

화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조 분석*

- 경상도와 전라도 임도를 중심으로 -

송호경^{1)*} · 박관수¹⁾ · 이준우¹⁾ · 이미정²⁾ · 김효정²⁾ · 권오원²⁾

¹⁾ 충남대학교 산림자원학과 · ²⁾ 충남대학교 대학원

Analysis on the Vegetation Structure of the Decomposed Granite Cut-slope*

- In case study on forest road of Gyeongsang-do and Jeolla-do -

Ho-Kyung Song^{1)*} · Gwan-Soo Park¹⁾ · Joon-Woo Lee¹⁾ · Mi-Jeong Lee²⁾
Hyo-Jeong Kim²⁾ and Oh-Won Kwon²⁾

¹⁾ Department of Forest Resources, Chungnam National University,

²⁾ 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 one to fourteen year elapsed forest roads in eight regional areas of Gyeongsang-do and Jeolla-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 granite weathering soils were below 0.4%, 0.03%, 12.4%, and above 1.2g/cm³, 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, elevation, and cut-slope aspect.

Invaded species with high frequency in the forest road cut-slope ordered *Pinus densiflora*, *Lespedeza bicolor*, *Rubus crataegifolius*, *Alnus hirsuta*, *Youngia denticulata*, *Patrinia villosa*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Zanthoxylum schinifolium*, and *Dactylis glomerata*.

Herbs seeded in earth stage such as *Dactylis glomerata*, *Eragrostis curvula*, *Festuca arundinacea*, *Lespedeza* sp., and *Amorpha fruticosa* had changed into perennial herbs and shrubs such as *Youngia denticulata*, *Patrinia villosa*, *Aster scaber*, *Patrinia scabiosaefolia*, *Melica onoei*, *Astilbe chinensis* var. *davidii*, *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*, *Pueraria thunbergiana*, *Stephanandra incisa*, and

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

* E-mail : hksong@cnu.ac.kr

Clematis apiifolia, and had changed into plants such as *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Artemisia keiskeana*, *Miscanthus sinensis*, *Pinus densiflora*, *Rhododendron mucronulatum*, *Rubus crataegifolius*, and *Zanthoxylum schinifolium* according to elapsed year of forest roads.

Leguma such as *Lespedeza* sp., *Pueraria thunbergiana*, *Amorpha fruticosa*, etc., herbs such as *Artemisia keiskeana*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*, *Miscanthus sinensis*, etc., and woody plants such as *Pinus densiflora*, *Rubus crataegifolius*, *Rhododendron mucronulatum*, etc., with foreign herbs were considered as proper species for replantation in granite forest road cut-slope.

Key Words : *Ecological succession, Vegetation change, Ecological replantation, DCCA ordination.*

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와 金光達太郎, 1985). 또한 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하며(吉田博宣, 1982), 비탈면의 안정성이 식생성립의 결정인자가 되

고 있다. 그리고 마사토 비탈은 토질이 척박하기 때문에 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 임도 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 임도를 개설하는 시점에서 임도 사면에 어떤 자생 초·목본의 파종이 가장 적절한가 하는 문제는 시급을 요하는 문제라 아니할 수 없다. 따라서 본 연구의 목적은 지금까지 개설된 임도사면에 대한 시공년도별 조사를 통하여 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조를 밝히고, 이를 바탕으로 그 지역에 알맞은 적절한 초·목본을 선발하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상지의 선정

본 연구를 수행하기 위하여 경상도와 전라도 지역의 화강암질 풍화토 절토비탈면에 외래종

및 자생 초·목본을 파종한 후 1년~14년이 경과한 절토 비탈면을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사지역은 경상남도 산청군 생초면, 창녕군 부곡면, 밀양시 부북면, 함양군 서상면, 전라남도 보성군 별교읍과 조성면, 화순군 남면과 춘양면, 전라북도 남원시 수지면과 이백면, 장수군 천천면 지역이며, 지역에 따른 경과년 수별 조사구 수는 Table 1과 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 산청이 12.7℃와 1479.2mm, 밀양이 13℃와 1233.8mm, 남원이 12.2℃와 1313.9mm, 장수가 10.4℃와 1422.1mm이었다(기상청, 2001).

