

제21호
2018

ISSN-1226-8321

산지환경



(사)한국산지환경조사연구회
KOREAN SOCIETY OF FOREST ENVIRONMENT RESEARCH

(사)한국산지환경조사연구회소개

설립목적

- ▶ 산림환경에 관련된 종합적인 조사·연구와 과학적인 산림자원 관리
- ▶ 산림정책 수립에 필요한 산림자원 통계생산 및 기본정보 제공으로 임업발전에 기여하며 사업을 통하여 취약계층에게 일자리를 제공하고 사회서비스를 확충하며 사회에 공헌함을 목적으로 함

주요 활동분야

- ▶ 적지적수 연구 및 산림입지토양조사·분석
- ▶ 임상도 제작 및 산지 이용계획·관리
- ▶ 산림경영계획(산림조사) 및 임목축적 조사·분석
- ▶ 산지재해 방지 및 환경영향 평가
- ▶ 임산물 재배 적지선정 연구 및 산양삼 생산적합성 조사
- ▶ 산림생태환경조사·분석 및 평가
- ▶ 양묘장 토양조사 및 관리방안 연구
- ▶ 국내·외 임업기술 협력 및 정보교환
- ▶ 임업관련기술 맞춤형 컨설팅 및 교육 서비스

일반현황

- ▶ 연구회명 : (사)한국산지환경조사연구회
- ▶ 회 장 : 변 재 경
- ▶ 연혁
 - 1996. 8. 사단법인설립 산림청장 허가(115221-0001820)
 - 1996. 9. 임업서비스업 사업자등록(132-82-03732)
 - 2001. 3. 산림사업 법인등록(영림계획-산림청2001-5호)
 - 2011. 2. 소프트웨어사업자 신고(신고번호B11-39525호)
 - 2011. 3. 엔지니어링활동주체 신고(신고번호12-000210호, 산림분야)
 - 2018. 7. 25. 시험 검사 및 분석업 등록
- ▶ 주 소 : 경기도 남양주시 진접읍 봉현로 42
- ▶ 전화번호 : (031)572-1678, 0063, 0127 팩스 : (031)572-7387
- ▶ 홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr> E-mail : ipji7387@hanmail.net

주요 사업

- ▶ 산림입지토양도(1:5,000) 제작 사업
- ▶ 임상도(1:5,000) 제작 및 현행화 사업
- ▶ 산림경영계획(산림조사) 및 임목축적 조사 · 분석
- ▶ 산지구분 조사 및 이용계획 · 관리
- ▶ 양묘장 토양조사 및 관리기술 연구
- ▶ 산림토양 세분류 공동연구 및 연구시험지 토양조사
- ▶ 산림수자원 유역시험지 토양조사 및 주제도 작성
- ▶ 산양삼 생산적합성 조사 시료채취
- ▶ 산양삼 종자 공급단지 조성을 위한 임상 및 토양조사
- ▶ 산양삼 재배지 토양환경특성조사

주요 사업실적

- | | |
|--|--|
| ▶ 산림입지토양도(1:5,000) 제작 | '08~'17 : 1,185천ha(3,508도엽) |
| ▶ 임상도(1:5,000) 현행화사업 | '14~'17 : 인위(4,956도엽), 자연(1,304도엽) |
| ▶ 양묘장 토양조사 | '06~'17 : 34(국유 19, 사유 15) |
| ▶ 산양삼 종자공급단지 조성사업 | '17 : 1건(중부권역) |
| ▶ 산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정확인 | '15~'17 : 생산적합성조사(1,013건),
생산과정확인(2,191건) |
| ▶ 산림수자원 유역시험지 토양조사 및 토양도 제작 | '15~'17 : 5지역 9개소 |
| ▶ 산림입지조사(1:25,000) 및 입지도 제작 | '96~'02 : 2,899천ha |
| ▶ 산림입지구획(항공사진 판독) | '96~'02 : 1,162천ha |
| ▶ 공원지역 토양조사(서울숲,경남경마공원,인천송도) | '09~'12 : 3건 |
| ▶ 국유림 잡종재산 실태조사 | '01~'02 : 2,877필지 |
| ▶ 국유림경영계획(산림조사) | '00~'13 : 299천ha |
| ▶ 임상도(1:5,000) 제작 | '09~'12 : 1,051도엽 |
| ▶ 중국북경, 서부, 미안마중부지역 산림종합경영 시범사업 및
조림사업 PCM 용역 | '00~'07 : 3건 |
| ▶ 산림과학원 시험림(광릉, 제주) 토양조사 및 도면제작 | '05~'07 : 2지역 |
| ▶ DMZ 지역 산림토양 및 산지이용실태조사 | '05 : 1건 |
| ▶ 녹색사업단 숲체험 교육사업 | '14 : 1건 |
| ▶ 광릉시험림 공간분포 및 산림토양 특성 | '14 : 1건 |
| ▶ 광릉시험림 정밀산림조사 | '15 : 1건 |
| ▶ 광릉, 양주, 양평 산림수자원 유역시험지 토양도 제작 | '16, '17 : 2건 |
| ▶ 기타 연구용역 (산림 훼손지 실태 및 건강 모니터링 등) | '00~'11 16건 |

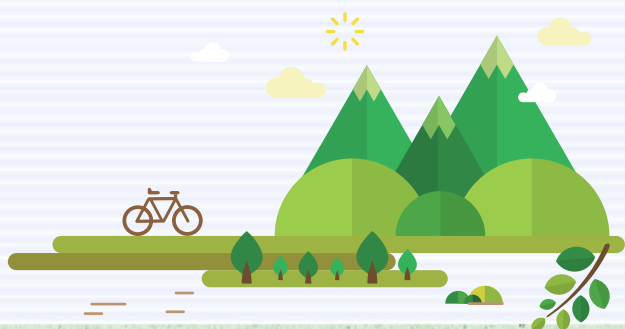
2017. 8~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

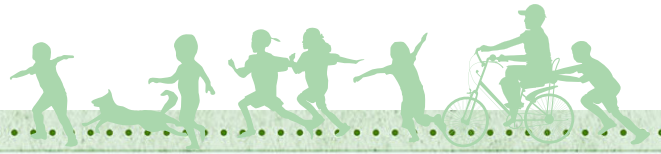
사업관련

▶ 산림입지토양도 제작(충북 단양, 경북 영주 일원)



▶ 임상도 현행화 구축사업(경북 영천, 포항, 경주 일원)





▶ 산양삼 생산적합성조사 및 생산과정 확인(전국)

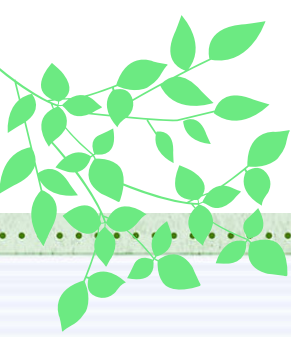


▶ 양묘장 토양조사(춘양 양묘사업소)



▶ 산림수자원유역시험지 정밀산림입지토양도 제작(경북 안동, 경남 진주)





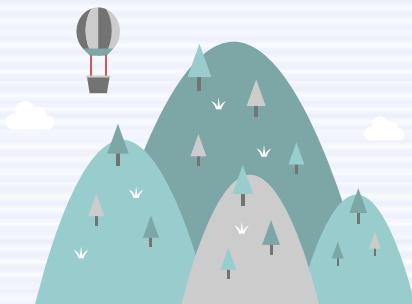
2017. 8~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

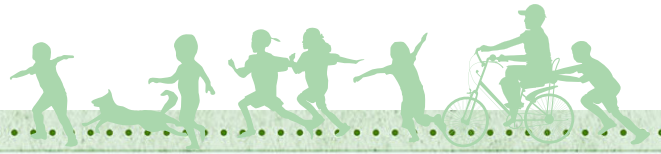
대내 · 외 활동

▶ 2017 산림공간정보사업 최종보고회 참석(2017.12)



▶ 2017 종무식 ('17.12.29)

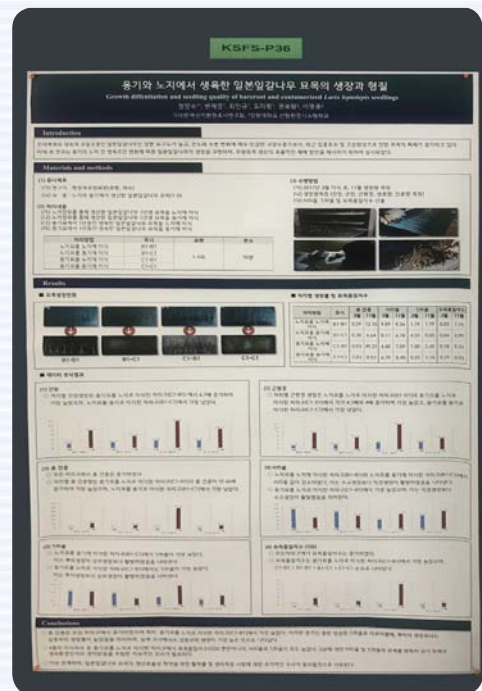


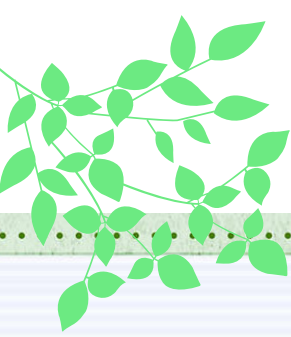


▶ 차장 승진자 임용장 수여 ('18.01.01)



▶ 2018 산림과학 공동학술대회 참석 및 포스터 발표 ('18.02.21)





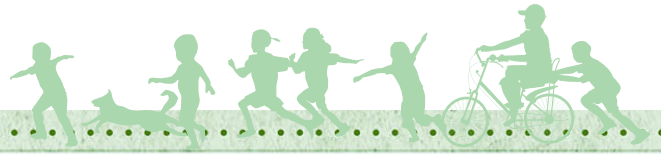
2017. 8~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

▶ 제 73회 식목일 나무심기 행사 참석('18.04.03)



▶ 브로슈어(2018) 제작 ('18.04.26)



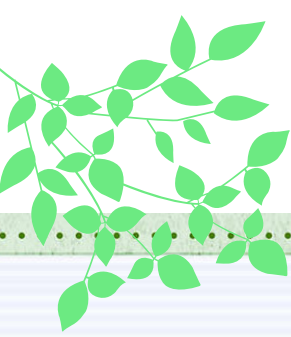


▶ 한국임업진흥원-(사)한국산지
환경조사연구회 공동협력 업무
협약 체결('18.6.11)



▶ 제 22차 창립기념 반부패·청렴실천 캠페인 ('18.08.10)





2017. 8~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

▶ 2018년 산림공간정보 구축 착수보고 및 현장워크숍 참석 ('18.06.27)



▶ 북한 산림황폐지사방복구 기술지원 방안에 관한 심포지엄 참석('18.06.29)



발간사 변재경 / 11

격려사 구길본 / 13

기술정보(국내)

위성영상을 이용한 임진강 유역의 산림황폐지 분석

..... 김경하 · 조현국 / 15

수원함양보호구역 지정 제도 개선을 위한 제언 최형태 / 36

도서산림 현황과 관리방안 소고(小考). 전현선 / 58

한반도 생태계연결을 위한 남북 산림협력방안 오정수 / 64

성공적인 남북산림협력을 위한 제언 김석권 / 91

땅밀림에 대해서 알아보겠습니다 박재현 / 96

한국의 땅밀림지와 지질 최경 / 108

산양삼 재배적지 토양환경 특성 ... 변재경 · 김용민 · 박성범 / 118

심적산림습원의 강-유출에 따른 소형목재사방댐의

토사유출 억제효과 제갈상규 / 127

기술정보(국외)

일본의 땅밀림방지공사에 있어서 계획의 책정

..... 전근우 · 서정일 / 138

일본의 땅밀림방지사업을 위한 실태조사와 기구조사

..... 김석우 · 전근우 / 148

Contents

조사·연구

진주·안동 산림수자원 유역시험지의 산림입지환경 및

토양단면특성..... 원형규·김정환·김문겸 / 166

낙엽송 생육환경에 따른 생장변화 연구 최인규·정양수 / 182

산양삼 재배지에서 입지 및 토양환경과 생장간의

상관관계 분석 변재경·김용민·박성범 / 191

부록

정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지... 196

발 간 사



사단법인 한국산지환경조사연구회 창립 22주년을 맞이하여 「산지환경지」 21호를 발간하게 되었습니다.

「산지환경」지는 산림생태환경, 산림입지토양환경, 산림경영 등의 각종 연구내용과 국외 연구동향 그리고 임업인 소득향상을 위하여 산양삼을 비롯한 임산물 재배기술 및 토양관리 등 임업분야 전반에 걸쳐 다양한 분야의 전문가들께서 소중한 원고를 써 주시어 산림정보를 공유하고 있습니다.

이번에 발간되는 「산지환경」지(誌)에 한국임업진흥원 구길본원장님의 격려사와 국립산림과학원 김경하 부장님, 국립산림과학원 난대산림연구소 전현선 소장님, 국립산림과학원 최형태 연구관님께서 소중한 원고를 써주시고 그리고 최근 남북관계 개선으로 한반도에 평화가 기대됨에 따라 가장 우선적으로 협력사업이 진행될 북한 산림사업을 위해서 풍부한 지식과 경험을 바탕으로 좋은 옥고를 써주신 오정수 박사님과 김석권 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 최근에 경주, 포항 등에 지진발생으로 인하여 많은 피해를 입어 이제 우리나라도 지진에서 자유롭지 못함에 따라 국가 차원에서 재해에 대비하고자 땅밀림조사를 실시하게 되었습니다. 이와 관련된 기술 정보 원고를 써주신 강원대 전근우 교수님, 김석우 교수님, 경남과학기술대학교 박재현 교수님, 사방협회 최경 박사님께 진심으로 감사드립니다.

아울러 「산지환경」지 편집위원님과 원고를 써주신 직원 여러분들께도 수고하셨고 고맙다는 말씀을 드립니다.

우리 한국산지환경조사연구회는 설립목적에 따라 산림입지토양도 및 임상도 제작사업과 국유양묘장 토양관리, 산양삼 생산적합성 조사 및 생산과정확인을 통하여 임업정보 서비스 제공을 위한 사업과 임업인 소득증대에 힘써 오고 있습니다. 최근에는 소나무류재선충이 전국에 확산되고 있어 많은 국민들이 우려를 하고 있으며, 이의 확산방지와 방제를 위해 산림관계자들이 각고의 노력을 기울이고 있습니다. 따라서 금년에는 우리 연구회도 산림보전에 일조를 다하기 위해 재선충모니터링 시료채취사업에 참여하고 있습니다. 또한 토양연구·조사사업과 수목의 피해원인 및 진단을 위해서는 토양의 물리화학적 분석이 반드시 필요했으나 우리 연구회가 시설을 갖추지 못해 그동안 국립산림과학원이나 한국임업진흥원에 분석을 의뢰하여 왔었습니다.

금년에는 우리 연구회가 물리성 분석과 주요 화학성 분석시설을 갖추게 되어 토양조사, 시료채취 및 토양분석 등 토양진단에 필요한 일련의 과정을 모두 수행할 수 있게 되어 높은 기술력을 바탕으로 토양관련 서비스 전문기관으로서 입지를 더욱 높이게 되었습니다.

앞으로도 저희 연구회를 사랑해 주시고 조언해 주시는 임업분야 모든 분들의 격려에 힘입어 보다 더 성숙되고 발전하는 한국산지환경조사연구회가 되도록 최선의 노력을 다 하겠습니다. 모든 임업인의 가정에 건강과 만복이 늘 함께하시기를 기원합니다.

감사합니다.

2018년 8월

(사)한국산지환경조사연구회 회장 변 재 경

격려사

(사) 한국산지환경조사연구회의 창립 22주년과 「산지환경지」 제21호 발간을 진심으로 축하드립니다.

(사) 한국산지환경조사연구회는 지난 22년 동안 각종 산림조사와 연구사업을 통해 축적된 기술을 바탕으로 우리나라 산림공간정보를 구축하고 산림 및 토양 조사 등 산림의 다양한 정보를 생산·제공하는데 힘써와 지속가능한 산림경영기반 구축과 임업소득증대에 이바지하여 왔습니다.

그 동안 어려운 여건에서도 (사) 한국산지환경조사연구회를 훌륭하게 이끌어 오신 여러 회장님과 임직원 여러분께 그 동안의 노고에 대하여 감사드립니다.

우리는 지난 40여 년 동안 어려운 여건에서도 온 국민이 한마음 한뜻으로 황폐된 산림을 복구하는데 힘써 온 결과 1960년대 ha당 평균 임목축적량이 10m³에 불과했던 우리의 산림이 2016년말 현재 150.2m³에 이르렀습니다. 이제 잘 가꾼 산림은 자원으로서의 경제·환경적 가치 등 무한한 잠재력을 가지고 있습니다.

그러나 우리나라 산림생태계는 기후변화에 매우 취약하여 국지성 호우로 인한 산림토사 유출, 봄철 이상 고온·가뭄으로 인한 대형 산불 위험 증가, 이상 기후로 새로운 산림병해충 피해 확산 등 산림재해의 피해는 해를 거듭할수록 증가하고 있고 대기오염으로 인해 산성비와 토양산성화로 숲의 생태계는 더욱 위험에 노출되어 가고 있습니다.

(사)한국산지환경조사연구회는 그 동안의 축적된 전문기술과 노하우를 바탕으로 우리의 숲을 모니터링하고 진단하여 건강한 숲을 미래세대에 물려주는데 일익을 담당할 수 있을 것입니다. 또한 통일을 대비한 북한의 산림을 성공적으로 복구하기 위해서는 북한 산림의 입지, 토양 등의 조사가 최우선 되어야할 것입니다. 국내 산림토양의 최고 전문가와 기술을 보유한 (사) 한국산지환경조사연구회가 그 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대하고 있습니다. 이를 위해 관련 부처 및 협·단체 등과 긴밀한 협력체계를 구축해 나가는 한편 북한의 산림토양 정보를 수집하고 연구하는 등 사전 준비에 더욱 매진하여야 할 것입니다

앞으로도 한국산지환경조사연구회에서 현재 우리가 마주하는 기후변화 대응과 건강한 생태계 조성의 필요성을 국민들에 널리 알리고 함께 해결할 수 있는 방안을 마련하기 위해 끊임없는 노력을 해 주시고 특히, 산림토양 상태를 지속적으로 모니터링하고 진단하여 산림환경보전과 산림자원관리에 힘써 주시기 당부 드립니다.

더불어 임직원 여러분의 앞날에 무궁한 발전과 행운이 가득하시길 기원합니다.

2018년 8월
한국임업진흥원장 구 길 본

기술정보(국내)

위성영상을 이용한 임진강 유역의 산림황폐지 분석

김경하/조현국

국립산림과학원 산림정책연구부장 / 한국임업진흥원 산림정보서비스실장

I. 위성영상자료 판독 및 분석

1. 영상자료 및 분석방법

가. 영상자료

본 연구에서는 주된 분석자료로 SPOT 위성 영상을 사용하였으며, 보조자료로서 Landsat 영상을 이용하였다. 또한 판독을 위한 기준 자료인 SPOT 위성은 프랑스 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales)의 주도 하에 1-5호가 발사 되었으며, 이중 2,4,5호가 운용 중에 있다. SPOT 1,2,3호에는 HRV(High

Resolution Visible)센서가 2대씩 탑재되어 10m의 공간해상도로 지구관측을 하기 때문에 지도제작을 주목적으로 하고 있다. 그리고 20m의 Multi-Spectral 센서도 탑재하여 3 band의 다중분광모드로 지구를 관측 할 수 있다. SPOT 4호에는 다중분광모드에 중적외선 밴드를 추가한 HRVIR(High Resolution Visible and InfraRed) 센서 2대가 탑재되어 있으며, 농작물 및 환경변화를 매일 관측하기 위한 목적으로 Vegetation 센서가 추가 되었다.

SPOT 5호는 2002년 5월 4일 발사되어 현

〈SPOT 5 위성영상의 밴드 특성〉

Spectral band	Ground pixel size	Spectral range
Panchromatic	2,5m or 5m	0.48-0.71 μ m
B1 : green	10m	0.50-0.59 μ m
B2 : red	10m	0.61-0.68 μ m
B3 : near infrared	10m	0.78-0.89 μ m
B4 : short-wave infrared(SWIR)	20m	1.58-1.75 μ m

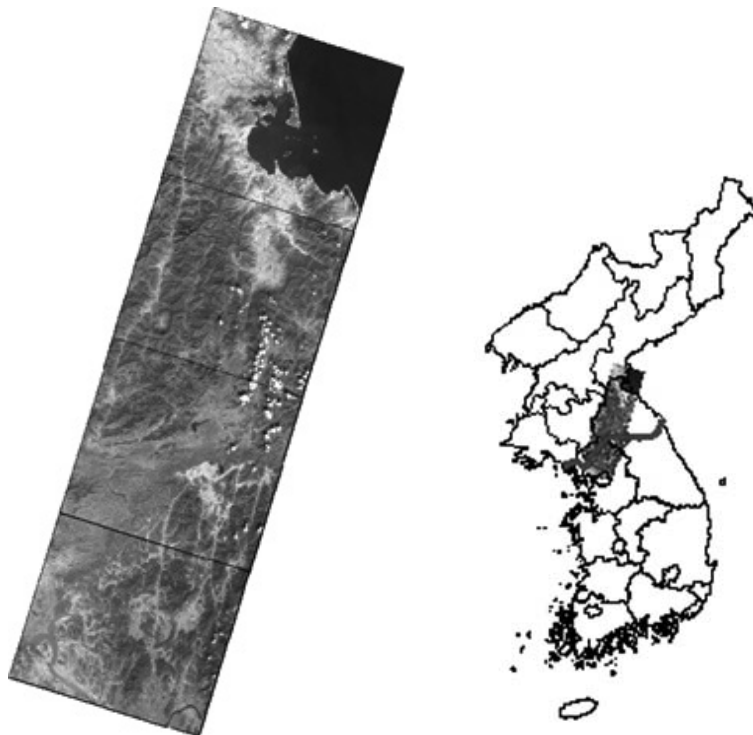
〈사용된 위성영상 자료 목록〉

영 상	Path/Row	수신일자	해상도(m)
SpotView Plus	303/271, 272, 273, 274	2002. 10. 9	2.5

재 운용중이며, 825km의 고도에서 태양동기 궤도를 순회하며 영상을 획득한다. SPOT 5 호에는 공간해상력을 향상시킨 HRG(High Resolution Geometry) 센서 2대를 탑재하여 5m의 공간해상도와 Resampling을 할 경우 2.5m 해상도의 흑백 영상을 제공하며, Multi-Spectral에서는 가시광선 및 근적외선의 3개 band에서 10m, 중적외선 band는

20m의 공간해상도의 영상을 공급하고 있다.

분석에 이용된 영상자료는 2002년 10월 9일에 수신된 Spot 5의 다파장 칼라영상과 전정색(panchromatic) 흑백영상을 융합하여 2.5m의 공간해상도를 가지도록 제작된 SPOTView Plus 영상으로 하나의 Path로 이루어져 있다.



〈분석에 이용된 SPOTView Plus 영상〉

나. 기하보정 처리

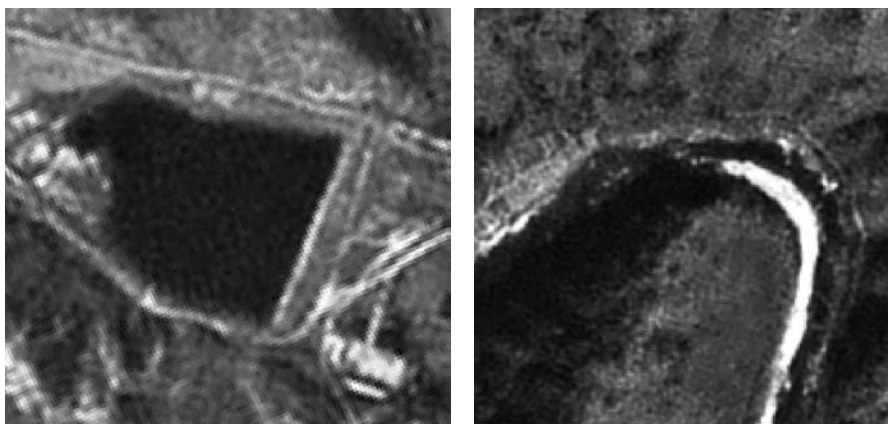
사용된 위성영상은 구입시 이미 UTM 좌표계를 가지고 있으나 DEM과 연계한 지형분석과 황폐지 분류 및 복구계획을 수립하기 위하여 보다 정확한 기하보정 단계를 거쳐야 한다. SpotView Plus 영상은 두 개의 전정색 영상을 이용한 융합과정을 거친 후 제공되므로 센서모델을 이용한 정사보정은 불가능하기 때문에 2차 다중회귀식을 이용하여 기하보정을 실시하였다.

다. 영상분할(Segmentation)

영상의 해상도가 높아질수록 육안으로 인식할 수 있는 분류항목의 종류가 많아지고 정확한 분류항목의 파악이 쉬워지는 반면, 가시광과 근적외광의 분광반사 특성을 이용하는 통계적인 방법에 따른 지표대상물의 자동 분류는 동일한 항목(class) 내에서의 분산이 증가하므로 분류의 불확실성이 더 높아지는 경향이 있다.

따라서 판독자가 영상을 직접 육안으로 판독하면서 분류항목에 대한 경계선을 스크린 위에서 그리는 On-screen 디지털타이징 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 정확도는 비교적 높으나 시간이 많이 소요되며, 판독의 결과가 판독자의 주관에 좌우될 수 있다. 그래서 최근에는 고해상도 위성영상을 이용한 토지이용/피복도 작성을 위해서 영상분할(image segmentation) 방법을 이용하는 경우가 많다. 영상분할은 화소를 질감(texture)과 분광반사특성에 따라 동질한 특성을 갖는 객체(object)로 묶어주는 작업이다. 이 방법에서는 각각의 객체를 분류의 기본단위로 하여 다시 여러 가지 분류기법을 적용하여 최종적인 결과를 획득한다.

본 연구에서는 객체지향 영상분석 프로그램인 eCognition을 이용하여 먼저 영상을 분할하고 육안판독에 의하여 토지피복분류를 실시하는 방법을 이용하였다.



〈영상융합과정에서 발생하는 화소값 변이의 증가〉

분석에 사용된 SPOT 영상은 모두 4개의 영상에 걸쳐져 있으며, 전정색 영상과 다파장 영상을 이용하여 2.5m의 공간해상도를 갖도록 융합한 것이다. 따라서 육안분석에 의하여 토지이용형태를 파악하는 데는 많은 장점을 가지고 있으나, 자동화된 분류기법에 의하여 토지이용형태 및 산림황폐를 파악하는 데는 분광적 변이가 증가하게 되어 오히려 장애요인으로 작용한다. 또한 공간해상도를 높이기 위한 융합과정에서 각각의 영상은 동일한 피복 상태를 나타내더라도 확연히 다른 화소 값을 갖게 된다(사진 4-2). 더욱이 융합과정에 대한 알고리즘은 공개되지 않고 있어 융합된 영상을 융합이전의 원영상 상태로 복원하는 것도 불가능하기 때문에 이러한 한계를 감수하고 사용하여야 한다.

육안분석에 의하여 임진강유역 전체를 판독하는 것은 기준 참조자료(reference data)의 부재문제를 논외로 하더라도 자료의 방대함으로 인해 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 영상분할에 의한 분류방법을 적용하였다.

화소를 분류의 최소단위로 하는 전통적인 분류방법에서 모든 화소는 서로 독립적이라는 가정을 기초로 한다. 따라서 영상분류에서 어떤 하나의 화소가 특정한 항목으로 분류되는데 있어서 주변의 다른 화소들은 아무런 영향을 주지 않는다. 그러나 실제로는 서로 인접하는 화소 또는 공간적으로 가까이 위치한 화소는 서로 밀접한 상관이 있으며, 공간적으로 멀리 떨어져 있는 화소보다 동일한 class로 분류

될 확률이 더 높다.

이러한 사실은 고해상도 영상을 분류하는데 중요한 시사점을 준다. 즉 서로 인접해 있는 주변의 화소들을 하나로 묶어 분류 처리하여 분류의 정확도를 높이는 것이다. 서로 인접해 있는 주변의 화소들을 하나로 묶어주는 과정을 영상분할(image segmentation)이라고 하는데, 이는 영상공간을 동질하면서도 서로 중복되지 않게 의미 있는 부분으로 나누는 과정이라고 정의된다. 이때 영상분할의 결과로 생성된 동질한 각각의 부분들을 분할영상(segment)이라고 한다. 일단 영상분할이 이루어지면 그 결과로 생성되는 각각의 segment들이 화소대신 영상분류의 기본단위가 된다. 이러한 분류방법을 전통적인 화소에 기초한 분류(pixel based classification) 방법과 대비하여 segment에 기초한 분류(segment based classification) 방법이라고 불린다.

Segment에 기초한 분류방법은 화소에 기초한 분류방법과 비교하여 몇 가지 장점이 있다. 즉 영상을 분류하기 전에 공간적 관계를 이용하여 영상을 분할함으로써 고해상도 영상에서 나타나는 한 객체 내의 분광적 변이에 의한 잘못된 분류를 방지하고, 분류결과를 GIS와 용이하게 통합할 수 있게 한다. 뿐만 아니라 영상의 분광정보와 함께 segment의 형태, 질감, 인접한 segment와의 관계 등 새로운 변수들을 분류에 이용할 수 있어 분류의 정확도를 높일 수 있다. 그 밖에도 서로 다른 기준으로 영상분할을 실시하여 segment 사이에 계층적

구조를 구성하고 이러한 계층적 관계를 분류에 이용할 수도 있다.

1) eCognition을 이용한 영상분할

본 연구에서는 “Definiens Imaging”사의 영상분석 프로그램인 “eCognition V.4”를 이용하여 영상분할을 실시하였다. eCognition에서는 “multi-resolution segmentation”이라는 영상분할 알고리즘을 채택하고 있는데 이는 여러 가지의 영상분할 방법 중 “region growing”방법이라고 볼 수 있다. 이 방법에서 영상분할은 화소단위에서 시작된다. 즉 최초로 모든 화소는 하나의 segment로 취급된다. 다음 단계에서 이들 화소 segment는 주변의 다른 화소 segment와 결합하여 보다 큰 새로운 segment를 형성하게 된다. 이 과정은 새로 형성된 segment가 사전에 정의된 동질성의 기준, 즉 최대허용가능 이질성인 “scale parameter”에 도달할 때까지 반복적으로 계속된다. “scale parameter”는 인접한 두 segment가 결합하기 전과 후에 계산된 동질성의 차이이다.

이때 동질성은 분광적 동질성과 형태적 동질성으로 구분하여 정의되며 두 가지의 동질성을 결합한 형태로 사용한다. eCognition에서 색(color)으로 표시되는 분광적 동질성은 한 segment에 포함되어 있는 화소들의 분광 반사 값을 이용하여 계산된 표준편차에 밴드별 가중치를 주어 합산한 것이다.

그러나 분광적 동질성만을 이용하여 영상 분할을 하는 것은 그 경계선이 너무 복잡하

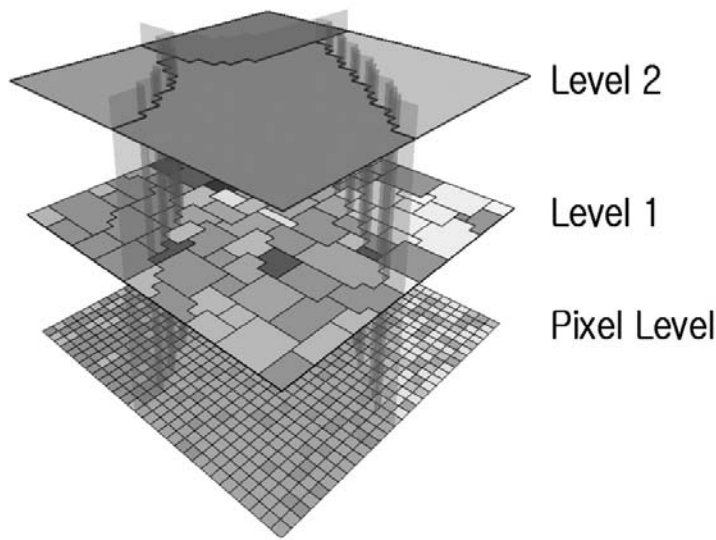
게 형성되어 바람직하지 않은 경우가 많다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 eCognition에서는 형태적 동질성(shape)이라는 개념을 도입하여 사용한다. 이때 형태적 동질성은 다시 segment의 smoothness와 compactness라는 두 가지 특성 값을 이용하여 정의된다.

Smoothness는 한 segment의 외곽선 길이(L)와 영상의 격자와 평행하면서 그 segment를 완전히 감싸는 최소의 사각형, 즉 segment의 “Bounding Box” 길이의 비율로 정의한다. 또한 compactness는 외곽선길이(L)를 그 segment에 포함되는 화소 수(N)의 제곱근으로 나눈 값이다. 이상의 세 가지 기준에 대하여 각각 가중치를 주어 합산함으로써 영상분할과정에 이용되는 동질성을 계산한다.

2) 분할영상의 계층적 구조

영상분할에 사용될 최적의 매개변수를 결정하기 위하여 반복적인 시행착오를 통하여 목적에 맞는 최적의 조합을 결정하여야 한다. 일반적으로 scale parameter는 형성되는 segment의 크기를 결정한다. 즉 “scale parameter”를 작게 설정하면 작은 segment가, 크게 설정하면 큰 segment가 형성된다. 이때 사용하는 영상의 밴드의 수나 분광해상도(8bit 또는 16bit)에 따라 같은 크기의 scale parameter라도 서로 다른 크기의 segment를 형성한다.

한편 본 연구에서 채택하고 있는 region growing 방법에 의한 영상분할에서는 작은 “scale parameter”를 이용하여 형성된



〈분할영상의 계층적 구조〉

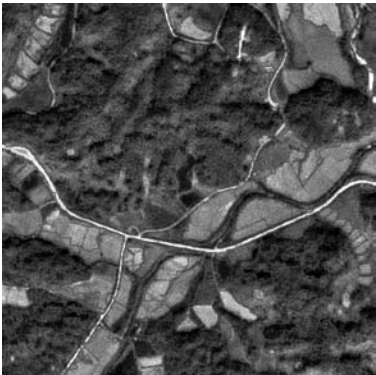
segment를 입력자료로 이용하고 보다 큰 “scale parameter”를 설정하면 보다 큰 새로운 segment가 형성된다. 따라서 이때 새롭게 형성되는 segment의 경계는 어떠한 경우라도 하위단계의 segment를 나누지 못하게 된다. 또한 역으로 상위의 segment를 먼저 구성하고 그보다 작은 “scale parameter”를 이용하면 상위단계 segment의 경계를 나누지 못하는 하위단계의 segment를 형성하는 것도 가능하다. 따라서 이러한 특성을 이용하면 여러 가지 “scale parameter”를 이용하여 각 분할 영상의 계층적 관계를 구축할 수 있다. 분할 영상의 계층적 관계를 이용하면 영상분석에 이용할 수 있는 새로운 parameter를 유도하여 분석에 이용할 수 있다.

3) 영상분할 결과

영상의 분할은 영상의 분광특성을 유지하면서 분할된 각각의 segment가 가능한 크게 형성되도록 하는 것이 바람직하다. 전술한 방법에 따라 eCognition을 이용하여 영상분할을 실시하였다. 영상분할은 3단계에 걸쳐서 실시하였는데, 첫 번째 단계에서는 형성된 segment의 경계선을 부드럽게 하면서도 분광적 동질성을 유지하기 위하여 scale parameter를 작게 유지하면서 shape parameter의 compactness에 많은 가중치를 주고 실시하였다. 두 번째 분할에서는 첫 번째 형성된 segment를 기초로 하여 분광적 동질성을 갖는 비교적 큰 segment를 형성하기 위하여 scale parameter에 많은 비중을 두고 compactness는 낮추었다. 마지막으로

분석에 이용할 최종적인 segment는 shape parameter의 가중치를 주지 않고 분광적 특성을 유지하면서 가능한 한 큰 segment를 형성하도록 scale parameter만을 이용하여 분

할을 실시하였다. 이때 적절한 parameter의 크기를 결정할 수 있는 일반적인 방법은 없으며 scale parameter를 변화시켜가면서 시행착오를 통하여 구하게 된다.

