 관한 연구는 오래 전부터 연구되어 왔다. 新谷 등(1980)은 사면장이 15m 이상이면 식생의 침입이 거의 없다고 하였으며, 小橋 등(1979)도 사면길이가 길수록 피복도가 떨어진다고 하였다. 또한 시공경과년수가 증가할수록 피복도는 일반적으로 증가한다고 하였다(新谷 등, 1980). 그러나 江崎 등(1986)은 시공경과년수가 5년 이상이 되면 점차 사면에 출현하는 종수는 줄어들고 우점종의 비율은 증가한다고 하였다. 이와 같이 임도사면의 식생침입은 시공경과년수와 물리적 인자에 의해 많은 영향을 받고 있다.

또한 강우인자는 임도의 구조적인 안정에 많은 영향을 미치는 인자로 연구되어 왔다(정도현, 1995). 하지만 기존의 연구는 조사대상임도가 여러 지역에 산재해 있기 때문에 강우인자에 의한 영향을 배제할 수 없었다. 따라서 본 연구는 강우인자를 배제할 수 있도록 동일 지역인 충청남도 아산시의 임업진흥촉진지역에 8년(1989~1996) 동안 시공된 임도에 대해 시공경과년수 및 물리적 인자에 따른 임도 사면의 식생침입의 변화를 파악하여 임도 사면의 녹화 및 안정화에 대한 방향의 수립에 기초자료로

제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구대상지는 충청남도 아산시의 임업진흥촉진지역이며, 그림 1에서 보는 바와 같이 동일한 지역에 1989년부터 1996년까지 매년 임도가 시설된 지역으로 일반적인 개황은 표 1과 같다.

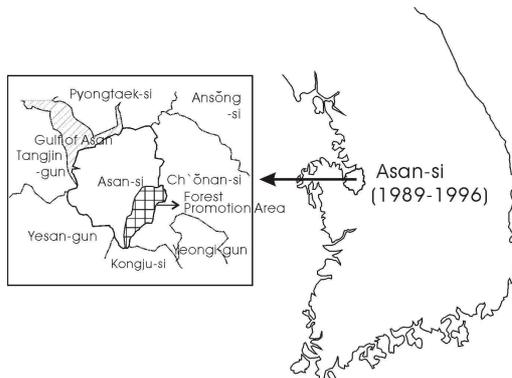


Fig. 1. Location of forest roads investigated

Table 1. General description of forest roads investigated

Constructed year	Years after construction	Total distance (km)	Location
1989	11	2.10	Magok-ri
1990	10	2.12	Magok-ri
1991	9	2.12	Magok-ri ~ Kangdang-ri
1992	8	4.00	Kangdang-ri ~ Kŏsan-ri
1993	7	4.00	Kŏsan-ri ~ Jonggok-ri
1994	6	3.00	Kangdang-ri ~ Magok-ri
1995	5	4.55	Magok-ri ~ Jonggok-ri ~ Kŏsan-ri
1996	4	6.84	Kangdang-ri ~ Baemang-ri ~ Suchŏl-ri

조사지역의 기상조건을 살펴보면, 1987년부터 1998년까지 아산시의 연평균 기온과 강수량은 각각 12.6℃, 1243.1mm이었다(기상청, 1987~1998).

2. 연구방법

연구대상지에 대한 조사는 2000년 9월에 실시하였으며, 조사측점의 선정은 사면의 경사향

을 기준으로 선정하였고 총 조사측점개소는 107개소를 조사하였다. 특히 조사측점 내에 붕괴나 붕락이 일어난 지역은 제외하였으며, 동일한 경사향과 계곡부부터 능선부 등과 같이 연속성이 있는 지역을 선정하였다.

