

## 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조와 천이\*

- 강원도 임도를 중심으로 -

송호경<sup>1)\*</sup> · 박관수<sup>1)</sup> · 이준우<sup>1)</sup> · 이미정<sup>2)</sup> · 이상화<sup>2)</sup> · 김효정<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 충남대학교 산림자원학과 · <sup>2)</sup> 충남대학교 대학원

## Vegetation Structure and Succession of the Decomposed Granite Cut-slope\*

- In case study on forest road of Gangwon-do -

**Ho-Kyung Song<sup>1)\*</sup> · Gwan-Soo Park<sup>1)</sup> · Joon-Woo Lee<sup>1)</sup> · Mi-Jeong Lee<sup>2)</sup>  
Sang-Hwa Lee<sup>2)</sup> and Hyo-Jeong Kim<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Department of Forest Resources, Chungnam National University,

<sup>2)</sup> Graduate School, Chungnam National University.

### ABSTRACT

This study was carried out to select proper species for early stage replantation in granite forest roads cut-slope. From two to sixteen year elapsed forest roads in four regional areas of Gangwon-do, sample plots were selected, and their vegetations and environmental factors were investigated.

Soil organic matter, total nitrogen, soil moisture content, and bulk density in the decomposed granite soils were below 1.32%, 0.08%, 10.0%, and above 1.24g/cm<sup>3</sup>, respectively. The result indicated that the soil was not good for plant growth.

The environmental factors affecting distribution of species in the granite forest roads were the elapsed year, cut-slope, elevation, and cut-slope aspect.

Species with high frequency in the granite forest road cut-slope ordered *Lespedeza bicolor*, *Rubus crataegifolius*, *Pinus densiflora*, *Lysimachia clethroides*, *Amorpha fruticosa*, *Dactylis glomerata*, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Festuca arundinacea*, *Spodiopogon sibiricus*, *Artemisia stolonifera*, and *Weigela subsessilis*.

Herbs seeded in earth stage such as *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, and *Festuca arundinacea* had changed into perennial herbs such as *Carex lanceolata*, *Poa sphondylodes*, *Patrinia villosa*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Spodiopogon sibiricus*, *Melica onoei*, *Artemisia keiskeana*, *Artemisia stolonifera*, *Astilbe chinensis* var. *davidii*, *Spodiopogon sibiricus*, and those had changed into shrubs such as *Rubus crataegifolius* and *Weigela subsessilis*, and those had changed into trees such as *Salix*

\* 본 연구는 농림부 지원 농특 첨단기술개발과제(20010449)로 수행되었음.

\* 연락처자 E-mail : hksong@cnu.ac.kr

*hulteni*, *Salix koreensis*, and *Fraxinus rhyncholhylla* according to elapsed year of forest roads.

Legumes such as *Lespedeza* sp., *Pueraria thunbergiana*, *Amorpha fruticosa*, etc., herbs such as *Artemisia keiskeana*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Artemisia stolonifera*, *Astilbe chinensis* var. *davidii*, *Spodiopogon sibiricus*, *Miscanthus sinensis*, etc., and woody plants such as *Pinus densiflora*, *Rubus crataegifolius*, *Weigela subsessilis*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Rhododendron mucronulatum*, etc., with foreign herbs were considered as proper species for replantation in granite forest road cut-slope.

Key words : DCCA ordination, Ecological replantation, Ecological succession, Vegetation change.

## I. 서 론

일반적으로 녹화공법을 적용한 암반 비탈면에서의 녹화는 초기에는 초본류가 우세하지만, 시간이 경과할수록 초기 도입식생은 쇠퇴하게 되고, 침입종이 들어와서 천이가 진행된다(吉田博宣, 1983; 江岐次夫 等, 1986). 실제로 외래 초본류 위주의 녹화는 조기녹화를 위해서는 바람직하지만, 수년이 경과한 후부터는 서서히 퇴화하는 경향이 있다. 따라서 외래 도입 초본류에 의한 녹화보다는 초기 조성속도가 다소 늦은 자생 관목과 초본류를 적절히 배합하는 녹화방법이 식생안정 및 토양보전 측면에서 우수하다고 볼 수 있다(김남춘, 1991).

환경친화적인 사면녹화를 위하여 자생 초·목본식물들을 사용하면 그 지역의 기후에 대한 적응력이 높아 유지관리가 용이하고, 비탈면 경관의 조속한 회복에 기여하여 비탈면 붕괴방지 효과면에서 외래 도입 초종보다 탁월한 장점이 있어(김남춘, 1998), 외래 수종에 자생 초·목본식물들을 첨가하여 파종을 실시하기에 이르게 되었다(김남춘, 1991; 이재필, 1995; 전기성·우보명, 1999a; 1999b).