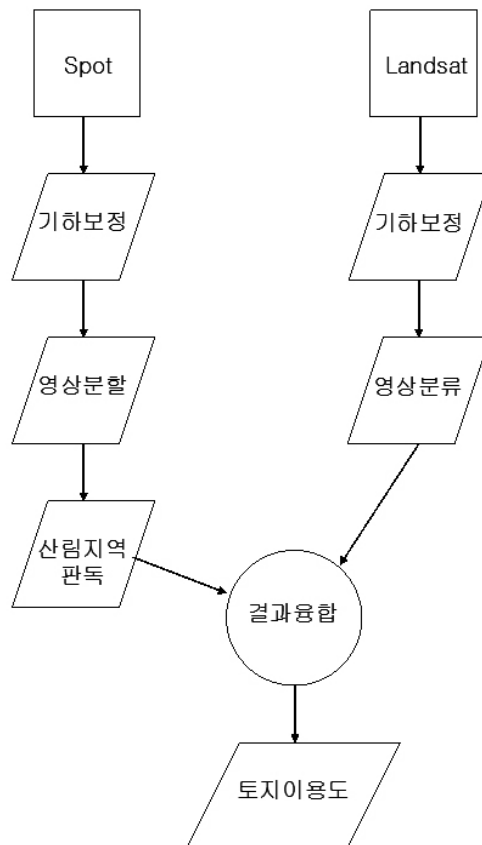
Level 1		Scale 10	Color 0.2	
			Shape 0.8	Smoothness 0.2
				Compactness 0.8
Level 2		Scale 15	Color 0.2	
			Shape 0.8	Smoothness 0.2
				Compactness 0.8
Level 3		Scale 10	Color 0.2	
			Shape 0.8	Smoothness 0.2
				Compactness 0.8

〈eCognition을 이용한 Spot영상의 분할 결과〉

라. 혼합분류(Hybrid-Classification)

본 연구의 분석대상지는 임진강유역 전체를 대상으로 한다. 본 연구의 주목적이 북측지역의 산림황폐지를 판독하고 그에 따른 복구방안을 제시하는데 있으므로 이러한 대 면적을 대상으로 세세한 부분까지 모두 육안판독을 하는 것은 주어진 시간이나 효율성, 경제적 측면 등을 고려할 때 바람직하지 못한 측면이 있다. 따라서 과제가 추구하는 목적을 충분히 달성하면서 임진강유역 전체의 토지이용현

황을 파악하기 위하여 본 연구에서는 중해상도의 Landsat 위성영상과 고해상도의 Spot영상을 동시에 이용하는 Hybrid-classification 방법을 사용하였다. 즉 산림지역을 대상으로 Spot영상을 이용하여 전술한 방법에 따라 영상분할과 육안판독방법을 이용하여 분류를 실시하였으며, 산림지역을 제외한 나머지 지역은 Landsat 영상을 이용하여 분류하고 그 결과를 통합하였다.



〈Spot과 Landsat 영상의 분석결과를 활용한 혼합분류 방법〉

1) Landsat 위성영상을 이용한 임진강 유역 토지이용 분류

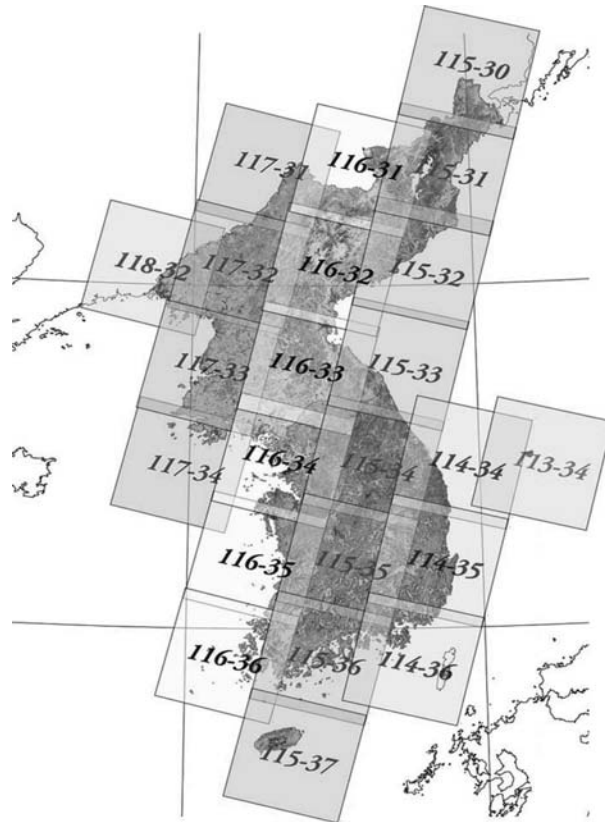
임진강유역 전체를 파악하기 위해서는 중간 정도의 해상도를 가진 위성영상 자료가 적합한데 본 연구에서는 미국의 지구관측위성인 Landsat TM(thematic mapper) 영상을 분류에 적합한 시기별로 취득하여 다중분광영상의 분광반사특성을 이용하여 토지이용분류를 수행하였다.

Landsat 위성영상은 광학주사방식으로 공간해상도가 30m인 다중분광영상을 취득하는데, 각 파장별 밴드대역과 그 활용분야는 아래 표와 같다. Landsat 위성의 관측폭은 185

km로 한 궤도에서 다음 궤도까지 적도를 기준으로 2,875km 이동한다. 14번의 궤도를 돈 후 전날 처음의 궤도로부터 서쪽으로 159km 이동하며, 18일이 지나 252번 궤도를 돌게 되면 다시 처음 궤도로 돌아오게 된다. 따라서 Landsat 위성이 전 지구를 수용하는 데는 매 18일이 걸리고 (81°이상 극지방 제외), 1년에 20번 지구 전체를 촬영이 가능하다. 아래 지도는 현재 한반도 전체를 포함하는 Landsat 위성의 Path/Row와 관측범위를 보여주고 있다. 내중첩 범위는 남쪽이 29km정도 북쪽이 37km정도로 남북의 차가 비교적 높은 편이다. 이 중 임진강유역 전체의 토지피복분류에

〈Landsat 다파장 영상의 밴드별 특성〉

밴드 (파장대, μm)	밴드의 활용성
1 (청색광) 0.45~0.52	연안지역 매핑, 토양/식생 구분, 임상 매핑 등
2 (녹색광) 0.52~0.60	가시광 영역에서 녹색식물의 반사율의 피크를 보임. 식생구분, 식생활력 평가 등
3 (적색광) 0.63~0.69	엽록소 흡수대, 토양 및 지질 경계, 식물종 구분 등
4 (근적외광) 0.76~0.90	식생구분, 바이오매스, 수역구분, 토양수분 등
5 (중간적외광) 1.55~1.75	군락 및 토양수분 함량, 구름과 눈의 구분 등
6 (열적외광) 10.40~12.50	식생 스트레스, 토양수분, 지표면 온도 등
7 (중간적외광) 2.8~2.35	지질, 암석 구분, 식생 수분 등



〈한반도 지역의 Landsat 궤도(Orbit Path/Row)〉

〈토지 피복분류에 사용된 Landsat-5/7 영상의 Path/Row 및 취득시기〉

Path/Row	Date	Coverage
116/33	99/05/21	Full
	96/09/01	Full
116/34	01/06/03	Full
	01/09/23	Full

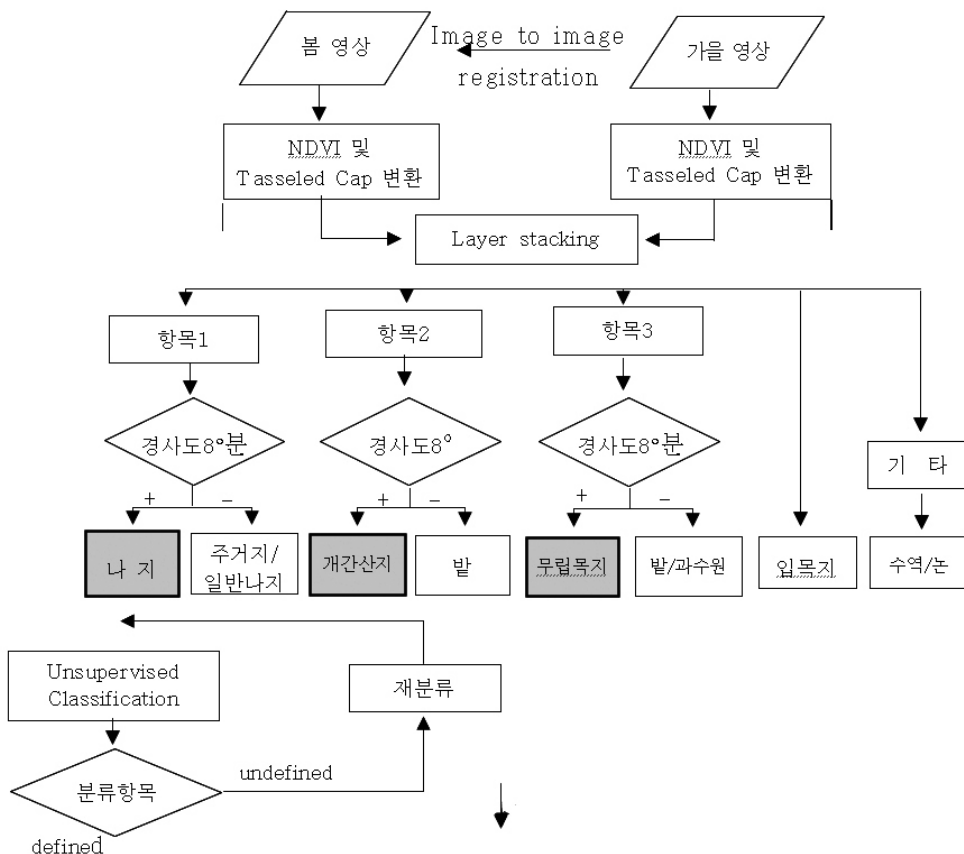
필요한 영상은 Path/Row 116/33과 116/34에서 취득된 봄과 가을에 취득된 영상으로 이 시기는 식물의 생육특성을 상대적으로 높게 반영하고 있어 분류에 많은 장점이 있다.

임진강 유역의 토지이용 및 황폐산지 현황을 파악하기 위하여 국립산림과학원에서 1996년 및 1999년과 2001년에 관측된 Landsat TM 및 ETM 위성영상을 이용하

여 분석한 북측의 황폐산지 현황을 이용하였다. 이 자료는 봄과 가을에 관측된 두 계절의 Landsat TM 위성영상을 이용하여 지표식생의 형태를 분류한 것이다. 분류방법은 다양하고 원하는 목적에 따라 다르게 선택하는 경우가 대부분인데, 분류항목의 결정에 사람의 경험에 따른 주관이 관여하느냐에 따라 감독분류(supervised classification)와 무감독분류(unsupervised classification)로 크게 나눌 수 있다.

본 연구에서는 두 계절 영상자료에 대해

UTM 좌표체계에 맞게 지리적 보정처리를 거쳐 영상대영상 정합(image to image registration)을 실시하고, NDVI 식생지수와 Tasseled Cap 변환을 거쳐 무감독분류법에 의해 토지이용형태와 산림황폐지를 구분하였다. 경사지 이용 실태는 경사도 8°를 기준으로 산지를 구분해내고 산림지역과 비산림지역을 구분하였으며, 최종적으로 경사 산지의 비산림지역을 무림목지, 개간산지, 나지로 구분하여 산림황폐지 면적과 분포 특성을 분석하였다.



〈Landsat영상을 이용한 임진강 유역의 위성영상 분석 처리 흐름도〉

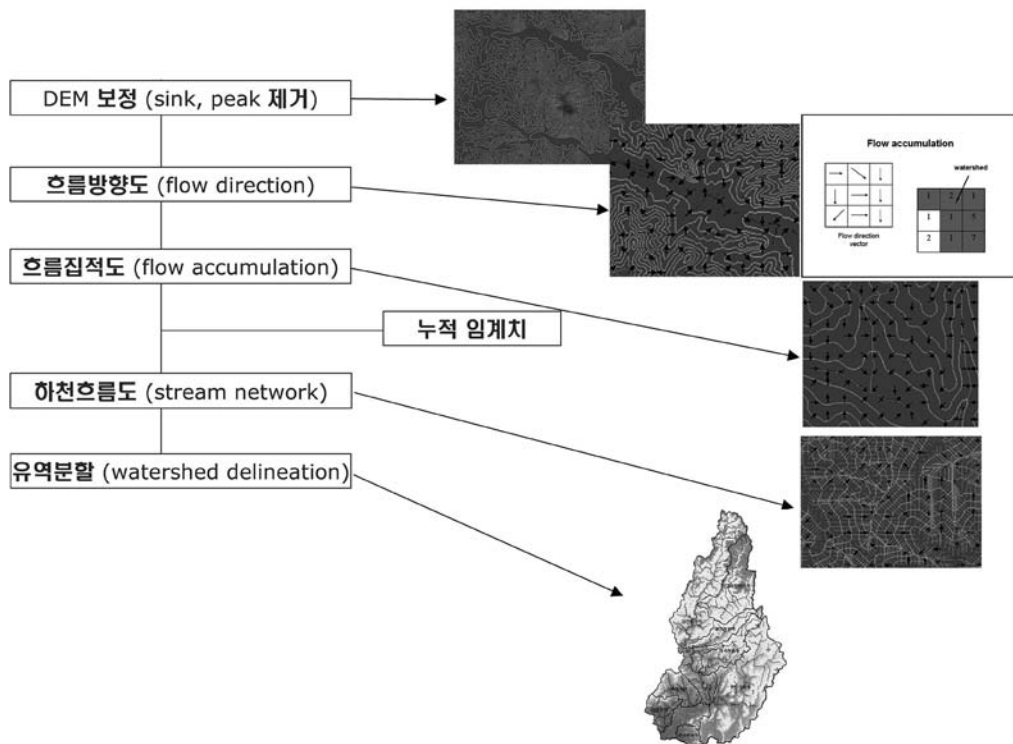
마. DEM 자료를 활용한 유역구분과 지형특성 분석

1) 소유역 분류

유역의 구분은 수치표고모형(DEM; digital elevation model)을 이용한다. 먼저 DEM을 low-pass filtering과 sink fill로 정점(peak)에서의 오류와 유역의 물흐름도(flow direction)에서 비정상적으로 발생하는 sink를 수정함으로써 DEM이 가지고 있는 오류들

을 보정하였다. 즉, 흐름방향(flow direction)으로부터 흐름집적(flow accumulation)을 계산하여 임계치(threshold value)를 부여한 다음 하천망(stream network)과 배수분구를 구축한 후 유역을 소유역으로 분할하게 된다.

우선 분할된 소유역을 배수구역(drainage boundary)으로 지정하고 해석하고자 하는 대상 유역으로 고정하는데, 이때 불필요하게 구분된 유역을 병합하는 수정작업을 통하여 유역도가 완성된다.



〈DEM을 이용한 소유역 분류 및 유역경계 추출 흐름도〉

2) 경사등급 산정

경사도는 DEM을 이용하여 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였다.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$\Delta x_1 = c - a \quad \Delta y_1 = a - g$$

$$\Delta x_2 = f - d \quad \Delta y_2 = b - h$$

$$\Delta x_3 = i - g \quad \Delta y_3 = c - i$$

이 때 cell size = 30 m 이면,

$$\Delta x = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3) / 3 \times 30m$$

$$\Delta y = (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3) / 3 \times 30m \text{ 이고,}$$

이 때 cell e의 고도변화 즉 기울기(Δz)는 다음 식과 같이 구한다.

$$\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} / 2,$$

이 값을 아래 공식에 대입해서 최종적으로 경사도가 얻어진다.

$$\text{slope in degree} = \tan^{-1}(\Delta z) \times 180 / \pi$$

$$\begin{aligned} \text{slope in percent} &= \text{Height} / \text{Base} \times 100 \\ &= \tan(\text{slope}) \times 100 \end{aligned}$$

경사도가 100%일 때는 경사도가 45도인 경우 경사높이와 경사길이가 같아서 1과 같고 여기에 100%가 곱해져서 100이 되는 것이다.

3) 사면방향의 계산

사면방향은 특정지점에서 고도의 변화가 가

장 크게 나타나는 방향, 즉 경사의 방향을 의미하며, 북쪽을 기준으로 경사면의 방향을 시계방향으로 측정한 각도로 표시된다. 평탄지의 경우는 361 또는 -1 등과 같이 사전에 정의된 특별한 수를 이용하여 표시한다. 사면방향은 태양의 노출에 따른 토양의 함수율이나 식생의 형성에 영향을 미치는 주요한 하나의 요소이다. 사면방향은 다음과 같은 방법으로 계산된다.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

위 3×3 크기 moving window에서,

$$\Delta x_1 = c - a \quad \Delta y_1 = a - g$$

$$\Delta x_2 = f - d \quad \Delta y_2 = b - h$$

$$\Delta x_3 = i - g \quad \Delta y_3 = c - i \text{ 이고,}$$

$$\Delta x = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3) / 3$$

$$\Delta y = (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3) / 3 \text{ 이다.}$$

이때 $\Delta x = 0$ 이고 $\Delta y = 0$ 일 경우는 평탄지로 기록된다. 평탄지가 아닌 경우 사면방향 θ 는 다음과 같다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right)$$

이때 θ 는 라디안으로 계산되므로 사면방향을 0-360도로 표시하기 위하여 다음과 같이 변환한다.

$$\text{Aspect} = 180 + \theta (\text{degree})$$

2. 임진강 유역의 구분 및 지형특성 분석

가. 소유역의 구분

임진강 유역의 유역구분과 지형분석을 위하여 미국 USGS에서 제작한 1초(30m) 간격의 DTED(digital terrain elevation data)를 이용하여 30m×30m 크기의 격자 cell을 갖는 수치표고모형(DEM)을 작성하여 분석에 이용하였다. 앞에서 기술한 과정을 거쳐 임진강 유역을 9개의 소유역으로 구분하였다.

나. 임진강 유역의 지형특성 분석

임진강유역의 해발고도, 경사 및 사면방향 등의 지형특성을 분석하기 위하여 30m×30m 격자의 수치고도모델(DEM)을 제작하여 이용하였다. 지도 a는 DEM을 이용하여 제작한 음영기복도에 임진강유역 내의 수계별로 유역의 경계를 중첩한 것이다.

수계별로 해발고도의 분포특성을 살펴보면, 임진강·용지천·고미탄천유역은 해발고 1,000m가 넘는 지역이 포함되어 있으며, 사천·사미천·문산천유역은 해발고 800m이내에 주로



소유역	면적(km ²)
고미탄천유역	854.5
문산천유역	187.2
사미천유역	460.1
사천유역	359.2
역곡천유역	588.7
용지천유역	238.2
임진강 유역	2,699.8
평안천유역	421.4
한탄강유역	2,339.0
합계	8,148.0

〈DEM을 이용한 소유역 분류 결과〉

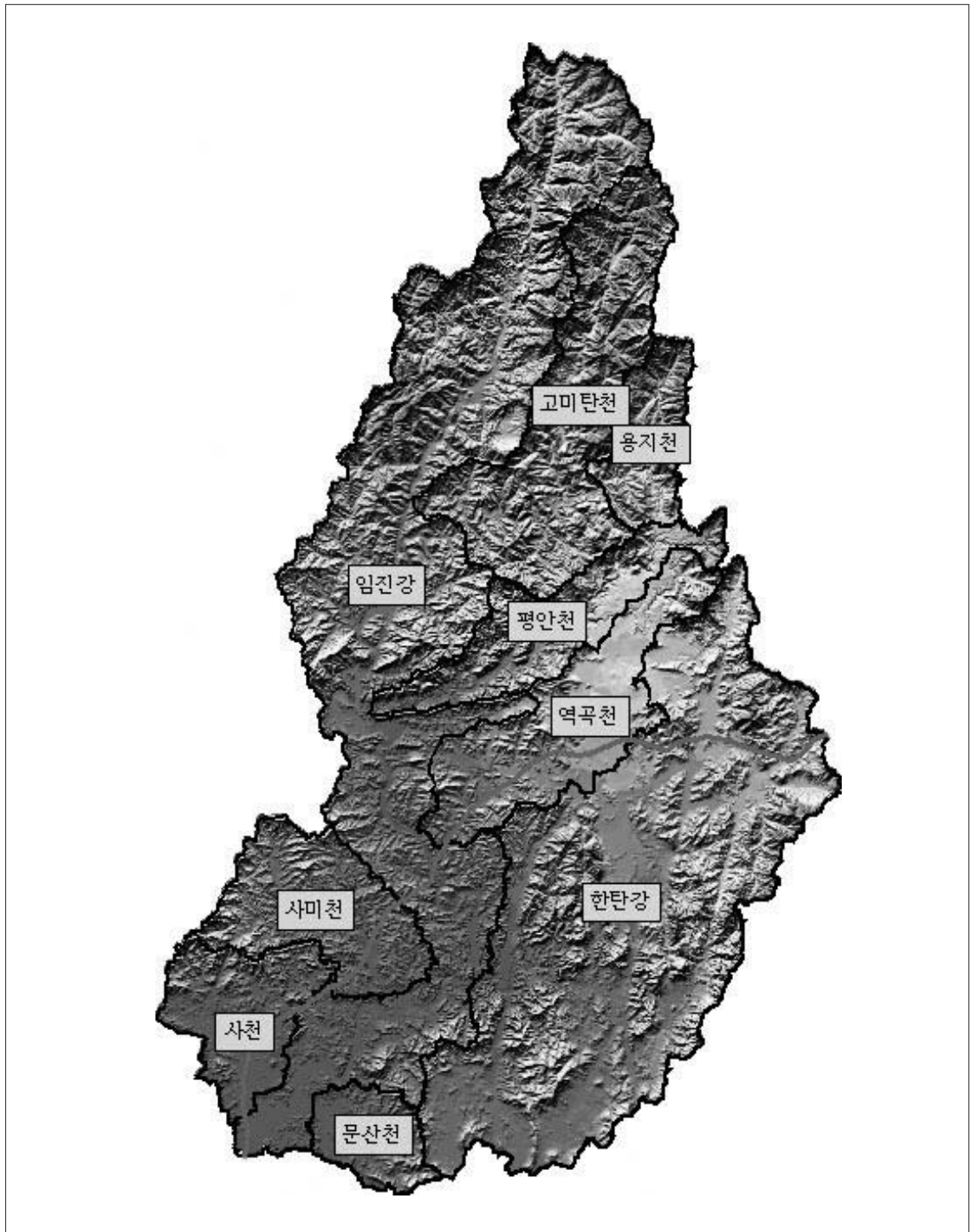
분포하고 있다. 유역의 표고를 200m이하, 200m~400m, 400m~600m 등 200m 간격으로 나누어 면적과 비율을 <표 a>에 나타내었다. 200m이하의 표고등급이 3672.4 km²로 전체 유역면적의 45.1%를 차지하여 전체적으로 평탄지 지형이 유역에서 가장 큰 면적을 차지하고 있다. 다음으로는 200m~400m 사이의 표고등급이 2231.6 km²로 전체 유역면적의 약

27.4%의 면적비율을 차지하였다. 경사도에 따른 분포는 대부분 유역이 40% 미만의 경사를 보이고 있으며, 사천유역과 역곡천유역은 유역면적의 60% 이상이 10% 미만의 완만한 지형경사를 보이고 있다. 사면방향에 따른 유역별 분포특성을 살펴보면 특정방향에 치우침이 없이 전 방위에 걸쳐 골고루 분포하고 있다.

<표 a> 임진강 유역 각 수계의 고도별 분포면적

(단위 : km²)

수계	-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-
임진강	1,207.9	628.0	462.0	260.7	105.8	28.9	5.6	1.0
사천	333.3	22.2	3.7	0.1	-	-	-	-
사미천	391.7	54.8	12.8	0.9	-	-	-	-
문산천	177.7	9.4	0.2	-	-	-	-	-
용지천	-	33.1	97.1	68.4	29.6	8.7	1.4	-
한탄강	1,182.6	804.3	270.7	71.6	9.7	0.1	-	-
역곡천	233.0	271.4	70.8	11.3	2.1	0.0	-	-
평안천	100.4	174.6	113.1	30.1	3.1	0.0	-	-
고미탄천	45.9	233.9	209.9	167.2	130.8	57.1	8.7	0.9
합계 (%)	3,672.4 (45.1)	2,231.6 (27.4)	1,240.3 (15.2)	610.3 (7.5)	281.1 (3.5)	94.8 (1.2)	15.7 (0.2)	1.9 (0.0)



〈지도 a〉 임진강 유역의 지형특성 분석 - 음영기복도

3. SPOT 영상 및 Landsat영상을 이용한 산림이용현황 및 황폐지 분석

가. 분석대상지

분석대상지는 임진강유역 전체이다. 그러나 분석에 이용된 영상은 <사진 a>과 같이 하나의 Path로 되어 있어 임진강유역의 전체 면적을 커버하지는 못하고 좌우의 일부가 누락되어 있다. 따라서 영상이 없는 부분은 Landsat

영상을 이용하여 분석하였다. 또한 임진강유역은 비무장지대를 경계로 남과 북으로 나뉘어 있다. 비무장지대는 여러 가지 이유로 인하여 수해방지를 위한 산림복구계획의 수립이 불가능 하므로 비무장 지대는 분석에서 제외하였다. <사진 a>와 <표 d>에는 본 과제에서 분석대상으로 선정한 지역 및 면적을 보여주고 있다. 즉 비무장지대를 제외하면 분석면적은 임진강유역 전체면적 8,148 km² 중 7,641.6 km²가 해당된다.



〈사진 a〉 임진강 유역 분석대상지 개황

〈표 d〉 임진강 유역 분석대상지 면적

(단위 : km²)

소유역	분석대상 면적			분석제외면적	합계
	SPOT	Landsat	소계	DMZ	
고미탄천	854.5	0.0	854.5	0.0	854.5
문산천	187.2	0.0	187.2	0.0	187.2
사미천	306.8	84.7	391.5	68.6	460.1
사천	164.8	114.1	278.9	80.2	359.2
역곡천	446.2	0.0	446.2	142.4	588.7
용지천	238.2	0.0	238.2	0.0	238.2
임진강	2,236.8	366.1	2,602.9	96.9	2,699.8
평안천	421.4	0.0	421.4	0.0	421.4
한탄강	2,110.3	110.3	2,220.6	118.3	2,339.0
합계	6,966.4	675.2	7,641.6	506.4	8,148.0

나. 임진강 유역의 수계별 산림이용현황

본 연구에서 산림황폐지는 “산지이면서 정상적인 산림 생산 활동이 이루어지지 않고 방치되었거나, 경작지 등 타 용도로 사용되어 산지 고유의 기능을 발휘하지 못하고 있는 산림 지역으로서 여건이 바뀌면 조림 등의 복구 행위가 즉시 요구되는 지역”으로 정의하여 분석하였다.

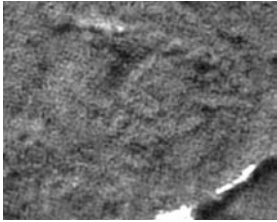
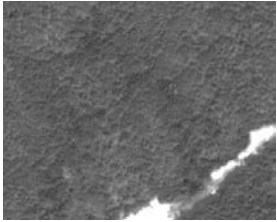
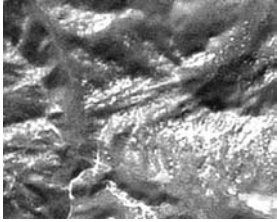
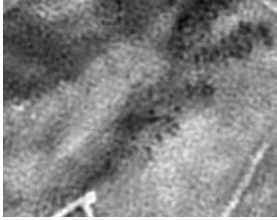
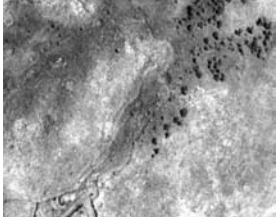
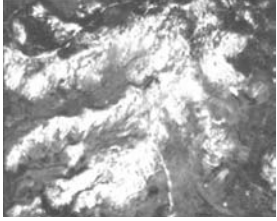
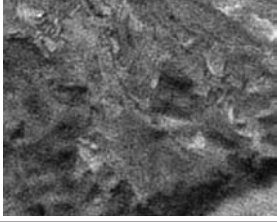
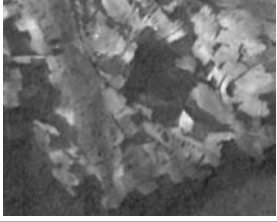
인공위성 영상에서 산림황폐지의 구분이 가능하도록 지피식생의 정도와 산지의 이용형태에 따라 산림황폐지를 나지, 개간산지, 무림목지의 3가지 유형으로 구분하였다. 나지는 가장 전형적인 산림황폐지의 한 유형으로서 산림황폐화가 많이 진전되어 임목이나 지피식생이 거

의 없고 지표침식이 비교적 넓은 범위에 걸쳐 진행되는 나지 상태의 산지, 즉 민둥산을 말한다. 개간산지는 산지에서 나무를 벌채하고 옥수수 등의 작물을 재배하는 지역으로 대부분 산지에 조성한 다락밭과 비탈밭이 이 범주에 속하며, 현재 집약적으로 농지로 이용되는 지역은 제외하였다. 한편 무림목지는 산림을 벌채 후 그대로 방치하거나, 지속적인 연료채취와 가축방목으로 인해 산림의 피복율이 낮고 관목림 상태로 남아있는 지역을 의미한다.

분석은 영상분할을 통하여 유사한 지역을 통합하고 다시 육안판독을 통하여 동질한 형태를 갖는 지역을 다시 하나의 큰 지역으로 확장하고 사전에 정의된 기준에 따라 속성을 부여하는 방법으로 수행하였다. 이때 판

독을 위한 기준자료로서는 60cm 해상도의 QuickBird영상과 Orbview 등을 참고로 하였다. 이러한 방법을 사용함으로써 영상이 가지

고 있는 2.5m의 고해상도의 장점을 충분히 살리면서 영상융합으로 인하여 발생한 분광특성의 저하로 발생하는 문제점을 어느 정도 극

구분		SpotView (2002. 10. 9.)	QuickBird (2004. 9. 29.)
입목지			
암석지			
황폐지	무림목지		
	나지		
	개간산지		

〈사진 e〉 Spot과 QuickBird 영상에 나타난 산림이용형태

〈표 e〉 영상분할과 육안판독에 의한 임진강 소유역별 산지이용실태

(단위 : km²)

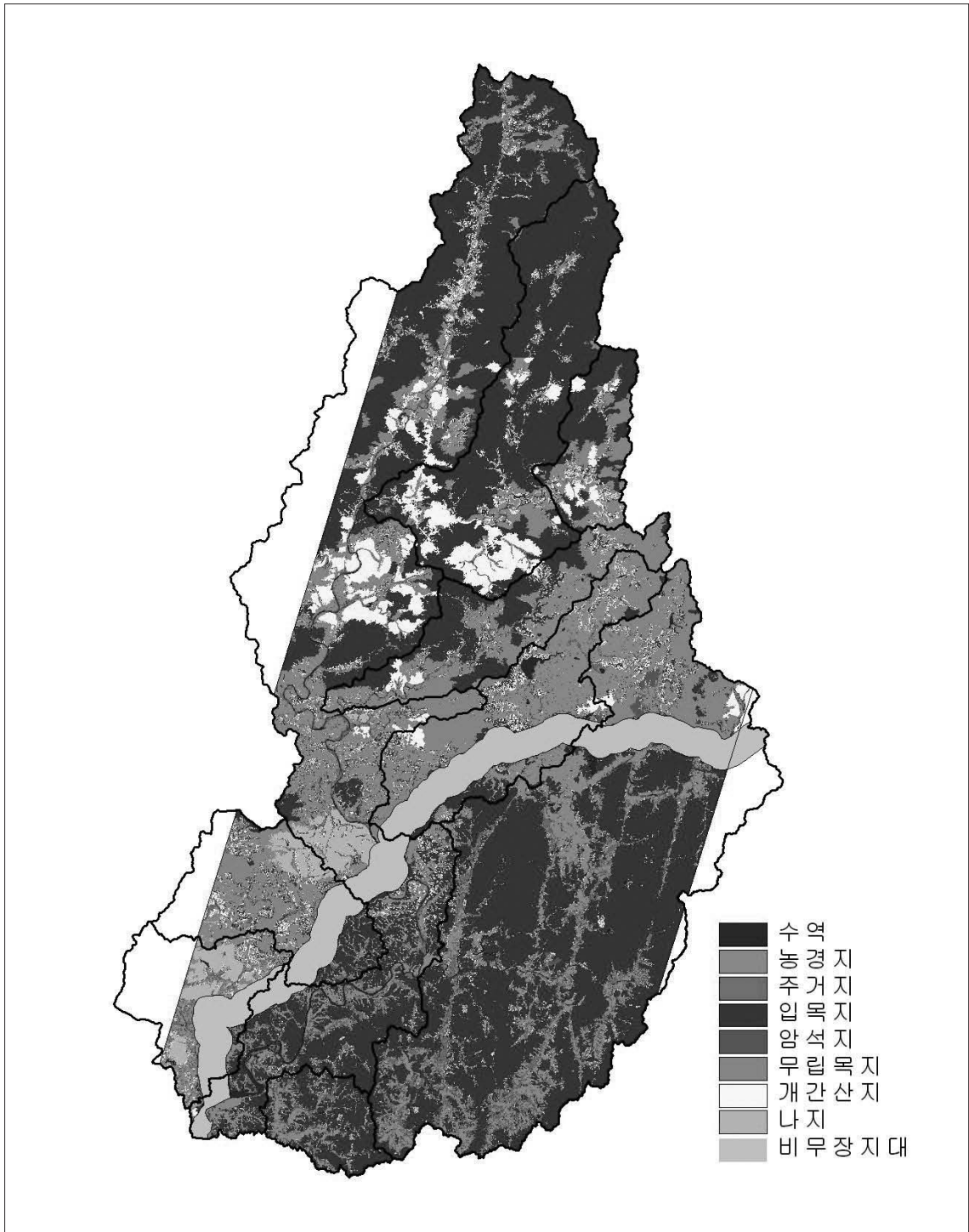
유역	수역	농경지	주거지	임목지	암석지	산림황폐지			합계
						무림목지	개간산지	나지	
고미탄천유역	1.0	27.0	4.8	630.0	0.0	60.1	128.2	3.4	854.5
문산천유역	1.1	45.7	9.7	123.2	0.0	3.2	3.1	1.3	187.2
사미천유역	2.0	55.5	12.2	112.8	0.0	147.3	30.3	31.5	391.6
사천유역	4.4	90.7	26.0	34.4	0.0	44.0	28.1	51.5	279.0
역곡천유역	8.7	197.6	9.8	61.4	1.0	129.2	36.9	1.6	446.2
용지천유역	0.0	13.8	1.3	117.2	0.0	74.1	29.9	1.9	238.2
임진강유역	37.3	318.6	59.4	1,499.5	6.1	372.7	241.7	67.5	2,602.9
평안천유역	1.9	78.9	7.5	172.0	0.0	135.2	24.8	1.0	421.4
한탄강유역	15.1	462.9	115.6	1,376.0	9.1	172.1	57.2	12.6	2,220.6
합계 (%)	71.4 (0.9)	1,290.7 (16.9)	246.3 (3.2)	4,126.4 (54.0)	16.1 (0.2)	1,138.0 (14.9)	580.3 (7.6)	172.3 (2.3)	7,641.6 (100)

복할 수 있다. 〈사진 e〉에는 판독에 사용된 Spot영상과 Quickbird영상에 나타난 대표적인 산림황폐지의 유형을 예시하였다.

〈사진 f〉는 이러한 방법을 통하여 남·북한 지역전체를 포함하는 임진강유역의 토지이용 실태를 분류한 결과이다. 또한 〈표 e〉에는 각 소 유역별, 토지이용형태별 면적을 보여준다. 전체적으로 임진강 유역 분석대상 면적의 약 79%에 해당하는 6,033.1km²가 산림지로 구성되어 있으며, 주거지, 수계, 농경지 등의 비 산림지역은 약 20.1%인 1,608.5km²를 차지하고 있다. 산림황폐지는 무림목지의 형태가 가

장 많이 차지하고 있으며 주로 휴전선에 가까운 분척지역에 분포하고 있다. 무림목지의 전체 면적은 1,138km²에 달한다. 개간산지는 주로 고미탄천, 임진강 소유역 등에 상당량 분포하고 있으며 면적은 285km²이다. 나지는 주로 사미천, 사천, 임진강 하류 등 전체적으로 임진강 하류권에 분포되어 있다. 개간산지, 무림목지, 나지 등 산림황폐지로 볼 수 있는 면적은 전체 유역면적의 24.7%를 초과하는 1,890.5km²로 나타났다.





〈사진 f〉 영상분할과 육안판독에 의한 임진강 유역의 토지이용실태

기술정보(국내)

수원함양보호구역 지정 제도 개선을 위한 제언

최형태

국립산림과학원 산림보전·복원연구과

1. 수원함양보호구역 지정 현황

우리나라 산림은 역사적 격동기를 거치면서 산림이 극도로 황폐됨에 따라 특히 위해방지 설을 중시하였기 때문에 국토보전에 직접 관계가 있는 토사방비 및 수원함양 목적의 지정 비율이 높았다. 그러나, 점차 그 면적이 상당히 축소되어 2015년 현재 산림유전자원보호구역을 제외한 전통적인 보안림 개념의 산림

보호구역 면적은 전국 산림면적의 약 4.6%인 292천ha에 불과하며, 이중 약 92%가 수원함양보호구역(1종, 2종, 3종)으로 이루어져 있어 현재로서는 산림유전자원보호구역을 제외하면 산림보호구역 지정의 주목적이 수원함양기능의 유지·증진이라고 해도 과언이 아닌 실정에 있다.

연도별로는 1970년에 28만2천ha의 수원함양보안림이 지정 관리되었으나, 두 차례에 걸

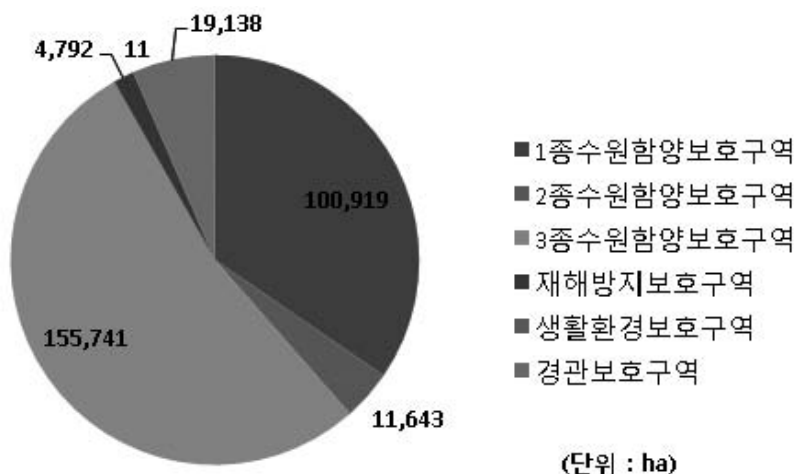


그림 1. 산림보호구역 종류별 면적(2015년 현재, 산림유전자원보호구역 제외)

친 일제정비로 1990년에는 17만7천ha로 감소되었다. 그러나 1990년대 중반 이후 깨끗한 물을 원하는 사회적 요구가 크게 증가함에 따라 2000년에 시행된 제3종 수원함양림 지정에 힘입어 29만2천ha로 큰 폭으로 확대되었다. 수원함양림은 2002년에 30만7천ha까지 확대되었으나, 이후 소폭의 감소 추세를 보여 2015년 현재는 268천ha로 감소해 있는 실정이다.

