

기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반 구축 연구

주관연구기관	국립산림과학원 난대산림연구소
연구책임자	김찬수
발행년월	2010-12
주관부처	환경부
사업관리기관	녹색환경지원센터연합회
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201300030380
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 09:37:06

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반 구축 연구

김 찬 수

2010. 12.



환경부지정
제주지역환경기술개발센터

제 출 문

제주지역환경기술개발센터장 귀하

본 보고서를 “기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의
영향평가 및 모니터링 체계 기반구축 연구”에 관한 1차
년도 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 국립산림과학원 난대산림연구소 직인

연구책임자 : 김 찬 수 (인)(난대산림연구소)

연 구 원 : 고정균, 김진, 김대신, 문명옥, 송국만,
현화자, 김지은, 임현아

공동연구기관명 :

요 약 문

I. 제목

기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반구축 연구

II. 연구의 목적 및 필요성

산림 식생대 이동예측과 고산지 식생 등 취약 생태계 영향 평가 및 모니터링 등 기후변화에 따른 산림생태계 변화예측 및 적응전략수립과 취약산림생태계 및 희귀멸종위기 산림유전자원 보전, 특수한 생육지를 요구하는 종 및 군집의 집약관리 등 생물다양성 및 생태계 보호 등에 대한 대책 수립하는데 본 연구의 목적이 있다. 미국은 24개 장기생태 연구지소를 설치하여 미국 전역의 다양한 생태계를 포함하여 연구 중이며, 중국은 중국과학원에 Yunnan Province에 Xishuangbanna Biogeocoenosis Research station을 설립하여 각 종 생태계의 장기생태연구를 시작하고 있고, 일본은 삼림종합연구소에서 교토의정서 흡수원으로서의 산림기능평가에 관한 연구, 지구온난화와 산림, 임업, 임산업에 미치는 영향의 예측 및 평가, 지구온난화와 생물권에의 영향, 적응, 취약성 평가, 지구온난화가 온대 식생대에 미치는 영향, 아열대, 난대, 온대산림의 기후변화 민감성 평가 등의 연구를 수행 하는 등 기후변화에 대응한 국제적인 연구가 수행되고 있다.

III. 연구의 내용 및 범위

산림 식생대의 이동예측과 고산지역 식생 등 취약 생태계 영향 평가 및 모니터링 등 기후변화에 따른 산림생태계 변화예측 및 적응전략수립과 함께 취약산림생태계 및 희귀멸종위기 산림유전자원 보전, 특수한 생육지를 요구하는 종 및 군집의 집약관리 등 생물다양성 및 생태계 보호 등 기후변화에 따른 산림생태계 변화를 예측하고 이에 대한 적응전략 및 대응대책을 수립. 장기적인 모니터링을 위한 산림식생대별 장기생태모니터링을 위한 조사구 설치, 구상나무림 및 소나무림의 식생변화 연구, 꽃자왈 함몰구 및 상록활엽수림의 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 식생 및 식물상 등 기초 연구, 주요 식물 지표종의 계절학적 변화 연구, 기후변화에 취약한 식물 종의 개체군 변화 모니터링 및 보존대책 수립연구 등을 수행하였다

IV. 연구결과

한라산 지역에 설치된 구상나무림 방형구는 한라산 성판악등산로 진달래밭대피소 인근 해발 1,539~1,551m에 위치하고 있으며, 대부분 평지 지역으로서 최고 15°의 비교적 완만한 경

사도 분포를 보이고 있다. 소방형구의 암석노출비율은 다양하였으나 10~45% 정도로 대부분 토양층이 매우 빈약한 암석지였다. 한라산 구상나무림의 수목 공간분포는 대부분 방형구에서 구상나무가 고르게 분포하고 있지만, 구상나무의 이외의 다른 수종이 분포하거나 수목이 분포하지 않는 조사구도 나타났다. 이들 지역은 구상나무림의 주연부 지역으로서 구상나무림의 성장 및 쇠퇴 연구를 위한 적절한 연구가 이루어질 수 있을 것으로 판단된다. 구상나무림의 상층부는 대부분 구상나무로 구성되어 있으며, 구상나무 이외의 수종은 하위층에 분포하고 있어 비교적 순림의 형태로 층위 구성이 이루어져 있으며, 모든 지역에서 고른 구상나무 분포를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 구상나무는 흉고직경 약 6cm 이상 개체에서 균일한 분포를 보이고 있지만 6cm 이하에서는 주목, 구상나무, 산개벚치나무 등의 구상나무 이외의 수종이 많은 분포를 보이고 있다. 구상나무는 어린 개체부터 성숙 개체까지 다양한 분포를 보이고 있어 비교적 안정된 구상나무림으로 일정기간 지속될 것으로 판단된다. 교목층 우점종의 중요도를 분석한 결과, 구상나무가 184.53로 제일 높았으며, 산개벚치나무가 32.67, 마가목 25.40의 순으로 나타났다. 관목층은 구상나무가 175.74로 제일 높았으며, 주목 36.39, 산개벚치나무 27.76, 마가목 20.06의 순으로 조사되어, 구상나무와 구상나무를 제외한 주요 식물과의 차이가 제일 높게 나타났다. 구상나무림의 다양도 지수는 0.464로 비교적 낮게 나타났으며, 최대종다양도는 1.204, 균재도는 0.385, 우점도는 0.615로 조사되었다.

한라산 지역에 설치된 소나무림 방형구는 한라산 어리목등산로 사제비동산 일대 해발 인근 해발 1,390~1,398m에 위치하고 있으며, 대부분 오름 정상부로 나출된 지형을 일부 포함하고 있으며, 3~5°의 비교적 완만한 경사도 분포를 보이고 있다. 소방형구의 암석노출비율은 다양하였으나 10~35% 정도로 대부분 토양층이 매우 빈약한 송이토였다. 사제비동산 조사구에서 수목층에서 조사된 종은 모두 소나무이며, 조사구의 동쪽 중앙 부분이 집중적으로 분포하고 있다. 조사지역은 언덕의 정상부에 위치하고 있으며, 중앙부는 제주조릿대가 분포하지 않는 나대지가 형성되어 있고, 참억새와 소나무 어린 개체가 매우 많이 분포하고 있었다. 조사된 소나무는 대부분 흉고직경이 5cm 미만이고 수고는 3m 미만인 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 15cm에서 25cm의 대경목인 개체가 치수 발생을 유지시키는 원인으로 판단된다.

한라산국립공원내 구상나무 분포는 해발 1,300m 이상부터 나타나고 있으며 백록담을 기준으로 동북 쪽의 성판악 지역과 서쪽의 영실 지역은 평지와 사면 지역에 분포하고 있다. 그리고 남쪽과 북쪽의 계곡 사면지역에 선상으로 분포하고 있는 특징을 보인다. 성판악 지역의 구상나무림은 해발 1,300m에서부터 백록담 정상부까지 제일 넓은 면적을 차지하고 있으며, 영실 지역은 해발 1,400m에서 1,700m까지 두 번째로 넓은 면적을 차지하고 있다. 구상나무가 분포하는 지역 중 해발고가 비교적 낮은 곳에 위치한 구상나무림은 소나무와 신갈나무, 졸참나무, 서어나무 등의 낙엽활엽수림과 접하고 있어, 구상나무림의 쇠퇴가 뚜렷하게 발생하고 있으며, 독립된 집단이거나 계곡의 능선부의 일부 지역에서는 구상나무의 치수 발생이 활발히 이루어져 집단의 크기가 발달하는 지역도 확인되고 있다.

한라산국립공원 지역 내에서 소나무의 분포역을 조사한 결과 해발 1,400m 이상의 구상나무림과 선작지왓, 사제비동산 등과 같이 관목림 또는 고산 초지대 지역과 접해 있는 소나무림

은 최근 기후변화에 의해 고지대 지역으로 확산이 뚜렷하게 관찰되고 있으며, 저지대 소나무림은 대부분 낙엽활엽수림 지역에 고립되어 분포하고 있기 때문에 낙엽활엽수의 하층 식생 발달로 인해 소나무의 중요도가 매우 낮게 나타나고 있다. 사제비동산은 구상나무림과 초지와 관목림 지역에 소나무가 확산되고 있는 대표적인 지역으로서 1967년과 2009년의 항공영상을 비교 분석한 결과 기존 소나무림의 주변부에서 새로운 개체 발생이 활발하게 나타나고 있으며, 최근 기후 변화에 의해 치수 발생이 활발히 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

최근 한라산국립공원지역에서는 참억새의 고지대로의 분포역 확산이 관찰되고 있으며, 한라산 5개 등산로에서 확인되었다. 이 중 어리목 등산로 주변에서는 해발 1,383-1,607m의 범위에서 거의 연속적인 분포로 200여 개체군 이상이 관찰되었고, 특히 1,400-1,500m 까지에 집중적으로 분포하며 최근 들어 분포역 확산이 매우 활발하게 이루어지고 있는 지역으로 판단되며, 일부 지역에서는 시로미, 산철쭉, 제주조릿대 등과 심한 경쟁 상태에 있는 것으로 판단된다

함몰구는 제주 동부의 곶자왓 지역에서 나타나는 독특한 화산지형으로 기온 및 습도 변화가 적고 연중 일정한 기온을 유지하고 있어 식생 및 식물상이 매우 독특한 지역으로 평가되고 있다. 현재까지 확인된 함몰구는 총 17개소로 제주도 동북부 지역에 집중되어 있으며, 많은 수가 세계자연유산지구인 서검은오름 일대에 산재해 있다. 현재까지 함몰구에서 확인된 관속식물은 총 45과 71속 94종으로 밝혀졌으며, 이 중에는 북방계 식물로서 제주도 미기록식물인 한들고사리 등이 확인되었다. 함몰구의 식생조사는 조천읍 선흘리에 위치한 함몰구를 선정하여 중앙의 최저점을 통과하는 100㎡의 조사구 6개와 연속된 평지에 1개소 등 총 7개의 조사구를 설치하였다. 조사구는 장경 65m 단경 55m 정도의 규모이고, 깊이 약 20m 이며 해발은 350m에 위치한다. 함몰구의 수목분포를 보면 가장자리에 구실잣밤나무, 종가시나무, 센달나무, 생달나무 등의 교목성 수목이 분포하고, 경사가 급한 사면에 식나무의 밀도가 높아지고 단풍나무 등의 낙엽활엽수 출현빈도가 높아지는 경향을 나타낸다. 이러한 수목의 분포는 미약하기는 하나 산지의 수직분포처럼 역수직분포형으로 나타나며, 중심부로 갈수록 온대 및 온대북부에 주로 분포하는, 한라산의 비교적 해발고가 높은 지역에 주로 출현하는 종의 출현 빈도가 높다. 특히, 초본식물의 경우 함몰구의 외륜과 기저부의 종분포는 확연히 다르며, 기저부로 갈수록 골고사리, 일색고사리, 섬사철란, 관중 등 온대 북부에 분포하는 식물군의 출현 빈도가 높다. 제주도의 최남단에 위치한 난대상록활엽수림 지역에 설치된 조사 방형구는 쇠섬 북사면에 설치, 조사되고 있으며, 수목의 층위 구분이 확실하게 나타나고 있는 지역으로서 상층부는 수목의 개체수가 적지만 하층부는 개체수가 많이 나타나고 있는 것으로 조사되었다. 구실잣밤나무는 비교적 흉고직경이 크고 수고는 10m에서 15m에 분포하고 있으며, 생달나무와 센달나무는 흉고직경이 20cm에서 60cm 미만이고 구실잣밤나무와 같이 상층부에 위치하고 있다. 또한 동백나무는 흉고직경이 40cm 미만이고 수고는 10m 미만에 대부분 분포하고 있다. 조사지역내 출

현 중의 총 개체수는 137개체로서 동백나무는 34개체로 제일 많았으며, 구실잣밤나무 20개체, 생달나무는 18개체의 순으로 조사되었다. 구실잣밤나무는 중요도가 67.50으로 제일 높았으며, 동백나무는 47.55, 담팔수가 40.11의 순으로 조사되었다. 쑥섬 상록활엽수림 지역의 다양도 지수는 0.937로 매우 높게 나타났으며, 최대 종다양도는 1.146, 균재도는 0.818, 우점도는 0.182로 조사되었다.

한라산에서 식물계절현상조사는 한라산의 서사면 해발 1,650m일대 구상나무림에서 실시하고자 조사지를 선정하였다. 현재 조사지 구상나무림에 대한 종조성과 식생구조를 조사 중에 있다. 종 조성 및 식생구조 조사결과에 따라 주요 계절학적 변화 대상 수종 10종을 선정하고 각 종별 특성을 조사하고자 한다. 금년도에는 계절학적 조사가 봄부터 가을까지 일관적으로 시행되어야 자료로서의 가치가 있기 때문에 금년도에는 이와 같은 기반조사에 중점을 둘 예정이다.

V. 연구결과와 활용계획

본 연구를 통해 얻어진 데이터를 통해 제주지역 기후변화 적응전략 및 대응대책수립과 기후변화에 대한 사회적 관심 유도 할 뿐만 아니라 기후 변화로 인해 초래되는 식물 생태계의 변화에 대한 심각성을 알리기 위한 홍보자료로 활용이 가능하며, 다른 지역의 기후변화에 대한 연구와의 교류를 통하여 국가적인 기후변화 예측을 위한 결과에도 활용 가능할 것임. 또한 본 연구를 통하여 얻어진 주요 성과에 대해서는 관련 학술지를 통한 대외발표가 이루어질 것이다.

목 차

<본문목차>

제1장 서 론

1.1 연구필요성 및 연구목적	1
1.2 국내·외 연구동향	2
1.3 연구의 내용 및 범위	5

제2장 추진전략 및 방법

2.1 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축	6
2.1.1 구상나무림의 군락구조	6
2.1.2 소나무림의 군락구조	6
2.1.3 구상나무, 소나무 등 기후변화 민감종 또는 관심종에 대한 분포면적 변화 조사 ..	6
2.1.4 기후변화에 따른 주요식물의 확산 및 쇠퇴 메카니즘 구명	6
2.2 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축	6
2.2.1 꽃자왈 함몰구의 식생 및 식물상 조사	6
2.2.2 상록활엽수림의 식생 및 식물상 조사	7
2.3 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체계구축	7

제3장 연구결과

3.1 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축	8
3.1.1 구상나무림	8
3.1.1.1 조사구의 입지환경	8
3.1.1.2 수목의 공간분포	9
3.1.1.3 군락의 식생구조	11
3.1.1.4 종다양성 지수	15
3.1.2 소나무림	15
3.1.2.1 조사구의 입지환경	15
3.1.2.2 수목의 공간분포	16
3.1.2.3 출현종의 구성	18

3.1.3 구상나무, 소나무 등 기후변화 민감종 또는 관심종에 대한 분포면적 조사	24
3.1.3.1 구상나무	24
3.1.3.2 소나무	27
3.1.4 기후변화에 따른 주요식물의 확산 및 쇠퇴 메카니즘 구명	35
3.1.4.1 분포역 확산종	35
3.1.4.2 분포역 쇠퇴종	38
3.2 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축	41
3.2.1 함몰구의 식생 및 식물상 조사	41
3.2.1.1 함몰구의 위치 및 특성	41
3.2.1.2 함몰구의 식물상	41
3.2.1.3 함몰구의 식생	46
3.2.2 상록활엽수림의 식생 및 식물상 조사	55
3.2.2.1 수목의 공간분포	55
3.2.2.2 출현종의 구성	56
3.2.2.3 종다양성 지수	57
3.3 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체계구축	57
3.3.1 조사지 개황	57
3.3.2 조사수종 및 연구방법	57

제4장 연구결과의 활용계획

4.1 기대성과	58
4.2 연구결과의 활용방안	58

<표목차>

표 1. 구상나무림 조사구의 입지환경
표 2. 구상나무림 조사구 내 교목층 출현종의 중요도
표 3. 구상나무림 조사구 내 관목층 출현종의 중요도
표 4. 한라산 진달래밭 지역 구상나무림의 다양도지수, 최대종다양도지수, 균재도, 우점도
표 5. 소나무림 조사구의 입지환경
표 6. 한라산 사제비동산 소나무림 조사구A 소방형구의 소나무 분포 현황
표 7. 사제비동산 조사지역 하층의 중요도 구성
표 8. 사제비동산 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도($Max. H'$), 균재도(J'), 우점도 지수($1-J'$)
표 9. 사제비동산 조사지역 교목층 중요도 구성

- 표 10 . 사제비동산 조사지역 아교목층 중요도 구성
- 표 11 . 사제비동산 조사지역 관목층 중요도 구성
- 표 12. 사제비동산 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도(Max. H'), 균재도(J'), 우점도 지수($1-J'$)
- 표 13. 한라산 구상나무림 각 아집단별 추정면적
- 표 14. 한라산 소나무림 각 아집단 별 추정면적
- 표 15. 조사구A 내 출현종의 형질 값
- 표 16. 조사구B 내 출현종의 형질 값
- 표 17. 함몰구에서 확인된 관속식물
- 표 18. 함몰구 조사지역 입지 현황
- 표 19. 함몰구 조사지역 교목층 중요도 구성
- 표 20. 함몰구 조사지역 아교목층 중요도 구성
- 표 21. 함몰구 조사지역 관목층 중요도 구성
- 표 22. 함몰구 조사지역 초본층 중요도 구성
- 표 23. 함몰구 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도(Max. H'), 균재도(J'), 우점도 지수 ($1-J'$)
- 표 24. 쇄섬 지역 주요 수종의 종 분포 현황
- 표 25. 쇄섬 지역의 다양도지수, 최대종다양도지수, 균재도, 우점도

<그림목차>

- 그림 1. 연구개발 추진체계 모식도
- 그림 2. 한라산 진달래밭 인근 구상나무림 조사구 위치
- 그림 3. 구상나무림 조사구 내의 주요 수목분포도
- 그림 4. 구상나무림 조사구 주요 우점종의 흉고와 수고 분포
- 그림 5. 구상나무림 조사구 교목층 중요도 상위 5종의 흉고 및 수고 분포
- 그림 6. 구상나무림 조사구 내 관목층 중요도 상위 5종의 흉고 및 수고 분포
- 그림 7. 구상나무림 조사구 내 주요 우점종 5종의 흉고 직경급 분포
- 그림 8. 구상나무림 조사구 주요 수종의 누적 흉고 직경 분포
- 그림 9. 한라산 사제비동산 인근 소나무림 조사구 위치
- 그림 10. 한라산 사제비동산 지역 조사구A, B 에서 출현 수목 분포
- 그림 11. 한라산 사제비동산 지역 소나무림의 흉고직경과 수고에 따른 분포
- 그림 12. 사제비동산 조사지역 교목층 수종의 흉고 및 수고 분포
- 그림 13. 사제비동산 조사지역 아교목층 수종의 흉고 및 수고 분포
- 그림 14. 사제비동산 조사지역 관목층 수종의 흉고 및 수고 분포
- 그림 15. 사제비동산 조사지역 소나무와 구상나무의 흉고 및 수고 분포
- 그림 16. 사제비동산 조사지역 소나무와 구상나무의 흉고 및 수고 분포

- 그림 17. 한라산국립공원내 구상나무림 분포
- 그림 18. 한라산국립공원내 구상나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 19. 한라산 진달래밭 일대 구상나무 분포역 변화
- 그림 20. 한라산국립공원내 소나무림의 분포역
- 그림 21. 한라산국립공원내 1100도로 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 22. 한라산국립공원내 돈내코 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 23. 한라산국립공원내 성판악 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 24. 한라산국립공원내 영실 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 25. 한라산국립공원내 천왕사 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 26. 한라산국립공원내 큰두레왓 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 27. 한라산국립공원내 탐라계곡 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호
- 그림 28. 한라산 사제비동산 지역 소나무림 분포 변화
- 그림 29. 참억새의 한라산 등산로별 분포 및 장기동태 조사구 위치
- 그림 30. 참억새 조사구 A, B의 종분포 평면도 및 사진
- 그림 31. 시로미 장기동태 조사구 위치
- 그림 32. 조사구A 내 종 분포도
- 그림 33. 조사구B 내 종 분포도
- 그림 34. 확인된 함몰구의 분포
- 그림 35. 함몰구 조사지역 방형구 위치도
- 그림 36. 함몰구 조사지역 전경
- 그림 37. 함몰구 조사지역 수목 분포 모식도
- 그림 38. 함몰구 조사지역 교목층 흉고 및 수고 분포
- 그림 39. 함몰구 조사지역 아교목층 흉고 및 수고 분포
- 그림 40. 함몰구 조사지역 관목층 흉고 및 수고 분포
- 그림 41. 쇠섬 지역 조사구 위치
- 그림 42. 쇠섬 주요 수종의 공간분포.
- 그림 43. 쇠섬 지역 주요 수종의 흉고와 수고에 따른 분포

기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반구축 연구

김 찬 수

제주지역환경기술개발센터

제 1 장 서 론

1.1 연구필요성	1
1.2 국내·외 연구 동향	2
1.3 연구의 내용 및 범위	5

제1장 서론

1.1 연구필요성

20세기 지구의 기후변화가 육상생태계에 미치는 영향으로서 IPCC는 종의 분포, 집단의 크기, 군집조성에 관한 영향을 평가한 바 있는데, 그 결과 이들 연구에서 다루고 있는 총 59종의 식물, 47종의 무척추동물, 29종의 양서파충류, 388종의 조류(birds), 10종의 포유동물 중 거의 80%가 지구 온난화와 관련하여 측정된 생물학적 매개변수 예를 들면 교미기간의 시작과 종료일, 이동형태, 동식물 분포에 있어서의 이동, 몸의 크기 변화 등에서 변화가 있음을 밝힌 바 있다. 또한 육지생태계에서 봄이 조기에 시작하고 동식물 서식범위가 극지방과 고위도로 이동하는 것도 최근의 기후온난화와 관련된 것으로 나타나고 있으며, 북반구 고위도 지역의 봄철 조기 파종, 산불과 병충해에 의한 산림의 교란체제 변경 등, 유럽의 열파 관련 사망률, 일부 지역의 전염병 매개체 변화, 북반구 중고위도 지역의 알레르기성 꽃가루 등 인간의 건강적 측면의 영향 등도 최근의 온도 상승의 영향으로 판단되고 있다. 더구나 온난화에 민감한 툰드라, 아한대 산림 및 산악지대와 강수량 감소에 민감한 지중해성 생태계와 열대 우림 등은 기후변화에 특별히 영향 받을 가능성이 높은 생태계로 판단되고, 만약 지구 평균 기온상승이 1.5~2.5℃(1980~1999년 대비)를 초과한다면 지금까지 평가된 생물 종의 대략 20~30%, 약 3.5℃를 초과할 때는 지구 전체에서 상당한 멸종(평가된 생물 종의 40~70%)이 발생할 것으로 예측되는 등 기후변화는 복귀 불가능한 영향을 일으킬 가능성이 있는 것으로 보고되고 있다.

제주지역은 독특한 지리적, 지사적 위치의 결과로서 제주도의 식물은 대륙으로부터 남하한 식물군, 중국, 제주도, 일본에 걸쳐서 대상으로 분포하는 식물군, 열대, 아열대 기원의 식물, 제주도와 타이완, 일본에서 분화한 식물군 등 다양한 요소를 반영하는 식물들로 구성되어 있으므로 면적에 비하여 많은 종이 분포하는 특징을 가지고 있다. 또한 지형·지질에 따른 수평 분포 측면에서도 매우 다양함을 보여주고 있어서 중산간 이하의 저지대는 계곡과 함몰지형, 곳자왈 등이 발달하였는데, 동부지역은 습지가 여러 장소에서 나타나지만 서부 지역은 습지가 많지 않은 특이한 형태를 보여 서로 다른 형태의 생태적 가치를 지니고 있는 지역이다. 그리고 중앙에 1,950m의 한라산이 솟아 있어서 해발 600m까지는 난대 상록활엽수림대, 해발 600~1,400m은 온대 낙엽활엽수림대, 해발 1,400~1,950m은 아한대 또는 아고산 식물대 등의 수직분포가 뚜렷하다.

1924년부터 2004년까지 81년간 제주도의 연평균 기온은 0.02℃/year 정도로 증가하여 관측기간 중 연평균기온기준 1.6℃ 상승하였으며, 그 중에서도 1980년도 이후에는 0.05℃/year로 이전보다 큰 폭으로 증가하고 있으며, 같은 기간 온도변화 추이는 지구 온난화에 따른

온도상승곡선과 그 경향이 매우한 유사한 점을 보이고 있다. 그러므로 제주도의 육상생태계도 지구온난화의 영향을 받지 않을 수 없을 것이며, 지리적 위치 즉 한반도, 중국, 일본으로 둘러싸인 동아시아의 대양 상에 위치하여 생태계의 변화도 이 지역들과 유사하게 진행될 가능성이 매우 높다. 그러므로 이와 같은 추세가 지속될 경우 대부분 정상을 중심으로 한 관목 또는 초본식물이 우점하고 있는 지역으로서 한라산 특산종, 남방한계분포지인 종, 개체수가 매우 적은 취락종들을 포함하여 고산성 식물 종들과의 생리·생태학적 연구가치가 높은 식생과 고유의 경관이 취락할 것으로 예측되고 저지대의 경우는 상록활엽수림의 확장, 새로운 종의 이입이 예상되고 있는 상황이다.

따라서 산림 식생대 이동예측과 고산지 식생 등 취락 생태계 영향 평가 및 모니터링 등 기후변화에 따른 산림생태계 변화예측 및 적응전략수립과 취락산림생태계 및 희귀멸종위기 산림유전자원 보전, 특수한 생육지를 요구하는 종 및 군집의 집약관리 등 생물다양성 및 생태계 보호 등에 대한 대책 수립을 위하여 ‘기후변화에 따른 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 기반 구축 연구’가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

1.2 국내·외 연구 동향

미국은 1980년 5개 지역의 장기생태연구지소로 출발하여 현재 24개 지소로 증가되어 미국 전역의 다양한 생태계를 포함하고 있고(<http://lternet.edu/sites/>), 각 LTER 지소에서는 그 지역의 기온, 강수량, 적설량 등 기상요인들을 정기적으로 장기간 측정하여 자료를 보유하고 있으며, LTER 지소에 서식하고 있는 식물과 동물을 분류군별로 파악하고 이들 개체군의 동태를 장기적으로 조사하고 있다. 또한 1차 생산량, 에너지 흐름, 물질순환 등 군집과 생태계 차원에서 일어나는 여러 가지 생태현상들을 그 지역의 환경변화와 결부시켜 연구가 이루어지고 있으며, 미국 전역의 LTER 연구결과를 종합하면 각 기후와 식생형에 따른 생태현상을 시간과 공간에 따라 비교할 수 있는 시스템이 갖추어져 있다.

