

경주국립공원 소금강지구 산불피해지의 식생변화 분석*

유주한¹⁾ · 권순영²⁾³⁾

¹⁾ 동국대학교 경주캠퍼스 조경학과 · ²⁾ 동국대학교 대학원 조경학과 · ³⁾ 국립공원공단 자원보전처

Analysis on Vegetation Change of Forest Fire Damaged Area in Sogeumgang District, Gyeongju National Park*

You, Ju-Han¹⁾ · Kwon, Soon-Young²⁾³⁾

¹⁾ Department of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju,

²⁾ Department of Landscape Architecture, Graduate School, Dongguk University,

³⁾ Department of Park Conservation, Korea National Park Service.

ABSTRACT

The purpose of this study is to present the basic data for the management of National Park by surveying and analysing the change of vegetation of forest fire damaged area in Sogeumgang District, Gyeongju National Park. The coverage ratio, a number of species and dominant species changed overall in forest fire damaged area. The final result of the change is as follows. In case of coverage ratio in the shrub layer, Site 1 was 30%, 40% in Site 2, 50% in Site 3, 60% in Site 4 and 30% in Site 5. In the herb layer, Site 1 was 90%, 80% in Site 2, 90% in Site 3, 60% in Site 4 and 20% in Site 5. In case of the number of species in the shrub layer, Site 1 was 11 species, 8 species in Site 2, 6 species in Site 3, 10 species in Site 4, 7 species in Site 5, and in the herb layer, Site 1 was 22 species, 25 species in Site 2, 12 species in Site 3 and Site 4 each and 11 species in Site 5. In the dominant species, the shrub layer was *Lespedeza maritima*(Site 1, 2), *Quercus serrata*(Site 3), *Quercus serrata* and *Lespedeza bicolor*(Site 4) and *Styrax japonicus*(Site 5), the herb layer was *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Site 1, 3), *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and *Carex humilis* var. *nana*(Site 2), *Quercus serrata*(Site 4) and *Carex humilis* var. *nana* and *Styrax japonicus*(Site 5). The

* 본 연구는 2013년, 2015년, 2017년 경주국립공원 자원모니터링의 결과를 수정·보완한 것임.

First author : You, Ju-Han, Department of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju,
Tel : +82-54-770-2230, E-mail : youjh@dongguk.ac.kr

Corresponding author : Kwon, Soon-Young, Department of Park Conservation, Korea National Park Service,
Tel : +82-33-769-9474, E-mail : rtdjjang@knps.or.kr

Received : 1 July, 2019. **Revised** : 22 August, 2019. **Accepted** : 21 August, 2019.

number of vascular plants was summarized as 91 taxa including 35 families, 69 genera, 78 species, 2 subspecies, 10 varieties and 1 form.

Key Words : *Dominant Species, Ecological Restoration, Landscape Planting, Succession Process*

I. 서 론

한국의 국립공원은 1967년 지리산국립공원을 제 1호로 하여 2013년 무등산국립공원, 2016년 태백산국립공원이 지정되어 총 22개소가 있으며 (Kim et al., 2013; Lee et al., 2018), 전체 면적은 3,972.589km²로 국토의 약 3.96% 밖에 되지 않지만 국가생물종 45,295종의 약 45%에 해당되는 20,568종이 보고되었고 이 중 곤충은 8,932종 (43.4%). 관속식물 3,833종(18.6%), 균류 1,681종 (8.2%), 어류 및 조류 각 407종(2.0%) 등 수많은 생물종이 서식, 분포하는 생물종다양성의 원천이자 보고이다(Kang and Jeong, 2017).

이러한 국립공원은 자연자원, 경관자원, 문화자원 등 다양한 자원과 기능을 가지고 있어 중요한 국가자산이지만 최근 삶의 질 향상과 여가 활동의 증가로 탐방객들이 급증하여 많은 위협에 노출되어 있다. 특히 급격한 이용증가는 토양침식, 식생파괴뿐만 아니라(Yeom, 2015) 산불 발생의 위험성도 상대적으로 높아진다. 산불은 매년 발생되며, 발생빈도와 피해규모가 증가할 뿐만 아니라 그와 비례하여 자연자원의 손실도 많아지고 있는 실정으로, 산불 원인은 80% 이상이 사람에 의한 것이고 낙뢰 등의 자연적인 원인은 거의 없다(Kim, 2014).

이렇듯 산불은 대부분 인간에 의해 발생된다고 해도 과언이 아닌데 산불 피해는 일차적으로 현존생물량의 감소와 같은 구조적 변화뿐만 아니라 이차적으로 물질순환 등 생태계 기능에 영향을 주며, 식물군집 및 토양성질을 변화시킨다(Lim et al., 2012). 또한 산불은 수목의 피해뿐만 아니라 야생생물의 보호, 대기정화, 산림휴양 등과 같은 공익적 기능도 감소시킨다(Jung et

al., 2014). 따라서 산불은 산림생태계의 종조성과 기능에 부정적 영향을 주기 때문에 산불 방지는 매우 중요하며, 산불 발생지역의 생태적 재생과 회복을 위한 노력도 반드시 필요하다. 이에 산불 이후 식생의 재생은 식생복원을 위한 우선순위 결정에 중요한 정보를 제공하므로 식생 재생 연구는 중요하며(Lee et al., 2012), 특히 산불지역의 복원은 식물생태학적 지식을 기반으로 한 복원방안의 수립과 기존 식생에 대한 고려가 요구된다(Kim and Lee, 2007).

산불과 관련된 생태학적 연구를 살펴보면, 식생에 대한 영향은 대구 팔공산(Sim and Kim, 1998)과 삼마산(Kim et al., 1999), 경남 하동군(Oh et al., 2001), 식생구조의 변화와 천이 발생은 지리산국립공원 제석봉(Chung et al., 1999)과 삼신봉(Lee et al., 2000), 동해안 산불피해지(Lee et al., 2004), 영일 사망사업지(Cho, 2005), 삼척 산불피해지(Song et al., 2017) 등과 더불어, 산불피해에 대한 식생복원(Jeon and Sung, 2003; Kim and Lee, 2007)도 진행되어 왔다. 모든 연구의 경우 산불발생 규모와 지역은 다르지만 종조성, 식생구조, 종다양성 등 대부분 생태학적 속성정보를 활용하였고 천이과정과 회복을 언급한 바, 자연적인 천이에 의한 회복이 중요한 의미를 가진다.

본 연구가 진행된 경주국립공원은 1968년 12월 31일 토함산지구, 남산지구, 대본지구가 지정되었으며, 1971년 11월 17일 서악지구, 화랑지구, 소금강지구, 단석산지구, 1974년 12월 26일 구미산지구가 추가 지정되어 총 8개 지구로 구성되어 있다. 특히 경주국립공원은 다양한 역사문화자원이 분포하여 연중 탐방객들이 많이 찾고 있어 이용압력 또한 높고 그에 따른 산불

Table 1. The environmental characteristics of surveyed sites

| Site | Size | Topography | Altitude | Gradient | Direction | Origin vegetation ² |
|------|--------------------|------------|----------|----------|-----------|--|
| 1 | 100 m ² | Slope | 186m | 15° | S30E | <i>Pinus densiflora-Pinus rigida</i> community |
| 2 | | | 167m | 18° | S30E | |
| 3 | | | 108m | 10° | S70E | |
| 4 | | | 144m | 20° | S30E | |
| 5 | | | 103m | 5° | W | <i>Pinus densiflora-Quercus variabilis</i> community |

²Korea National Park Research Institute(2008)

발생의 위협에 노출되어 있으며, 연구대상지인 소금강지구를 포함하여 남산지구, 대본지구에서 산불이 2014년, 2015년, 2017년에 지속적으로 발생하였다(Korea National Park Service, 2019).

그러나 산불 관련 연구의 경우 남산지구(Lim, 2000; Choi, 2002), 서약지구(You, 2014)에서 관리 및 복원방안에 대해 개략적인 것만을 언급하였으며, 본 연구지역인 소금강지구는 대규모 산불이 발생하였음에도 불구하고 관련 연구가 수행된 바 없다. 특히 경주국립공원은 다른 국립공원과 달리 사적형 국립공원이며, 주로 숲속에 다양한 문화재가 산재해 있어 산불 발생 시 생태적, 문화적, 경관적으로 악영향이 발생될 수 있다. 따라서 본 연구는 경주국립공원 소금강지구의 산불피해지에 대한 층위별 식생의 식피율, 종수, 우점종 및 관속식물상을 시계열적으로 파악하여 향후 자연복원이 정상적으로 이루어지는데 필요한 기초 자료 제공에 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

경상북도 경주시 동천동, 북군동 일대에 위치한 소금강지구는 면적이 5.387km²로, 경주시의 도시숲 기능을 하는 지역이며, 법정 탐방로는 3개소, 연장거리는 3.3km이다. 본 지역은 인구밀집지역과 인접해 있어 이용빈도에 따른 간섭과 교란이 심하여 탐방로의 훼손이 많고 주요 식생은 곱솔림, 소나무림 등 이차림으로 구성되어 있어

(Mun and You, 2013) 국립공원의 주요 특징인 생물다양성이 높고 수려한 경관을 가진 지역과는 차이가 나지만 굴불사지 석불상(보물 제121호), 탈해왕릉(사적 제174호), 경주 동천동 마애삼존불좌상(경상북도유형문화재 제194호), 경주 표암(경상북도기념물 제54호), 백률사 대웅전(경상북도문화재자료 제4호)과 함께 비지정 문화재인 동천동 선각마애불입상, 백률사 선각마애탑, 도량사지 마애불, 동천동 고분군이 있어 역사문화적 가치가 있는 지역이다.