일본의 수원함양보안림의 면적이 917만ha로 우리나라 전체 산림면적의 1.5배에 달할 정도라는 것에 비한다면, 우리나라의 수원함양보호구역의 면적은 그 절대 면적이 매우 협소하여 우리나라 전체 산림면적의 약 4.2%에 불

과할 정도로 그 비중이 작다. 이는 비단 수원함양보호구역의 문제만이 아니라 우리나라 산림보호구역의 문제일 수밖에 없으며, 앞으로 생활환경을 보전하고 삶의 질 향상에 대한 국민적 요구가 더욱 증가할 것이 명약관화한 현실정에 비추어 볼 때 향후 산림 공익기능 유지·증진을 위한 산림보호구역의 수요가 급증할 것으로 예견된다.

2. 수원함양보호구역 지정기준 및 현황

현재 「산림보호법」에서 규정하고 있는 수원함양보호구역의 종류와 지정범위는 표 1에서와 같다.

표 1. 산림보호법에 의한 수원함양보호구역의 종류와 지정범위(시행규칙 제3조)

수원함양 보호구역	지정범위
제1종	하류의 농업용수·발전용수·공업용수 등 주요산업용수의 저수량에 절대적인 영향을 준다고 인정하는 저수지 주위의 산림(이 경우 그 지정은 만수위로부터 1천미터 이내로 하며, 1천미터 이내에 분수령이 있는 경우에는 분수령을 경계로 함)
제2종	상류 수원지대로서 한·수해에 큰 영향을 준다고 인정하는 산림, 계곡의 경사가 급한 산림 또는 자연환경조건의 인하여 임목의 성장이 불량하거나 수종 갱신이 곤란한 산림(이 경우 그 지정면적은 50헥타르 이상으로 함)
제3종	상수원 수질관리를 위하여 필요한 지역으로서 다음 수계의 양안 5킬로미터 이내에 있는 국유림 또는 공유림 (1) 한강수계 : 남한강 본류, 북한강 본류, 경안천 및 그에 접속하는 제1지류 (2) 금강수계 : 대청호 또는 용담호로 유입되는 금강본류 및 그에 접속하는 제1지류 (3) 낙동강수계 : 낙동강 본류, 내성천, 영강, 병성천, 쌍계천, 위천, 감천, 금호강, 회천, 남강, 양천, 밀양강, 양산천, 서낙동강 및 그에 접속하는 제1지류 (4) 영산강·섬진강 수계 : 주암호·상사호·동북호 또는 수어호로 유입되는 섬진강 본류, 수어천, 이사천 및 그에 접속하는 제1지류

가. 제1종 수원함양보호구역 지정기준 및 현황

① “저수지 주위의 산림”으로 제한

표 1에서 보는 바와 같이 제1종 수원함양보호구역은 저수지 주위의 산림으로만 한정되어 있기 때문에 신규 저수지의 축조가 있어야만 보호구역의 지정이 가능한 법적 제한요소를 가지고 있다. 실제로 70년대 이후 제1종 수원함양보호안림을 포함한 수원함양보호구역의 신규 지정은 거의 없었는데, 이는 70년대 이후 저수지의 신규 축조가 거의 없었고, 저수지가 신규 축조되더라도 저수지 주위 산림에 대한 보호구역 신규지정 시 개인 산주들의 반발이 우려되어 지정하지 못했기 때문이다.

전국 저수지 수 역시 1986년에 18,594개였던 것이 2015년에는 17,427개로 줄어 지난

30여년간 1,000개소 이상 감소하였으며, 현재 전국 저수지의 95% 이상이 축조한지 30년 이상 된 것이라 한다. 이 기간 동안 제1종 수원함양보호구역도 지속적인 감소 추세를 보였는데, 1980년대 및 2000년대 후반에 큰 폭의 감소를 보여 현재는 30년전의 약 52% 수준까지 감소하였다(그림 2).

② “저수량에 절대적인 영향을 준다고 인정되는 산림”의 정의가 모호

법률적인 지정기준이 되는 “저수량에 절대적인 영향을 준다고 인정되는 산림”이라는 용어의 정의가 불분명하고 그 판정기준도 모호하다. 따라서 어떤 산림이 저수량에 절대적인 영향을 주는 산림인지를 판정하기 위한 법적 근거와 기준이 마련되어야 한다.

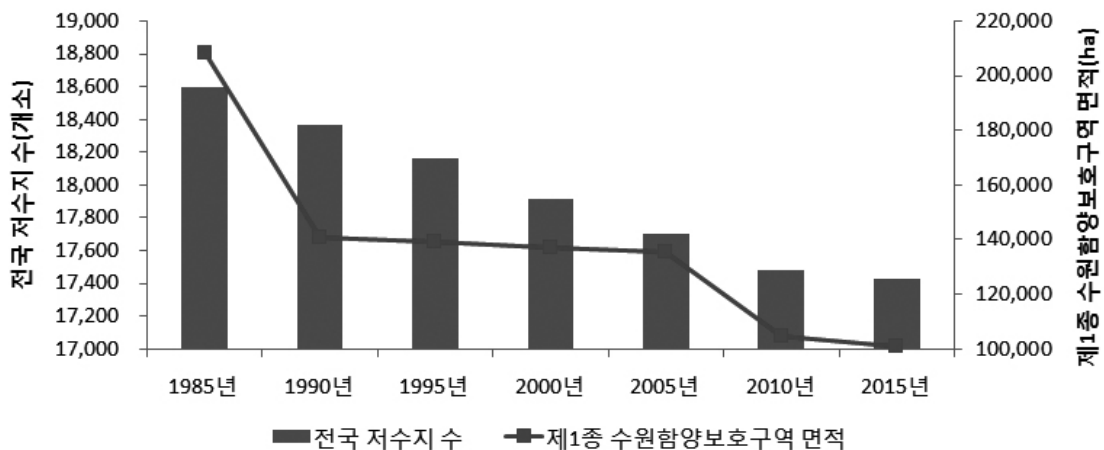


그림 2. 전국 저수지 수와 제1종 수원함양보호구역 지정 면적의 변화

③ “저수지 만수위로부터 1km 이내”거리 제약

현행 제1종 수원함양보호구역 거리상의 제약을 두어 저수지 만수위로부터 1km 이내 산림으로 하고 이 1km 이내에 분수령이 있을 때에는 분수령까지로 제한하고 있다. 그러나 저수지 유역 내에서 산림이 주로 최상류 능선부에 분포하는 점을 고려하면, 이러한 거리 제약으로 인해 유역 최원부가 저수지 만수위로부터 1km 이상 벗어나는 경우에는 유역 내 산림의 상당부분이 보호구역에서 제외되어 버리게 된다. 이로 인해 저수지 가까이에 위치하는 수원함양보호구역이 저수지의 저수량에 큰 영향을 미치지 못하게 되고 보호구역의 지정 효과를 거두지 못할 우려가 커진다. 더욱이, 저수지의 유역면적이 큰 경우에는 유역 전체 면적에 비해 수원함양보호구역의 지정 면적이 너무 적어 상대적으로 그 지정효과가 잘 드러나지 않는 경우도 발생한다.

또한, 저수지 만수위로부터 1km 이내의 지역은 토지이용이 활발하고 토지가치도 그만큼 높은 지역이기 때문에 보호구역 지정에 대한 주민 민원과 저항이 많은 곳이다. 이로 인해 신규지정 및 원활한 관리에 어려움이 많고 지정해제 요구도 증가되는 문제점이 있다.

나. 제2종 수원함양보호구역 지정기준 및 현황

상류수원지대로서 한·수해에 큰 영향을 준

다고 인정하는 산림이나 계곡, 경사가 급한 산림 또는 자연환경조건으로 인하여 임목의 성장이 불량하거나 수종갱신이 곤란한 산림을 제2종 수원함양보호구역으로 지정하고 있다. 하지만 제2종 수원함양보호구역으로 지정된 사례가 거의 없고 전남지역의 경우 저수지 주변 산지를 모두 제2종 수원함양보호구역으로 지정한 경우도 있었다.

제2종 수원함양보호구역은 하류로부터 거리가 먼 오지의 상류수원지대의 산림으로서 하류의 유량과 용수량을 참작하여 보호구역으로 지정 여부를 판단한다. 또한, 경사가 급하여 계곡이 많은 산림 또는 지형적 조건 때문에 임목의 생장이 불량하거나 갱신이 곤란한 산림과 임목이 산재해 있거나 임목이 생육할 수 없는 초원지대가 많은 산림이 포함되게 된다.

그러나, 제2종 수원함양보호구역의 지정기준 역시, 용어의 불명확함과 함께 구체적인 평가 기준이 제시되지 못해서 객관적이고 신뢰성 있는 판단을 저해하는 문제점을 가지고 있다. 즉, 상류수원지대로서 한·수해에 큰 영향을 준다고 인정·판단할 만한 평가 기준이 마련되어 있지 않다. 이러한 지정 기준의 모호함으로 인해 제2종 수원함양보호구역의 면적도 지속적인 감소 추세를 보여, 1985년에 26,587ha에서 30년이 지난 2015년에는 11,643ha로 56% 이상 크게 감소하였다(그림 3).

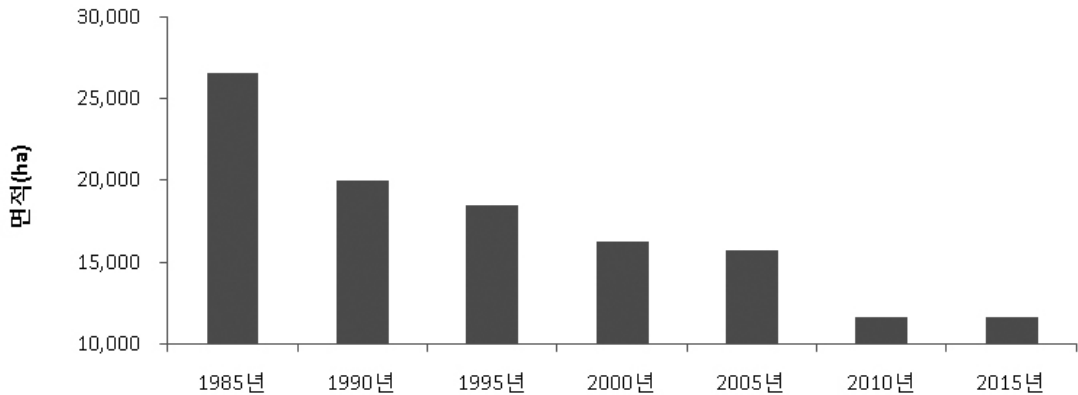


그림 3. 제2종 수원함양보호구역 지정 면적의 변화

다. 제3종 수원함양보호구역 지정기준 및 현황

제3종 수원함양보호구역은 2000년에 처음으로 130,984ha가 지정된 이후로 현재 전국에 155,741ha가 지정·관리되고 있는데, 지난 2005년 이후 지정 면적에 큰 변화를 보이지 않고 있다. 이는 제3종 수원함양보호구역이 제1종 및 제2종 수원함양보호구역과는 달리 국유림과 공유림에만 국한하여 지정·관리되기 때문에 사유림에 비해 지정해제에 대한 요구가 많지 않기 때문인 것으로 판단된다.

당초 제3종 수원함양보호구역은 수원함양보다는 수질관리에 지정목적이 있으므로 다른 수원함양보호구역과는 구별된다. 그러나 5대강 유역 분류 및 제1지류의 양안 5km 내에 있는 국·공유림을 대상으로 지정하기 때문에 보호구역이 소규모, 산발적으로 지정되어

있다. 규정에 따라 지정되어도 직접적으로 수계에 영향을 미치지 않는 산지가 지정되거나 국·공유림만을 대상으로 하기 때문에 불합리한 점이 있다.

실제로 현재 제3종 수원함양보호구역으로 지정 관리되고 있는 산림면적 155,741ha는 전국 산림면적의 2.5%에 불과할 정도로 적은 면적이다. 이렇게 적은 면적으로 5대강의 수질관리에 일조할 수 있을지 의구심이 들 정도이다. 1천만 서울시민에게 생활용수를 공급하는 팔당호의 수질관리를 위해 경기도 7개 시군(남양주, 용인, 광주 등)에 지정된 팔당호 수질관리 특별대책지역의 면적이 제3종 수원함양보호구역 면적보다 1.35배나 많은 210,190ha라는 것을 감안하면, 현재 전국적으로 지정 관리되고 있는 제3종 수원함양보호구역의 면적이 얼마나 적은지를 실감할 수 있다.

3. 수원함양보호구역 지정기준 개선 방안

가. 산림유역의 유출특성을 고려한 유역 단위 보호구역 지정

산림유역에 비가 내리면 유역 내 각 사면의 산림토양으로 침투한 빗물이 천천히 땅속을 흐르다가 산지 계곡에서 다시 지상으로 나온 후 계곡을 따라 빠르게 하류로 흘러간다. 우리나라 산림유역은 대부분 유로의 길이가 짧고 경사가 급하기 때문에 계곡을 흐르는 물의 속도가 빠르다. 집중호우에 의한 홍수 시에는 1km 길이의 계곡을 물이 흘러 통과하는데 10~20분 정도면 충분하기도 하다.

우리나라는 산림유역의 경사가 급하고 지형이 복잡하기 때문에 계곡이 유역 구석구석까지 잘 형성되어 있고 이렇게 복잡하게 형성된 계곡을 통해서 강우 시에 빗물은 유역 내 어느 곳에서나 유역 하단에 위치한 저수지까지 신속히 도달된다.

이러한 현상은 강우가 그친 후의 평상시에도 그 도달 속도만 다를 뿐 계속해서 유지된다. 즉, 산림토양 속으로 침투하여 저류된 빗물이 땅속을 흘러 이동하는 속도가 비가 올 때에 비해 현저히 느려져서 비가 오랫동안 오지 않더라도(산림토양이 잘 발달된 산림유역에서는 6개월 이상 비가 오지 않더라도 산림토양 속에 저류된 빗물이 지속적으로 흘러나와 하류에 수자원을 공급할 수 있다.) 계곡에 지속적으로 물을 공급해주지만, 일단 계곡으로 흘

러나온 물은 계곡을 빠르게 흘러 하류 저수지로 유입되는 것이다. 즉, 유역 하단에 위치한 저수지는 유역 내 모든 산지사면과 계곡 및 계류 등으로 직결되어 있으며, 유역 전체로부터 유량을 공급받는다.

그림 4는 현행 제1종 수원함양보호구역의 지정 실태를 보여주는 한 예로서, 경기도 포천시 소재 금주저수지 유역의 제1종 수원함양보호구역 지정 현황을 보여주고 있다. 그림에서 붉은 선 안쪽의 산림이 제1종 수원함양보호구역으로 지정·관리되고 있는 면적을 나타내며, 그림에서 원형 점선은 제1종 수원함양보호구역 지정 기준인 저수지 만수위 기준 1km 이내 구역을 표시한 것이다. 금주저수지 유역의 전체 면적은 802.1ha이며, 이중 산림 면적은 741.9ha로서 산림율은 92.5%에 달한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 금주저수지 유역에서 제1종 수원함양보호구역으로 지정·관리되고 있는 면적은 171.3ha로서 전체 산림면적의 약 23.1%이다. 금주저수지 유역에서 제1종 수원함양보호구역은 저수지 만수위로부터 1km 이내 혹은 그 밖에도 분포하고 있으며, 주로 주 계곡을 따라 계곡 가까이에 위치하고 있다.

그림 4의 우측 그림에서 보는 바와 같이 금주저수지 유역의 경우, 크게 5개의 소유역으로 구분할 수 있는데, 이 5개의 소유역은 서로 독립적으로 금주저수지와 계곡 또는 수로로 직결되어 물을 바로 공급하고 있다. 그러나 이 소유역들 중 A, B, C 3개의 소유역만이 현재 수원함양보호구역으로 지정되어 있고, 이 보

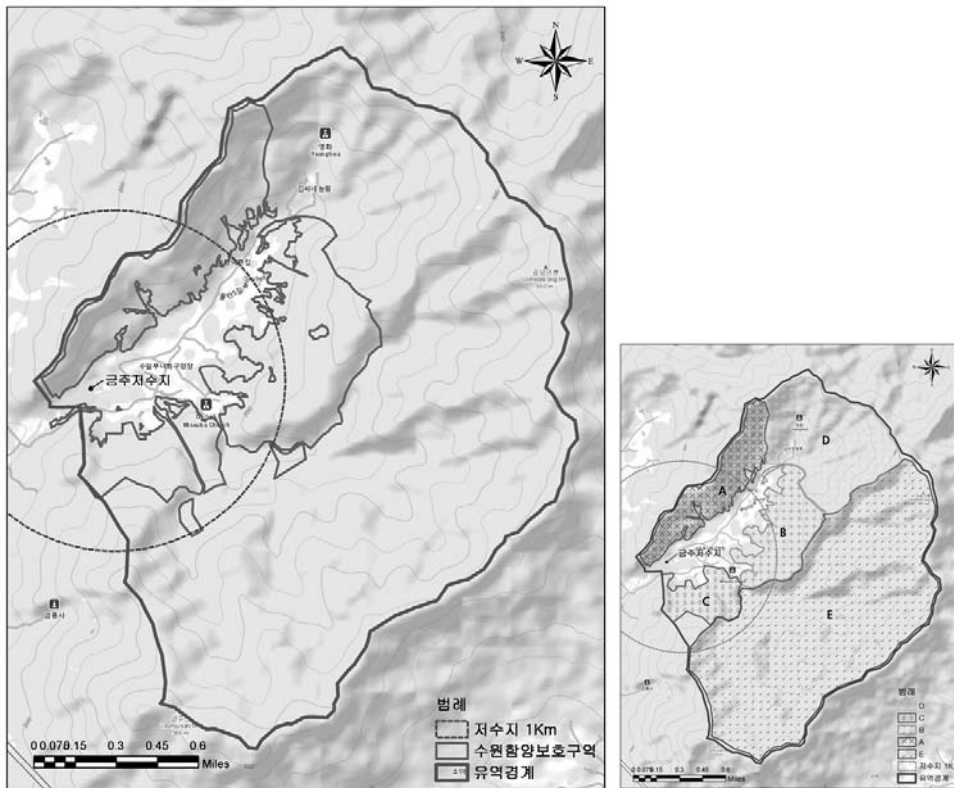


그림 4. 제종 수원함양보호구역 지정 사례(경기도 포천시 금주저수지)
(※ 우측 그림은 금주저수지 유역의 소유역 구분도임.)

다 더 면적이 넓은 D와 E의 2개의 소유역은 지정·관리되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 저수지 가까운 산림을 수원함양보호구역으로 지정하여 보호·관리한다 하여도, 실제로 이 지역이 거리가 가깝다는 이유만으로 저수지의 수자원 공급에 결정적인 역할을 한다고 평가할 수 없다. 또한, 저수지에 물을 공급하는 전체 유역 면적에 비해 보호구역 지정 면적이 너무 적은 경우에는 보호구역 지정으로 저수지에 대한 안정적인 물 공급이 가능하다고 할 수 없다. 실제로 금주저수지의 경우에 있어서도 저수지 유역 전체 면적 중 단지

21.4%(유역 내 전체 산림면적의 23.1%) 만이 수원함양보호구역으로 지정·관리되고 나머지 면적은 그렇지 않은 상황이며, 실제로 저수지 물 공급에 가장 기여도가 높을 것으로 예상되는 주 계곡 상의 소유역들은 지정·관리되고 있지 못한 실정이다.

산림의 수원함양기능을 보전·유지함으로서 저수지에 대한 안정적인 물 공급을 실현하기 위해서는 저수지 만수위로부터 1km 까지라는 지정 범위 제한을 확대하여 유역 전체를 대상으로 유역 단위 수원함양보호구역 지정 제도의 도입이 필요하다.

나. 보호구역 선별 지정을 위한 소유역별 유출기여도 평가

보호구역 지정의 취지를 가장 잘 살리기 위해서는 보호하고자 하는 저수지 유역 내 산림을 모두 보호구역으로 지정·관리하는 방법이 가장 바람직하겠지만, 현실적인 여건 상 곤란한 경우가 대부분이다. 만일 저수지 유역이 너무 크거나 유역 전체로의 보호구역 지정 확대가 여의치 않을 경우에는 저수지 유역에 대한 수계 및 소유역 분석을 통해 저수지 물 공급에 대한 각 소유역들의 기여도를 평가하고 이를 토대로 기여도가 높은 소유역을 우선적으로 지정·관리하는 것도 한 방법이 될 수 있다.

이때 저수지 물 공급에 대한 각 소유역별 기여도를 평가하여 상대적인 우선순위를 결정할 수 있는 방법으로는 소유역별 면적을 기준으로 비교한다든지 또는 산림기능구분도의 수원함양기능 구분법을 활용할 수 있다.

1) 비유량법에 근거한 소유역별 유출기여도 평가

비유량법은 하천이나 저수지 등에서 유량을 산정하는 방법 중에 하나로서, 특히 유량을 직접 측정할 수 없는 경우에 유용하게 사용되는 방법이다(식 1). 비유량법은 유량을 측정하는 대표유역을 선정하여 단위면적당 평균 유출량을 산정하여 유량을 추정하는 방법이다. 동일한 지역의 경우 유량은 집수 면적에 정비례한다는 가정을 전제로 하는 가장 간단한 유량 추정 방법의 하나로서 실제로도 가장 많이 사용

되는 방법이다.

$$Q_2 = \frac{A_2 R_2}{A_1 R_1} Q_1 \quad (\text{식 1})$$

식에서 Q_2 : 대상 유역의 장기 유출량, A_1 : 기준 유역의 면적, A_2 : 대상 유역의 면적, Q_1 : 기준 유역의 장기 유출량이다.

일반적으로 제1종 수원함양보호구역이 지정되는 저수지 유역은 그 면적이 그리 크지 않기 때문에 모암, 지질, 토성 등에 있어서도 비교적 동일한 환경조건을 가지고 있다. 따라서 면적을 기준으로 사용하는 비유량법을 적용하여 손쉽게 저수지 유역 내 각 소유역들의 상대적인 유출기여도를 평가할 수 있다.

비유량법에 근거한 소유역별 유출기여도 평가 방법은 간단하다. 즉, GIS 지형분석을 이용하여 저수지 유역을 몇 개의 소유역으로 구분한다. 이때 구분하는 소유역의 면적을 지나치게 적게 하면, 소유역이 너무 많이 발생하므로 가능하면 구분되는 소유역의 갯수는 수 개 내지 십수 개를 넘지 않도록 주의한다. 이때 구분되는 소유역 중 면적이 많은 순서대로 저수지에 대한 유출기여도가 높은 것으로 평가하면 된다.

그림 4의 금주저수지 유역을 대상으로 비유량법에 근거한 소유역별 유출기여도를 평가해보면, 유역 내 5개 소유역 중에서 유역 전체 면적의 60.1%를 차지하는 E 소유역의 유출기여도가 가장 크고 그 다음으로는 D, B, A, C 소유역의 순으로 유출기여도가 작아진다. 현

제 제1종 수원함양보호구역으로 지정된 A, B, C 소유역의 면적을 모두 합해도 저수지 유역 전체 면적의 22.4%에 불과하므로 만일 E 소유역을 수원함양보호구역으로 변경하여 지정한다면 수원함양보호구역의 수자원 공급 효과는 약 2.7배까지 늘어날 것으로 예상할 수 있다.

현실적으로, 면적만을 기준으로 유출기여도를 평가하기가 쉬운 일은 아니다. 그래서 면적 기준으로 평가한 상대적인 유출기여도에 산림 및 입지상태(임상, 임령, 임목축적, 토심, 경사 등)와 인문사회적 조건(인구, 주택, 소유 등) 및 보호구역 지정 용이성 등 정책적 조건들을 같이 고려하여 최종 판단하는 것이 바람직하다.

2) 산림기능구분도를 활용한 소유역별 유출기여도 평가

우리나라는 제4차 산림기본계획(1998~2007년)에서부터 지속가능한 산림경영을 달성하기 위한 선결과제로 산림에 대한 산림기능평가를 명시하고 있다. 이를 위해 산림의 다면적 기능으로 목재생산, 산지재해방지, 수자원함양, 산림휴양, 생활환경보전, 자연환경보전 등 6개 기능으로 구분하고, 산림의 위치,

입지조건, 이용방향 및 사회경제적 여건 등을 고려하여 소관 기능별로 구분하여 관리하고 있다.

산림기능구분을 위한 면적 단위는 유역구분을 이용하는데, 시군별로 유역의 수는 평균 562개소, 면적은 평균 60.3ha이다. 6개 기능 중 수자원함양기능의 평가인자는 표 2에서와 같으며, 이들 식생인자와 입지·기상인자를 인자별로 카테고리별로 구분하여 점수를 부여한 후 해당 유역에서 계산되는 두 종류의 인자들의 점수를 합산하여 그 점수에 따라 고·중·저의 3단계로 기능을 평가한다. 각 인자별 카테고리 구분 및 카테고리별 점수는 표 3 및 표 4, 표 5와 같으며, 수자원함양기능 평가식은 식 2에서와 같다.

$$W = (w_1 X_1 + w_2 X_2) \times 1000 \quad (\text{식 2})$$

식에서 W : 수자원함양기능 점수, w_1 : 식생인자 가중치, w_2 : 입지·기상인자 가중치, X_1 : 식생인자들의 점수 합계, X_2 : 입지·기상인자들의 점수 합계를 말한다.

산림기능구분도의 수자원함양기능 평가법은 수자원함양량을 정량적으로 수치화하기는 어

표 2. 수자원함양기능의 평가인자

산림기능	구분	평가인자
수자원함양	식생인자	임상, 영급, 소밀도
	입지 및 기상인자	토심, 강수량, 경사, 토성, 침수면적, 건밀도, 토양형, 사면형태, 모암, 표고

표 3. 수자원함양기능 평가인자별 카테고리 구분

평가인자		카 테 고 리								
식생 인자	임상	①침엽수림			②혼효림			③활엽수림		
	영급	①Ⅰ	②Ⅱ	③Ⅲ	④Ⅳ	⑤Ⅴ	⑥Ⅵ	⑦Ⅶ		
	소밀도(%)	①< 50(소)			②50-70(중)			③> 70(밀)		
입지 및 기상 인자	토심(cm)	①< 30		②30-60		③60-90		④> 90		
	강수량(100mm)	①< 9	②9-11	③11-12		④12-13		⑤13-14	⑥> 14	
	경사(°)	①< 10		②10-20		③20-30		④> 30		
	토성	①SiCL	②SCL	③CL	④SiL	⑤SiC	⑥SL	⑦LS	⑧L	
	집수면적(ha)	①< 1		②1-10		③10-50		④50-100		⑤> 100
	건밀도	①심송		②송		③연		④견		⑤강견
	토양형	①B	②R·Y	③DR	④GrB	⑤Va	⑥Er	⑦Im	⑧Li	
	경사형태	①상승사면			②평행사면			③하강사면		
	모암	①화성암			②퇴적암			③변성암		
	표고(100m)	①< 2	②2-4		③4-6		④6-8		⑤8-10	⑥> 10

표 4. 수자원함양기능 평가인자 중 정량적 인자의 카테고리별 점수

평가인자	카테고리 점수				가중치	수 정 가중치
	0	Sinea	Cosineb	1		
토심(cm)	< 30	30 ~ 90	—	> 90	0.126	0.140
강수량(100mm)	< 9	9 ~ 14	—	> 14	0.123	0.137
경사(°)	> 30	—	10 ~ 30	< 10	0.114	0.126
집수면적(ha)	< 10	10 ~ 100	—	> 1000	0.100	—
표고(100m)	> 10	—	2 ~ 10	< 2	0.061	0.068

주) a. Sinea은 $\mu = \sin^2\left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times \frac{\pi}{2}\right)$ 을, b. Cosine은 $\mu = \cos^2\left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times \frac{\pi}{2}\right)$ 을 이용하여 [1 ~ 10]로 정규화 된 값을 의미한다.

표 5. 수자원함양기능 평가인자 중 정성적 인자의 카테고리별 점수

평가인자	카테고리 점수					가중치	수 정 가중치
	0	0.25	0.5	0.75	1		
임상	무임목지	침엽수림	—	활엽수림	혼효림	0.427	0.427
영급	I	II	III	IV	≥ V	0.302	0.302
소밀도	—	치수	소	중	밀	0.272	0.272
경사형태	상승사면	—	평행사면	복합사면	하강사면	0.095	0.105
견밀도	강건	견	연	송	심송	0.097	0.108
모암	화성암	—	변성암	—	퇴적암	0.083	0.092
토성	SL, LS	SCL	SiL, L	CL	SiC, SiCL	0.106	0.118
토양형	Va, Er, Im, Li	—	B	—	R · Y, DR, GrB	0.096	0.106

려우나 수자원함양기능의 상대적인 우·열은 충분히 평가 가능하다. 따라서 수원함양보호구역의 수혜대상이 되는 저수지의 유역 내에서 각 소유역별로 수자원함양기능의 높고 낮음을 비교할 수 있는 상대적인 척도로 활용할 수 있다.

즉, 해당 저수지 유역을 몇 개의 소유역으로 구분하고 각 소유역별로 산림기능구분도의 수자원함양기능 평가식으로 수자원함양기능을 평가한 후, 기능이 높은 소유역을 우선적으로 보호구역으로 지정·관리하는 것이다. 이렇게 함으로써 보호구역의 면적을 크게 늘리지 않으면서 보다 효과적으로 보호구역의 지정 효과를 높일 수 있다.

그림 5는 그림 4의 금주저수지를 대상으로 저수지 유역의 산림 수원함양기능구분도를 보

여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 금주저수지 유역은 총 14개의 소유역으로 구분되었으며, 소유역의 면적은 9.2~140.4ha 이었다.

그림 5에서 보는 바와 같이 소유역의 기능 구분 결과, 14개 소유역 중 8개 소유역이 수원함양기능 “고”등급이었으며, 그 총면적은 432.6ha로 유역 전체 면적의 약 55%이었다. 결과적으로 수원함양기능 “고”등급 소유역이 많으나, 실제 적용할 때에는 이 외에도 인문 사회적 조건(인구, 주택, 소유 등)과 보호구역 지정 용이성 등 정책적 조건들을 같이 고려하여 “고”등급 소유역 중에서 보호구역에 적합한 소유역을 최종 선택할 수 있다.

한편, 저수지 유역 내 각 소유역별 유출기여도에 근거하여 보호구역을 재배치하는 경우, 각 저수지의 용량, 지형, 지질, 기후 특성 등

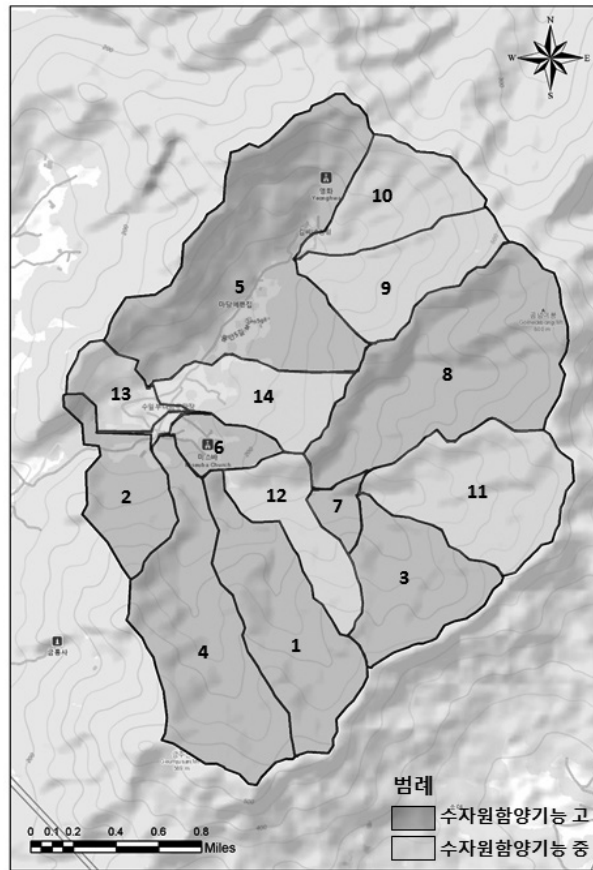


그림 5. 금주저수지의 수원함양기능 구분도

에 따른 적정 보호구역 면적을 먼저 판별하고 여기에 준해서 소유역 지정범위를 결정하는 것이 바람직하나, 적정 면적의 판정법 개발을 위해서는 앞으로 연구가 필요할 것으로 생각된다.

다. 소유역별 유출기여도에 근거한 원거리 보호구역 지정

과거 30여년간 수원함양보호구역의 면적은

지속적으로 감소하고 있으며, 신규 지정은 점점 더 곤란한 상황이다. 이러한 현상은 특히 제1종 수원함양보호구역에서 두드러지고 있는데, 이는 제1종 수원함양보호구역의 지정 범위가 저수지 만수위 기준 1km 이내라는 지리적 제한조건을 가지기 때문이다. 이 1km 이내라는 지정 범위의 제한은 넓은 면적에 대한 보호구역의 지정으로 사유림 소유주들의 재산을 과도하게 침해할 수 있다는 우려 때문에 설정되었던 것이다.

그러나 실제로 저수지 만수위에서 1km 이내 지역이라면 해당 저수지 유역에서 가장 경사가 완만한 지형이기 쉽고, 저수지로 인해 도로 접근성이 좋을 뿐만 아니라 저수지라는 친수공간을 바로 활용할 수 있는 공간적 장점을 가지고 있다. 국민소득이 증가하고 삶의 질이 향상됨에 따라 경사가 완만하고 접근성이 좋은 친수공간에 대한 사회·경제적 수요는 급증하기 마련이다. 따라서 현재 제1종 수원함양보호구역이 지정되는 지역은 해당 지역에서 이용 수요가 가장 많은 토지가 되고 이에 따라 지정해제에 대한 요구와 민원이 빗발칠 수밖에 없게 된 것이다.

이러한 현실을 타개할 수 있는 한 가지 대안으로서, 저수지로부터 이격된 원거리 보호구역 지정을 검토할 수 있다. 전술한 바와 같이 저수지 유역은 다수의 소유역으로 구분되며, 각 소유역들은 저수지 유량 형성에 서로 독립적으로 작용한다. 따라서 저수지에 가장 가까운 산림이 수원함양기능이 가장 좋고 저수지 유량에 가장 많은 영향을 줄 것이라고 평가할 수 없다.

그러므로 저수지 만수위에서 1km 이내라는 제1종 수원함양보호구역의 거리적 제약조건을 폐기하고 해당 유역 내의 공간적 유출기여도를 객관적으로 다시 평가하여 보호구역 배치를 재조정할 필요가 있다. 이에 더불어 비슷한 유출기여도라면 가급적 민원발생 우려가 높은 저수지 인접 지역 보다는 보다 저수지 유역 내에서 원거리에 있는 더 넓은 소유역을 보호구역으로 지정하여 관리하는 것이 수원함양기능

의 유지, 증진에 더 효과적일 수 있다.

4. 현행 산림보호구역 제도 보완 및 개선을 위한 제안

가. 산간 계곡수 취수원 보호구역 신설 필요

그림 6은 광역 또는 지역상수도시설의 수혜를 입지 못하는 지역 주민들에게 상수도를 공급하기 위해 설치된 마을상수도 및 소규모 급수시설과 같은 소규모 수도시설의 현황을 보여주고 있다. 현재 전국적으로 총 20,001개소의 소규모 수도시설이 운용중이며, 취수원은 지하수, 하천수, 복류수, 해수 및 용천수, 계곡수 등으로 매우 다양하다.

이 중 계곡수 및 용천수는 대부분이 산림유역에서 바로 취수되어 이용되며, 산림의 수원함양기능에 의해 직접적으로 공급되는 수자원이라고 할 수 있다. 전국 마을상수도 9,333개소의 12.7%인 1,189개소가 계곡수 및 용천수를 취수원으로 사용하고 있으며, 소규모 급수시설 중에서는 전국 10,668개소의 25.3%인 2,704개소가 취수원으로 계곡수 및 용천수를 사용하고 있다. 즉, 전국 20,001개소의 소규모 수도시설 중 19.5%인 3,893개 시설에서 계곡수 및 용천수를 취수원으로 사용함으로써 산림이 가지는 수자원 공급기능에 의존하고 있는 것이다.