특히 마사토 비탈은 쉽게 건조해지고 붕괴가 용이하며, 토중 수분의 동태에 따라 사면의 붕괴 및 녹화성공에 미치는 영향이 크다(矢橋震吾·金光達太郎, 1985). 또한 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하며(吉田博宣, 1982), 비탈면의 안정성이 식생성립의 결정인자가 되고 있다. 그리고 마사토 비탈은 토질이 척박하기 때

문에 우리나라 기후에 대한 적응력이 우수하고 유지관리가 용이한 자생 초·목본식물을 사용하여 녹화하는 것이 야생동물의 서식처 및 은신처 제공과 비탈면의 붕괴방지에 효과가 있어 친환경적인 비탈면의 복원대책이 되고 있다(건설교통부, 1998; 김남춘, 1998; 전기성·우보명, 1999a; 1999b).

마사토 비탈면의 식생변화는 시공 후 경과년수에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 마사토 입도 비탈면의 식생천이를 밝히기 위해서는 다양한 입지에 대하여 시공년도의 경과에 따른 식생의 변화를 계속적으로 조사 관찰하는 것이 가장 적절한 방법이라고 생각된다. 그러나 이 방법은 많은 시간을 필요로 한다. 해마다 많은 입도를 개설하는 시점에서 입도 사면에 어떤 자생 초·목본의 파종이 가장 적절한가 하는 문제는 시급을 요하는 문제라 아니할 수 없다. 따라서 본 연구의 목적은 지금까지 개설된 입도사면에 대한 시공년도별 조사를 통하여 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조와 천이를 바탕으로 그 지역에 알맞은 적절한 초·목본을 선발하는데 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사대상지의 선정

본 연구를 수행하기 위하여 강원도 지역의 화강암질 풍화토 절토비탈면에 외래종 및 자생 초·목본을 파종한 후 2년~16년이 경과한 절토 비탈면을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사

**Table 1.** Numbers of surveyed plot by elapsed year.

County	2	3	4	6	7	8	10	11	12	13	16	Total
Yangyang-gun	2	2				1						5
Gangneung-si		1	5	14	7				7	11		45
Hongcheon-gun		4	2	4	1	1	2	2				16
Pyeongchang-gun											10	10
Total	2	7	7	18	8	2	2	2	7	11	10	76

지역은 강원도 양양군 현북면, 강릉시 강동면과 사천면 및 성산면, 홍천군 두촌면, 평창군 봉평면 지역이며, 지역에 따른 경과년수별 조사구 수는 Table 1과 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 속초가 12.1℃와 1342.4mm, 강릉이 12.9℃와 1401.9mm, 홍천이 10.1℃와 1291.3mm이었다(기상청, 2001).

조사지역의 임상은 소나무와 일본잎갈나무 등의 침엽수와 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등이 주로 분포하고 있다.

## 2. 조사 및 분석 방법

### 1) 식생조사 및 환경조사

식생조사와 환경조사는 2004년 7월부터 8월에 걸쳐 실시하였다. 식생조사는 임도사면의 피복도가 10% 이상이고 사면이 균일한 지역을 대상으로 임도사면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 사면의 상부, 중부, 하부에서 각각 1개소씩 1m×1m 크기의 방형구를 설치하고 종별 개체수와 피복도를 측정하였다. 또한 환경조사는 식생조사 지역에서 임도사면의 위치, 절토사면 방향, 해발고, 상부산지 경사, 절토사면 경사, 절토사면장 및 토사함유량을 조사하였다.

### 2) Ordination 및 토양 분석

Ordination을 위하여 식생조사에서 얻은 자료(상대밀도와 상대피도)로부터 각 종의 합성치를 구하였고, ordination은 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill and Gauch, 1980), Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

또한, 토양의 대략적인 이화학적 특성을 조사하기 위하여 화강암질 풍화토 사면을 대상으로 지역별로 사면 중간지점의 표토층 0~10cm 깊이의 토양을 채취하여, 토양의 유기물함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg는 ICP로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982). 토양의 pH는 1:5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 토양의 가비중은 100cc can을 사용하여 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양은 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 항량에 도달할 때까지 건조시켰다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