또한 본 지역은 2009년 4월 10일 실화에 의해 발생한 산불로 약 40.5ha가 훼손되었으며(Lee et al., 2016), 산불훼손 지역은 2010년에 일부 곱솔, 단풍나무로 인공조림을 시행하였고 일부는 천이유도를 위한 자연복원지로 관리되고 있다. 산불피해지에서 조림의 경우 빠른 식생발달에 영향을 주지만 종다양성 감소, 극상림 도달의 방해와 같은 부정적 영향이 있으며, 산불에 의한 피해목 제거는 토양이나 임상에 2차 교란을 유발한다(Lee and Choung, 1999). 따라서 자연복원지는 산불 발생 후 인위적인 영향을 전혀 주지 않고 자연 스스로 회복되도록 하기 위한 지역이다. 조사구의 지형, 해발고도, 경사도, 방위는 Table 1과 같다. 지형은 모두 사면이며, 이 중 조사구 4의 경사도가 20°로 가장 급한 반면, 조사구 5가 가장 완만하였다. 해발고도는 103~186m로, 전체적으로 해발고도는 비교적 높지 않으며, 방위는 조사구 5는 서향, 나머지는 남동향에 위치해 있다. 원식생에 있어 조사구 1~4는 소나무-리기다소나무군락,

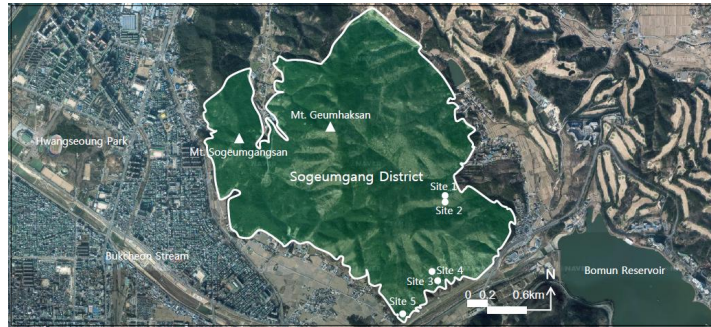


Figure 1. The map of survey sites in this study
(Source: <https://map.naver.com/>)

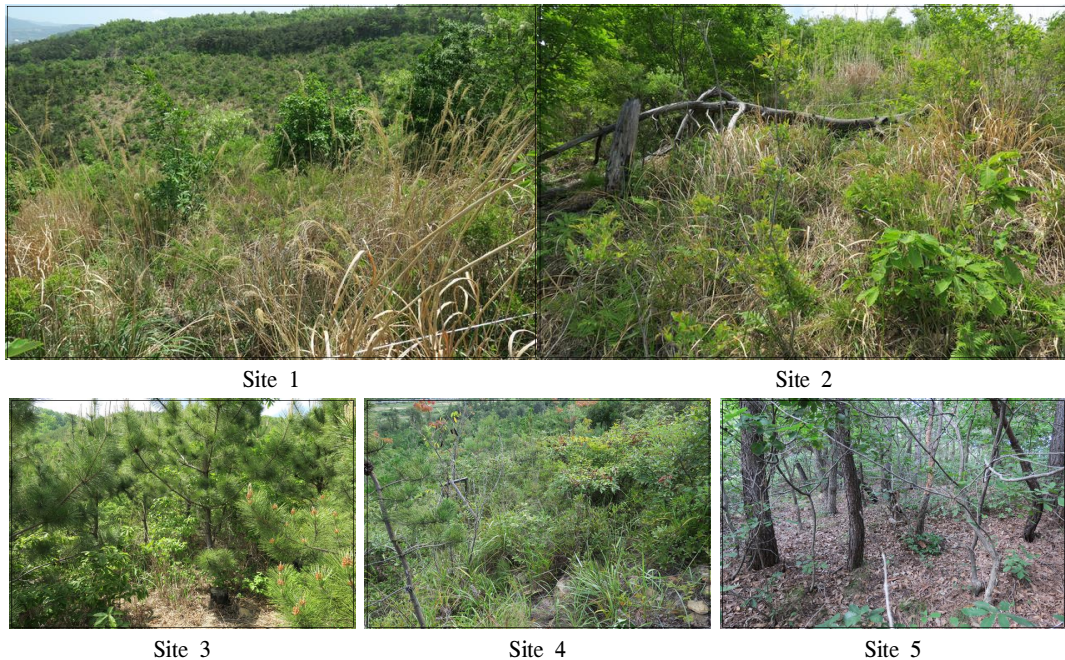


Figure 2. The landscapes by survey sites in this study

조사구 5는 소나무-굴참나무군락이다(Korea National Park Research Institute, 2008). 조사구는 자연복원지 2개소(Site 1, 2), 조림지 2개소(Site 3, 4), 대조구 1개소(Site 5) 등 총 5개소로(Figure 1), 크기는 10m×10m이고 조사구의 세부 경관은 Figure 2와 같다.

2. 조사 및 분석방법

현장조사는 2013년 5월 21일~22일, 8월 28일~29일, 10월 13일, 10월 22일에 1차 조사를,

2차 조사는 2015년 5월 22일, 6월 15일, 8월 13일, 8월 29일, 10월 12일, 10월 22일, 3차 조사는 2017년 5월 18일, 8월 31일, 10월 30일 등 3년간 춘계, 하계, 추계에 15회 실시하였으며, 이는 국립공원공단 경주사무소의 자원모니터링 매뉴얼(내부문건)에 따랐다. 또한 산불 직후 2010년 10월에 1회 조사가 실시되었으나 조사결과가 개략적이며, 조사방법도 상기 실시된 모니터링 방법과 동일하지 않아 본 연구에서는 활용하지 않았다.

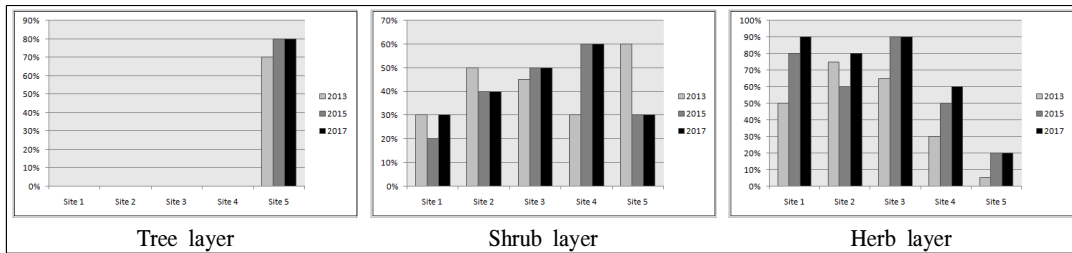


Figure 3. The change of coverage ratio according to the year in survey sites

조사구의 환경정보는 위치좌표, 해발고도, 지형, 경사도, 방위를 측정하였으며, 위치좌표, 해발고도 및 방위는 GPS장비(GARMIN, GPSmap 60CS, USA)를, 경사도는 경사계(Suunto, PM-5/360PC, Finland)를 사용하였다. 식생조사는 조사구 내에서 교목층(10~15m), 관목층(1~4m), 초본층(1m 이하)으로 구분하여 실시하였으며, 식물명, 우점도, 군도를 조사하였다. 우점도와 군도는 Braun-Blanquet(1964)의 등급을 기준으로 조사하였으며, 수고는 수고측정기(Haglöf, EC II, Sweden)와 알루미늄 함척(SB, ST-55M, Korea), 흉고직경은 직경테이프(KDS, F10-02DM, Malaysia)를 사용하였다. 식피율은 육안으로 관측 후 방안에 수관투영을 표시하여 면적 대비 퍼센트(%)로 산정하였다.