이들 소규모 수도시설이 설치되어 있는 지역들은 대부분이 산간지역으로 광역 및 지역상수도에서 원격지인 경우가 많으며, 규모가

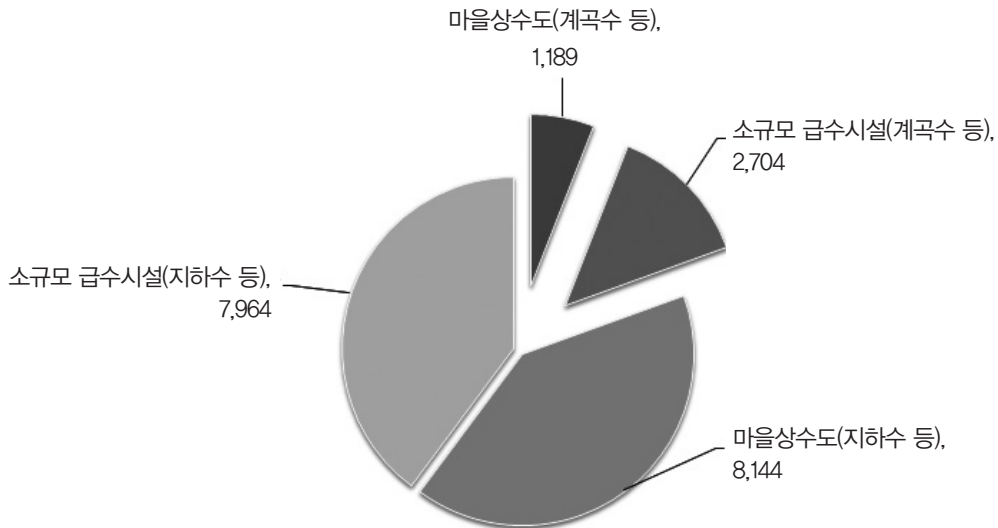


그림 6. 소규모 수도시설 이용 현황

작더라도 수도시설의 특성 상 공급되는 물은 식수원으로 사용됨을 우선적으로 고려해야 할 필요가 있다. 즉, 이들 소규모 수도시설의 수질문제가 지역 주민들의 건강과 삶의 질에 매우 중대한 영향을 미치기 때문에, 음용이 가능한 수질이 확보될 수 있도록 식수원 보호가 매우 중요한 문제가 된다.

일본의 경우, 산간지역 주민을 위한 공공 식수원으로 계곡수를 사용할 때에는 취수지점에 대한 집수구역을 대상으로 지형, 지질 등의 유역 상황과 토지 소유 또는 이용 형태 등을 바탕으로 집수구역의 일부 또는 전체를 수자원보전지역으로 지정하여 관리하고 있다. 이때 설정되는 보전지역은 일반적으로 취수지

점으로부터 상류 1km(지류도 포함) 구간의 직접 집수구역을 지정하여 관리하나, 충분한 유량이 확보되지 못하는 경우에는 집수구역 전체를 보전지역으로 지정하여 관리한다. 만일 취수원이 천층지하수 또는 용천수와 같은 샘물을 이용하는 경우에는 취수지점을 중심으로 최소한 1km 범위에 대하여 수원의 지형, 지질, 취수 심도 등의 상황이나 토지 소유 또는 이용 상황을 바탕으로 전부 또는 일부 구역을 수자원보전지역으로 지정하여 관리하고 있다. 이 수자원보전지역 내 토지 소유자는 별도의 법령을 비롯한 토지 이용에 관한 법령에 의거하여 토지 이용에 다소 제한을 받는다(사례 1, 사례2 참조).

〈사례 1〉

일본 미야기 현의 수도수원특정보존지역
(水道水源特定保存地域)

일본 미야기 현에서는 「물순환 보존조례」를 제정하여 산간지역의 취수원지역 중 그 지역의 양호한 물환경의 보존을 위하여 특히 중요하다고 인정되는 구역을 수도수원특정보존지역으로 지정·관리하고 있다. 이 수도수원특정보존지역 내에서 개발행위를 하고자 하는 자는 조례에서 정하는 바에 의하여 사전 신고를 해야 한다.

취수원의 오염을 방지하기 위하여 수도수원특정보존지역으로 지정되는 지역은 유역의 물순환의 출발점이며 생태계가 안정되고 왕성한 활동을 하는 천연 또는 인공의 산림지역을 대상으로 선정된다. 이때 선정기준으로서, 대상 산림지역을 1km²의 단위면적으로 구분한 후, 식물·동물·자연경관을 10단계의 지표로 평가하여 이중 8~10단계의 “뛰어난 자연환경”을 가진 산림지역을 보전지역으로 선정한다.

보전지역의 면적은 취수원이 지표수인 경우는 취수지점에서 대체로 상류 1km의 직접 집수구역이 대상이 되고, 지하수를 이용하는 경우에는 취수지점에서 대략 1~2km 정도의 지하수 함양구역을 특정보존지역으로 지정한다.

〈사례 2〉

일본 홋카이도의 수자원보전지역(水資源保存地域)

일본 홋카이도에서는 수원함양에 큰 역할을 하는 산림을 적절히 정비하고 보전하기 위하여 「홋카이도 수자원 보전에 관한 조례」를 제정하여 지역주민 용수공급을 위한 취수지점 주변으로 적정한 토지 이용이 특히 필요한 구역을 지정·관리하고 있다.

수자원보전지역의 구역 설정은 식수원의 종류에 따라 다르다. 지표수(계류수, 계곡수 등)를 취수원으로 하는 경우는 산간지역의 공공용으로 제공하는 수원에 관련된 취수지점에 대한 집수구역 전체를 수자원보전지역으로 지정한다. 그러나 각각의 취수지점의 지형, 지질 등의 상황, 토지의 소유 또는 이용 상황 등을 바탕으로 집수구역 전부를 지정할 필요가 없다고 여겨지는 경우에는 각각의 상황을 바탕으로 집수구역의 일부를 보전지역으로 지정할 수 있다.

한편, 지하수(천층지하수, 심층지하수 및 샘물)를 취수원으로 하는 경우에는 공공용으로 제공하는 수원에 관련된 취수 지점에서 일정거리(대략 1km를 기본으로 한다.)의 범위에 대해서 수원의 지형, 지질, 취수심도 등의 상황이나 토지의 소유 또는 이용 상황을 바탕으로 전부 또는 일부 구역을 보전지역으로 지정·관리 한다.

수자원보전지역에서는 수자원의 확보와

수질에 영향이 우려되는 취수행위나 개발 행위 등 수자원 보전에 지장을 초래할 우려가 있는 토지 이용은 제한되며, 수자원의 함량에 큰 역할을 하고 있는 산림을 적절하게 정비 및 보전하는 등 수자원 보전을 위해서 필요한 조치를 취해야 한다.

우리나라의 경우, 광역 상수원 취수원 또는 지역 상수원 취수원을 포함한 취수지역을 상수원보호구역으로 지정하여 보호·관리하고 있다. 그러나 산간마을 주민들이 사용하는 소규모 수도시설에 대해서 개별적으로 상수원보호구역을 설치하여 보호하고 있지는 않은 실정이다.

따라서 적어도 소규모 수도시설 중 계곡수 또는 용천수를 직접 취수원으로 활용하고 있는 3,893개의 취수시설에 대해서는 취수지점에 대한 일제 조사를 통하여 취수지점이 산림지에 포함되어 있는지와 취수지점에 대한 집수구역 내 산림이 취수원의 수질 보전 및 수량 확보를 위해 어떤 보호 조치를 받고 있는지를 우선적으로 파악해야 할 것이다.

이 조사 결과를 바탕으로 산간지역 주민들에게 깨끗한 수자원 공급을 목표로 산림 보호 및 관리가 필요한 취수지점 및 집수구역을 선별하고 이를 (가칭)“산간 계곡수 취수원 보호구역”으로 별도 지정하여 관리하는 제도를 신설·도입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 계류수원 보호구역의 지정범위는 제1종 수원함양보호구역의 유사할 수 있으나, 지정

목적은 산간지역주민의 음용수자원 공급을 위한 계류수 취수원의 수질 보전 및 수량 확보가 되어야 할 것이다.

만일 계곡수 및 용천수를 취수원으로 사용하는 전국 3,893개소의 소규모 수도시설을 대상으로 일본의 보호구역 기준을 적용하여 취수지점을 중심으로 상류 1km 정도를 보호구역으로 지정 관리하는 것으로 가정하면, 새로 신설되는 산간 계곡수 취수원 보호구역의 총면적은 약 203,837ha에 달하는 것으로 산정된다.

이는 현재의 제3종 수원함양보호구역의 면적 155,741ha 보다도 31% 더 많은 면적이다. 물론 3,893개소의 취수지점 모두가 새로운 산간 계곡수 취수원 보호구역으로 지정·관리될 수 있는 것은 아니지만, 산간 계곡수 취수원 보호구역의 신설 시 상당한 면적의 보호구역이 발생할 수 있을 것을 예상할 수 있다.

향후 이 산간 계곡수 취수원 보호구역에 대한 보다 구체적인 지정방법 및 범위, 산림관리 방법에 대한 체계적인 연구가 수반되어야 할 것이다.

나. 보호구역 기능 증진을 위한 적극적 산림관리 필요

1) 댐 유역 수원함양림 조성사업 확대

표 6은 전국 16개 주요 다목적댐 유역 내 토지이용 현황을 보여주고 있다. 표 6에서 보는 바와 같이 전국 16개 다목적댐 유역의 면적은 21,583.3km²으로 전국토 면적의 21.6%에 달

표 6. 전국 16개 다목적댐 유역 내 토지이용 현황

구분	토지이용					계
	밭	논	임야	대지	기타	
면적(km ²)	1,485.1	1,160.0	17,156.2	552.3	1,229.8	21,583.3
비율(%)	6.9	5.4	79.5	2.6	5.7	100.0

하는데, 이중 79.5%인 17,156.2km²이 산림으로 피복되어 있다. 이들 다목적댐의 연간 용수 공급량은 108억톤에 이르며 이는 우리나라 연간 수자원 총이용량의 32.4%에 달한다. 따라서, 안정적인 용수 공급을 위해서는 다목적댐 유역 산림이 가지는 수원함양기능의 유지·증진이 매우 중요하다.

전술한 바와 같이 산림의 수원함양기능은 산림을 잘 가꾸고 관리를 할 경우 높아지지만

방치할 경우에는 차단 및 증산손실의 증가와 토양 물리성의 악화 등으로 수자원 공급량이 감소하고 토사유출량이 증가하여 궁극적으로 인공댐 기능의 저하와 수명 단축을 초래하게 된다.

산림청과 한국수자원공사는 이러한 인식을 공감하고 댐 유역 수원함양기능 향상 및 생태계 다양성·건전성 확보로 친환경 녹색댐 건설 및 통합물관리 추진 기반 마련을 목적으로



그림 7. 우리나라 다목적댐 및 유역 분포

표 7. 주요 다목적댐 숲가꾸기 사업 추진 연혁

구분	계	'03년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'16년
대 상 댐	28	장흥, 대곡	안동,임하, 횡성,보령, 부안,광동, 달방,소양강	영천,사연, 선암,대암, 안계댐	대청,용담, 밀양,수어, 연초,구천, 섬진강,평립	운문,합천, 남강,주암	충주댐 (강원 북부)	충주댐 (강원 남부)	충주댐 (충북/ 경북)	(신규댐) 군위,보현, 성덕,김천 부항
		(2)	(8)	(5)	(8)	(4)	(1)			(4)

2002년부터 전국 주요 댐 유역 산림의 숲가꾸기 및 수변림 조성 사업 등을 추진해왔다.

그간 총 28개댐 유역 내 산림 159,138ha에서 수원함양기능 증진을 위한 숲가꾸기를 실시하였으며, 이와 아울러 약 10ha의 수변림을 조성해왔다. 그러나 현재까지 사업면적은 다목적댐 유역 내 산림면적의 약 9% 수준에 불과하므로, 향후 사업 확대 및 지속 추진을 통한 댐 유역 산림의 수원함양기능 증대가 필요하다.

2) 민간참여형 수원함양림 조성사업 확대

우리나라에서 수원함양림 조성은 산림청 및 지자체 등 공공부문에서 주도적으로 추진해왔다. 그동안 녹색댐 조성사업, 수원함양림 숲가꾸기 사업 등 주로 국고 지원에 의한 사업이 추진되었고, 그동안 많은 성과를 올렸다. 그러나 민간이 배제된 채 사업이 지속되다보니 사업 효과에 대한 사회적, 경제적 교감이 적어지고 이에 따라 갈수록 사업 추진의 동력이 고갈되어 가는 실정이다.

따라서 산림의 수원함양기능 증진을 위한

조림 및 숲가꾸기 사업 추진 동력을 지속적으로 확보·강화하기 위해서는 지역사회 및 조합 등 민간의 참여를 이끌어내는 것이 필요하다. 이를 위해서는 수원함양림의 조성 효과를 지역사회가 체감할 수 있도록 지역사회의 수요에 알맞은 맞춤형 수원함양림 조성계획을 수립하는 것이 중요하다.

일본은 1960년대부터 민유 보안림을 대상으로 지역사회가 참여하는 수원림 조성사업을 실시하여 왔으며, 그간 많은 성과를 올렸다. 향후 민간참여형 수원함양림 조성사업의 좋은 벤치마크가 될 수 있을 것으로 생각된다.

※ 일본의 수원림(水源林) 조성사업 사례

일본의 수원림 조성사업은 댐 상류 지역 등 수원함양에 중요한 산림지역의 보안림 지정지역 중 수원함양기능이 저하되어 있는 민유림을 대상으로 수원함양기능이 높은 산림을 조기에 조성하고 정비하는 사업이다. 이 사업은 일본 삼림개발공단(현재는 일본 삼림종합연구소 삼림정비센터에서 승계)에 의해 1961년부터 시작되었으며, 현재까지 일본 전국적으로

총 60만ha의 조성 계약을 체결하고 47만ha의 수원림 조성을 완료했다. 이는 일본 전체 민간 보안림 지역 약 500만ha의 1%에 해당하는 면적이다.

조림지 소유자와 조림업자, 삼림종합연구소 등은 분수조림계약을 체결하여 사업을 추진하며, 계약체결 시 삼림종합연구소가 조림지에 대한 지상권을 설정함으로써 본 사업으로 조성된 산림이 장기간 안정적이고 적절한 산림 정비와 유지 관리가 가능하도록 조치한다.

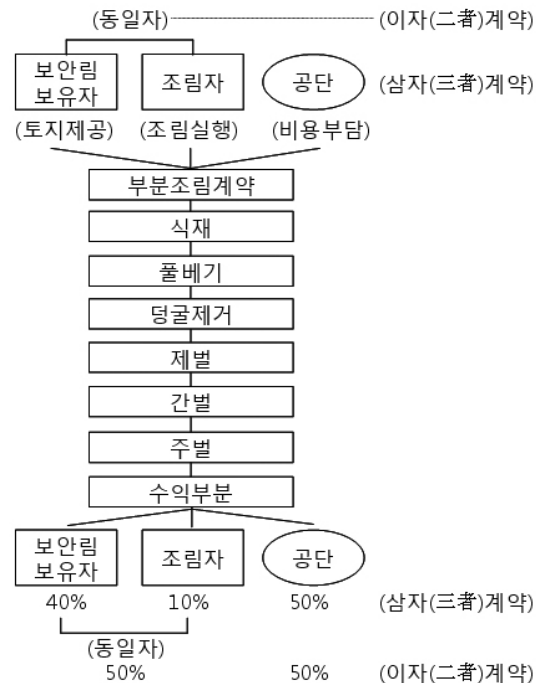
일본 녹색자원공단이 보안림 정비계획의 일환으로서 수원함양림을 조성함으로써 산림이 가지는 공익적 기능을 유지·증진하기 위한 목적으로 추진하고 있는 사업이다.

사업 대상지역은 다음 ①과 ②의 조건에 모두 해당하는 산림을 기본으로 하고 여기에 댐 등의 상류 산림지역을 포함하여 선정한다.

① 수원함양보안림(또는 예정지), 수원함양 목적을 겸비한 토사유출방비보안림(또는 예정지) 또는 토사붕괴방비보안림(또는 예정지) 중 하나

② 무입목지, 입목 밀도가 매우 낮은 산림지, 불량입지 등 인공 조림이 필요한 산림으로서 1개 사업지 예상면적이 5ha 이상인 임지.

단, 권리 관계가 복잡하여 계약 이행에 지장을 줄 우려가 있는 임지, 성숙림 조성이 곤란한 임지, 사방공사가 필요한 임지는 사업대상지에서 제외한다.



〈일본 수원림 조성사업의 추진 체계〉

〈사례 1〉

일본 이치노세키 시 무로네초 지역의 수원림 조성사업

일본 이와테 현 이치노세키 시 남단에 위치한 무로네초는 인구 약 12만명의 도시로서, 안정적인 생활용수 공급을 위하여 1997년에 소규모 수도시설 설치사업을 시작하였다. 이 사업을 위하여 시에 인접한 요코사 강에 취수시설을 설치하였는데, 이 시설의 집수구역은 1964년 수원림 조성사업에 의해 조성된 약 153ha의 산림이다.

과거에 무로네초 지역의 주요 수원지는 이 지역 동부에 위치한 大森山 沢水였으나, 1930~40년대에 남벌로 산림이 황폐화되어 여름 갈수기에는 강물이 말라 멀리까지 물을

길러가는 등 생활의 불편이 많았다. 더욱이 1947년과 1948년의 연속된 산불로 인해 大森山の 산림이 소실되어 생활용수 확보가 더욱 곤란해졌다.

이에 따라 산림의 수원함양기능 회복을 위해 조기에 산림을 복원할 필요가 있다는 지역사회의 인식 하에 1964년에 당시 삼림개발공단과 분수조림계약을 체결하고 약 153ha의 면적에 삼나무(38%), 소나무(60%), 낙엽송(2%)을 식재하는 등 수원림 조성을 실시하였으며, 현재는 수원림의 성장과 함께 연중 안정적으로 풍부한 물이 흐르게 되었다.

현재 이 수원림은 매년 1,050명분의 생활용수를 무로네초지역에 공급하고 있다.



〈무로네초 지역 취수장 및 수원림 전경〉

〈사례 2〉

일본 군마 현 아가쓰마 군 다카야마 촌의 수원림 조성사업

이 수원림은 일본 군마 현 아가쓰마 군의 톼妻川 지류인 名久田川을 끼고 이어지는 산의 능선을 따라 위치하고 있다. 조림지의 하류에는 5개소의 간이 수도시설이 있으며 다카야마 촌 주민 4,230 명의 하루 용수 수요량(1,400m³/일)의 거의 전부를 공급하는 등 지역 수자원 공급에 크게 기여하고 있다.

다카야마 촌은 제2차 세계대전 이후 황폐한 산림의 복원을 위해 당시 산림개발공단의 수원림 조성사업을 활용했다. 1961년 군마 현에서 제1호가되는 수원림 조성사업 계약이

다카야마 촌에서 체결되면서 인접한 민유림 및 공유림 등이 속속 조성사업에 추가 포함되어 사업지가 늘어났다.

현재 다카야마 촌의 수원림 조성사업은 총 28 단지, 952ha 면적에서 실시되었다. 이 면적은 다카야마 촌 지역 산림면적의 25%에 달하는 넓은 면적이다. 또한, 최근에는 삼나무·소나무 등의 침엽수 이외에, 상수리나무·줄 참나무 등의 활엽수 조림도 적극적으로 실시되고 있다. 다카야마 촌에서 수원림 조성사업이 시작된 이래 50 년이 경과하고 황폐했던 숲이 울창해지고 수원함양기능도 크게 증가하였다.



〈다카야마 촌 수원림 조성사업지 전경〉



〈다카야마 촌 간이 수도시설〉

참고문헌

- 가. 권순덕, 박영규, 김은희. 2015. 일본 산림의 기능과 평가. 국립산림과학원 연구자료 제598호. pp.133.
- 나. 김미림. 2014. 산림수원함양기능평가를 통한 수원함양보호구역 설정 방안 연구 - 다. 장흥다목적댐 유역을 중심으로 -. 서울대학교 석사학위논문. pp.54.
- 다. 김현섭, 배상원, 박영규, 이경재, 이상태, 정준모, 박재현, 장석창, 서경원. 2012. 보안림의 관리제도 및 관리방안. 국립산림과학원 연구보고 12-13. pp.189.
- 라. 박영규, 전준현, 노혜정. 2013. 수원함양보호구역의 문제점 및 개선방안. 한국산림휴양학회 학술발표회 자료집. 730-733.
- 마. 박영규, 전준현, 이호상. 2009. 일본의 보안림제도. 국립산림과학원 연구자료 제353호. pp.110.
- 바. 산림청. 2016. 임업통계연보. 산림청. pp.418.
- 사. 전준현, 박영규, 노혜정, 김형호. 2011. 사유림의 산림기능 구분도 작성. 국립산림과학원 연구보고 11-02. pp.164.
- 아. 정주상, 김의경, 이현호, 신원섭. 1999. 산림기능평가에 관한 연구. 산림청 용역보고서. pp.344.
- 자. 한국산지보전협회. 2014. 산림보호구역관리계획 수립을 위한 산지지역조사 최종보고서. 한국산지보전협회. pp.227.
- 차. 美しいちばの森林づくり検討会議. 2010. 美しいちばの森林づくりに向けて. 美しいちばの森林づくり検討会議. pp.43.
- 카. 森林總合研究所. 2016. 源林造成事業. 森林總合研究所. pp.12.
- 타. 林野廳. 2007. 保護林モニタリング調査マニュアル(概要版). 林野廳. pp.19.
- 파. 林野廳整備課. 2001. 多様な機能を發揮するための森林整備に関する調査報告書. 林野廳. pp.184.



기술정보(국내)

도서산림 현황과 관리방안 소고(小考)

전현선

국립산림과학원 난대아열대산림연구소장

1. 왜 도서산림인가?

도서지역은 생물다양성, 기후변화, 지형 및 지질 영토의 범위 등과 관련 많은 관심의 대상이 되고 있다. 2018. 6. 10.~15. 네덜란드에서 ‘제16차 국제작은섬학회(ISISA¹⁾) 국제콘퍼런스’가 열렸다. 이번 콘퍼런스에는 우리나라를 비롯해 30개국(아시아, 동남아, 유럽, 북유럽, 남미 등) 170여명이 참석했다.

이 콘퍼런스에서 세계 각국의 섬과 관련된 다양한 이슈들에 대한 발표와 토의가 있었다. 작은 섬들이 처해있는 인구감소, 경제침체 등 사회경제적 이슈를 비롯해서 도서지역 생태계의 보존을 위한 생물지리 특성 및 독특한 생태적 특징 분석, 작은 도서 주변의 자연자원 및 기후변화, 이민자 거주지 및 재해 관리, 도서지역의 식생 탐사, 수산업, 농업, 철새 등 연구, 해수면 상승으로 인한 지반침하, 함몰 및

퇴적 등 상호작용, 식민지 전후 섬의 언어, 사회, 문화의 정체성 비교, 세계문화유산 도서지역에서의 문화자산 가치 및 활용 등 다양한 내용이 발표되었다. 한편 최근 섬과 관련된 영유권 문제는 발표와 토론에서 서로 조심하는 분위기였다.

이번 콘퍼런스의 시사점은 연구 및 정책 측면에서 도서관련 국제 연구동향을 고려한 차기 국내 연구 및 정책 방향 설정, 지역발전 측면에서 역사·문화와 경제·사회적 측면을 고려한 발전방안 모색, 산림자원 보전과 이용 측면에서 도서지역 산림자원 조사 및 산림생태계 변화 장기모니터링 연구를 위해 도서지역 산림과 식생의 조사구 및 기후데이터 측정 장치 설치 등이 필요하다는 것을 인식하게 되었다.

우리나라 도서지역도 역사적으로나 문화경제·생태적으로 매우 중요한 곳이다. 한편 도

1) International Small Islands Studies Association(국제작은섬학회): 영국이나 뉴질랜드처럼 하나의 국가를 이루면서 큰 면적인 섬은 이 학회의 연구대상에 포함되지 않음.



〈사진 1〉 남해안의 크고 작은 섬들

서지역은 휴양시설 등 난개발로 인한 동식물의 서식지 훼손, 도서지역의 공동화로 인한 산림관리의 필요성도 제기되고 있다. 그러나 도서와 관련하여 산림 수종 및 영급, 도서산림 분포 지역 및 현황, 산림의존적인 동식물 분포 등에 대한 자료는 부족한 상황이다.

이에 국립산림과학원 난대아열대산림연구소에서는 건강한 도산림 생태계 보전과 이용, 이를 위한 생태적 관리기술 개발을 목적으로 2014년부터 ‘도서산림 특이성 분석에 따른 유형화와 생태정보 구축방안 연구’를 하고 있다.

2. 도서산림(島嶼山林)이란?

도서(島嶼)란 크고 작은 섬들을 의미한다. 한자어를 살펴보면 두 글자 모두 산(山)이 포

함되어 있다. 바다 위에 있는 작은 산 또는 산들의 집단을 의미하는 것 같다. 아마도 우리 선조들은 섬을 바다 위의 작은 산으로 본 것 같다. 섬에서 산이 지니는 의미가 그만큼 크다고 볼 수 있다.

산림(山林)이란 집단적으로 자라고 있는 입목·죽과 그 토지, 집단적으로 자라고 있던 입목·죽이 일시적으로 없어지게 된 토지, 입목·죽을 집단적으로 키우는 데에 사용하게 된 토지, 산림의 경영 및 관리를 위하여 설치한 도로(임도(林道)), 위 토지에 있는 암석지(巖石地)와 소택지(沼澤地: 늪과 연못으로 둘러싸인 습한 땅)이다. 다만, 농지, 초지(草地), 주택지, 도로, 그 밖의 대통령령으로 정하는 토지에 있는 입목(立木)·죽(竹)과 그 토지는 제외한다.²⁾

2)산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제2조(산림의정의)



〈사진 2〉 백령도의 과거(1960년대 추정) 산림 모습

그러면 도서산림(島嶼山林)이란 크고 작은 섬에 집단적으로 자라고 있는 입목·죽과 그 토지 및 임도, 그 토지에 있는 암석지(巖石地)와 소택지(沼澤地)를 포함하는 것으로 볼 수 있다.

3. 우리나라 도서(島嶼) 현황

우리나라에 섬이 3,339개가 있다. 그 중 사람이 살고 있는 유인도는 463개, 사람이 살지 않는 무인도는 2,876개이다. 섬 면적은 280ha로 국토면적의 3.5%에 이른다. 그러나 섬 면적은 무인도가 7.6ha로 3%에 불과하고 유인도가 약 272ha로 섬 전체면적의 97%를 차지한다.³⁾ 유인도가 숫자로 볼 때는 14%이

지만 면적으로 보면 97%를 차지하고 있어 도서지역에서 산림은 사람의 생활과 매우 밀접한 관련이 있고 중요하다고 볼 수 있다.

섬은 11개 광역시와 도에 걸쳐 분포하고 있다. 그 중 섬의 숫자로 보면 전남에 유인도 267개, 무인도 1,744개로 총 2,021개가 있어 섬이 가장 많은 지역이다. 다음은 경남에 유인도 80개, 무인도 484개 총 564개의 섬이 있다. 충남은 총 268개 섬이 있는데 유인도 32개, 무인도가 236개이다. 그밖에 인천, 전북, 제주, 부산, 경기, 경북, 강원, 울산 등의 순으로 분포하고 있다.

우리나라에서 가장 큰 섬은 제주특별자치도 본도로서 1,883km²이다. 다음은 경남 거제도(379km²), 전남 진도(372km²) 순이다.⁴⁾

3) 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제2조(산림의정의)

4) 우리나라 도서(섬)분포 현황 및 도서산림 관리방안 연구, 2018, 전철현

당시 취사와 난방 연료를 산림에서 의존하였기 때문에 산림이 매우 헐벗어 있는 상태이다.⁵⁾

4. 도서지역 산림의 특성 및 관리상의 문제점

도서는 영토 및 배타적 경제수역의 보전 등 국토의 중요한 일부분이며, 자연환경의 보전 및 국민의 여가활동 장소 제공 등 산림생태계의 보전과 지역주민들의 삶을 영위하는 공간으로서 중요한 위치를 차지한다.

그러나 섬은 대부분 임야로 되어 있다. 유인도의 경우 임야가 약 60%, 전(밭) 약 26%, 답(논) 약 11%로 임야가 대부분을 차지하고 있다. 무인도의 경우 90% 이상이 임야로 되어 있다.

유인도서의 경우 지역발전을 위한 대표적인 계획은 행정안전부의 도서종합개발계획이 있다. 이 계획은 「도서개발촉진법」에 따라 10년 단위로 수립되고 있다. 현재 3차 종합개발계획이 추진되고 있는데 ‘매력 있고 살기 좋은 섬’을 목표로 350여개가 넘는 유인도를 대상으로 지원 사업을 하고 있다. 유인도의 경우 점점 거주하고 있는 주민들이 감소하고 있으며, 주민 연령도 높아지고 있어 이에 따른 생활에 필요한 시설 위주로 지원 사업을 하고 있다.

해양수산부에서는 2007년 「무인도서의 보전 및 관리에 관한 법률」을 제정하여 무인도서 관리를 절대보전, 준보전, 이용가능, 개발가능 등 4개 유형으로 관리하고 있다. 환경부는 1997년 「독도 등 도서지역의 생태계 보전에 관한 특별법」을 통해 206개 특정도서를 지정·관리하고 있다. 산림청은 도서지역 산림자원화 및 육성에 관한 업무는 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」, 도서지역 산지구분 및 전용허가는 「산지관리법」, 그리고 산림유전자원 보호구역 지정 및 해제는 「산림보호법」에 의거 정책을 추진하고 있다. 그러나 도서지역 산림에 대한 정의, 보전, 육성, 이용 등에 대한 체계적이고 구체적인 법령과 제도적 기반은 아직 미흡한 상태이다.

그래서 국립산림과학원에서는 2014년부터 산림환경과 조화되는 도서지역의 생태적 산림관리 방안 마련을 위하여 도서지역 관련 기초자료 DB를 구축하고 있다. 주요 수종 및 식물, 산림의존종 조류 조사, 생물지리학적 특성 분석 등 기반연구를 추진하고 있다. 아울러 도서지역 관련 기초정보 DB는 산림·환경, 사회·경제, 역사·문화 등 3개 분야로 구축하고 있다. DB는 무인도서는 산림·환경, 유인도서는 산림·환경, 사회·경제, 역사·문화 등을 구축하고 있다. 산림·환경 DB 항목은 도서면적, 표고, 식물종 수, 산림동물종 수 등 16항목으로 구성되어 있다.

5) 인천광역시 옹진군 백령면사무소 제공



5. 도서산림의 관리방안

도서지역은 유인도의 경우 도서 면적 중 임야가 약 60%, 무인도의 경우 임야가 면적 중 약 90%를 차지하고 있다. 도서지역 산림은 육상 생태계의 영향을 받으면서 해양성 기후에 의해 특이한 산림생태계를 보이는 경우가 많다.

거제, 남해, 완도, 진도,新安 등 일부 도서는 육지와 다리로 연결해 접근성이 좋아졌으나 대부분의 섬은 배로 접근하여야 한다. 아울러 도서지역 주민들이 점차 감소하면서 노령화되어 가고 있어 도서 주민이 직접 산림을 관리하기에 점점 어려움이 더해지고 있다.

도서산림 중 희귀 멸종 위기 수종은 잘 보전하고, 유용자원은 증식하여 부가가치가 높게 이용하고, 일반 산림자원은 체계적으로 관리할 수 있는 제도적 기반 마련과 함께 적절한 정책의 개발과 시행이 필요하다고 볼 수 있다.

특히 무인도의 경우 사람의 손길이 많이 닿지 않은 경우가 많아 무인도의 산림생태계나 독특한 경관은 산림생태 교육이나 관광의 장소로 활용성이 높을 것으로 판단된다. 반면 무인도에서의 염소방목이나 과도한 개발은 무인도의 산림생태계 파괴를 가져올 수 있어 체계적인 관리 방안이 필요하다. 따라서 육지 산림과 차별화된 도서 산림 관리의 정책추진을 위한 관련 법 및 제도적 뒷받침과 예산, 인력 등의 확보는 새로운 일자리 창출에도 큰 기여를 할 것으로 전망된다.

첫째, 제도적인 측면에서 도서산림을 정의하고 관련 정책을 추진할 필요가 있다. 산림기본법 제18조에 “도시지역 산림의 조성 및 관리” 조항에 이어 ‘제18조의2 도서지역 산림의 조성·관리’ 조항을 신설할 필요가 있다. 제18조의2(도서지역 산림의 조성·관리) 국가 및 지방자치단체는 도서지역의 산림 및 녹지를 체계적으로 관리하기 위하여 필요

한 시책을 수립·시행하여야 한다. [본조신설 2018.00.00.]

산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제2조(정의) 제1조 4항 도시림 정의에 이어 4의2항에 도서산림의 정의를 신설할 필요가 있다.

4의2. "도서산림"이란 도서지역에서 생육하는 산림을 말한다. <신설 2018.00.00.>

국유림의 경영 및 관리에 관한 법률 제15조 제1항 1호를 개정하여 어촌을 포함한 도서지역을 추가할 필요가 있다.

‘제15조(공동산림사업) ①산림청장은 산림사업의 효율적 추진, 지역사회의 발전 또는 지역주민의 소득증대 등을 위하여 필요한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장·지방자치단체의 장 또는 대통령령이 정하는 단체의 장과 공동으로 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 산림사업을 할 수 있다.

1. 농·산촌 지역의 산림소득개발사업’을 ‘1. 농·산·어촌 지역의 산림소득개발사업’으로 개정하여 어촌과 도서지역을 포함한다. <개정 2018.00.00.>

둘째, 도서산림을 관리·이용할 수 있는 기

반 구축이 필요하다. 도서지역 산림을 관리하기 위해서는 산림에 대한 기본정보인 임상도 구축이 먼저 필요하다. 현재의 임상도 제작 시스템으로는 도서산림에 대한 임상도 구축이 어려울 것이므로 도서산림만의 별도의 임상도 구축이 필요할 것으로 판단된다. 아울러 도서산림을 관리하고 이용하기 위해서는 임도의 설치도 필요하다.

셋째, 도서산림을 관리·이용하기 위해서는 인력 양성과 도서별 관리시스템 구축이 필요하다. 우리나라 대부분의 섬은 육지와 멀리 떨어져 있다. 배로 접근하기 위해서는 날씨에 많은 영향을 받으면서 시간과 비용이 많이 소요된다. 따라서 도서지역 주민이 도서산림을 직접 관리하고 이용할 수 있는 시스템 구축이 필요할 것이다. 이를 위해 주민 스스로 산림을 관리할 수 있는 교육을 통해 자체 전문 인력을 양성하고 주민 스스로 산림을 관리하고 이용할 수 있는 사회적 경제 체계를 구축하여 일자리와 소득을 창출할 수 있도록 하여야 할 것이다.



기술정보(국내)

한반도 생태계연결을 위한 남북 산림협력방안

오정수
(사)겨레의 숲 이사

남과 북은 2018년 7월4일 판문점 평화의 집에서 역사적인 판문점선언 이행을 위한 남북고위급회담 합의에 따라 남북 산림협력 분과회담을 진행하고 다음과 같은 실천적 대책을 취해나가기로 공동보도문을 발표하였습니다.

1. 남과 북은 양묘장 현대화, 임농복합경영, 산불방지 공동대응, 사방사업 등 산림 조성과 보호를 위한 협력문제들을 상호 협의하고 단계적으로 추진해 나가기로 하였다.
2. 남과 북은 산림병해충 방제에 상호 협력하기로 하고 당면하여 남북접경지역과 해당지역에 대한 병해충 공동방제를 진행하기로 하였다.
이와 관련하여 병해충 방제지역에 대한 현장방문을 7월 중순에 진행하며 남측은 병해충 방제에 필요한 대책을 세우기로 하였다.
3. 남과 북은 산림 조성과 보호 부문에서 이룩된 과학기술 성과들의 교류를 비롯하여 산림과학 기술 분야에서 적극 협력하기로 하였다.
4. 남과 북은 남북 산림협력사업을 추진하기 위한 실무기구 조직과 회담에서 합의된 사항들을 이행하는데서 제기되는 문제들은 문서교환을 통하여 협의 해결해 나가기로 하였다.

2018년 7월 4일, 판문점

□ 남북 산림협력 사업은 왜 필요한가?

왜 북한의 산림녹화를 우리가 함께 해야만 할까요?

한나라가 국제사회에서 존경받는 구성원으로 자리 잡기 위해서는 어떤 자격을 갖추어야

할까요? 물론 일정 수준 이상의 경제력을 갖추어야 합니다.

그러나 이와 더불어 우리가 한 나라의 국민일 뿐 아니라 지구촌의 책임 있는 일원이라는 더 넓은 차원의 소속감을 갖는 것이 중요합니다.

자연재해, 기근, 토지황폐화, 전쟁, 질병 등

직면하고 있는 여러 가지 어려움을 남의 일이 아닌 우리 일로 받아들이고, 이를 해결하기 위해 발 벗고 나서는 모습을 보일 때 국제사회에서 신뢰를 얻고 나라의 품격을 높일 수 있기 때문입니다.

그리고 한반도의 생태계는 두개로 나누어 있는 독립된 생태계가 아닌 유기적으로 연결된 하나의 생태계라는 사실을 먼저 이해해야만 합니다.

북쪽의 훼손되고 불안정한 산림생태계는 남쪽의 건강한 산림생태계를 위협하여 언제 어떻게 피해를 줄지 모릅니다. 따라서 북한의 산림녹화사업의 지원과 협력은 북쪽 생태계의 황폐된 산림을 복구시켜 다양한 사회경제적 문제를 해결할 수 있게 할 뿐만 아니라 남한의 건강한 산림생태계를 유지·보존시키는 실천적 행위가 되기 때문입니다. 이상은 제가 2010년까지 일상적으로 강조했었던 북한 산림녹화사업의 지원과 협력이 필요한 이유였습니다. 그러나 2018년 7월4일 이후부터는 더 이상 언급할 가치와 이유가 될 수 없게 되었음을 개인적으로는 무한한 기쁨으로 그리고 한반도 생태계와 한민족에게는 큰 축복이라고 생각합니다.

왜냐하면 통일비용의 절감이며 건강한 생태계의 연결인 동시에 남북 생명체들의 상생과 공생 그리고 더욱 활발한 서식과 번식, 창조공간의 확장이기 때문이며, 나아가 인간사회의 통일과 번영의 기반이 될 수 있다는 자연의 질서와 섭리를 믿기 때문입니다. 남북 산림협

력사업은 당면한 한반도 평화와 번영의 물꼬를 트는 마중물이 될 것입니다.