Table 1. Numbers of surveyed plot by elapsed year.

County	1	4	5	6	7	8	9	11	13	14	Total
Sancheong-gun			8								8
Changnyeong-gun									2	2	4
Miryang-si	1	3									4
Hamyang-gun	8	6		8	7						29
Boseong-gun	3			4							7
Hwasun-gun	5			1	2	1	2				11
Namwon-si			9	10	4				5		28
Jangsu-gun						3			7		10
Total	8	9	26	23	13	4	2	12	2	2	101

조사지역의 임상은 소나무와 일본잎갈나무가 대부분을 차지하고 있으며, 일부 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무 등의 참나무류가 분포하고 있다.

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생조사 및 환경조사

식생조사와 환경조사는 2003년 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 설치

하고 종별 개체수와 피복도를 측정하였다. 또한 환경조사는 식생조사 지역에서 임도사면의 위치, 절토사면 방향, 해발고, 상부 산지 경사, 절토사면 경사, 절토사면장, 토사함유량 및 절토사면의 보강시설물 유무 등을 조사하였다.

2) Ordination 및 토양 분석

Ordination을 위하여 식생조사에서 얻은 자료로부터 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, Mg, Na는 ICP로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982). 토양의 pH는 1:5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 토양의 가비중은 100cc can을 사용하여 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양을 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 항량에 도달할 때까지 건조시켰다.

III. 결과 및 고찰

1. 남부지방 임도변 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

본 조사지의 토양들은 우리나라에서 가장 널리 분포되어 있는 화강암질 풍화토로서 이 경우 풍화산물은 주로 모래가 된다. 분석결과 조사지 토양의 토성은 모래가 전체 토양 구성 중 75% 이상인 사양토 또는 양질사토로 나타났다(Table 2). 유기물의 경우 식생의 성장을 위해 최소 2~3% 정도가 되어야 하나 본 조사지 토양에서는 거의 모든 지역에서 0.4% 이하로 나타나서 매우 척박한 토양으로 보인다. 전질소 또한 0.03% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단

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)	Ex-Na (me/100g)	Texture	C.E.C (me/100g)	pH (1 : 5)	Soil water content (%)	Bulk density (g/cm ³)
Sancheong-gun	0.37	0.03	3.3	0.09	2.62	1.21	0.21	SL	5.82	6.13	12.4	1.38
Hamyang-gun(1)	0.17	0.01	13.4	0.05	2.21	1.62	0.35	SC	3.22	5.61	5.4	1.27
Hamyang-gun(2)	0.13	0.01	34.3	0.12	0.70	0.27	0.22	SC	2.75	5.54	10.8	1.28
Hamyang-gun(3)	0.40	0.02	14.1	0.07	4.32	1.62	0.35	SC	6.28	6.46	8.0	1.30
Hamyang-gun(4)	0.24	0.02	5.3	0.07	2.89	1.02	0.22	SL	5.87	5.14	8.6	1.20
Namwon-si	0.10	0.01	-	0.05	3.87	1.26	0.23	SL	5.11	6.12	10.2	1.28
Average	0.24	0.02	11.7	0.08	2.77	1.17	0.26	-	4.84	5.83	9.2	1.29

된다. 유효인산의 경우도 대부분의 조사 지역에서 매우 적게 나타나서 식물체에 인산 결핍이 크게 우려된다. 치환성 K, Ca, Mg, 그리고 Na의 경우도 우리나라 산림토양의 경우보다 훨씬 적게 나타나(박관수와 이승우, 2001) 식물의 생장 등이 매우 나쁠 것으로 생각된다. 양이온치환용량의 경우도 최소 10me/100g 정도는 되어야 하나 본 연구 지역에서는 보통 5me/100g 정도로 매우 낮은 값을 보이고 있다. 토양 pH의 경우 우리나라 산림토양의 값인 pH 5.0~6.0 내외로 산도에 의한 문제는 없을 것으로 생각된다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되고 있는 가비중의 경우도 평균 1.2g/cm³ 이상으로 식물체 성장 및 뿌리 성장 등에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 대부분의 조사 지역에서 올해 비가 잦은 관계로 비가 온 후에 바로 샘플링을 한 곳도 있지만 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나서 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 생각된다.