식물의 동정은 Lee(2003) 문헌에 의거하여 Melchior(1964)의 체계에 따라 정리하였고 최종 동정이 이루어진 식물의 학명과 국명은 국가표준 식물목록(Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea, 2007)에 따라 기재하였다. 또한 과내 학명은 알파벳순으로 정리한 후 연도별 목록(Appendix 1)과 조사구별 목록(Appendix 2)을 작성하였으며, 작성된 목록을 토대로 생활형(Raunkiaer, 1934), 희귀식물(Korea Forest Service and Korea National Arboretum, 2009), 한국특산식물(Chung et al., 2017), 식물구계학적 특정식물(Ministry of Environment, 2012), 귀화식물(Park, 2009), 생태계교란식물(Korea National Arboretum, 2016)을 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생

1) 식피율

연도별 조사구의 식피율 변화는 Figure 3과 같다. 조사구 1~4의 교목층은 산불에 의해 소실되어 식피율을 측정할 수 없었으며, 산불이 없었던 조사구 5는 70%→80%로 증가하였다. 관목층은 조사구 1에서 30%→20%→30%, 조사구 2는 50%→40%, 조사구 3은 45%→50%, 조사구 4는 30%→60%, 조사구 5는 60%→30%였으며, 조사구 2, 조사구 5는 감소한 반면, 조사구 3, 4는 증가하였고 조사구 1은 감소하였다가 다시 증가하였다. 초본층은 조사구 1에서 50%→80%→90%, 조사구 2는 75%→60%→80%, 조사구 3은 65%→90%, 조사구 4은 30%→50%→60%, 조사구 5는 5%→20%로 조사되어 대체적으로 증가하였다.

전체적인 변화를 보면, 조사구 5에서는 교목층의 변화가 없었던 반면, 관목층은 조사구 1에서 일시 감소 후 2013년과 동일한 수준으로 나타났으며, 조사구 2, 5는 감소, 조사구 3, 4는 증가하였다. 초본층은 조사구 2에서 일시 감소 후 증가한 반면, 나머지 조사구는 지속적으로 식피율이 증가하였다. 또한 자연복원지, 조림지 및 대조구간 비교 결과, 관목층에서 자연복원지(조사구 1, 2)는 조림지(조사구 3, 4)보다 식피율이 낮았으며, 자연복원지와 대조구는 유사한 반면, 조림지는 대조구보다 높았다. 이는 조림지에 식재된 곰솔 유묘가 성장하여 나타난 것으로 생각

된다. 초본층에서는 자연복원지, 조림지 모두 대조구보다 높았는데 대조구는 교목층이 있는 반면, 자연복원지와 조림지는 교목층이 소실되어 광조건의 차이에 의해 나타난 것으로 판단된다.

교란과 간섭에 따른 2차 천이의 발생 시 초기에 초본층과 관목층의 식피율이 증가하나 교목층이 발달하면서 초본층의 식피율은 감소하며 (You and Kim, 2016), 산불 후 초기에는 초본층의 발달이 크나 시간이 지날수록 관목층의 발달로 초본층의 식피율은 감소한다(Lee et al., 2012). 현재 본 지역은 관목층에서 증감현상이 발생되었으며, 초본층은 대체적으로 증가현상을 보여 천이가 진행 중인 것으로 생각되며, 특히 초본층에서 식피율이 증가한 것은 상기 전술한 바와 같이 교목층이 없기 때문에 광조건이 양호하여 초본층이 왕성하게 생육한 것에 기인되었다고 예상된다.

2) 종수

층위별 종수 변화는 Figure 4와 같다. 관목층은 조사구 1에서 16종→19종→11종, 조사구 2는 16종→17종→8종, 조사구 3은 14종→11종→6종, 조사구 4는 12종→10종, 조사구 5는 16종→7종으로, 조사구 1, 2는 2015년에 일시 증가 후 감소를, 조사구 3, 4, 5는 지속적으로 감소하였고 특히 조사구 5는 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 초본층은 조사구 1에서 21종→20종→22종, 조사구 2는 23종→17종→25종, 조사구 3은 17종→12종, 조사구 4는 12종→7종→12종, 조사구 5는 3종→5종→11종으로, 연도별 변화가 감지되었다. 조사구 1, 2, 4는 감소하였다가 다시 증가한 반면, 조사구 3은 감소, 조사구 5는 점차 증가하였다.

종수의 변화를 종합해보면, 관목층은 조사구 1, 2에서 일시 증가 후 감소하였고 조사구 3, 4, 5는 1차 조사 때보다 감소하였다. 이는 산불 직후 5년차까지는 초본층과 관목층이, 5년차부터 아교목층이 분화하여 15년차가 되면 아교목층,

관목층, 초본층이 형성되는데(Lee et al., 2004) 본 지역은 현재 산불 직후 약 8년이 경과하였지만 완전한 아교목층이 발달하지 않는 것은 현재 아교목층이 초기 분화되는 과정 상에 있기 때문으로 판단된다. 또한 초본층은 조사구 1, 2, 4에서 일시 감소 후 증가를, 조사구 3은 감소, 조사구 5는 점차 증가하였다. 그리고 관목층에서 자연복원지(조사구 1, 2)와 조림지(조사구 3, 4)는 종수가 감소하는 추세를 보였으며, 자연복원지의 종수가 일부 많았다. 초본층은 자연복원지와 조림지에서 감소한 반면, 대조구는 증가하였고 종수는 자연복원지가 가장 많았다.

Lee(2006)는 목발 천이 과정 상 목본성 식물은 빠른 증가 후 일정 수준을 유지하는 반면, 초본성 식물은 빠른 증가 후 감소하는 경향을 보이며, Huh et al.(2005)은 산불 직후 종수가 적었으나 시간이 지날수록 다양한 종이 출현하여 종수가 증가하고 종다양도지수도 함께 증가한다고 하였다. 상기 결과와 비교할 시 현재 천이 진행의 초기 단계인 다년생 초본이 증가하고 있다고 생각되나 향후 시간이 경과할수록 관목층이 발달하면 점차 감소할 것이다. 특히 자연복원지인 조사구 1, 2는 초본층이 일시 감소한 것에 대한 원인은 특별히 규명할 수 없었으나 점차 증가 추세에 있는 것은 천이 과정 상 다양한 초본성 식물이 이입, 발생하는 것으로 생각되는 바, 자연적인 복원이 진행되고 있다고 판단된다. 이는 동해안 산불지역에서 산불 발생 직후 초본층의 발달이 크며, 경과 년수가 지날수록 감소하고 대부분 자연복원으로 식생이 회복된다(Lee et al., 2004)고 하여 본 지역도 유사한 형태로 진행되고 있다고 예상된다.

3) 우점종

각 조사구 내 층위별 우점종의 변화는 Table 2과 같다. 교목층이 존재하는 조사구 5는 소나무(*Pinus*)가 우점하였다. 관목층은 조사구 1에서 해변싸리(*Lm*), 조사구 2는 해변싸리(*Lm*), 줄참

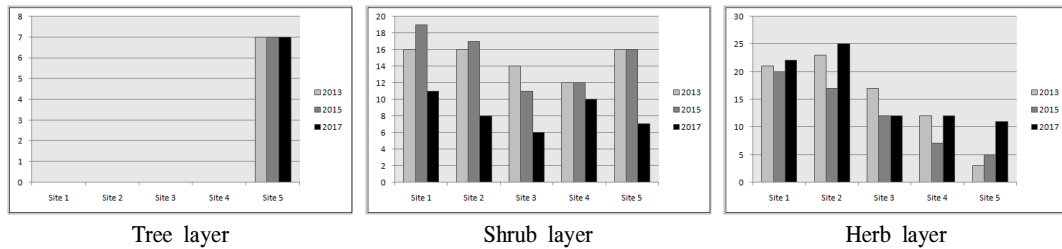


Figure 4. The change of the number of species according to the year in survey sites

Table 2. The change of dominant species according to the year in survey sites

| Year | Layer | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | Site 5 |
|------|-------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| 2013 | Tree | - | - | - | - | <i>Pd</i> (2.2) |
| | Shrub | <i>Lm</i> ^z (2.2) ^y | <i>Lm</i> (3.3), <i>Qs</i> (3.3) | <i>Qs</i> (2.2), <i>Lm</i> (2.2), <i>Pt</i> (2.2) | <i>Qs</i> (3.3) | <i>Qs</i> (3.3) |
| | Herb | <i>Ms</i> (3.3), <i>Ap</i> (3.3) | <i>Pa</i> (3.3), <i>Ch</i> (3.3) | <i>Ms</i> (3.3) | <i>Pa</i> (3.3) | <i>Ch</i> (1.1), <i>Ou</i> (1.1) |
| 2015 | Tree | - | - | - | - | <i>Pd</i> (3.3) |
| | Shrub | <i>Lm</i> (2.2) | <i>Lm</i> (4.4) | <i>Qs</i> (3.3), <i>Lm</i> (3.3) | <i>Qs</i> (3.3), <i>Lb</i> (2.2) | <i>Rs</i> (2.2) |
| | Herb | <i>Ms</i> (4.4) | <i>Pa</i> (4.4), <i>Ch</i> (3.3) | <i>Ms</i> (3.4) | <i>Ah</i> (2.2), <i>Ms</i> (2.2) | <i>Ch</i> (1.1) |
| 2017 | Tree | - | - | - | - | <i>Pd</i> (3.4) |
| | Shrub | <i>Lm</i> (3.3) | <i>Lm</i> (3.3) | <i>Qs</i> (4.3) | <i>Qs</i> (3.3), <i>Lb</i> (3.3) | <i>Sj</i> (2.2) |
| | Herb | <i>Ms</i> (4.4) | <i>Pa</i> (3.3), <i>Ch</i> (3.3) | <i>Ms</i> (2.3) | <i>Qs</i> (2.2), <i>Ch</i> (2.2) | <i>Ch</i> (1.1), <i>Sj</i> (1.1) |

