

## 주요 산림복원사업지 내 귀화식물의 특성과 공종 간 영향 관계<sup>1a</sup>

전용삼<sup>2</sup> · 박준형<sup>3</sup> · 권오일<sup>4</sup> · 이혜정<sup>5</sup> · 임채영<sup>6\*</sup>

### The Relationship between the Characteristics of Naturalized Plant and Working Type on Major Forest Restoration Sites<sup>1a</sup>

Yongsam Jeon<sup>2</sup>, Joon Hyung Park<sup>3</sup>, Ohil Kwon<sup>4</sup>, Hye Jeong Lee<sup>5</sup>, Chaeyoung Lim<sup>6\*</sup>

#### 요약

이 연구는 산림복원사업 이후 유입되는 귀화식물과 생태계교란 식물의 실태 및 사업의 특성에 따라 나타나는 양상을 파악하는데 목적을 두고 있다. 현장조사는 산림청에서 수행한 산림복원사업지 29개소를 대상으로 2020년과 2021년 봄철(5~6월), 여름철(8~9월)로 나누어 연 2회 실시하였고, 사업 범위 밖의 지역은 조사에서 제외하여 실제 복원사업 후 도입 및 유입되었다고 볼 수 있는 식물을 파악할 수 있도록 하였다. 또한 대상지 내 분포하는 귀화식물상과 복원사업 준공내역 확인을 통해 현장에 실제 적용된 공종과의 연관성을 분석하였다. 전체 대상지에서 출현한 귀화식물은 29과 80속 108종 1아종으로 109분류군이며, 생태계교란 식물은 총 3과 7속 8종이 확인되었다. 귀화식물의 분류군 수와 귀화율은 사업 후 소요시간이 증가함에 따라 점차 감소하는 추세를 보였고, 귀화식물 분류군 수와 귀화율은 권역 간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나( $p>0.05$ ), 훼손 유형별 귀화식물 분류군 수의 경우 백두대간 단절 구간과 채석지, 시설부지 등의 유형에서 출현한 귀화식물 수가 상대적으로 많았다( $p<0.05$ ). 복원지 내 나지 및 비탈면의 녹화를 위한 식생도입 방법인 종자 파종, 나무 식재, 초본 식재, 떼붙임 공종의 유무에 따른 귀화율 비교 분석 결과, 종자 파종을 할 경우 귀화율은 평균 15.545%로 파종 공종이 없는 경우의 평균 9.167%에 비해 높은 것으로 나타났고( $p<0.05$ ), 그 외 다른 식생도입 방법은 공종 적용 유무에 따라 귀화율의 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p>0.05$ ). 이는 식물체의 형태를 확인하고 어느 정도 제어할 수 있는 나무 식재와 초본 식재, 떼붙임 공종과는 달리 종자 상태에서 귀화식물 여부의 파악이 까다로운 종자 파종 공종이 산림복원사업지 내 귀화식물 도입에 큰 영향을 미치는 것을 의미한다. 따라서 복원지 내 종자 파종 시 종자 전문가에 의한 검수 과정의 도입이 필요할 것으로 사료된다. 이 연구의 결과는 향후 산림복원사업 시 식생 도입 및 사후관리의 방향설정에 도움이 되는 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 귀화율, 생태계교란 식물, 종자 파종, 녹화, 생태복원

1 접수 2022년 7월 5일, 수정 (1차: 2022년 8월 9일), 게재확정 2022년 8월 19일

Received 5 July 2022; Revised (1st: 9 August 2022); Accepted 19 August 2022

2 한국산지보전협회 산림생태복원센터 대리 Forest Ecology & Restoration Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea (jeonkun@kfca.re.kr)

3 한국산지보전협회 산림생태복원센터 대리 Forest Ecology & Restoration Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262 Korea (parkjh1004@kfca.re.kr)

4 한국산지보전협회 산림생태복원센터 과장 Forest Ecology & Restoration Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea (zzazan51@kfca.re.kr)

5 한국수목원정원관리원 사회적가치성과실 대리 Social Value Performance Division, Korea Arboreta and Gardens Institute, Sejong 30129, Korea (hj1117@koagi.or.kr)

6 한국산지보전협회 산림생태복원센터장 Forest Ecology & Restoration Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea (young111@kfca.re.kr)

a 이 논문은 산림청(한국임업진흥원)에서 지원하는 연구비(또는 과제번호 2021346A00-2123-CD01)에 의하여 연구되었음.

\* 교신저자 Corresponding author: young111@kfca.re.kr

## ABSTRACT

This study was designed to identify the actual state of naturalized plants and invasive alien species that cause disturbances to the ecosystem, plants which are introduced after forest restoration, and explore the implications resulting from the project. Onsite examination included 29 sites which have been subjected to forest restoration by the Korea Forest Service. Once these were chosen, activity took place twice a year in the spring (May-June) and in the summer (August-September) in 2020 and 2021. Areas not relevant to the project sites were excluded from this activity so that we could identify the plants that could be understood to have been introduced or brought into the site after the actual forest restoration. And the correlation was analyzed, between the naturalized flora within the project sites and the working types applied to the site through confirmation of completion of the restoration project. The naturalized plants appearing on the entire site cover a total of 109 taxa, which includes 29 families, 80 genera, 108 species and 1 subspecies, while invasive plants included 3 families, 7 genera and 8 species. The number of classifications and the naturalization rate gradually decreased over time, after the project. While there was no significant difference between the number of classification groups and the naturalization rate for naturalized plants between project sites, given the number of taxa of naturalized plants, organized by type of damage, there were relatively more naturalized plants that appeared in the severed section of the *Baekdudaegan* Mountain Range, as well as at quarry and facility sites. Seeding apparently results in naturalization rates as high as 15.545%, on average, based on comparisons of naturalization rates by sowing, seeding, planting, herb planting, and sod pitching channels, all of these being methods of vegetation for planting/greening of bareland and slopes within the project areas. With no seeding, it was 9.167%, higher than the average. As for other vegetation, there was no significant difference depending on application of the working type. This means that unlike the plants subjected to planting, the working type of seed planting which makes it difficult to identify whether a certain plant is a naturalized plant greatly affects the introduction of naturalized plants to the restoration sites, even when using herb planting and sod pitching to control plants and results. Therefore the study suggests that there be inspection by experts of seeds when sowing within restoration sites. The results of this study suggest good practices that will help to direct effective vegetation restoration and follow-up management.

**KEY WORDS: NATURALIZED RATIO, INVASIVE ALIEN PLANT, SEEDING, REVEGETATION, ECOLOGICAL RESTORATION**

## 서론

우리나라 산림복원의 역사는 황폐한 산림의 조기녹화와 자연재해로부터 벗어나기 위한 사방사업 위주의 것이었으나 산림의 지속가능성과 생물다양성, 생태적 완결성의 증진을 위한 관리개념이 변화함에 따라 산림복원에 대한 접근법도 생태적·경관적 차원의 새로운 패러다임으로 변화되어 왔다(Son *et al.*, 2016). 근래에 이르러서는 산림생태계 복원은 저하, 훼손, 파괴된 생태계의 회복을 도와주는 과정(Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, 2004)으로 복원을 위한 행위의 연속성에

의미를 두고(Kim *et al.*, 2016), 훼손된 생태계의 구조와 기능을 회복시키는 것을 목적으로 다양한 방법의 적용을 통해 행해지고 있다(Son *et al.*, 2016). 2015년 파리협정 발효 이후 국제사회에서는 탄소중립 이행을 위해 산림복원의 역할을 중요하게 여기고 있으며, 이에 체계적인 생태복원사업의 추진을 위해 정부부처인 산림청은 2019년 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』(일부개정, 2019. 1. 8.)에, 환경부는 2021년 『자연환경보전법』(일부개정, 2021. 1. 5.)에 복원 관련 내용을 반영하여 개정하였다.

국내 산림청 주도 산림복원사업은 2006년부터 2020년까지 약 603ha에 달하고, 연간 사업량은 증가하는 추세에 있

다[Korea Forest Service(KFS), 2022]. 또한 2019년 법률 정비 이후 산림복원기본계획을 수립하고 산림복원대상지 실태조사와 타당성평가, 복원사업의 계획 및 실행, 사후 모니터링까지의 단계별 추진절차를 수립하여 복원사업을 시행하고(KFS, 2022), 2020년 『산림복원용 자생식물 및 자연재료의 공급 등에 관한 고시』(제정, 2020. 9. 7.), 2021년 자생식물 복원소재 공급체계 구축방안 등 자생식물 관련 정책 개발 및 사업 수행 노력도 함께 이어가고 있다.