2. 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성

1) 임도사면의 출현 종수와 피복도

임도사면의 출현 종수를 시공 후 경과년수에 따라 살펴보면, 시공 후 1년이 경과한 임도에서는 평균 4.6종이 출현하였고, 시공 후 4~5년이 경과한 임도에서는 평균 16.4종, 시공 후 6~9년 후에는 평균 19.4종, 11~14년 후에는 평균 19.2종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 임도의 식

생은 시공 후 4~5년 사이에 가장 많이 증가하며 그 이후로는 약간의 변화만 있을 뿐 눈에 띄는 종 수의 변화는 없었다(Figure 1).

이미정 등(2003b)은 경상남도와 전라남도 임도사면의 분석에서 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서 25.5종이 출현하였다고 보고한 것보다 적은 수의 종이 출현하였는데, 이는 본 연구에서 화강암질 풍화토 임도사면만을 대상으로 하여 수분 및 양료 등이 일반 임도사면보다 불량했기 때문이라고 판단된다. 그리고 송호경 등(2003)이 충청도와 경상북도의 화강암질 풍화토의 분석에서 시공 후 8~10년의 임도사면에서 15.7종이 출현하였다고 보고한 것보다 다소 많은 종이 출현하였다.

임도 시공 후 경과년수에 따른 피복도는 임도 시공 후 1년 경과한 임도는 평균 4.6%가 피복되었으며, 시공 후 4~5년이 경과한 임도는 평균 63.8%로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 6~9년이 경과한 임도는 평균 57.7%, 11~14년이 경과한 임도에서는 평균 80%의 피복도를 가진 것으로 조사되었다. 피복도는 임도 시공 후 4~5년까지 급격히 증가하다가 그 이후에는 조금씩 증가하는 경향을 보였다(Figure 1).

이미정 등(2003a)은 충청도지방의 임도 절토 비탈면의 식생천이에 대한 연구에서 시공 후 6~7년이 경과하면 피복도가 86.4%에 달한다고 보고하였는데, 본 조사에서 낮게 나타난 것은 화강암질 풍화토 절토사면이 토양의 이화학적 특성에서도 밝혔듯이 수분과 양료 등이 일반

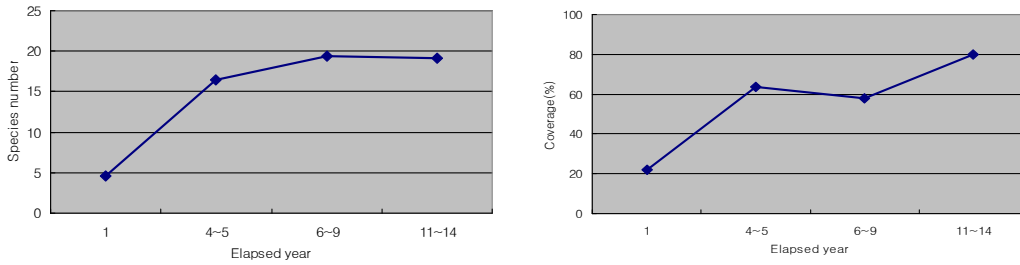


Figure 1. Change of species number(left) and vegetation coverage(right) by elapsed years

임도사면보다 불량했기 때문이라고 판단된다.

2) 임도사면에 출현하는 침입종의 출현 빈도
 임도사면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도사면의 회복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는다는 것이 쉽지 않았다. 능수참새그령의 경우, 1년이 경과한 임도사면에서는 출현하지 않았는데, 4~5년이 경과한 임도사면에서 빈도가 가장 높게 출현한 것도 시공년도에 따라, 그리고 시공 주체에 따라 파종하는 초종이 다르기 때문이라고 생각된다. 본 연구에서는 1년이 경과한 임도사면에서는 출현하지 않았으나, 4~5년이 경과한 임도사면에서 시공 초기에 파종되었던 여러 종들이 빈도가 높게 출현되었던 관계로 시공 후 1년이 경과한 임도사면에서 출현한 조사구를 제외하고 분석을 실시하였다.