지난 15년여 해 동안 (사)평화의 숲과 (사)겨레의 숲의 대북 산림협력 사업에 참여하여 사업을 계획하고 현장에서의 집행한 경험을 돌아보며, 개성과 중국 북경, 심양, 연길에서 동북아 산림협력국제회의와 심포지움에서 상호 발표와 토론석상에서의 체험을 토대로 남북 산림협력 사업방안에 대하여 살펴보겠습니다.

□ 남북 산림협력 사업 추진방향

2009년 현재 북측의 산림면적은 산림청이 인공위성영상을 판독한 결과, 황폐산림은 1999년 163만 ha(헥타르)에서 2008년 284만 ha로 증가했다고 발표하였습니다. 전체 산림면적의 32%에 달하는 방대한 규모입니다.

북한의 산림복구사업은 식량난과 에너지난의 해결뿐만 아니라 빈발하는 자연재해를 현격하게 줄여서 사회경제적 문제를 근원적으로 해결할 수 있는 핵심사업이 될 것입니다.

남측의 산림은 지난 30여 년간 국민과 정부의 부단한 노력으로 지구상에서 유래 없는 단기간에 녹화에 성공한 개발도상국 중 유일한 나라로 인정을 받을 만큼 건전한 산림생태계로 탈바꿈하였습니다. 그리하여 세계적으로 경쟁력 있는 산림녹화의 Know-how를 갖추었다는 평가를 받고 있습니다.

대규모 산림 황폐지의 녹화를 위해서는 먼저

황폐지를 유형별로 구분하여야 합니다. 어느 지역에 어떠한 조림녹화기술을 적용해야하는지를 결정해야 하기 때문입니다. 부족하고 제한된 자료를 참고하고, 지난 10여 년간 소규모로 실행되었던 산림협력사업을 돌아보고, 과거 우리의 녹화 경험을 토대로 고찰하겠습니다.

1. 양묘사업

산림사업의 시작은 양질의 건전묘목을 지속가능하게 생산하여 공급하는 것이 기본임은 동서고금을 막론하고 변함없는 산림복원사업의 알파에 해당하는 프로세스입니다. 2007년 4월2일 겨레의 숲이 발족되어 실행한 대북 양묘사업은 아래와 같으며, 2007년 변재경박사 등과 함께 실시한 토양조사내용을 참고한다면 한국형 시설양묘생산시스템을 적용한 사유를 어렵지 않게 이해할 수 있을 것입니다. 2018년 7월 이후 정부 간 산림협력사업에서는 중앙정부와 지방정부를 아우르는 전국규모의 양묘장 현대화사업이 북한 생태계의 건전성을 회복하여 재구축하는 100년 대계이므로 남북 산림협력사업의 근간으로 지속가능하게 추진될 것으로 믿어 의심치 않습니다.

1.1. 양묘장 토양조사

1.1.1. 평양순안중앙양묘장

1.1.1.1.

평양순안중앙양묘장은 평양시 순안구역 오

산리에 위치하고 있으며, 경사 5°내외의 구릉지에 위치하고 있다. 관리동과 시설온실은 양묘장입구 구릉지 하단부의 약간 높은 곳에 위치하고 있으며, 바로 절개사면이 이어지면서 그 아래쪽에 최근까지 논으로 사용되었던 곳으로 보이는 평지에 노지묘포 약 1ha(9,800 m²)를 조성하였습니다. 새로 조성된 묘포에는 건기인데도 불구하고 절개사면에서 유출된 유거수가 묘포쪽으로 유입되고 있어 비가 내릴 때 습해를 가중시킬 우려가 큼니다.



묘포전경



유거수

1.1.1.2.

묘포토양은 퇴적암을 모암으로 생성된 적색계 갈색토양이나 양묘장 주변지역을 보면 토색이 명적갈색인 적황색토양도 나타납니다. 토성은 점토와 미사함량이 60~75% 정도인 미사질 식양토(Silt Clay Lome) 또는 식양토

(Clay Lome)이며, 토양전밀도가 높아 단단하고 배수, 통기성 등 물리성이 불량한 편입니다. 또한 과거 오랜 기간 동안 물이 담겨져 있던 논이었기 때문에 불투수층이 형성되어 배수불량이 가중될 수 있고 환원 층도 있을 것으로 보여 유화수소 등 가스로 인해 묘목생장이 불량할 것으로 판단됩니다. 이러한 토양배수가 불량하고 점토함량이 높은 토양에서는 경운, 정지작업이 곤란하고 파종 후 복토작업도 어려워 파종 후에 발아율이 낮아지고 이식상에서는 묘목의 뿌리 생장이 불량해 집니다. 이러한 토양에서 적기에 관수가 이루어지지 않을 때에는 토양이 돌처럼 단단하게 굳어지고 파종상에서는 지표면이 거미줄 모양으로 갈라져 뿌리가 노출되므로 건조피해를 쉽게 받을 수 있습니다. 더욱이 묘포가 지형적으로 낮은 곳에 위치하고 있고 관개시설도 미흡하여 많은 양의 강수가 내릴 때 침수피해가 예상됩니다.

1.1.1.3.

포지에 상수리나무, 밤나무 등을 파종하였으나 경운을 실시한 뒤 흙을 파쇄하는 정지작업이 생략되어 흙덩어리가 30cm 내외의 상황에서 파종을 실시하여 발아율이 매우 낮을 것으로 예상됩니다.

또한 묘상의 높이가 낮고 보도의 폭이 좁아 습해가 우려되고 간인, 제초작업 등 관리가 어렵고, 묘상의 방향도 동서로 배치하여 일조량을 많이 받게 해야 하나 남북으로 배치되어 있습니다.



파종상 전경



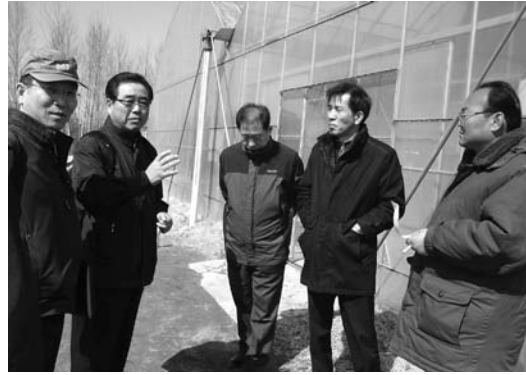
토괴(흙덩어리)



보도의 폭이 좁음

1.1.1.4. 개선방안

양묘에 적합한 토양의 토성은 모래함량이 50~70% 정도인 사질양토(Sand Lome) 또는 양토(Lome)이나 「평양순안중양양묘장」은 모래함량이 절반에도 못 미치는 미사질식양토(Silt Clay Lome) 또는 식양토(Clay Lome)이므로 현실적으로 이러한 토양에서의 양묘는 매우 어렵습니다. 파종과 이식을 위해서는 경운을 실시한 뒤 정지(로타리)작업을 거쳐야 하나 점토함량이 높아 어려우므로 사질양토 또는 양질사토 등 모래함량이 높은 산 흙이나 강 모래를 이용한 객토와 토양개량제 투입 등 지속적인 토양개량을 하여야 양묘사업이 정상적으로 진행될 수 있을 것입니다.



남북 양묘사업 협의



한국형 시설양묘장 내부(2007) 및 홍보 현수막(2009)

1.1.2. 금강산양묘장

1.1.2.1. 입지환경

금강산 양묘장은 온정리에서 구룡폭포 가는 길의 신계사 전방 약 300m 지점 우측에 위치합니다. 2004년 11월부터 조성하였으며 노지 묘포 2ha, 시설양묘용 온실 2개동 0.1ha(495 m²×동)이며, 2006년도에 기존 묘포 위쪽에 약 1ha의 묘포를 추가 조성하였습니다.

금강산 양묘장은 산자락과 인접한 곳에 위치하고 약 5°의 경사를 보이고 있어 자연배수

가 이루어지는 곳으로 입지환경은 매우 양호합니다. 그러나 토성은 지표면에 입자가 굵고 거친 화강암 모재토양이 노출되어 있는데, 이는 인근의 산에서 오랜 세월동안 침식된 토양이 강수에 의해 흘러내리거나 인접한 계곡물이 범람하여 쌓인 것으로 보입니다.

양묘장 부대시설로는 관리시설 1개동(사무실 및 창고/100m²), 태양광집광판 1개(7kw/일 생산규모), 태양광발전실 1개동을 설치하였으며, 장비는 트랙터 1대와 경운기 2대를 지원하였습니다.



금강산 양묘장 제1포지



금강산 양묘장 제2포지

1.1.2.2. 토양

금강산 양묘장 뒤편 산지 토양은 대부분 화강암을 모암으로 생성된 갈색 건조산림토양(B_1)이나 국소적으로 적색계 갈색 건조산림토양(rB_1)이 나타납니다.

양묘장은 이들 산에서 침식된 풍화정도가 양호한 화강암 모재토양이 봉적 된 곳으로 미농무성(USDA)법 및 국제법 분류상 자갈로 구분되는 토양입자 크기가 2mm 이상인 것이 64.2%나 되어 묘포로 사용하기에는 부적합한 토양입니다. 모래함량이 너무 높기 때문에 보수력이 약하고 관수를 실시하여도 투수성이 높아 물 빠짐이 과도하게 이루어지며, 시비를 하여도 양분의 유실이 심하기 때문에 건전묘목 생산이 어려우므로 지속적인 토양개량이 필요한 지역입니다.

지표로부터 20cm 정도는 그동안 톱밥퇴비 등 유기질비료를 시용하여 토양건밀도나 토색, 보수력 등 토양환경 개선이 많이 이루어졌으나 아직까지 미흡한 상태입니다.

토양건밀도는 지표로부터 8cm 까지는

유기물 투입과 경운의 영향으로 7~8mm ($0.75 \sim 1 \text{ kg/cm}^2$)의 송한 토양이었으나, 8~21cm는 17~21mm($4 \sim 6.5 \text{ kg/cm}^2$)로 비교적 단단하여 앞으로 경운할 때에는 보다 더 깊은 심경이 필요하다고 판단됩니다. 21cm 이하부터는 입자 크기가 큰 봉적 된 토양으로 답압이 되지 않아 표토보다 더 낮은 6mm로 나타났습니다.

토색은 지표로부터 8cm 까지는 투입된 유기물의 영향으로 10YR 4/6의 흐린 황등색(dull yellow orange)토양이 나타나고, 8~21cm는 10YR 6/6인 명갈색(bright yellowish brown) 토양이며, 21cm 이하부터는 유기물이 거의 없는 10YR 7/1의 회백색(light gray)토양입니다.

– 토양의 물리화학적

양묘에 적합한 토성은 모래함량 50~70% 정도, 미사함량 15~30%, 점토함량 10~20%인 사질양토(Sand Lome) 또는 양토(Lome)입니다. 금강산 양묘장은 표토의 경우 모래함



묘포 토양조사



제1 묘포 토양단면

량이 89.1%, 점토함량은 3.2%인 사토(Sand)이고, 심토(15~20cm)는 모래함량이 무려 98.4%이고, 점토는 1.3%인 사토(Sand)이며 21cm 이하부터는 미사와 점토함량이 거의 없는 모래층입니다.

토양 삼상 중 액상과 기상은 낮은 반면, 고상의 비율이 높으며 보수력이 매우 낮고 건조하여 토양물리성이 열악한 토양입니다.

토양산도는 pH 5.6~5.7의 산성토양이며, 유기물함량은 0~10cm까지의 표토는 그동안 유기질비료 시용으로 2.5%이었으나 15~20cm의 심토는 0.5%로 매우 낮았습니다.

전질소, 유효인산, 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 양분함량은 지표에서 10cm까지의 표토층은 그동안 시비의 영향으로 비교적 많이 개선된 상태이나 아직까지 부족하며, 15cm 이하의 토양은 양분함량이 목표치에 훨씬 미달되는 매우 척박한 토양이므로 지속적인 시비 관리가 필요하였습니다. 또한 양이온치환용량(C.E.C)이 매우 낮아 시비효과를 높이기 위해서는 유기질비료 시용과 객토를 병행해야 하며, 한편 유효인산 함량은 표토의 경우 어느

정도 목표치에 근접하였기 때문에 2~3년간 심토층의 함량변화를 보아가며 시비수준을 조절하는 과학적인 비배관리가 필요하다고 판단됩니다.

1.1.2.3. 점검결과

금강산 양묘장은 토양조건이 묘포로 사용하기 부적합하여 관수시설이 매우 중요합니다. 묘포에 필요한 물은 약 150m 떨어진 양묘장 인근 계곡에 수중보를 설치하여 낙차를 이용한 자연관수를 하고 있는데, 계곡물은 수온이 낮아 묘상에 직접 관수할 때 어린 묘목이 생장장애를 일으킬 수 있고 또한 갈수기에는 흐르는 물이 부족할 수 있으므로 저장탱크를 설치하여 물을 저장하여 수온을 평온화시켜 안정적으로 관수를 실시하는 것이 필요합니다.

고성군내 5개 지역에 20ha의 양묘장이 있으나 바람이 심하고 침수피해가 많아 생산실적이 저조하며 금강산 양묘장의 실적이 양호한 편이라 말하는 것으로 보아 양묘기술 수준이 안정적이지 않아 우량묘목의 생산이 어려운 실정으

로 판단됩니다. 금강산양묘장에는 2004년 11월에 우리 측에서 제공한 잣나무 800kg을 파종하였고, 2006년에는 소나무와 스트로브잣나무를 각각 2kg 그리고 2007년부터 자체적으로 소나무의 종자를 채취하여 파종작업을 실시하였습니다. 생산량은 시설양묘로 소나무와 이깔나무 용기묘가 생산되고, 노지에서는 잣나무, 소나무 등이 양묘 중이었습니다.

1.1.2.4. 개선방안

1) 기존 시설보완 및 양묘 시 고려사항

가) 노지양묘에 관수용으로 사용되는 물은 인근의 계곡물을 사용하기 때문에 묘목에 관수할 경우 낮은 수온으로 인해 생장장애를 일으킬 수 있으므로 저장용 물탱크를 설치하여 수온을 평온화시켜 사용해야 함

나) 안정적인 물 공급과 장기간 가뭄 시에 물 부족 현상이 발생할 때를 대비하여 양묘장 전용 저수지 설치를 고려해야 함

다) 단기간 방문에 의한 기술지도 보다는, 상 만들기, 이식, 관수체계 등 전반적인 양묘 순기에 따라 우리 측 양묘기술자를 파견하여 북측인력과 같이 모든 작업을 함께 실시할 수 있도록 하여야 함

2) 토양물리성 및 화학성 개량

가) 토양의 물리·화학성이 나쁘기 때문에 객토와 함께 유기질비료를 지속적으로 투입하여 최소 30cm 깊이 까지는 보수력

을 높이고 유기물, 전질소, 양이온치환용량, 치환성양이온 등의 개선이 필요함

나) 객토토양으로는 해안가 쪽은 미사와 점토함량이 40%가 넘는 적색계갈색산림토양이 나타나고 있어 이러한 토양으로 실시하는 것이 바람직하며, 밤나무단지의 토양도 객토 토양으로 적합하기 때문에 향후 추가로 구성이 예정되어 있는 밤나무단지에서 작업로 개설을 위해 포크레인 투입할 때 이를 활용하여 채취·운반하여 객토를 실시하면 효과적일 것으로 판단됨

1.1.2.5.

금강산양묘장은 많은 제약이 있어 부적지에 설치되었지만 본격적으로 조림면적이 늘어나 생산본수의 확대가 필요할 때에는 다른 곳으로 이전해야 할 것으로 판단됩니다.

따라서 향후 새로 조성되는 양묘장은 북측으로부터 몇 군데의 부지를 추천받아 사전 토양조사를 실시하여 적지인 곳에 조성하여야 하겠습니다.

한편 북측의 현황과 각종 제도를 고려해 볼 때 건전묘목 생산에 많은 시간이 소요될 것임으로 사업성과를 높이고 생산의욕을 고취시키기 위해서는 향후 우리 측에서 주관하는 조림행사에 필요한 묘목은 금강산 양묘장에서 생산된 묘목을 구입하여 사용하는 방안을 검토해 보는 것이 좋을 것으로 판단되며, 노지양묘가 안정적으로 진행될 때까지는 시설양묘를 적극 활용하여야 할 것으로 판단됩니다.

1.1.3. 금강산밤나무단지

1.1.3.1. 입지환경

밤나무 단지의 행정구역은 북고성군 금천리로 온정리 금강산타운에서 북측 출입국사무소로 가는 길 우측에 위치하고 있습니다.

밤나무 단지는 동해바다로부터 직선거리로 약 2km 정도 떨어져 있으며 표고는 100m~200m정도의 저 해발 구릉지와 산지에 조성하였습니다. 바다와 밤나무 단지 사이에는 표고가 높은 산이나 건물과 같은 해풍을 차단시킬 수 있는 입지환경이 아니기 때문에 바람이 연중 불어오는 풍충지입니다. 또한 서쪽 반대방향으로는 해발고가 높은 태백산맥이 위치하여 와류현상이 나타날 것으로 예상되므로 일시적인 돌풍과 강한 바람에 의해 낙과 발생이 있을 것으로 판단됩니다.

밤나무를 식재하기 전 임상은 자생 소나무가 있었던 곳이나 몇 주만 드문드문 있을 정도로 임목밀도는 매우 낮고 진달래, 싸리 등 관목만 나타나고 있는 지역입니다.

경사도가 완만한 곳은 20~25°인 곳이 상당한 면적을 차지하고 있으나 30°내외의 급경사지도 일부 분포하고 있습니다.

토양은 갈색산림토양과 적색계갈색산림토양이 혼재되어 나타나고 있으나 전반적으로 적색계갈색건조산림토양(B_1 : Dry reddish brown forest soil:)이 많습니다.

밤나무 식재면적은 약 100ha이며 2006년 3월부터 4월까지 북고성군 산림경영소 직원, 도로관리소 직원 등 50~60명을 동원하여 ha

당 400본씩 총 40,000주를 식재하였으며, 식재된 밤나무에 대하여 2006년 9월 활착률을 조사한 결과 약 80%로 나타나 2007년도 3월 26일부터 4월 2일까지 약 10,000본의 고사목을 보식하였습니다.

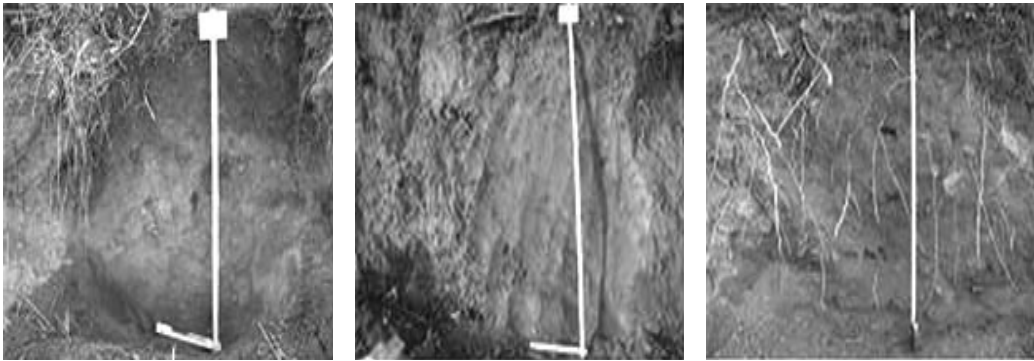
한편 밤나무단지 부대시설로는 관리시설 1개동(사무실 및 창고/200m²), 태양광집광판 1개(6kw/일 생산규모), 태양광발전설 1개동, 비닐하우스 2개동(250m²×동)을 설치하였으며 장비는 트랙터 1대와 경운기 2대를 지원하였습니다.

1.1.3.2. 토양

표토는 오랜 기간 동안 낙엽을 연료로 사용한 것으로 보여 A₀층이 거의 없는 상태이고, 이에 따라 양분순환이 원활하게 이루어지지 않았기 때문에 유기물의 영향을 덜 받아 A층의 발달이 미약하며, B층도 유기물이 매우 적은 편이었습니다.

토양 수분조건은 대부분 건조하나 조사지역중에서 다른 방위보다 동향(E)이 수분조건이 양호하여 약건상태이며 남향(S)이 가장 건조하였습니다. 또한 임목밀도가 낮고 임상(forest floor)이 빈약하기 때문에 북향(N)에서 수분조건이 양호한 경향이 나타나는 일반적인 현상을 보이지 않고 있습니다.

토색은 동향의 A층은 7.5YR 4/4의 갈색(brown), B층은 7.5YR 5/6의 명갈색(bright brown) 토양이 나타나고 남향의 A층은 7.5YR 6/6~6/8의 등색(orange), B층은 7.5YR 5/8의 명갈색(bright brown)토양이며, 북향의 A



밤나무단지 토양단면(좌측: 동향, 가운데: 남향, 우측: 북향)

층과 B층은 각각 동향의 B층과 비슷한 7.5YR 5/6, 7.5YR 5/8의 명갈색(bright brown) 토양이 나타납니다.

토양견밀도는 표토에서부터 10cm 깊이까지는 7mm~11mm($0.75 \sim 1.75 \text{ kg/cm}^3$)로 연하고, 20cm 부위는 15mm(3 kg/cm^3) 내외이며 50cm 부위는 19mm로 토양견밀도가 보편적으로 높지 않아 밤나무 뿌리발달에 지장이 없는 토양입니다.

석력함량은 지각변동에 의해 바다로부터 옮겨진 토양이기 때문에 모재층까지 토양단면내 석력함량이 5%미만으로 매우 적고 토심은 대부분 80cm 이상이 나타나며, 토심이 깊은 곳은 1m에서도 모재층이 타나지 않을 정도입니다.

토양구조는 A층은 점착성이 약한 입상구조이고 B층은 점착성이 있는 견과상구조가 발달하고 있습니다.

전반적인 토양조건은 밤나무재배에 적합하나 바람피해에 의한 대책, 토양수분 보전, 토양화학성에 알맞은 시비관리가 필요합니다.

1.1.3.3. 토양의 물리화학성

토성은 0~10cm 까지의 표토는 모래함량 50.8~54.4%, 미사함량 26.6~35.1%, 점토함량 13.8~19%인 사질양토(Sand Lome) 또는 양토(Lome)이며, 심토도 점토함량이 표토보다는 약간 낮으나 표토와 비슷한 함량을 보이고 있어 밤나무 재배에 적합한 토양입니다. 토양산도는 pH 5.0~5.3인 산성토양으로 양분의 유효도를 증진시키기 위하여 시비를 할 때 산도교정이 동시에 이루어 질수 있도록 비료배합비를 조절하는 것이 바람직합니다.

유기물함량은 동향(E)은 표토가 3.4%로 약간 높으나 북향과 남향은 각각 1.4%, 1.3%로 낮고 심토는 0.3~0.8%로 매우 낮아 유기물 공급이 필요합니다.

전질소함량도 동향은 표토의 경우 0.16%로 다른 곳에 비해 약 3배 정도 높으나 적정함량에 비해 부족하고 심토는 0.02~0.05%로 매우 낮은 척박한 토양입니다.

특히 유효인산 함량은 표토와 심토 모두 $1 \sim 2 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 매우 낮으며, 칼슘과 마그네슘

의 함량도 적정 기준치에 비해 매우 낮아 양질의 밤 수확을 위해서는 이들 양분의 중점적인 시비체계가 필요합니다.

양이온치환용량(CEC)은 $7.26 \sim 14.74 \text{ cmolckg}^{-1}$ 로 보비력이 낮은 토양으로 완효성 복합비료 시비와 함께 지속적인 유기물 공급이 필요합니다.

1.1.3.4. 점검결과 및 종합의견

밤나무단지에 식재된 품종은 대보, 축파, 자봉, 유리, 석추 5가지 품종이 식재되었다.

2006년 9월에 생육상황을 조사한 결과 가지 생장량은 $30 \sim 70 \text{ cm}$ 이었고 2007년에도 이와 비슷한 생장을 보였습니다.

밤나무와 밤나무사이의 유허 공간 $4,950 \text{ m}^2$ 에 북측 관리 인력에게 식량으로 제공할 고구마를 식재하였으며 잡초발생 억제와 밤나무 단지 관리인들의 긍정적인 반응을 고려한다면 다른 식용작물의 재배 확대는 일석이조의 효과를 이룰 수 있는 효율적인 공한지 이용방안이 될 것으로 판단됩니다.



밤나무단지 작업로 개설



묘목수송



밤나무묘목 식재



병해충 방제 약제 살포



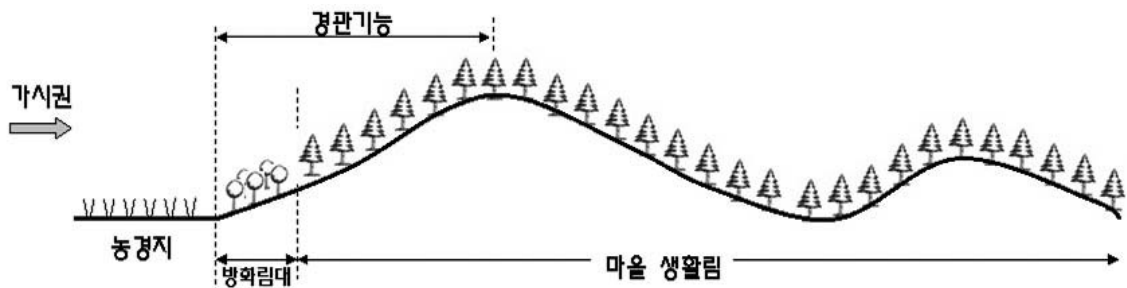
대목 이식지



고구마 수확



조림예정지 생태조사



조림예정지 기능배분 식재도면

관리사 앞에는 밤나무 단지 내 식재된 품종과 동일한 7년생(H 6~8m, R 7~9cm)의 대목을 각각 20주씩 총 100주를 충남 부여에서 굴취하여 뿌리분이 있는 상태로 트레일러로 운반하여 이식하였습니다. 이와 같은 힘들고 비용이 많이 들어가는 밤나무 대목 이식사업을 실행으로 옮긴 의미는 밤나무단지 주변에 거주하는 지역주민과 밤나무단지 관리원들에게 일 년이라도 먼저 수확과 소득의 기쁨을 경험하게 함으로써 사업에 보다 더 큰 관심과 참여를 유인하고, 북측 밤나무단지 관리 인력들의 자립기반을 조성하고 확충할 수 있을 것이라는 우리의 뜻과 사업실행의 진정성을 보여줌으로써 신뢰감을 강하게 심어 줄 수 있는 방법이라는 믿음이 있었기 때문입니다.

밤나무단지를 조성할 때 작업로를 등고선 방향으로 10m 간격, 폭 5m로 약 100km 정도 개설하였습니다. 이는 밤나무의 식재와 병해충방제사업 그리고 밤 수확·운반 등 전반적인 사후관리의 효율성을 높이기 위한 수단이었습니다.

1.1.3.5. 개선방안

밤나무 단지는 2008년도에 조성 예정 면적까지 포함하면 130ha가 넘는 대단위 면적으로 풀베기, 병해충방제, 시비, 결실기의 밤나무 보호 등에 많은 인력이 소요되고 밤나무 재배 및 관리에 대한 전문인력 양성이 필요하므로 사업성과를 높이기 위해서는 이들에 대한 의식주 해결이 시급하다고 판단됩니다. 따라서 밤나무 사이에 고구마뿐만 아니라 호밀, 콩 등 초생채

배를 확대하여 간접적으로 제초작업 효과와 관리인력에 대한 식량공급을 동시에 얻을 수 있도록 물자 및 기술지원이 필요할 것으로 판단됩니다. 또한 밤나무단지와 인접한 곳에서 수원확보가 어려워 약제 살포 등 사후관리를 위하여 대관정 설치를 검토해야 할 것입니다.

2. 조림사업

다락 밭으로 조성된 무림목지(無林木地)나 지나치게 황폐되지 않은 무림목지 중 지형이나 토양, 경사 등 입지 환경이 비교적 양호한 대부분의 산림지역은 일반 조림을 실시하여 생산성을 지닌 임지로 복원할 수 있으며, 현재 임목이 존재하는 임지 중에서도 생산성이 떨어지는 불량 임지는 보완조림을 하거나 보육작업을 실시하여야 합니다.

그리고 조림사업을 차질 없이 지속하기 위해서는 북측 당사자들이 직접 눈으로 확인하고 조림사업의 필요성을 인정할 수 있는 이상적인 전시림/시범림을 조성하여야 합니다.

이를 위해서는 경영목적에 부합하는 적정한 지역을 선정하여 집중적인 투자를 할 필요가 있을 것입니다. 단기 속성수림, 유실수림 단지, 목재 생산 중심의 산업림 그리고 임농복합경영림 등을 조성·관리하는 과정에서 최우선적으로 실행해야 할 작업은 적지적수의 원칙에 입각한 토양생태계의 조사, 분석을 기반으로 조림수종의 선정과 식재밀도의 결정 그리고 사후관리방안 등 실질적인 기술교류가 빈번하고 세밀하게 이루어져서 상호 신뢰가 쌓여 조

림사업이 지속적으로 면밀하게 준비되어야 합니다. 마을공동체와 지역주민까지 포함된 협의체를 조직하여, 현장에서 수행되는 모든 작

업내용을 사전에 토론하고 협의하고 합의하에 실행하여야만 오랜 시간 산림협력사업을 차질 없이 성공적으로 추진할 수 있을 것입니다.



나무심기(평양순안중앙양묘장 인근 지역)



용악산 주변 조림예정지 합동 생태조사(김석권 · 박경석박사, 북 과학원 장용철부국장 등)

3. 사방조림사업

1945년부터 2005년까지 50년간 사방사업의 실적을 집계하면 산지사방 약 73만ha, 해안사방 약 3,700여ha, 예방사방 약 500ha, 야계사방 약 4,500km, 사방댐 약 1,700여개소 등이며, 특히 경북 영일만 부근 황폐지의 사방사업 성공사례는 큰 업적으로 평가할 수 있습니다. 이와 같은 사업을 통해 발전된 사방기술과 경험은 전 세계적으로 인정받을 수 있는 수준까지 도달해있어, 앞으로 남·북한 다 같이 추진의지와 재원만 확보된다면 현장적용은 문제가 없을 것으로 판단됩니다.

북측의 사방사업의 종류별 규모는 대략 산지사방 100,000ha, 야계사방 10,000km, 사방댐 1,000개소로 추정됩니다.

4. 임농복합경영

4.1. 임농복합경영이란?

산지에서 나무와 농작물, 약초, 산나물, 산과일, 먹이풀 등을 결합하여 재배하고 집짐승 기르기를 배합하여 생태환경을 개선하고 식량

과 여러 가지 공업원료를 생산하는 산림경영의 새로운 형태입니다.

경사도 15도내지 30도의 산지에 1미터 폭의 수림대를 조성하여 토사 유출을 방지하고, 수림대와 수림대 사이에 콩, 옥수수, 고구마, 감자 등 농작물이나 나무딸기 류 등 단기소득 자원식물을 식재하여 짧은 기간 내에 소득화면서 산지녹화를 병행하는 혼농임업과 유사한 산지의 집약적인 이용방식의 한 가지 수단입니다. 수림대의 간격은 경사도 25도 이상일 경우에는 5~7m, 경사 25도 이하인 경우에는 8~10m 로 설정하여 실행하고 있습니다.

최근 북한에서 실행하고 있는 임농복합경영의 현장적용의 사례를 살펴보겠습니다.

4.2. 임농복합경영의 의의

토지 이용률을 높이고, 생 물질 총생산량을 제고하며, 식량과 목재, 산과일, 약재 등 단기간에 경제적 이득을 확보하면서 토양침식과 사태를 막고 생태환경 개선을 이루기 위한 새로운 산지를 입체적, 종합적으로 이용하는 새로운 산지이용 방법입니다.

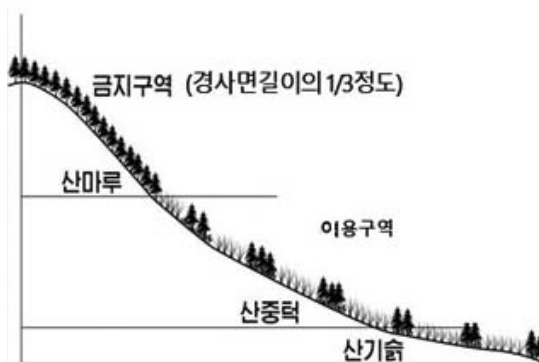


4.3. 임농복합경영 도입의 필요성

화전(부대기 밭)지를 개조하기 위한 효과적인 방법인 동시에 식량문제를 해결하기 위한 방안이며, 홍수피해를 비롯한 자연재해 감소 효과를 기대할 수 있습니다.

4.4. 임농복합경영 대상지 선정

화전 밭(부대기 밭)에만 적용하며, 경사 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 사이의 부엽지나 원료생산기지에만 적용합니다.



4.5. 띠식(벨트형) 조성방법



띠 사이거리 : 7 ~ 8m
띠 안의 줄 수 : 2 ~ 3줄
나무모 사이거리: 2~2.5m 정도

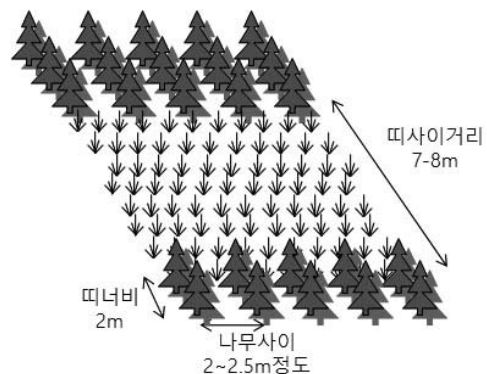
산경사면에 나무를 등고선방향으로 2-3줄 심어 띠를 형성하고 띠와 띠 사이에 여러 가지 농작물을 심는 방법입니다.

4.6. 임농복합경영도입에서 반드시 지켜야 할 원칙

4.6.1. 임농복합경영 대상지 선정 원칙

대상지는 화전 밭(부대기 밭)만을 선정한다. 다음의 대상들은 2~3년 안에 빨리 산림으로 회복해야 한다.

- ① 혁명사적지, 전적지, 보호구 주변의 화전 밭(부대기 밭)
 - ② 고속도로, 관광도로, 중요도로 주변의 화전 밭(부대기 밭)
 - ③ 사태지, 급경사지
- ※ 임농복합경영을 한다고 하면서 산지를 새로 개간할 수는 없다.



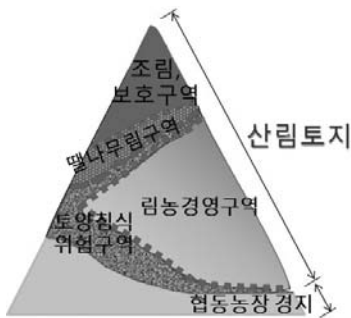
띠 식으로 심은 나무 밑에 2m 이상의 폭으로 풀 두둑식 다락 형성

4.6.2. 토지이용계획 작성·집행

토지보호대책을 기본으로 작성

군 산림경영소(산림감독원), 산지 이용반, 설계일군, 연관부문 과학자, 기술자 단체 협의 산마루와 토양침식이 심한 급경사나 물 모임 구역은 산림조성구역으로 설정 관리한다.

경사가 15~30°사이의 구역을 임농복합경영 구역으로 선정·관리한다.



4.6.3. 토양침식방지 대책

풀 두둑식 다락을 조성하고 사방식수와 경사지 물끓에 흙 막이를 설치한다.

4.6.4. 산지 이용반의 양묘장관리운영

산지이용반마다 물 원천을 고려하여 양묘장을 조성하고 자체로 묘목을 생산한다. 이깔나무와 잣나무를 비롯한 목재수종과 밤, 호두, 기름밤나무와 같은 경제림을 조성할 수 있는 수종을 기본으로 생산해야 한다.

4.6.5. 임농복합경영관리의 조직화

경리형태, 산지이용반의 공동경리, 기관, 기업소공동경리, 개인부업경리 이용단위들에 대

한 산림경영소와 산림감독원들의 지도통제를 강화하고, 이용단위들에 대한 과학기술보급 활동을 강화하고, 임농복합경영관리에 대한 협의 및 평가사업을 정례화 한다.

4.6.6. 임농복합경영에 대한 감독통제

임농복합경영의 요구를 철저히 지키도록 감독·통제한다.

임농복합경영은 산림토지에서 진행되는 사업이므로 산림적 요구를 지켜야 한다.

설계서의 요구대로 나무를 심고 관리하도록 감독통제 한다.

심은 나무 활착률을 80%이상 보장하도록 하는 원칙을 철저히 지켜야 한다.

활착률이 보장되지 못한 경우 보식대책을 세워야 한다.

임농복합경영규정을 어긴 단위들에 대한 벌금, 이용권 박탈 등 법적통제를 강화한다.

□ 산림녹화사업의 접근 방안

1. 정책적인 접근 방법

조림사업의 특수성과 장기성을 고려하여, 남한지역 산림녹화 사업에서 경험한 시행착오를 최소화 하면서, 임업적인 측면과 생태학적 측면을 고려하여야 합니다.

조림사업의 활성화를 위해서 현재 북측이 당면하고 있는 연료난과 식량난의 해결에도 도움이 될 수 있도록 조림사업성과를 가시적

으로 확인할 수 있도록 조성하고, 연료림의 조성도 포함되어야 합니다.

지역적인 조건이 적합하다면 연료림이 아닌 일반 조림지에서도 밀식조림이나 이단림 또는 중림 형태의 임분을 조성하여 연료채취 이용이 가능하도록 하는 방안도 고려할 수 있을 것으로 판단됩니다.