지금까지의 산림복원사업은 백두대간지역, 민북지역, 도서지역, 일반산림지역 등 전국 산림지역에서 폭넓게 수행되어 왔으며, 폐경작지나 폐채광·채석지, 시설물 철거지, 도로 개설에 의한 생태계 단절구간, 산사태발생지, 산불발생지, 육화진행 중인 산림습원 등 다양한 훼손 유형에 대해 생태적 건강성 개선을 위해 실시되어 왔다. 하지만 산림복원사업지 주변 환경적 특성 및 복원사업 추진과정에서 발생하는 인위적 영향에 따라 유입되는 자생식물, 귀화식물 등이 나타나게 되어 사업 전 또는 주변 산림과의 종 조성 변화가 발생하게 되므로 복원사업 후 식생과 식물상의 변화에 대한 모니터링을 통해 식생복원 효과를 높일 수 있는 올바른 방향 설정이 필요하다.

산림복원분야에서 수행된 식물복원 사례 및 모니터링 연구는 초기에 폐탄광 경석지 식생복원을 위한 식물군집 조사 분석(Kim *et al.*, 2000) 등 녹화사업지를 식생복원 관점에서 분석한 연구가 대부분이었으나, Oh and Park(2003)의 생태복원지 사례연구를 통해 복원 계획 및 구상에 관한 연구에서 본격적인 생태복원지로 대상지를 전환하였다. Kim *et al.*(2015)은 원식생 복원을 위한 매토종자 활용의 필요성과 활용 방안을 제시, Kang *et al.*(2017)은 비오톱 공법 및 소경목 군락 식재, 산림포토포설 등의 공법 비교 후 모니터링 연구를 통해 복원지 설계 및 복원 방법의 기술적 향상을 위한 연구로 범위를 확대하였다. 최근에는 산림생태계 복원 이후 식생의 회복성과 천이 경향, 산림 변화 상태 분석을 위한 모니터링 연구(Kim *et al.*, 2020)와 복원사업의 식재 및 유입 식물의 현황 파악과 식재식물의 문제점에 대한 연구(Lee *et al.*, 2020)와 같이 서식지의 생태적 관점의 복원 효과 또는 질적 개선방향을 위한 연구가 수행되고 있다. 하지만 복원사업 후 귀화식물과 생태계교란 식물의 변화상에 대한 정보는 복원사업의 다양성만큼이나 많은 모니터링 정보를 필요로 한다. 지금까지 관련 연구는 특정 대상지 중심으로 범위가 제한된 연구가 주로 수행되어 산림복원지에 나타나는 귀화식물의 근본적인 원인과 사업유형별 특성을 확인하는데 부족한 실정이므로 전국, 권역 또는 지역 스케일별 다양한 산림복원사업유형이 반영되어 관련된 연구가 지속될 필요가 있다.

따라서 본 연구는 그동안 산림청에서 시행한 연도별, 휘

손 유형별, 권역별 대표 산림복원사업지 29개소에 대한 식물상 조사 및 분석을 통해 복원사업 이후 유입되는 귀화식물과 생태계교란 식물의 유입 실태를 분석하고 사업의 특성에 따라 나타나는 양상을 확인하여 복원사업지의 식생 도입 및 사후관리의 방향 설정에 도움이 되는 자료를 제시하는데 목적이 있다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지

본 연구는 전국 9개 광역시·도에 위치한 2006년부터 2020년까지 준공된 산림복원사업지를 대상으로 하고 있다(Figure 1). 대상지는 2020~2021년까지 2년간 조사한 29개소의 복원지이며, 2020년에 19개소, 2021년에 10개소를 조사하였다(Table 1). 대상지가 위치한 권역별로 백두정맥 16개소, 민북지역 3개소, 도서지역 3개소, 그 외 일반산림지역 8개소로 나타났고, 유형별로는 백두정맥 단절로 인한 생태축 연결사업이 9개소, 폐채석지 복원사업이 8개소, 시설부지 5개소, 서식지 훼손지 2개소, DMZ 내 비탈면 훼손지, 산림습원, 산불지 각각 1개소로 나타났다. 대상지 면적은 최소 0.04ha부터 최대 16ha까지로 총 71.0ha이다.

### 2. 현장조사 및 분석

조사는 2020년과 2021년 봄철(5~6월), 여름철(8~9월)로 나누어 연 2회 산림복원사업이 시행된 구역을 대상으로 시행하였으며, 사업 범위 밖의 지역은 조사에서 제외하여 실제 복원사업 후 도입 및 유입되었다고 볼 수 있는 식물을 파악할 수 있도록 하였다. 산림복원사업지 내를 도보로 이동하며 출현 식물을 관찰하고 기록하였으며, 현장 동정이 불가능한 분류군은 사진 촬영 및 채집하여 Lee(2003)와 KFS(2015a; 2015b), Lee and Lee(2015), Cho *et al.*(2016), Kim and Kim(2018), Kim *et al.*(2018) 등을 참고하여 동정하였다.

조사된 분류군을 토대로 『산림복원지 사후 모니터링 세부기준 등 고시』(제정, 2019. 8. 20.)의 항목별 조사방법을 따라 귀화식물과 생태계교란 식물을 파악하고 귀화율을 계산하였다. 귀화식물은 국립수목원의 국가외래식물목록[Korea National Arboretum(KNA), 2019]을 참조하였고, 생태계교란 식물은 환경부의 『생태계교란 생물 지정고시』(일부개정, 2021. 8. 31.)에 지정된 식물 목록을 기준으로 작성하였다. 학명과 국명은 국가표준식물목록(KNA, 2017)을 따랐다.

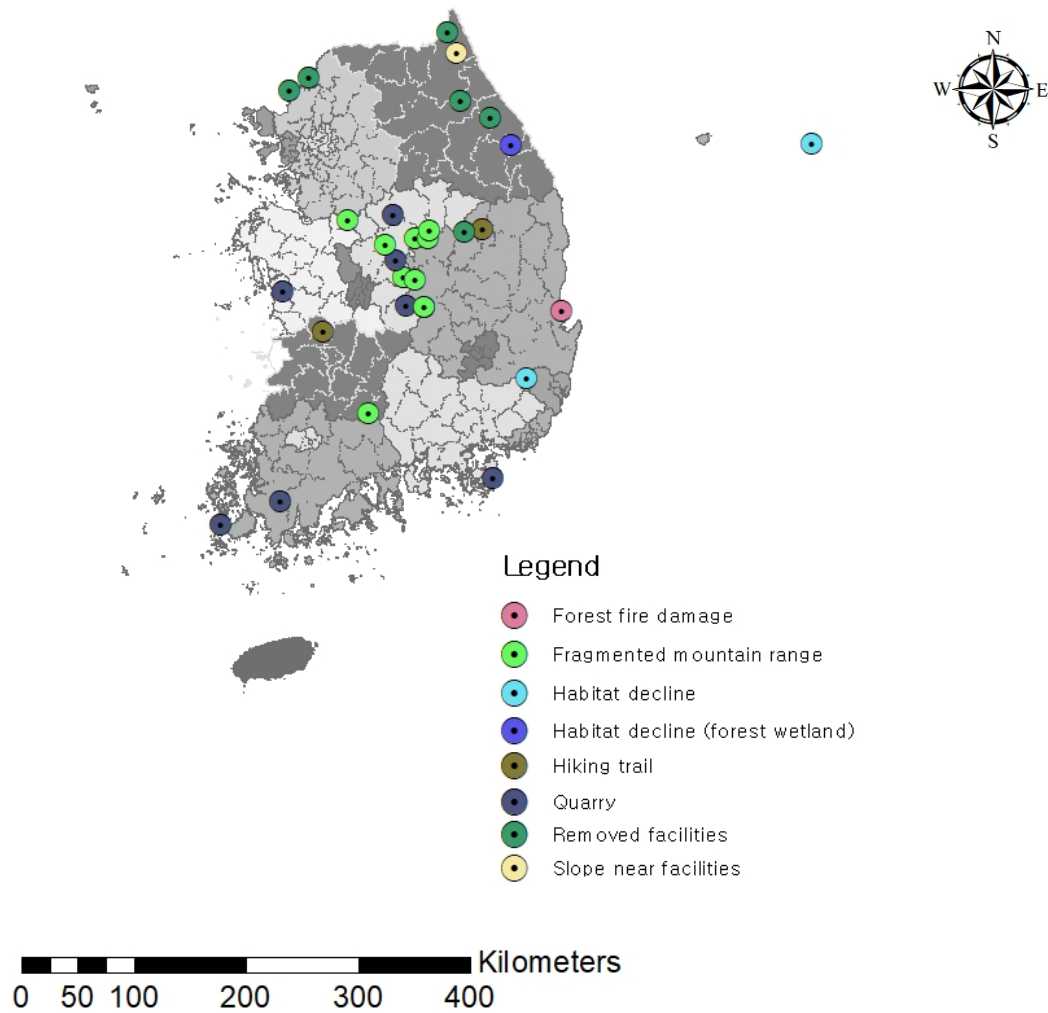


Figure 1. The location map of survey site.