남사면의 조사측점에 대하여 경과년수별 출현빈도에 따른 사면 식생을 살펴보면(Table 3), 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서는 시공 초기에 파종하였던 능수참새그령, 싸리, 물오리나무, 오리새와 임도사면 주위에 우점하고 있는 소나무, 쭉, 이고들빼기 등이 높은 빈도로 출현하였다. 시공 후 6~9년이 경과한 임도사면에서는 싸리, 산딸기, 칩, 참취, 소나무, 딱갈, 능수참새그령 등이 높은 빈도로 출현하고, 11~14년이 경과한 임도사면에서는 산딸기, 싸리, 이고들빼기, 큰기름새, 소나무, 쭉, 물오리나무, 산초나무, 큰까치수영, 참억새 등 목본류와 다년초가 출현하였다.

한편 북사면의 조사측점에 대하여 경과년수별 출현빈도에 따른 사면식생을 살펴보면(Table 3), 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서는 시공 초기에 파종하였던 오리새, 큰김의털, 싸리, 물오리나무와 임도사면 주위에 우점하고 있는 산딸기, 소나무, 산초나무 등의 목본류와 이고들빼기, 쭉, 산박하, 큰까치수영, 맑은대쭉 등의 다년초가 출현하였다. 시공 후 6~9년이 경과한 임도사면에서는 딱갈, 소나무, 물오리나무, 싸리류, 큰까치수영, 사방오리나무, 산초나무, 오리새, 큰김의털 등이 높은 빈도로 출현하고, 11~14년이 경과한 임도사면에서는 소나무, 산딸기, 싸리류, 쭉, 산초나무, 큰기름새 등 목본류와 다년초가 출현하였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화식물인 능수참새그령은 11~14년경에 쇠퇴하기 시작함을 알 수 있으며, 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서 소나무가 침입하기 시작하여 시공 후 6~9년이 경과하면서 목본류가 본격적으로 침입하기 시작하여 천이가 진행되는 것으로 판단된다. 또한 11~14년이 경과한 임도사면에서 출현한 졸참나무 등은 주변식생으로부터 침입한 것으로 판단되며, 이러한 결과는 우보명 등(1996)과 이미정 등(2003a)의 절토비탈면 출현식생의 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다는 연구결과와 일치하고 있다.