본 조사지의 토양들은 우리나라에서 가장 널리 분포되어 있는 화강암질 풍화토로서 이 경우 풍화산물은 주로 모래가 된다. 분석 결과 모래가 아주 많거나 또는 많이 있는 사양토 또는 사질식양토로 나타났다(Table 2). 유기물의 경우 식생의 성장을 위해 최소 3% 정도는 되어야 하나 본 조사지 토양에서 1.32% 이하로 나타나 매우 척박한 토양으로 보인다. 전질소 또한 0.08% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단된다. 유효인산의 경우도 대부분의 조사 지역에서 매우 적게 나타나 식물체에 인산 결핍이 크게 우려된다. 치환성 K, Ca, Mg의 경우도 우리나라 산림토양의 경우보다 훨씬 적게 나타나(박관수·이승우, 2001) 식물의 성장 등이 매우 나쁠 것으로 생각된다. 양이온치환용량의 경우도

**Table 2.** Soil characteristics of decomposed granite cut-slope.

Sites	O.M. (%)	T-N (%)	Av-P (ppm)	Ex-K (me/100g)	Ex-Ca (me/100g)	Ex-Mg (me/100g)	Texture	C.E.C (me/100g)	pH (1 : 5)	Soil water content (%)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )
Gangleung-si(1)	1.07	0.06	2.8	0.19	0.10	0.12	SCL	9.60	4.64	9.9	1.33
Gangleung-si(2)	0.94	0.04	3.3	0.08	0.11	0.01	SL	4.62	4.47	7.4	1.28
Gangleung-si(3)	1.24	0.08	4.1	0.21	0.35	0.12	SCL	6.35	5.12	8.9	1.27
Hongcheon-gun	1.32	0.08	9.1	0.28	0.28	0.17	SL	9.10	5.01	10.0	1.24
Pyeongchang-gun	1.11	0.07	8.8	0.24	0.34	0.09	SL	8.50	4.90	9.2	1.30
Average	1.14	0.07	5.6	0.31	0.24	0.10		7.63	4.83	9.1	1.28

최소 10me/100g 정도는 되어야 하나 본 연구 지역에서는 9.60me/100g이 최대치로 매우 낮은 값을 보이고 있다. 토양 pH의 경우 우리나라 산림 토양의 값인 pH 5.0 내외로 산도에 의한 문제는 없을 것으로 생각된다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되고 있는 가비중의 경우도 평균 1.20g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장 및 뿌리 성장 등에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나 매우 열악한 입지로 생각된다.

**2. 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성**

**1) 임도사면의 출현 종수와 피복도**

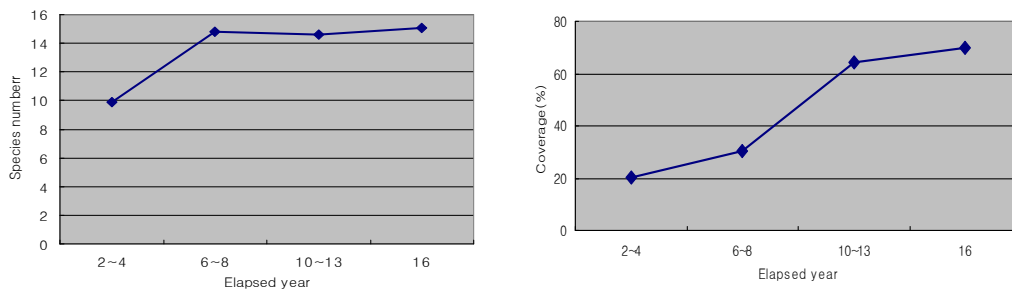
임도사면의 출현 종수를 시공후 경과년수에 따라 살펴보면, 시공 후 2~4년이 경과한 임도에서는 평균 9.9종, 시공 후 6~8년 후에는 평균 14.8종, 10~13년 후에는 평균 14.6종, 16년 후에는 15.1종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 임도의 식생은 시공 후 6~8년 사이에 가장 많이 증

가하며 그 이후로는 약간의 변화만 있을 뿐 눈에 띄는 종 수의 변화는 없었다(Figure 1).

송호경 등(2003, 2004)이 경상도와 전라도 및 충청도 화강암임도 사면의 분석에서 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서 보다 다소 적은 종의 종이 출현하였는데, 이는 강원도가 다소 북쪽에 위치하고 있기 때문이라고 판단된다.

임도 시공후 경과년수에 따른 피복도는 임도 시공 후 2~4년이 경과한 임도는 평균 20.2%가 피복되었으며, 시공 후 6~8년이 경과한 임도는 평균 30.3%로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 10~13년이 경과한 임도는 평균 64.3%, 16년이 경과한 임도에서는 평균 70%의 피복도를 가진 것으로 조사되었다. 피복도는 임도 시공 후 8년이 경과한 후에 급격히 증가하다가 그 이후에는 조금씩 증가하는 경향을 보였다(Figure 1).