Table 1. The restoration characteristics of study sites

Survey year	Site name	Completion year	Area (ha)	Region*	Type	Administrative district
	Goesan-Jeokseok-ri	2019	1.5	Others	Quarry	Yeonpung-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do
	Eumseong-Hanbeol-ri	2019	1.8	Others	Quarry	Eumseong-eup, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do
	Yeoncheon-Galhyeon-ri	2018	2.0	DMZ	Removed facilities	Baekhak-myeon, Yeoncheon-gun, Gyeonggi-do
2020	Paju-Panmunjöm	2018	2.0	DMZ	Removed facilities	Jinseo-myeon, Paju-si, Gyeonggi-do
	Boeun-Maltijae	2017	0.6	Baekdu	Fragmented mountain range	Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
	Pohang-Sabang-gongwon	2016	10.6	Others	Forest fire damage	Buk-gu, Pohang-si, Gyeongsangbuk-do
	Iksan-Mireuksan	2016	2.0	Others	Hiking trail	Geumma-myeon, Iksan-si, Jeollabuk-do
	Yeongdong-Ucheon-ri	2016	1.8	Others	Quarry	Hwanggan-myeon, Yeongdong-gun, Chungcheongbuk-do

Table 1. (continued)

Survey year	Site name	Completion year	Area (ha)	Region *	Type	Administrative district
	Namwon-Jeongnyeongchi	2016	0.4	Baekdu	Fragmented mountain range	Jucheon-myeon, Namwon-si, Jeollabuk-do
	Ulju-Sinbulsan	2016	16.0	Baekdu	Habitat decline	Sangbuk-myeon, Ulju-gun, Ulsan
	Geoje-Sodong-ri	2015	2.0	Island	Quarry	Irun-myeon, Geoje-si, Gyeongsangnam-do
	Ulleung-Dokdo	2015	0.04	Island	Habitat decline	Ulleung-cup, Ulleung-gun, Gyeongsangbuk-do
	Jindo-Gasado	2015	0.8	Island	Quarry	Jodo-myeon, Jindo-gun, Jeollanam-do
	Boryeong-Seongjusan	2015	6.0	Baekdu	Quarry	Seongju-myeon, Boryeong-si, Chungcheongnam-do
	Sangju-Bijoryeong	2014	0.6	Baekdu	Fragmented mountain range	Hwanam-myeon, Sangju-si, Gyeongsangbuk-do
	Mungyeong-Beoljae	2013	0.3	Baekdu	Fragmented mountain range	Dongno-myeon, Mungyeong-si, Gyeongsangbuk-do
	Yeongju-Cheoltansan	2012	0.8	Others	Hiking trail	Hamang-dong, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do
	Goesan-Ihwaryeong	2012	0.8	Baekdu	Fragmented mountain range	Yeonpung-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do
	Inje-Guryongdeokbong	2009	1.4	Baekdu	Removed facilities	Sangnam-myeon, Inje-gun, Gangwon-do
2021	Pyeongchang-Daegwallyeong	2020	7.7	Baekdu	Removed facilities	Daegwallyeong-myeon, Pyeongchang-gun, Gangwon-do
	Goseong-Masanbong	2020	2.0	DMZ	Slope near facilities	Sudong-myeon, Goseong-gun, Gangwon-do
	Jeongseon-Igiryeong	2020	3.3	Baekdu	Habitat decline (forest wetland)	Imgye-myeon, Jeongseon-gun, Gangwon-do
	Anseong-Baetigogae	2020	0.3	Baekdu	Fragmented mountain range	Geumgwang-myeon, Anseong-si, Gyeonggi-do
	Jeungpyeong-Bunjeotchi	2020	0.2	Baekdu	Fragmented mountain range	Jeungpyeong-cup, Jeungpyeong-gun, Chungcheongbuk-do
	Mungyeong-Haneuljae	2020	3.0	Baekdu	Fragmented mountain range	Mungyeong-cup, Mungyeong-si, Gyeongsangbuk-do
	Cheongju-Gyewonri	2020	0.5	Others	Quarry	Miwon-myeon, Sangdang-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do
	Gimcheon-Jakjumgogae	2019	0.5	Baekdu	Fragmented mountain range	Eomo-myeon, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do
	Haenam-Gahaksan	2018	0.8	Others	Quarry	Gyegok-myeon, Haenam-gun, Jeollanam-do
	Goseong-Sacheon-ri	2006	0.8	Baekdu	Removed facilities	Toseong-myeon, Goseong-gun, Gangwon-do

\*: Baekdu - forests in the Baekdu daegan and jeongmaek area, DMZ - forests in the demilitarized zone, Island - forests in the island area, Others - forests in the others area

귀화식물과 생태계교란 식물은 대상지별 분류군 수와 분류군별 출현 빈도, 귀화율을 비교 분석하였고, 사업지의 권역, 훼손 유형에 따른 빈도 분석도 실시하였다. 또한 복원사업지에 반영된 작업공종과 귀화식물의 영향관계를 확인하

기 위해 작업공종의 유무에 따른 귀화식물의 수 및 귀화율을 비교하였다. 각 귀화식물 분류군의 유입경로 확인을 위해 작업공종별 귀화식물 출현 빈도의 파이계수를 산출하여 영향관계를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산림복원지 내 귀화식물

산림복원사업지 29개소에서 출현한 귀화식물은 29과 80속 108종 1아종으로 109분류군이 조사되었다(Table 2). 총 109분류군 중에서 나자식물은 1과 1속 1종으로 총 1분류군

이 나타났으며, 단자엽식물은 1과 10속 19종으로 19분류군, 쌍자엽식물은 27과 69속 88종 1아종으로 89분류군이 조사되었다.

대상지별 귀화식물 출현 분류군 수는 2021년에 조사한 김천 작점고개 사업지가 총 48분류군이 확인되어 가장 많은 귀화식물이 조사되었고, 괴산 적석리와 보은 말티재가 각각

Table 2. The number of naturalized plant

Taxa	Family	Genus	Species	Subspecies	Variety	Forma	Total
Pteridophyta	-	-	-	-	-	-	-
Gymnospermae	1	1	1	-	-	-	1
Angiospermae	28	79	107	1	-	-	108
Dicotyledonae	27	69	88	1	-	-	89
Monocotyledonae	1	10	19	-	-	-	19
Total	29	80	108	1	-	-	109

Table 3. The number of naturalized plant by forest restoration site

Survey year	Site name	Family	Genus	Species	Subsp.	Naturalized plant		Total taxa	Rank
						No.	Ratio		
2020	Geoje-Sodong-ri	12	27	28	-	28	14.1	199	9
	Goesan-Ihwaryeong	10	20	20	-	20	9.5	210	20
	Goesan-Jeokseok-ri	14	33	36	-	36	17.3	208	3
	Namwon-Jeongnyeongchi	6	12	14	-	14	11.8	119	24
	Mungyeong-Beoljae	9	17	22	-	22	11.1	198	15
	Boryeong-Seongjusan	12	24	26	-	26	15.9	164	10
	Boeun-Maltijae	12	33	36	-	36	17.7	203	3
	Sangju-Bijoryeong	12	23	24	-	24	11.3	213	12
	Yeoncheon-Galhyeon-ri	10	21	22	-	22	13.7	161	15
	Yeongju-Cheoltansan	17	27	32	-	32	17.6	182	6
	Ulleung-Dokdo	5	5	5	-	5	19.2	26	28
	Ulju-Sinbulsan	0	0	0	-	0	0.0	42	30
	Eumseong-Hanbeol-ri	10	20	24	-	24	15.7	153	12
	Iksan-Mireuksan	13	18	19	-	19	13.6	140	22
	Inje-Guryongdeokbong	5	10	11	-	11	7.0	158	26
	Jindo-Gasado	4	10	12	-	12	7.8	153	25
	Yeongdong-Ucheon-ri	12	26	30	-	30	21.6	139	8
	Paju-Panmunjŏm	9	20	22	-	22	16.4	134	15
	Pohang-Sabang-gongwon	9	20	23	-	23	14.5	159	14
2021	Goseong-Masanbong	3	6	6	-	6	3.9	155	27
	Goseong-Sacheon-ri	8	16	19	-	19	19.4	98	22
	Gimcheon-Jakjumgogae	18	39	47	1	48	19.4	248	1
	Mungyeong-Haneuljae	11	21	21	-	21	7.7	273	19
	Anseong-Baetigogae	10	19	22	-	22	13.5	163	15
	Jeongseon-Igiryeong	1	1	1	-	1	0.6	160	29
	Jeungpyeong-Bunjeotchi	11	21	26	-	26	16.0	163	10
	Cheongju-Gyewonri	14	30	31	-	31	22.8	136	7
	Pyeongchang-Daegwallyeong	7	20	20	-	20	16.7	120	20
	Haenam-Gahaksan	16	31	35	-	35	17.6	199	5

36분류군, 해남 가학산 35분류군, 영주 철탄산 32분류군, 청주 계원리가 31분류군, 영동 우천리가 30분류군으로 조사되었다(Table 3). 김천 작점고개와 보은 말터재는 백두대간 및 정맥 생태축 복원사업지, 괴산 적석리와 해남 가학산, 청주 계원리, 영동 우천리는 채석지 복원사업지로 확인되어 특정 유형에서 귀화식물 출현 분류군 수가 많은 것으로 확인되었다.