또한 산지개간에 의해 황폐된 지역을 중심으로 조림초기에 조림지 하부에 감자나 고구마와 같은 식량대체 작물이나, 사료작물, 밀원 식물 등을 간작하는 방법도 고려할 수도 있을 것입니다. 이와 함께 북측이 산림에서 기대하는 경영목적을 고려한 유지림, 섬유림, 유실수림, 특용수림의 조성을 반영할 수도 있습니다. 최근 임농복합경영을 실행하여 성과를 얻어 북한당국에서 선호하는 사업임으로 이에 대한 사업계획도 포함하여야 합니다.

2. 기술적인 접근 방법

남북 산림협력 사업의 핵심은 조림녹화사업임으로 조림지 선정, 식재수종 결정과 이에 소요되는 수종의 묘목 양성, 조림지 준비, 묘목식재, 무육관리로 이어지지만 동시에 입지환경이나 조림 및 경영 목적에 따라 어떤 임분 구조와 종 구성을 가진 숲으로 유도할 것인지를 검토하여 필요한 기술을 적용하여야 합니다.

2.1. 조림지 선정

조림 대상지의 선정기준은 지리적 위치, 중요성, 지형 및 입지 환경, 황폐화 진행 억제와

관련된 조림 녹화의 시급성 등이 고려되어야 합니다. 이런 관점에서 본다면 인구가 조밀한 도시주변이나 주요도로 가시권 내의 산지 중에서 지형이 완만하고 토양조건이 양호한 지역을 우선적으로 조림할 필요가 있을 것으로 사료됩니다. 그러나 산간 오지라도 연료 부족이 심각해 연료림 조성이 시급한 지역이나 토양유실이 심해 그대로 방치할 경우 그 황폐정도가 빠르게 진행될 수 있는 지역, 하천 주변 등의 홍수예방이 시급한 지역, 산사태 우려지역, 금강산이나 개성 등과 같이 외부와의 교류가 활발해 많은 사람들이 그 성과를 쉽게 확인할 수 있는 지역, 경관이 우수한 자연공원 주변 지역, 기타 특수성에 따라 우선순위가 높은 지역이 조림 대상지로 선정되어야 합니다.

2.2. 조림수종선정

조림수종의 선정기준은 조림대상지별로 사회, 경제적 측면과 자연환경적 측면을 동시에 고려하여야 하는데, 즉 그 사회와 사람들이 무엇을 원하는가? 현재 뿐만 아니라 미래의 필요한 수요와 요구까지를 심도 있게 고찰하여 남북이 함께 협의하여 결정하여야 합니다.

이러한 기준에 따라 재질이 우수하고 생장이 빠르면 대상임지의 입지 환경과 위해 요소에 잘 적응할 수 있는 수종으로서 해당 지역에 적용되는 조림작업 중에 문제가 없는 수종 중 목적에 가장 적합한 수종을 선정하여야 합니다. 특히 북측의 조림대상지 상당부분은 오래 동안 방치되어 척박·건조한 곳으로 변화되어서, 조림수종 선정을 위해서는 반드시 토양

의 입지조건에 대한 적합성이 검토되어야 합니다.

2.3. 묘목생산

조림사업을 지속적으로 추진하기 위해서는 양질의 묘목을 지속가능하게 생산·공급이 전제되어야만 합니다.

아직도 북한 일반양묘장의 실태는 조림사업의 성과를 제고하기에는 미흡한 실정으로 보여 집니다. 이와 같은 양묘실태를 개선하기 위해서는 양묘와 관련된 지원예산의 비중을 확대할 필요가 있으며 예산투자 또한 여러 지역으로 확대하는 것보다 우선순위를 정해 필요한 지역에 집중하여 실행해야 할 필요가 있을 것입니다. 일부에서는 필요한 묘목을 남한 지역 양묘장에서 생산 지원하면 되지 않겠느냐라는 주장을 합니다만, 단기사업일 경우에는 적용 가능한 방안이나 중·장기적인 협력사업에서는 바람직한 방법이 될 수 없다는 것 또한 잘 인식하고 있다고 판단됩니다. 그래서 이 방법은 반드시 북한의 양묘장 생산기반이 조성될 때까지 한시적인 방안으로만 활용되어야 합니다.

우량한 묘목을 생산하기 위해 양묘사업 체계는 보다 엄격한 기준을 세워 현장에 적용하는 과정에서 제대로 이행되는지 기술지원과 모니터링을 함께 실행해야 합니다.

또한 묘포 토양이나 배양토의 생산·관리와 함께, 묘목의 생립밀도, 시비, 관수, 광 환경 조절, 제초 등과 함께 이식이나 단근작업, 월동관리 등 양묘 전 작업과정에서 원칙에 따른 관리를 해야만 합니다. 시범조림지 조성사업

은 전시적인 홍보효과를 최대한 강화하여야 하며, 이의 확산을 위하여 반드시 우수한 형질의 묘목을 조림할 필요가 있습니다. 이를 위해서는 시설양묘를 통해 생산된 용기묘 중에서 대묘를 조림하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 이와 같은 조림을 통해 조기에 가시적인 성과가 돋보이게 된다면 본 조림사업에 대한 남북 당사자들 간의 신뢰구축과 함께 산림협력 사업에 회의적인 시각을 가진 사람들도 산림 황폐지 복구사업의 필요성을 이해하는데 큰 도움이 될 것입니다.

2.4. 조림지 준비 및 식재

일반적으로 양수를 밀식 조림할 경우에는 조림지 전 지역의 지상물을 정리하는 것이 바람직하지만 음수를 심거나, 소식조림을 할 경우 또는 추위의 피해가 우려될 경우에는 묘목을 식재하게 될 줄이나 식재될 묘목의 주변지역만 정리하는 것이 좋습니다. 그러나 시범림 조성사업의 경우에는 전시 홍보적인 측면을 고려하여 조림지 전체를 정리하는 것이 바람직할 것으로 사료됩니다. 황폐정도가 심해 사방사업의 일부 공종이 적용되는 지역에서는 별도의 처방이 포함된 조림지 준비작업이 실시되어야 합니다. 이때는 조림예정지의 지상물 이외에 임지 자체에 대해서도 필요한 처리나 작업을 하여야 합니다.

식재밀도는 조림대상지의 입지환경이나 대상수종의 특성, 묘목의 형태나 규격, 경영목적에 따라 적합한 방법을 적용하여야 합니다. 일반적으로 침엽수로 장기 용재수 조림에서는

3,000본/ha 안팎을 조림하는 것이 관례이지만 척박한 지역, 신탄재나 펄프재 등의 소경재 생산을 목적으로 한 지역이나 어린 묘목 식재 지역과 초기 생장이 느린 수종 또는 음수성 수종 등은 기준본수보다 밀식하는 것이 좋으며 그와 반대의 경우에는 보다 적은 양의 묘목을 식재하는 것이 좋을 것으로 판단됩니다.

사방공법이 적용되는 특수지역은 해당되는 공법과 입지 여건에 따라 식재밀도가 조정되지만 일반적으로 사방지에는 아까시나무, 오리나무, 리기다소나무, 싸리등은 식재밀도를 높이는 것이 바람직할 때가 많다. 밤나무와 같은 유실수나 포플러류와 같은 속성수는 별도로 정해진 식재밀도를 적용하고, 연료림이나 용재와 연료재를 함께 생산하기 위한 중림, 기존의 숲을 벌채하고 맹아를 유도하는 숲의 밀도는 대상수종이나 경영목적, 입지환경을 고려하여야 합니다. 모든 작업종과 작업내용 그리고 수종과 식재밀도 및 사후관리 작업의 결정은 반드시 북측과 사전에 긴밀히 협의하여 결정하여 실행하는 체계를 갖추어야 합니다.

□ 남북 산림협력 사업을 잘 하려면

북한 산림자원 실태의 정확한 자료를 확보하는 일은 산림황폐지의 녹화사업을 보다 체계적이며 효율적으로 수행하기 위해 가장 시급한 일이 될 것입니다. 특히 산림 면적이나 축적 등에 대한 구체적인 자료로 “지역별 황폐지 면적과 함께 황폐정도에 대한 세부적인 조

사 분석 자료”, “잔존하고 있는 산림의 수종 구성이나 이들 산림 상태”, “토양 및 기타 생태환경 조건”, “북한 당국이 현재까지 자체적으로 수행하고 있는 조림 및 사방 관련 사업”, “산불이나 병충해 피해실태”, “연료문제나 노동력 동원·운용의 구체적 방법, 농경지 확대를 위한 산지개간 등 임업과 관련된 사회적인 여건”등은 앞으로 추진될 남북 산림협력사업으로 추진 될 북한 지역 산림 황폐지 복원을 위한 우리 정부나 사회단체의 지원규모나 지원 방법 등과 관련한 중장기적인 계획수립과 정책 수립에 필요한 중요한 기초 자료가 될 것입니다. 이들 자료를 확보하기 위한 남북 당국 간의 협조체제가 먼저 구축조직 되어야 할 것입니다.

북한의 산림자료를 근거로 판단 할 때, 북한 지역의 산림은 열악하며, 시급히 복구해야 할 사방사업지역이나 집중적인 조림이 요구되는 지역만 대략 200만ha 이상인 것만은 분명한 것 같습니다. 이와 같은 자료를 근거로 하여 우선 필요한 북한 산림 복원계획을 충분한 자료를 확보하여 정밀한 복원계획의 안을 미리 준비할 필요가 있습니다. 나머지 황폐되지 않은 산림으로 분류되는 지역도 상당 부분은 건전한 산림생태계나 생산적인 임분구조를 갖추지 못해 추가적인 조림이나 보호, 무육관리를 필요로 하는 지역일 수 있다는 점도 고려하여야 합니다. 그리고 산림자원 현황과 황폐지에 관한 체계적인 조사 및 산림정보를 관리할 수 있는 데이터베이스를 개발하고 조사한 정보들을 이용하여 필요한 의사결정을 할

수 있는 시스템을 구축하여야 합니다. 산림자원 실태파악과 관련자료 확보는 북한 당국의 협조를 최우선 수단으로 삼아야 하나 만약 부족하다면 보완하는 차원과 시간절약의 수단으로 ‘드론’의 활용도가 매우 높을 것으로 판단되니 남북 산림협력 사업의 준비에 한 치의 소홀함이 없도록 준비하고 또 작은 지혜들을 모아 실행세부계획서와 현장사업실행메뉴얼을 만들어야 합니다.

□ 현장을 위한 준비와 마음가짐

남북 산림협력 사업이란 한반도 생태계의 연결 사업입니다. 그리고 그것은 곧 한반도 재생사업이며, 생명부활사업이고 한민족의 건강한 삶의 터전을 마련하는 천년대계의 역사적 사업임으로, 현세대가 생각하고 있는 상상 그 이상의 가치와 의미를 갖는다는 생각을 전제하에 관과 민과 전문가들이 한자리에 모여 한

반도 생태계의 구조와 기능을 어떻게 배분할 것인가를 역사와 문화까지 심도 있게 고려하면서 왜? 그리고 어떻게 복원해야 하며 누가 그곳을 돌보고 지켜낼 것인가를 논의하고 합의하는 과정을 거쳐야 할 것입니다. 특히 논의의 자리에는 어린 생명을 잉태하여 낳고 키우며 안녕을 바라는 여성과 어머니들이 참여하면 더 좋을 듯합니다. 복원이란 과거와 미래를 이을 국민과 주민의 뜻과 그 땅이 필요로 하는 자연과 사람과 사회의 요구를 모아내는 작업이며, 이 작업이 선행되지 않는 복원사업은 자칫 효율성이 떨어지거나 아니면 당장에는 눈에 띄지 않은 시행착오로 사후논란을 불러올 수 있는 사업이 될 수도 있을 것입니다.

마지막으로 가장 중요한 것은 상대방을 만나서 교류하고 소통하는 방법입니다.

반드시 수평적 위치와 관계에서 바라보고, 듣고, 경청하고 인내하는 마음가짐이 필요합니다.

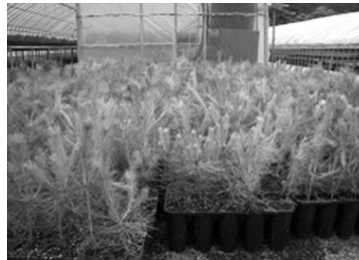


남북 산림협력 사진

『금강산양묘장』



시설양묘



시설양묘



노지양묘

『평양순안중앙양묘장』



한국형 시설양묘 생산시스템 구축 및 파종 작업



시설양묘장 내부 환경 및 준공식 기념사진

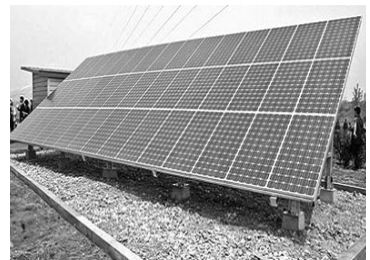


시설양묘 생산시스템 현황판



임목종자 저온저장시설 설치

『중화양묘장』





양묘장 설치 및 태양광발전 설비, 기술지원

『개풍양묘장』



사업협의 및 시설양묘

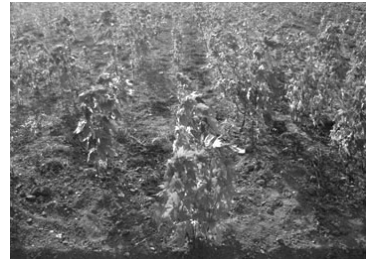


노지양묘

『상원군양묘장』

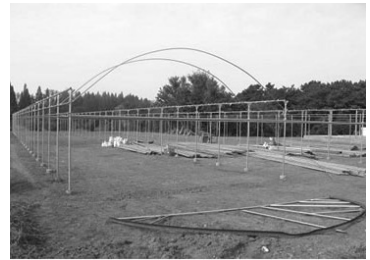


시설양묘



노지양묘

『삼석양묘장』



시설양묘



노지양묘

『회령양묘장』



시설양묘장 설치



지원장비 및 노지양묘

『나선양묘장』



시설양묘장 설치



노지양묘

『금강산 밤나무단지』



시설 및 자원장비



밤나무 식재



간작 재배 고구마 수확



약재 살포

『금강산 나무심기』



신훈부부 나무심기



기술정보(국내)

성공적인 남북산림협력을 위한 제언

김석권

생명의숲국민운동 공동대표

○ 들어가며

지난 6월26일 세종문화회관에서 (사)겨레의 숲이 주관한 「남북 산림협력 어떻게 추진할 것인가?」라는 주제의 정책토론회가 있었다. 이 자리에서 겨레의숲 강영식 운영위원장이 소개한 북한 산림분야 일꾼의 한 마디는 아직도 귓가를 맴돌고 있다.

「나무를 심고 가꾸는 일은 우리 세대를 위한 것이 아니라 우리의 다음 세대를 위한 일입니다. 이 사업을 위해 헌신하시는 남측 분들이야말로 진정한 애국자입니다」라고 하는 이 말은 필경 북한의 산림녹화는 남한의 도움이 꼭 필요하고 또 함께 해 나아갔으면 하는 희망이 녹아있는 말로 느껴진다.

그래서 인지 북한 지역의 산림녹화는 「한반도 국토환경 보전과 국토의 동질성 회복」을 위해 남북이 함께 지속적인 관심과 정책적 실행의지를 갖고 추진해야 할 국가적 핵심과제가 아닌가 생각한다.

이미 북한 당국은 2012년부터 전당, 전민,

전군이 산림복구 전투를 펼쳐 10년 안에 수림화를 달성하라는 김정은 위원장의 교시와 함께 매년 신년사를 통해 독려하고 있는 실정이다. 특히, 2017년도에는 각 도에 현대적인 양묘장을 꾸리고 산림복구전투를 끈기있게 밀고 나아가야 한다고 하였다. 한편, 문재인 정부도 4.27 판문점 선언 이행준비위원회에서 남북산림협력을 우선 사업으로 선정하여 산림협력연구 TF를 설치하는 등 국가적 차원에서의 사업으로 추진하려 하고 있다.

○ 북한산림의 실상과 정책 변화

북한지역의 산림황폐화는 1990년대 고난의 행군 이래 경제난, 식량난, 에너지난 등 이른바 3란이 주요 원인으로 지적되어 왔으나, 최근에는 기후변화의 영향으로 인한 잇따른 산지재해 등으로 황폐화가 가속화되고 있는 실정이다. 즉, 외화벌이 수단으로 인한 목재수출과 에너지 부족에 따른 과도한 벌채, 지속적인 경제난 속에 식량배급제의 와해로 인한 주민

식량 조달용 농경지 확보를 위한 무분별한 산지개간의 확대와 가중되는 땔감채취로 오지의 산림까지도 황폐화가 확대 진행되었고, 매년 반복되는 자연재해 등에 따른 철도, 광산, 공장 등 기반시설의 침수, 파손과 인명피해가 가중되어 경제발전에 걸림돌이 되고 있다고 평가하고 있다.

북한의 산림정책은 2012년 김정은 정권이 들어서면서 국토관리의 획기적인 전환기를 맞게 된다. 이전까지의 산림복구 정책의 실패를 인정하고 앞으로 10년 내에 전 국토의 수림화를 달성하는 것을 당의 확고한 방침이며 의지임을 강조하는 새로운 산림정책을 발표한 바 있다.

북한은 국토건설총계획(2013년~2042년)에 산림건설총계획을 포함하여 작성하고 이를 토대로 산림조성 10년 전망계획을 수립하여, 「목재생산 위주의 산림경영에서 산림생태환경 보존 및 산림의 종합적 이용」을 1단계 사업(2013년~2022년, 현재 2015~2024로 변경)으로 설정하여 총 168만2천ha의 산림을 새롭게 조성하려 하고 있다.

그러나, 산림복구전투를 힘있게 벌리자는 당이 내세우고 있는 전투적 구호아래 숭고한 애국위업에 참여를 독려하고 있으나, 식량난, 에너지난에 의해 생계를 위협받고 있는 상태에서 능동적인 주민의 참여는 기대하기가 어려운 실정이다.

이런 가운데에서도 최근 북한 당국의 산림복원에 대한 정책적 의지를 엿볼 수 있는 부분은 산림총국 신설과 김일성종합대학 내 산

림과학대학 설치, 산림과학원을 산림연구원으로 개편하여 이전 신축하고, 산림현장 기관인 산림경영소 내 과학기술보급실을 설치 운영하며, 생물농약 개발 및 천적 방사와 산불감시 정보체계 확립 등 산림보호사업을 추진하고 있는 등 매우 적극적인 자세를 보이고 있다.

○ 지금까지의 남북산림분야 협력내용

임진강 수해방지를 위한 실무협의회(02.08.27~04.04.10), 남북농업협력위원회(05.08.19), 산림병해충방제지원을 위한 남북실무접촉(07.08.08), 남북정상회담(07.10.04), 남북총리회담(07.11.16), 남북경제협력공동위원회(07.12.06), 남북보건의료·환경보호협력분과위원회(07.12.21) 등 많은 남북간 회의를 통하여 남북한은 산림분야의 협력을 시도하였다.

그동안 산림분야 협력사업 결과를 요약하면, 솔잎혹파리, 잣나무넓적잎벌, 솔나방 등 산림병해충방제를 78.9천ha에 걸쳐 실시하였고, 금강산, 개성, 회령, 나선, 평양(4개소) 등 지역에 8개소에 양묘장을 설치하였고, 금강산, 평양, 개성, 사리원 등 728ha에 시범조림을 실시하였으며, 상수리나무, 잣나무, 물푸레나무, 백합나무 등 293만본의 묘목과 잣나무, 낙엽송, 상수리나무, 밤나무 등 1.7톤의 종자를 지원하였으나, 이들 대북지원사업은 개별 사업으로 분산화 되고, 지역 편중과 남한의 물자를 전달하는 수준으로 진행되어 실질적이면

서도 종합적인 남북협력사업으로는 발전되지 못하고 있는 실정이다.

○ 남북 산림협력 방향

북한 산림복원방향은 산지황폐화의 원인이었던 연료문제, 식량문제도 해결하면서 산림복원 사업을 추진하는 등 지역 주민들의 생활향상과 밀접한 관계가 있으므로 통합적인 접근방식으로 추진해야 할 것으로 판단된다. 이는 북한지역의 산림복원 사업은 단순히 황폐된 산지에 나무를 심어 산림으로 복원한다는 것이 아니라, 산지를 중심으로 하는 우리 한반도에서의 전통적인 농경사회의 공간구조의 복원이 되어야 하며, 추진방식도 종전의 물자중심의 지원이 아닌 자력형 복원사업으로 발전할 수 있도록 협력해야 할 것으로 판단된다.

이런 관점에서 북한지역의 산림복원 대상지역을 중심으로 ① 황폐지 구체성, ② 산지의 사회적 공간적 의의, ③ 산림복원추진 방식에 대하여 보다 구체적인 접근이 필요하다고 생각한다.

첫째로, 산림황폐지 규모에 대한 구체적인 판단기준 설정이 필요하다고 생각한다. 현재 국립산림과학원에서 발표한 『위성영상에 의한 북한 지역의 황폐지 구분과 면적 변화』에 의한 면(표1), 1999년 163만ha에서 2008년 284만ha로 121만ha가 급증하였는데, 그 이유로 무림목지가 88만ha, 개간산지가 35만ha를 차지하고 있다. 그러나, 같은 기간 내 황폐지의 전형인 나지는 오히려 2.3만ha가 감소하였는데, 보통 무림목지나 개간산지가 유수, 토사재해 등에 의한 산지재해로 나지화되는 과정을 생각한다면 오히려 나지의 면적이 증가하여야 함에도 불구하고, 기존의 무림목지나 개간산지가 나지로 진행되지 않은 점으로 보아, 무림목지와 개간산지를 모두 황폐지로 구분하는 것은 무리가 있을 것으로 판단되므로 보다 구체적인 기준(남북한 전문가 협의)에 의한 황폐지의 유형화 작업이 필요할 것으로 판단된다.

예를 들면, 무림목지의 경우는 단순 벌채지역도 포함될 수 있으므로 경과년수와 입지환경 변화에 따른 유형으로 구분하거나, 개간산지의 경우는 토양침식의 정도에 따른 유형 구분을 하여, 여러 유형 중 우선 산지 안정을 통

표 1. 산림황폐지 면적 변화(1999~2008, 국립산림과학원)

구 분	산 립 (천ha)					
	총면적	입목지	황 폐 지			
			소 계	무림목지	개간산지	나 지
1999년	9,166	7,534	1,632(17.8%)	534	972	126
2008년	8,993	6,155	2,838(31.6%)	1,413	1,322	103

하여 식생 생육기반을 마련하기 위한 사방사업지역과 식재를 통하여 산지를 안정시킬 수 있는 식재가능지역 등으로 구역화가 필요할 곳으로 판단된다. 이후 각 구역에서 유형에 맞는 사방공종, 식재수종 등을 선정하여 복원사업 계획을 추진할 수 있을 것이다.

둘째로, 한반도는 전통적인 농경사회의 생활 단위로 산림-마을-농경지라고 하는 지형적으로 연결된 세트화 된 공간구조로 형성되어 있다.

이와 같은 기본적인 사회적 공간구조를 고려하여 산림복원을 추진한다면 보다 효과적인 성과를 올릴 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 산림복원은 장기적으로 보면, 산림토양의 지력 유지 및 증진과 사면 안정을 통하여 수토보전 능력을 배양하고, 황폐산지의 경관을 복원하여 생태환경을 형성하는 등 유역 내 농업활동기반을 마련해주면, 산지황폐화로 무너진 농업과 축산업, 임업 등 지역 기반 농업생산 활동의 활성화로 농지와 산지를 연결하는 가교역할을 하고 나아가 한반도의 생태축을 이어 주고 복원하는 역할을 충분히 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

그러므로, 우선적으로 산림복원 방향의 대원칙은 벌채 후 방치된 무림목지나 산지농업을 위해 무리하게 확대한 개간산지는 모두 원지형이 산림지대였으므로 기본적으로 임지를 안정시키고, 식재를 통한 식생도입으로 산림으로 되돌리는 것을 원칙으로 할 필요가 있을 것이다. 이는 바로 산지를 기본으로 하여 연결된 산지-농지-마을이라는 사회적 공간구

조의 안정적인 골격으로 회복시켜 완성시키는 일이라 할 수 있을 것이다. 특히, 개간산지에 대한 산림복원 방향에 대하여는 한반도 녹화전문가 포럼 등 북한산림 복구를 위한 토론회 등에서 소개한 바 있는, 중국이 2003년부터 본격적으로 추진한 『퇴경환림』 정책을 새겨볼 필요가 있어 소개하고자 한다.

퇴경환림정책은 농경지를 임지로 전환(퇴경환림), 입산금지와 산지조림(봉산녹화), 전환경지에 대한 보상(이랑대진), 토지경영권 소유에 따른 권리와 책임(개체승포)을 명확히 하고, 구체적으로 경작지 조림원칙『생태우선, 농촌산업구조개선, 토양유실방지, 연료대책, 주거이전 등』을 세우고, 경작지 조림계획에서는 『조림대상지 선정 우선순위, 조림방법과 조림범위, 기능 구분, 수종선택, 식재배치, 묘목수급, 식재지 관리』등 세부적인 사항을 제시하고 있다. 북한의 경우도 세계농림임업센터가 황해도 사리원시에 시행하고 있는 임농복합경영의 경우 토지이용권리와 수확물 소유권, 독자적 농사계획권 등을 주었다는 사례도 있으므로 이를 참고하여 구체화해 나갈 필요가 있을 것으로 생각한다.

셋째로, 산림복원 지원사업은 북한 전역을 동시에 실시하기는 불가능할 것으로 생각되므로, 국립산림과학원에서 산림황폐화 진전상태를 모니터링하고 있는 개성, 고성, 평양, 수안, 안주, 북청, 신의주, 위원, 삼수, 혜산, 무산 등 11개 지역에서 거점마을을 선정하여 시범사업을 통하여 성공시켜나가면서 주변 지역으로 확산시키는 PMU (Pioneer

Management Unit, 선진경영구) 방식으로 사업을 추진하면 효과적일 것으로 판단된다.

북한지역의 산림복원은 결국 국가단위계획에 기반 한 지역단위계획을 수행하게 되는데, 남북산림협력사업에서는 지역단위계획을 마을단위 복원프로그램으로 수행하되 추진방식은 ①상호협의를 하에 거점지역을 선정하고 남북공동사업으로 실시 ② 주변지역은 자력사업으로 추진하는 방식으로 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

이때 마을단위 복원프로그램은 앞서 말씀드린 바와 같이 산림복원은 물론 농업환경의 복원도 병행할 수 있는데, 이는 우리나라가 치산녹화사업에서 경험한 바와 같이 산림복원 사업과 새마을 운동을 연계하여 추진한 것과 같은 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

북한의 산림 황폐지 복원을 위한 마을단위 복원프로그램은 지역 내 경제림 조성, 연료림 조성 등 숲조성 사업을 위한 식재와 양묘 사업을 연계하고(종자-양묘-식재-사후관리 등), 유역관리사업(산사태방지, 사방댐 등 계류안정사업)을 통하여 안정적인 농업생산기반을 마련하고, 산채, 유실수, 버섯 등 임산소득사업 등을 병행하게 하면, 마치 종합선물세트와도 같은 『지역단위 산림복원 통합프로젝트』로 발전시켜 나갈 수 있을 것으로 생각한다.

○ 정리하며

현재 북한 산림에 대한 관심의 초점은 황폐산지의 복구라고 하는데 이의를 제기할 사람은 없을 것이나, 여기에서 한번 짚고 넘어가야 할 것은 나머지 일반산림의 안정성에 대한 검토도 필요하다는 점이다.

우리나라도 지속가능한 산림관리지침에서 산사태, 토양침식, 산불, 산림병해충 피해 등을 산지재해로 규정하고 산지재해방지를 위한 산림관리를 추진하고 있는 것과 마찬가지로 북한산림의 복구와 함께 병행하여 논의할 필요가 있을 것으로 판단된다.

북한의 황폐산지 복구를 위한 통합 거버넌스 구축은 결국 북한 지역의 산지-마을-농경지라고 하는 사회적 공간구조를 하나로 묶어 산림복구를 효율적으로 추진하기 위한 이해당사자들의 역할과 추진방안에 관한 프레임을 만들기 위해 꼭 필요한 단계라고 할 수 있다.

북한의 산림복구는 단순히 산에 나무를 심는 것이 아니라, 한반도 생태환경 보전과 국토의 동질성 회복을 위한 첫걸음이자, 지난날 아무도 기대하지 않았던 1, 2차 치산녹화 성공신화에 이어 새로운 푸른 한반도를 만들어내는 우리 민족에게 숨어있는 생태본능을 일깨우는 소명과도 같은 일이 아닌가 생각한다.



땅밀림에 대해서 알아보겠습니다

박재현

국립경남과학기술대학교 교수/시인

무엇보다 2017년 포항지진 이후 국민들의 관심뿐만 아니라 산림당국의 관심이 땅밀림 재해에 쏠려 있다. 이로 인해 땅밀림이란 무엇인가에 대한 궁금증도 늘었고, 조사 및 복구대책 등 다양한 내용들에 대해 알고 싶어 하는 사람들도 증가했다. 그러나 땅밀림이란 생소하다고 생각하는 사람들도 많다. 일반인들은 그저 땅이 밀리는구나 하는 정도로 생각하고, 산림 관련 공직자들은 산사태와 같은 산지재해의 일종이구나 하는 정도로 생각한다. 그리고 막상 땅밀림이 발생했을 때 산사태로 취급해 버리는 경우가 많고, 중국에는 이게 땅밀림이었다는 것에 대해 새로운 시각을 가지게 되는 경우가 많다. 따라서 필자는 이 지면을 통해 그 동안 필자가 연구해 온 내용을 바탕으로 우리나라에서 발생하는 땅밀림의 전반적인 내용을 질문과 답변의 형식을 빌려 피력하고자 한다. 특히 질문과 답변의 형식을 취하는 것은 무엇보다 누구나 쉽게 읽을 수 있고, 이해할 수 있다고 판단하기 때문이다. 논문식으로 기술하다보면 어렵고 이해하기 어려운 부분이 많이 나타날 수

있기 때문에 이런 형식을 취하는 것이 보다 효과적이라고 생각하기 때문이다.

1. 땅밀림이란 무엇인가요? 산사태와 다른 점은 또 무엇이고요?

땅밀림을 파악하기 위해서는 무엇보다도 산사태라는 커다란 범주의 내용에 대해서 알아야 한다. 즉, 산사태의 유형은 여러 가지로 구분할 수 있다. 일반적으로 붕괴토석류의 이동 속도에 의하여 빠른 유동성(1일 1cm 이상)의 산사태와 느린 유동성(1일 1cm 이하)의 산사태로 구분한다. 빠른 유동성의 산사태는 우리나라에서 흔히 말하고 볼 수 있는 산사태로 붕괴 토심은 비교적 얇다(보통 붕괴 토심은 1m 내외). 느린 유동성의 산사태는 “땅밀림”이라고 하며, 우리나라에서 최초로 알려지게 된 것은 충청북도 단양지역에서 발생한 땅밀림으로 복구비가 50억 원이 넘는 금액이 들면서 사회적으로 알려지게 되었으며, 이후로는 점차적으로 증가하는 추세에 있다. 이러한 땅밀림은

일반적으로 붕괴 토심이 깊은 것이 특징이며, 발생 전에 전조(前兆)현상으로 지표면에 인장균열이 발생하거나 함몰, 융기 또는 지하수변동으로 갑자기 용출수가 발생하거나 정지된다. 태풍 “매미”에 의한 경상남도의 피해지역 가운데 사천시 곤명면 작팔리 산 58번지에서 발생한 땅밀림으로 가옥 8동 매몰, 임지 및 논매물 약 5,000평, 인명피해 1인 등이 발생한 것이나 삼척시 원덕면 노곡2리에서 발생한 땅밀림으로 1명이 사망하는 등 재산 및 인명피해가 발생한 지역의 산사태는 이들 유형 중 땅밀림에 해당된다.

주로 인위적인 개발로 인한 지역에서 발생한 땅밀림은 2002년 8월 10일 경상남도 김해시 주촌면 내삼농공단지에 발생한 산사태는 공장들이 위치하는 표고 약 90m 지점에서 산사태 상부 경계면인 표고 210m까지 약 200m 높이를 가지며, 땅밀림의 면적은 평면도 상에서 계산하여 볼 때 약 34,000m²이다. 또한 땅밀림지의 하부 폭은 약 230m이고, 상부의 폭은 50m이다. 이 지역에서 발생한 인장균열의 상태는 크게 두 가지로 구분된다. 첫째, 비탈면 붕괴 시작 전후에 발생한 것으로 붕괴 경계선과 약 5~10m 정도 떨어진 지역에서 전체적으로 발견되는 인장균열이다. 붕괴비탈면 좌측(내삼농공단지측) 상부에서 남동쪽으로 약 100m 정도 발달하는 인장균열이 있다. 둘째, 붕괴비탈면 좌측 하부에서 과거의 긴 시간 동안 여러 가지 원인으로 인하여 국부적으로 발생한 인장균열이 있다. 즉, 2002년 김해시 주촌면 내삼농공단지 땅밀림으로 인하여 발생한

인명피해는 총 21명으로 이 중 실종 1명, 중상 2명, 경상 18명으로 나타났다. 땅밀림으로 인한 재산피해는 내삼농공단지와 협동화단지 후면 약 7.0ha의 산지 비탈면에 설치되어 있던 각종 공작물이 쓸려 내려가 못쓰게 되었고, 조경 녹화되어 있던 수목 등이 유실되었다. 내삼농공단지 및 협동화단지 부분에 정주하고 있던 각종 공장 등 땅밀림으로 인한 붕괴 토사의 밀림으로 인하여 발생한 화재로 재산상의 피해를 입었다.

땅밀림은 지질조건과 관계가 깊으며, 붕괴 구성물질에 따라 암반, 풍화암, 붕괴토사 및 점질토 땅밀림 등 네 가지로 구분 할 수 있다. 첫째, 암반지에서 발생하는 암반 땅밀림은 철(凸)형 지형에서 발생되며, 붕괴 토괴는 암반 또는 약간 풍화된 암석이다. 이동속도는 1일 2cm 이상으로 단시간 내에 발생하며, 대규모 토공이나 비탈면의 일부가 물에 잠기거나 지진 또는 폭우시 발생한다. 주로 단층지대 파쇄대의 영향을 받는 지역에서 많이 발생한다. 둘째, 풍화암 땅밀림은 철(凸)형 대지형(臺地形) 또는 요(凹)형 단구상 대지형에서 발생되며, 붕괴 토괴는 균열이 많은 풍화암이다. 이동속도는 1일 1~2cm이며 단속적이다. 집중호우, 이상 융설, 하안 굴취, 지진 및 중정도의 토공에 의해서 발생되며, 주로 결정편마암지대, 신제3기 분포지, 단층, 파쇄대 지역에서 잘 발생된다. 셋째, 붕적토 땅밀림은 다구상(多丘狀) 요(凹)형 대지형에서 발생되며, 붕괴토괴는 자갈 섞인 점질 토사이며, 운동속도는 1일 0.5~1.0cm로 단속적이다. 융설, 태풍, 집중

호우 또는 토공에 의해서 발생되며, 결정편암 지대, 신제3기층 분포지대에서 주로 발생한다. 넷째, 점질토 땅밀림은 凹형 지형의 완만한 경사지[요(凹)형 완사면 지형]에서 발생되며, 붕괴 토괴는 자갈이 혼재한 점질토사이며, 운동속도는 1일 0.5cm 이하이고 계속적이다. 하천침식, 장마비, 응설, 적설, 소규모 토공이 원인이 되어 발생되며, 주로 신제3기층에서 많이 발생되고 파쇄대의 구조선에 연한 지역에서 발견되기도 한다.

2. 땅밀림 현상은 어떻게 해서 생기는 건가요?

땅밀림지(산사태지)는 산지경사가 완경사이고, 구성하고 있는 토양에 점토성분이 많고, 지하수가 풍부한 지역에서 많이 발생한다. 즉, 땅밀림은 토양의 가장 느리게 활동하는 내리막 운동이라고 할 수 있는데, 점토화된 토양은 강우에 의하여 포화된 점토가 빗물의 하중에 의하여 중력방향으로 토양을 비탈면 하단부로 끌어 내리고, 토양은 물과 함께 아래쪽으로 이동하고, 경사면을 따라 인장균열 및 단차가 형성된다. 이로 인해 단차와 같은 잔물결이 형성되고 토양은 경사지 하단부로 밀려내려 간다. 또한 땅밀림이 발생하는 유인(영향을 미치는 요인)은 직전에 호우가 발생하는 것이고, 소인(바탕이 되는 원인)은 붕괴지 최심부에 단층과 병행하여 점토층이 나타나는 지역이다. 뿐만 아니라 단층이 형성되어 있는 지역에는 땅밀림에 취약한데, 특히 단층지역에 점질토가 분

포하면 더욱 더 땅밀림에 취약하게 된다. 즉, 단층에서 점토성분이 강우에 의해 화학적 풍화를 발생시키며 미끄러짐면을 형성하게 된다. 이때 집중호우가 발생하거나 하면 단층에 분포하고 있는 점질토는 단층파쇄대를 형성하면서 미끄러짐이 발생되고 이는 땅밀림면을 형성하게 된다.

3. 땅밀림의 지형은 어떤 것이 있나요?

땅밀림지는 발생하여 곧바로 활락해서 종식되는 것과 일정기간의 운동 후 휴식하고 다시 운동을 반복하는 것이 있는데, 일반적으로 후자의 경우가 많다. 이 경우 비탈면이 변위하므로 이것이 비탈면상부에 지형으로 남는다. 이를 땅밀림 지형이라 부르며 일종의 활동(滑動) 지형이라 할 수 있다. 땅밀림 지형의 흔적은 활동의 양(변이의 양)과 경과시간에 따라 명료한 것과 명료하지 않은 것이 있어 판독에 어려움이 있다.