송호경 등(2004)은 경상도와 전라도지방의 화강암임도 절토비탈면의 식생구조에 대한 연구에서 시공 후 4~5년이 경과하면 피복도가 63.8%에 달한다고 보고하였는데, 본 조사에서 낮게 나



**Figure 1.** Change of species number(left) and vegetation coverage(right) by elapsed years.

**Table 3.** Appearance frequency of the principal invasion vegetation on forest road slope by elapsed years.

Scientific name	2~4	6~8	10~13	16
<i>Lolium perenne</i> *	0.25			
<i>Festuca arundinacea</i> *	0.25	0.29		0.10
<i>Dactylis glomerata</i> *	0.56	0.36		0.20
<i>Lespedeza bicolor</i> *	0.50	0.64	0.18	0.50
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> *	0.38	0.25		
<i>Lespedeza maximowiczii</i> *	0.13	0.18	0.09	
<i>Amorpha fruticosa</i> *	0.19	0.50		
<i>Festuca ovina</i>	0.38	0.11		
<i>Carex humilis</i>	0.19	0.07		
<i>Poa sphondylodes</i>	0.13	0.18		
<i>Poa pratensis</i>	0.31	0.07		
<i>Isodon inflexus</i>		0.18	0.14	
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	0.31	0.25	0.14	0.20
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>		0.07	0.14	
<i>Lysimachia chlethroides</i>	0.19	0.39	0.14	0.20
<i>Patrinia villosa</i>				
<i>Duchesnea chrysantha</i>	0.19	0.11		
<i>Youngia denticulata</i>		0.29		0.30
<i>Aster scaber</i>		0.11	0.14	
<i>Artemisia keiskeana</i>		0.11	0.09	0.20
<i>Artemisia stolonifera</i>		0.14	0.09	0.30
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i> davidii</i>		0.11	0.14	0.30
<i>Artemisia princeps</i> var. <i> orientalis</i>		0.25		0.20
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.19	0.18	0.14	
<i>Weigela subsessilis</i>		0.18	0.23	0.30
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.19	0.14	0.09	
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.25	0.43	0.23	0.70
<i>Pinus densiflora</i>	0.38	0.50	0.14	

\* : Sowing plants

타난 것은 조사지역의 년 평균기온에서 밝혔듯이 기온이 다소 낮은 북쪽에 위치하고 있기 때문이라고 판단된다.

2) 임도사면에 출현하는 침입종의 출현 빈도 임도사면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도사면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는 것이 쉽지 않았다.

Table 3에서 보는 바와 같이, 시공 초기에 파종한 호밀풀, 오리새, 큰김의털 등의 외래초종은 파종 초기에는 빈도가 높게 출현하나, 경과년수에 따라 소멸되거나 감소함을 볼 수 있다. 그러나 초기에 파종된 싸리류(싸리, 참싸리, 조록싸

리)는 시공 후 16년이 경과한 임도사면에서도 높은 빈도로 출현하였다.

또한 큰기름새, 큰까치수영, 이고들빼기, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 쭉 등의 다년초는 시공 후 2~4년 내지 6~8년 후에 출현하여 시공 후 16년이 경과한 임도사면에서도 출현하고 있으며, 관목수종인 병꽃나무와 산딸기는 시공 후 2~4년 내지 6~8년 후에 출현하여 시공 후 16년이 경과한 임도사면에서도 높은 빈도로 출현하고 있었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화식물인 호밀풀, 오리새, 큰김의털은 시공 후 6년부터 쇠퇴하기 시작함을 알 수 있으며, 시공 후 2~4년이 경과한 임도사면에서는 다년초, 관목 및 소나무가 침입하기 시작하여 시공 후 10~13년이

경과하면서 관목과 소나무가 우점하고 있다고 판단된다. 이러한 결과는 우보명 등(1996)과 이미정 등(2003)의 절토비탈면 출현식생의 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다는 연구결과와 일치하고 있다.

김남춘 등(1998), 이미정 등(2003)과 송호경 등(2003; 2004)은 외래 초종은 척박한 마사토 비탈면에 생육이 가능하나 과다 파종될 경우 이들만으로 비탈면이 우점됨으로써 주변 식생의 침입이 억제되어 식생천이가 방해된다고 하였는데, 능수참새그렁, 큰김의털과 오리새가 시공 후 16년이 경과한 임도에서도 높은 피도로 점유하여 2차식생의 침입이 제한된 곳도 있었다. 日本 名神高速道路法面에서의 식생천이(龜山章, 2002)의 진행양식을 보면, 시공 후 2년이 경과하면 초본류의 침입이 시작되고 식생천이가 원활히 진행되기 위해서는 시공 후 10여년이 경과되면 녹화용초본류는 고사되거나 거의 소멸되어야 한다고 하였는데, 일부 지역에서 녹화용으로 파종한 능수참새그렁, 큰김의털과 오리새가

식생천이를 방해하는 것으로 확인되었다.