조사항목은 임도의 물리적 인자와 식생인자로 구분하여 조사하였다. 세부 조사항목으로는 시공경과년수와 임도의 물리적 인자 중 사면의 식생침입에 영향을 줄 것으로 판단되는 사면의 경사향, 사면의 경사, 사면장, 표고, 토성 등 15가지 물리적 인자를 컴퍼스와 클리노미터, 줄자 등을 이용해 조사하였다. 하지만 결과 및 고찰에서는 유의성을 보인 경과년수, 사면의 방위, 사면전형, 사면장, 사면의 경사 등 5가지에 대해서만 고찰하였다. 또한 본 연구에서는 조사지역이 모두 동일한 지역에 위치하기 때문에 강우에 따른 영향은 적을 것으로 판단하여 조사항목에서 제외하였다.

식생조사는 절·성토사면의 피복도와 침입종을 조사하였으며, 피복도는 조사대상 사면의 사면장을 기준으로 상부, 중부, 하부로 구분하

여 조사하였고 전체피복도에 대한 조사를 실시하였다. 침입종은 사면 전체를 대상으로 조사하였다.

조사자료의 분석은 임도의 물리적 인자와 시공경과년수에 따른 사면의 식생 피복도, 침입종수 등의 변화를 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시공경과년수에 따른 식생의 변화

본 조사대상 임도의 경우 시공경과년수가 최소 4년 이상인 지역으로, 식생피복도는 그림 2에서 보는 바와 같이 절토사면과 성토사면 모두 60% 이상의 피복도를 보이는 것으로 나타났다. 하지만 사면에 침입한 식생의 종수는 절토사면이 더 많은 것으로 조사되었다. 이는 절토사면에 비해 성토사면의 Seed spray 활착률이 더 높아서 주위로부터의 식생 침입가능성을 줄이는 효과를 나타냈기 때문인 것으로 판단된다.

시공경과년수와 사면의 방위에 따른 식생의

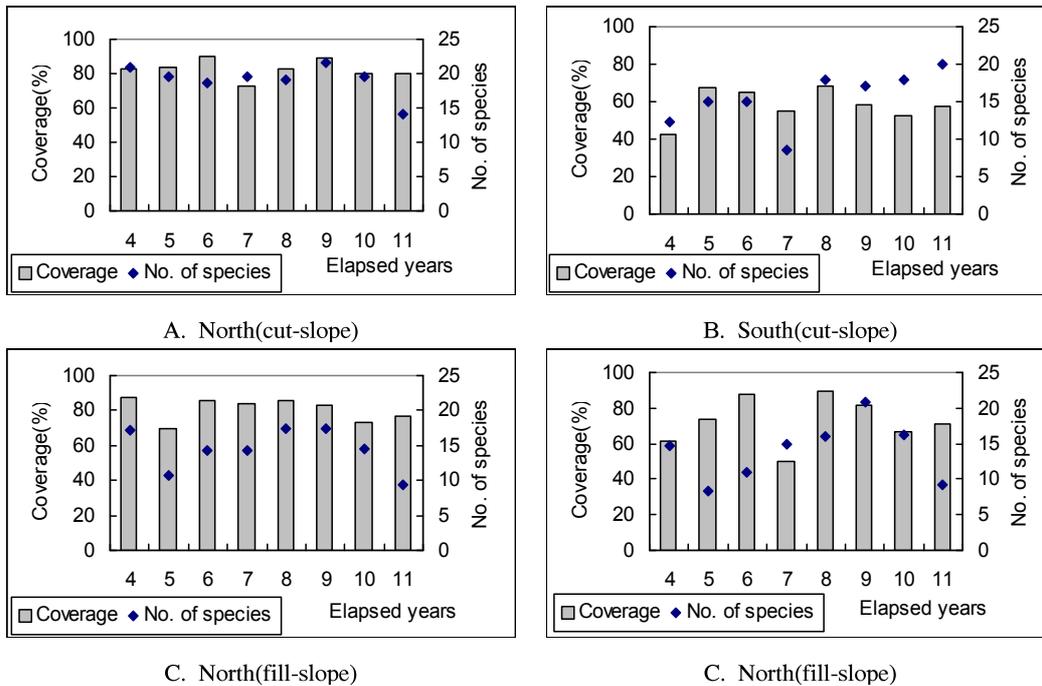


Fig. 2. Vegetation coverage and number of species on forest road slope by elapsed years and slope aspect