중국은 1950년대 후반에 중국과학원의 Yunnan Province에 Xishuangbanna Biogeocoenosis Research station을 설립되면서 시작되었으며, 초기의 생태연구 이론과 방법은 구소련의 것을 답습하였는데, 주로 biogeocoenosis 이론과 방법론을 적용하여 Xiaoxing'anling의 낙엽활엽수림, Heilongjiang의 중국 전나무 조림지 (*Cunninghamia laceolata*), Sichuan의 아고산대 침엽수림, Yunnan의 열대우림 및 Hainan의 열대림에서 초기 장기생태연구를 시작하였다.

일본은 1970년대에 시작된 유네스코가 주관한 국제 생물권 연구 프로그램(IBP; International Biosphere Program) 사업이 시발점이 되어, IBP 사업이 처음 제안되었을 때 일본은 적극적인 사업 참여 의사를 표시하였으며, 각 대학과 연구소들이 주축이 되어 주요 생태계들을 선별해서 장기생태

조사 지점들을 확보하기 시작하였다. 1995년 일본의 학술심의회는 지구환경과학 연구의 추진에 관한 논의를 진행하여 그 결과 지구환경과학 관련 핵심연구기관 설립의 필요성을 제안하였으며, 이를 기초로 1995년 조사연구회가 설치되어 핵심연구기관의 연구내용, 연구방법 및 조직에 관한 검토를 실시하여 1997-1998년도에는 지구환경과학분야 연구조직에 조사연구비가 책정되었다. 그리고 비로소 2002년에는 일본에 종합지구환경과학연구소가 설립되게 되었다. 또한 일본삼림종합연구소에서 교토의정서 흡수원으로서의 산림기능평가에 관한 연구, 지구온난화와 산림, 임업, 임산업에 미치는 영향의 예측 및 평가, 지구온난화와 생물권에의 영향, 적응, 취약성 평가, 지구온난화가 온대 식생대에 미치는 영향, 아열대, 난대, 온대산림의 기후변화 민감성 평가 등의 연구를 수행 중이며, 환경청에 의해 산악지에 있는 식생대의 이동조건, 지역온난화가 국지식생에 미치는 영향, 온난화가 일으키는 현식생의 동태와 분포, 산림생태계의 취약성 평가, 자연림, 인공림 취약성 평가와 적응대책 등의 다양한 연구가 수행되었거나 수행 중에 있다.

국내의 장기생태연구는 국립산림과학원에서 몇 개소의 LTER 지소(경기도 광릉, 강원도 계방산, 전라남도 금산)를 운영하고 있으나 일반 연구자들에게 연구지소가 개방된 것은 아니며, 산림환경 보전 및 공익기능 유지 증진을 위한 기술을 개발하기 위하여 산림생물다양성 보전 및 생태계 변화 연구를 제한적으로 시행하고 있는데 연구 인력이 제한되어 있기 때문에 생태계 전반에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 2004년부터 시작된 환경부의 국가장기생태연구사업에서는 강원도에 위치하고 있는 점봉산, 서울의 남산, 중부지역에 위치한 월악산, 그리고 남부지역에 위치한 지리산을 대상으로 장기생태연구사업을 추진해왔으며, 2005년부터 산불지역의 생태 전반에 관한 연구를 추가 하여 현재는 식생동태, 1차생산 및 영양염류 순환, 식물계절 현상, 곤충, 조류, 포유류, 양서파충류, 산불지역, 농경생태계, 기타연구(고생태연구, Co2유동, 모델링분야, 기상관측 타워 운영) 등 다양한 분야에서 진행되고 있다.

기상청은 기후변화대책기본법안(국무총리실, 2008)에 의해 대기 중의 온실가스 농도 변화와 기후 변화의 감시 및 예측, 기후 및 기후 변화 경향 등에 관한 정보 및 미래 기후변화 전망 자료 제공, 기후 변화에 대한 국민 인식을 증진시키기 위한 교육과 홍보 등의 역할을 규정하고 있으며, 기후 변화 관측소를 이용해 온실가스, 자외선, 오존, 대기 복사 등의 기후 변화 감시 자료를 제공하고 있다.

최근에는 우리나라의 산림을 대상으로 기후변화의 영향을 연구한 결과로서 IS92a 시나리오의 GCMs(General Circulation Models) 결과들을 이용하여 가능한 기온 증가 범위 내에서 산림생태계의 변화를 예측한 바 있는데(Jung *et al.*, 2002), 그 결과 목본식물의 추정평균이동속도 0.25 km/년의 경우 한반도에서 산림소실지역은 발생하지 않는 것으로 예측되었으나 인위적 개입이 없는 경우 고사위험이 높은 지역은 남한 총면적의 14%, 북한 18%로 추정한 바 있다. 이 중 남한 고사위험지역의 80%는 난온대림 지역으로 주로 남해일원과 전라도 서해안에서 발생하며, 북한은 대부분 냉온대림 지역으로 주로 평안도 내륙지역과 중국접경지역, 함경남도의 영흥만 북부로

나타났다. 목본식물의 이동속도 변화에 따라 남한은 매년 0~976백만불, 북한은 0~2,492백만불 범위의 경제적 가치손실이 발생할 것으로 예측되었는데, 목본식물의 추정 평균이동속도가 0.25km/년일 경우 한반도 전체의 가치손실액은 매년 3,471백만불에 달하는 것으로 추정되었다.

아열대 기후구 변화전망에 대한 보고들도 있는데 트레와다의 기후 지역 구분 기준(최한월 평균기온이 18℃ 이하이면서 월평균기온 10℃ 이상인 달이 8~12개월)을 적용하여 아열대 기후 지역을 정의 하고 A1B 시나리오에 근거한 아열대 기후구의 변화를 전망하기 위하여 기온관측 자료와 모델 시나리오자료 분석이 수행된 바 있다(권영아 등, 2007). 트레와다의 정의를 이용하여 현재 아열대기후구와 미래 아열대기후구를 전망한 결과 현재는 제주도를 포함한 남해안 일부지역(부산, 통영, 거제, 여수, 완도, 목포)에 해당하던 것이 2100년에는 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 한 산지주변을 제외하고 대부분 아열대기후에 포함되는 것으로 추정되었다. 이 결과는 현재의 온난화가 지속된다면 제주도와 울릉도를 포함한 도서지역은 물론, 동해안으로는 속초, 서해안으로는 강화에 이르기까지 해안지역을 모두 포함하며, 서울, 인천, 수원 등 대도시 지역도 아열대기후지역에 포함될 것으로 추정되는 결과이다.

생태계 변화에 대한 연구로서 기후변화로 인한 생태계변화에 대한 시뮬레이션 연구가 수행된 바 있는데(전성우 등, 2002), 지구온난화에 의한 2100년의 산림분포는 중부지역의 난온대림이 고도가 높은 산맥의 일부를 제외하고는 북위 40도 지역까지 북상하게 되고, 남한에서 냉온대습윤림은 지리산 일원과 태백산 등 일부 산악지역에만 분포하게 되며, 남해안 지역에는 아열대기후대가 형성되는 것으로 나타났다. 또한 개마고원에 위치한 아한대강우림은 사라지고, 아한대습윤림은 규모가 많이 축소되는 것으로 예측된 바 있다.

또한, 기후변화에 따른 식생의 영향평가 분야에서는 기후변화에 따른 식생의 영향평가를 위하여 한반도 남서해안지역을 대상으로 기온자료와 위성영상자료를 이용하여 임상별 면적변화를 분석한 바 기온상승에 따른 임상변화가 급격히 일어나는 것으로 파악된 바 있다(장동호와 권원태, 2007). 1980년 이후 연구대상지역 전역에서 기온이 상승한 것으로 나타났으며, 그 중 겨울철이 상승률이 높은 것으로 분석되었는데 이러한 겨울기온의 상승은 침엽수림보다 침활혼효림 및 활엽수림의 성장 및 분포지역확대에 영향을 미쳤을 것으로 판단되었다. 다중시기 위성영상을 이용한 임상변화 분석결과 1989년에는 침엽수림이 63.5%로 가장 높은 비율을 차지 하였고, 다음으로 활엽수림 20.6%, 침활혼효림 15.9% 순이었으나 2003년에는 침엽수림의 비율이 약 14% 감소한 반면, 침활혼효림이 11% 증가하였고, 활엽수림이 3%가 증가하였음을 밝혔다.

1.3 연구의 내용 및 범위

산림식생대별 장기생태모니터링을 위한 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축을 위해 한라산 고산지역의 구상나무와 소나무 등 기후변화 민감종 또는 관심종에 대해서 현지에서 확인된 분포 현황을 바탕으로 현지 접근의 효율성을 높이기 위해 최근에 촬영된 항공영상 등의 보조수단을 활용하여 분포면적을 조사한다.

곶자왈 특이식생 등 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터를 구축하고, 기후변화 지표종의 선발 및 분포조사, 주요 지표종의 식물 계절학적 변화조사, 기후변화에 취약한 식물 종의 개체군 변화 모니터링 및 보존대책 수립 등 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체계구축을 통하여 기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반을 구축한다.

제 2 장 추진전략 및 방법

2.1 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축	6
2.2 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측 을 위한 기본 데이터 구축	6
2.3 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체 계구축	7

제2장 추진전략 및 방법

2.1 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축

2.1.1 구상나무림의 군락구조

한라산 진달래밭 지역에 설치된 100×100(m) 모니터링구를 활용하여 수목의 공간분포와 출현종의 구성, 조사지 내 종다양도, 최대 종다양도, 균재도 및 우점도 등을 조사하고 산출한다.

2.1.2 소나무림의 군락구조

사제비동산 일대(해발 1300m~1400m)에 방형구(40m× 40m) 2개소를 설치하고, 수목의 공간분포 조사, 출현종의 구성, 조사지 내 종다양도, 최대 종다양도, 균재 및 우점도 등을 조사하고 산출한다.

2.1.3 구상나무, 소나무 등 기후변화 민감종 또는 관심종에 대한 분포면적 변화 조사

해발 1000m 이상 지역에서 구상나무림과 소나무림에 대하여 분포면적을 현지 조사를 바탕으로 최근의 항공사진을 이용하여 파악하고, 활용가능한 과거의 항공영상 자료를 활용하여 같은 지역의 분포면적을 구하고 변화를 추정한다.

2.1.4 기후변화에 따른 주요식물의 확산 및 쇠퇴 메카니즘 구명

고지대로의 분포역 확산 대표 종인 억새의 분포 및 군락변동을 조사하여 확산 메카니즘을 조사하고, 고지대에서 분포역 축소 대표종인 시로미의 분포 및 군락변동을 조사하여 쇠퇴 메카니즘을 구명한다.

2.2 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축

2.2.1 꽃자왈 함몰구의 식생 및 식물상 조사

조사구를 함몰구의 크기에 따라 10×10(m)를 최소 크기로 하여 다양한 크기로 설치하여 각 방형구의 출현종 현황을 조사하고 평지 상록수림과 비교하여 특성을 분석하고, 함몰구내·외의 미기후(온도와 습도)를 측정하여 함몰구의 기상특성과 식생특성의 연관성 구명한다.

2.2.2. 상록활엽수림의 식생 및 식물상 조사

্ষ점에 설치한 40×50(m) 방형구를 활용하여 수목의 공간분포를 조사하고, 출현종의 구성, 조사지 내 종다양도, 최대 종다양도, 균재도 및 우점도 등을 조사하고 산출한다.

2.3 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체계구축

주요 지표종의 계절학적 변화조사: 주요 식물의 개엽, 개화, 결실에 대한 시기별 특성변화 조사하고, 기후변화에 취약한 주요 고산식물의 개체군 변화 모니터링 기반구축: 종에 따른 조사구를 설치하여 개체수 및 밀도의 변화를 조사하고 기후변화와의 연관성을 추정한다.

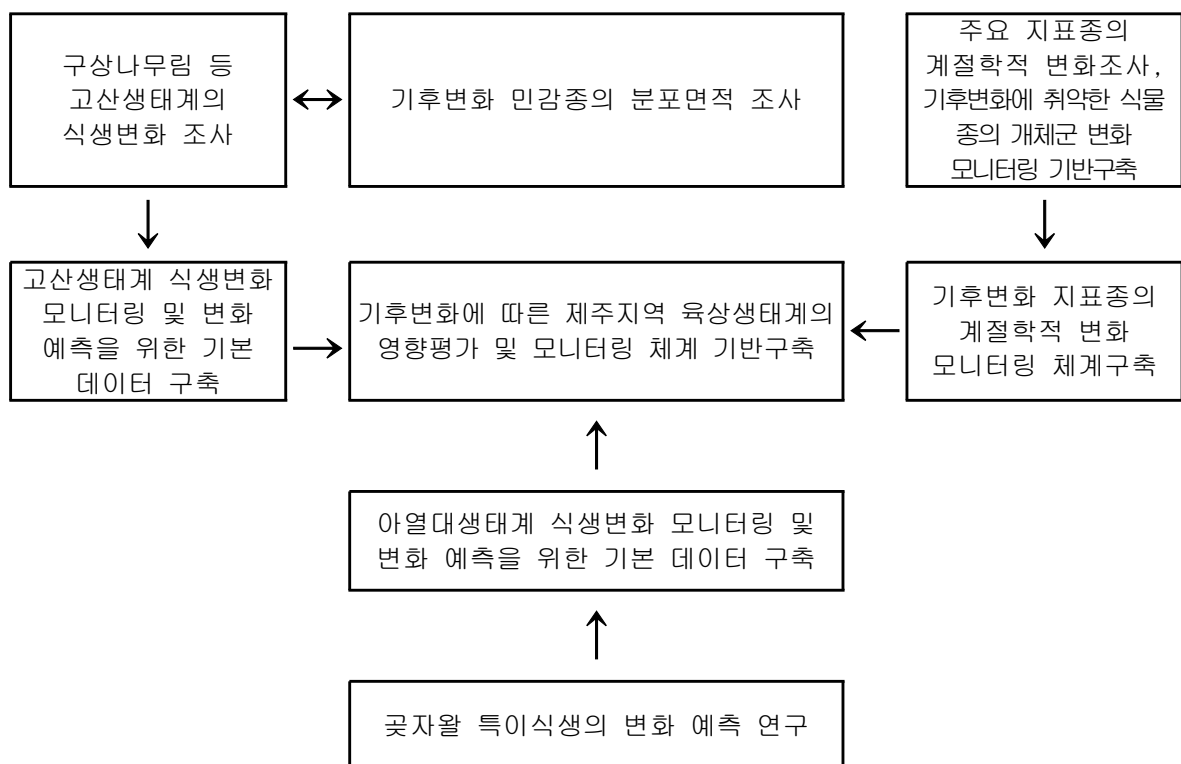


그림 1. 연구개발 추진체계 모식도

제 3 장 연구결과

3.1 연구결과	8
----------------	---

제3장 연구결과

3.1 고산생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축

3.1.1 구상나무림

3.1.1.1 조사구의 입지환경

한라산 지역에 설치된 구상나무림 방형구는 한라산 성판악등산로 진달래밭대피소 인근 해발 1539~1551m에 위치하고 있으며, 대부분 평지 지역으로서 최고 15°의 비교적 완만한 경사도 분포를 보이고 있다. 소방형구의 암석노출비율은 다양하였으나 10~45% 정도로 대부분 토양층이 매우 빈약한 암석지였다(표 1; 그림 2).

표 1. 구상나무림 조사구의 입지환경

항 목	내 용
위치 및 조사구면적	한라산 진달래밭 일대, 1ha(100m×100m)
경위도 좌표	N 33° 22′ 02.7″ E 126° 33′ 11.3″
지형	산중턱, 비교적 완만함.
해발(m)	1546 (1539~1551)
경사도(°)	3~15
방위	NE~SE
소방형구 암석노출비율(%)	10~45

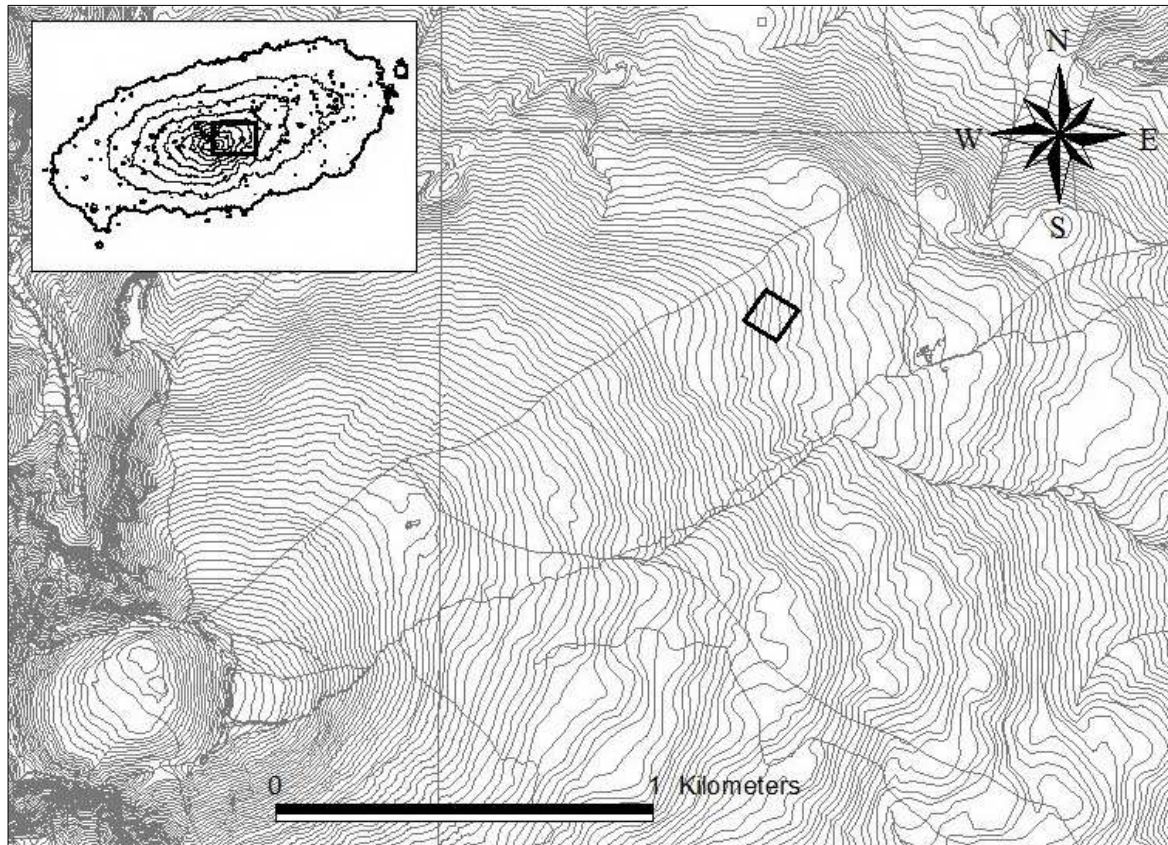


그림 2. 한라산 진달래밭 인근 구상나무림 조사구 위치

3.1.1.2 수목의 공간분포

한라산 구상나무림의 수목 공간분포는 그림 3 과 같다. 대부분 소방형구에서 구상나무가 고르게 분포하고 있지만, E1, E2, E3, E5, D1 소방형구에서는 구상나무의 이외의 다른 수종이 분포하거나 수목이 분포하지 않는 지역이 관찰된다. 이들 지역은 구상나무림의 주연부 지역으로서 구상나무림의 성장 및 쇠퇴 연구를 위한 적절한 연구가 이루어질 수 있을 것이다. 산림 지역의 상층부는 대부분 구상나무로 구성되어 있으며, 구상나무 이외의 수종은 그 밑에 층에 분포하고 있어 비교적 순림의 형태로 층위 구성이 이루어져 있으며, 모든 지역에서 고른 구상나무 분포를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 진달래밭 구상나무림에서 조사된 목본식물의 공간 분포를 그림 3에 나타냈다. 방형구의 동남쪽과 동북쪽의 일부 지역은 제주조릿대가 우점하고 있지만 드물게 목본식물이 분포하고 있다. 산림의 경계가 뚜렷하지 않고, 특정한 분포 경향을 보이는 식물은 관찰되지 않고 있다.

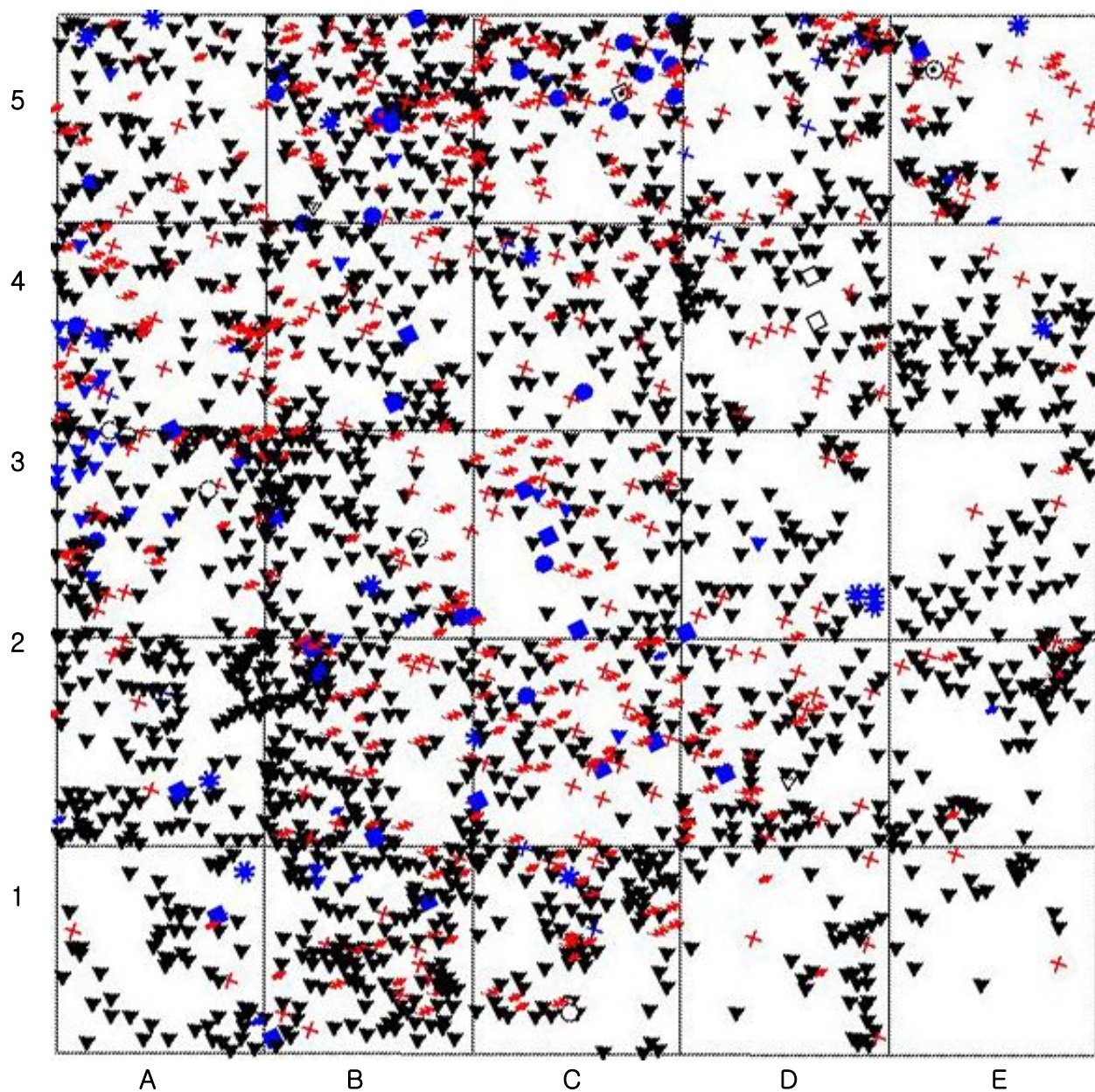


그림 3. 구상나무림 조사구 내의 주요 수목분포도

- | | |
|---|---|
| ▲ <i>Abies koreana</i> | × <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> |
| × <i>Prunus maximowiczii</i> | ● <i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i> |
| ⚡ <i>Taxus cuspidata</i> | ○ <i>Euonymus alatus</i> |
| ★ <i>Sorbus commixta</i> | □ <i>Pinus densiflora</i> |
| ▲ <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> | △ <i>Euonymus hamiltonianus</i> var. <i>hamiltonianus</i> |
| ● <i>Quercus mongolica</i> | ⊙ <i>Elaeagnus umbellata</i> |
| ■ <i>Sorbus alnifolia</i> | ⊠ <i>Magnolia sieboldii</i> |
| * <i>Malus sieboldii</i> | ▲ <i>Aralia elata</i> |

구상나무는 약 6cm 이상 개체에서 균일한 분포를 보이고 있지만 6cm 이하에서는 주목,

구상나무, 산개벚치나무 등의 구상나무 이외의 수종이 많은 분포를 보이고 있다. 구상나무는 어린 개체부터 성숙 개체까지 다양한 분포를 보이고 있어 비교적 안정된 구상나무림으로 일정 기간 지속될 것으로 판단된다(그림 4).

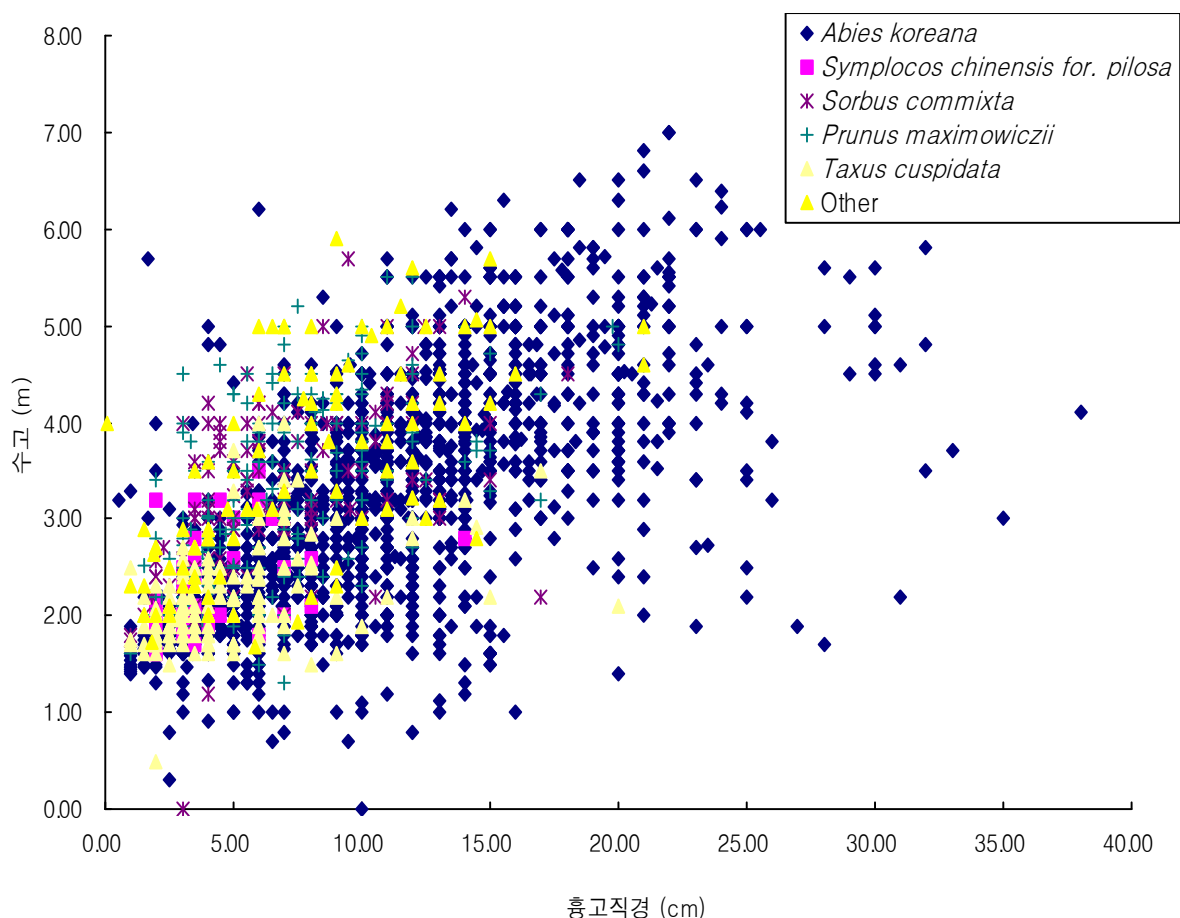


그림 4. 구상나무림 조사구 주요 우점종의 흉고와 수고 분포

3.1.1.3 군락의 식생구조

1) 교목층

교목층의 중요도는 구상나무가 184.53으로 제일 높게 나타났으며, 산개벚치나무 32.67, 마가목 25.40의 순으로 조사되었으며, 다른 지역에 비해 구상나무와 주요 수종과의 중요도 차이가 적게 나타나고 있는 것으로 조사되었다(그림 5, 표2).