### 3) Ordination 분석

임도사면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도사면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지는 현 시점에서 환경친화적인 임도건설을 위한 적절한 초종의 선발은 시공년도별 조사를 통해 천이 계열을 추정하여 선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

임도 사면에 대한 시공년도별 조사를 통해 천이 계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하기 위하여 기존에 시공된 화강암질 풍화토 임도사면에 출현한 종과 환경인자들 간의 상관관계를 규명하였다. 76개 조사구 중 5개 이상의 조사구에서 출현한 32종을 대상으로 8개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 I/II 평면상에 나타냈다(Figure 2).

Figure 2에서 보는 바와 같이 조사구들은 8개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들의 상관관계를 살펴보면(Table 4), 여러

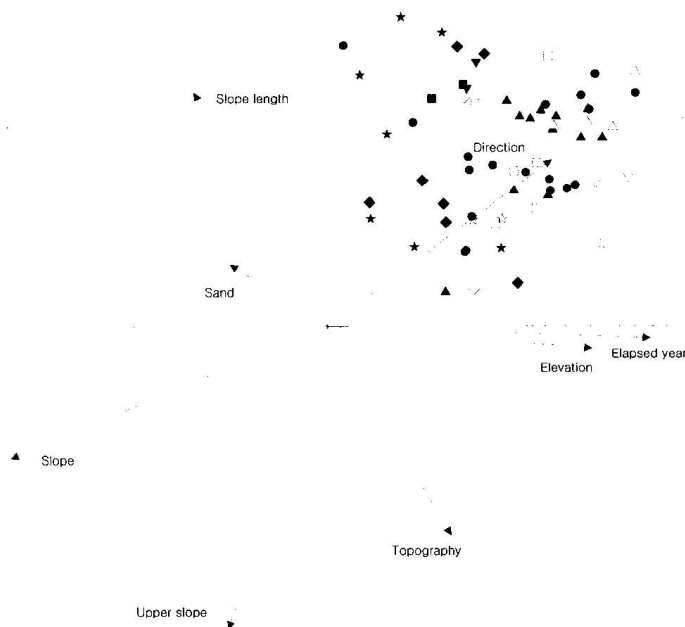


Figure 2. Vegetation data of decomposed granite cut-slope in Gangwon-do : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(☆, ★, ◆, ●, □, ◇, ■, ▼, △, ▲, ○) and environmental variables(arrow).

The plots are : ☆=2 years; ★=3 years; ◆=4 years; ●=6 years; □=7 years; ◇=8 years; ■=10 years; ▼=11 years; △=12 years; ▲=13 years; ○=16 years.

**Table 4.** Decomposed granite cut-slope data from Figure 2 : canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of DCCA.

Variables	Axis Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Elapsed year	0.207	0.105	0.549**	-0.020
Topography	0.173	-0.098	0.209	-0.355**
Direction	0.354	0.132	0.382**	0.285*
Elevation	0.165	-0.119	0.450**	-0.038
Slope	-0.591	0.094	-0.540**	-0.225
Upper slope	0.420	-0.420	-0.171	-0.451**
Slope length	-0.044	0.352	-0.227*	0.399**
Sand	-0.081	0.113	-0.166	0.106
Eigenvalue	0.518	0.328		

\*\*p<0.01, \*p<0.05

환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다.