^z*Ah*: *Arundinella hirta* var. *ciliata*, *Ap*: *Aster pilosus*, *Ch*: *Carex humilis* var. *nana*, *Lb*: *Lespedeza bicolor*, *Lm*: *Lespedeza maritima*, *Ms*: *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, *Pa*: *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*, *Pd*: *Pinus densiflora*, *Pt*: *Pinus thunbergii*, *Qs*: *Quercus serrata*, *Rs*: *Rhododendron schlippenbachii*, *Sj*: *Styrax japonicus*, *Ou*: *Oplismenus undulatifolius*

^yDominance and sociability

나무(*Qs*)→해변싸리(*Lm*)로, 조사구 3은 졸참나무(*Qs*), 해변싸리(*Lm*), 곰솔(*Pt*)→졸참나무(*Qs*), 해변싸리(*Lm*)→졸참나무(*Qs*), 조사구 4는 졸참나무(*Qs*)→졸참나무(*Qs*), 싸리(*Lb*), 조사구 5는 졸참나무(*Qs*)→철쭉(*Rs*)→때죽나무(*Sj*)로 변화하였다.

초본층은 조사구 1에서 억새(*Ms*), 미국쭉부쟁이(*Ap*)→억새(*Ms*), 조사구 2는 고사리(*Pa*), 가는잎그늘사초(*Ch*), 조사구 3은 억새(*Ms*)로 나타나, 시간의 흐름에 따른 변화가 없었다. 조사구 4는 고사리(*Pa*)→털새(*Ah*), 억새(*Ms*)→졸참나무(*Qs*), 가는잎그늘사초(*Ch*), 조사구 5는 가는잎그늘사초(*Ch*), 주름조개풀(*Ou*)→가는잎그늘사초(*Ch*), 때죽나무(*Sj*)로 변화하였다. 관목층의 경우 자연복원지(조사구 1, 2)는 해변싸리, 조림지

(조사구 3, 4)는 졸참나무, 싸리, 대조구는 때죽나무로 나타나, 우점종의 차이는 있었으나 전체적으로 건생식물의 출현이 많았다. 또한 초본층의 경우 자연복원지는 억새, 고사리, 가는잎그늘사초, 조림지는 억새, 졸참나무, 가는잎그늘사초로 나타나 우점종이 유사하였다. 전체적으로 산불발생지역의 관목층은 해변싸리와 졸참나무가, 초본층은 억새, 고사리, 가는잎그늘사초, 졸참나무가 우점하였다.

이는 산불 발생 후 싸리류 출현이 증가하며 (Oh et al., 2001), 향후 천이경향은 억새→참싸리→졸참나무의 순으로 진행된다는 것(Cho and Kim, 1992)과 유사하였다. 또한 졸참나무는 내화성이 강해 지하부 또는 수간으로부터 맹아에 의해 재생되어 산불 발생 후 출현한다(Sim and

Table 3. The numbers of vascular plants in whole survey sites

| Level | Family | Genus | Species | Subspecies | Variety | Form | Subtotal |
|------------------|--------|-------|---------|------------|---------|------|----------|
| Pteridophyta | 1 | 1 | - | - | 1 | - | 1 |
| Gymnospermae | 1 | 2 | 4 | - | - | - | 4 |
| Angiospermae | 33 | 66 | 74 | 2 | 9 | 1 | 86 |
| Dicotyledoneae | 28 | 50 | 57 | 2 | 4 | 1 | 64 |
| Monocotyledoneae | 5 | 16 | 17 | - | 5 | - | 22 |
| Total | 35 | 69 | 78 | 2 | 10 | 1 | 91 |

Kim, 1998)고 하여 과거 원식생으로 있었던 졸참나무 잔존개체에서 발생된 것으로 추정된다. 특히 조림지인 조사구 3, 4는 졸참나무가 우점하였는데 Song et al.(2017)은 자연천이 과정 상 조림수종은 도태되고 졸참나무, 신갈나무 등의 세력권이 확장되어 군락으로 발전한다고 하여 이들 조림지는 향후 졸참나무군락으로 변할 것으로 예상된다.

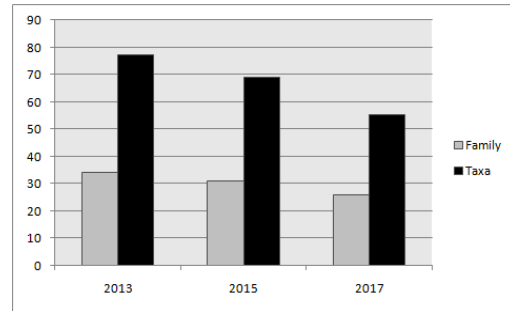
2. 관속식물상

1) 분류군 현황

전체 조사연도에 나타난 관속식물상의 현황은 35과 69속 78종 2아종 10변종 1품종 등 91분류군이며, 양치식물은 1과 1속 1변종 등 1분류군, 나자식물은 1과 2속 4종 등 4분류군, 피자식물 중 쌍자엽식물은 28과 50속 57종 2아종 4변종 1품종 등 64분류군, 단자엽식물은 5과 16속 17종 5변종 등 22분류군이다(Table 3).

연도별 관속식물의 분류군 변화는 2013년 77분류군, 2015년 69분류군, 2017년 55분류군으로 점차 감소하였다(Figure 5). 지리산국립공원 삼신봉의 산불지역은 1997년보다 1998년에 분류군이 증가하였으며(Oh et al., 2001), 동해안 삼척의 산불지역은 10년동안 교목층, 아교목층, 관목층의 다양도와 풍부도는 증가한 반면, 초본층은 감소한 것으로 나타났다(Song et al., 2017). 대체적으로 산불 발생 후부터 증가하는 것으로 나타나, 본 연구와 다소 상반된 결과를 보였다. 특히 앞서 제시한 중수 분석 결과, 관목층은 감소를, 초본층은 증가하는 것과는 상반되

어 지속적인 모니터링을 통해 분류군 변화동태를 파악할 수 있도록 해야 할 것이다.

**Figure 5.** The change of taxa according to the year in survey sites

2) 생활형

전체 관속식물의 생활형 분석 결과, 대형지상식물(MM) 17분류군, 소형지상식물(M) 8분류군, 미소지상식물(N) 19분류군, 지표식물(Ch) 3분류군, 반지중식물(H) 21분류군, 지중식물(G) 15분류군, 일년생식물(Th) 7분류군, 수생식물(HH) 1분류군으로, 반지중식물이 가장 많았고 수생식물이 가장 적었다(Table 4). 이러한 생활형은 식물의 생육환경을 파악할 수 있는 지표로서 반지중식물이 많다는 것은 토양이 건조하다는 것이다(Choi and Kim, 2017). 이는 산불로 인해 하층식생과 낙엽층의 소실로 노출된 나지가 직사광선, 바람의 영향으로 표토가 건조해지는 등 토양의 이화학적 변화가 발생된다(Ma and Jeong, 2008). 즉, 산불에 의해 과거 토양의 성질과 다른, 건조하고 척박한 토양으로 변하였기

Table 4. The life form of Raunkiaer in whole survey sites

| Type | Dormancy form | | | | | | | | Total |
|-------------|-----------------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-------|
| | MM ² | M | N | Ch | H | G | Th | HH | |
| No. of taxa | 17 | 8 | 19 | 3 | 21 | 15 | 7 | 1 | 91 |
| Ratio(%) | 18.7 | 8.8 | 20.9 | 3.3 | 23.1 | 16.5 | 7.7 | 1.1 | 100.0 |

²MM: Megaphanerophytes, M: Microphanerophytes, N: Nanophanerophytes, Ch: Chamaephytes, H: Hemicryptophytes, G: Geophytes, Th: Therophytes, HH: Hydrophytes

때문에 이러한 환경에 잘 적응할 수 있는 반지중식물이 많았다고 할 수 있다.

생활형 변화 분석 결과, 대형지상식물은 17분류군→14분류군→12분류군, 소형지상식물은 7분류군→5분류군→5분류군, 미소지상식물은 17분류군→17분류군→13분류군, 지표식물은 3분류군→3분류군→2분류군, 반지중식물은 16분류군→15분류군→15분류군, 지중식물은 10분류군→11분류군→8분류군, 일년생식물은 6분류군→3분류군→0분류군, 수생식물은 1분류군→1분류군→0분류군으로 나타났다(Figure 6).