울주 신불산은 귀화식물이 확인되지 않았고, 정선 이기령 1분류군, 울릉 독도 5분류군, 고성 마산봉은 6분류군으로 타 사업지보다 상대적으로 귀화식물의 분류군 수가 적었다. 상기 대상지들은 지형훼손의 정도가 심하지 않아서 외부에서 흩을 가져와 덮거나 절토 및 성토 공종이 존재하지 않은 사업지라는 공통점이 있었으며, 이는 반입되는 토양과 성토

후 사면 안정화를 위해 뿌리는 종자가 복원지에 유입되는 귀화식물의 수에 미치는 영향이 크다는 점을 시사한다. 따라서 지형복원 시 귀화식물 유입을 방지하기 위한 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

분류군별 출현 빈도는(Table 4) 개망초가 26개 사업지에서 확인되어 빈도가 가장 높았고(0.90), 달맞이꽃과 서양민들레가 24회(0.83), 토끼풀 23회(0.79), 망초 22회(0.76), 큰김의털 21회(0.72) 순으로 나타났다. 또한 미국쑥부쟁이(19회, 0.66), 아까시나무(18회, 0.62), 유럽점나도나물(16회, 0.55), 미국가막사리(16회, 0.55), 흰명아주(15회, 0.52), 붉은서나물(15회, 0.52) 등이 전체 50%의 복원사업지에서 확인되었는데, 출현 빈도가 높은 귀화식물의 유입경로에 대한 검토를 통해 유입을 차단할 수 있는 해법 마련이 요구된다.

Table 4. List of naturalized plant in forest restoration site

Rank	Family name	Scientific name and Korean name	Frequency	Frequency index
1	Asteraceae 국화과	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초	26	0.90
2	Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃	24	0.83
	Asteraceae 국화과	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg. 서양민들레	24	0.83
4	Fabaceae 콩과	<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀	23	0.79
5	Asteraceae 국화과	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초	22	0.76
6	Poaceae 벼과	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털	21	0.72
7	Asteraceae 국화과	<i>Symphotrichum pilosum</i> (Willd.) G.L.Nesom 미국쑥부쟁이	19	0.66
8	Fabaceae 콩과	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무	18	0.62
9	Caryophyllaceae 석죽과	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. 유럽점나도나물	16	0.55
	Asteraceae 국화과	<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리	16	0.55
11	Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium album</i> L. 흰명아주	15	0.52
	Asteraceae 국화과	<i>Erechtites hieraciifolius</i> (L.) Raf. ex DC. 붉은서나물	15	0.52
13	Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이	14	0.48
14	Scrophulariaceae 현삼과	<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀	13	0.45
	Poaceae 벼과	<i>Lolium multiflorum</i> Lam. 쥐보리	13	0.45
16	Oxalidaceae 팽이밥과	<i>Oxalis corniculata</i> L. 팽이밥	12	0.41
	Asteraceae 국화과	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. 돼지풀	12	0.41
18	Phytolaccaceae 자리공과	<i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공	11	0.38
	Fabaceae 콩과	<i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리	11	0.38
20	Moraceae 뽕나무과	<i>Morus alba</i> L. 뽕나무	10	0.34
	Asteraceae 국화과	<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국	10	0.34
	Asteraceae 국화과	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill 큰방가지뚥	10	0.34
	Poaceae 벼과	<i>Dactylis glomerata</i> L. 오리새	10	0.34
24	Simaroubaceae 소태나무과	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle 가죽나무	9	0.31
	Asteraceae 국화과	<i>Bidens pilosa</i> L. 울산도깨비바늘	9	0.31
26	Fabaceae 콩과	<i>Medicago sativa</i> L. 자주개자리	8	0.28
	Solanaceae 가지과	<i>Solanum americanum</i> Mill. 미국까마중	8	0.28
	Asteraceae 국화과	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. 코스모스	8	0.28
	Poaceae 벼과	<i>Poa pratensis</i> L. 왕포아풀	8	0.28
30	Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex acetosella</i> L. 애기수영	7	0.24
	Caryophyllaceae 석죽과	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. 별꽃	7	0.24

Table 4. (continued)

Rank	Family name	Scientific name and Korean name	Frequency	Frequency index
	Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium ficifolium</i> Sm. 좁명아주	7	0.24
	Brassicaceae 십자화과	<i>Lepidium virginicum</i> L. 콩다닥냉이	7	0.24
	Rosaceae 장미과	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch 복사나무	7	0.24
35	Brassicaceae 십자화과	<i>Barbarea vulgaris</i> R.Br. 유럽나도냉이	6	0.21
	Convolvulaceae 메꽃과	<i>Cuscuta pentagona</i> Engelm. 미국실새삼	6	0.21
	Scrophulariaceae 현삼과	<i>Veronica persica</i> Poir. 큰개불알풀	6	0.21
	Asteraceae 국화과	<i>Sonchus oleraceus</i> L. 방가지뚱	6	0.21
	Poaceae 벼과	<i>Festuca heterophylla</i> Lam. 사방김의털	6	0.21
40	Fabaceae 콩과	<i>Lotus corniculatus</i> L. 서양벌노랑이	5	0.17
	Fabaceae 콩과	<i>Wisteria floribunda</i> (Willd.) DC. 등	5	0.17
	Geraniaceae 쥐손이풀과	<i>Geranium carolinianum</i> L. 미국쥐손이	5	0.17
	Solanaceae 가지과	<i>Solanum nigrum</i> L. 까마중	5	0.17
	Asteraceae 국화과	<i>Ambrosia trifida</i> L. 단풍잎돼지풀	5	0.17
	Asteraceae 국화과	<i>Carduus crispus</i> L. 지느러미영경귀	5	0.17
	Asteraceae 국화과	<i>Erigeron floribundus</i> (Kunth) Sch.Bip. 큰망초	5	0.17
	Asteraceae 국화과	<i>Erigeron strigosus</i> Muhl. ex Willd. 주걱개망초	5	0.17
	Asteraceae 국화과	<i>Lactuca serriola</i> L. 가시상추	5	0.17
49	Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex obtusifolius</i> L. 돌소리쟁이	4	0.14
	Caryophyllaceae 석죽과	<i>Silene armeria</i> L. 끈끈이대나물	4	0.14
	Asteraceae 국화과	<i>Ageratina altissima</i> (L.) R.M.King & H.Rob. 서양등골나물	4	0.14
	Poaceae 벼과	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrud.) Nees 능수참새그렁	4	0.14
53	Brassicaceae 십자화과	<i>Thlaspi arvense</i> L. 말냉이	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Centaurea cyanus</i> L. 수레국화	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. 기생초	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Erigeron philadelphicus</i> L. 봄망초	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav. 털별꽃아재비	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Helianthus tuberosus</i> L. 풍만지	3	0.10
	Asteraceae 국화과	<i>Senecio vulgaris</i> L. 개쑥갓	3	0.10
	Poaceae 벼과	<i>Lolium perenne</i> L. 호밀풀	3	0.10
	Poaceae 벼과	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx. 미국개기장	3	0.10
	Poaceae 벼과	<i>Poa compressa</i> L. 좁포아풀	3	0.10
	Poaceae 벼과	<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel. 들묵새	3	0.10
64	Ginkgoaceae 은행나무과	<i>Ginkgo biloba</i> L. 은행나무	2	0.07
	Papaveraceae 양귀비과	<i>Papaver rhoeas</i> L. 개양귀비	2	0.07
	Brassicaceae 십자화과	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. 갓	2	0.07
	Euphorbiaceae 대극과	<i>Euphorbia hypericifolia</i> L. 큰땀빈대	2	0.07
	Meliaceae 멀구슬나무과	<i>Melia azedarach</i> L. 멀구슬나무	2	0.07
	Convolvulaceae 메꽃과	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth 둥근잎나팔꽃	2	0.07
	Lamiaceae 꿀풀과	<i>Perilla frutescens</i> (L.) Britton 들깨	2	0.07
	Scrophulariaceae 현삼과	<i>Veronica peregrina</i> L. 문모초	2	0.07
	Asteraceae 국화과	<i>Cosmos sulphureus</i> Cav. 노랑코스모스	2	0.07
	Asteraceae 국화과	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S.Moore 주홍서나물	2	0.07
	Asteraceae 국화과	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L. 한련초	2	0.07
	Asteraceae 국화과	<i>Hypochaeris radicata</i> L. 서양금혼초	2	0.07
	Poaceae 벼과	<i>Bromus catharticus</i> Vahl 큰이삭풀	2	0.07
	Poaceae 벼과	<i>Bromus inermis</i> Leyss. 좁참새귀리	2	0.07