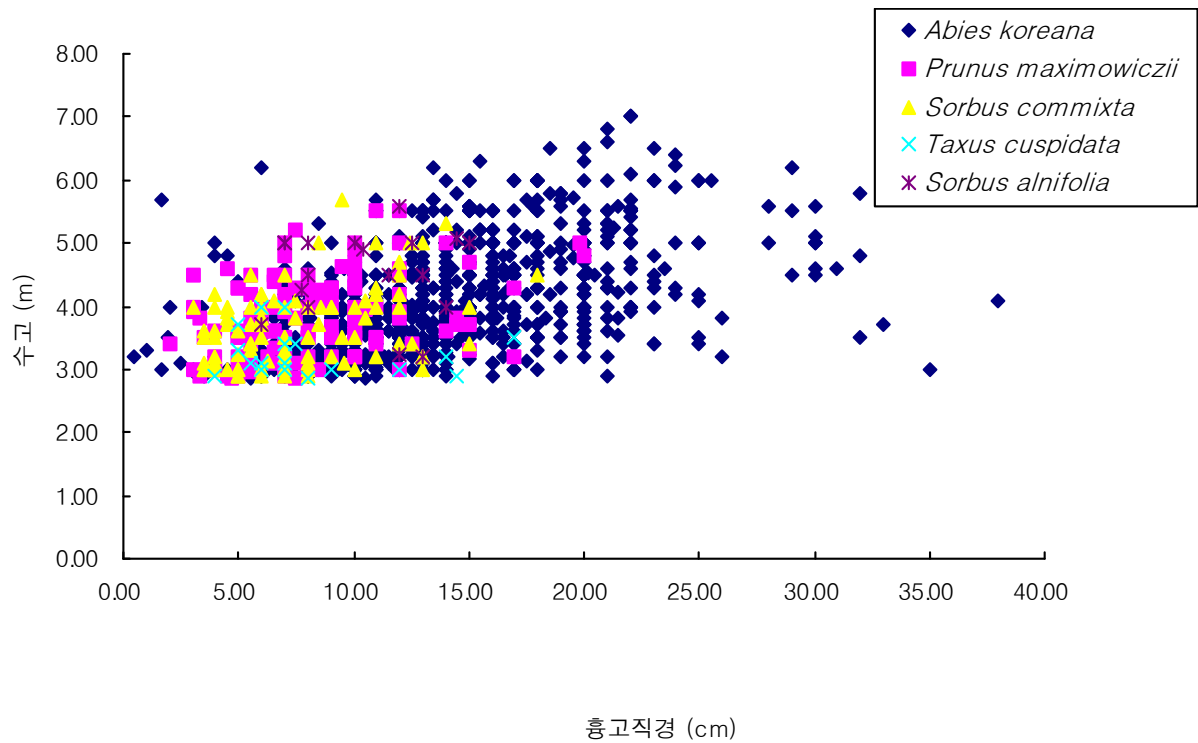


그림 5. 구상나무림 조사구 내 교목층 중요도 상위 5종의 흉고 및 수고 분포

표 2. 구상나무림 조사구 내 교목층 출현종의 중요도

학명	한국명	상대밀도	상대빈도	상대피도	중요도
<i>Abies koreana</i>	구상나무	75.58	19.84	89.11	184.53
<i>Prunus maximowiczii</i>	산개벚치나무	10.03	18.25	4.38	32.67
<i>Sorbus commixta</i>	마가목	7.47	15.08	2.86	25.40
<i>Taxus cuspidata</i>	주목	1.40	9.52	0.62	11.55
<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	1.40	8.73	0.92	11.05
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	1.71	7.94	1.36	11.01
<i>Malus sieboldii</i>	아그배나무	0.78	7.14	0.30	8.22
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	0.70	4.76	0.25	5.71
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	노린재나무	0.54	4.76	0.08	5.38
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	윤노리나무	0.23	2.38	0.06	2.67
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	0.08	0.79	0.05	0.92
<i>Euonymus alatus</i>	화살나무	0.08	0.79	0.00	0.87
계		100	100	100	300

2) 관목층

진달래밭 지역의 중요도는 구상나무가 175.74로 가장 높게 나타났으며, 주목 36.39, 산개벚치나무 27.76, 마가목 20.06의 순으로 조사되었고, 구상나무와 구상나무를 제외한 주요 식물과의 차이가 제일 높게 나타나고 있다(그림6; 표 3).

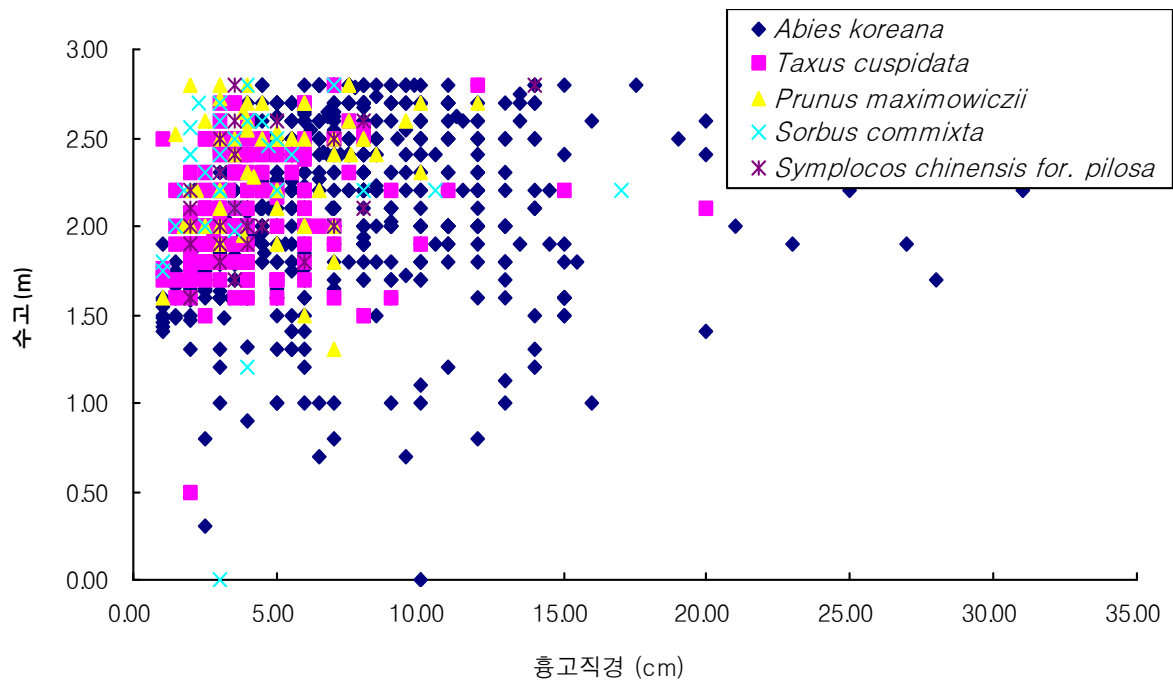


그림 6. 구상나무림 조사구 내 관목층 중요도 상위 5종의 흉고 및 수고 분포

표 3. 구상나무림 조사구 내 관목층 출현종의 중요도

학명	한국명	상대밀도	상대빈도	상대피도	중요도
<i>Abies koreana</i>	구상나무	69.79	20.66	85.29	175.74
<i>Taxus cuspidata</i>	주목	15.06	16.53	6.81	38.39
<i>Prunus maximowiczii</i>	산개벚치나무	6.06	18.18	3.52	27.76
<i>Sorbus commixta</i>	마가목	3.50	14.88	1.68	20.06
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	노린재나무	2.56	8.26	1.24	12.06
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	윤노리나무	0.66	6.61	0.26	7.54
<i>Malus sieboldii</i>	아그배나무	0.66	4.13	0.16	4.95
<i>Euonymus alatus</i>	화살나무	0.57	2.48	0.04	3.09
<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	0.28	2.48	0.18	2.94
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	0.38	1.65	0.62	2.65
<i>Aralia elata</i>	두릅나무	0.09	0.83	0.12	1.04
<i>Euonymus hamiltonianus</i> var. <i>hamiltonianus</i>	참빗살나무	0.09	0.83	0.04	0.96
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	0.09	0.83	0.03	0.95
<i>Magnolia sieboldii</i> K.Koch	함박꽃나무	0.09	0.83	0.02	0.94
<i>Elaeagnus umbellata</i>	보리수나무	0.09	0.83	0.01	0.93
계		100	100	100	300

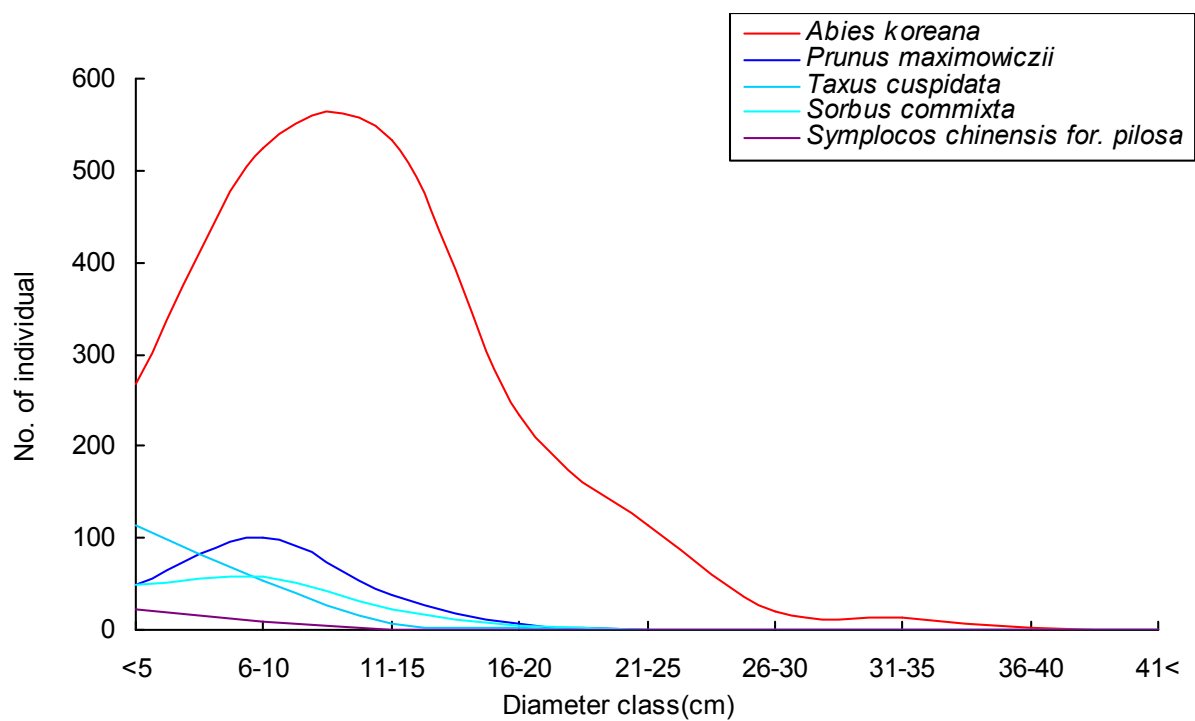


그림 7. 구상나무림 조사구 내 주요 우점종 5종의 흉고 직경급 분포

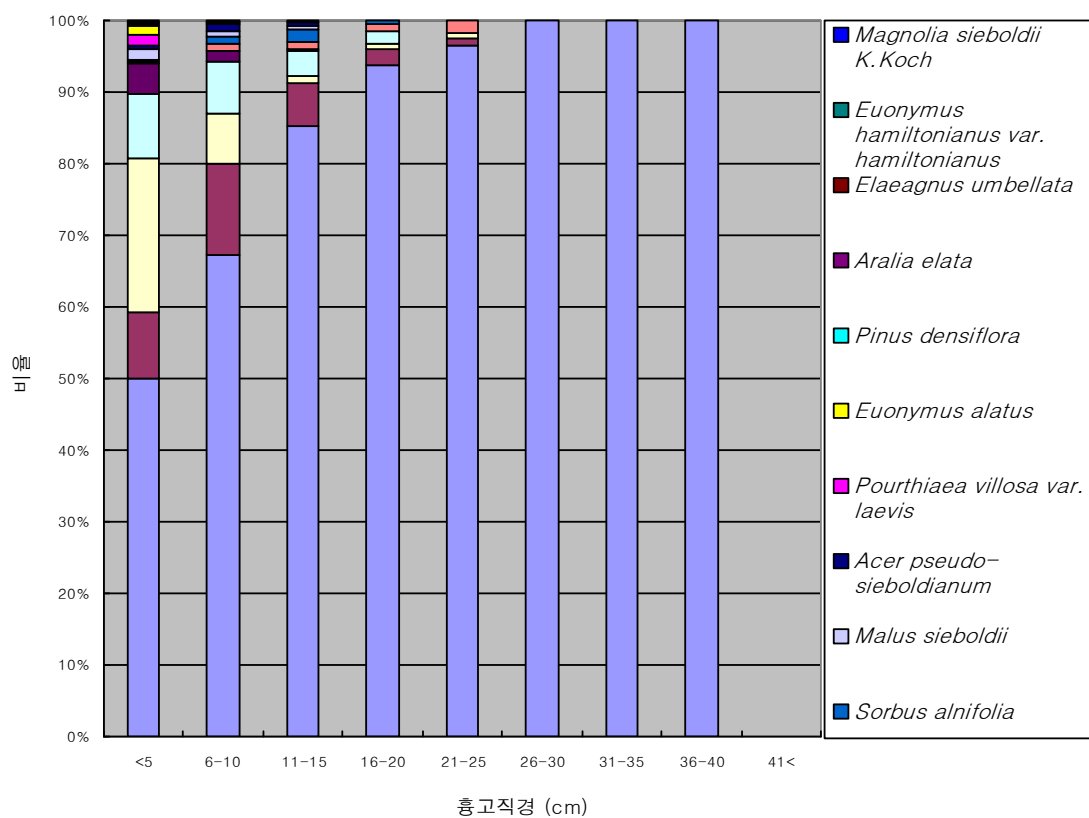


그림 8. 구상나무림 조사구 내 주요 수종의 누적 흉고 직경 분포

3.1.1.4 종다양성 지수

구상나무림의 다양도 지수는 0.464로 비교적 낮게 나타났으며, 최대 종다양도는 1.204, 균재도는 0.385, 우점도는 0.615로 조사되었다(표 4).

표 4. 한라산 진달래밭 지역 구상나무림의 다양도지수, 최대종다양도지수, 균재도, 우점도

Site	No. of species (S)	No. of individual (N)	Species diversity (H ')	Maximum H ' (Max. H ')	Evenness (J ')	Dominance (1-J ')
진달래밭	16	2,343	0.464	1.204	0.385	0.615

3.1.2 소나무림

3.1.2.1 조사구의 입지환경

한라산 지역에 설치된 소나무림 방형구는 2개소는 한라산 어리목등산로 사제비동산 일대 해발 인근 해발 1,390~1,407m에 위치하고 있으며, 조사구 A는 오름 정상부로 나출된 지형을 일부 포함하고 있으며, 3~5°의 비교적 완만한 경사도 분포를 보이고 있다. 소방형구의 암석노출비율은 다양하였으나 10~35% 정도로 대부분 토양층이 매우 빈약한 송이토였다. 반면 조사구 B는 식생층위가 잘 발달한 너덜지대에 형성된 산림식생지역으로 건천인 소하천이 인근에 위치하며, 경사가 10~15°내외이며, 큰암석이 노출된 토양층이 빈약한 지역이었다(표 5; 그림 9).

표 5. 소나무림 조사구의 입지환경

항 목	조사구 A	조사구 B
위치 및 조사구면적	한라산 사제비동산 일대(40m×40m)	한라산 사제비동산 산림지역 일대(40m×40m)
경위도 좌표	N33° 22′ 36.2″ E126° 29′ 52.5″	N33° 22′ 22.9″ E126° 30′ 04.5″
지형	오름 정상부, 나출된 지형	너덜지대(산림), 소하천 인접
해발(m)	1,396m (1,390~1,398)	1,401m (1,393~1,407)
경사도(°)	3~5	10~15
방위	NE~SE	NW~NE
소방형구 암석노출비율(%)	10~35	15~55

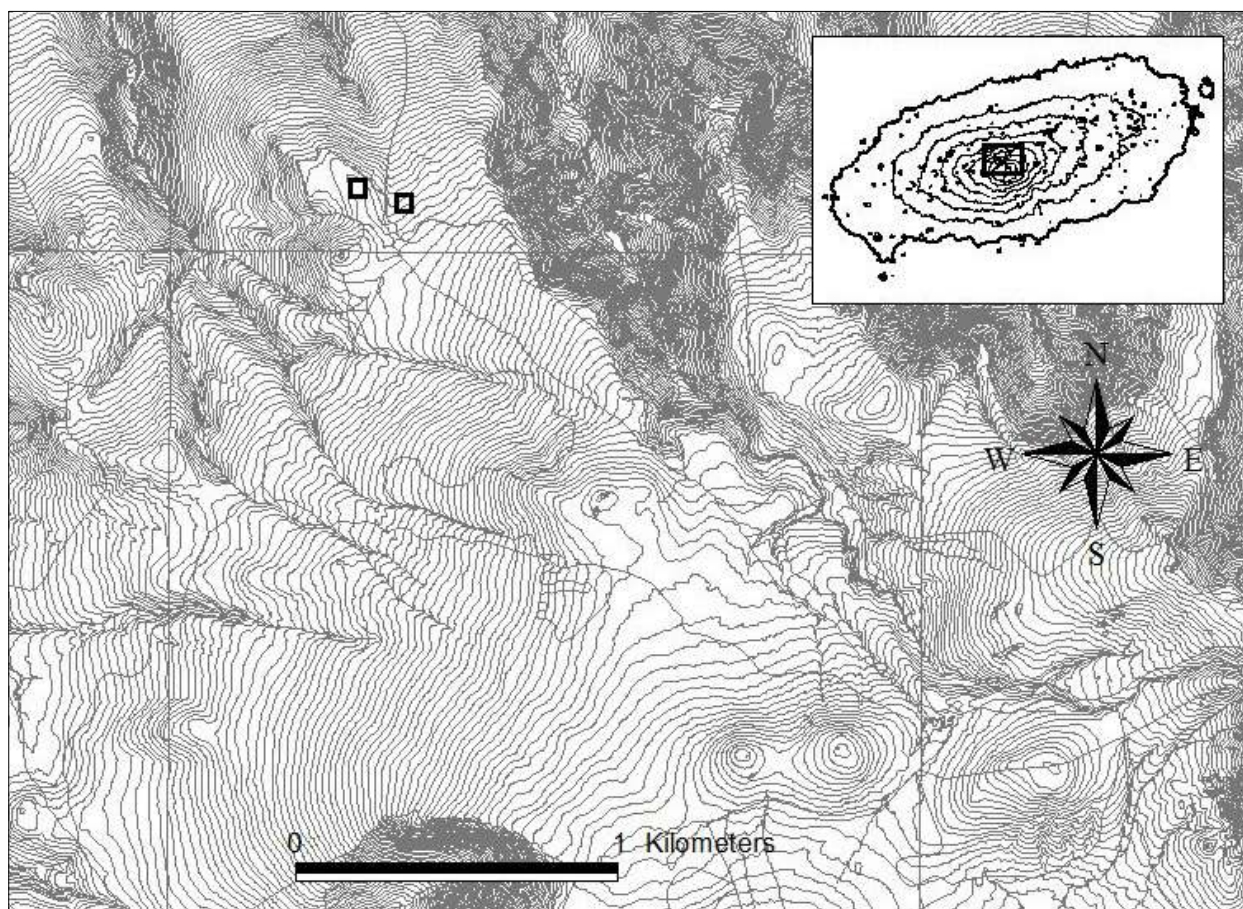
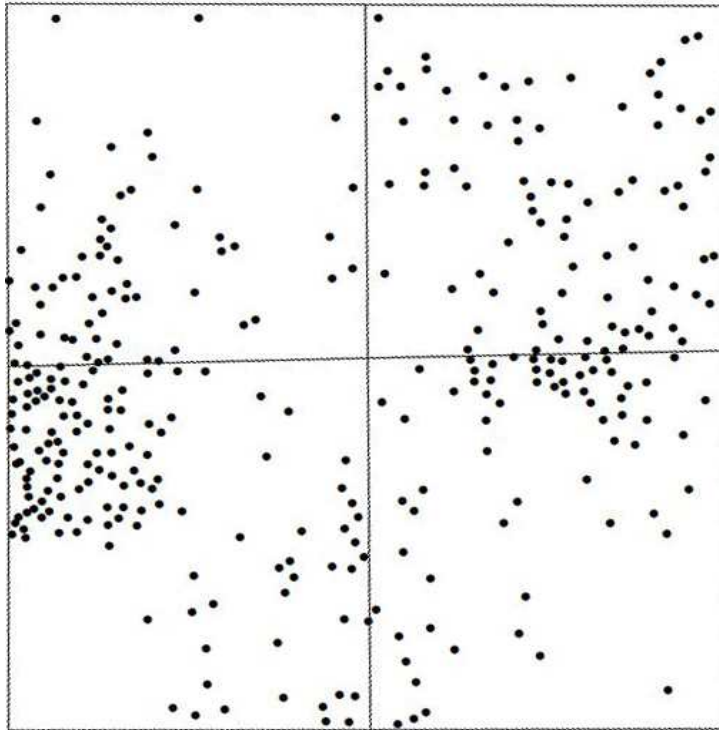


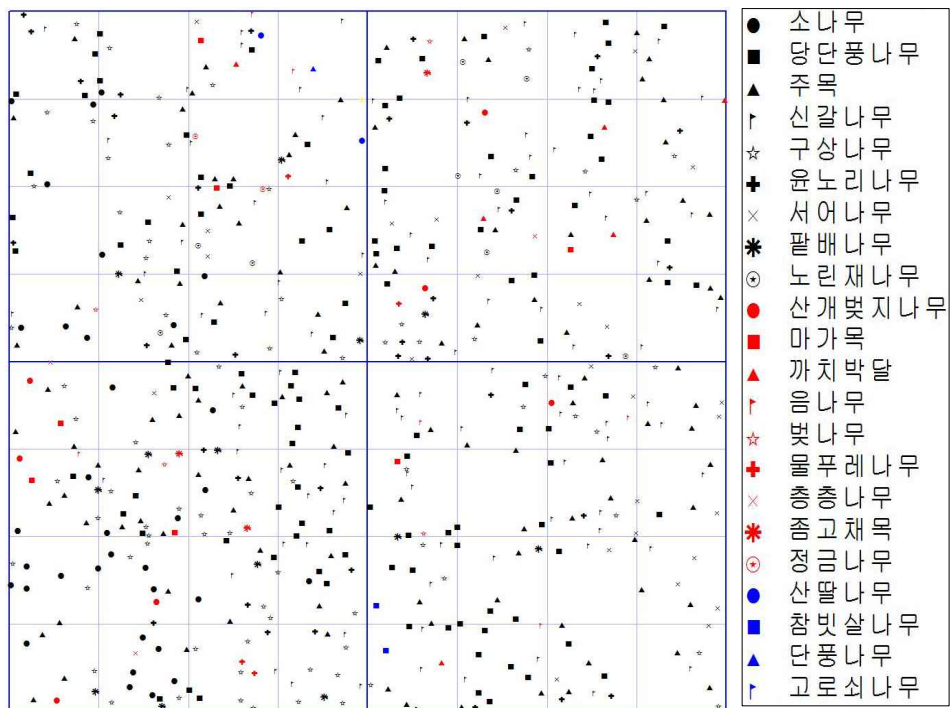
그림 9. 한라산 사제비동산 인근 소나무림 조사구 위치

3.1.2.2 수목의 공간분포

사제비동산 지역 소나무림 조사구A와 B의 수목 분포도는 그림 10과 같다. 조사구 A의 경우 조사된 개체는 모두 소나무이며, 4개의 소방형구 중 2번과 3번의 서쪽 중앙 부분과 1번과 4번의 동쪽 중앙 부분이 집중적으로 분포하고 있다. 조사지역은 언덕의 정상부에 위치하고 있으며, 중앙부는 제주조릿대가 분포하지 않는 나대지가 형성되어 있고, 참억새와 소나무 어린 개체가 매우 많이 분포하고 있었다. 조사구 B는 신갈나무, 소나무, 서어나무 등 총 22수종의 수목이 조사구내에서 출현하였으며, 교목층, 아교목층, 관목층의 층위가 잘 발달하고, 초본층은 제주조릿대가 우점하는 지역으로 암석이 다수 분포하고 토양층이 빈약한 지역이다(그림 10).



조사구 A



조사구 B

그림 10. 한라산 사제비동산 지역 조사구A, B 에서 출현 수목 분포

3.1.2.3 출현종의 구성

조사구 A

대부분 흉고직경이 5cm 미만이고 수고는 3m 미만인 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 흉고직경이 15cm에서 25cm의 대경목인 개체가 치수 발생을 유지시키는 원인으로 판단된다. 모든 방형구에서 일정 수준의 개체는 모두 소나무로 구성되어 있으며, 3번 소방형구에서 125 개체로 제일 많았으며, 2번 소방형구에서 60개체로 제일 적게 나타났다(그림 11, 표 6).