활동 후 오래된 것은 침식에 의해 지형이 변화하므로 식별이 어려워진다. 땅밀림 지형은 규모와 변위가 클 때는 1/10,000 지형도상에서 판독 가능하지만 규모가 작아지면 1/3,000 ~ 1/10,000 지형도에서 판독 할 수 없고 답사, 항공사진 등으로 판독이 가능하다. 땅밀림 지형과 유사하여 오독하기 쉬운 지형으로 하안(河岸)단구 또는 해안단구, 용암대지, 화쇄류(火碎流) 등이 있다. 땅밀림 지형을 세분하면 평면형과 미세지형으로 구분 할 수 있으며, 이는 다시 세분된다.

(1) 평면형

땅밀림지의 폭(W)과 길이(L)의 비(L/W)에

따라 말발굽형(馬蹄形), 각형(角形), 택형(택形), 병목형(bottle neck) 등이 있다.

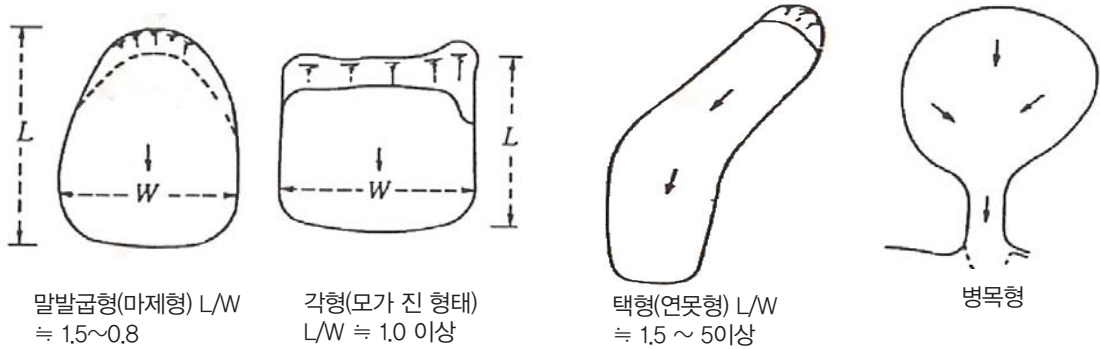


그림 1. 평면형의 구분

(2) 미세지형

땅밀림이 발생하기 전 비탈면의 지형에 따라 땅밀림 지형도 여러 가지로 변화한다. 이를 땅밀림 지형의 변천과정에 의해 분류하면 다음과 같다. 특히 땅밀림에 기여하는 지형인자 중 사면형태가 크게 영향을 미친다. 사면의 형

태는 요형사면, 애추(40° 이상의 경사지의 전부) 철형사면, 평형사면 요형사면과 복합사면으로 구분할 수 있다. 특히 복합사면의 경우에는 변곡부에서 땅밀림이 발생한다.

가) 철상미근형(凸狀尾根形) 지형

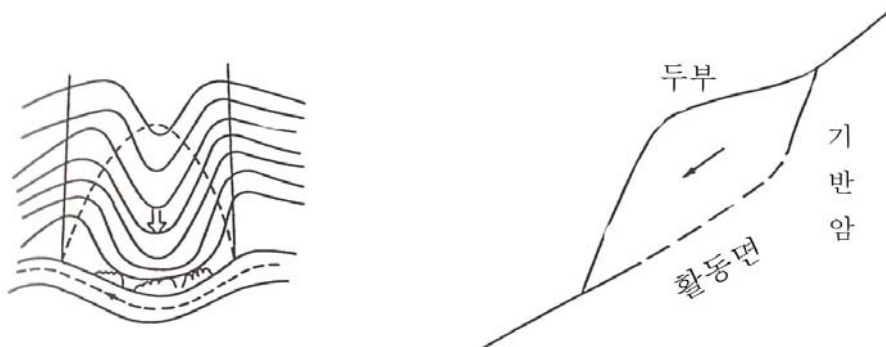


그림 2.凸상미근형 지형과 凸상미근형 지형의 종단면

나) 철상대지상(凸狀臺地狀) 지형

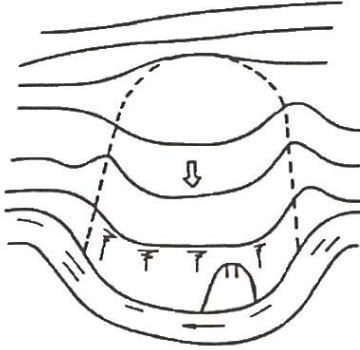


그림 3. 철상대지상 지형

다) 요상대지상지형(凹狀臺地狀) 지형

요상대지상 지형은 두부(頭部) 또는 완경사면의 형상에 따라 단구형(單丘形)과 다구형(多丘形)으로 구분된다.

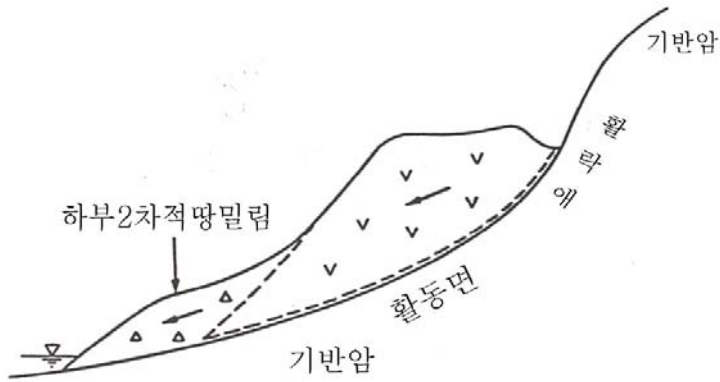


그림 4. 단구형 凹상 대지상 지형

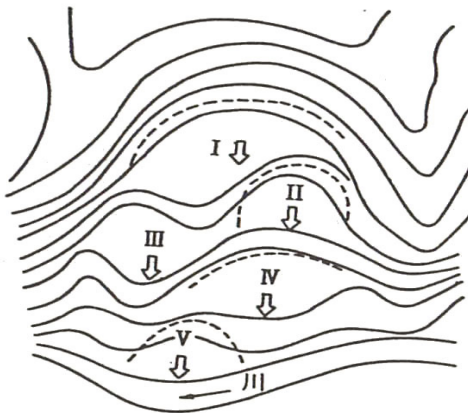


그림 5. 다구형 凹상 대지상 지형

라) ㅼ상 완사면지형

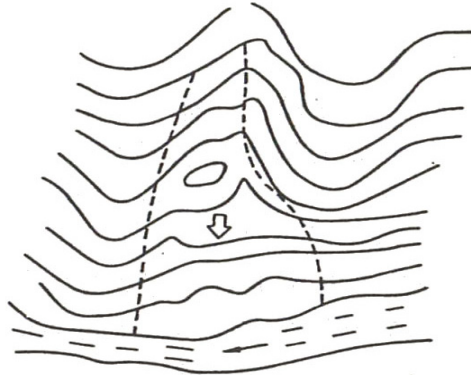


그림 6. ㅼ(ㅼ)상 완사면 지형

4. 땅밀림지 확인 방법은 무엇이 있나요?

땅밀림지 발생이 용이한 지역에 대해서는, 아래와 같은 특징을 지니고 있다.

1) 대규모 돌너덜 지대의 하부 절취지

산지 사면에 형성된 대규모 돌너덜 지대는 토사와 자갈을 포함한 대형 전석층의 퇴적이 있는 후, 장기간에 걸친 침식과 토사유출로 인하여 전석간의 토양물질이 유실되어 형성된 것으로 추정되며, 이러한 돌너덜지대의 형성으로 인하여 지표는 더욱 큰 투수성을 가지게 되고 우수의 지중침투를 조장하여 산사태의 발생을 촉발시키는 원인이 된다. 특히 이러한 지대의 하부를 절취하거나 훼손함으로써 상부 돌너덜의 균형을 잃게 한다면 돌너덜의 중력방향의 미끄러짐뿐만 아니라 이러한 미끄러짐을 유발하는 지하수의 작용이 활발하게 작용하여 땅밀림 발생이 더욱 심화될 수 있다. 즉,

산지사면에 형성되어 있는 돌너덜지대의 하단부에 공장 및 건축 등 개발을 위한 절취는 대단히 위험한데, 이는 투수성이 높은 돌너덜지대의 투수된 물이 지하로 급격하게 유입하고 이는 지하수위를 상승시켜 상부 붕적토와 기반암을 분리시켜 땅밀림을 유발하는 원인이 된다.

2) 땅밀림지 하부에 하천 및 계류가 통과하는 곳

땅밀림지 하부에 하천 및 계류가 통과하는 경우 하천 및 계류에 의한 애추지역의 포락 및 침식상황이 산사태의 발생을 유발시키는 원인이 된다. 즉, 산지사면과 하천 및 계류가 만나는 하부 산각은 암반이 존재하지 않고 연약한 붕적층으로 이루어져 있기 때문에 홍수시 하천 및 계류의 영향으로 인한 절벽부의 포락침식을 가중시켜 산사태의 이동을 가속시킨다. 또한 이러한 포락이 발생하는 벼랑에서는 하천 및 계류의 홍수시 강물에 의해 계안침식이

발생되고, 이렇게 발생한 포락과 더불어 포락 벼랑의 사면에서 집중호우시 발생하는 대량의 용수로 인한 지하침식이 땅밀림을 촉발, 진행을 빠르게 일으키는 원인이 된다.

3) 토사 및 토석채취지의 상단부 비탈면

토사 및 토석채취지는 영구적 안정성을 가지는 산지비탈면의 산각부를 절취함으로써 상부 산지의 중력방향의 하중의 안정성을 훼손하는 일로써 산각부의 안정성을 잃은 산지는 균형을 잃고 중력방향으로 밀려오는 현상을 나타내게 된다. 특히 토사 및 토석채취지는 뿌레카, 발파 등으로 인한 균열, 충격, 진동이 발생함으로써 상부 산지의 안정성에 마이너스의 영향을 미치므로 더욱 안정성에 훼손이 발생된다.

4) 지질적으로 규암, 화강암, 안산암, 석회암, 사암, 셰일, 편암, 이암, 편마암, 변성암 등 풍화가 심한 지역

땅밀림은 지질과 매우 밀접한 관계를 가지는데, 우리나라에서는 규암, 화강암, 안산암, 석회암, 사암, 셰일, 편암, 이암, 편마암, 변성암 등 완전풍화가 된 지역에 풍화토 및 붕적토가 쌓여 있는 경우 땅밀림이 많이 발생하고 있다.

5) 기 발생한 땅밀림지

땅밀림은 특성상 지속적이며 재발성이 있다. 따라서 땅밀림 발생 전에 땅밀림 산사태에 대한 전문가의 진단이 우선되어야 하며, 이를 통해 보다 정확한 안전진단을 실시하고, 항

구적인 복구대책을 수립해야 한다. 땅밀림지에 대한 항구적인 복구가 완료된 후에도 집중호우 및 태풍 등 호우가 올 때에는 지속적으로 땅밀림지에 대한 관찰과 조사가 필요하다. 특히 이러한 조사시에는 땅밀림 복구지 전반에 대한 관찰, 즉 지하수 용출, 인장균열 등 발생유무, 복구공법적용지의 균열 및 이상 현상 등 전반적인 조사 및 관찰이 필요하다. 아울러 한번 발생한 땅밀림지에 대해서는 복구공사가 모두 끝났다고 하여도 주변 지형 및 현지에 대하여 지속적으로 관찰하고 이상 유무를 모니터링 해야 한다.

6) 인장균열 및 단차 발생이 미소하게 나타난 지역의 집중호우시

대부분의 땅밀림은 오랜 시간동안 땅밀림 현상이 미세하게 나타난 지역에서 집중호우에 의해 그동안 발생된 현상이 발현하게 되는 것으로 근본적 원인은 지질 및 지하수가 원인이 되는 지역으로 여기에 더해 집중호우가 원인으로 촉발되는 것으로 수시로 인장균열이나 단차 등 땅밀림 현상이 발생하는 것에 지속적인 관찰과 모니터링이 필요하다.

7) 산지 산각부의 과도한 절취지

땅밀림지는 대부분 인위적인 절취 즉, 주택건설, 공장부지 조성, 토사·토석채취를 위한 비탈면 산각부의 절취지, 붕적토가 쌓여 있는 점질토층의 절취 등으로 발생된다. 이러한 무리한 개발은 기 땅밀림이 점진적으로 나타나고 있는 지역의 산각부 절취가 근본원인이 되

고 있다. 따라서 주택 건설, 토사·토석 채취, 공장부지 조성을 위한 산각부 절취 등 산지 산각부의 절취시에는 상부 비탈면의 산지 지형, 땅밀림 발생 흔적 즉, 인장균열의 유무, 단차 발생 징후, 수목의 이상 성장 등 다양한 측면에서의 땅밀림 발생 및 가능성에 따른 검토가 필요하다.

8) 산지비탈면에서의 지하수 용출지

우리나라에서 발생한 땅밀림지는 모두가 인장균열지 및 단차 발생지의 하방에서 지하수가 용출되고 있는 것으로 나타났다. 즉, 계류가 형성되어 있지 않는 산각부의 비탈면에서 지하수가 용출되어 그 하방으로 땅밀림이 발생되었다. 이는 땅밀림이 지하수가 원인이 되고 있는 것과 아울러 집중호우 및 연속강우 이후 산지비탈면에서 지하수가 용출되고 있는데, 이는 쌓인 붕적층과 완전 풍화된 지질적 요인 사이에 지하수가 용출되는 지중유로가 형성되어 있기 때문으로 강우 후 산지비탈면에서 지하수가 용출되면 조속히 지하수를 배제하는 조치가 필요하다.

9) 산지상부로부터 산지하방 또는 등고선 방향으로 일률적인 수목 이상 성장지

땅밀림지의 대부분의 경우 오랜 세월 동안 매우 천천히 땅밀림이 지속됨에 따라 수목이 토압에 의해 휘어지게 자라는 현상을 나타내고 있다. 즉, 수목의 성장시간과 땅밀림에 의한 토압에 의해 수목이 산지상부로부터 하방으로 또는 등고선 방향으로 일률적으로 휘어

지게 자라고 있는 현상이 나타나는 것이다. 이러한 경우에는 땅밀림이 지속적으로 나타나고 있는 징후로 볼 수 있으며, 인장균열, 단차 등 땅밀림의 직접적인 징후가 발생하지 않았을 경우에는 이러한 수목의 이상 성장 현상을 발견하기는 쉽지 않다. 따라서 땅밀림 위험이 나타나는 지역에 대해서는 이러한 수목의 이상 성장 현상을 면밀하게 조사할 필요가 있으며, 이러한 현상이 산지 상부로부터 하부까지 종방향으로 형성되어 있는지, 등고선 방향으로 형성되어 있는지를 파악하고 그에 따른 땅밀림지의 인장균열 및 단차 발생 등의 예측이 가능하다.

10) 과거 사방지인 완전 풍화된 이암지역 및 사방사업 밀집지역

과거 1970년대 후반기까지 집중적으로 사방공사를 시행한 포항·영일지역은 지질이 제3기 포항분지의 이암이 분포하는 지역이거나 제3기 포항분지의 이암이 분포하는 지역과 남쪽 인접 지역에는 응회암 및 안산암 등의 화산암이 분포하는 곳으로 이 지역에 분포하는 이암은 지표에 노출되면 2~5cm 내외의 작은 조각으로 분리되어 지표면에 떨어지는 현상을 보인다. 또한 이 지역은 활동면(sliding plane)이 깊은 땅밀림 보다 우기시 급격한 강우가 내릴 때 지표의 암편 조각을 포함한 암편들이 지표유출수에 실려 낮은 곳으로 밀려 올 가능성이 있고, 이러한 현상으로 인해 땅밀림이 발생할 가능성이 있다. 즉, 과거 사방녹화공사 후 지표층은 녹화 및 토양화과정을 거치

면서 얇게 토양이 덮고 있으나 하부층은 이암이 지속적으로 풍화되어 암편화 되어 있어 집중호우시 토양층이 밀려 내려오는 붕적층 땅밀림 및 이암층의 붕괴 등으로 이어지는 땅밀림이 우려된다.

아울러 과거 사방지가 많은 이암지역인 경상북도 포항, 영일지역 뿐만 아니라 퇴적암 지역인 경상남도 지역에서는 토양 하부 암석층의 풍화가 심하고 특히 점질토양이 다량 함유된 지역에서는 강수시 산사태 및 땅밀림 발생이 우려되므로 이 지역에 대한 주의가 필요하다.

11) 산지 정상부에서 능선으로 내려오는 부분의 변곡부와 이 변곡부에 평탄지가 존재하는 점질토양 지역

산지 정상부에서 능선이 연결되는 지역에서 갑자기 꺾이는 지역 즉, 변곡부가 나타나고 이 변곡부 지점으로부터 능선부에 평탄지가 나타나는 지역에서는 강수시 우수의 침투가 직접적으로 이루어지고 특히 토성이 점질토의 경우나 과거 사방사업을 실시하여 토양 및 암석

의 풍화가 심하게 된 지역에서는 변곡부의 능선부 인근에서 인장균열이 발생하여 땅밀림으로 확대될 가능성이 매우 높다. 이러한 대표적인 사례가 경상남도 지역에 주로 나타나고 있는데, 경상남도 사천시 곤명면 작팔리의 땅밀림지와 경상남도 진주시 집현면 덕오리 땅밀림지가 여기에 해당된다. 이러한 지역에서는 산지 정상부로부터 7~8부 능선에 해당하는 지역에서 변곡부가 발생되고, 이러한 지역의 경우 평탄지가 있거나 과거 벌채를 통해 밤나무단지를 조성했거나 묘지로 사용하기 위해 벌채한 지역이 대부분이다. 이러한 지역에서는 강수시 점토질 토양에 우수가 침투되고, 침투된 우수가 토양의 하층을 크게 함으로써 인장균열이 발생되는데, 이러한 인장균열은 산지비탈면의 하부로 갈수록 주름처럼 인장균열과 함몰현상을 발생시키고 궁극적으로는 땅밀림을 발생시킨다.

그러나 무엇보다도 아래와 같은 인장균열이 발생된 곳을 찾는 것이 땅밀림을 확인하는데 가장 중요하다.

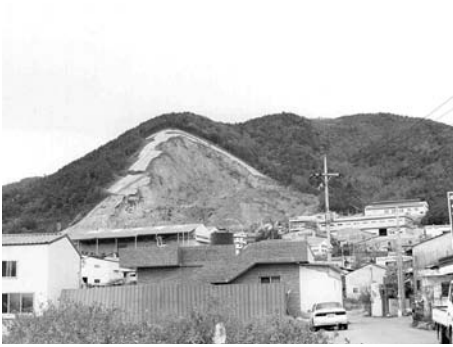


(a) 상단부



(b) 중간부

그림 7. 풍화암 땅밀림지(1998. 경북 칠곡군 지천면 금호리)



(a) 피해지 전경



(b) 소능선 부근의 땅밀림지

그림 8. 붕적토 땅밀림지(2002. 경남 김해시 내삼리)



(c) 피해지 하단부

그림 9. 붕적토 땅밀림지(2012. 경북 포항시 남구 대송면 홍계리)



(a) 상부



(b) 중부



(a) 하부

그림 10. 점질토 땅밀림지(1999. 강원 삼척 근덕면 초곡리)



그림 11. 묘소 피해 및 인장균열 발생지

이외에 땅밀림지의 지형은 등고선이 특징적이다. 이러한 땅밀림에 병행하여 나타나는 현상으로 지표면이 이동함으로써 생기는 신축으로 등고선이 넓어지며, 활락에 의한 낭떠러지가 생기는 경우에는 등고선이 좁아진다. 즉, 땅밀림지의 조사는 지형도 및 공중사진, 위성사진 등을 이용하고, 지형도는 땅밀림을 볼 수 있는 기초적인 방법이기 때문이다. 한편, 땅밀림으로 이동되는 지역에 지하수가 빠져나와 습지가 되는 경우도 있으나 우리나라에서는 이러한 현상은 나타나지 않는다.

아울러 지질에 의한 땅밀림을 구분하면 다음과 같이 구분할 수 있다.

1) 암반 땅밀림

- 과거 땅밀림 현상이 없던 곳에서 발생하기 때문에 예지가 어렵다.
- 주로 신선암 암반에서 발생한다.
- 운동속도가 크고 돌발적이다.
- 땅밀림 토괴는 1개이다.

- 凸형비탈면에서 많이 발생한다.
- 붕괴면은 평면형(평면파괴)이다.
- 토괴의 두께는 20~40m(크게는 100m 이상도 존재)이다.
- 발생원인은 대규모 토공, 지진, 강우 등이다.

2) 풍화암 땅밀림

- 대부분 과거 한번 활동한 암반 땅밀림이 재발한다.
- 토괴는 강풍화암이며, 거력과 혼합토사 형태이다.
- 암반땅밀림시 만들어진 두부(대지상부)와 활락애(말발굽형)가 명료하게 남아 있어 지형도상에서 예지가 가능하다.
- 운동속도는 1~2cm/일의 것이 많다.
- 두부는 점차 2~3개로 분구(分丘)되고 Block화 되며, 관정부에 새로운 암반형땅밀림이 발생하여 땅밀림지가 후퇴현상을 보인다.

- 붕괴면은 두부 부근에서는 호상, 말단 부근에서는 평면상, 원호와 평면의 복합상을 보인다.
- 토괴의 두께는 20~30m가 대부분이고, 그 이상은 비교적 적다.
- 결정편암(편마암, 편암류)지대에서 가장 많이 발생하며 신제 3기층에서도 잘 발생한다.
- 발생원인은 집중호우, 융설, 하안 결괴, 지진, 중규모의 토공 등이다.

3) 붕적토 땅밀림

- 가장 일반적인 땅밀림으로 토괴는 돌 섞인 토사이다.
- 두부는 풍화암형보다 더욱 더 나누어져 전체가 계단상 비탈면으로 나누어진단다.
- 상부(두부)에서는 거석혼합토사와 풍화암의 형태이나 말단부에서는 세립화하여 돌 섞인 토사와 점토상을 띤다.
- 운동은 연속적으로 5~20년에 1회 정도 비율로 발생한다.
- 붕괴면은 원호형(원호파괴형)이다.
- 토괴의 두께는 10~20m이다.
- 지표면이 복잡하여 지형도 상에서 용이하게 판독이 가능하다.
- 발생원인은 서리, 융설, 태풍, 집중호우, 토공 등이다.

4) 점질토 땅밀림

- 토괴는 돌 섞인 점토이다.
- 비탈면경사는 완구배 비탈면이다.
- 토괴의 두께는 5~10m이다.
- 이동속도는 0.5cm/일 이하이다.
- 지형적으로凹형사면에서 발생한다.
- 비탈면상부에는 명확한 대지부(臺地部)를 남기는 경우가 있고 대지는 돌 섞인 토사로 형성된다.
- 발생원인은 서리, 융설, 하안침식, 적설, 소규모 토공 등이다.

이와 같이 땅밀림 현상은 4가지 분류방법에 의해 구분할 수 있으나 이들 방법 중 지질에 의한 구분방법이 가장 사용하기가 편리하다.

이처럼 우리나라에서 발생하는 땅밀림은 전반적으로 그 피해가 땅밀림이 자주 발생하고 그 규모도 큰 일본에 비해 규모는 작으나 우리나라에서 자주 발생하는 일반적인 산사태에 비하면 규모는 크고, 피해도 크다고 할 수 있다. 따라서 땅밀림에 대한 조사부터 그 피해발생에 대한 전반적인 내용을 숙지하여 땅밀림에 대비하는 것이 필요하다.

이제 땅밀림에 대한 여러 상황들이 산사태와 더불어 그 중요성이 부각되고 있는 시점이다. 과거 잘 모르고 인지하지 못했던 땅밀림에 대해 보다 많은 관심을 기울일 필요가 있다.



한국의 땅밀림지와 지질

최 경
농학 박사

1. 서론

한국은 과거에 산지황폐화로 많은 토양이 침식, 유실되어 산지는 토심이 매우 얇고 척박한 토지가 대부분이다.

토심이 얇기 때문에 과거에는 천층의 산사태(landslide)가 많이 발생하였으나 현재에는, 과거(1960년대~1980년대)에 대대적인 황폐지 복구사업으로, 사면이 안정되고 토심(표토층)이 깊어지고 있어 심층의 땅밀림(deep creep)이 점차 증가할 것으로 판단된다. 여기에 지진의 강도와 빈도도 증가추세에 있으며 산지개발로 인한 사면훼손도 급증하고 있어, 땅밀림으로 인한 피해방지와 대책이 요구되고 있다. 따라서 한국에서 발생된 땅밀림지의 특성을 조사하여 산지재해 방지계획수립의 일환으로, 과거로부터 지금까지 수집된 땅밀림지 60개소의 위치와 특성을 분석하였다.

본고에서는 특히 땅밀림지에 대한 지질(지

층 및 모암)적인 면을 중심으로 고찰코자 한다.

2. 땅밀림의 정의

우리나라에서 땅밀림이란 확립된 정의는 없으며 지금까지 산사태에 포함시켜 다루어왔다. 땅밀림이 많은 일본에서는 땅밀림이란 지하수의 원인으로 무너져 내리는 현상 또는 이에 동반하여 이동하는 현상으로, 경사면의 토괴가 지면을 따라 이동하므로 벼랑붕괴(급경사지 붕괴)에 비하여 이동속도가 완만하며 재발성이 있고 규모가 큰 것이 특징이다. 일본 땅밀림 방지법에서 규정하고 있는 땅밀림의 정의이다. 일본은 우리나라와 달리 환경적으로 화산쇄설지대, 온천지대, 제3기층 지대가 많으며 지진대가 분포하고 있어, 땅밀림 현상이 깊고 넓으며 빈번하다.

다음 표1은 일본에서의 땅밀림과 산사태(급경사지 붕괴)와의 비교표이다.

표 1. 땅밀림과 산사태(급경사지 붕괴)와의 차이점

구분	땅밀림	급경사지 붕괴(벼랑 붕괴)
1) 지질	특정한 지질 또는 지질구조가 있는 곳에서 많이 발생한다.	지질과의 관계가 적다.
2) 토질	주로 점성토가 미끄럼면(활동면)으로 작용한다.	사질토(마사토, 화산회토, 백색의 모래토 등)로 된 곳에서 발생한다.
3) 지형	5~30°의 완경사면에서 발생한다. 특히 상부에 대지(臺地)상의 지형을 가지는 경우에 많이 발생한다.	30°이상의 급경사지에서 많이 발생한다.
4) 활동상황	계속성 또는 재발성	돌발성
5) 이동속도	1일 0.01~10.00mm의 것이 많으며 일반적으로 속도가 느리다.	1일 10mm 이상으로 일반적으로 속도가 빠르다.
6) 토괴(흙덩이)	토괴의 흐트러짐이 적고 원형을 보전하며 이동하는 경우가 많다.	토괴가 교란된다.
7) 발생유인(誘因)	지하수에 의한 영향이 가장 크다.	강우, 특히 강우강도의 영향을 받는다.
8) 규모	크다(1~100ha)	작다(1ha 이하)
9) 전조현상	발생 전에 균열(crack)이 발생, 함몰, 융기, 지하수의 변동 등이 일어난다.	전조현상이 거의 없으며 돌발적으로 발생한다.
10) 활동면(滑動面)의 기울기	10~25°	35~60°

상기 표 1에서 땅밀림과 비교한 산사태(급경사지 붕괴)는 우리나라에서 일반적으로 사용하는 산사태와 개념이 다르다. 우리나라에서의 산사태는 땅밀림 현상을 포함한 모든 붕괴 현상을 뜻하고 있으나, 일본에서의 산사태(산지재해)는 땅밀림, 급경사지 붕괴와 토석류 등으로 세분하고 있으며 우리나라 산사태의 개

념과 유사한 것은 토석류에 가깝다. 토심이 깊고 지형이 가파른 급경사지에서 발생하는 급경사지 붕괴는 토괴(土塊)의 형태가 땅밀림지에서와 같이 원형으로 이동되지는 않으나, 유동적인 토석류와는 다르기 때문에 땅밀림과 비교할 수 있다. 땅밀림 현상이 많지 않은 우리나라는, 절개사면 상단부에서 발생된 급경

사 붕괴지(강원도 정선군 임계면 가목리 한라 시멘트 사업장)와 같은 경우도 토공에 의한 후 퇴성(퇴행성) 땅밀림으로 간주하였다.

일본에서 땅밀림지와 급경사지 붕괴지와의 발생규모를 비교한 결과를 보면, 땅밀림지의 평균 폭은 200~270m, 길이가 300~360m, 깊이는 18.3~18.6m로 크게 나타나고 있으나, 급경사지 붕괴의 평균 규모는 폭 17.1m, 길이 12.8m, 깊이 2.1m로 길이가 매우 짧게 나타나고 있어 우리나라 산사태 규모와 비교된다. 이 통계자료는 일본 전국에서 대표적인 지역을 선정(땅밀림 100개소, 급경사지 붕괴지 200여 개소)하여 산출한 자료이다. 참고로 우리나라의 산사태 평균 규모는 폭이 10~20m, 길이가 30~80m, 깊이가 1m 이하로 나타나고 있다.

표 1에서 땅밀림지와 급경사지와의 뚜렷한 차이는 지형의 경사도(사면경사도)와 발생구

모라고 생각할 수 있다. 참고로 땅밀림지에서 지형의 사면경사도와 땅밀림지의 경사도(dip)와의 관계는 거의 일치하는 것으로 연구되고 있다(일본).

3. 한국에서의 땅밀림 발생현황

일본에서는 지형, 지질 및 자연환경 조건(태풍, 지진 및 화산 등)에 의하여 산지재해가 많이 발생하고 있다. 다음 표2는 일본에서 1991년부터 2000년까지 10년 간 급경사지 붕괴, 땅밀림과 토석류 발생 상황을 조사한 표이다.

급경사지 붕괴(벼랑붕괴), 땅밀림과 토석류(우리나라에서의 산사태와 가장 유사함)의 발생빈도를 비교해 보면, 급경사지 붕괴가 가장 많고 다음에 토석류이고 땅밀림 현상이 가장 적은 편이나 땅밀림 현상이 연평균 131개소가 발생하고 있어 우리와 비교된다. 연평균 952개소의 산지재해가 발생하고 있음을 알 수 있다.

표 2. 재해 유형별 1990년대 10년간 발생현황

연도 재해유형	靑	靑	靑	靑	靑	靑	靑	靑	靑	靑	靑
급경사지 붕괴	599	232	1,413	142	297	258	917	1,160	960	291	627
땅밀림	122	55	171	68	237	64	135	152	168	137	131
토석류	124	116	313	62	347	81	82	317	313	180	194
계	845	403	1,897	272	881	403	1,134	1,629	1,441	608	952

한국은 지형, 지질조건과 자연환경 상 일본에 비하여 땅밀림 발생이 매우 적게 나타나고 있다. 과거에 발생하였던 자료와 최근에 땅밀림 피해지역으로 보고된 지역을 모두 합하여

현재까지 60개소의 자료를 수집하여 지역(도)별, 지질시대별 주 구성암석을 조사하였다.

다음 표 3은 지질시대별, 지층별 주 구성암석표이다.

표 3. 지질시대별 지층별 주 구성암석

지질 시대	층군	층	주 구성암석	조사 지수
선캄브리아기	경기변성암 복합체		편암류($P \in KS$) 호상편마암($P \in Kbgn$)	1 1
	서산층군		편암류($P \in ses$) 호상편마암($P \in sebg$)	1 1
	태백산 편마암 복합체(영남 변성암 복합체)	— 울리층군($P \in Yl$) 우백질화강암($P \in lgn$)	migmatite질 편마암($P \in mgn$) 편암, 결정질 석회암, 석회규산암 함석류석-복운모 화강편마암	1 2 1
	소백산 편마암 복합체		흑운모편마암($P \in sbgn$) 석회암(LS), 화강편마암($P \in grgn$)	1 1
	지리산 편마암 복합체		반상변정질편마암($P \in jpgn$) 화강암질편마암($P \in jgg$) migmatite질 편마암($P \in mgn$)	2 1 1
	기타 암류		화강편마암($P \in jgrgn$) 회장암($P \in an$)	1 1
고생대	옥천누층군	하부천매암대($Og2$) 변성사질암대($Og1$)	천매암, 편암 사질 기원 변성퇴적암 (사질운모편암, 사질천매암)	1 3
	평안누층군	중부평안층군($Pp2$) 하부평안층군($Cp1$)	사암, shale, 함탄층 shale, 사암, 역암, 석회암, 천매 암	1 2
	조선누층군	상부대석회암층(Ods)	석회암, 사암, 이암, shale	1

지질 시대	층군	층	주 구성암석	조사 지수
중생대	대동(남포) 누층군	중부대동층군(Jn2)	사암, 역암, shale, 사암과 shale의 호층대	1
	대보관입암류		화강암류(Jgr), 섬장암(Jsy), 섬록암(Jdi)	2
	경상누층군	하양층군 함안층(Km6)	사암, shale, 이암	3
		진동층(Km7)	shale, 사암	1
		신동층군 하산동층(Km2)	주로 사암과 shale이 호층	2
		연화동(낙동)층(Km1)	사암, shale, 석회암 협재	4
경상누층군	동명(진주)층(Km3)	사암, shale, 역질사암	5	
	영양소분지 가송동층 (Kys)	이암, 사암, 이회암, shale	2	
기타 백악기 소분지 화산암류		유문암 및 유문암질 응회암(Kav)	2	
	신생대	불국사관입암류		흑운모화강암(Kbgr)
경상누층군		유천층군 중성화산암류(Kat)	안산암 및 안산암질응회암	2
		중성 및 염기성 화산암류(Kiv)	안산암질응회암 안산암질현무암	1
		다대포층(Kdd)	shale 및 사암	2
		정각산층(Kik)	흑색의 응회질암	1
경상도 포항분지 - 장기분지 및 어일분지의 퇴적 암 및 화산암류		연일층군 중부연일층(Te2)	사암, 이암, silt암, shale	3
	하부연일층(Te1)	역암, 사암과 이암이 협재	1	
	상부연일층(Te3)	이암, shale 및 사암의 호층 및 협재	1	
시대 미상	화성암 복합체 (Yic)		몬조니암, 반려암, 섬록암, 편암류	1
계				60

가. 지역별 발생빈도

전국에서 발생한 60개소에 대하여 도(道)별 발생빈도를 조사한 결과 경기도 3개소(5.0%), 강원도 7개소(11.6%), 충남 4개소(6.8%), 충북 3개소(5.0%), 전남 4개소(6.8%), 전북 1개소(1.6%), 경남 28개소(46.6%)이고 경북 10개소(16.6%)로 나타나고 있다. 지형 및 지질과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 땅밀림은 퇴적암 지대로 지형이 구릉성인 지역에서 많이 나타나며, 토공(土工) 등 산지개발로 인한 훼손지에서 많이 발생하기 때문에 경남과 경북 지역에서 많이 발생하고 있는 것으로 판단된다.

나. 지질시대별 발생분포

지질시대별 발생분포를 보면 선캄브리아기 16개소(26.6%), 고생대 8개소(13.3%), 중생대 23개소(36.7%), 신생대 12개소(21.7%) 그 밖에 시대미상 1개소(1.7%)로 선캄브리아기와 중생대에서 과반 수 이상이 발생하였다.

- 선캄브리아기는 주로 경기변성암 복합체, 서산층군, 태백산편마암 복합체, 소백산편마암 복합체, 지리산편마암 복합체 등 넓은 면적에서 분포하는 변성암류

로 대체적으로 층군별 1~2개소씩 분포하고 있다.

- 고생대는 옥천누층군, 경상누층군과 조선누층군으로 퇴적암류로 역시 1~2개소씩 분포하고 있다.
- 중생대는 대동(남포)누층군, 대보관입암류, 경상누층군 등으로 대보관입암류를 제외하면 모두 퇴적암으로 타 지질시대에 비하여 제일 많이 발생하고 있다.
- 신생대는 불국사화강암류, 경상누층군(유천층군)과 연일층으로 되어 있으며, 대부분이 퇴적암으로 고결도가 낮은 퇴적암을 포함하고 있어 발생빈도가 중생대 다음으로 높게 나타나고 있다.

다. 암석 성인별 발생분포

암석 성인별로 구분해보면 퇴적암 35개소(58.3%), 변성암 20개소(33.3%), 화성암 5개소(8.4%)로 퇴적암 > 변성암 > 화성암 순으로 퇴적암에서 가장 발생빈도가 높게 나타나고 있다.

라. 지층 및 모암별 발생분포

조사지역의 지층 및 모암별 발생빈도 분포를 보면 표 4와 같다.

표 4. 지층 및 모암별 발생분포

지층 및 모암	발생빈도	(%)
○ 경기변성암 복합체	2	3.3
○ 서산층군	2	3.3
○ 태백산편마암 복합체	4	6.7
○ 소백산편마암 복합체	2	3.3
○ 지리산편마암 복합체	4	6.7
○ 옥천누층군	4	6.7
○ 평안누층군	3	5.0
○ 조선누층군	1	1.7
○ 대동(남포)누층군	1	1.7
○ 대보관입암류	2	3.3
○ 불국사관입암	2	3.3
○ 경상누층군	25	41.6
○ 연일층군	5	8.4
○ 기타(화강편마암, 회장암 화성암 복합체)	3	5.0

상기 표 4에 의하면 경상누층군에서 가장 많이 발생하고 있고 다음이 연일층군으로 대부분 경상도 일대에서 많이 발생함을 알 수 있다. 이들은 모두 퇴적암류에 해당된다. 그 다음으로 많이 나타나는 지층으로는 태백산편마암 복합체, 지리산편마암 복합체와 옥천누층군 등으로 모두 변성암류에 해당된다.