특히 일년생식물의 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 일년생 식물은 간섭과 교란이 많은 지역에서 출현하며(You, 2018), 천이 초기에 출현하는 선구성 식물이 많다. 따라서 일년생 식물이 소멸한 것은 천이가 진행되어 종조성의 변화가 있다는 것을 의미한다. 이러한 변화는 일반적으로 2차 천이로서 일년생 초본의 출현빈도가 높다가 천이가 진행될수록 다년생 초본과 목본성 식물의 출현빈도가 높아진다는 것(Shim et al., 2015)과 유사하였다.

또한 수생식물인 진퍼리새도 소멸된 것으로 나타났는데 이는 조사구 3 주변에 소규모 산지습지가 위치해 있으며, 진퍼리새는 산지습지의 전형적인 식생종이면서 표징종으로 보고되었다(You and Kwon, 2018). 즉, 산지습지에서 진퍼리새가 일시 이입되었다가 역새 등의 건생종의 세력이 확장되어 소멸된 것으로 생각된다. 이는 산지습지의 건조화와 육상식물의 침입으로 인해 진퍼리새가 도태된다는 것(Lee et al., 2012)과 일치하여 진퍼리새는 환경 변화에 민감한 식

물이라고 판단된다.

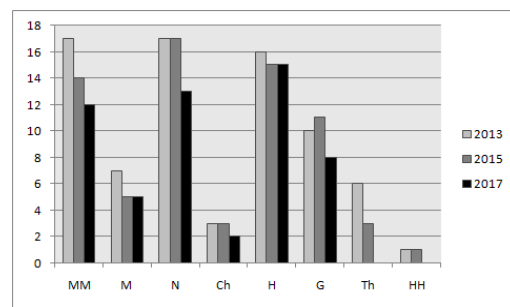


Figure 6. The change of life form according to the year in survey sites

3) 생태적 중요종

회귀식물은 가침박달 1분류군, 한국특산식물은 은사시나무, 해변싸리 2분류군, 식물구계학적 특정식물은 III등급인 가침박달, 단풍나무 2분류군이며, 단풍나무는 산불피해지의 경관복원을 위해 식재되어 생태적 의의는 없었다. 귀화식물은 미국자리공, 족제비싸리, 아까시나무, 달맞이꽃, 미국쭈부쟁이, 망초, 개망초 7분류군이며, 이 중 생태계교란식물은 미국쭈부쟁이로 나타났다(Table 5).

회귀식물인 가침박달은 2013년과 2015년 조사구 5에서 1개체가 확인되었으나 2017년 조사시 확인되지 않았는데 가침박달이 조사구와 인접한 묘지 경계에 생육하여 묘지 주변 벌초작업에 의해 훼손된 것으로 추정된다. 이는 경주국립공원 화랑지구에서도 묘지 주변의 가침박달 개체가 벌초에 의해 피해를 받았다(You et al., 2011)는 것과 동일한 현상으로 보였다. 그러나 조사구에 있는 개체만 훼손되었을 뿐 주변 가침

Table 5. The ecologically important species in survey sites

| Scientific-Korean name | A ^z | B | C | D | E | Year | | |
|--|----------------|---|---|---|---|------|------|------|
| | | | | | | 2013 | 2015 | 2017 |
| <i>Populus tomentiglandulosa</i> T.B.Lee 은사시나무 | - | ○ | - | - | - | ○ | ○ | ○ |
| <i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공 | - | - | - | ○ | - | ○ | - | - |
| <i>Exochorda serratifolia</i> S.Moore 가침박달 | ○ | - | ○ | - | - | ○ | ○ | - |
| <i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리 | - | - | - | ○ | - | ○ | - | - |
| <i>Lespedeza maritima</i> Nakai 해변싸리 | - | ○ | - | - | - | ○ | ○ | ○ |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무 | - | - | - | ○ | - | ○ | ○ | ○ |
| <i>Acer palmatum</i> Thunb. 단풍나무 | - | - | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ |
| <i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃 | - | - | - | ○ | - | ○ | ○ | - |
| <i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쭈부쟁이 | - | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초 | - | - | - | ○ | - | ○ | - | - |
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초 | - | - | - | ○ | - | ○ | ○ | - |

^zA: Rare plant, B: Korean endemic plant, C: Specific plant by floristic region, D: Naturalized plant, E: Invasive alien plant

박달은 존재하고 있어 위협에 노출된 상태는 아니었다.

귀화식물 중 2017년에 미확인된 식물은 미국 자리공, 족제비싸리, 달맞이꽃, 망초, 개망초 5 분류군이며, 공통적으로 확인된 식물은 아까시나무, 미국쭈부쟁이로 나타났다. 특히 미국쭈부쟁이는 2013년 조사구 1에서 우점하였으나 2017년에는 없었는데 천이 초기에 많이 발생하는 억새의 세력권이 확장된 결과라고 생각된다. 억새는 근경이 굵고 땅속으로 깊게 자라며, 초장이 약 2m까지 성장하여 망초, 개망초보다 신장하므로 이들과의 경쟁에서 우위를 점하여 결국 경쟁식물을 도태시킨다(Yang, 2014)고 하여 억새군락의 확장으로 미국쭈부쟁이의 생육을 억제하였다고 생각된다.

IV. 결 론

본 연구는 경주국립공원 소금강지구의 산불 피해지에 대한 식생 및 관속식물상을 조사 및 분석하여 식생복원에 필요한 기초 자료 제공을 하기 위함이다. 연구결과를 요약하면 다음과 같

다. 식피율 분석 결과, 교목층은 조사구 5가 70%→80%로 증가하였으며, 관목층은 조사구 1에서 30%→20%→30%, 조사구 2는 50%→40%, 조사구 3은 45%→50%, 조사구 4는 30%→60%, 조사구 5는 60%→30%로 나타나, 조사구 2, 조사구 5는 감소한 반면, 조사구 3, 4는 증가하였고 조사구 1은 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 초본층은 조사구 1에서 50%→80%→90%, 조사구 2는 75%→60%→80%, 조사구 3은 65%→90%, 조사구 4는 30%→50%→60%, 조사구 5는 5%→20%로 조사되어 전반적으로 증가하여 현재 목본성 식물의 발생이 많지 않아 천이 초기에 해당되는 다년생 초본과 양수성 관목의 발달 과정에 있다고 생각된다.

층위별 종수 분석 결과, 관목층은 조사구 1에서 16종→19종→11종, 조사구 2는 16종→17종→8종, 조사구 3은 14종→11종→6종, 조사구 4는 12종→10종, 조사구 5는 16종→7종으로, 초본층은 조사구 1에서 21종→20종→22종, 조사구 2는 23종→17종→25종, 조사구 3은 17종→12종, 조사구 4는 12종→7종→12종, 조사구 5는 3종→5종→11종으로 나타났다. 관목층은 조사

구 1, 2는 일시 증가 후 감소, 조사구 3, 4, 5는 계속 감소하였으며, 초본층은 조사구 1, 2, 4에서 일시 감소 후 증가, 조사구 3은 감소, 조사구 5는 증가하여 관목층은 감소, 초본층은 증가하는 경향이 많았다. 따라서 천이과정 상 관목층과 같은 목본성 식물이 일시 발생되었다가 점차 특정종에 의해 우점되는 것으로 보이며, 초본층은 산불 후 초기 천이 시 종수의 증가와 유사한 현상이라고 생각된다.

우점종 분석 결과, 유일하게 교목층이 존재하는 조사구 5에서 소나무가 우점하였으며, 변화는 없었다. 관목층은 조사구 1, 2에서 해변싸리, 조사구 3은 졸참나무, 조사구 4는 졸참나무, 싸리, 조사구 5는 때죽나무가 우점하였다. 초본층은 조사구 1에서 억새, 조사구 2는 고사리, 가는잎그늘사초, 조사구 3은 억새, 조사구 4는 졸참나무, 가는잎그늘사초, 조사구 5는 가는잎그늘사초, 때죽나무가 우점종으로, 관목층은 해변싸리와 졸참나무가, 초본층은 억새, 고사리, 가는잎그늘사초, 졸참나무가 우점종인 것으로 나타났다. 이는 산불 후 억새, 싸리류, 졸참나무의 순으로 천이가 진행되는 현상과 유사한 경향을 보여 현재 천이가 진행 중에 있다고 생각된다.