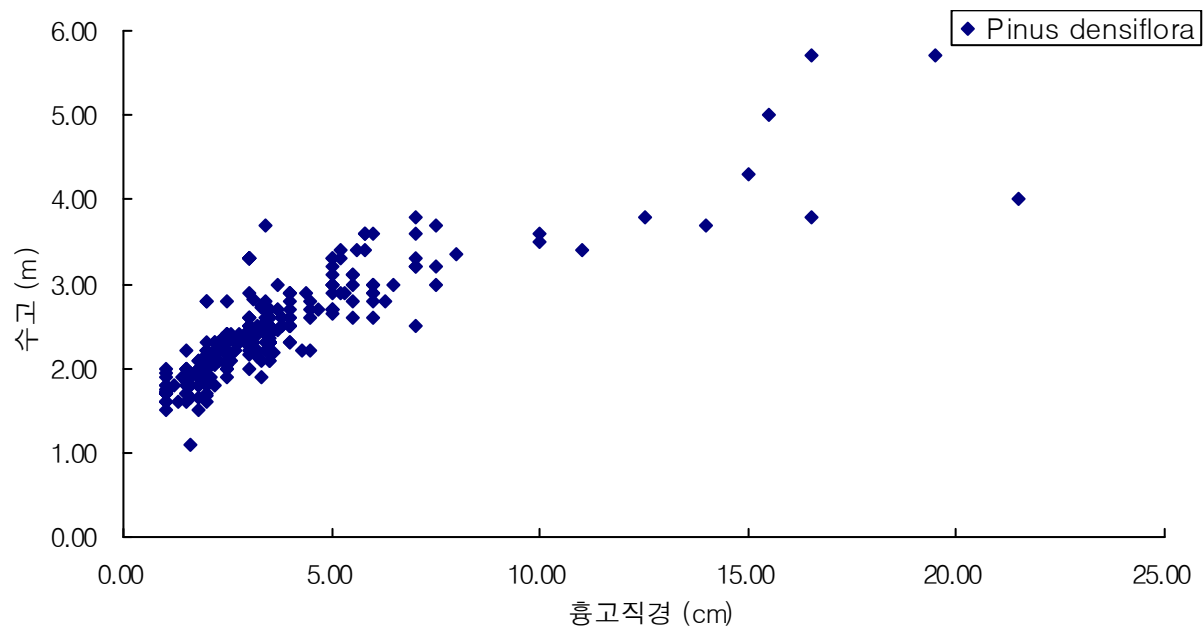


그림 11. 한라산 사제비동산 지역 소나무림의 흉고직경과 수고에 따른 분포

표 6. 한라산 사제비동산 소나무림 조사구A 소방형구의 소나무 분포 현황

Small quadrat	Species name	Density	Greatest Tree DBH (cm)	Diameter at breast height(cm)	Average DBH(cm)	
					< 10	≥10
1	소나무	80	11.0	11.0	3.30	11.00
2	소나무	60	10.0	10.0	2.74	—
3	소나무	125	21.5	21.5	3.36	17.60
4	소나무	66	16.5	16.5	3.36	13.25
전체	소나무	331	14.75	14.75	3.19	13.95

표 7. 사제비동산 조사지역 하층의 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
소나무	58.82	45.23	25.00	129.05
산철쭉	38.18	48.13	25.00	111.32
시로미	1.34	2.90	12.50	16.75
보리수나무	0.60	1.66	12.50	14.76
산개벚치나무	0.40	0.83	6.25	7.48
분단나무	0.35	0.41	6.25	7.02
참빗살나무	0.18	0.41	6.25	6.84
주목	0.12	0.41	6.25	6.78
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

표 8. 사제비동산 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도(Max. H'), 균재도(J'), 우점도 지수($1-J'$)

Layer	No. of species (S)	Species diversity(H')	Maximum H' (Max. H')	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)
Upper	1	0	0	0	0
Lower	8	0.430	0.903	0.476	0.524

조사구 B

8m 이상의 교목층에서 소나무는 흉고가 15cm 이상 40cm 미만이고, 수고 8m이상 12m 미만의 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 당단풍은 흉고가 5cm 이상 15cm 미만, 수고가 8m 이상 10m 미만에서 많이 나타났다. 중요도는 신갈나무가 83.03, 소나무 53.72, 서어나무가 34.32, 당단풍 29.78, 구상나무가 23.39의 순으로 나타나고 있다. (그림 12, 표 9).

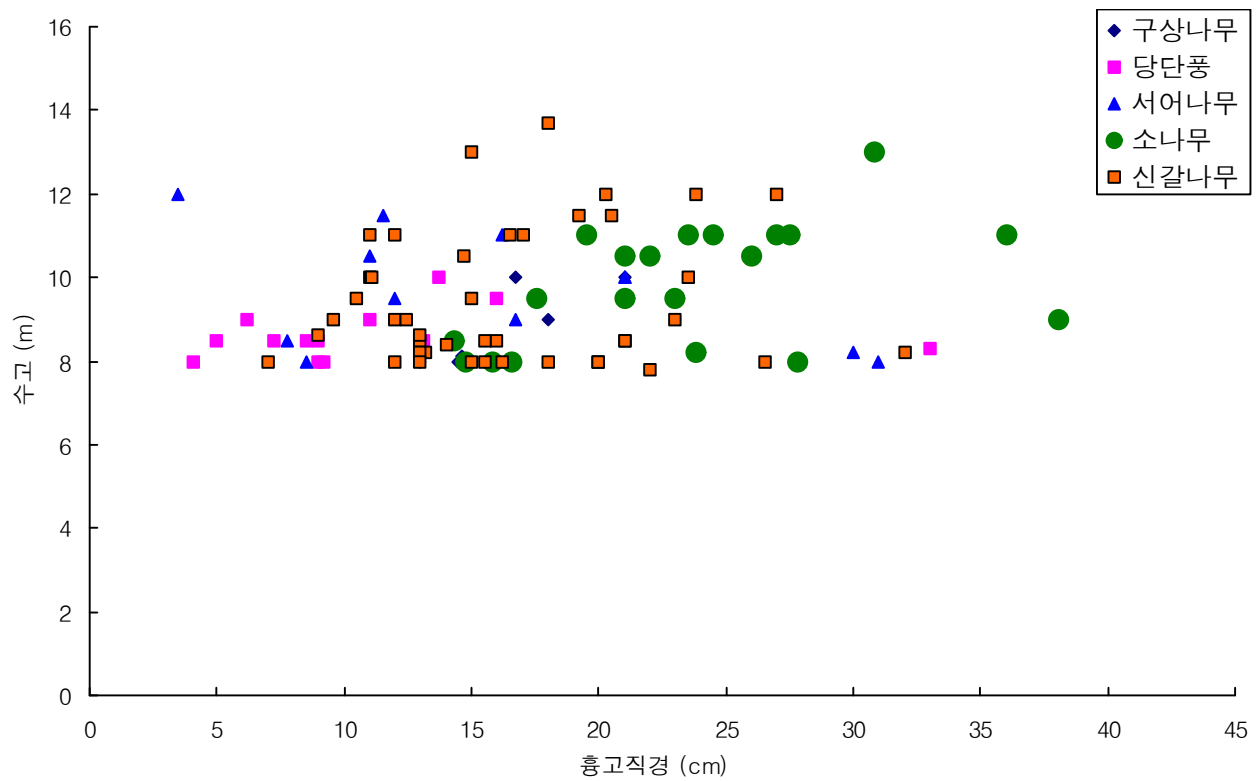


그림 12. 사제비동산 조사지역 교목층 수종의 흉고 및 수고 분포

표 9. 사제비동산 조사지역 교목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
신갈나무	32.14	38.39	12.50	83.03
소나무	29.61	17.86	6.25	53.72
서어나무	10.21	11.61	12.50	34.32
당단풍	5.67	11.61	12.50	29.78
구상나무	4.64	6.25	12.50	23.39
음나무	6.62	3.57	9.38	19.57
팔배나무	5.04	2.68	6.25	13.97
물푸레나무	1.80	2.68	9.38	13.86
산개벚나무	0.67	1.79	6.25	8.71
마가목	1.50	0.89	3.13	5.51
좁고채목	1.44	0.89	3.13	5.45
벚나무	0.60	0.89	3.13	4.62
층층나무	0.06	0.89	3.13	4.07
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

3m 이상 8m 미만의 아교목층에서는 수고가 6m 미만인 소나무와 수고 5m 이상인 주목은 출현하지 않았으며, 당단풍은 흉고가 10cm 미만인 개체가 대부분을 차지하고 있다. 아교목층의 중요도는 신갈나무가 59.25, 당단풍 50.19, 구상나무 49.35, 주목 21.67, 소나무가 20.46의 순으로 구성되어 있다(그림 13, 표 10).

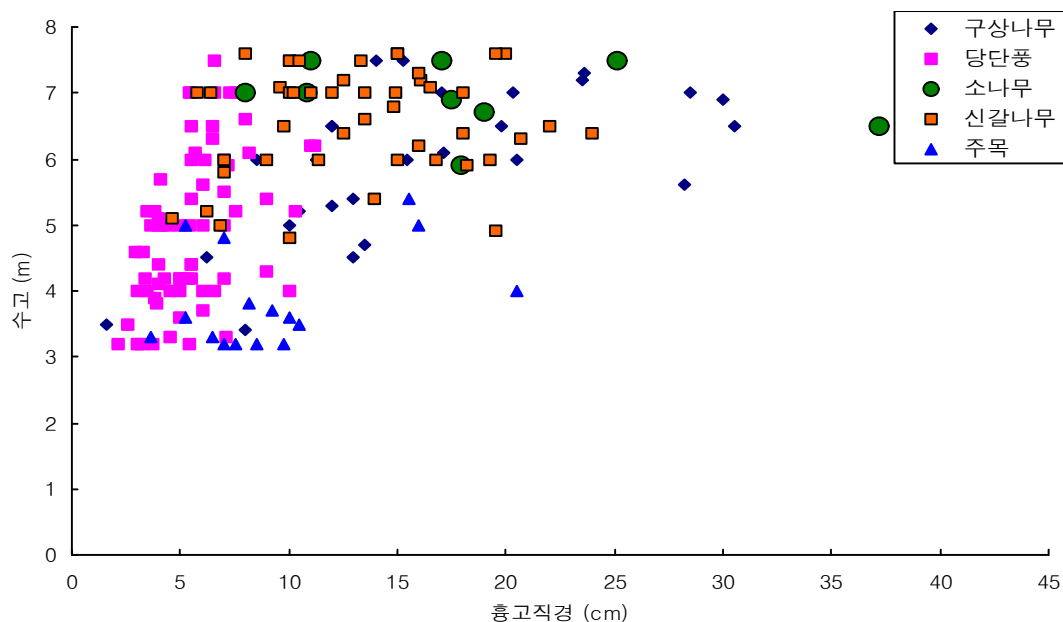


그림 13. 사제비동산 조사지역 아교목층 수종의 흉고 및 수고 분포

표 10 . 사제비동산 조사지역 아교목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
신갈나무	30.19	20.36	8.70	59.25
당단풍	8.92	32.58	8.70	50.19
구상나무	28.44	12.22	8.70	49.35
주목	5.73	7.24	8.70	21.67
소나무	12.04	4.07	4.35	20.46
서어나무	3.30	5.43	6.52	15.25
팔배나무	2.91	3.17	8.70	14.77
윤노리나무	0.55	4.98	8.70	14.23
마가목	1.61	1.81	6.52	9.94
까치박달	0.48	1.81	6.52	8.82
옻나무	1.94	0.90	4.35	7.20
벗나무	1.59	0.90	4.35	6.85
산개벚나무	0.76	1.36	4.35	6.47
층층나무	0.83	0.90	2.17	3.91
좁고채목	0.53	0.90	2.17	3.61
고로쇠나무	0.08	0.45	2.17	2.71
단풍나무	0.05	0.45	2.17	2.68
노린재나무	0.04	0.45	2.17	2.67
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

3m 미만의 관목층의 중요도 구성은 주목이 122.32, 당단풍 41.02, 윤노리나무 34.62, 신갈나무가 19.02의 순으로 구성되어 있다. 주목이 피도와 밀도에서 매우 높게 나타나고 있으며, 신갈나무의 밀도가 매우 낮게 나타나고 있다(그림14, 표 11).

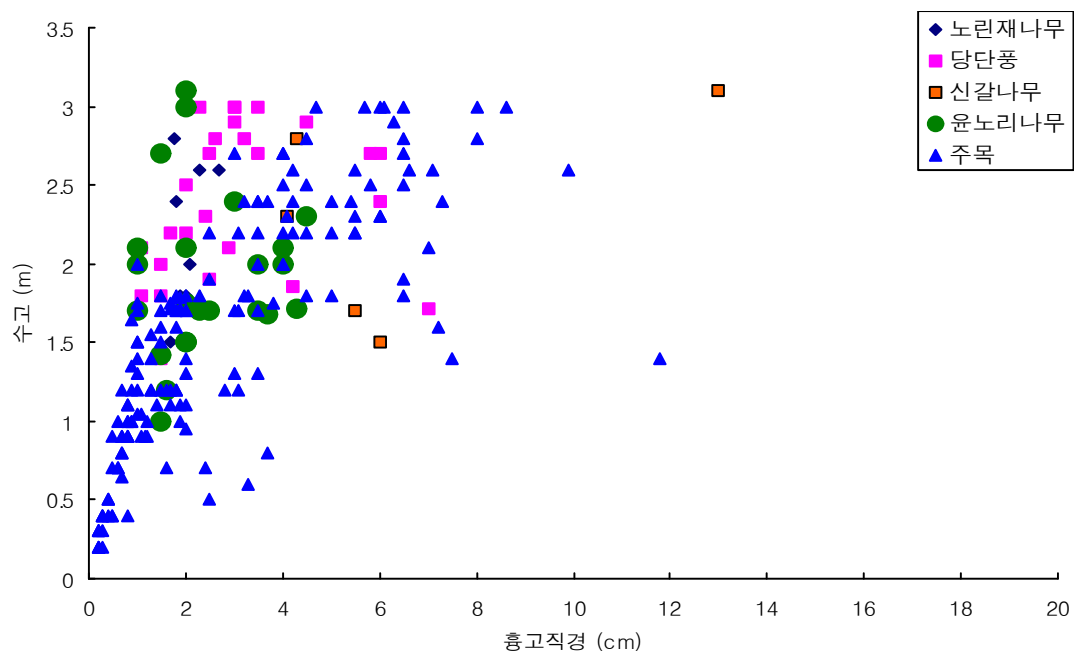


그림 14. 사제비동산 조사지역 관목층 수종의 흉고 및 수고 분포

표 11 . 사제비동산 조사지역 관목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
주목	47.55	63.35	11.43	122.32
당단풍	18.43	11.16	11.43	41.02
윤노리나무	13.23	9.96	11.43	34.62
신갈나무	5.60	1.99	11.43	19.02
노린재나무	2.88	3.19	5.71	11.78
팔배나무	2.75	1.20	5.71	9.66
서어나무	2.08	1.59	5.71	9.39
산개벚치나무	1.07	0.80	5.71	7.58
참빗살나무	1.81	0.80	2.86	5.46
마가목	1.00	0.80	2.86	4.65
까치박달	0.56	0.80	2.86	4.21
물푸레나무	0.94	0.40	2.86	4.19
벚나무	0.89	0.40	2.86	4.14
정금나무	0.42	0.80	2.86	4.08
산딸나무	0.31	0.80	2.86	3.96
소나무	0.11	0.80	2.86	3.76
구상나무	0.29	0.40	2.86	3.54
찔레	0.09	0.40	2.86	3.34
괭괭나무	0.00	0.40	2.86	3.26
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

표 12. 사제비동산 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도(Max. H'), 균재도(J'), 우점도 지수($1-J'$)

Layer	No. of species(S)	Species diversity(H')	Maximum H' (Max. H')	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)
Tree	13	0.826	1.114	0.741	0.259
Sub-tree	18	0.925	1.255	0.737	0.263
Shrub	19	0.693	1.279	0.542	0.458

사제비동산 조사지역에서 출현한 소나무와 구상나무의 흉고 및 수고 분포는 다음 그림과 같다(그림 23). 살아 있는 개체 중 소나무는 수고가 6m 이상 13m 미만의 개체, 흉고는 10cm 이상 40cm 미만의 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 소나무 고사목은 5cm 이상 20cm 미만의 개체가 대부분을 차지하고 있다. 이는 양수인 침엽수의 종자 산포와 치수 발생 특성 때문에 산림 내부의 환경특성과 토양층의 미발달로 인해 치수 발생과 생육에 저해를 받는 것이 원인인 것으로 판단된다. 또한 구상나무의 경우 살아 있는 개체는 수고가 4m 이상 10m 미만, 흉고는 5cm 이상, 30cm 미만의 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 구상나무 고사목은 수고가 6m 미만이고 흉고는 최고 약 35cm의 개체가 대부분을 차지하고 있다. 대경목인 개체가 여러 요인에 의해 고사한 개체와 소경목이면서 수고가 비교적 작은 개체가 대부분 고사한 것으로 미루어 구상나무의 치수가 발생하더라도 생육이 이루어지지 않고 있어 구상나무의 쇠퇴의 원인이 되는 것으로 판단된다.

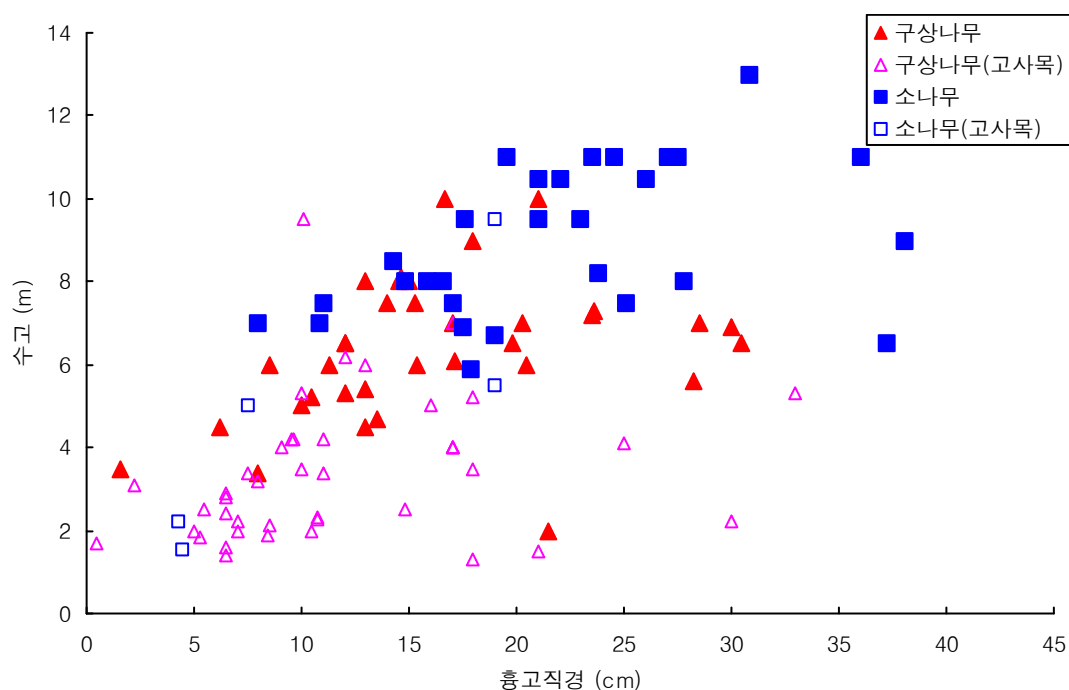


그림 15. 사제비동산 조사지역 소나무와 구상나무의 흉고 및 수고 분포.

3.1.3 구상나무, 소나무 등 기후변화 민감종 또는 관심종에 대한 분포면적 변화 조사

3.1.3.1 구상나무

한라산국립공원내 구상나무 분포는 그림 16과 같다. 해발 1300m 이상부터 나타나고 있으며 백록담을 기준으로 동북 쪽의 성판악 지역과 서쪽의 영실 지역은 평지와 사면 지역에 분포하고 있으며, 남쪽과 북쪽의 계곡 사면지역에 선상으로 분포하고 있는 특징이 있다. 성판악 지역의 구상나무림은 해발 1300m에서부터 백록담 정상부까지 제일 넓은 면적을 차지하고 있으며, 영실 지역은 해발 1400m에서 1700m까지 두 번째로 넓은 면적을 차지하고 있다.

구상나무가 분포하는 지역의 저고도 지역은 소나무와 신갈나무, 졸참나무, 서어나무 등의 낙엽활엽수림과 접하고 있어 구상나무림의 쇠퇴가 뚜렷하게 발생하고 있으며, 독립된 집단이거나 계곡의 능선부의 일부 지역에서는 구상나무의 치수 발생이 활발히 이루어져 집단의 크기가 발달하는 지역도 확인되고 있다(그림 17).

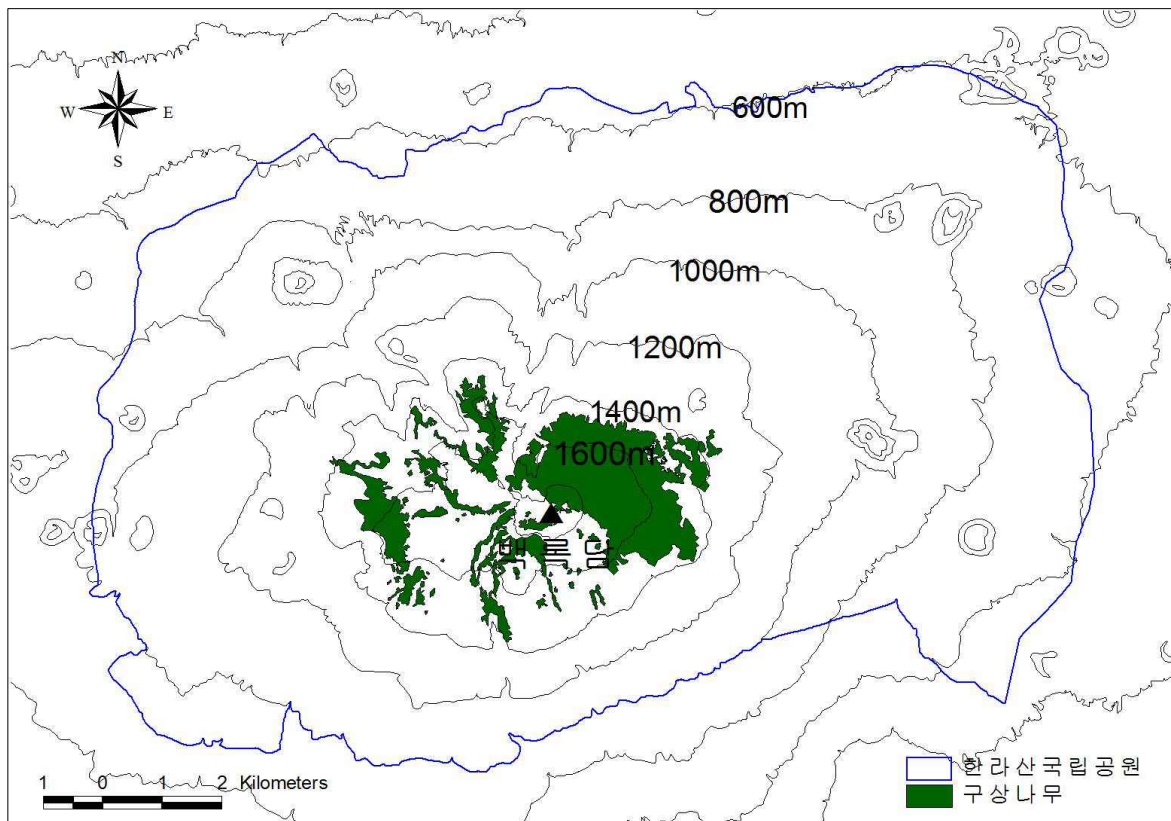


그림 16. 한라산국립공원내 구상나무림 분포

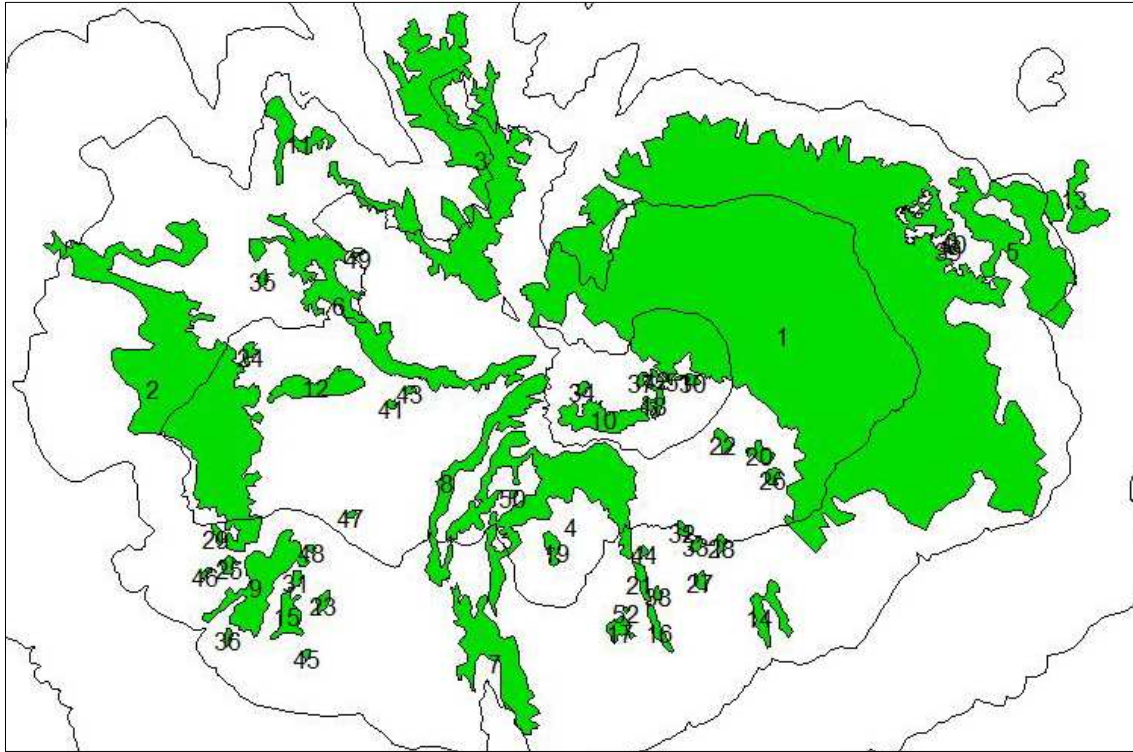
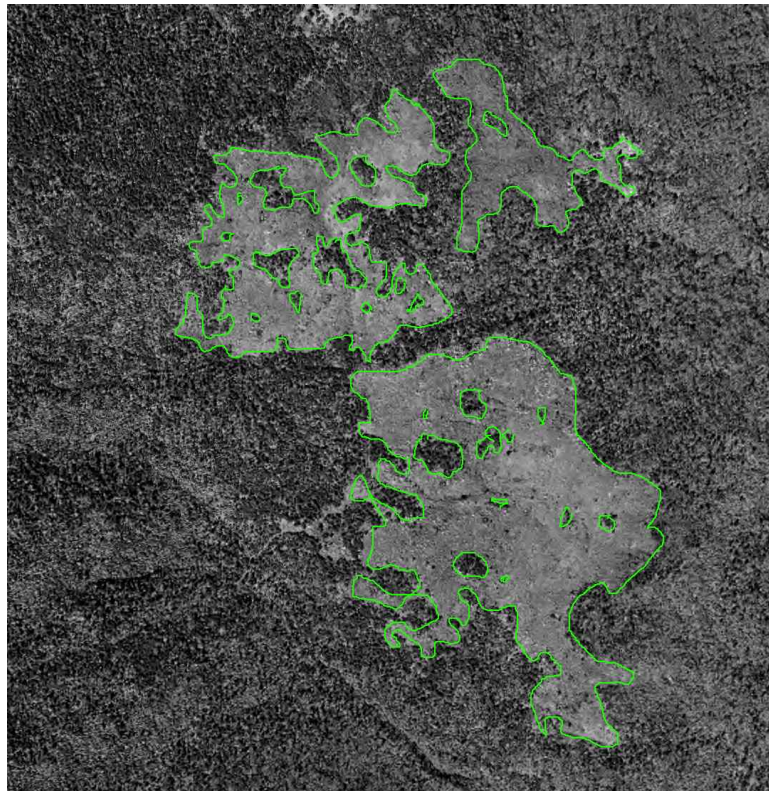