Table 4. (continued)

Rank	Family name	Scientific name and Korean name	Frequency	Frequency index
	Poaceae 벼과	<i>Bromus secalinus</i> L. 큰참새귀리	2	0.07
	Poaceae 벼과	<i>Bromus tectorum</i> L. 털밭새귀리	2	0.07
	Poaceae 벼과	<i>Festuca pratensis</i> Huds. 넓은김의털	2	0.07
81	Polygonaceae 마디풀과	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench 메밀	1	0.03
	Molluginaceae 석류풀과	<i>Mollugo verticillata</i> L. 큰석류풀	1	0.03
	Amaranthaceae 비름과	<i>Amaranthus blitum</i> subsp. <i>oleraceus</i> (L.) Costea 개비름	1	0.03
	Amaranthaceae 비름과	<i>Amaranthus patulus</i> Bertol. 가는털비름	1	0.03
	Amaranthaceae 비름과	<i>Celosia argentea</i> L. 개맨드라미	1	0.03
	Brassicaceae 십자화과	<i>Brassica napus</i> L. 유채	1	0.03
	Rosaceae 장미과	<i>Potentilla supina</i> L. 개소시랑개비	1	0.03
	Fabaceae 콩과	<i>Astragalus sinicus</i> L. 자운영	1	0.03
	Fabaceae 콩과	<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb. 전동싸리	1	0.03
	Fabaceae 콩과	<i>Trifolium pratense</i> L. 붉은토끼풀	1	0.03
	Fabaceae 콩과	<i>Vicia villosa</i> Roth 벻치	1	0.03
	Euphorbiaceae 대극과	<i>Euphorbia maculata</i> L. 애기땅빈대	1	0.03
	Anacardiaceae 옷나무과	<i>Toxicodendron vernicifluum</i> (Stokes) F.A.Barkley 옷나무	1	0.03
	Violaceae 제비꽃과	<i>Viola sororia</i> Willd. 종지나물	1	0.03
	Lythraceae 부처꽃과	<i>Lagerstroemia indica</i> L. 배롱나무	1	0.03
	Apiaceae 산형과	<i>Anthriscus caucalis</i> M.Bieb. 유럽전호	1	0.03
	Rubiaceae 꼭두서니과	<i>Diodia teres</i> Walter 백령풀	1	0.03
	Convolvulaceae 메꽃과	<i>Ipomoea lacunosa</i> L. 애기나팔꽃	1	0.03
	Convolvulaceae 메꽃과	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth 나팔꽃	1	0.03
	Convolvulaceae 메꽃과	<i>Quamoclit angulata</i> (Lam.) Bojer 둥근잎유홍초	1	0.03
	Lamiaceae 꿀풀과	<i>Lamium purpureum</i> L. 자주광대나물	1	0.03
	Asteraceae 국화과	<i>Achillea millefolium</i> L. 서양톱풀	1	0.03
	Asteraceae 국화과	<i>Rudbeckia laciniata</i> L. 삼잎국화	1	0.03
	Asteraceae 국화과	<i>Tagetes minuta</i> L. 만수국아재비	1	0.03
	Asteraceae 국화과	<i>Xanthium strumarium</i> L. 도꼬마리	1	0.03
	Poaceae 벼과	<i>Alopecurus pratensis</i> L. 큰뚝새풀	1	0.03
	Poaceae 벼과	<i>Panicum miliaceum</i> L. 기장	1	0.03
	Poaceae 벼과	<i>Phleum pratense</i> L. 큰조아재비	1	0.03
	Poaceae 벼과	<i>Poa trivialis</i> L. 큰새포아풀	1	0.03

2. 생태계교란 식물

산림복원사업지 내 출현한 생태계교란 식물은 총 3과 7속 8종이 확인되었다. 대상지별 생태계교란 식물 출현종은 (Table 5) 파주 판문점이 3과 5속 6종으로 가장 많은 생태계교란 식물이 조사되었고, 김천 작점고개(3과 5속 5종)와, 영동 우천리(2과 4속 5종)가 차순위로 나타났으며, 거제 소동리 2과 4속 4종, 괴산 적석리 3과 4속 4종, 상주 비조령 3과 4속 4종, 연천 갈현리 3과 3속 4종, 안성 배티고개 3과

3속 4종 등으로 나타났다.

생태계교란 식물의 종별 대상지 출현 빈도는(Table 6) 환삼덩굴이 20개소에서 확인되어 가장 높았고, 미국쭈부쟁이가 19개소, 돼지풀 12개소, 애기수영 7개소 순이었으며, 단풍잎돼지풀과 가시상추가 5개소, 서양등골나물 4개소, 서양금혼초는 2개소에서 조사되었다. 복원지 내 출현한 생태계교란 식물 중 환삼덩굴은 유일한 자생식물이며, 나머지 6종은 귀화식물이다.

대상지별 생태계교란 식물 출현 빈도는 김천 작점고개,

Table 5. The number of invasive alien plant by forest restoration site

Type	Site name	Family	Genus	Species	No. invasive alien plant	Rank	Survey year
Fragmented mountain range	Gimcheon-Jakjumgogae	3	5	5	5	2	2021
	Sangju-Bijoryeong	3	4	4	4	5	2020
	Anseong-Baetigogae	3	3	4	4	5	2021
	Goesan-Ihwaryeong	2	3	3	3	10	2020
	Boeun-Maltijae	2	3	3	3	10	2020
	Namwon-Jeongnyeongchi	2	2	2	2	15	2020
	Mungyeong-Beoljae	2	2	2	2	15	2020
	Mungyeong-Haneuljae	2	2	2	2	15	2021
Quarry	Jeungpyeong-Bunjeotchi	2	2	2	2	15	2021
	Boryeong-Seongjusan	3	5	5	5	2	2020
	Yeongdong-Ucheon-ri	2	4	5	5	2	2020
	Geoje-Sodong-ri	2	4	4	4	5	2020
	Goesan-Jeokseok-ri	3	4	4	4	5	2020
	Eumseong-Hanbeol-ri	2	3	3	3	10	2020
	Cheongju-Gyewonri	3	3	3	3	10	2021
	Haenam-Gahaksan	2	2	2	2	15	2021
Removed facilities	Jindo-Gasado	1	1	1	1	22	2020
	Paju-Panmunjöm	3	5	6	6	1	2020
	Yeoncheon-Galhyeon-ri	3	3	4	4	5	2020
	Goseong-Sacheon-ri	3	3	3	3	10	2021
	Inje-Guryongdeokbong	1	1	1	1	22	2020
Others	Pyeongchang-Daegwallyeong	1	1	1	1	22	2021
	Ulleung-Dokdo	-	-	-	-	26	2020
	Ulju-Sinbulsan	-	-	-	-	26	2020
	Jeongseon-Igiryeong	-	-	-	-	26	2021
	Iksan-Mireuksan	-	-	-	-	26	2020
	Yeongju-Cheoltansan	2	2	2	2	15	2020
	Pohang-Sabang-gongwon	2	2	2	2	15	2020
Goseong-Masanbong	1	1	1	1	22	2021	

Table 6. List of invasive alien plant in forest restoration site

Rank	Family	Scientific name and Korean name	Frequency
1	Cannabaceae 삼과	<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr. 환삼덩굴	20
2	Asteraceae 국화과	<i>Symphotrichum pilosum</i> (Willd.) G.L.Nesom 미국쑥부쟁이	19
3	Asteraceae 국화과	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. 돼지풀	12
4	Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex acetosella</i> L. 애기수영	7
5	Asteraceae 국화과	<i>Ambrosia trifida</i> L. 단풍잎돼지풀	5
	Asteraceae 국화과	<i>Lactuca serriola</i> L. 가시상추	5
7	Asteraceae 국화과	<i>Ageratina altissima</i> (L.) R.M.King & H.Rob. 서양등골나물	4
8	Asteraceae 국화과	<i>Hypochaeris radicata</i> L. 서양금혼초	2

상주 비조령, 안성 배티고개와 같은 생태축 연결사업지와 영동 우천리, 거제 소동리, 괴산 적석리 등 채석장 복원사업지에서 대체로 높은 출현 빈도를 보였고, 파주 판문점과 연

천 갈현리와 같이 DMZ 내의 시설부지에서도 생태계교란 식물의 출현 빈도가 높은 것으로 확인되었다.