피복정도를 보면 절토사면과 성토사면 모두 북향의 경우는 평균 80% 이상인 것으로 조사되었으며, 남향의 경우는 상대적으로 피복도가 약간 낮은 것으로 조사되었다. 피복도의 경우 북향사면과 남향사면간의 유의성은 없는 것으로 나타났다.

시공경과년수와 방위에 따른 식생의 침입종수는 경사향에 따라 뚜렷한 차이를 보였는데, 북향의 절토사면은 그림 2에서 보는 바와 같이 전체적으로 줄어드는 경향을 보이고 있었으며, 남향 절토사면의 경우 전체적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 성토사면의 경우는 시공 후 5년부터 9년까지는 꾸준히 증가하지만 이후 점차 침입종의 수가 줄어드는 것으로 조사되었다. 이는 江崎 등(1986)이 연구한 결과와 유사한 결과이며, 남향 절토사면의 경우는 추후 추가적인 조사가 필요한 것으로 판단되었다.

한편, 총 107개소의 조사측점에 대하여 경과년수별 출현회수에 따른 침입종을 살펴보면 경과년수가 4~5년일 때는 칩, 오리새, 산딸기, 병꽃나무, 큰까치수영 등의 순이었으며, 경과년수가 6~8년일 때는 참싸리, 담쟁이덩굴, 산딸기, 썩, 칩, 소나무, 오리새 등의 순, 9~11년일 때는 참싸리, 산딸기, 물봉선, 썩, 칩 등의 순으로 나타났다(부록 1 참조).

2. 임도의 물리적 인자에 따른 절·성토사면의 식생피복도

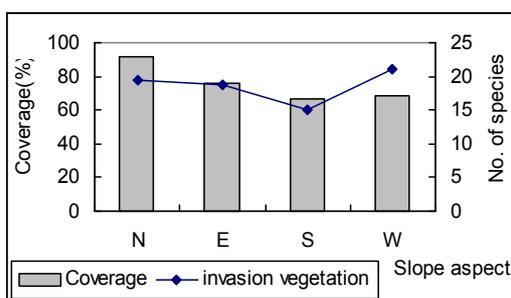
사면의 방위에 따른 피복도를 보면 그림 3에서 보는 바와 같이 절토사면의 경우 북향사면

이 90% 이상으로 가장 높은 것으로 조사되었으며, 동향사면, 서향사면, 남향사면 순이었다. 성토사면은 서향사면과 북향사면, 동향사면이 약 80% 이상의 피복도를 보였으며, 남향사면만 약 65% 정도의 피복도를 보였다. 침입종수는 절토사면의 경우 서향사면이 가장 많았으며, 북향사면, 동향사면, 남향사면의 순으로 나타났다. 성토사면의 경우는 북향사면, 남향사면, 동향사면이 거의 동일한 수준이었으며, 서향사면만이 낮은 것으로 조사되었다. 이는 표 2에서 보는 바와 같이 절토사면의 경우 조사대상 측점의 평균 사면장이 유사한데 반해, 성토사면의 경우 서향사면의 사면장은 평균 5m 정도이고 북향사면, 남향사면, 동향사면의 평균 사면장은 각각 7.9m, 9.1m, 10.6m로서 사면장의 차이로 인한 것으로 사료된다. 또한 전체적으로 북향의 사면이 남향의 사면에 비해 식생침입에 필요한 습도조건이 비교적 양호하기 때문인 것으로 판단된다.