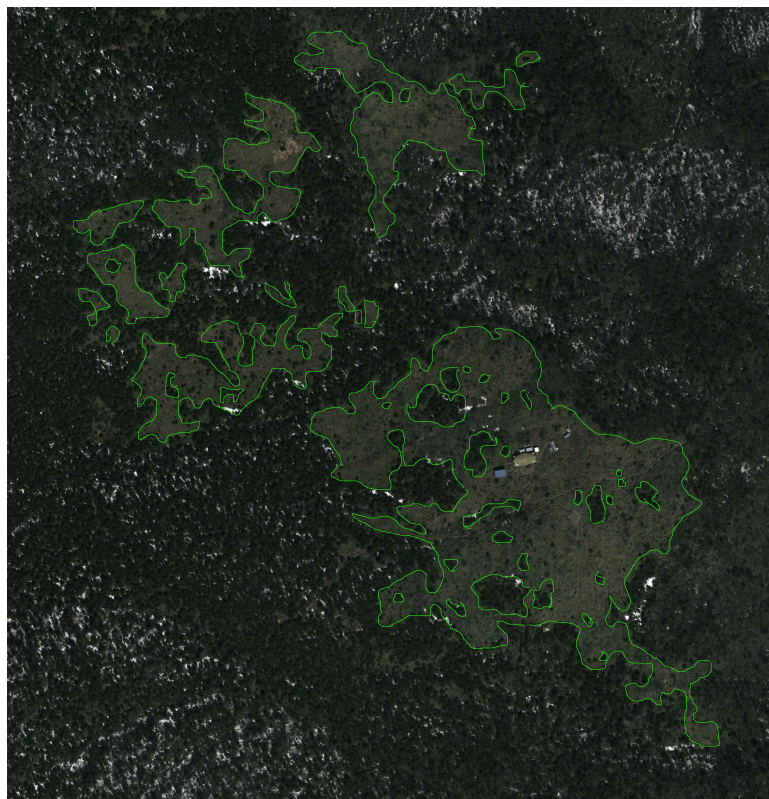
그림 17. 한라산국립공원내 구상나무림 아집단 분포 및 식별번호

표 13. 한라산 구상나무림 각 아집단별 추정면적

번호	면적(㎡)	번호	면적(㎡)	번호	면적(㎡)	번호	면적(㎡)
1	4,493,594	14	39,293	27	6,724	40	2,658
2	874,606	15	30,362	28	5,371	41	2,612
3	646,011	16	14,757	29	5,312	42	2,547
4	376,491	17	14,361	30	5,235	43	2,540
5	320,015	18	13,556	31	5,098	44	2,383
6	281,915	19	13,036	32	4,915	45	2,276
7	170,529	20	12,847	33	4,533	46	2,202
8	139,996	21	11,576	34	4,527	47	1,954
9	131,357	22	8,913	35	4,434	48	1,851
10	65,099	23	7,521	36	4,021	49	1,651
11	64,126	24	7,510	37	3,627	50	1,595
12	64,051	25	7,507	38	3,241	51	1,033
13	50,565	26	7,399	39	2,781	52	1,015
전체면적(㎡)		7,953,155					



1967년



2009년

그림 18. 한라산 진달래밭 일대 구상나무 분포역 변화

3.1.3.2 소나무

한라산국립공원 지역내에서 소나무의 분포는 그림 19와 같다. 고지대 지역에서는 구상나무림과 선작지왓, 사제비동산 등과 같이 관목림 또는 초지대 지역과 접해 있어 최근 기후변화에 의해 고지대 지역으로 확산되고 있으며, 소나무림의 저지대 지역은 대부분 낙엽활엽수림 지역에 고립되어 분포하고 있기 때문에 낙엽활엽수의 하층 식생 발달로 인해 소나무의 중요도가 매우 낮게 나타나고 있다.

사제비동산은 구상나무림과 초지와 관목림 지역에 소나무가 확산되고 있는 대표적인 지역으로서 1967년과 2009년의 항공영상을 비교 분석한 결과 기존 소나무림의 주연부에서 새로운 개체 발생이 활발하게 나타나고 있으며, 최근 기후 변화에 의해 치수 발생이 활발히 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