김남춘 등(1998)은 능수참새그령은 척박한 마사토 비탈면에 생육이 가능하나 과다 파종될 경우 이들만으로 비탈이 우점됨으로써 주변의

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

Scientific name	South slope			North slope		
	4~5	6~9	11-14	4~5	6~9	11-14
<i>Pinus densiflora</i>	0.71	0.52	0.66	0.69	0.78	1.00
<i>Lespedeza</i> sp.*	0.71	0.62	0.77	0.69	0.61	1.00
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.33	0.62	0.88	0.88	0.44	1.00
<i>Alnus hirsuta</i> *	0.62	0.33	0.55	0.50	0.72	0.57
<i>Youngia denticulata</i>	0.48	0.43	0.77	0.75	0.50	0.14
<i>Patrinia villosa</i>	0.38	0.48	0.33	0.38	0.83	0.43
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.48	0.43	0.66	0.56	0.22	0.86
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.19	0.43	0.55	0.50	0.56	0.86
<i>Dactylis glomerata</i> *	0.48	0.38	0.11	0.69	0.56	0.14
<i>Lysimachia clethroides</i>	0.24	0.43	0.55	0.50	0.61	0.43
<i>Eragrostis curvula</i> *	0.86	0.48	0.11	0.31	0.22	
<i>Aster scaber</i>	0.14	0.57	0.22	0.44	0.44	0.57
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	0.19	0.29	0.77	0.44	0.33	0.86
<i>Festuca arundinacea</i> *	0.29	0.38	0.22	0.56	0.56	0.43
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.24	0.62	0.44	0.13	0.17	0.57
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.24	0.38	0.22	0.38	0.17	0.86
<i>Alnus firma</i> *	0.19	0.19	0.22	0.38	0.61	0.57
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>majoi</i>	0.19	0.38	0.22	0.38	0.39	0.14
<i>Artemisia keiskeana</i>	0.14	0.19		0.50	0.44	0.43
<i>Miscanthus sinensis</i>	0.10	0.33	0.55	0.19	0.22	0.43
<i>Smilax china</i>	0.14	0.29	0.44	0.19	0.17	
<i>Erigeron annuus</i>	0.43	0.24		0.38	0.11	
<i>Isodon inflexus</i>	0.14	0.19		0.56	0.17	0.14
<i>Amorpha fruticosa</i> *	0.33	0.24	0.33	0.25	0.17	
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	0.10	0.10	0.44	0.25	0.28	0.43
<i>Melica onoë</i> *	0.10	0.10	0.44	0.25	0.22	0.29
<i>Robinia pseudoacacia</i> *	0.33	0.10		0.31	0.06	
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	0.14	0.43	0.22	0.13	0.22	
<i>Quercus serrata</i>		0.19	0.33	0.13	0.28	0.43
<i>Pinus rigida</i>	0.10	0.24	0.33		0.28	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.10	0.29	0.22	0.06	0.22	0.14
<i>Cocculus trilobus</i>	0.05	0.19	0.44	0.13		0.14
<i>Viola mandshurica</i>	0.05		0.33	0.19	0.22	0.43
<i>Stephanandra incisa</i>		0.10		0.13	0.33	0.14
<i>Carex lanceolata</i>		0.19		0.19	0.33	0.14
<i>Festuca ovina</i>	0.05	0.19		0.13	0.33	
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>	0.05	0.05	0.11	0.13	0.50	
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	0.14	0.05	0.22	0.25	0.11	0.29
<i>Hypericum erectum</i>	0.05	0.10		0.19	0.22	0.29
<i>Melampyrum roseum</i>	0.05	0.05		0.19	0.39	
<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	0.10	0.19	0.11	0.19	0.11	0.14
<i>Clematis apiifolia</i>	0.05	0.29		0.19	0.11	0.14
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	0.10	0.19	0.11	0.19	0.06	

* : Sowing plants

2차식생의 침입이 억제되어 식생천이가 방해된다고 하였는데, 능수참새그렁은 시공 후 11년이 경과한 임도에서도 다소 출현하였으며, 특히 장수군 천천면지역에서는 시공 후 8년 경과된 임도 사면에서 능수참새그렁이 60% 이상의 상대피도로 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 능수참새그렁이 우점종으로 남아 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 천이계열을 추정하여 선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

임도 사면에 대한 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하기 위하여 기존에 시공된 화강암질 풍화토 임도사면에 출현한 종과 환경인자들 간의 상관관계를 규명하였다. 101개 조사구에서 출현한 203종 중 10개 이상의 조사구에서 출현한 44종을 대상으로 5개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 I/II 평면상에 나타냈다(Figure 2).

Figure 2에서 보는 바와 같이 조사구들은 5개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들의 상관관계를 살펴보면(Table 4), 여러 환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다. 제1축에서는 해발고와 절토경사가 가장 높은 상관관계를 보여주고 있는 반면에 제2축에서는 시공후 경과년수와 사면방향이 높은 상관관계를 보여주고 있