생태계교란 식물은 식재 수목 등이 완전히 정착하지 않은

상태인 준공 직후의 산림복원사업지로의 침입 및 번무가 용이하여 식재 수목의 생장에 방해 요인이 되고, 오히려 복원지가 생태계교란 식물 확산의 거점이 될 우려가 있다. 산림복원사업지 내 생태계교란 식물 발견 시 개화기 이전 생육 초기에 풀베기 등을 통해 제거하는 것이 가장 효과적이나, 다년생 초본인 미국쑥부쟁이, 애기수영, 서양등골나물, 서양금혼초 등은 방제 시 지하부까지의 제거가 필요하며, 매도 종자의 제거를 위해 지속적인 관리가 필요하다(National Institute of Ecology, 2021). 따라서 복원사업 후 초기 1·2년 차부터 이에 대한 관리 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 복원사업 후 귀화식물 유입 특성

#### 1) 시간의 흐름에 따른 특성

산림복원사업지에서 확인된 귀화식물의 분류군 수와 귀화율은 시간이 흐름에 따라 점차 감소하는 추세를 보였다(Figure 2). 복원사업 후 초기의 사업지 내 복원을 위해 도입한 식생이 발달하지 못한 상태가 호광성 귀화식물의 유입에 유리한 환경으로 영향을 미치는 것으로 보이며, 시간이 흐름에 따라 복원 목표 식생이 점차 발달함에 따라 귀화식물의 세력은 약화되는 것으로 판단된다. 귀화식물은 광량이 많고 토양이 건조하며 척박한 상태를 유지하는 환경교란이 심한 지역에서 강한 영향력을 발휘하며(Kim and Oh, 2010), 햇빛을 두고 경쟁하는 목본 식물이 발달한 곳은 상대적으로 세력이 약할 수밖에 없다(You *et al.*, 2021). 또한 기존 연구에서 비탈면 피복 후 5년 이내에 귀화식물의 생육이 왕성하게 발달한 이후 10년 내에 생육이 쇠퇴하고 10년

이상 된 지역에서는 주변산림으로부터 자생식물의 침입이 활발하게 나타난다고 보고된 바 있으며(Kim and Oh, 2010), 본 연구에서 분석한 시간의 흐름에 따른 귀화식물의 유입 특성과 유사한 경향을 보이고 있다. 복원 초기의 환경적 특성상 귀화식물의 위협에 노출될 수밖에 없는 상태인 점을 고려해 볼 때, 귀화식물의 번무가 복원 목표 식물의 정착에 위협 요인이 될 수 있으므로, 복원지 식생 관리에 중점을 두어야 하는 시기로 사료된다. 다만, 모든 귀화식물이 생태계를 교란시키는 것은 아니며 천이과정에서 개척자 역할과 토양비옥도를 증진하는 장점도 있으므로(Yoon *et al.*, 2012), 목표 식물에 위협이 될 수 있는 생태계교란 식물 등 생태적 특성과 환경, 복원의 목표를 고려하여 관리하는 것이 필요하다.

#### 2) 복원사업 권역 및 유형별 특성

산림복원 현장에서 조사된 귀화식물 분류군 수와 귀화율의 권역별 유형별 비교를 위해 ANOVA 분석과 Duncan의 다중검정을 실시하였다(Figure 3). 분석에 앞서 훼손 유형 중 등산로와 산불피해지는 기타유형으로 분류하였는데, 산불피해지의 경우 기존 사방공원으로 지정된 지역에 발생한 산불에 따라 복원된 곳이므로 사업지의 특성상 등산로와 같이 사람의 접촉이 비교적 잦은 특성이 유사하다고 판단하여 기타유형으로 묶어 분석을 실시하였다.

권역별 귀화식물 분류군 수와 귀화율은 권역 간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나( $p>0.05$ ), 유형별 출현 분류군 수의 경우 서식지 훼손지에 비해 백두대간 단절 구간의 생태축을 연결하는 사업지와 채석지, 시설부지 및 기타 유

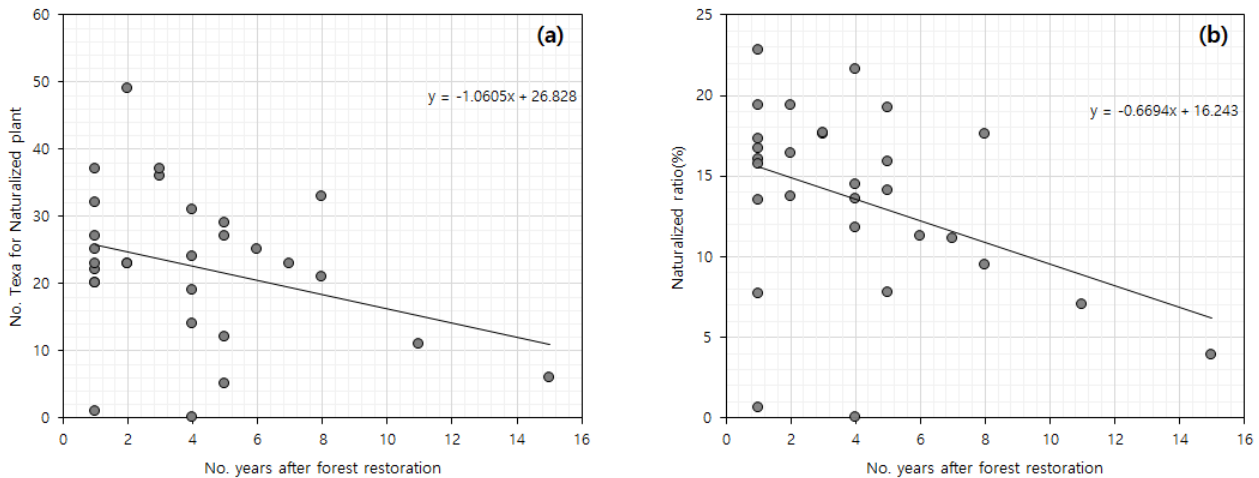


Figure 2. The inflow characteristic of naturalized plant by flow time(years) after forest restoration. (a) is the relation between the flow time and the number of taxa for naturalized plant. (b) is the relation between the flow time and naturalized ratio.