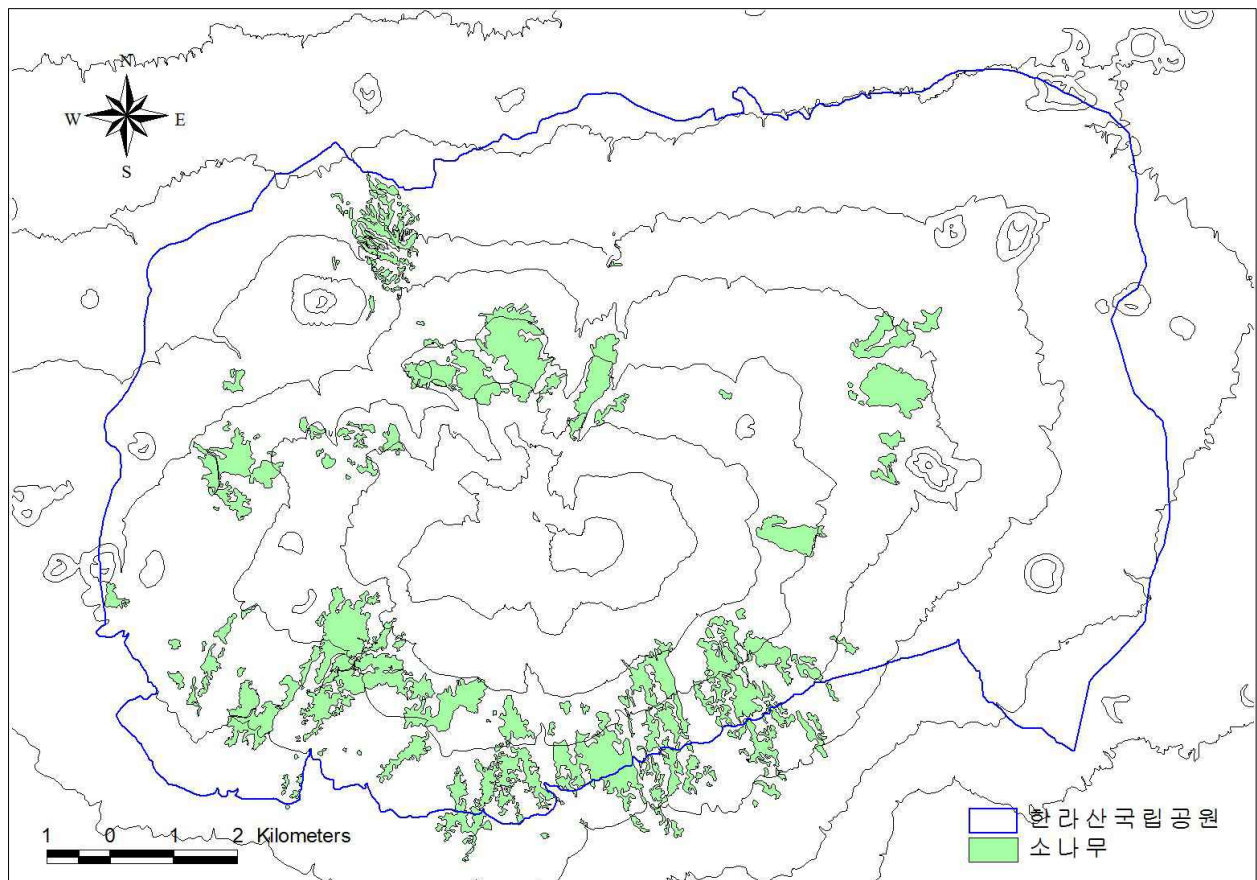


그림 19. 한라산국립공원내 소나무림의 분포역

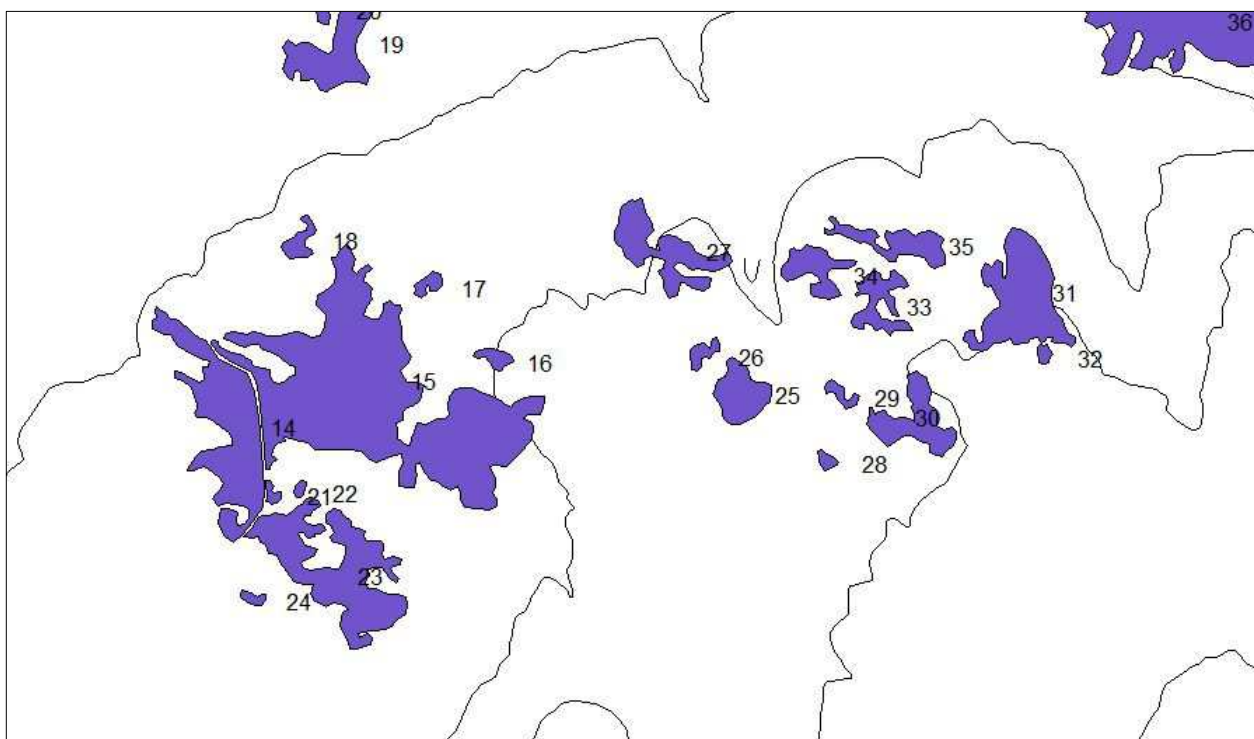


그림 20. 한라산국립공원내 1100도로 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

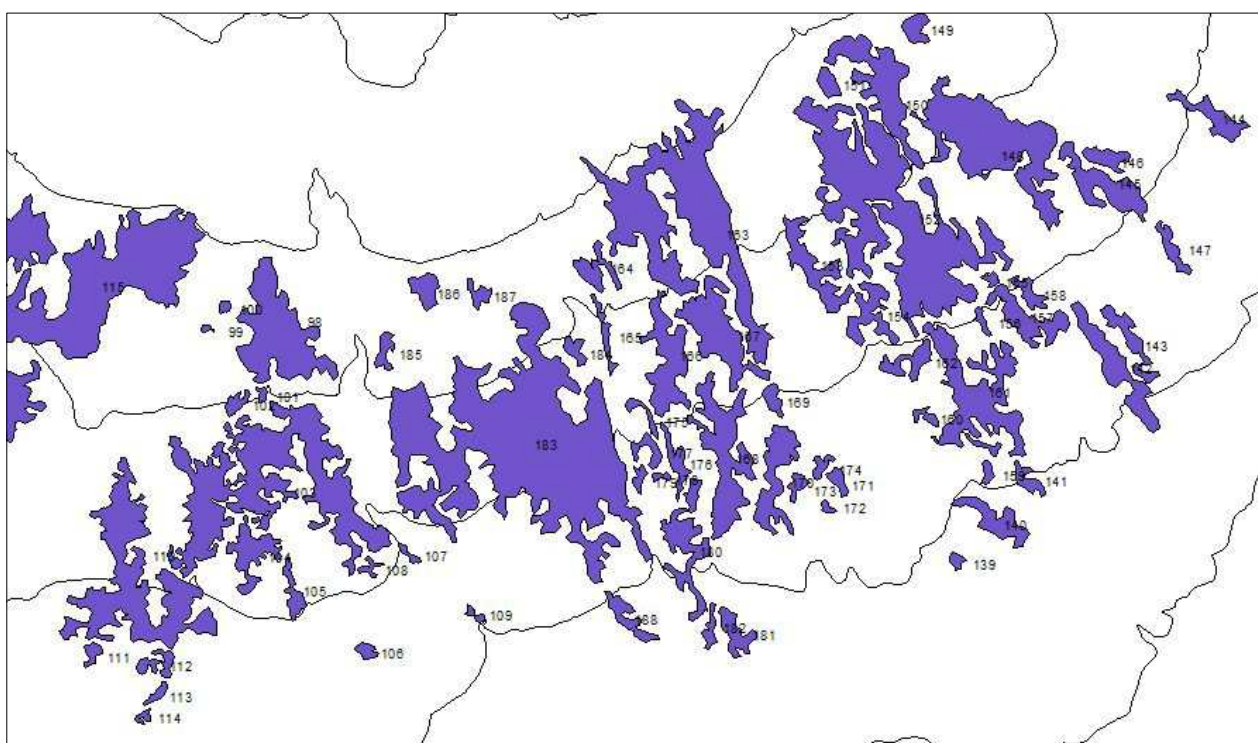


그림 21. 한라산국립공원내 돈내코 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

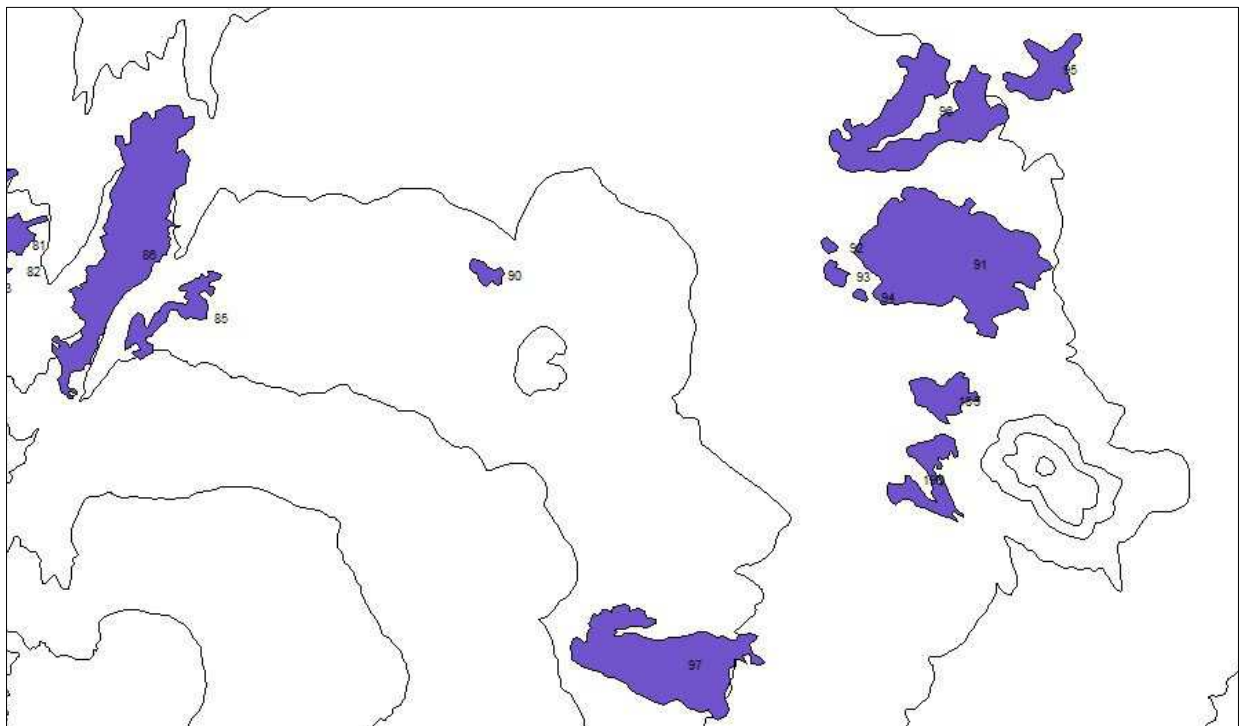


그림 22. 한라산국립공원내 성판악 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

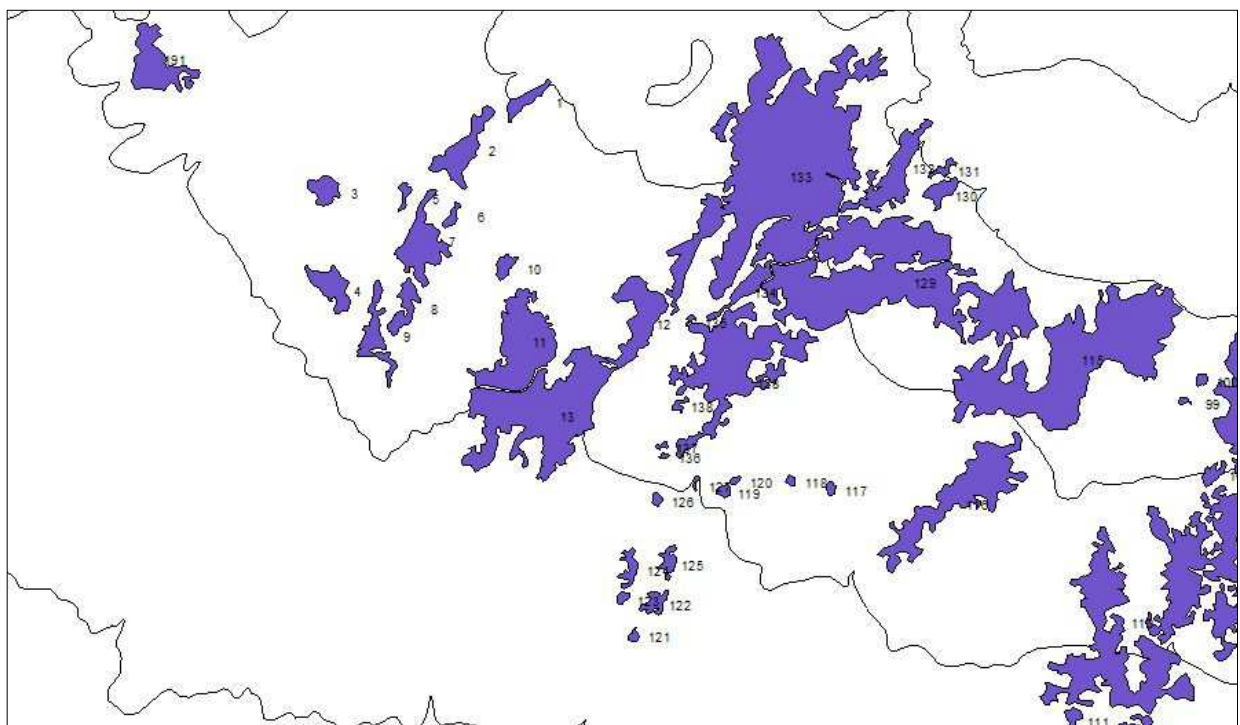


그림 23. 한라산국립공원내 영실 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

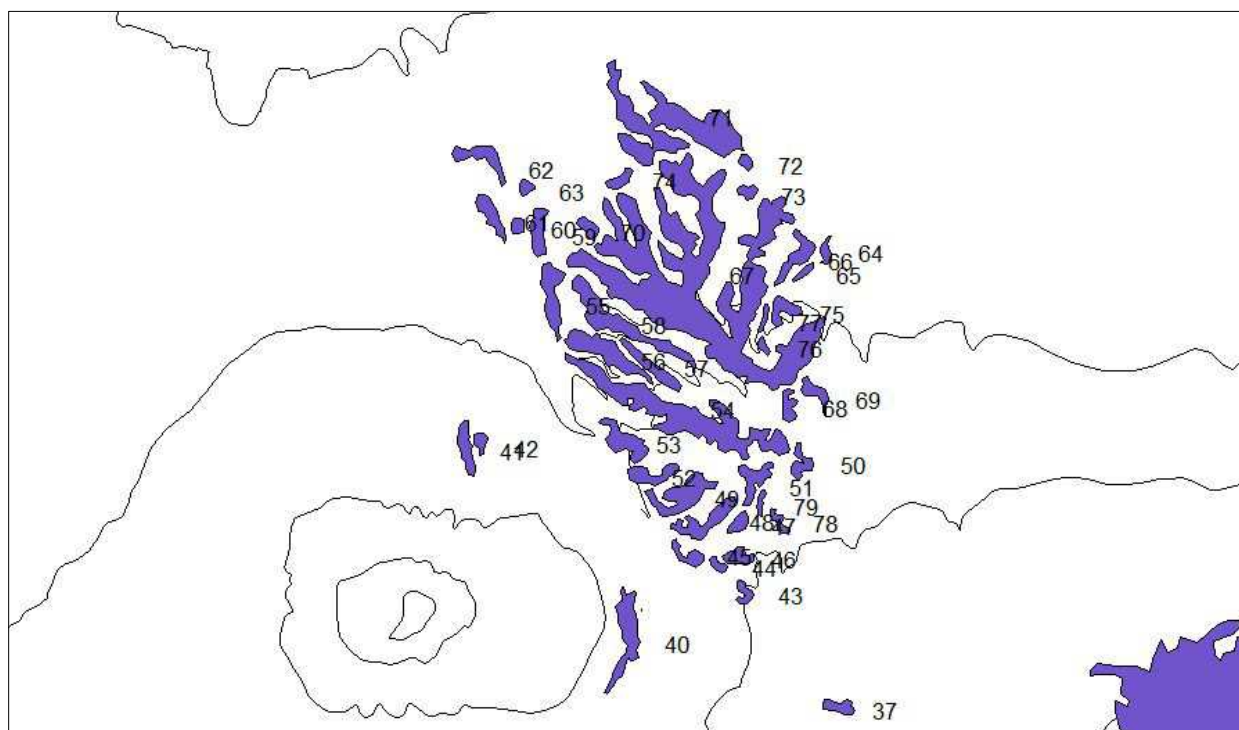


그림 24. 한라산국립공원내 천왕사 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

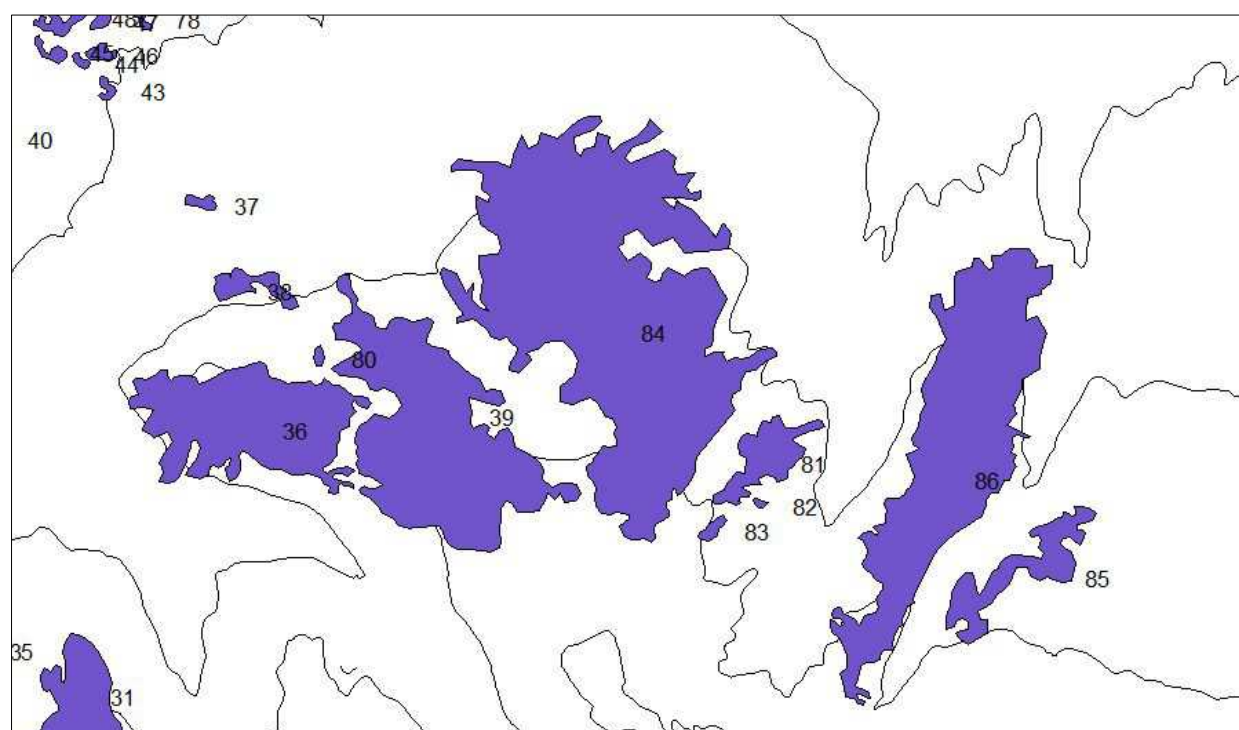


그림 25. 한라산국립공원내 큰두레왓 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

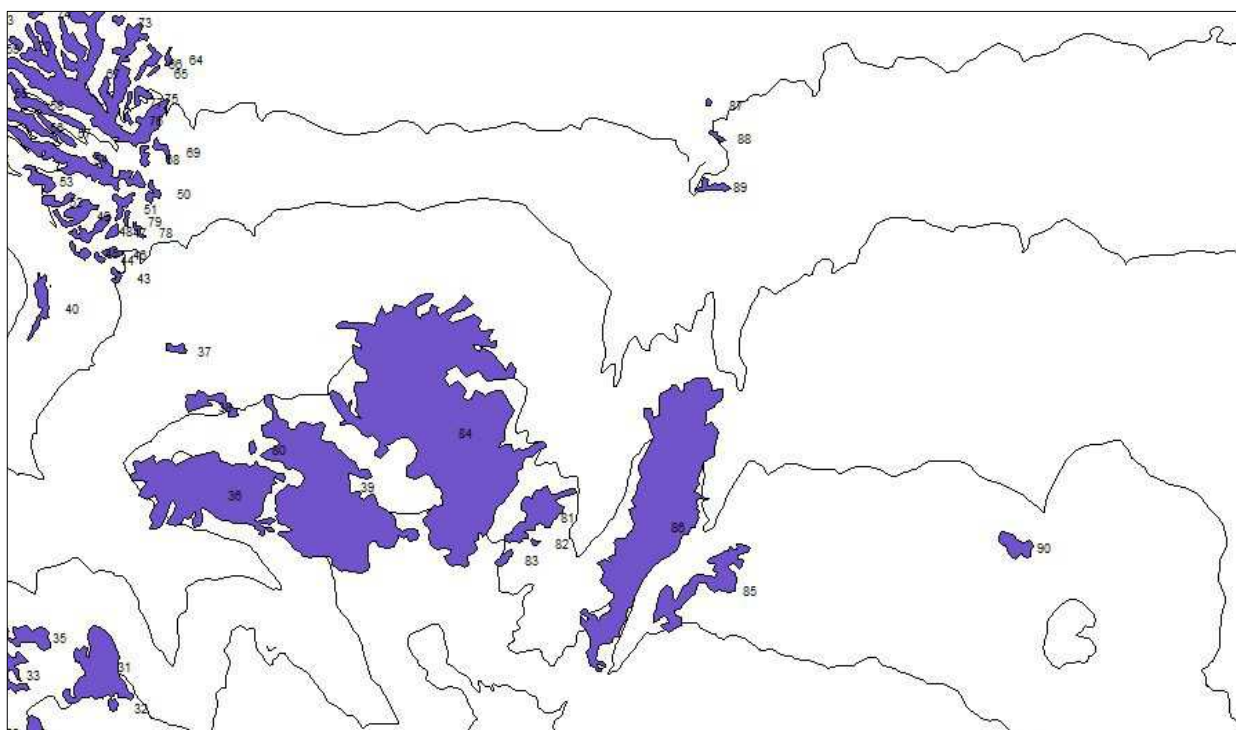


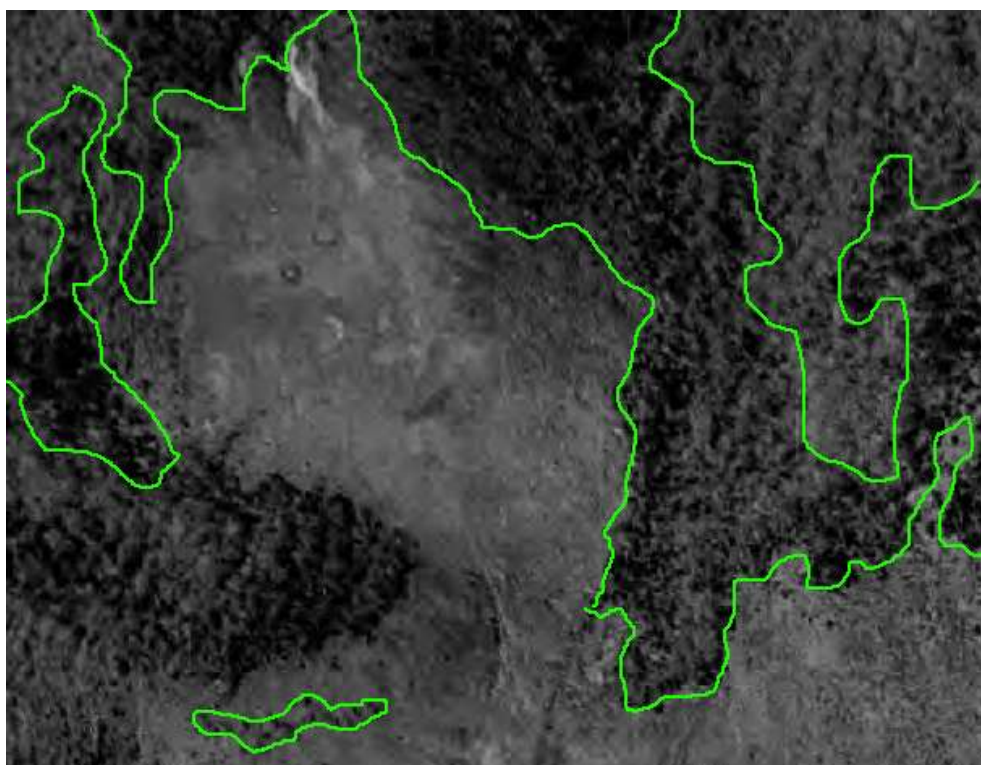
그림 26. 한라산국립공원내 탐라계곡 주변 소나무림 아집단 분포 및 식별번호

표 14. 한라산 소나무림 각 아집단 별 추정면적

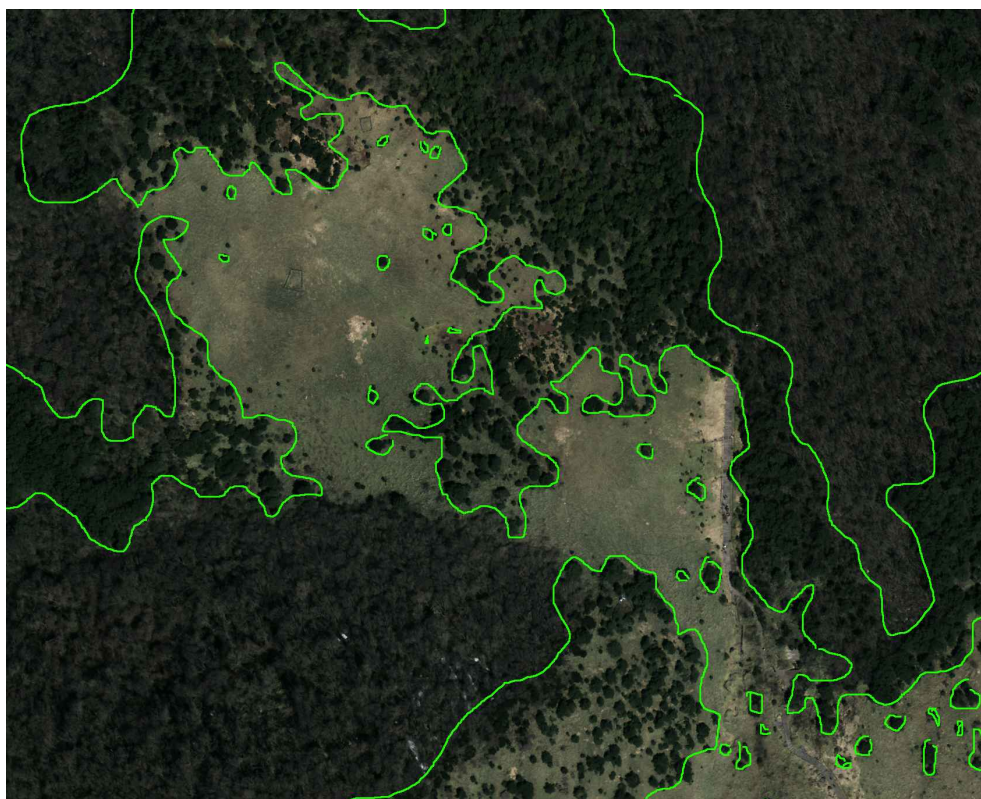
번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)
1	899,165	31	88,881	61	29,001	91	13,467
2	876,837	32	87,215	62	26,945	92	13,171
3	779,625	33	80,849	63	26,848	93	13,003
4	548,853	34	75,583	64	26,651	94	12,807
5	544,483	35	74,644	65	25,600	95	12,171
6	527,756	36	73,356	66	25,137	96	12,109
7	457,091	37	73,125	67	24,768	97	12,013
8	452,603	38	71,299	68	24,502	98	11,485
9	439,511	39	70,846	69	24,021	99	11,386
10	417,716	40	70,341	70	23,699	100	10,625
11	402,010	41	69,329	71	21,168	101	10,597
12	384,695	42	68,234	72	20,703	102	10,298
13	355,197	43	66,054	73	20,286	103	10,276
14	314,957	44	65,897	74	20,162	104	9,702
15	290,995	45	63,390	75	19,910	105	9,239
16	280,255	46	61,379	76	18,982	106	9,207
17	261,839	47	55,803	77	17,545	107	9,196
18	250,199	48	54,245	78	17,507	108	9,143
19	249,869	49	52,478	79	17,362	109	9,012
20	235,850	50	52,475	80	17,279	110	8,746
21	183,755	51	50,403	81	17,267	111	8,477
22	167,166	52	48,710	82	17,057	112	8,223
23	161,079	53	44,075	83	17,014	113	8,093
24	143,280	54	42,076	84	16,830	114	8,091
25	132,968	55	39,349	85	16,072	115	7,948
26	122,979	56	38,281	86	14,975	116	7,691
27	119,071	57	35,050	87	14,062	117	7,555
28	116,042	58	34,273	88	13,659	118	7,369
29	109,521	59	32,184	89	13,560	119	7,341
30	90,243	60	30,833	90	13,502	120	7,287
121	6,839	140	4,823	159	3,273	178	1,902
122	6,685	141	4,692	160	3,246	179	1,895
123	6,464	142	4,600	161	3,225	180	1,827
124	6,408	143	4,539	162	3,201	181	1,761
125	6,362	144	4,477	163	3,170	182	1,723
126	6,325	145	4,411	164	3,096	183	1,715

표 14. 한라산 소나무림 각 아집단 별 추정면적 (계속)

번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)	번호	면적(m ²)
127	6,101	146	4,375	165	2,990	184	1,715
128	6,053	147	4,152	166	2,920	185	1,656
129	6,014	148	4,113	167	2,852	186	1,607
130	5,868	149	3,968	168	2,717	187	1,471
131	5,844	150	3,808	169	2,567	188	1,467
132	5,657	151	3,625	170	2,565	189	1,162
133	5,564	152	3,571	171	2,491	190	1,056
134	5,551	153	3,507	172	2,459	191	1,005
135	5,210	154	3,486	173	2,222		
136	5,172	155	3,445	174	2,155		
137	4,941	156	3,425	175	2,079		
138	4,919	157	3,324	176	2,002		
139	4,834	158	3,305	177	1,937		
전체 면적(m ²)				13,243,750			



1967년



2009년

그림 27. 한라산 사제비동산 지역 소나무림 분포 변화

3.1.4 기후변화에 따른 주요식물의 확산 및 쇠퇴 메카니즘 구명

3.1.4.1 분포역 확산증

참억새는 벼과의 여러해살이풀로 높이는 1.5~2미터이며, 옆으로 뻗어 자라는 뿌리줄기가 있다. 잎은 어긋나고 선 모양이며 9월에 줄기 끝에 백황색의 꽃이 피는 식물이다. 전국의 산야에서 흔히 자라며 대개 군락을 이루고, 일본, 중국, 타이완, 말레이시아, 보루네오섬 등지에 분포하는 것으로 알려져 있다. 햇볕이 잘 드는 곳에 잘 자라며 내한성이 강하고, 메마른 토양에도 잘 적응하며 씨앗과 뿌리줄기로 번식하는데 생명력이 강하기 때문에 다른 식물과의 경쟁에서 우위에 있는 식물이다.

최근 참억새가 한라산 고지대로의 분포역 확산이 관찰되고 있어 현재 한라산 5개 등산로의 참억새 분포 현황을 조사 하였다(그림 28).

가) 참억새의 한라산 등산로별 분포

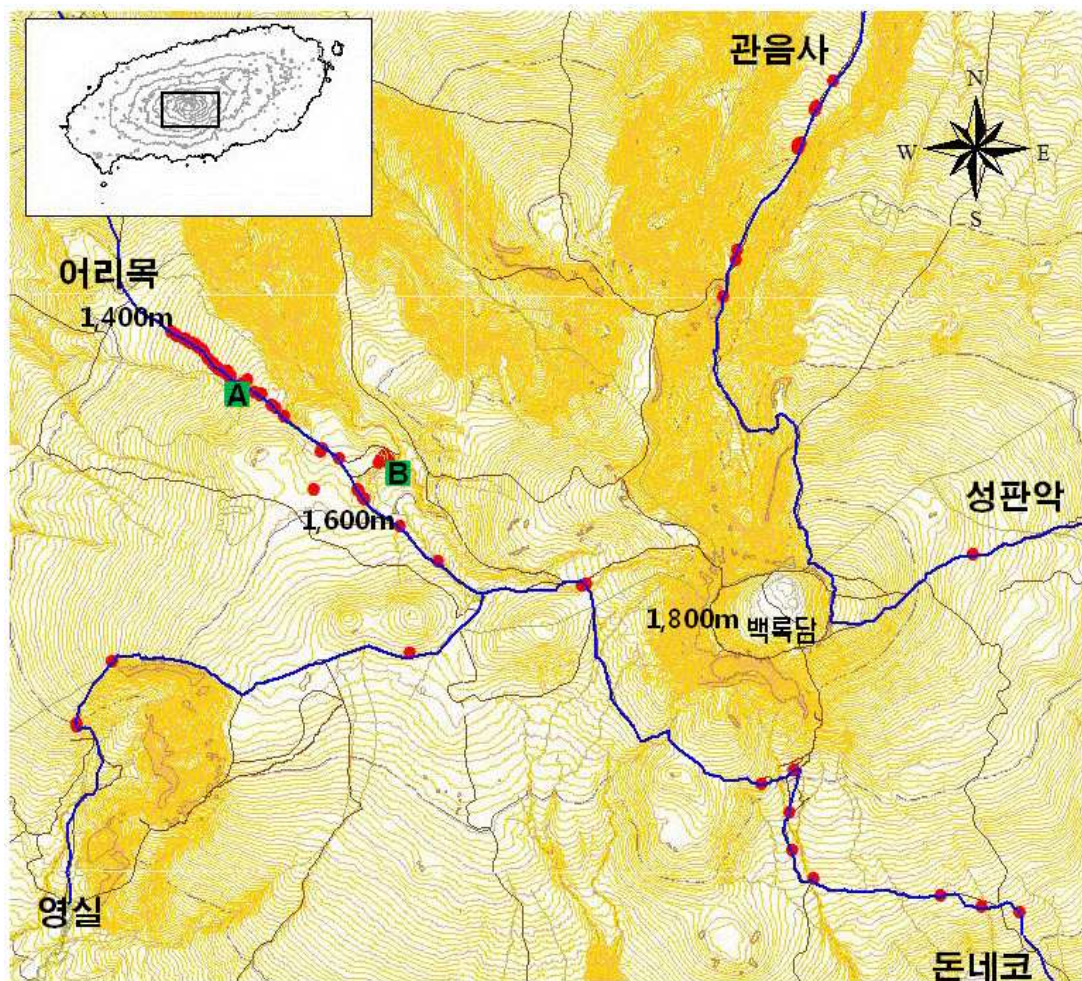


그림 28. 참억새의 한라산 등산로별 분포 및 장기동태 조사구 위치

1) 관음사 등산로

관음사 등산로에서는 해발 1,308-1,518m까지 10개체군 내외의 불연속적인 개체군 분포가 확인되었으며 규모는 1-2m 정도로 비교적 작았다.

2) 성판악 등산로

성판악 등산로 주변에서는 해발 1,739m에서 폭 약 4m의 1개체군만이 확인 되었다.

3) 돈내코 등산로

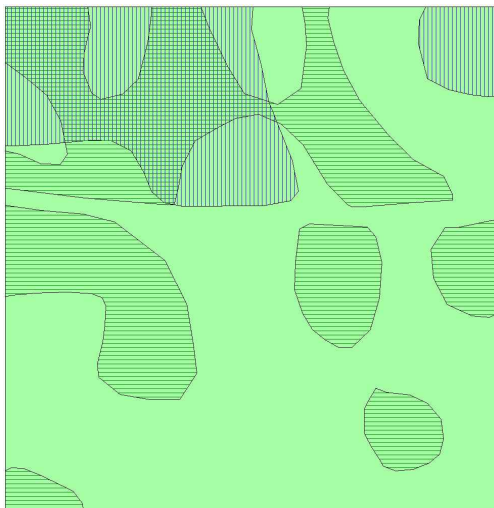
돈내코 등산로에서는 해발 1,438-1,706m에서 거의 연속적인 분포로 100 개체군 이상이 관찰 되었으며 개체군의 규모도 매우 다양하게 나타났다.

4) 영실 등산로

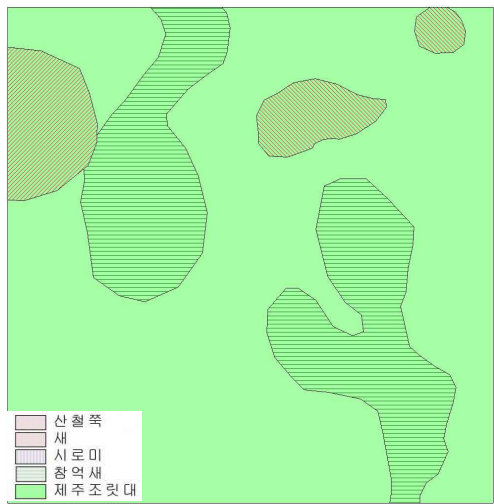
영실 등산로에서는 해발 1,392-1,668m의 범위에서 불연속적인 분포로 30 개체군 내외가 관찰 되었다.

5) 어리목 등산로

어리목 등산로 주변에서는 해발 1,383-1,607m의 범위에서 거의 연속적인 분포로 200여 개체군 이상이 관찰되었고, 특히 1,400-1,500m 까지에 집중적으로 분포하며 최근 분포역 확산이 매우 활발하게 이루어지고 있는 지역으로 판단되었다. 따라서 모니터링을 위한 장기생태 조사구 2개소를 설치하였다. 조사구에는 시로미, 산철쭉, 제주조릿대 등과 심한 경쟁 상태에 있는 것으로 판단된다(그림 29).



조사구 A



조사구 B



그림 29. 참억새 조사구 A, B의 종분포 평면도 및 사진

3.1.4.2 분포역 쇠퇴중

시로미는 시로미과의 식물로 고산지대의 바위틈이나 산성을 띠는 토양의 건조한 곳에서 잘 자라는 상록활엽소관목으로 잎은 뭉쳐나고 줄 모양이며 길이 5~6mm, 너비 0.7~0.8mm 이다. 잎은 선형으로 두껍고 운채가 나며 사방으로 퍼진다. 가장자리는 밋밋하고 뒤로 말린다. 꽃은 암수한그루이거나 암수딴그루이며 6~7월에 자줏빛으로 피는데, 양성화 또는 잡성화이고 잎겨드랑이에 달린다. 꽃받침조각·꽃잎·수술은 3개씩이며 수술대는 가늘고 길다. 꽃밥은 붉은 빛이다. 열매는 장과로서 둥글며 지름 5mm 정도이고 8~9월에 자줏빛을 띤 검은색으로 익으며, 한국(한라산·백두산·장백산), 일본, 북반구의 한대와 아한대에 널리 분포하는 것으로 알려져 있다.

최근 한라산에서는 이상기온, 제주조릿대의 피압, 참억새의 피압 등으로 인한 시로미의 분포역 쇠퇴 현상이 관찰되고 있으며, 이를 반영할 수 있는 시로미 장기동태 조사구를 설치하고 기초조사를 실시하였다(그림 30).

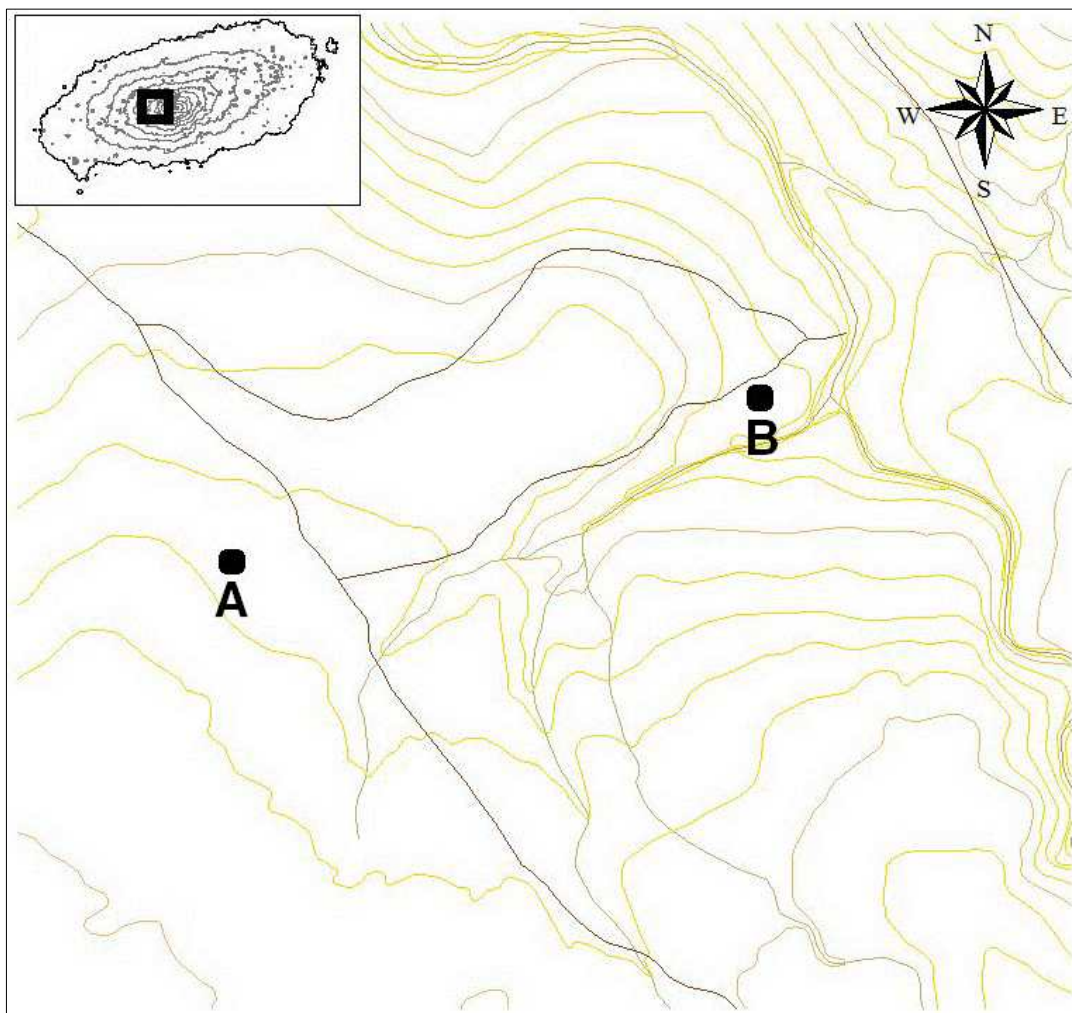


그림 30. 시로미 장기동태 조사구 위치

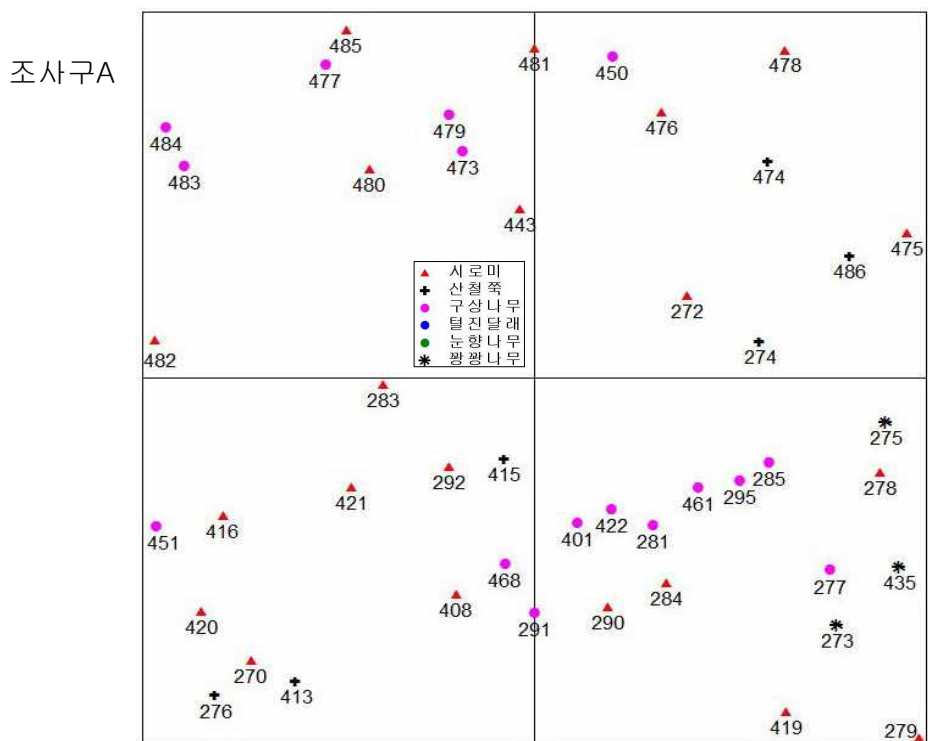


그림 31. 조사구 내 종 분포도

표 15. 조사구A 내 출현종의 형질 값

번호	식물명	수고(cm)	수관폭(cm)	번호	식물명	수고(cm)	수관폭(cm)
478	시로미	16	85	479	구상나무	30	26
413	산철쭉	25	30	401	구상나무	30	25
276	산철쭉	25	30	443	시로미	11	133
270	시로미	17	80	422	구상나무	30	20
475	시로미	15	174	281	구상나무	35	25
420	시로미	10	70	461	구상나무	25	5
451	구상나무	30	15	480	시로미	12	173
486	산철쭉	32	107	284	시로미	8	110
416	시로미	16	40	477	구상나무	24	25
476	시로미	10	91	419	시로미	10	60
482	시로미	10	100	485	시로미	12	71
474	산철쭉	19	68	484	구상나무	85	70
421	시로미	8	45	279	시로미	5	60
283	시로미	10	70	483	구상나무	78	89
292	시로미	7	105	435	팥팥나무	50	110
408	시로미	7	40	272	시로미	11	90
450	구상나무	21	17	273	팥팥나무	33	7
291	구상나무	34	20	274	산철쭉	13	42
468	구상나무	30	10	277	구상나무	40	45
481	시로미	11	139	275	팥팥나무	28	69
290	시로미	14	90	285	구상나무	20	10
473	구상나무	30	21	295	구상나무	13	7
415	산철쭉	30	50	278	시로미	13	65