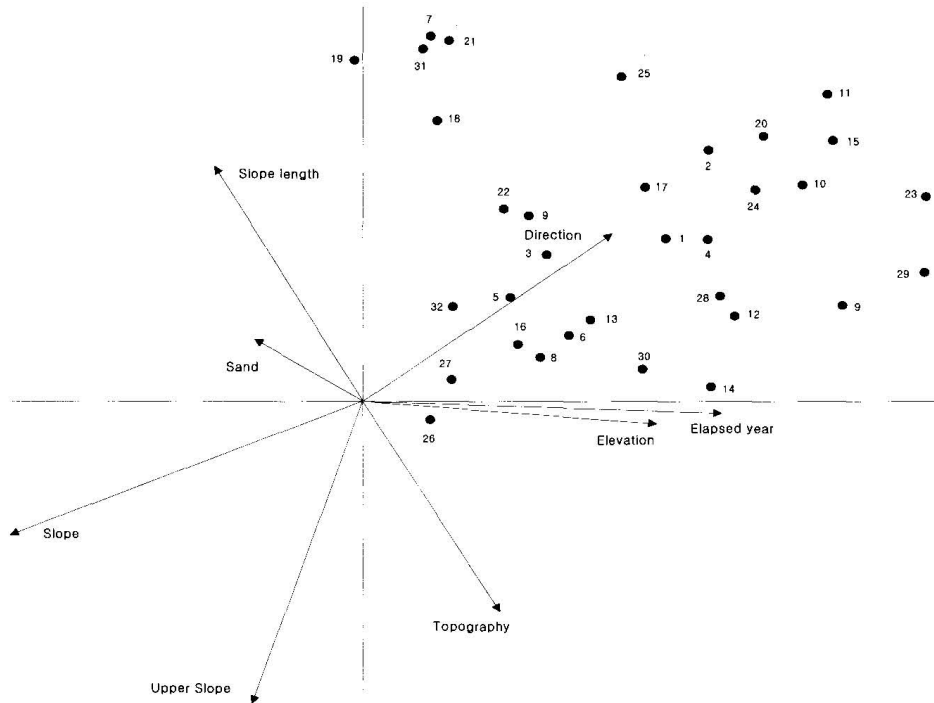
제1축에서는 시공후 경과년수, 절토사면 경사, 해발고 및 사면방향이 높은 상관관계를 보여주고 있는 반면에 제2축에서는 상부산지 경사, 사면길이 및 지형요소가 높은 상관관계를 보여주고 있다. 矢橋震吾와 金光達太郎(1985)이 수분의 동태에 따라 녹화성공에 미치는 영향이 크다고 한 것과 吉田博宣(1982)이 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하다고 한 것을 볼 때, 본 연구에서 수분과 관계가 있는 산지사면방향이 종의 분포와 높은 상관관계를 보이는 것과 같은 결과라고 생각된다. 전반적으로 불 때 시공후 경과년수와 산지사면방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 환경요인에 따른 종 분포를 알아본 결과는 Figure 3과 같다.

Figure 3에서 경과년수에 따른 식생의 변화를 보면 시공 초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그령, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과년수에 따라 그늘사초, 포아풀, 딱갈, 썩, 쌀새, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 큰기름새 등의 다년초와 산딸기, 병꽃나무 등의 관목류를 거쳐 호랑버들, 버드나무, 물푸레나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

큰김의털과 오리새는 초기에 파종한 외래초종임에도 불구하고, 김의털, 포아풀, 그늘사초, 딱갈, 썩 등의 자생초종보다 나중에 출현하는 것으로 나타난 것과 Figure 3에는 나타나지 않았지만, 외래초종인 능수참새그령은 시공후 13년과 16년이 경과한 임도사면에 높은 피도로 나타나고 있는 것은 이들 초종들이 과도하게 파종되어 오랫동안 점유하고 있기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 이와 관련하여 김남춘(1997), 이미정 등(2003), 송호경(2003, 2004)도 도입 초종들만으로 녹화하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하기 때문에 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 본 조사지역의 일부에서 능수참새그령과 큰김의털 등이 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다. 이런 점을 고려할 때, 큰김의털, 능수참새그령, 오리새 등 외래초종을 파종할 때는 생태천이 등을 고려하여 과도하게 파종되는 일이 없도록 유의해야 할 것이며, 임도사면의 녹화를 위해서는 오리새, 호밀풀, 큰김의털, 족제비싸리, 싸리류 이외에 썩, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 병꽃나무, 산초나무 등이 적합할 것으로 판단된다.

### 3. 생태천이 분석

Kimmins(1997)는 한 시점에서의 생물상이 시간이 지남에 따라 점차 다른 생물상으로 변화하여 궁극적으로 주위환경과 조화를 이룸으로써 생물상의 변화가 거의 없어지는 안정상태로 유도되는 진행 과정을 생태천이라 하였다. 龜山章(2002)은 비탈면에서의 생태천이를 정상천이와 편향천이로 크게 구분하였으며, 초기 침입종으로 망초, 개망초, 썩, 참억새 등이 침입하고 이후 싸리류와 소나무 등 2차 식생이 침입하여 천이의 마지막 단계에서 소나무와 진달래, 참나무류 등 목본식물이 우점하여 비탈면이 안정되는 정상천이와 초기 침입종으로 생육이 왕성하여 다른 종들의 침입을 허용하지 않는 아까시나무나 칩이 우점할 경우, 다른 종으로의 천이가 이루어지지 않고 지속적으로 이들 종이 우점하는 형태의 편향천이가 있다고 하였다.