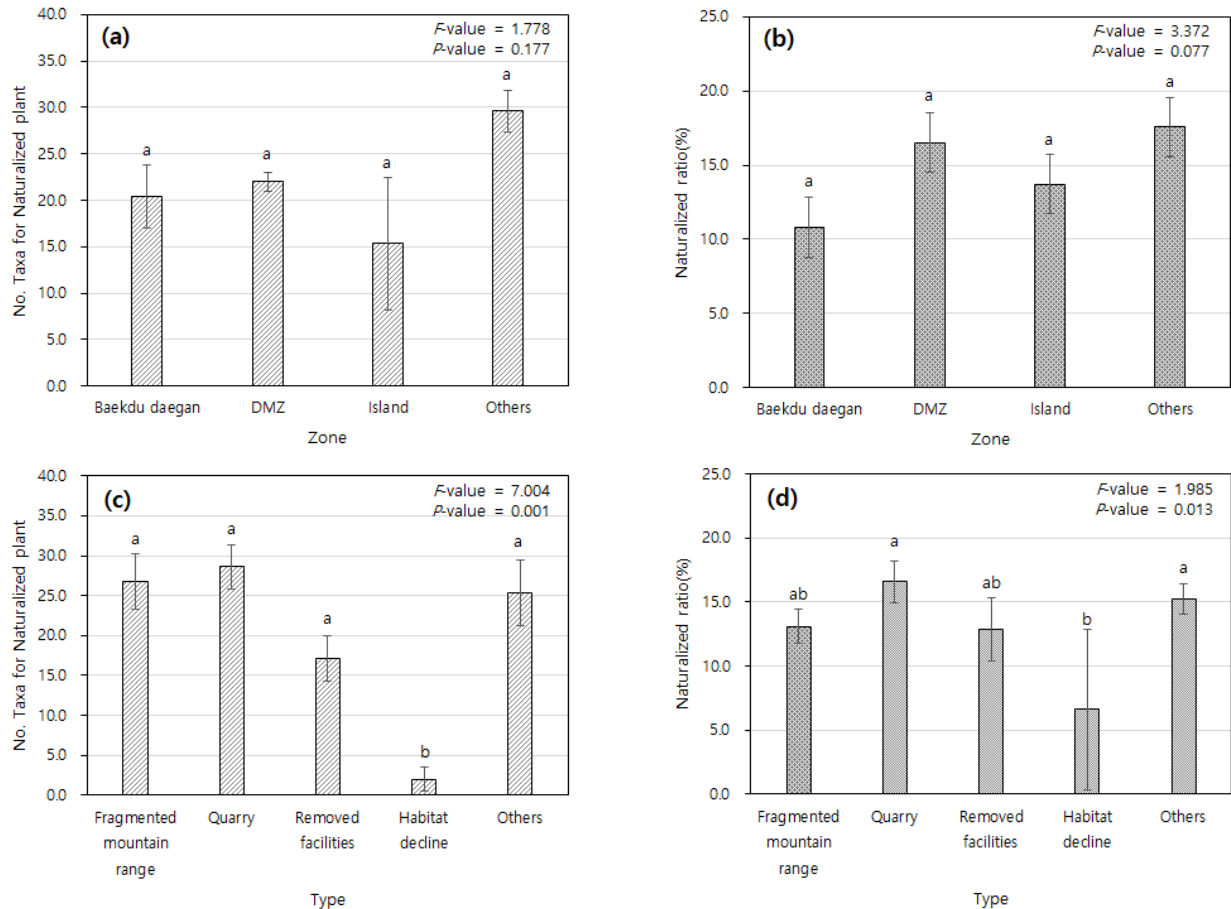


Figure 3. The comparison of the no. taxa and naturalized ratio by the type and zone. The others are combined hiking trail with forest fire damage. (a) is comparison of no. taxa by zone. (b) is comparison of naturalized ratio by zone. (c) is comparison of no. taxa by type. (d) is comparison of naturalized ratio by type. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ ). The vertical bars represent standard error of the means.

형이 많은 분류군이 나타났고( $p < 0.05$ ), 유형별 귀화율도 채석지, 기타유형, 백두대간 및 정맥, 시설부지가 상대적으로 높은 값을 나타내어 서식지 훼손지에 비해 귀화식물의 출현 비율이 높은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

유형별 귀화식물 수와 귀화율의 차이는 사업지의 특성에서 기인하는데, 채석지와 시설부지의 경우 복원사업 시 훼손된 지형 복원을 위해 적용되는 절토 및 성토공으로 생성되는 나지 및 비탈면의 안정화를 위한 식생피복을 통해 인위적으로 식생이 도입되는 특성이 있으며, 백두대간 단절지는 도로 위에 건설되는 터널형 생태축 연결 교량을 채우기 위해 다량의 토사가 유입되고, 식생의 도입이 적용되는 특성이 있다. 기타 유형(등산로, 공원) 중 등산로로 분류된 2개 사업지는 기본적으로 생활권 주변에 위치하고 있어서 사람들의 이용률이 높아 귀화식물의 유입에 유리한 교란환경이

조성될 수밖에 없으며(You *et al.*, 2014), 산불피해지는 산불로 인해 이미 교란이 발생한 지역이므로 귀화식물이 강한 세력을 형성할 수 있는 특성을 지니고 있다.

복원사업 시 발생하는 나지 및 비탈면의 녹화를 위한 식생 도입 방식과 귀화식물 유입량의 영향관계는 Table 7을 통해 확인이 가능하다. 복원지 내 식생도입 방법인 종자 파종, 나무 식재, 초본 식재, 떼붙임 공종의 유무에 따른 귀화율 비교 분석 결과에 따르면 종자 파종을 할 경우 귀화율은 평균 15.54%로 파종 공종이 없는 경우의 평균 9.167%에 비해 높은 것으로 나타났고, 유의확률은  $p < 0.05$ 로 나타나 통계적인 차이가 인정되었다. 그러나 그 외 다른 식생도입 방법은 공종 적용 유무에 따라 귀화율의 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 이는 식물체의 형태를 확인하고 어느 정도 제어할 수 있는 나무 식재와 초본 식재, 떼붙임

Table 7. The comparison result of naturalized ratio according to vegetation covering methods using t-test

Vegetation covering method		N	Mean	S.D.	S.E.	t	p-value
Direct seeding works	X	9	9.167	7.124	2.375	-2.528	0.030
	O	20	15.545	3.817	0.854		
Herbs planting works	X	17	14.712	4.804	1.165	1.210	0.241
	O	12	11.942	6.823	1.970		
Trees planting works	X	3	15.033	3.459	1.997	0.458	0.651
	O	26	13.396	6.014	1.179		
Sodding works	X	22	12.982	5.999	1.279	-0.963	0.344
	O	7	15.400	4.974	1.880		

공중과는 달리 종자 상태에서 귀화식물 여부의 파악이 까다로운 종자 파종 공중이 산림복원사업지 내 귀화식물 도입에 큰 영향을 미치는 것을 의미한다. 복원지 내 귀화식물의 유입경로는 다양할 수밖에 없지만, 직접적으로 도입되는 종자 파종 공중은 그 영향이 클 수밖에 없으며, 이에 따라 복원지 내 종자 파종 시 종자 전문가에 의한 검수 과정의 도입이 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 복원사업지 내 귀화식물과 주요 복원사업 공중 간 영향 관계

복원사업지 내 적용된 주요 지형복원 공중과 각 귀화식물 출현 빈도 상위 30분류군의 영향관계를 파악하기 위해 파이 계수를 분석하였다(Table 8). 절토 및 성토 공중이 적용된 복원지에서는 개망초(phi coefficient = 0.849)가 강한 양의 상관관계로 나타났고, 큰김의털(0.648), 토끼풀(0.536), 망초(0.475), 달맞이꽃(0.380), 환삼덩굴(0.380), 서양민들레(0.347)도 양의 상관관계가 확인되었다( $p < 0.05$ ). 또한 흙막이 공중은 쥐보리(0.530) 및 토끼풀(0.315)과 양의 상관관계로 분석되었고( $p < 0.05$ ), 기슭막이의 경우 미국쑥부쟁이(0.418)와 족제비싸리(0.414)가 양의 상관관계로 나타났다( $p < 0.05$ ). 이는 절·성토 비탈면과 흙막이의 어깨부분, 기슭막이의 연결사면을 작업 후 나지상태로 두지 않고 녹화작업

을 하는 경우가 대부분인데, 종자 파종 시 큰김의털, 쥐보리, 족제비싸리가 활용되는 비율이 높은 것과 관련이 있다. 팽이밥의 경우 파이계수가 -0.368로 부의 상관관계를 보여 복원지 내 비탈면 발생지와와의 연관성은 매우 낮은 것으로 나타났다. 개망초(0.468), 서양민들레(0.437), 토끼풀(0.346), 오리새(0.374), 울산도깨비바늘(0.487)은 수로공과 유의적인 상관관계를 보였으나( $p < 0.05$ ) 모두 개방지에 자라는 임의육상식물 및 절대육상식물로(Choung *et al.*, 2000) 수로공과의 관련성에 대해서 추후 연구가 필요한 것으로 판단된다. 그 외 폐기물 철거 및 골막이 공중은 귀화식물 분류군과 유의한 영향관계가 존재하지 않는 것으로 분석되었다( $p > 0.05$ ). 종합적으로 복원지 내에서는 풍산포나 동물산포 등 다양한 방법으로 귀화식물이 유입되지만 결국 파종을 통한 유입이 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

복원사업지 내 비탈면은 준공 전후 노출된 상태이기 때문에 새로운 식생의 피복을 위해 파종을 실시하는 경우가 많은데(Jung, 2001), 이때 조기 녹화를 목적으로 도입된 귀화식물이 점유하여 자생종의 자연침입을 방해하는 경우가 많으므로(Lee *et al.*, 2003) 귀화종의 인위적 도입에 주의가 필요하다. 특히, 안고초라는 명칭으로 새 종자가 임도 비탈면에 설계·시공되는 경우가 많은데 실제 안고초로 유통되는 종자는 쥐보리, 큰김의털, 호밀풀 등이며, 사실상 새가 아닌 다른 귀화종의 종자가 파종되고 있는 것이므로 유통종자

Table 8. The result of phi coefficient analysis between major works and taxa of naturalized plant in forest restoration site(Top 30 species)

Species	Dispose of waste materials	Soil arresting structures	Hillside channel works	Check dam	Revetment	Cutting and fill up ground
<i>E. annuus</i>	0.155	0.210	<b>0.468**</b>	-0.145	0.266	<b>0.849**</b>
<i>O. biennis</i>	-0.033	0.077	0.245	-0.033	-0.019	<b>0.612**</b>
<i>T. officinale</i>	0.208	0.282	<b>0.437*</b>	0.208	-0.019	<b>0.347*</b>
<i>T. repens</i>	0.008	<b>0.315*</b>	<b>0.346*</b>	0.008	0.224	<b>0.536**</b>