전체 조사연도의 관속식물상 현황은 35과 69속 78종 2아종 10변종 1품종 등 91분류군이며, 연도별 분류군 변화 분석 결과, 2013년은 77분류군, 2015년은 69분류군, 2017년은 55분류군으로 점차 감소하였다. 이는 산불 직후 환경변화로 인해 종수가 일시 증가하나 천이가 진행되면서 층위별 우점종 변화와 목본성 식물의 발생으로 분류군이 변한 것이라고 추정된다. 생활형의 변화 분석 결과, 대형지상식물은 17분류군→14분류군→12분류군, 소형지상식물은 7분류군→5분류군→5분류군, 미소지상식물은 17분류군→17분류군→13분류군, 지표식물은 3분류군→3분류군→2분류군, 반지중식물은 16분류군→15분류군→15분류군, 지중식물은 10분류군→11분류군→8분류군, 일년생식물은 6분류군→3분

류군→0분류군, 수생식물은 1분류군→1분류군→0분류군이며, 대체적으로 감소하였다. 특히 일년생식물은 천이과정 상 초기 선구성 식물인데 이들의 소멸은 천이과정이 진행되고 있으며, 특히 다년생 초본과 목본이 발생되어 이러한 현상이 나타난 것으로 생각된다. 또한 관속식물 중 회귀식물인 가침박달이 확인되지 않았으며, 이는 벌초작업에 의해 훼손된 것으로 추정된다. 그리고 생태계교란식물인 미국쭈부쟁이는 조사구 1에서 우점하였으나 현재 관찰되지 않은 것은 우점한 억새가 군락을 형성함으로써 생육환경이 변하여 나타난 현상이라고 볼 수 있다.

경주국립공원 소금강지구의 산불피해지는 2013년부터 2017년까지 식피율, 종수, 우점종과 같은 식생과 함께 관속식물의 분류군, 생활형 등이 변하는 것으로 분석되었으며, 이는 현재 천이가 진행 중에 있다고 볼 수 있다. 특히 산불피해지의 조기 복구를 위한 조림지도 천이과정 중이나 천이가 진행될수록 졸참나무와 같은 참나무 종류의 세력이 확장되어 조림수종은 도태하기 때문에(Song et al., 2017) 산불피해지의 생태적 변화를 장기적으로 모니터링해야 할 것이며, 조림수종 중 벗나무, 단풍나무와 같은 조경수종의 무분별한 식재는 종조성뿐만 아니라 자연경관을 이질화시킬 수 있으므로 주변에 분포하는 자생식물종에 대한 고려가 반드시 있어야 할 것으로 생각된다.

References

- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd ed. Springer: Wien-New York.
- Cho HJ. 2005. Forest vegetation structures and successional trends in Young-il soil erosion control district. Jour. Korean For. Soc. 94(6) : 453-461. (in Korean with English summary)
- Cho YH and Kim W. 1992. Secondary succession

- and species diversity of *Pinus densiflora* forest after fire. Korean J. Ecol. 15(4) : 337-344. (in Korean with English summary)
- Choi JY. 2002. A study on the management of Mt. Namsan's natural landscape in Kyongju. Bulletin of Gyeongju University 15 : 285-304. (in Korean with English summary)
- Choi YE and Kim CH. 2017. A study on the plant life forms of uninhabited islands in Buan-gun and Gochang-gun of Jeollabukdo. The Journal of Korean Island 29(4) : 245-261. (in Korean with English summary)
- Chung GY · Chang KS · Chung JM · Choi HJ · Paik WK and Hyun JO. 2017. A checklist of endemic plants on the Korean Peninsula. Korean J. Pl. Taxon. 47(3) : 264-288. (in Korean with English summary)
- Chung JM · Moon HS and Ma HS. 1999. Vegetation rehabilitation and management strategy of the fired woodland in Chesuk-bong of Mt. Chiri. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 2(1) : 58-65. (in Korean with English summary)
- Huh MK · Choi JS · Jeong YK · Huh HW and Moon SG. 2005. Vegetation recovery of burned area after forest fire form Mt. Sirubong. Journal of Life Science 15(1) : 27-32. (in Korean with English summary)
- Jeon SW and Sung HC. 2003. Comparative analysis for vegetation restoration status on fired area of Kangwon Province-using remote sensing technologies-. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 6(2) : 71-77. (in Korean with English summary)
- Jung SC · Nam SH · Seo YO · Koo KS and Lee SY. 2014. Research of climbers realization about forest fire prevention policy. Journal of Agriculture & Life Science 48(2) : 39-50. (in Korean with English summary)
- Kang SH and Jeong JC. 2017. A report of Korea National Park species list(2016). Journal of National Park Research 8(2) : 83-88. (in Korean with English summary)
- Kim DY. 2014. Spatial analysis for forest fire using GIS. The Geographical Journal of Korea 48(3) : 325-336. (in Korean with English summary)
- Kim JH and Lee SD. 2007. Development of ecological restoration model consider anaylsis on the vegetation structure of burned area. Kor. J. Env. Eco. 21(5) : 400-414. (in Korean with English summary)
- Kim JS · Jang DH and Yang HK. 2013. A characteristic conservation and application of geomorphological landscape resources in National Parks, South Korea. Journal of the Korean Geomorphological Association 20(1) : 85-96. (in Korean with English summary)
- Kim W · Park JH and Cho YH. 1999. Effects of fire on forest vegetation in Mt. Samma. Korean J. Ecol. 22(3) : 145-153. (in Korean with English summary)
- Korea Forest Service and Korea National Arboretum. 2009. Rare Plants Data Book in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon. (in Korean)
- Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea. 2007. A Synonymics List of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon. (in Korean)
- Korea National Arboretum. 2016. Invasive Alien Plants in South Korea. Korea National Arboretum, Pocheon. (in Korean)
- Korea National Park Research Institute. 2008. Investigation on the Natural Resource of the Gyeongju National Park. Korea National Park

- Research Institute, Namwon. (in Korean)
- Lee JM · Won MS · Lim JH and Lee SW. 2012. Effects of edge area and burn severity on early vegetation regeneration in damaged area. *Journal of Korean Forest Society* 101(1) : 121-129. (in Korean with English summary)
- Lee JY · Cho YJ · Jang M and Kim GS. 2018. A study on the forest vegetation structure of Taebaeksan National Park. *Journal of National Park Research* 9(1) : 48-55. (in Korean with English summary)
- Lee KJ · Kim JH and Choi SH. 2000. Plant recovery of the burnt area around Samsinbong in Chirisan National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 14(1) : 18-27. (in Korean with English summary)
- Lee KS and Choung YS. 1999. Comparison of nutrient budget on the planting revegetation site with natural revegetation site in Kosung area disturbed by fire. *Journal of East Coastal Research* 10(1) : 137-153. (in Korean with English summary)
- Lee KS. 2006. Changes of species diversity and development of vegetation structure during abandoned field succession after shifting cultivation in Korea. *J. Ecol. Field Biol.* 29(3) : 227-235. (in Korean with English summary)
- Lee KS · Choung YS · Kim SC · Shin SS · Ro CH and Park SD. 2004. Development of vegetation structure after forest fire in the east coastal region, Korea. *Korean J. Ecol.* 27(2) : 99-106. (in Korean with English summary)
- Lee SD · Kim SH and Kim JS. 2012. Analysis actual conditions of arid progress and prevention management of Hwaeom wetland in Yangsansi. *Kor. J. Env. Eco.* 26(4) : 498-511. (in Korean with English summary)
- Lee TB. 2003. *Coloured Flora of Korea*. Vol. I, II. Seoul: Hyangmunsa. (in Korean)
- Lee WS · You JH and Kwon SY. 2016. An analysis of soil physical and chemical characteristics considering on restoration methods in forest fire burned area. *Korean Journal of Nature Conservation* 10(1) : 24-31. (in Korean with English summary)
- Lim SH · Kim JS · Shin JH · Bang JY and Yang KC. 2012. Comparison of biomass by forest fire type and recovery at Samcheuk-si, Gangwon-do, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 26(4) : 528-536. (in Korean with English summary)
- Lim WH. 2000. A plan of restoring a damage district of forest fires in Namsan. *The Journal of Gyeongju Research* 9 : 171-184. (in Korean with English summary)
- Ma HS and Jeong WO. 2008. Long-term change of the amount of soil erosion in forest fire damaged area. *Jour. Korean For. Soc.* 97(4) : 363-367. (in Korean with English summary)
- Melchior H. 1964. *A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. Band II. Gebruder Borntraeger: Berlin.*
- Ministry of Environment. 2012. *A Guide to the 4th National Natural Environment Research.* Ministry of Environment, Gwacheon. (in Korean)
- Mun SJ and You JH. 2013. Naturalness assessment of trails in urban area of Gyeongju National Park-focused on Sogeumgang, Hwarang and Seoak District-. *Journal of Environmental Impact Assessment* 22(4) : 303-317. (in Korean with English summary)
- Oh KC · Kim JK · Jung WO and Min JK. 2001. The changes of forest vegetation and soil environment after forest fire. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 4(3) : 19-29. (in Korean with English summary)