**Figure 3.** Ordination diagram based on detrended canonical correspondence analysis of vegetation data of decomposed granite cut-slope with species(numbers) and environmental variables(arrow).

1 : *Lespedeza bicolor*, 2 : *Rubus crataegifolius*, 3 : *Pinus densiflora*, 4 : *Lysimachia chlethroides* 5. *Amorpha fruticosa*, 6. *Dactylis glomerata*, 7. *Lespedeza cyrtobotrya*, 8. *Festuca arundinacea*, 9 : *Spodiopogon sibiricus*, 10. *Artemisia stolonifera*, 11. *Weigela subsessilis*, 12 : *Youngia denticulata*, 13 : *Lespedeza maximowiczii*, 14 : *Salix hulteni*, 15 : *Astilbe chinensis* var. *dauidii*, 16 : *Artemisia princeps* var. *orientalis*, 17 : *Aster scaber*, 18 : *Pueraria thunbergiana*, 19 : *Festuca ovina*, 20. *Isodon inflexus*, 21 : *Zanthoxylum schinifolium*, 22 : *Patrinia villosa*, 23 : *Fraxinus rhynchophylla*, 24. *Solidago virga-aurea* var. *asiatica*, 25 : *Melica onoei*, 26 : *Poa pratensis*, 27 : *Carex lanceolata*, 28 : *Artemisia keiskeana*, 29 : *Salix koreensis*, 30 : *Carex humilis*, 31. *Rhus chinensis*, 32 : *Poa sphondylodes*.

본 지역의 임도 시공 후 경과년수에 따른 생태천이를 분석하기 위하여 출현종을 중력형 목본류, 풍산포 관목류, 침입 초본류, 녹화용 초본류 등 4종류로 구분하고, 경과년수에 따른 출현종의 피복도를 기준으로 그래프를 작성한 결과 (Figure 4), 시공 후 2~4년이 경과한 임도에서는 초기단계에 파종한 녹화용 초본류가 30% 이상을 차지하였으며, 경과년수가 지남에 따라 침입 초본류와 풍산포 관목류가 증가추세에 있는 것으로 조사되었다. 또한 중력형 목본류는 시공 후 2년이 경과한 후에 출현하기 시작하였다.

정상천이의 생태천이 진행과정을 보면(龜山章, 2002), 풍산포 관목류는 시공 후 2년이 경과하면서 출현하고, 중력형 목본류는 8년이 경과하면서 출현하는 것이 보통인데, 본 조사지역에

서 풍산포 관목류가 시공 당년부터 출현하고 있는 것은 녹화용 초본류를 파종할 때, 싸리 등 풍산포 관목류를 함께 파종하기 때문이라고 생각된다. 아울러 목본류가 시공 후 2년경부터 빨리 출현하기 시작하는 것도 임도 사면위에 분포하고 있던 소나무가 침입하였기 때문이라고 생각된다. 중력형 목본류라고 할 수 있는 잣나무는 시공후 8년이 경과한 임도에서 3% 미만의 낮은 피도로 출현하기 시작하였다.

또 하나 간과할 수 없는 것은 정상적인 생태천이로 진행하기 위해서는 녹화용 초본류가 시공 후 십여 년이 경과하면 도태되어야 하는데(龜山章, 2002), 본 조사지역의 경우 시공후 16년이 경과된 임도 사면에서도 녹화용 초본류가 피복도 6% 정도 점유하고 있다는 점이다. 이미정 등



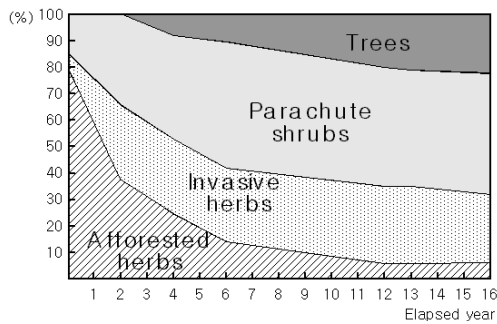


Figure 4. Succession stage of vegetation of forest road slope by elapsed years.

(2003)과 송호경 등(2003; 2004)은 초기에 녹화용 초본류를 과도하게 파종하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해해 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 본 조사지역의 일부에서 능수참새그령, 큰김의털, 왕포아풀 및 오리새가 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다.

#### IV. 결 론

임도사면의 녹화에 적절한 식물을 선발하기 위하여 강원도 4개 시·군에서 개설 후 2~16년 경과된 임도에서 경과년수별, 절토사면에 조사구를 설치하고, 식생과 환경인자를 조사하였다.