Table 8. (continued)

Species	Dispose of waste materials	Soil arresting structures	Hillside channel works	Check dam	Revetment	Cutting and fill up ground
<i>C. canadensis</i>	0.044	-0.193	0.269	-0.169	0.275	<b>0.475**</b>
<i>F.arundinacea</i>	0.077	0.208	0.201	0.077	0.164	<b>0.648**</b>
<i>S. pilosum</i>	0.331	-0.039	-0.068	-0.245	<b>0.418*</b>	0.341
<i>R. pseudoacacia</i>	-0.019	-0.154	0.180	-0.208	0.172	0.306
<i>C. glomeratum</i>	0.044	0.091	0.221	-0.139	0.276	0.243
<i>B. frondosa</i>	0.044	0.246	0.221	0.044	0.133	0.444
<i>C. album</i>	-0.107	0.287	0.315	0.076	0.044	0.014
<i>E. hieracifolius</i>	-0.107	-0.330	0.170	-0.107	0.186	0.414
<i>R. crispus</i>	0.290	0.176	0.265	-0.076	0.098	0.186
<i>V. arvensis</i>	-0.044	-0.091	0.216	-0.044	0.153	0.159
<i>L. multiflorum</i>	0.139	<b>0.530**</b>	0.216	-0.044	0.296	0.361
<i>O. corniculata</i>	-0.198	-0.205	-0.127	-0.013	<b>-0.368*</b>	0.133
<i>A. artemisiifolia</i>	0.173	-0.049	0.315	-0.198	0.065	0.336
<i>P. americana</i>	-0.169	-0.005	0.268	0.208	0.121	0.107
<i>A. fruticosa</i>	0.019	-0.005	-0.031	-0.169	<b>0.414*</b>	0.313
<i>M. alba</i>	-0.139	0.039	0.068	-0.139	0.031	0.080
<i>C. lanceolata</i>	-0.139	-0.123	0.221	-0.139	-0.119	0.290
<i>S. asper</i>	-0.139	-0.285	0.221	-0.139	0.031	0.290
<i>D. glomerata</i>	0.053	0.201	<b>0.374*</b>	0.245	0.031	0.080
<i>A. altissima</i>	-0.109	-0.247	0.016	-0.109	0.090	0.052
<i>B. pilosa</i>	-0.109	-0.247	<b>0.487**</b>	-0.109	0.090	0.052
<i>M. sativa</i>	0.331	-0.036	0.123	-0.077	-0.005	0.247
<i>S. americanum</i>	0.127	-0.036	0.285	-0.077	-0.164	0.023
<i>C. bipinnatus</i>	-0.077	-0.036	0.123	-0.282	-0.005	0.247
<i>P. pratensis</i>	0.331	-0.036	-0.039	-0.282	-0.164	0.247
<i>R. acetosella</i>	-0.088	-0.086	0.297	-0.088	0.217	<b>0.380*</b>

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

사용 외 채집 또는 계약재배 등의 방법을 고민하여 종자 선별에 신중을 기하여야 한다. 또한, 낭야초라는 명칭의 종자는 큰낭야초, 별노랑이는 서양별노랑이가 실제 파종 종자인 경우가 많고, 큰금계국, 코스모스, 자주개자리 등 혼합종자에 포함된 대부분의 종이 귀화식물이므로 산림복원사업지 내 비탈면 파종에 활용되는 종자에 대한 검수·검증 시스템의 도입을 통해 귀화식물의 유입을 제어할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림분야 재난·재해의 현안해결형 연구개발 R&D 사업의 수목 생태형태학적 특성인자를 고려한 산림복원지수 개발 과제(2021346A00-

2123-CD01)의 지원을 받아 수행되었으며, 산림복원사업지의 현장 조사에 도움을 주신 모든 분들께 감사드립니다.

## REFERENCES

- Cho, Y.H., J.H. Kim and S.H. Park(2016) Grasses and sedges in South Korea. Geobook, Seoul. (in Korean)
- Choung, Y., B.M. Min, K.S. Lee, K.H. Cho, K.Y. Joo, J.O. Hyun, H.R. Na, H.K. Oh, G.H. Nam and J.S. Kim(2020) Wetland preference and life form of the vascular plants in the Korean peninsula. National Institute of Biological Resources, Incheon. (in Korean)
- Jung, W.O.(2001) Effects of environmental factors on the stability and vegetation survival in cutting slope of forest roads. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 4(2): 74-83. (in Korean with English abstract)

- Kang, H.M., S.H. Choi, D.H. Kim and J.T. Song(2017) A study on the restoration effects of vegetation restoration types. Korean J. Environ. Ecol. 31(2): 174-187. (in Korean with English abstract)
- Kim, B.H., G.H. Kim, H.J. Kim and D.H. Kim(2000) Plant community survey and analysis for restoration of vegetation in coal-mined spoil lands-A case study of Hamtae coal-mined spoil lands in Taebaek city, Kangwondo-. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 3(4): 33-42. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and J.G. Oh(2010) Distribution of naturalized plants in Dadohae national marine park. Korean J. Plant Res. 23(2): 187-196. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.D., J.W. Lee, B.J. Park, H.J. Lee, D.H. Lee, T.I. Heo, J.G. Byeon and J.H. Ahn(2020) Successional trends and vegetation types in the Baramjae area of Baekdudaegan. J. Korean Soc. For. Sci. 109(3): 249-258. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2018) Woody plants of Korean peninsula. Dolbegae, Paju. (in Korean)
- Kim, J.S., J.H. Kim and J.H. Kim(2018) Herbaceous plants of Korean peninsula: Plants living in seashores, rivers, wetlands and cities. Dolbegae, Paju. (in Korean)
- Kim, K.H., H.C. Sung, J.Y. Choi and Y.J. Hur(2016) The revegetation using domestic plants. NEXUS Environmental Design Center, Gwacheon, 140pp. (in Korean)
- Kim, N.C., H.Y. Kim and M.Y. Choi(2015) The study on the utilization of soil seed bank for the restoration of original vegetation. J. Korean Env. Res. Tech. 18(6): 201-214. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service(2015a) Illustrated grasses of Korea. Jinhan M&B, Seoul. (in Korean)
- Korea Forest Service(2015b) Illustrated pteridophytes of Korea. Jinhan M&B, Seoul. (in Korean)
- Korea Forest Service(2022) The process guide of forest restoration. Korea Forest Service, Daejeon, 212pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2017) Checklist of vascular plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2019) Checklist of alien plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon. (in Korean)
- Lee, C.S. and K. Lee(2015) Pteridophytes of Korea: Lycophytes & Ferns(2nd ed.). Geobook, Seoul. (in Korean)
- Lee, M.J., H.K. Song, J.W. Lee and H.J. Kim(2003) Vegetation succession in the cut-slope of forest road-In case study on Chungcheong-do-. Jour. Korean For. Soc. 92(4): 397-408. (in Korean with English abstract)
- Lee, S., J. Yun, D. Kang and J. Cha(2020) Planting status of ecological restoration project and improvement plan. J. Environ. Impact Assess. 29(5): 307-322. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(2003) Coloured flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul. (in Korean)
- National Institute of Ecology(2021) Information for the field management of invasive alien species in Korea. National Institute of Ecology, Seocheon. (in Korean)
- Oh, K.K. and S.G. Park(2003) Conservation status and restoration of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region, Korea(II)-Restoration planning of vegetation in a case study areas-. Kor. J. Env. Eco. 17(1): 71-82. (in Korean with English abstract)
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group(2004) The SER international primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson. <https://www.ser.org>
- Son, Y.H., C.D. Koo, C.S. Kim, P.S. Park, C.W. Yun and K.H. Lee(2016) Forest ecology. Hyangmunsa, Seoul, 346pp. (in Korean)
- Yoon, J.W., H.T. Shin, M.H. Yi, G.S. Kim, J.W. Sung, K.H. Park, C.H. Lee and Y.S. Kim(2012) Status and management proposal of naturalized plant species within the cultural treasury area in Gyeongju national park, Korea. Kor. J. Env. Eco. 26(4): 550-558. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., K.H. Park and J.H. Choi(2014) Management plan and analysis of the characteristics of naturalized plants by ecological restoration of Gaeumjeong stream, Changwon-si. J. KILA 42(2): 48-59. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., Y.H. Kim, G. Chen, L.L. Zhang, S.B. Gwak, J.H. Jeong, Y.R. Seo, Y. Li and Z.L. Cui(2021) Vascular plants of Gyochoon village in Gyeongju-si. Journal of the Korean Institute of Garden Design 7(1): 36-49. (in Korean with English abstract)