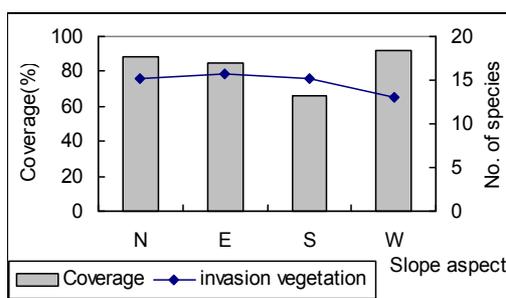
Table 2. Average slope length by slope aspect (unit : m)

	Slope aspect			
	North	East	South	West
Cut-slope	6.4	6.3	6.2	4.5
Fill-slope	7.9	9.1	10.6	5.0

사면방위에 따른 침입종은 북향사면의 경우 병꽃나무, 산딸기, 물봉선, 큰까치수영, 칩, 썩,



A. Cut-slope



B. Fill-slope

Fig. 3. Coverage and species of invaded vegetation on forest road slope by slope aspect

국수나무 등이 많은 조사지점에서 출현하였으며, 남향사면의 경우 오리새, 참싸리, 소나무, 칩 등의 순으로 많이 출현하는 것으로 조사되었다(부록 2 참조).

사면형에 따른 식생피복도의 변화를 조사한 결과, 표 3에서 보는 바와 같이 절토사면과 성토사면 모두 Linear나 Concave의 형태가 Convex의 형태보다 피복도가 높은 것으로 조사되었으며, Linear와 Concave의 식생피복도는 북향의 경우는 거의 유사한 것으로 나타났고, 남향의 경우는 Linear의 형태가 더 높은 것으로 조사되었다.

또한 절·성토사면 모두 사면의 상부보다는 중부나 하부의 식생피복도가 높은 것으로 조사되었다. 이는 사면의 하부쪽이 상부나 중부보다 완만하며, soil slip 현상에 의해 종자의 이동이 하부로 이어져 사면하부의 피복도가 높았던 것으로 판단된다.

Table 3. Coverage and species of invaded vegetation on forest road slope by slope alignment

Slope Alignment		Vegetation coverage(%)				Invasion vegetation species
		Upper part	Middle part	Lower part	Average	
Linear	Cs*	76.3	78.1	88.5	81.0	18.9
	Fs**	85.3	86.7	86.2	86.1	13.7
Concave	Cs	70.0	83.1	86.2	79.7	16.2
	Fs	80.0	77.8	75.6	77.8	17.8
Convex	Cs	45.0	45.0	80.0	56.7	14.5
	Fs	-	-	-	-	-

* : Cut-slope, ** : Fill-slope

사면장은 식생피복도에 영향을 미치는 인자로서 연구되어 왔다. 新谷 등(1980)과 小橋 등(1979)은 사면장이 길수록 식생피복도가 점차 감소한다고 하였다. 본 연구조사 결과 표 4에서 보는 바와 같이 절토사면의 경우는 사면장이 증가함에 따라 피복도와 침입종수가 줄어드는 것으로 조사되었으나 유의성을 보이지는 않았다. 또한 성토사면의 경우 피복도는 줄어드나 침입종수는 오히려 증가하는 것으로 조사되

었는데 이는 성토사면이 절토사면에 비해 식생 침입이 비교적 용이하고 조사대상 지역에 장대사면이 없었기 때문인 것으로 생각된다.

Table 4. Coverage and species of invaded vegetation on forest road slope by slope length

Slope Length(m)	Cut-slope		Fill-slope	
	Coverage (%)	No. of species	Coverage (%)	No. of species
0~3	51.7	11.0	81.7	9.0
3~6	74.5	16.5	74.5	13.0
6~9	74.4	16.8	85.2	15.7
9~12	64.6	14.0	80.4	15.3
12~15	41.7	13.5	73.7	16.9

사면경사에 따른 식생의 변화를 보면 절토사면의 경우는 사면의 경사가 증가함에 따라 피복도가 뚜렷하게 하락하는 것으로 조사되었다. 반면 성토사면의 경우는 절토사면에 비해 급경사 사면이 없었기 때문에 경사도에 따라 큰 변화는 나타나지 않았다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 충청남도 아산시 임업진흥촉진지역의 민유임도 8개소를 대상으로 시공경과년수 및 임도의 물리적 인자에 따른 절·성토사면의 식생변화를 파악하여 친환경적인 임도건설에 필요한 기초자료를 제공코자 실시되었다.