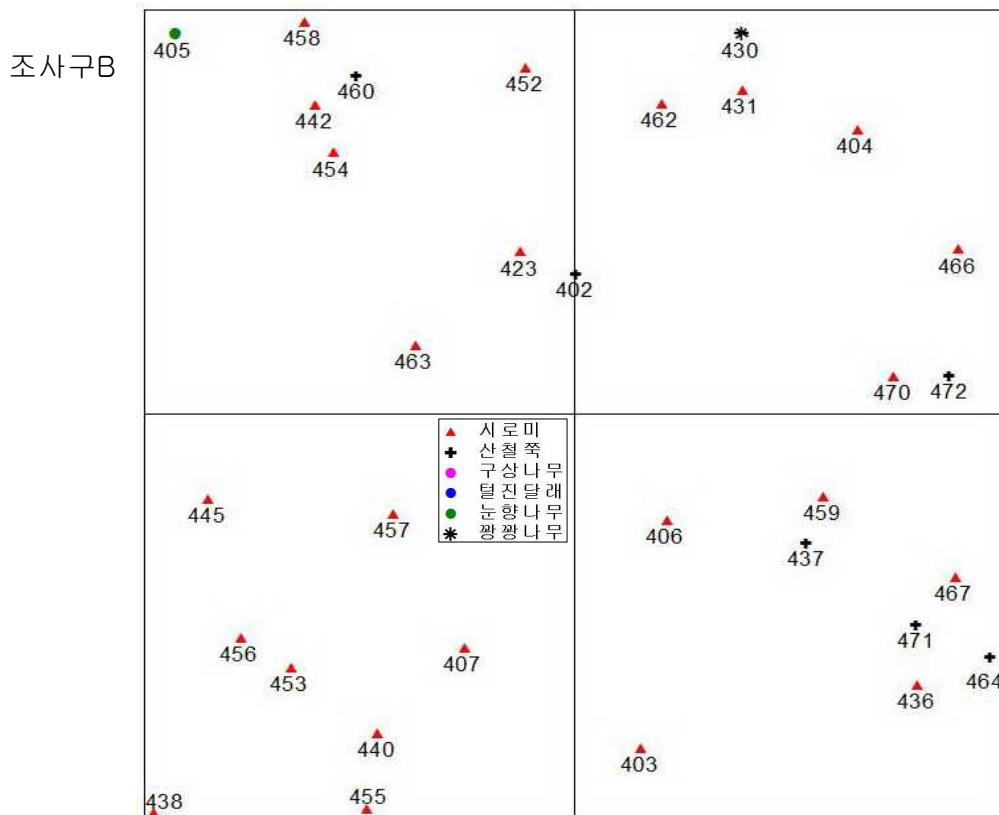


그림 32. 조사구내 종 분포도

표 16. 조사구B 내 출현종의 형질 값

번호	식물명	수고(cm)	수관폭(cm)	번호	식물명	수고(cm)	수관폭(cm)
403	시로미	9	119	407	시로미	20	80
406	시로미	14	140	457	시로미	15	85
463	시로미	30	140	456	시로미	5	20
442	시로미	26	175	453	시로미	4	30
460	산철쭉	25	140	445	시로미	5	48
459	시로미	25	115	454	시로미	2	10
467	시로미	17	160	405	눈향나무	15	25
466	시로미	20	70	458	시로미	8	50
472	산철쭉	58	90	452	시로미	13	50
470	시로미	7	70	423	시로미	7	70
437	산철쭉	20	55	430	광광나무	19	34
471	산철쭉	20	45	402	산철쭉	28	43
436	시로미	15	110	462	시로미	17	110
464	산철쭉	13	40	431	시로미	5	30
455	시로미	10	77	404	시로미	4	35
440	시로미	10	95	444	시로미	7	20
438	시로미	10	110				

3.2 아열대생태계 식생변화 모니터링 및 변화 예측을 위한 기본 데이터 구축

3.2.1 함몰구의 식생 및 식물상 조사

3.2.1.1 함몰구의 위치 및 특성

함몰구는 제주 동부의 귤자왈 지역에서 나타나는 독특한 화산지형으로 기온 및 습도 변화가 적고 연중 일정한 기온을 유지하고 있어 식생 및 식물상이 매우 독특한 지역으로 평가되고 있다. 현재까지 확인된 함몰구는 총 17개소로 제주도 동북부 지역에 집중되어 있으며, 많은 수가 세계자연유산지구인 서검은오름 일대에 산재해 있다(그림 33).

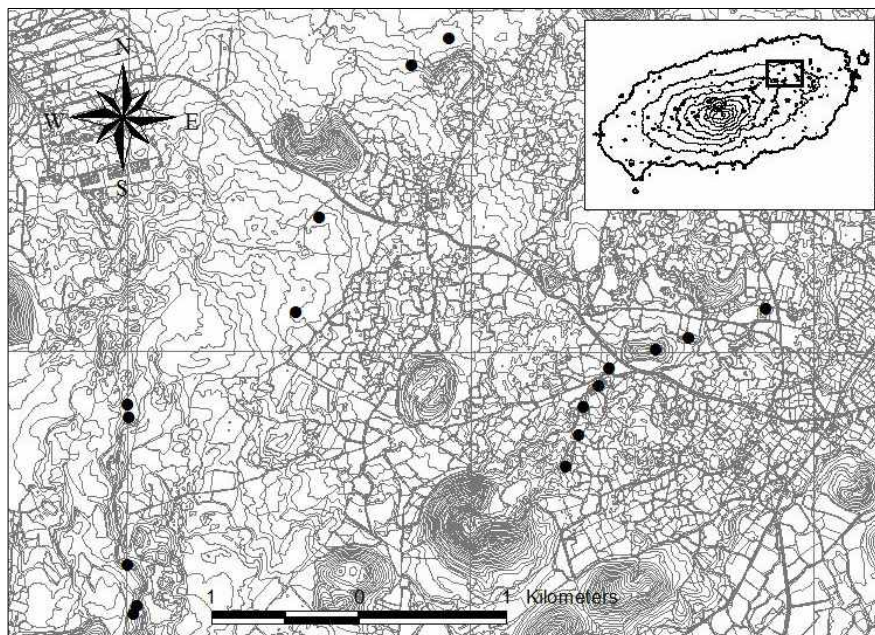


그림 33. 확인된 함몰구의 분포

3.2.1.2 함몰구의 식물상

현재까지 함몰구에서 확인된 관속식물은 총 45과 71속 94종으로 밝혀졌으며, 이 중에는 북방계 식물로서 제주도 미기록식물인 한들고사리 등이 확인되었다.

Ophioglossum (고사리삼과)

- 1 *Botrychium japonicum* (Prantl) Underw. 산꽃고사리삼

Hymenophyllaceae (처녀이끼과)

2 s.p

Adiantaceae (공작고사리과)

3 *Adiantum monochlamys* D. C. Eaton. 섬공작고사리

Pteridaceae (봉의꼬리과)

4 *Pteris cretica* L. 큰봉의꼬리

5 *Coniogramme intermedia* Hieron. 고비고사리

Dennstaedtiaceae (잔고사리과)

6 *Dennstaedtia hirsuta* (Sw.) Mett. ex Miq. 잔고사리

Aspleniaceae (꼬리고사리과)

7 *Asplenium varians* Wall. ex Hook. & Grev. 애기꼬리고사리

8 *Asplenium ritoense* Hayata. 쪽잔고사리

9 *Asplenium scolopendrium* L. 골고사리

Athyriaceae (개고사리과)

10 *Diplazium wichurae* (Mett.) Diels in Engl. & Prantl. 주름고사리

11 *Deparia lancea* (Thunb.) Fraser-Jenk. 버들참빗

12 *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.. 한들고사리

Thelypteridaceae (처녀고사리과)

13 *Thelypteris japonica* (Baker) Ching var. *glabrata* Ching. 참지네고사리

Dryopteridaceae (관종과)

14 *Arachniodes standishii* (T.Moore) Ohwi. 일색고사리

15 *Arachniodes sporadosora* (Kunze) Nakaike. 좀쇠고사리

16 *Arachniodes aristata* (G.Forst.) Tindale. 가는쇠고사리

17 *Arachniodes simplicior* (Tagawa) Ohwi. 큰낫쇠고사리

18 *Polystichum polyblepharum* (Roem. ex Kunze) C.Presl. 나도히초미

19 *Polystichum ovato-paleaceum* var. *coraiense* (H. Christ) Sa. Kurata. 참나도
히초미

20 *Dryopteris erythrosora* (D.C.Eaton) Kuntze. 홍지네고사리

21 *Dryopteris dickinsii* (Franch. & Sav.) C.Chr. 큰톱지네고사리

22 *Dryopteris pacifica* (Nakai) Tagawa. 큰족제비고사리

23 *Dryopteris varia* (L.) Kuntze. 족제비고사리

24 *Dryopteris uniformis* (Makino) Makino. 곰비늘고사리

25 *Dryopteris crassirhizoma* Nakai. 관종

26 *Dryopteris lacera* (Thunb.) Kuntze. 비늘고사리

27 *Dryopteris sacrosancta* Koidz. 애기족제비고사리

28 *Polystichum tripterum* (Kunze) C.Presl. 십자고사리

- 29 *Cyrtomium fortunei* J.Sm. 쇠고비
 30 *Cyrtomium falcatum* (L.f.) C.Presl. 도깨비고비
 31 *Polystichum lepidocaulon* (Hook.) J.Sm. 더부살이고사리

Polypodiaceae (고란초과)

- 32 *Lemmaphyllum microphyllum* C. Presl. 콩짜개덩굴
 33 *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farw. 석위

Fagaceae (참나무과)

- 34 *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. 구실잣밤나무
 35 *Quercus acuta* Thunb. ex Murrayfor. Acuta. 붉가시나무
 36 *Quercus salicina* Blume. 참가시나무

Ulmaceae (느릅나무과)

- 37 *Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch. 푸조나무
 38 *Celtis sinensis* Pers .팽나무

Moraceae (뽕나무과)

- 39 *Ficus thunbergii* Maxim. 왕모람
 40 *Ficus oxyphylla* Miq. ex Zoll. 모람
 41 *Ficus erecta* Thunb. 천선과나무

Rannunculaceae (미나리아재비과)

- 42 *Clematis terniflora* var. mandshurica (Rupr.) Ohwi. 으아리

Lardizabalaceae (으름덩굴과)

- 43 *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne. 멀꿀
 44 *Akebia quinata* (Thunb.) Decne. 으름

Schisandraceae (오미자과)

- 45 *Kadsura japonica* (L.) Dunal. 남오미자

Lauraceae (녹나무과)

- 46 *Neolitsea sericea* (Blume) Koidz. 참식나무
 47 *Cinnamomum japonicum* Siebold ex Nees. 생달나무
 48 *Lindera erythrocarpa* Makino. 비목나무
 49 *Machilus thunbergii* Siebold & Zucc. 후박나무
 50 *Litsea japonica* (Thunb.) Juss. 까마귀쪽나무
 51 *Machilus japonica* Siebold & Zucc. 센달나무
 52 *Neolitsea aciculata* (Blume) Koidz. 새덕이

Papaveraceae (양귀비과)

- 53 *Corydalis incisa* (Thunb.) Pers. 자주괴불주머니

Saxifragaceae (범의귀과)

- 54 *Chrysosplenium japonicum* (Maxim.) Makino. 갯이슬s.p
Hydrangeaceae (수국과)
55 *Hydrangea petiolaris* Siebold & Zucc. 등수국
Rosaceae (장미과)
56 *Rosa multiflora* Thunb. 찔레꽃
57 *Duchesnea indica* (Andr.) Focke. 뱀딸기
58 *Rubus hirsutus* Thunb. 장딸기
59 *Rubus crataegifolius* Bunge. 산딸기
Reguminaceae (콩과)
60 *Albizia julibrissin* Durazz. 자귀나무
Elaeagnaceae (보리수나무과)
61 *Elaeagnus macrophylla* Thunb. 보리밥나무
Euphorbiaceae (대극과)
62 *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell. Arg. 예덕나무
63 *Mercurialis leiocarpa* Siebold & Zucc. 산쪽풀
Rhamnaceae (갈매나무과)
64 *Sageretia thea* (Osbeck) M.C. Johnst. 상동나무
Aquifoliaceae (감탕나무과)
65 *Ilex integra* Thunb. 감탕나무
Celastraceae (노박덩굴과)
66 *Euonymus fortunei* var. *radicans* (Miq.) Rehder. 줄사철나무
Sapindaceae (무환자나무과)
67 *Acer palmatum* Thunb. ex Murray. 단풍나무
Meliaceae (멀구슬나무과)
68 *Melia azedarach* L. 멀구슬나무
Actinidiaceae (다래나무과)
69 *Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래
Theaceae (차나무과)
70 *Camellia japonica* L. 동백나무
71 *Eurya japonica* Thunb. 사스레피나무
Flacourtiaceae (이나무과)
72 *Idesia polycarpa* Maxim. 이나무
Araliaceae (두릅나무과)
73 *Hedera rhombea* (Miq.) Bean. 송악
74 *Fatsia japonica* (Thunb.)Decne .& Planch. 팔손이

- 75 *Dendropanax trifidus* (Thunb.) Makino ex H. Hara. 황칠나무
Umbelliferae (산형과)
 76 *Anthriscus caucalis* M. Bieb. 유럽전호s,p
 77 *Pimpinella brachycarpa* (Kom.) Nakai. 참나물
Garryaceae (식나무과)
 78 *Aucuba japonica* Thunb. 식나무
Ericaceae (진달래과)
 79 *Monotropa uniflora* L. 수정난풀
 80 *Ardisia japonica* (Thunb.) Blume. 자금우
 81 *Ardisia crenata* Sims. 백량금
Styracaceae (때죽나무과)
 82 *Styrax japonicus* Siebold & Zucc. 때죽나무
Loganiaceae (마전과)
 83 *Gardneria insularis* Nakai. 영주치자
Apocyanaceae (혈죽도과)
 84 *Trachelospermum asiaticum* (Siebold & Zucc.) Nakai. 마삭줄
 85 *Marsdenia tomentosa* Morren & Decne. 나도은조롱
Rubiaceae (꼭두선이과)
 86 *Damnacanthus major* Siebold & Zucc. 수정목
Caprifoliaceae (인동과)
 87 *Sambucus sieboldiana* (Miq.) Blume ex Graebn. 뎃나무
 88 *Viburnum odoratissimum* var. *awabuki* (K.Koch) Zabel ex Rumphel. 아왜나무
Campanulaceae (초롱꽃과)
 89 *Peracarpa carnosus* var. *circaeoides* (F.Schmidt ex Miq.) Makino. 홍노도라지
Poaceae (벼과)
 90 sp.
Ruscaceae (둥굴레과)
 91 *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* (Miq.) Ohwi. 둥굴레
 92 *Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker Gawl. 소엽맥문동
 93 *Liriope platyphylla* F. T. Wang & T. Tang. 맥문동
 94 *Smilacina japonica* A. Gray in Perry. 풀솜대
Orchidaceae (난초과)
 95 *Goodyera maximowicziana* Makino. 섬사철난
 96 *Calanthe discolor* Lindl. 새우난초

표 17. 함몰구에서 확인된 관속식물

		과	속	종	계
양치식물		10	16	32	32
현화식물	쌍자엽식물				
	이판화	25	39	45	45
	합판화	7	10	11	11
	단자엽식물	3	6	6	6
계		45	71	94	94

3.2.1.3 함몰구의 식생

조천읍 선흘리에 위치한 함몰구를 선정하여 중앙의 최저점을 통과하는 100㎡의 조사구 6개와 연속된 평지에 1개소 등 총 7개의 조사구를 설치하였다. 함몰구는 장경 65m 단경 55m 정도의 규모이고, 깊이 약 20m 이며 해발은 350m에 위치한다(그림 34,35, 표 18).

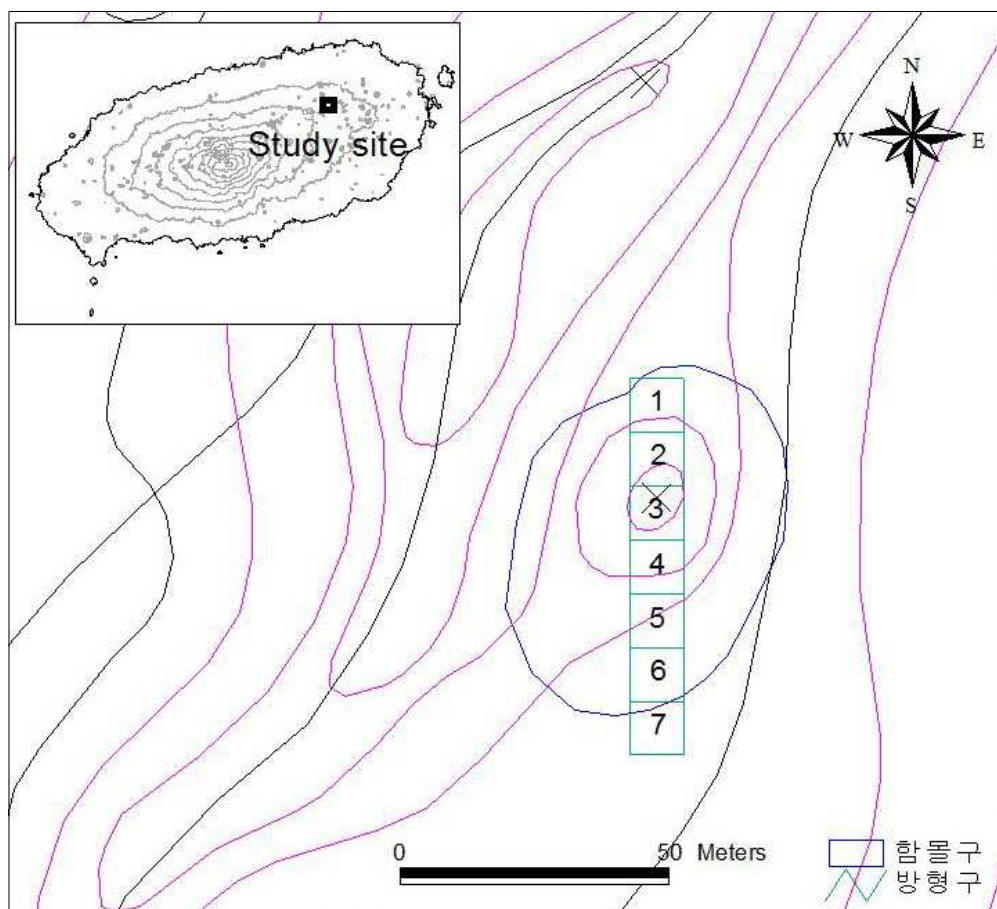


그림 34. 함몰구 조사지역 방형구 위치도



그림 35. 함몰구 조사지역 전경

표 18. 함몰구 조사지역 입지 현황

직경(m)	깊이(m)	해발고 (m)	위치	암석 노출도(%)	경사(°)	식생 피도(%)
장경 65 단경 55	약 25	330 ~350	N 33° 27' 13.6" E 126° 43' 39.9"	55~80	5~60	70~95

함몰구의 수목분포를 보면 가장자리에 구실잣밤나무, 종가시나무, 센달나무, 생달나무 등의 교목성 수목이 분포하고, 경사가 급한 사면에 식나무의 밀도가 높아지고 단풍나무 등의 낙엽활엽수 출현빈도가 높아지는 경향을 나타낸다. 이러한 수목의 분포는 미약하기는 하나 산지의 수직분포처럼 역수직분포형으로 나타나며 중심부로 갈수록 온대 및 온대북부에 주로 분포하는, 한라산의 비교적 해발고가 높은 지역에 주로 출현하는 종의 출현 빈도가 높다. 특히 초본식물의 경우 함몰구의 외륜과 기저부의 종분포는 확연히 다르며, 기저부로 갈수록 골고사리, 일색고사리, 섬사철란, 관중 등 온대 북부에 분포하는 식물군의 출현 빈도가 높다(그림 36, 37).

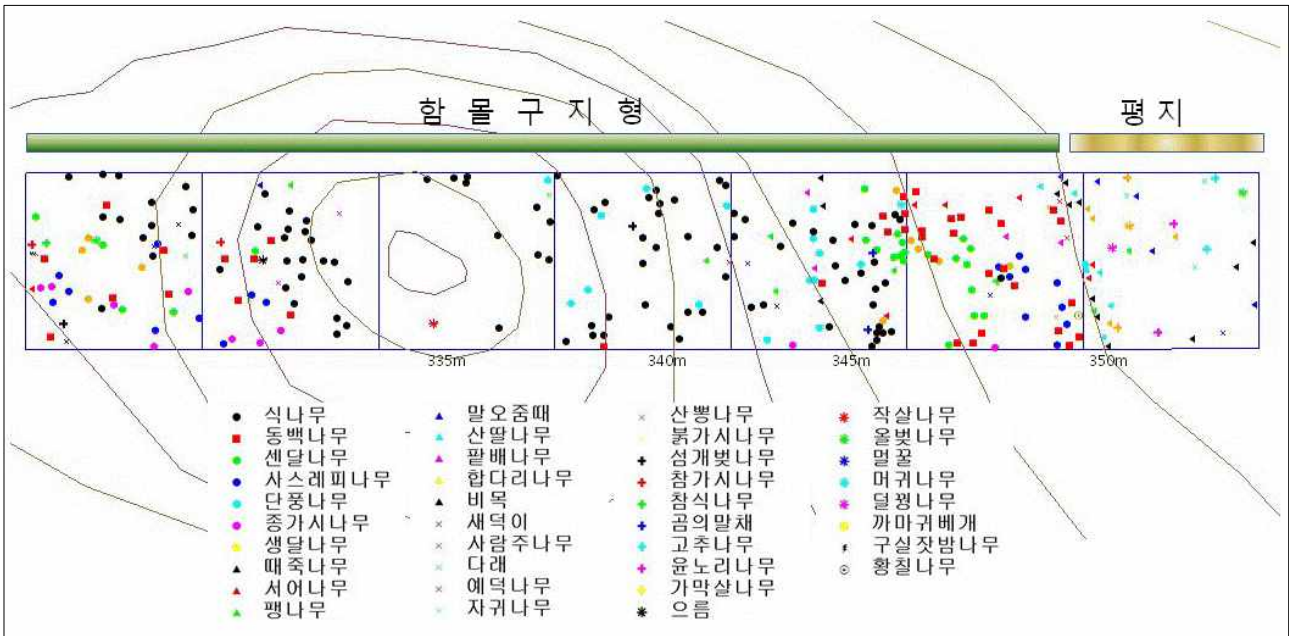


그림 36. 함몰구 조사지역 수목 분포도

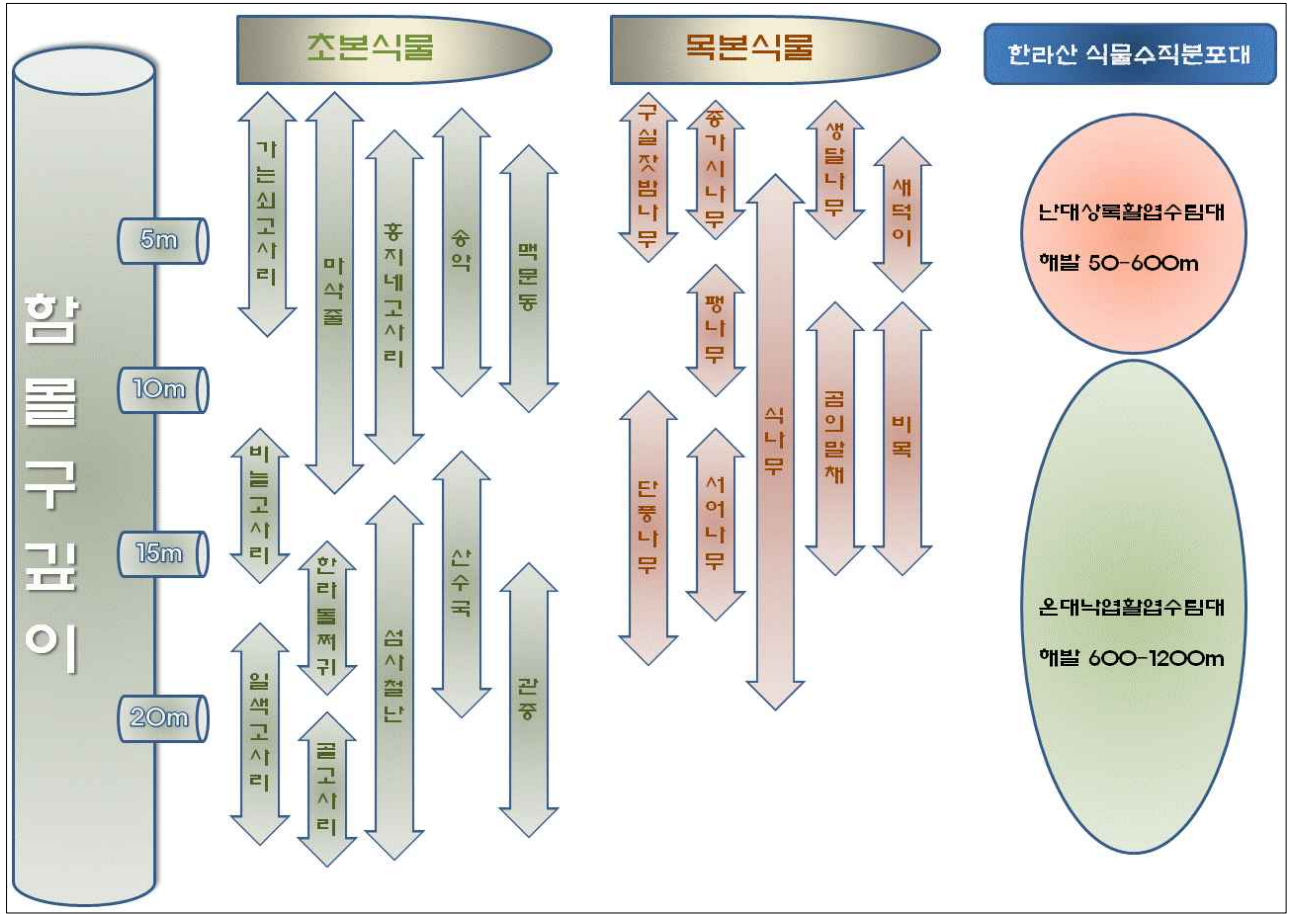


그림 37. 함몰구 조사지역 출현종의 수직 분포 모식도

1) 교목층

함몰구에 분포하는 12m 이상의 교목층은 흉고직경이 10cm 이상에서부터 20cm 내외의 수목이 주로 분포하였다. 교목층을 구성하는 수목의 중요도는 때죽나무가 81.05로 가장 높게 나타났으며, 종가시나무 54.34, 서어나무 28.50, 구실잣밤나무 23.9 등의 순으로 나타났다(그림 38, 표 19).,

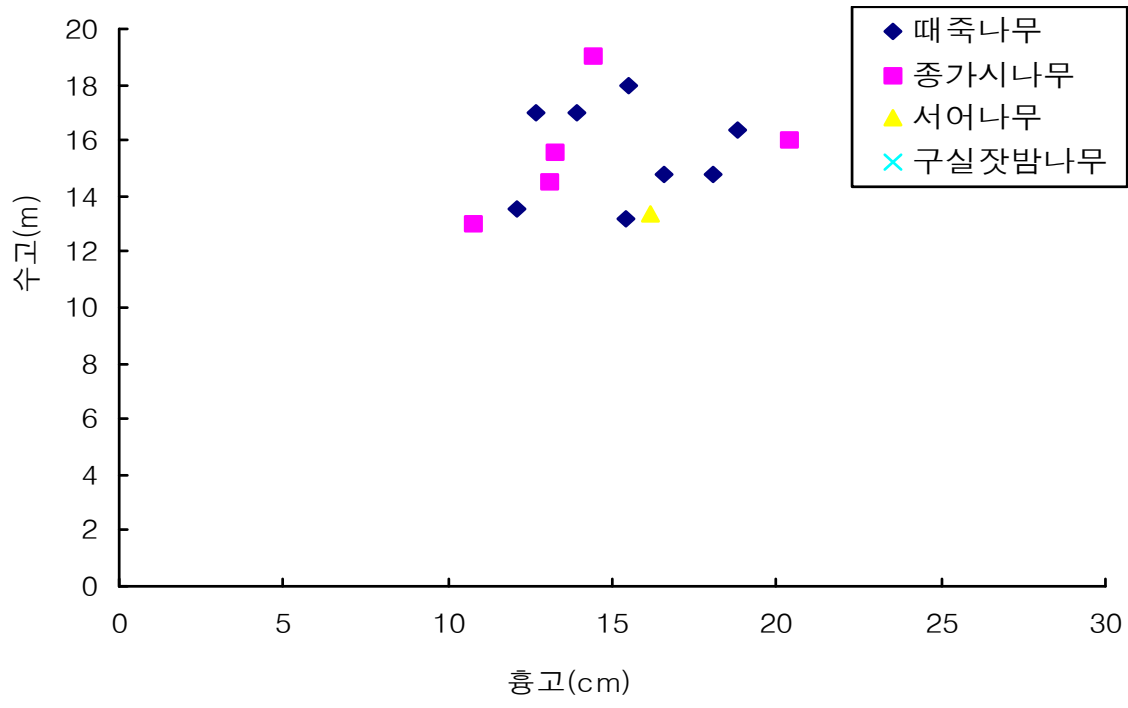


그림 38. 함몰구 조사지역 교목층 흉고 및 수고 분포

표 19. 함몰구 조사지역 교목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
때죽나무	29.77	34.62	16.67	81.05
종가시나무	12.88	19.23	22.22	54.34
서어나무	9.70	7.69	11.11	28.50
구실잣밤나무	14.50	3.85	5.56	23.90
곰의말채	9.75	7.69	5.56	23.00
자귀나무	9.34	3.85	5.56	18.75
머귀나무	8.44	3.85	5.56	17.84
예덕나무	2.22	3.85	5.56	11.62
동백나무	1.97	3.85	5.56	11.37
합다리나무	0.96	3.85	5.56	10.36
팽나무	0.38	3.85	5.56	9.79
다래	0.09	3.85	5.56	9.49
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

2) 아교목층

함몰구에 분포하는 3m 이상 10m 미만의 아교목층의 중요도는 동백나무가 33.41로 가장 높게 나타났으나, 단풍나무 28.30, 사스레피나무 24.54, 식나무 23.44 등이 고르게 나타났다 (그림 39, 표 20).