화강암질 풍화토의 분석 결과 유기물은 1.32% 이하이고, 전질소는 0.08% 이하이며 수분함량도 10.0% 이하로 나타났다. 그리고 가비중은 평균  $1.24\text{g/cm}^3$  이상으로 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 판단된다.

화강암질 풍화토 임도사면의 환경인자와 출현종들간의 상관관계를 보면 종의 분포에 영향을 미치는 환경요인은 시공후 경과년수, 절토사면 경사, 해발고, 사면방향 등으로 나타났다.

화강암질 풍화토 임도사면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 싸리, 산딸기, 소나무, 큰까치수영, 족제비싸리, 오리새, 참싸리, 큰김의털, 큰기름새, 넓은잎외잎쭉, 병꽃나무 등의 순이다. 경과년수에 따른 식생변화를 보면, 시공초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그령, 큰김의털, 싸리류, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과

년수에 따라 그늘사초, 포아풀, 딱갈, 쭉, 큰기름새, 쌀새, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 큰기름새 등의 다년초와 산딸기, 병꽃나무 등의 관목류를 거쳐 호랑버들, 버드나무, 물푸레나무 등으로 변화된 것을 알 수 있다.

임도사면의 녹화시 외래 초종들 외에 싸리류, 칩, 족제비싸리 등의 콩과식물과 맑은대쭉, 쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 큰기름새, 참억새 등의 초본류 및 소나무, 산딸기, 병꽃나무, 산초나무, 진달래 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

#### 인 용 문 헌

- 건설교통부. 1998. 환경친화적인 도로건설 요령. pp.489.
- 기상청. 2001. 한국기후표. 기상청. pp.632.
- 김남춘. 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp.78.
- 김남춘. 1997. 주요 초본식물의 비탈면 파종 적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(2) : 62-72.
- 김남춘. 1998. 경관훼손지의 생태적 복구방안에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1) : 28-44.
- 김남춘 · 석원진 · 남상준. 1998. 비탈면 조기 식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3) : 8-18.
- 박관수 · 이승우. 2001. 공주, 포항 그리고 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 90(6) : 692-698.
- 송호경 · 박관수 · 이미정 · 김효정 · 지윤의 · 이준우. 2003. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 자생식물 선정(충청도와 경상북도 임도를 중심으로). 한국환경복원녹화기술학회지 6(5) : 48-58.
- 송호경 · 박관수 · 이준우 · 이미정 · 김효정 · 권오원. 2004. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조 분석(경상도와 전라도 임도를 중심으로). 한국환경복원녹화기술학회지 7(1) : 59-67.

- 우보명 · 김남춘 · 김경훈 · 전기성. 1996. 고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구(중부고 속도로를 중심으로). 한국임학회지 85(3) : 347-359.
- 이미정 · 송호경 · 이준우 · 전권석 · 김효정 · 정도현. 2003. 임도 절토비탈면의 식생천이(충청도를 중심으로). 한국임학회지 92(4) : 397-408.
- 이재필. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문. pp.57.
- 전기성 · 우보명. 1999a. 사면녹화용 외래초종과 재래 목 · 초본식물의 적정과중량 및 혼과비에 관한 연구(I). 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 33-42.
- 전기성 · 우보명. 1999b. 사면녹화용 외래초종과 재래 목 · 초본식물의 적정과중량 및 혼과비에 관한 연구(II). 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 43-52.
- 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.
- 龜山章 編. 2002. 生態工學. 朝倉書店. pp.168.
- 吉田博宣. 1982. 林道切取りのり面の植生景觀に関する研究. 京都大學 博士學位論文. 94面.
- 吉田博宣. 1983. 道路切取にのり面の植生景觀に関する研究. 造園雜誌 47(1) : 46-51.
- 矢橋震吾 · 金光達太郎. 1985. マサ土法面の水平分布と崩壊について. 造園雜誌 48(5) : 103-108.
- Bickelhaupt, D. H. and E. H. White. 1982. Laboratory manual for soil and plant tissue analysis. SUNY Coll. Envir. Sci. and For., Syracuse, N.Y. pp.67.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis and Improved Ordination Technique. *Vegetatio* 42 : 47-58.
- Kimmins, J. P. 1997. *Forest Ecology*. Prentice Hall. New Jersey. pp.400.
- Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO - A FORTRAN Program for canonical community ordination by correspondence analysis, Principal components analysis and redundancy analysis (Version 2.1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.

接受 2004年 11月 14日