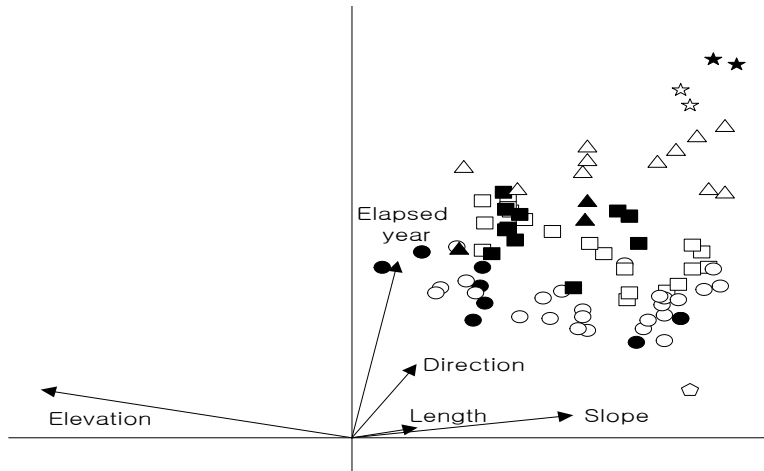


Figure 2. Vegetation data of decomposed granite cut-slope in Gyeongsang-do and Jeolla-do : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots (○, ●, ○, □, ■, ▲, +, △, ☆, ★) and environmental variables(arrow).
 The plots are : ○ = 1 years; ● = 4 years; ○ = 5 years; □ = 6 years; ■ = 7 years; ▲ = 8 years; + = 9 years; △ = 11 years; ☆ = 13 years; ★ = 14 years.

다. 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 상관관을 보이는 것과 같은 결과라고 생각된다. 전반적으로 볼 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 과종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과년수에 따라 이고들빼기, 딱갈, 참취, 마타리, 쌀새, 노루오줌, 구절초 등의 다년초와 쉼, 국수나무, 사위질빵 등의 관목류를 거쳐 썩, 맑은대쭉, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

김남춘(1997)은 도입 초종들만으로 녹화하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하기 때문에 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 본 조사지역의 일부에서 큰김의털, 능수참새그렁

등이 과도하게 과종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다. 이런 점을 고려할 때, 큰김의털, 능수참새그렁 등 외래초종을 과종할 때는 생태천이 등을 고려하여 과도하게 과종되는 일이 없도록 유의해야 할 것이며, 임도사면의 녹화를 위해서는 능수참새그렁, 큰김의털, 오리새, 족제비싸리, 싸리류 이외에 썩, 맑은대쭉, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등이 적합할 것으로 판단된다.

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		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Elapsed year	0.133	0.338	0.118	0.613**
Direction	0.010	0.143	0.156	0.258**
Elevation	-0.417	0.124	-0.733**	0.152
Slope	0.255	0.063	0.523**	-0.068
Slope length	-0.039	0.000	-0.156	-0.038
Eigenvalue	0.340	0.172		

**p<0.01

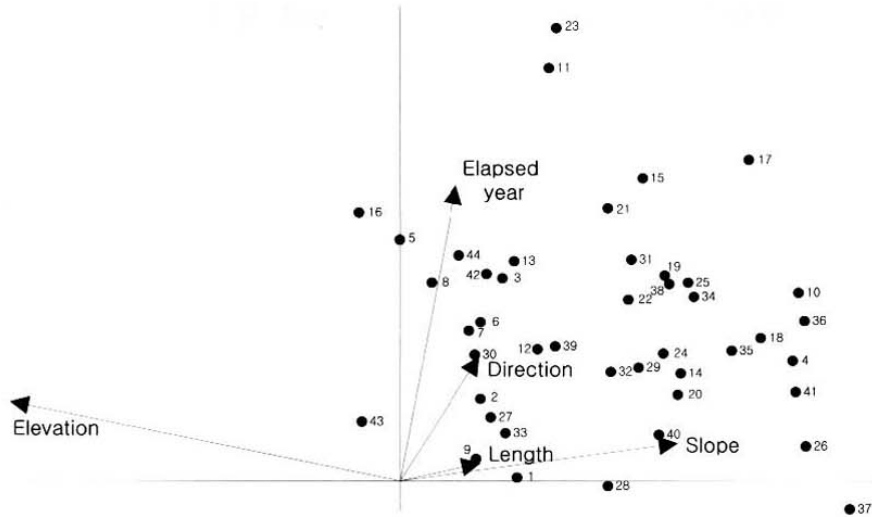


Figure 3. Ordination diagram based on detrended canonical correspondence analysis of vegetation data of decomposed granite cut-slope with species(numbers) and environmental variables(arrow).