- Park SH. 2009. New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea. Seoul: Ilchokak. (in Korean)
- Raunkiaer C. 1934. Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. London: Oxford University Press.
- Shim IS · Kim JB · Jung YK · Park IH · Kim MH · Shin HS and Cho KJ. 2015. Eco-floristic characters of vegetation in successional stages of abandoned paddy field. J. Korean Env. Res. Tech. 18(4) : 29-41. (in Korean with English summary)
- Sim HB and Kim W. 1998. Effects of fire on vegetation and soil nutrients in Mt. Palgong. Korean J. Ecol. 21(5-1) : 465-473. (in Korean with English summary)
- Song JH · Lim JH · Kwon JO and Yun CW. 2017. Comparison of vegetation structure change between 2003 and 2014 in forest fire damaged area of Bihwajin basin, Samcheok in Korea. J. Korean For. Soc. 10(6) : 150-168. (in Korean with English summary)
- Yang HM. 2014. Community formation composition of herbaceous perennials planted on urban stream levee slope. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 42(1) : 133-148. (in Korean with English summary)
- Yeom SJ. 2015. Basic study on damaged area types and improvement idea of the National Park. Journal of Environmental Science International 24(11) : 1405-1415. (in Korean with English summary)
- You JH and Kim MJ. 2016. Change of flora of damaged land in Juwangsan National Park for five years(2010~2014). J. Environ. Impact Assess. 25(4) : 233-247. (in Korean with English summary)
- You JH and Kwon SY. 2018. Vascular plants in the small nonregistered forest wetlands of Gyeongju National Park. Journal of Agriculture & Life Science 52(4) : 47-61. (in Korean with English summary)
- You JH. 2014. Vascular plants of Seoak District in Gyeongju National Park. J. Korean Env. Res. Tech. 17(3) : 13-33. (in Korean with English summary)
- You JH. 2018. Vascular plants of construct-reserved site of ecological stream, Sohyeoncheon in Gyeongju-si. J. Korean Env. Res. Tech. 21(5) : 61-79. (in Korean with English summary)
- You JH · Mun SJ and Lee WS. 2011. Management plan and vascular plants of the Hwarang District in Gyeongju National Park. J. Korean Env. Res. Tech. 14(5) : 17-35. (in Korean with English summary)
- Korea National Park Service, 2019.6.13. <http://www.knps.or.kr/public/main/contents.do?menuNo=7030063>
- Naver, 2019.3.12. <https://map.naver.com/>

Appendix 1. The list of vascular plants by years in this study

| Family name | Scientific-Korean name | Year | | |
|-----------------|--|--|------|------|
| | | 2013 | 2015 | 2017 |
| Demnstaediaceae | <i>Peridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Und. ex Heller. 고사리 G ² | ○ | ○ | ○ |
| Pinaceae | <i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière 일본잎갈나무 MM | ○ | ○ | - |
| | <i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Pinus rigida</i> Mill. 리기다소나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Pinus thunbergii</i> Parl. 곰솔 MM | ○ | ○ | ○ |
| Salicaceae | <i>Populus tomentiglandulosa</i> T.B.Lee 은사시나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Salix koreensis</i> Andersson 버드나무 MM | ○ | - | - |
| Fagaceae | <i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc. 밤나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Quercus aliena</i> Blume. 갈참나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Quercus serrata</i> Thunb. 졸참나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Quercus variabilis</i> Blume. 굴참나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| Moraceae | <i>Morus alba</i> L. 뽕나무 MM | ○ | - | - |
| Phytolaccaceae | <i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공 G | ○ | - | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene firma</i> Siebold & Zucc. 장구채 H | ○ | ○ | - |
| Lauraceae | <i>Lindera glauca</i> (Siebold & Zucc.) Blume 감태나무 N | ○ | ○ | ○ |
| Menispermaceae | <i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC. 덩굴이덩굴 N | ○ | ○ | ○ |
| Rosaceae | <i>Exochorda serratifolia</i> S.Moore 가칠박달 N | ○ | ○ | - |
| | <i>Potentilla freyniana</i> Bornm. 세잎양지꽃 Ch | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne. 윤소리나무 M | ○ | ○ | - |
| | <i>Prunus japonica</i> var. <i>nakaii</i> (H.Lev.) Rehder 이스라지 N | - | ○ | - |
| | <i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (Makino) Nakai 잔털벚나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Maxim.) E.H.Wilson 빛나무 MM | ○ | - | - |
| | <i>Rosa wichuraiana</i> Crép. ex Franch. & Sav. 돌가시나무 N | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기 N | ○ | ○ | - |
| | <i>Sanguisorba officinalis</i> L. 오이풀 G | ○ | ○ | ○ |
| | | <i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 자귀나무 M | ○ | - |
| Leguminosae | <i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리 N | ○ | - | - |
| | <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl. 매듭풀 Th | ○ | - | - |
| | <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리 N | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Lespedeza maritima</i> Nakai 해변싸리 N | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Maackia amurensis</i> Rupr. 다릅나무 MM | ○ | ○ | - |
| | <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi 췌 N | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | | <i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc. 산초나무 N | ○ | ○ |
| Anacardiaceae | <i>Rhus javanica</i> L. 불나무 M | ○ | ○ | ○ |
| Aceraceae | <i>Acer palmatum</i> Thunb. 단풍나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무 M | ○ | - | - |
| Celastraceae | <i>Celastrus flagellaris</i> Rupr. 풀지나무 N | ○ | - | - |
| | <i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. 노박덩굴 M | - | - | ○ |
| Vitaceae | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴 N | ○ | ○ | ○ |
| Violaceae | <i>Viola mandshurica</i> W.Becker 제비꽃 H | ○ | ○ | - |
| Onagraceae | <i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃 Th | ○ | ○ | - |
| Haloragaceae | <i>Halorraxis micrantha</i> (Thunb.) R.Br. ex Siebold & Zucc. 개미탑 Ch | ○ | ○ | ○ |
| Ericaceae | <i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz. 진달래 N | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉 M | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> (H.Lév.) Sugim. 산철쭉 N | ○ | ○ | ○ |
| Primulaceae | <i>Lysimachia clethroides</i> Duby 큰가치수염 G | ○ | ○ | ○ |
| Styracaceae | <i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc. 매죽나무 M | ○ | ○ | ○ |
| Oleaceae | <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무 MM | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume 쇠물푸레나무 M | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무 N | ○ | ○ | ○ |
| Asclepiadaceae | <i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino 박주가리 G | ○ | - | - |
| Labiatae | <i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudó 산박하 G | ○ | ○ | ○ |
| Caprifoliaceae | <i>Lonicera japonica</i> Thunb. 인동 N | ○ | ○ | ○ |
| Valerianaceae | <i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss. 독갈 H | ○ | ○ | - |
| Campanulaceae | <i>Adenophora stricta</i> Miq. 당잔대 G | ○ | ○ | - |
| | <i>Platycodon grandiflorum</i> (Jacq.) A.DC. 도라지 G | - | ○ | ○ |
| Compositae | <i>Artemisia japonica</i> Thunb. 제비쭉 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Artemisia princeps</i> Pamp. 쭉 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Aster meyerendorfi</i> (Regel & Maack) Voss 개쭉부쟁이 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쭉부쟁이 Ch | ○ | ○ | - |
| | <i>Coryza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초 Th | ○ | - | - |

Appendix 1. Continued

| Family name | Scientific-Korean name | Year | | |
|---------------|--|------|------|------|
| | | 2013 | 2015 | 2017 |
| Compositae | <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초 Th | ○ | ○ | - |
| | <i>Eupatorium lindleyanum</i> DC. 골등골나물 G | ○ | - | ○ |
| | <i>Eupatorium makinoides</i> var. <i>oppositifolium</i> (Koidz.) Kawahara & Yahara 별등골나물 G | ○ | ○ | - |
| | <i>Ixeris polycephala</i> Cass. 벌썸바귀 H | ○ | - | - |
| | <i>Lactuca indica</i> L. 왕고들빼기 Th | - | ○ | - |
| | <i>Lactuca raddeana</i> Maxim. 산썸바귀 Th | ○ | - | - |
| | <i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> Kitam. ex Hara 미역취 H | ○ | ○ | ○ |
| Liliaceae | <i>Allium thunbergii</i> G.Don 산부추 G | - | - | ○ |
| | <i>Hemerocallis dumortieri</i> Morren 각시원추리 G | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Liriope platyphylla</i> F.T.Wang & T.Tang 맥문동 G | - | ○ | - |
| | <i>Smilax china</i> L. 청미래덩굴 N | ○ | ○ | ○ |
| Dioscoreaceae | <i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴 N | - | ○ | - |
| Dioscoreaceae | <i>Dioscorea quinqueloba</i> Thunb. 단풍마 G | - | ○ | - |
| Juncaceae | <i>Juncus krameri</i> Franch. & Sav. 비녀골풀 H | ○ | - | - |
| Gramineae | <i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino 조개풀 Th | ○ | - | - |
| | <i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> Koidz. 털새 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Festuca ovina</i> L. 김의털 H | - | - | ○ |
| | <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg. 락 G | - | ○ | - |
| | <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle 역새 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Molinia japonica</i> Hack. 진피리새 HH | ○ | ○ | - |
| | <i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P.Beauv. 주름조개풀 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Spodiopogon cotulifer</i> (Thunb.) Hack. 기름새 H | ○ | ○ | - |
| | <i>Spodiopogon sibiricus</i> Trin. 큰기름새 H | ○ | - | ○ |
| | <i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (Willd.) Makino 솔새 H | - | - | ○ |
| Cyperaceae | <i>Carex ciliato-marginata</i> Nakai 털대사초 H | ○ | - | ○ |
| | <i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H.Lév. & Vaniot) Ohwi 가는잎그늘사초 H | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Carex japonica</i> Thunb. 개끼벼리사초 H | - | ○ | ○ |
| | <i>Carex lanceolata</i> Boott 그늘사초 H | - | ○ | ○ |
| | <i>Carex sierosticta</i> Hance 대사초 H | - | ○ | ○ |
| Total | | 77 | 69 | 55 |