본 연구조사대상지의 경우 시공경과년수와 피복도와의 유의성은 없는 것으로 나타났으나 이는 본 연구대상 임도의 경우 시공경과년수가 최소 4년 이상이었기 때문인 것으로 판단되었고 추후 연구시에는 신설초기 임도에 대한 조사도 병행되어야 할 것으로 판단되었다.

물리적 인자에 따른 식생의 피복도는 경사향이 북향과 서향인 사면의 피복도가 높은 것으로 조사되었으며, 남향의 사면은 상대적으로 피복도가 낮은 것으로 조사되었다. 따라서 임도의 시공시 남향과 동향사면이 많은 지역의 경우 식생도입을 위한 추가적인 공법이 요구된다.

한편, 피복도의 경우 절토사면과 성토사면 모두 사면하부의 피복도가 높은 것으로 조사되었으며, soil slip 현상이 상대적으로 높은 절토사면의 경우가 보다 뚜렷한 차이를 보이고 있었다. 따라서 성토사면의 경우 편책을 이용해 soil slip 현상을 방지해야 할 것이다. 하지만 절토사면의 경우 편책시공이 사실상 불가능한 경우가 많으므로 시공시 적절한 노폭의 유지와 노선의 중심고 및 계획고의 변경을 통한 사면장 축소와 사면경사도의 완화를 유도해야 할 것이다.

전체적인 사면의 피복도와 식생침입종의 수는 절토사면에서 보다 뚜렷한 경향을 보이고 있었는데 이는 성토사면에 비해 절토사면이 씨뿌리기공법에 의한 영향이 적었기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 사면의 피복도와 침입종수를 위주로 조사하였기 때문에 식생의 생활형과 특성, 개체수 변화 및 목·초본에 따른 분석을 실시하지 않았으며, 추후 연구 수행시에 조사 및 분석항목에 포함시키도록 할 예정이다.

인 용 문 헌

기상청. 1987~1998. 기상연보.
 우보명·이준우. 1987. 임도절취사면의 식물피복도에 미치는 인자들의 영향. 서울대학교 연습림보고 23 : 47-56.
 우보명·김남준·김경훈·전기성. 1996. 고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구-중부고속도로를 중심으로-. 한국임학회지 85(3) : 347-359.
 우보명·최형태·이승현. 2000. 임도개설후 경

과년수에 따른 임도 성토비탈의 토사침식 특성. 한국환경복원녹화기술학회지 3(1) : 1-9.
 산림청. 2001. 임업통계연보. 216-217쪽.
 전근우·김민식·江崎次夫. 1996. 임도개설이 수질에 미치는 영향(I). 한국임학회지 85(2) : 280-287.
 전근우·차두송·박완근·오재만. 1994. 산악림의 임도개설에 관한 연구(VI)-개설후 초기년의 식생침입. 강원대학교 연습림연구보고 14 : 121-134.
 정도현. 1995. 신설임도의 초기침식량에 관한 연구. 한국임학회지 84(3) : 319-332.
 산림조합중앙회. 2000. 환경친화적인 녹색임도 시설에 관한 연구. 산림조합중앙회 산림자원조성기금사업운영위원회. 244쪽.
 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関する研究(IV)-暖温帯地域の盛土のり面における木本植物の侵入推移について. 愛媛大演習林報告 24 : 111-128.
 小橋澄治·島津義史·吉田博宣·酒井徹郎·佐佐木功. 1979. 林道切取のり面の安定性と自然植生の回復について一芦生演習林を例として. 京都大學演習林報告 51 : 164-174.
 新谷融·失都崇·内藤満. 1980. 林道法面における植生変化に関する研究. 北海道大學農學部演習林研究報告 37(1) : 165-208.
 Borroughs, E. R. Jr. and J. G. King. 1989. Reduction of soil erosion on forest roads. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-264 : 1-21.