1 : *Erigeron annuus*, 2 : *Hypericum erectum*, 3 : *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*, 4 : *Stephanandra incisa*, 5 : *Carex lanceolata*, 6 : *Festuca ovina*, 7 : *Melampyrum roseum*, 8 : *Astilbe chinensis* var. *davidii*, 9 : *Eragrostis curvula*, 10 : *Cocculus trilobus*, 11 : *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium*, 12 : *Patrinia villosa*, 13 : *Pinus rigida*, 14 : *Patrinia scabiosaefolia*, 15 : *Artemisia keiskeana*, 16 : *Alnus hirsuta*, 17 : *Alnus firma*, 18 : *Clematis apiifolia*, 19 : *Rubus crataegifolius*, 20 : *Isodon inflexus*, 21 : *Zanthoxylum schinifolium*, 22 : *Pinus densiflora*, 23 : *Lespedeza bicolor*, 24 : *Melica onoei*, 25 : *Artemisia princeps* var. *orientalis*, 26 : *Robinia pseudoacacia*, 27 : *Potentilla fragarioides* var. *major*, 28 : *Dactylis glomerata*, 29 : *Lactuca indica* var. *laciniata*, 30 : *Youngia denticulata*, 31 : *Viola mandshurica*, 32 : *Lespedeza maximowiczii*, 33 : *Amorpha fruticosa*, 34 : *Quercus serrata*, 35 : *Oplismenus undulatifolius*, 36 : *Rhododendron mucronulatum*, 37 : *Lespedeza cyrtobotrya*, 38 : *Miscanthus sinensis*, 39 : *Aster scaber*, 40 : *Smilax china*, 41 : *Pueraria thunbergiana*, 42 : *Spodiopogon sibiricus*, 43 : *Festuca arundinacea*, 44 : *Lysimachia chlethroides*.

IV. 결 론

임도사면의 녹화에 적절한 식물을 초·목본을 선발하기 위하여 경상도 및 전라도 8개 시·군에서 개설 후 1~14년 경과된 임도에서, 각 임도별, 경과년수별, 절토사면에 조사구를 설치하고, 식생과 환경인자를 조사하였다.

화강암질 풍화토의 분석 결과 유기물은 0.4% 이하이고, 전질소는 0.03% 이하이며 수분함량도 12.4% 이하로 나타났다. 그리고 가비중은 평균 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 이상으로 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 판단된다.

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

화강암질 풍화토 임도사면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 소나무, 싸리, 산딸기, 물오리나무, 이고들빼기, 뚝갈, 쑥, 산초나무, 오리새 등의 순이다. 경과년수에 따른 식생변화를 보면, 시공초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 싸리류, 족제비싸리 등이 경과년수에 따라 이고들빼기, 뚝갈, 참취, 마타리, 쌀새, 노루오줌, 구절초 등의 다년초와 칩, 국수나무, 사위질빵 등의 관목류를 거쳐 쑥, 맑은대쑥, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등으로 진행된 것으로 판단된다.

임도사면의 녹화시 외래 초종들 외에 싸리류, 칩, 족제비싸리 등의 콩과식물과 맑은대쑥, 쑥, 구절초, 참억새 등의 초본류 및 소나무, 산딸기, 산초나무, 진달래 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 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.
- 우보명 · 김남춘 · 김경훈 · 전기성. 1996. 고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구(중부고 속도로를 중심으로). 한국임학회지 85(3) : 347-359.
- 이미정 · 송호경 · 이준우 · 전권석 · 김효정 · 정도현. 2003a. 임도 절토비탈면의 식생천이(충청도를 중심으로). 한국임학회지 92(4) : 397-408.
- 이미정 · 이준우 · 전권석 · 지윤의 · 김명준 · 김종윤 · 송호경. 2003b. 임도사면의 생태적 녹화를 위한 자생식물 선정 및 관속식물상(경상남도과 전라남도 임도를 중심으로). 한국환경생태학회지 17(3) : 43-52.
- 이재필. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문. pp. 57.
- 전기성 · 우보명. 1999a. 사면녹화용 외래초종과 재래 목 · 초본식물의 적정파종량 및 혼파비에 관한 연구(I). 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 33-42.
- 전기성 · 우보명. 1999b. 사면녹화용 외래초종과 재래 목 · 초본식물의 적정파종량 및 혼파비에 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關する研究(IV). 暖温帯地域の盛土のり面に於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. 168pp.
- 吉田博宣. 1982. 林道切取りのり面の植生景觀に關する研究. 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關する研究. 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.
- 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 2003年 12月 24日