²MM: Megaphanerophytes, M: Microphanerophytes, N: Nanophanerophytes, Ch: Chamaephytes, H: Hemicryptophytes, G: Geophytes, Th: Therophytes, HH: Hydrophytes

Appendix 2. The list of vascular plants by sites in this study

| Family name | Scientific-Korean name | Site | | | | |
|------------------|--|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Dennstaedtiaceae | <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Und. ex Heller. 고사리 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| Pinaceae | <i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière. 일본잎갈나무 | ○ | - | - | - | - |
| | <i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무 | ○ | - | - | - | ○ |
| | <i>Pinus rigida</i> Mill. 리기다소나무 | ○ | ○ | - | ○ | - |
| | <i>Pinus thunbergii</i> Parl. 곰솔 | - | - | ○ | ○ | ○ |
| Salicaceae | <i>Populus tomentiglandulosa</i> T.B.Lee. 은사시나무 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Salix koreensis</i> Andersson. 버드나무 | - | - | ○ | - | - |
| Fagaceae | <i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc. 밤나무 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Quercus aliena</i> Blume. 갈참나무 | ○ | ○ | - | - | ○ |
| | <i>Quercus serrata</i> Thunb. 졸참나무 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Moraceae | <i>Quercus variabilis</i> Blume. 굴참나무 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Morus alba</i> L. 뽕나무 | ○ | - | - | - | - |
| Phytolaccaceae | <i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공 | ○ | ○ | - | - | - |
| Caryophyllaceae | <i>Silene firma</i> Siebold & Zucc. 장구채 | ○ | - | - | - | - |
| Lauraceae | <i>Lindera glauca</i> (Siebold & Zucc.) Blume. 감태나무 | - | ○ | - | - | ○ |
| Menispermaceae | <i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC. 땀방이덩굴 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Exochorda serratifolia</i> S.Moore. 가침박달 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Potentilla freyniana</i> Bomm. 세잎양지꽃 | ○ | ○ | - | ○ | - |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne. 윤노리나무 | - | - | ○ | - | - |
| | <i>Prunus japonica</i> var. <i>nakaii</i> (H.Lev.) Rehder. 이스라엘지 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (Makino) Nakai. 잔털벚나무 | ○ | - | - | - | ○ |
| | <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Maxim.) E.H.Wilson. 벚나무 | - | - | - | ○ | - |
| | <i>Rosa wichuraiana</i> Crép. ex Franch. & Sav. 돌가시나무 | ○ | ○ | - | - | ○ |
| | <i>Rubus crataegifolius</i> Bunge. 산딸기 | ○ | ○ | - | ○ | - |
| | <i>Sanguisorba officinalis</i> L. 오이풀 | - | ○ | ○ | - | - |
| Leguminosae | <i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 자귀나무 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Amorpha fruticosa</i> L. 죽제비싸리 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl. 매듭풀 | ○ | - | - | - | - |
| | <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Lespedeza maritima</i> Nakai. 해변싸리 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Maackia amurensis</i> Rupr. 다릅나무 | ○ | - | - | - | - |
| | <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi. 쑥 | ○ | ○ | - | - | - |
| | <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무 | ○ | - | ○ | ○ | ○ |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc. 산초나무 | ○ | - | ○ | - | - |
| Anacardiaceae | <i>Rhus javanica</i> L. 뽕나무 | - | ○ | ○ | - | - |
| Aceraceae | <i>Acer palmatum</i> Thunb. 단풍나무 | - | - | - | ○ | - |
| | <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무 | - | - | ○ | - | - |
| Celastraceae | <i>Celastrus flagellaris</i> Rupr. 풀지나무 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. 노박덩굴 | - | - | - | - | ○ |
| Vitaceae | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴 | - | - | - | - | ○ |
| Violaceae | <i>Viola mandshurica</i> W.Becker. 제비꽃 | ○ | ○ | - | ○ | - |
| Onagraceae | <i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃 | ○ | - | - | - | - |
| Haloragaceae | <i>Halorrhagis micrantha</i> (Thunb.) R.Br. ex Siebold & Zucc. 개미탑 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| | <i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz. 진달래 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉 | - | - | - | ○ | ○ |
| Primulaceae | <i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> (H.Lév.) Sugim. 산철쭉 | - | ○ | ○ | ○ | - |
| | <i>Lysimachia clethroides</i> Duby. 큰까치수염 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| Styracaceae | <i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc. 매죽나무 | - | ○ | ○ | - | ○ |
| Oleaceae | <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance. 물푸레나무 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume. 쇠물푸레나무 | - | - | ○ | ○ | - |
| | <i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무 | - | - | - | - | ○ |
| Asclepiadaceae | <i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino. 박주가리 | - | ○ | - | - | - |
| Labiatae | <i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudô. 산박하 | ○ | - | - | - | - |
| Caprifoliaceae | <i>Lonicera japonica</i> Thunb. 인동 | ○ | - | - | - | ○ |
| Valerianaceae | <i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss. 똑갈 | ○ | - | - | - | - |
| Campanulaceae | <i>Adenophora stricta</i> Miq. 당잔대 | ○ | ○ | - | - | - |
| | <i>Platycodon grandiflorum</i> (Jacq.) A.DC. 도라지 | - | ○ | ○ | - | - |
| Compositae | <i>Artemisia japonica</i> Thunb. 제비쑥 | ○ | - | - | - | - |
| | <i>Artemisia princeps</i> Pamp. 쑥 | ○ | ○ | - | - | - |
| | <i>Aster meyerdorfii</i> (Regel & Maack) Voss. 개쑥부쟁이 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쑥부쟁이 | ○ | ○ | - | - | - |
| | <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist. 망초 | ○ | - | - | - | - |

Appendix 2. Continued

| Family name | Scientific-Korean name | Site | | | | |
|---------------|---|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Compositae | <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초 | ○ | - | ○ | - | - |
| | <i>Eupatorium lindleyanum</i> DC. 골등골나물 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Eupatorium makinoi</i> var. <i>oppositifolium</i> (Koidz.) Kawahara & Yahara 별등골나물 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Ixeris polycephala</i> Cass. 벌썸바귀 | - | - | ○ | - | - |
| | <i>Lactuca indica</i> L. 왕고들빼기 | ○ | - | - | - | - |
| | <i>Lactuca raddeana</i> Maxim. 산썸바귀 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> Kitam. ex Hara 미역취 | ○ | ○ | - | - | - |
| Liliaceae | <i>Allium thunbergii</i> G.Don 산부추 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Hemerocallis dumortieri</i> Morren 각시원추리 | - | ○ | ○ | - | - |
| | <i>Liriope platyphylla</i> F.T.Wang & T.Tang 맥문동 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Smilax china</i> L. 청미레덩굴 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Dioscoreaceae | <i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴 | - | - | - | - | ○ |
| Dioscoreaceae | <i>Dioscorea quinqueloba</i> Thunb. 단풍마 | ○ | - | - | - | - |
| Juncaceae | <i>Juncus krameri</i> Franch. & Sav. 비너골풀 | - | ○ | ○ | - | - |
| Gramineae | <i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino 조개풀 | - | - | ○ | - | - |
| | <i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> Koidz. 털새 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| | <i>Festuca ovina</i> L. 김의털 | - | - | - | - | ○ |
| | <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg. 띠 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle 억새 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Molinia japonica</i> Hack. 진퍼리새 | - | - | ○ | - | - |
| | <i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P.Beauv. 주름조개풀 | ○ | ○ | - | - | ○ |
| | <i>Spodiopogon cotulifer</i> (Thunb.) Hack. 기름새 | - | - | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Spodiopogon sibiricus</i> Trin. 큰기름새 | - | ○ | - | ○ | - |
| | <i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (Willd.) Makino 솔새 | - | - | - | ○ | - |
| Cyperaceae | <i>Carex ciliato-marginata</i> Nakai 털대사초 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H.Lév. & Vaniot) Ohwi 가는잎그늘사초 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Carex japonica</i> Thunb. 개쩌버리사초 | - | ○ | - | - | - |
| | <i>Carex lanceolata</i> Boott 그늘사초 | ○ | ○ | - | ○ | - |
| | <i>Carex sierosticta</i> Hance 대사초 | - | ○ | - | - | - |