接受 2002年 1月 11日

Appendix 1. Appearance rate* of the principal invasion vegetation on forest road slope by elapsed years.

(unit : %)

Invasion vegetation	Years after construction							
	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	14.3	33.3	50.0	40.0	60.0	16.7	50.0	100.0
<i>Dactylis glomerata</i>	57.1	66.7	50.0	40.0	40.0	33.3	50.0	25.0
<i>Festuca rubra</i>	-	66.7	16.7	20.0	40.0	50.0	-	25.0
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	42.9	-	33.3	-	40.0	33.3	-	-
<i>Impatiens textori</i>	14.3	33.3	50.0	-	60.0	33.3	50.0	100.0
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	14.3	33.3	50.0	40.0	80.0	66.7	50.0	75.0
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	28.6	33.3	16.7	60.0	-	33.3	25.0	50.0
<i>Lindera erythrocarpa</i>	57.1	16.7	16.7	60.0	20.0	16.7	25.0	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	28.6	16.7	33.3	60.0	20.0	16.7	50.0	50.0
<i>Lysimachia clethroides</i>	57.1	16.7	50.0	20.0	-	16.7	75.0	50.0
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	14.3	33.3	66.7	40.0	60.0	33.3	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	14.3	16.7	16.7	80.0	40.0	33.3	50.0	50.0
<i>Prunus sargentii</i>	14.3	50.0	33.3	40.0	-	33.3	50.0	50.0
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	28.6	-	33.3	40.0	-	33.3	50.0	50.0
<i>Pueraria thunbergiana</i>	57.1	66.7	33.3	60.0	60.0	33.3	25.0	100.0
<i>Rhus chinensis</i>	42.9	33.3	50.0	40.0	-	16.7	50.0	50.0
<i>Rubus coreanus</i>	-	33.3	33.3	-	20.0	-	50.0	25.0
<i>Rubus crataegifolius</i>	57.1	33.3	66.7	60.0	20.0	66.7	50.0	75.0
<i>Stephanandra incisa</i>	28.6	16.7	33.3	20.0	-	16.7	25.0	50.0
<i>Styrax japonica</i>	42.9	-	33.3	60.0	-	16.7	50.0	-
<i>Weigela subsessilis</i>	42.9	16.7	33.3	-	20.0	33.3	50.0	25.0
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	28.6	16.7	-	20.0	20.0	16.7	50.0	-

$$*\text{appearance rate}(\%) = \frac{\text{No. of appearance times}}{\text{No. of investigated slopes}} \times 100$$

Appendix 2. Appearance rate* of the principal invasion vegetation on forest road slope by slope aspect.

(unit : %)

Invasion vegetation	North	South
<i>Artemisia keiskeana</i>	2.6	28.6
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	31.6	42.9
<i>Dactylis glomerata</i>	31.6	46.4
<i>Festuca rubra</i>	15.8	28.6
<i>Impatiens textori</i>	44.7	10.7
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	26.3	46.4
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	18.4	39.3
<i>Lysimachia clethroides</i>	36.8	28.6
<i>Pinus densiflora</i>	13.2	46.4
<i>Prunus sargentii</i>	15.8	32.1
<i>Pueraria thunbergiana</i>	42.1	42.9
<i>Rubus crataegifolius</i>	71.1	28.6
<i>Stephanandra incisa</i>	31.6	7.1
<i>Weigela subsessilis</i>	73.7	-

$$*\text{appearance rate}(\%) = \frac{\text{No. of appearance times}}{\text{No. of investigated slopes}} \times 100$$