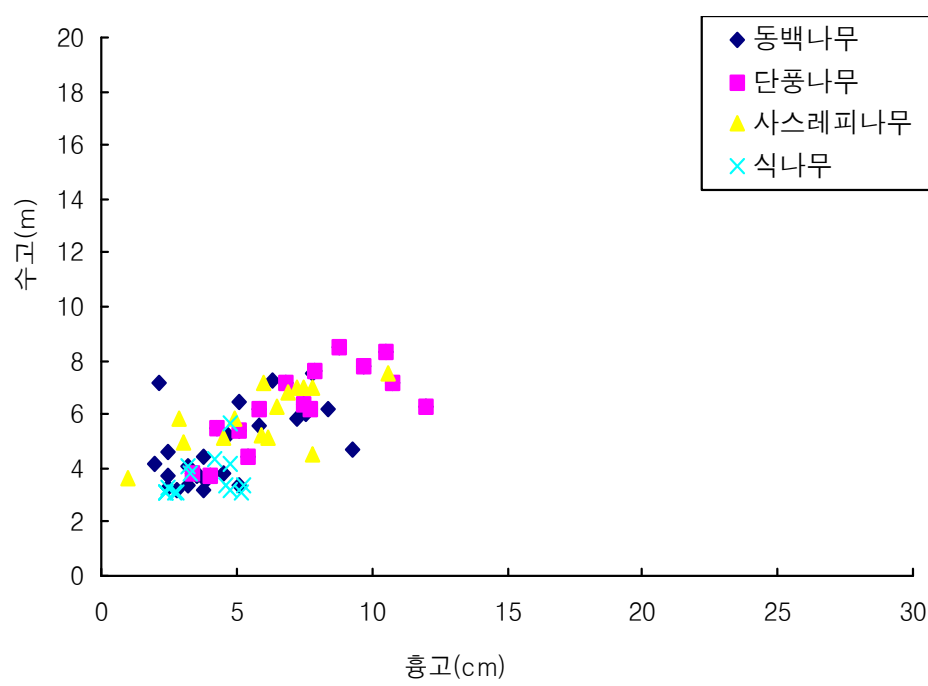


그림 39. 함몰구 조사지역 아교목층 흉고 및 수고 분포

표 20. 함몰구 조사지역 아교목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
동백나무	7.82	18.18	7.41	33.41
단풍나무	11.38	11.36	5.56	28.30
사스레피나무	7.62	11.36	5.56	24.54
식나무	2.81	11.36	9.26	23.44
서어나무	7.91	4.55	7.41	19.86
팽나무	6.73	3.03	5.56	15.31
섬개벚나무	12.37	0.76	1.85	14.98
팔배나무	6.58	3.03	3.70	13.31
생달나무	3.24	4.55	3.70	11.49
종가시나무	4.54	3.03	3.70	11.27
말오줌때	3.07	3.79	3.70	10.56
산딸나무	1.00	3.79	3.70	8.49
새덕이	1.30	3.03	3.70	8.03
참가시나무	2.72	1.52	3.70	7.94
자귀나무	4.27	1.52	1.85	7.63
올벚나무	4.61	0.76	1.85	7.22
합다리나무	3.47	1.52	1.85	6.84
참식나무	1.12	1.52	3.70	6.34

표 20. 함몰구 조사지역 아교목층 중요도 구성 (계속)

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
사람주나무	0.32	2.27	3.70	6.30
다래	0.38	1.52	3.70	5.59
비목	1.85	1.52	1.85	5.22
붉가시나무	0.95	1.52	1.85	4.31
예덕나무	1.42	0.76	1.85	4.03
황칠나무	1.24	0.76	1.85	3.85
고추나무	0.71	0.76	1.85	3.32
윤노리나무	0.33	0.76	1.85	2.94
으름	0.15	0.76	1.85	2.76
멀꿀	0.10	0.76	1.85	2.71
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

3) 관목층

함몰구에 분포하는 3m 미만의 관목층에 분포하는 주요 수종은 식나무, 센달나무 등으로 특히 식나무는 흉고직경이 매우 다양하게 나타났다. 관목층의 중요도는 식나무가 130.48로 가장 높게 나타났으며, 센달나무 37.70, 동백나무 29.84, 섬개벚나무 19.49 등의 순으로 나타났다(그림 40, 표21).

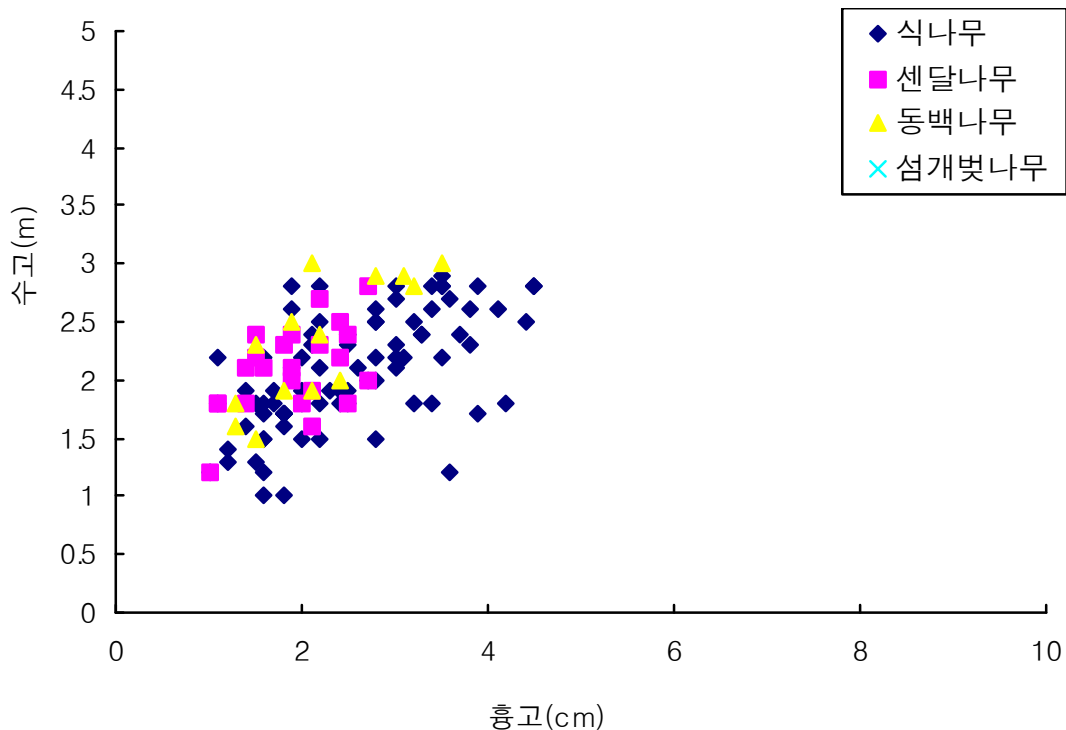


그림 40. 함몰구 조사지역 관목층 흉고 및 수고 분포

표 21. 함몰구 조사지역 관목층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
식나무	51.06	59.42	20.00	130.48
센달나무	7.70	16.67	13.33	37.70
동백나무	6.37	10.14	13.33	29.84
섬개벚나무	15.43	0.72	3.33	19.49
산뽕나무	10.86	1.45	3.33	15.65
생달나무	1.12	2.17	6.67	9.96
가막살나무	0.52	1.45	3.33	5.30
말오줌때	1.24	0.72	3.33	5.30
비목	1.11	0.72	3.33	5.17
작살나무	0.72	0.72	3.33	4.78
단풍나무	0.67	0.72	3.33	4.73
윤노리나무	0.67	0.72	3.33	4.73
산딸나무	0.63	0.72	3.33	4.68
까마귀베개	0.42	0.72	3.33	4.47
덜꿩나무	0.42	0.72	3.33	4.47
고추나무	0.38	0.72	3.33	4.44
사스레피나무	0.38	0.72	3.33	4.44
합다리나무	0.31	0.72	3.33	4.37
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

4) 초본층

함몰구에 분포하는 초본층에 분포하는 출현종의 중요도는 그늘사초 28.48가 가장 높게 나타났으며, 식나무 25.00, 센달나무 22.31, 산수국 13.48 등의 순으로 나타났다(표 22).

표 22. 함몰구 조사지역 초본층 중요도 구성

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
그늘사초	2.34	24.61	1.53	28.48
식나무	16.21	4.21	4.58	25.00
센달나무	15.64	3.62	3.05	22.31
산수국	8.79	1.64	3.05	13.48
주름조개풀	1.14	10.52	0.76	12.42
마삭줄	0.21	8.04	3.82	12.06
참나물	4.82	2.78	1.53	9.12
나도히초미	3.94	0.63	3.82	8.39
생달나무	3.92	0.88	3.05	7.86
섬사철란	0.54	4.96	2.29	7.79
송악	0.18	3.74	3.82	7.74
홍지네고사리	3.39	1.18	2.29	6.85

표 22. 함몰구 조사지역 초본층 중요도 구성 (계속)

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
콩짜개덩굴	0.04	3.28	3.05	6.38
십자고사리	1.58	1.64	3.05	6.27
일색고사리	4.67	0.67	0.76	6.11
누운괴불이끼	0.09	3.45	2.29	5.83
개다래	3.53	0.67	1.53	5.73
산족제비고사리	0.83	1.05	3.82	5.70
관중	4.60	0.29	0.76	5.66
참나도히초미	4.03	0.76	0.76	5.55
애기꼬리고사리	0.18	1.94	3.05	5.17
골고사리	1.88	0.80	2.29	4.97
동백나무	1.19	0.46	2.29	3.94
바위손	0.72	1.30	1.53	3.55
참식나무	1.39	0.29	1.53	3.21
진퍼리고사리	0.78	0.80	1.53	3.11
모람	0.15	0.55	2.29	2.99
등수국	0.84	0.42	1.53	2.79
광릉용수염	0.20	1.81	0.76	2.77
작살나무	0.89	0.25	1.53	2.67
주걱일엽	0.07	1.05	1.53	2.65
맥문동	0.02	1.09	1.53	2.64
으름	0.39	0.72	1.53	2.63
점박이천남성	0.67	0.42	1.53	2.61
국수나무	0.33	1.35	0.76	2.44
가지고비고사리	1.31	0.34	0.76	2.41
개승마	0.26	0.59	1.53	2.37
큰톱지네고사리	1.34	0.25	0.76	2.36
쥐똥나무	0.29	0.17	1.53	1.99
비늘고사리	0.73	0.42	0.76	1.91
땃톱	0.03	0.29	1.53	1.85
비목	0.53	0.55	0.76	1.84
줄말기	0.27	0.63	0.76	1.67
고비고사리	0.51	0.29	0.76	1.57
바위수국	0.51	0.29	0.76	1.57
새덕이	0.67	0.13	0.76	1.56
참가시나무	0.67	0.13	0.76	1.56
좀진고사리	0.24	0.55	0.76	1.55
새우란	0.22	0.50	0.76	1.49

표 22. 함몰구 조사지역 초본층 중요도 구성 (계속)

종명	상대피도	상대밀도	상대빈도	중요도
보리수나무	0.13	0.29	0.76	1.19
단풍나무	0.33	0.08	0.76	1.18
한라돌쩌귀	0.04	0.34	0.76	1.14
멀꿀	0.16	0.13	0.76	1.04
금새우난	0.15	0.08	0.76	0.99
큰꼭두서니	0.15	0.08	0.76	0.99
예덕나무	0.11	0.08	0.76	0.95
남오미자	0.03	0.13	0.76	0.92
개구리발톱	0.00	0.13	0.76	0.89
청가시덩굴	0.04	0.08	0.76	0.88
보리밥나무	0.07	0.04	0.76	0.88
새끼노루귀	0.00	0.08	0.76	0.85
합계	100.00	100.00	100.00	300.00

표 23. 함몰구 조사지역의 종다양도(H'), 최대종다양도(Max. H'), 균재도(J'), 우점도 지수($1-J'$)

Layer	No. of species (S)	Species diversity(H')	Maximum H' (Max. H')	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)
Tree	12	0.904	1.079	0.838	0.162
Sub-tree	28	1.229	1.447	0.849	0.151
Shrub	18	0.640	1.255	0.510	0.490
Herbaceous	65	1.361	1.813	0.751	0.249

3.2.2 상록활엽수림의 식생 및 식물상 조사

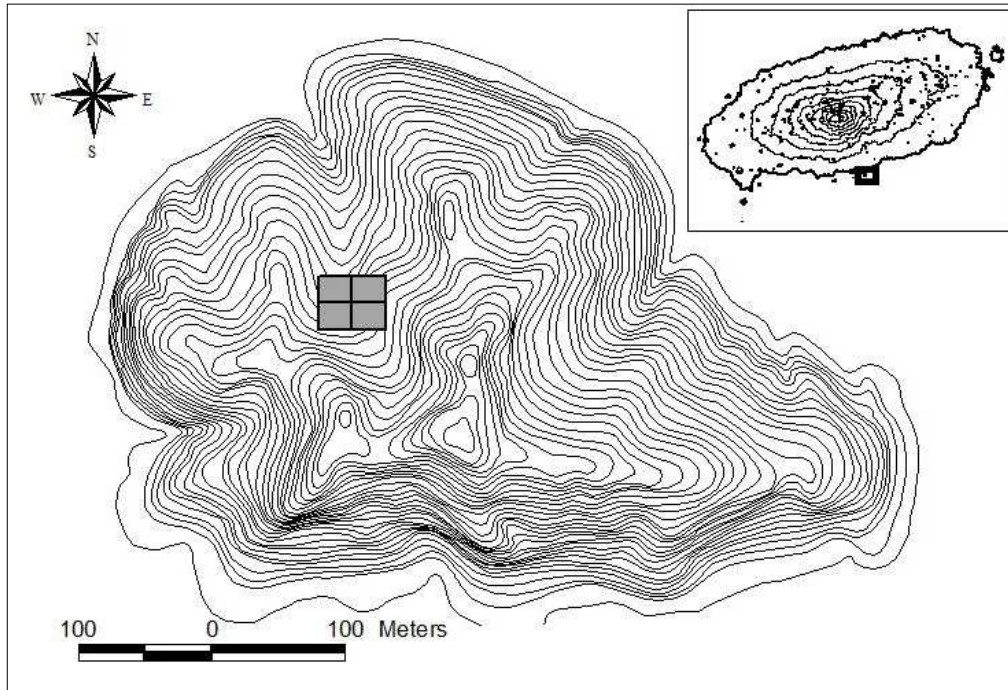


그림 41. 쑤섬지역 조사구 위치

3.2.2.1 수목의 공간분포

조사 방형구는 쑤섬 북서면의 상록활엽수림지역에 설치되어 있으며(그림 41), 수목의 층위 구분이 확실하게 나타나고 있는 지역으로서 상층부는 개체수가 적지만 하층부는 개체수가 많이 나타나고 있는 것으로 조사되었다(그림 42).

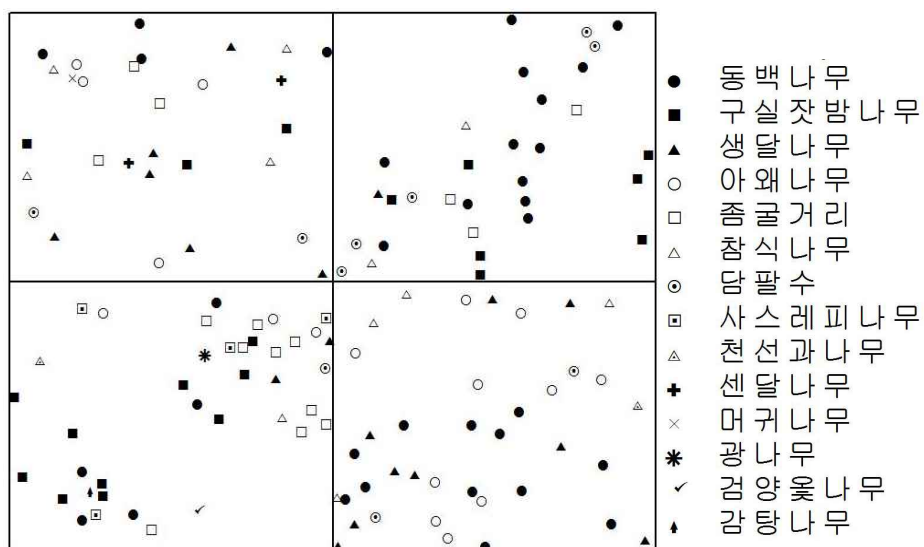


그림 42. 쑤섬 주요 수종의 공간분포

3.2.2.2 출현종의 구성

구실잣밤나무는 비교적 흉고직경이 크고 수고는 10m에서 15m에 분포하고 있으며, 생달나무와 센달나무는 흉고직경이 20cm에서 60cm 미만이고 구실잣밤나무와 같이 상층부에 위치하고 있다. 또한 동백나무는 흉고직경이 40cm 미만이고 수고는 10m 미만에 대부분 분포하고 있다(그림 43).

조사지역내 출현 종의 총 개체수는 137개체로서 동백나무는 34개체로 제일 많았으며, 구실잣밤나무 20개체, 생달나무는 18개체의 순으로 조사되었다. 구실잣밤나무는 중요도가 67.50으로 제일 높았으며, 동백나무는 47.55, 담팔수가 40.11의 순으로 조사되었다(표 24).

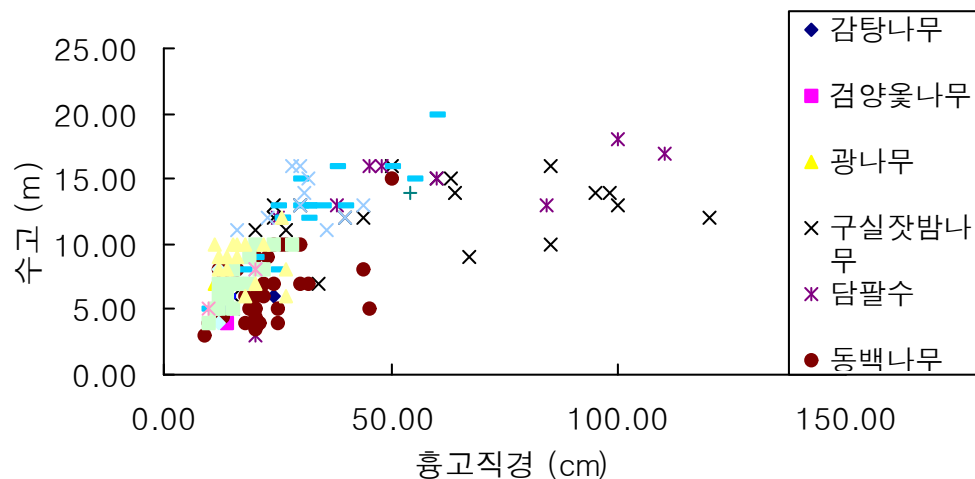


그림 43. 섣섬 지역 주요 수종의 흉고와 수고에 따른 분포.

표 24. 섣섬 지역 주요 목본 수종의 종 분포 현황

No.	Species name	Density	Diameter at breast		Distribution		
			height(cm)	RC	RD	RF	RIV
1	구실잣밤나무	20	66,121.34	43.81	14.60	9.09	67.50
2	동백나무	34	16,021.85	10.62	24.82	12.12	47.55
3	담팔수	10	31,226.52	20.69	7.30	12.12	40.11
4	생달나무	18	17,028.22	11.28	13.14	12.12	36.54
5	참식나무	11	8,310.01	5.51	8.03	12.12	25.66
6	아왜나무	17	4,049.03	2.68	12.41	9.09	24.18
7	좀굴거리	15	4,085.14	2.71	10.95	9.09	22.75
8	천선과나무	2	392.50	0.26	1.46	6.06	7.78
9	사스레피나무	4	474.93	0.31	2.92	3.03	6.26
10	머귀나무	1	2,289.06	1.52	0.73	3.03	5.28
11	센달나무	2	226.08	0.15	1.46	3.03	4.64
12	감탕나무	1	452.16	0.30	0.73	3.03	4.06
13	검양꽃나무	1	153.86	0.10	0.73	3.03	3.86
14	광나무	1	94.99	0.06	0.73	3.03	3.82
전체		137	150,925.67	100.00	100.00	100.00	300.00

3.2.2.3 종다양성 지수

쑤섬 상록활엽수림 지역의 다양도 지수는 0.937로 매우 높게 나타났으며, 최대 종다양도는 1.146, 균재도는 0.818, 우점도는 0.182로 조사되었다(표 25).

표 25. 쑤섬 지역의 다양도지수, 최대종다양도지수, 균재도, 우점도

Site	No. of species (S)	No. of individual (N)	Species diversity (H')	Maximum H' (Max. H')	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)
쑤섬	14	137	0.937	1.146	0.818	0.182

3.3 기후변화 지표종의 계절학적 변화 모니터링 체계구축

3.3.1 조사지 개황

한라산에서 식물계절현상조사는 한라산의 서사면 해발 1,650m일대 구상나무림에서 실시하고자 조사지를 선정하였다. 현재 조사지 구상나무림에 대한 종조성과 식생구조를 조사 중에 있다.

3.3.2 조사수종 및 연구방법

종 조성 및 식생구조 조사결과에 따라 주요 계절학적 변화 대상 수종 10종을 선정하고 각 종별 특성을 조사하고자 한다. 계절학적 조사가 봄부터 가을까지 일관적으로 시행되어야 자료로서의 가치가 있기 때문에 2차 년도에는 이와 같은 기반조사와 아울러 계절학적 변화 모니터링을 실시할 예정이다.

제 4 장 연구결과의 활용계획

4.1 기대성과	58
4.2 연구결과의 활용방안	58

제4장. 연구결과의 활용계획

4.1 기대성과

본 연구를 통해서 제주지역에서 기후 변화에 의한 육상생태계의 변화를 파악할 수 있는 영구 모니터링 조사구의 확보와 기후 변화 예측을 위한 기본 데이터가 구축될 것이다.

4.2 연구결과의 활용방안

본 연구를 통해 얻어진 데이터를 통해 제주지역 기후변화 적응전략 및 대응대책수립과 기후변화에 대한 사회적 관심 유도 할 뿐만 아니라 기후 변화로 인해 초래되는 식물 생태계의 변화에 대한 심각성을 알리기 위한 홍보자료로 활용이 가능하며, 다른 지역의 기후변화에 대한 연구와의 교류를 통하여 국가적인 기후 변화 예측을 위한 결과에도 활용 가능할 것이다. 또한 본 연구를 통하여 얻어진 주요 성과에 대해서는 관련 학술지를 통한 대외발표가 이루어질 것이다.

주 의 문

1차년도 최종보고서

기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반구축 연구

발행인 : 센터장 감상규

발행일 : 2010년 12월 일

발행처 : 제주지역환경기술개발센터

주 소 : 제주도 제주시 아라동 1 제주대학교 해양대학 2호관 3층

전 화 : 064)754-2319, 724-5340

팩 스 : 064)724-5341

e-mail : master@jetc.or.kr

※ 주 의

1. 이 보고서는 제주지역환경기술개발센터에서 시행한 환경기술연구개발사업의 연구보고서입니다.
 2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 제주지역환경기술개발센터에서 시행한 환경기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
 3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.
-