화성암류로는 대보관입암류와 불국사관입암류 및 화성암 복합체 등 5개소로 암석 성인별로는 가장 낮은 분포를 보이고 있다. 일반적으로 화성암류는 암석이 괴상으로 땅밀림 발생이 어려운 것으로 연구되고 있다. 다만 암석의 풍화가 심하거나 지질구조적으로 단층, 습곡 등의 지역에서는 예외적이다. 본 조사에서 나타난 5개 지역 중 4개 지역은 산지훼손(토

공 등)에 의해서 발생한 것으로 밝혀졌다.

그 외 암석 성인별로 화성암으로 분류된 우백질 화강암(삼척)과 회장암(하동)이 있으나 이들은 모두 변성되었기 때문에 변성암에 포함시켰다.

○ 표 3에 의하여 땅밀림 지역의 주 구성암석을 검토해보면, 경기변성암 복합체와 서산층군, 태백산편마암 복합체(울리층군, 우백질 화강암), 소백산편마암 복합체, 지리산편마암 복합체 및 기타 암류(화강편마암, 회장암) 등 선캄브리아기의 변성암류들은 모두 편암류, 편마암류로 점토(泥質) 성분이 많은 토양들이다.

○ 고생대의 옥천누층군(하부 천매암대, 하부

평안층군)은 천매암과 편암 등 이질 성분을 다량 함유하고 있으며, 평안누층군(중부 평안층군, 하부 평안층군)은 shale, 사암, 탄층, 천매암 등이 분포하며 연약층을 이루고, 곳에 따라 이질(점토) 성분이 많이 나타나고 있다. 조선누층군(상부 대석회암층)은 주로 석회암, 사암, 이암, shale 등 퇴적암으로 이암과 shale 등은 연약층을 형성한다.

- 중생대의 대동(남포)누층군(중부 대동층군)은 사암, 역암, shale 및 사암과 shale의 호층대를 보이며, 경상누층군은 신동층군(하산동층, 낙동층, 진주층)과 하양층군(함안층, 진동층) 그리고 영양소분지의 가송동층과 기타 백악기 소분지 화산암류로 나타나고 있다.

신동층군은 경상누층군의 최하위 지층으로 하산동층은 사암과 shale의 호층으로 나타나며, 낙동층(연화동층)은 사암과 shale로 구성되어 있고 탄질 shale이 협재되기도 한다. 진주층(동명층)은 사암, shale, 역질 사암 등으로 구성되어 있다. 진주층에는 적색암층이 포함되지 않는 것이 특징이며, 흑색 shale 층준에는 박층의 탄질 shale 등이 협재하기도 한다. shale은 풍화가 빠르고 약한 지층을 형성한다.

하양층군은 경상누층군에서 화산활동과 동시에 퇴적된 지층들로, 땅밀림이 발생한 지역의 지층은 함안층과 진동층이다. 함안층은 shale, 사암, 이암, 응회질 사암 등으로 이루어지며, 진동층은 암회색 내지 흑색 shale로 이루어지며 silt암이나 사암, 역암이 협재되기

도 한다. 층리 발달이 양호하고 박리로 잘 분리되어 연약지반을 이룬다. 사암과 shale이 교호(호층)하기도 한다. 가송동층은 이회암, shale, 사암으로 구성되어 있으며, 기타 백악기 화산암류로는 유문암 및 유문암질 응회암으로 이루어져 있다. 대보관입암류로는 화강암, 섬장암, 섬록암 등으로 나타나고 있다.

땅밀림이 발생한 중생대의 지층들은 거의가 사암, 이암, shale 등 퇴적암류로, 풍화에 강한 사암류와 풍화에 약한 shale, 이암 등의 암류가 교호하거나 협재된 지층들로 나타나고 있다.

- 신생대는 경상누층군의 최상위층인 유천층군과 경상도 포항분지-장기분지 및 어일분지의 퇴적암과 화산암류가 포함된다.

유천층군은 경상분지에 화산활동이 극심했던 시기에 형성된 암층으로 중성화산암류, 중성 및 염기성 화산암류와 다대포층에서 땅밀림 현상이 나타나고 있다. 중성화산암류는 안산암 및 안산암질 응회암으로 주로 안산암질 용암과 화산쇄설물로 이루어져 있다. 중성 및 염기성 화산암류는 안산암질 응회암과 안산암질 현무암으로 구성되어 있으며, 다대포층은 shale 및 사암으로 구성되어 있다. 정각산층은 주로 흑색의 응회질암으로 구성되어 있으며, 연일층군(중부, 하부, 상부 연일층)은 주구성암석이 사암, 역암, shale, 이암 등으로 이들이 협재되거나 호층을 이루고 있다. 이들 퇴적암류들은 고결도가 낮아서 땅밀림 현상이 잘 나타나고 있다. 금년도 경주 지진 발생 시 액상화 현상이 발생한 곳도 이들 지층의 영향

을 받은 충적층 지역이다. 한국에서 땅밀림이 가장 많이 발생하는 지층은 경상누층군(전체 발생 건수의 41.6%)으로 그 중에서 신동층군(18.2%), 유천층군(10.0%), 하양층군(6.7%), 영양소분지 등 기타 경상누층군(6.7%) 순으로 나타나고 있다.

4. 조사결과에 대한 고찰

한국에서의 땅밀림 현상은 일본에 비하여, 지질, 지형, 자연환경 조건에 의해, 현저히 낮은 비율로 발생하고 있다. 땅밀림이 과거에 발생하여 서서히 활동이 진행 중인 곳은 몇몇 개소에 지나지 않으며, 대개의 경우는 급경사지 붕괴(벼랑붕괴) 유형에 가까운 것들이다. 이러한 사실들은 일본에서 정의하고 있는 땅밀림의 특성을 검토해보면 알 수 있다. 땅밀림의 특성은 지하수에 의하여 주로 발생되며, 중력 작용이 큰 영향을 미친다. 대면적의 토괴가 유동하기 위해서는 활동면(滑動面)이 형성되어야 하는데 이러한 활동면의 발생을 용이하게 할 수 있는 것이 지질, 지형 조건이다. 지형적으로 강수가 토층으로 쉽게 침투되어 지하수 형성이 용이해야 하며, 활동면은 점토가 집적되거나 점토층이 형성되어 있는 지질적인 조건이 조성되어야 한다. 따라서 땅밀림은 점토(이질)성분이 있는 지질(암석)로 고결도(固結度)가 낮고 풍화도(風化度)에 크게 작용을 받는다. 특히 풍화도는 심층풍화(화학적 풍화) 지역으로 풍화대(風化帶)가 깊은 지역에서 잘 발생한다.

○ 한국에서 땅밀림이 발생한 지역의 모암은 선캄브리아기와 고생대의 변성암체로 대부분은 편암이나 편마암, 점판암, 천매암 등이 주 구성암석으로, 이들 암석이 풍화되면 점질토가 많이 생성된다. 또한 편암이나 편마암으로 이루어진 지역은 점성이 적은 화강암 토양에 비하여 침식에 강하고 토심도 비교적 깊게 유지되고 있어 땅밀림 발생 조건에 유리하다. 이들 변성암 분포 지역 중 풍화대가 깊은 지역은 땅밀림 발생 우려 지역이 될 수 있다.

○ 중생대, 신생대의 퇴적암류들은 대체적으로 사암, 이암, shale, 석회암 등이 상호 혼재되거나 교호하여 나타나며, 이들 암석 중 이암이나 shale은 풍화되면 점질토양이 되므로 땅밀림 발생이 용이하다. 사암과 이암, shale 등이 호층으로 나타나는 지역에서는 불연속면(주로 층리)이 사면의 경사방향과 동일하고 풍화가 깊게 진행된 지역은 땅밀림 현상이 용이하게 발생될 수 있다. 그러나 불연속면(층리)이 수평으로 유지되고 있는 사면에서는, 풍화가 깊게 진행되었거나 토양침식이 많이 발생 되었더라도, 땅밀림 현상은 그 진행속도가 매우 느리거나(진주 집현면 덕오리) 발생되지 않는다.

화산활동의 영향을 많이 받은 경상누층군의 유천층군은, 이질분을 많이 포함하고 있으며 화산쇄설물의 영향으로 기공이 많아 강수의 침투가 용이한 조건을 가지는 것으로 판단된다. 일본에서 화산지대(신 제3기 이암, 응회암

분포지대)에서 땅밀림과 산지재해 발생이 많은 것과 같이, 한국에서도 땅밀림 발생률이 높게 나타나고 있다. 특히 화산쇄설물이 많이 포함된 화산암류 지대에 유의하여야 하겠다.

- 땅밀림은 지질적으로 이질(泥質)성분이 많은 지역에서 잘 발생하며, 일반적인 산사태(토석류)는 사질성분이 많은 지역에서 잘 발생한다. 그러나 단층이나 습곡, 관입암으로 인한 변질대 등과 같은 지질구조적으로 문제가 있는 지역은 사질성분이 많은 지역에서도 땅밀림이 발생한다. 사질성분이 많은 화강암, 사문암, 아르코스(arkose)사암과 유문암 지대라 하더라도 단층이나 습곡과 같은 지질구조가 있는 지역에서는 땅밀림이 발생하기 때문에 지질구조 조사가 필요하다.
- 지금까지 한국에서의 땅밀림 지역에 대한 지층 및 구성암석에 대하여 고찰하여 보았다. 땅밀림이란 서서히 장시간에 걸쳐 발생되기 때문에 대부분 피해를 방지할 수 있기 때문에 충분한 조사, 연구가 이루어지지 못한 실정이다. 차제에 땅밀림 위험지역을 도면화 한다는 것은 매우 어려운 일이다. 대안(代案)으로서 땅밀림이 발생한 지역의 지질(지층 및 모암) 분포지에서 지형적으로

경사 30° 이하이며 인구 밀집 지역을 임시 위험지역으로 도면화하는 것이 필요하다고 판단된다.

- 땅밀림 지역에 대한 보다 정확한 위험지 분포도를 작성하기 위해서는 현재까지 발생된 땅밀림지에 대하여 지질, 토양, 지형과 지하수와 관련된 세부인자에 대한 정밀조사가 이루어져야 하며, 조사된 이들 인자들에 대한 계량화가 이루어져야 한다.

정밀조사가 이루어져야 할 내용은 다음과 같다.

- 지표 지질조사: 지층 및 모암, 단층 습곡 등 지질구조, 암석의 풍화 정도, 불연속면 발달 상태
- 토양조사: 토양형, 토심(이동대 깊이), 토성, 토양의 수분 상태, 토양구조, 식생, 경사도, 암석 노출도(너덜 유무), 지형: 대지형, 미지형(종단지형, 횡단지형)
- 지하수 관련 조사: 소계류의 발달 상태, 지하수의 유입 상태 여부, 지하수 용출 상태(샘, 저수지 분포 상태), 강수의 침투능(토양조사의 토양형, 토성, 식생, 경사도, 암석 노출도 등 참조)



산양삼 재배적지 토양환경 특성

변재경/김용민/박성범
사)한국산지환경조사연구회

1. 산양삼의 생육조건

산지의 평균 해발고도는 400m 이상, 계곡이 깊고 통풍이 잘 되는 곳으로 산의 지세는 동북향(음7, 양3)이고, 임상은 나무가 울창하게 조성된 곳으로 활엽수80, 침엽수20 정도의 혼효림이 좋다. 주요 수종의 평균 수고는 7m~10m 정도로 수령 20년이상 된 고목이 많고, 일조량 10%(울폐율80~90%)정도이다. 연평균 강우량은 1,000mm~1,300mm이고 생육온도는 기온 15℃~20℃인 곳이 적당하다. 주변의 주요 수종은 피나무, 참나무류, 단풍나무, 박달나무 등이 있다. 토양은 적당한 수분이 있고 물이 적체하지 않는 곳으로 양토, 미사질양토가 최적의 입지조건으로 판단되며 잔 자갈이 많은 곳이 좋다. 또한 부엽층은 15cm이상, 평균 토양습도는 60~65%, 급경사지는 가급적 피하고 경사도 15~25°내외의 완경사지가 좋다. 최근 연구에서 산양삼 묘삼을 식재한 곳은 임간울폐율이 80~90% 정도인 곳에서 생육이 양호하며, 종자를 파종

한 경우는 임간울폐율이 90%에서 생육이 양호한 결과가 나타났다. 전체적으로 침엽수림과 활엽수림, 혼효림 모두에서 80% 이상의 임간 울폐율에서 산양삼의 생육이 양호하며, 상층의 임상은 최소 3령급 이상에서 생육이 양호하다고 하였다. 그러나 부식이 풍부하고 토심이 깊어 토양조건이 좋은 곳에서는 울폐율을 60~70% 정도로 더 낮추어 조절하여 광합성량을 증가시키면 산양삼 뿌리 성장을 촉진시킬 수 있어 중량이 높은 고품질의 산양삼을 생산할 수 있다. 따라서 일반적으로 산양삼의 적지선정에 있어서는 임지의 방향과 경사도를 고려하여 식재 및 파종하는 것을 권장하지만, 방향과 경사도 보다는 상층의 임상과 임간의 울폐율의 조절을 통하여 산양삼의 재배적지를 선정할 수 있을 것으로 판단된다.

가. 기후

연평균 기온이 0℃~10℃가 적합하며, 여름 기온이 20℃~25℃로 서늘한 곳이 적합하다.

35℃가 넘으면 고온피해가 발생한다. 내한성은 -20℃ 이상으로 매우 강하다. 특히 산양삼은 추위에 강하여 얼어 죽지 않는다. 겨울에 눈이 많이 쌓이는 것을 좋아한다. 최근의 연구를 통하여 산양삼의 재배적지의 기후특성은 대기평균온도가 5℃~30℃이며, 지중평균온도(30cm)가 15℃~18℃ 이하 지역에서 산양삼의 생육이 가장 양호한 것으로 나타났다. 특히 지중온도가 18℃를 넘어가면 산양삼의 지상부는 고온 휴면상태에 들어가 엽의 낙엽이 발생하여 생육에 제한을 받는 것으로 알려져 있으며, 이는 이식묘가 파종묘에 비하여 더욱 심한 것으로 알려져 있다.

나. 토양

토양은 성숙한 토양으로 층위구분 및 발달이 완전한 토양이 적지토양이다. 낙엽부식이 잘 발달되고 유기질과 부식질이 풍부하고 배수가 잘되는 토양이 적합하다.

산도는 pH5.5~6.5 정도의 약산성토양이

좋으며 이러한 토양에는 Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ 등 염기치환량이 크고, 보비력이 좋다. 부식토는 보통 점토에 비해 흡습성이 10배 가량 크기 때문에 수분유지와 한발의 피해를 막아준다. 또한 낙엽이 섞여 흡이 된 부식질은 가물어도 수분을 유지 할 뿐만 아니라 비가 온 후에도 물이 고이지 않고 배수가 잘된다. 재배지환경은 토심이 15cm 이상으로 토양의 유기물함량은 2~9%에 전질소함량은 0.15~0.80% 정도이고, 인산은 10~68ppm이고, 칼륨은 0.2~0.7cmol/kg, 나트륨은 0.2~0.7cmol/kg, 칼슘은 1.2~4.1cmol/kg, 마그네슘은 0.7~1.5cmol/kg 정도인 토양에서 비교적 안정적으로 산양삼이 생육하는 것으로 알려져 있다. 인산과 질소 등의 함량이 높으면, 임간재배 중에도 부영양화에 따른 병발생의 확률이 높아지고, 산양삼의 수형이 나빠지는 것으로 알려져 있다. 또한 토양의 함수량은 포장함수량의 65% 정도가 적합한 것으로 알려져 있다.

〈표 1〉 산양삼 재배지의 토양특성

토성	pH	유기물 함량 (%)	전질소 함량 (%)	P_2O_5	양이온 치환능력(cmol/kg)			
					K^{2+}	Na^{2+}	Ca^{+}	Mg^{+}
양토, 미사질양토, 사질양토	5.5~6.5	2~9	0.15~0.8	10~68	0.2~0.7	0.2~ 0.7	1.2~ 4.1	0.7~ 1.5

다. 수분

산양삼의 생존율은 토양수분과 매우 밀접한 관련이 있다. 대개의 산양삼 재배자들은 파종에서부터 7년근 까지의 생존율을 5%미만이라고 하거나 많아야 10% 미만이라고 말한다. 이와 같은 원인은 산쥐, 두더지 및 멧돼지와 같은 동물피해도 있지만 토양수분 조건이 불량한 지역에서의 산양삼 재배에 큰 원인이 있다고 판단된다. 많은 곳의 산양삼 재배지를 방문하여 살펴본 결과, 토양조건을 감안하지 않고 비적지인 건조한 토양에서 재배하여 봄철 가뭄기를 거치면서 생존율이 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

우리나라의 연간 강수량은 1,200~1,300mm 정도이지만 봄철에는 가뭄이 심하며 6월 하순부터 7월 중순까지 장마기간 동안에 대부분의 강수가 집중되는 특징이 있다. 이러한 강수량의 경향은 산양삼 재배에 있어 결정적인 제한적 요소가 될 수 있다. 적합한 보수력을 가진 산림토양은 가뭄시에도 모세관을 따라 수분의 공급이 계속되어 유지되고, 배수가 양호하여 장마시에도 과습상태가 되지 않으며 통기성이 양호하다. 토양이 과습하게 되면 뿌리의 호흡이 억제되고 세근이 발달되지 않아 각종 무기양분의 흡수가 저해되어 생육이 부진하게 되고 병의 발생이 급증하게 된다.

봄철과 8월중순 이후의 강우는 산양삼에 별로 피해를 주지 않으나 이른 봄에 눈이 녹은 물이 토양에 스며들어 과습하게 되고 발아기에 땅이 얼었다가 녹기를 반복하면 동해를 입

기 쉽다. 또한 잣빛무름병과 뿌리썩음병의 발생이 많아 질 수 있다. 이와 같이 산양삼 재배에 있어 토양수분은 성장뿐만 아니라 생존율에도 매우 밀접한 관계가 있으므로 고품질의 산양삼을 다수확하기 위해서는 재배적지를 잘 선정해야 한다.

라. 광합성(일조량)

산삼은 반음반양(半音半養)을 좋아하는 식물이다. 그러나 보통 우리가 생각하는 음지보다 밝은 양광지역에서 생장이 더 좋다. 아침햇볕이 드는 곳은 가장 좋고, 2~3시경 햇빛이 드는 곳은 적지가 아니다. 상대광도는 10~30%가 적합하다. 그러나 삼은 어두운 음지보다 밝은 곳에서 채취한 것이 뿌리도 싹한 고품질이다. 일반적으로 인삼의 삼포에서 해가림 앞쪽의 것이 생육상태가 양호한 것과 같은 현상이다. 앞에서 흡수한 탄산가스와 햇빛 에너지가 작용해 탄수화물이 되어 산삼이 크다. 이 과정을 광합성이라고 한다.

삼은 잎의 광합성 광보상점이 최저 0.5klux 정도에 불과한 생육에 비교적 낮은 광도의 빛만을 필요로 하는 반음지성 식물로서 빛이 가장 중요한 생육제한 요소이다. 인삼에서의 연구결과를 보면 잎의 광합성량은 광도에 따라 증가하는데 그 증가정도와 경향은 온도, 연근 및 계절 등에 따라 차이를 보이고 있다. 우리나라에서 재배되고 있는 고려인삼의 생육최적 광도는 계절에 따라 차이가 있지만 10~15Klux 내외로 알려져 있다.

울창한 숲에서 자란 산삼은 광합성이 모자라 우산과 같은 모양이 된다. 이것은 햇빛이 부족해서 더 받으려고 해서 생기는 현상이다. 광합성이 부족한 숲은 나뭇가지를 쳐서 적정 광도를 유지해야 한다. 오전 햇빛 광합성은 탄산가스를 많이 받아 생육발전이 양호하다. 일반적으로 인삼의 경우 광포화점이 $600\sim 800\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도이고 광합성 능력은 $6.2\sim 8.2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도인 것으로 알려져 있으나 산양삼의 경우 광포화점이 $280\sim 700\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도이고 광합성 능력은 $1.2\sim 4.2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도인 것으로 알려져 있다. 이를 통하여 산양삼의 광이용에 관한 능력 및 효율이 임간내에서 더욱 광대역에서 이루어지며, 임간의 광도 및 광질에 대한 반응이 더욱 민감한 것으로 알려져 있다. 광도는 재배지 환경 및 계절, 시간에 따라 차이가 있으나 $2,000\sim 20,000\text{lux}$ 가 나타났다.

마. 방위

산양삼 재배지의 방위는 임상내 미세환경과 생육에 직접적인 영향을 미친다. 북향 및 북동향인 곳이 아침햇살을 많이 받고 오후의 뜨거운 햇빛을 적게 받아 산양삼 생육에 좋은 환경이다.

남향과 남서향 및 서향은 아침의 서늘한 햇빛을 적게 받고 오후의 뜨거운 햇빛을 많이 받으므로 가급적 피하는 것이 좋다. 특히 서향은 산양삼 생육이 가장 왕성한 시기인 5~6월의 일몰 시간에 지면과 산양삼 앞에 직접 비추는

뜨거운 햇빛은 산양삼 생육에 매우 부정적인 영향을 미치게 된다.

따라서 북향, 동향, 북동향, 북서향이 좋으며, 표토가 두껍고 수분이 적운한 곳이 유리하다. 예외적으로 남향 일부도 하루 종일 햇빛이 들지 않는 수관울폐지역은 무방하다. 모든 식물은 밤에 이슬이 맺히고 기온이 내려가므로 아침 햇살은 성장에 도움이 된다. 저녁햇빛이 강하게 들어오는 남향, 서향은 이슬이 마르고 온도가 상승하여 산양삼 생육에 지장을 준다.

바. 경사

경사는 토양표면의 기울기 정도를 나타내는 것으로 경사가 높을수록 물이 침투하기 어렵고 흘러내려 유거수의 양이 증가한다. 물의 흐름이 빨라 토양은 건조하기 쉬우며 각종 양분이 함유한 표토층의 유실량이 증가한다. 이에 따라 토양물리성 악화로 척박한 토양이 형성되어 진다. 경사가 낮을수록 표토층의 토양 입자가 가늘고 부드러우며 유기물함량이 많고 비옥도가 높은 토양이 형성된다. 따라서 산양삼 재배적지는 경사가 $15^\circ\sim 25^\circ$ 만의 물이 상시적으로 흐르는 계곡부의 산록지가 좋다.

사. 지형

지형은 토양생성 인자에 따라 모재, 기후, 식생 및 시간과 관련되며, 이들 인자는 토양수분 함량과 토양침식에 큰 영향을 주고 있다.

일반적으로 지형에 있어서는 계곡, 산록, 산

복이 비교적 적지이며 산정과 능선을 제외한 모든 지역에서 재배가 가능하다. 산양삼 재배 적지는 곡간지, 산록경사지, 저구릉지와 구릉지로서 토양수분과 토심조건 등 입지환경이 좋은 지역이다. 침수 우려 및 환경오염의 위험이 없는 청정한 곳이 적지이다. 상층에 3령급 이상의 임목이 울창한 곳이 산양삼의 재배가 모두 가능한 것으로 알려져 있다.

2. 산양삼 재배적지의 물리화학적 성질

가. 토양 물리성

(1) 토성(Soil Texture)

토성은 무기질 토양입자들이 여러 가지 크기의 상대적 비율 즉, 직경 2mm이하의 광물 질인 모래, 미사 및 점토의 함량에 따라 토성이 결정되어 지며, 토양의 물리화학적 성을 지배하는 주요한 요인이다. 인삼을 재배할 때 최적지 토성은 양토(Loam(L)), 식양토(Clay loam(CL)) 미사질식양토(Silt clay loam(SiCL))로 구분하고 있다. 인삼재배적지 토성은 미사질양토(Silt loam(SiL))과 사양토(Sand loam(SL))로 구분하고 있으며 가능조건은 식토(Clay(C))로 구분한다. 비적지는 모래함량이 높아 수분조건이 불량한 양질사토(Loamy sand(LS))와 사토(Sand(S))로 구분되어 있다.

산림토양은 일반 논·밭과 같은 경작지 토양과 달리 수백·수천년에 걸쳐 생성된 풍부한 유기물과 이에 영향을 받아 생성된 A층이 존재한다. 우리나라에서 산양삼재배에 매우

적합한 산림토양은 A층이 깊고 수분조건이 양호한 갈색적윤산림토양(B_3), 암적색산림토양(Dr_3) 및 화산회적윤산림토양(Va_3) 토양이다. 이들 토양은 A층의 깊이가 30cm 내외이거나 이보다 깊어 산양삼의 잔뿌리가 충분히 뻗을 수 있는 조건을 가지고 있다. 이들 토양의 토성은 유기물함량의 영향을 받아 A층은 미사질양토(Silt Loam(SiL))와 양토(Loam(L))가 대부분이고 B층은 사양토(Sand Loam(SL))와 양토(Loam(L))가 많이 나타난다.

(2) 토양삼상(Three Phase of Soil)

토양삼상은 고상(토양입자와 유기물), 액상(토양용액), 기상(토양공기)의 용적비율을 말하며 이들이 적당한 비율로 조합되어야 식물 생육에 좋은 영향을 미치는데 토양 삼상의 이상적인 비율은 고상 45%, 액상 25%, 기상 30% 정도이다.

토양삼상은 자연상태의 토양을 100cc core에 채취하여 건조기에 건조시켜 측정하여 분석한다.

토양삼상 중 고상은 답압이 되었거나 통기성이 나쁜 토양의 경우 높게 나타나는 경향이 있고, 배수가 안되는 토양은 액상 비율이 높게 나타나는 반면 기상의 비율이 낮게 나타나며, 통기성이 양호한 토양은 기상 비율이 높게 나타난다.

(3) 토양 견밀도

(soil consistence, hardness)

토양의 견밀도란 토양에 압력을 가했을 때

토양이 저항하는 정도를 말하며 토양의 응집력(cohesion)과 점착력(adhesion)의 정도를 나타낸다.

산림토양의 견밀도는 토양의 퇴적양식, 식물의 생육조건, 양부를 판정하는 역할과 생물의 생육환경을 판단하는 지표 중의 하나이다. 토양의 견밀도(Soil consistence, hardness)는 토양에 힘을 주었을 때 저항하는 정도이며 산중식(山中式) 견밀도측정기로 측정한다.

산양삼 재배에 있어 토양 견밀도는 매우 중요하다. 토양 견밀도가 낮으면 산양삼의 미세근의 발달이 좋아 고품질의 산양삼을 생산할 수 있지만 토양 견밀도가 높으면 뿌리생육이 나빠져 산양삼의 품질이 저하된다.

견밀도는 토양수분과 밀접한 관계가 있어 농업에서는 습, 건, 적윤 일 때를 나누어 측정하지만, 산림토양은 대부분 약건하거나 적윤상태이므로 위와 같이 구분하지 않는다. 견밀도는 뿌리의 호흡 또는 생장에 영향을 주어 기계화작업에 의한 답압은 대공극을 없애고 삼투압을 감소시킨다. 토양의 견밀도는 토양의 안정성, 침식성, 수분조건 등과 관계를 가진다.

(4) 토양배수

토양배수는 지형, 토성, 투수성과 토색, 반문(斑紋, 얼룩반점)에 의한 지하수위 등을 고려하여 결정한다. 산림토양에서는 불량, 보통, 양호, 매우양호 4단계로 구분한다. 배수가 불량한 곳은 과습피해가 증가되어 적변삼과 뿌리썩음병 발생율이 높아지며, 조기낙엽의 원

인이 된다.

(5) 유효토심

식물이 자라는데 필요한 조건을 갖춘 토층의 깊이를 말한다. 산림토양단면에서는 임목이 성장하는데 영향을 주는 깊이, 즉 식물근이 가장 많이 분포되어 있는 부분이다. 유효토심이 낮아 물과 영양분을 저장할 수 있는 토양용적이 적으면 뿌리의 신장이 나빠져 생육이 불량해지고 수량도 감소된다.

나. 토양 화학성

토양의 화학적 성질은 일반적으로 물리적 성질보다는 생장에 미치는 영향이 적은 것으로 알려져 있으나, 도시화·산업화의 발달과 함께 대기오염물질 유입의 증가는 산림생태계의 과도한 질소유입과 토양 내 칼슘이나 마그네슘과 같은 필수 영양소의 용탈을 가져와 산림의 생산성 유지에 문제를 발생시키는 것으로 알려져 있다.

인삼재배에 있어서는 토양 화학성에서 산도(pH), 염류농도(EC), 질산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$), 유기물(O.M), 유효인산(P_2O_5), 치환성양이온(K, Na, Ca, Mg) 등을 중요시 한다.

(1) 토양산도(pH)

토양산도는 토양반응의 정도를 나타내는 지수로서 토양 중에 있는 물질의 성질이나 행동에 중요한 영향을 미치며, 또한 토양 미생물의 활동이나 식물의 생육을 좌우하는 인자이다.

pH는 용액 중에 유리상태로 있는 수소이온 활동도의 역대수를 의미하며 용액 중의 수소이온 농도를 표시하는 지수이다.

토양산도는 토양의 산성, 중성, 알칼리성을 알기 위해 산도측정기로 측정하는데, pH 7은 중성이고 pH 7보다 낮은 값은 산성, 높은 값은 알칼리성이며 토양반응이 약산성~중성(pH 6.5~7.0)에 가까울 때 양분의 유효도가 가장 높다.

토양산도가 pH 5.0이하로 산성이 강할 경우에는 토양 양분 중 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 붕소 등을 불용화시켜 유효도를 낮게 하고 철, 알루미늄, 망간 등은 너무 많이 녹아나와 뿌리의 성장을 억제시키는 등 생리장애를 일으키게 될 뿐만 아니라 유효한 토양미생물의 번식과 활동을 억제할 수 있다.

반대로 pH 값이 알칼리성일 경우 인산, 가리, 붕소, 철, 아연, 구리와 같은 원소들의 용해도가 매우 낮아져 식물이 이들 원소를 충분히 흡수하지 못해 결핍하게 되고 칼슘, 마그네슘 등은 과잉되어 원소의 불균형으로 길항작용을 일으키므로 정상적인 생장이 어렵게 된다.

인삼재배에 있어 산도의 적정범위는 pH 5.0~6.0이고 pH 5.0이하는 낮고 pH 6.5이상은 높아 비적지로 구분하고 있다

한편, 우리나라 산림토양의 화학성은 논·밭의 경작지와 매우 다른 특성을 보이고 있다. 산림토양의 평균 산도는 A층의 경우 pH 5.48이고 B층은 pH 5.52이지만 지역적으로는 큰 차이를 보이고 있으며 경작지 토양에 비하여 산성토양이 많이 나타나고 있다.

(2) 유효인산(P_2O_5)

인산은 광합성과 호흡작용에 관여하는 식물생장과 가장 밀접한 관계를 가지고 토양과 임목간의 순환계에 작용하는 중요한 인자이며, 유효인산은 식물이 쉽게 이용할 수 있는 형태이다. 인산은 토양 중에서의 이동이 적어 타성분에 비하여 토양의 흡착 또는 고정되는 양이 많으므로 시비할 때마다 인산을 시비할 필요가 없으나 우리나라 토양은 대부분 인산이 매우 부족하다. 인산은 토양산도와 밀접해서 토양이 산성이면 토양 속에 인산이 고정되어 식물에 흡수하지 않는다.

인산이 결핍되면 외관적으로는 뚜렷한 증상이 나타나지는 않으나 결핍이 계속되면 뿌리의 발육이 빈약해지고 지상부 생장도 억제되어 왜소해지며 잎은 작아지고 개화와 결실이 늦어져 품질과 수량이 감소한다. 잎의 색깔은 회록색을 띠게 된다. 인산이 과잉시에는 결주율과 상관관계가 있으므로 인산과다 장애가 우려된다.

인삼에서의 유효인산의 적정함량은 70~200mg/kg이고 70mg/kg 이하는 부족이고 300mg/kg은 과다로 구분한다.

우리나라 산림토양의 유효인산의 함량은 매우 낮아 A층의 평균함량은 25.6mg/kg, B층의 평균함량은 11.9mg/kg으로 대부분의 토양은 인삼에서 정한 부족 함량인 70mg/kg 이하이다. 산림토양의 이러한 토양화학성을 볼 때 산양삼을 잘 키우기 위해서는 이들 부족한 성분을 보충할 수 있는 어박, 대두박 및 골분의 사용이 필요할 것으로 판단된다.

(3) 전기전도도(EC)

전기전도도는 용액 중의 전류를 운반할 수 있는 정도를 측정하여 용액 중의 이온세기를 신속하게 평가할 수 있고, 이온성분과 불순물이 어느 정도 포함되어 있는가를 측정하여 함유된 이온과 염의 농도를 종합적으로 표시하는 지표이다. 수소이온, 칼륨, 나트륨, 칼슘, 마그네슘 등 치환성양이온 등과 밀접한 관련이 있다. 산(염산, 질산)과 염기(치환성양이온)가 결합된 것을 화학에서 염(鹽)이라 하며 염류는 염을 통틀어 말한다. 질소질비료인 유안(황산암모늄)과 황산가리, 염화가리 등 대부분의 화학비료는 염으로 되어 있다. 따라서 토양의 염류는 토양수중에 녹아 이온상태로 되어 전기의 전도를 용이하게 해주며, 전기전도도를 측정하므로써 염류의 농도를 간접적으로 알 수 있다.

토양에 염류가 집적되면 삼투압이 증가하여 물의 흡수를 저해하고 식물의 양분흡수를 방해하여 길항작용을 일으키므로 식물생장에 중요한 제한인자이다.

인삼재배에 있어 적합한 염류농도(EC)는 0.5dS/m 이하이고 재배허용범위는 0.5~1.0dS/m이며, 비적지는 1.0dS/m 이상으로 구분하고 있다.

산림토양의 염류농도는 인위적으로 비료를 사용하지 않아 거의 대부분 0.5dS/m 이하로 나타난다.

3. 산양삼 재배 불량지의 생리적 장애

가. 적변현상(赤變現狀)

산양삼의 적변현상은 뿌리동체나 지근의 표피가 부분적이거나 전체적으로 적색 또는 적갈색으로 변색되는 것을 말한다. 적변이 심하면 동체의 표피가 거칠어지고 표피층이 두꺼워지면서 세근발달이 불량해 진다.

적변현상은 다양한 조건에서 발생하는데 주로 배수불량에 의한 과습토양에서 발생이 심하다. 토양중에 비료성분이 과다하거나 철(Fe^{2+}) 이온과 강하게 결합하여 적색을 띄기도 한다. 또한 이식삼에서 생육환경이 바뀌어 스트레스를 받으면 자기방어 물질인 페놀성 물질이 내부에서 표피로 배출되는 식물의 생리적 반응이 나타나는 것이기도 하다.

「임업 및 산촌진흥 촉진에 관한 법률」에서 ‘특별관리임산물’로 지정된 산양삼은 재배시에 허용되는 비료종류로서 유기질비료 중 어박, 대두박, 골분 3가지만을 사용토록 되어 있다. 그러나 일부 재배자는 예정지를 조성하거나 생육하고 있는 기간에 유박을 비롯한 여러 종류의 유기질비료와 미부숙된 가축분뇨로 만들어진 퇴비 등을 사용하는 경우가 있다. 유기질비료와 부숙되지 않은 퇴비를 시용할 경우 토양의 지온상승과 함께 토양 내에서 2차 발효가 진행되는데, 이때 암모니아와 유기산 등 유해가스가 발생하여 피해를 일으키기도 한다. 토양에 염류와 질소, 인산, 칼륨 등 양분의 과다집적은 산양삼 뿌리의 삼투압 증가로

수분이용 효율이 낮아지고 산양삼 생육에 필요한 양분흡수도 어려워지며 뿌리호흡을 방해한다.

나. 고온장애(高溫障害)

산양삼 잎에 황갈색의 작은 반점이 다수 형성되면서 잎 가장자리부터 끓는 물에 담갔다가 낸 상태와 유사한 증상이 나타나면서 잎이 마르는 증상이다. 고온장애를 받은 산양삼은 생육이 매우 불량하게 되고 잎이 조기에 낙엽지게 된다. 산양삼 재배지에서 통풍이 되지 않을 때에도 발생할 수 있으므로 예정지작업을 실시할 때 가급적 임목의 지하고를 높여 통풍이 잘되도록 한다.

- 피해증상

- 산양삼 잎 가장자리가 회갈색으로 타들어가 마르면서 점차 고사한다. 2~3년근이고 온도가 높은 지역에서 주로 발생한다.
- 잎 끝부터 흑색으로 마르면서 고사되거나 식물체가 일시에 고사되지 않는다. 고온과 토양염류와 관여되는 것으로 추정된다. 3년근 이상에서는 잎 가장자리에 부분적으로 고온피해를 받는다.
- 고년근으로 갈수록 고온장애는 경미하다.



기술정보(국내)

심적산림습원의 강우 - 유출에 따른 소형 목제사방댐의 토사유출 억제효과 -

제갈상규
사)한국산지환경조사연구회

I. 서론

산림습원이란 산림 또는 산림과 연접한 지역에 소택지(swamp), 늪원(marsh) 및 이탄지(moor land) 등 습원식물이 자생하는 지역으로, 웅덩이형 습원, 수로형 습원, 평지형 습원, 경사형 습원 및 가장자리형 습원으로 구분한다(산림청 국립수목원, 2008).

산림습원의 대표적 기능으로는 인위적 오염물을 정화하는 정화조 역할, 급격한 범람 시 물을 저장하여 완충작용을 함으로써 홍수를 방지하는 천연저수지 역할 등이 있다.(산림조합중앙회 산림토목사업소 북부지소, 2010). 특히, 산림습원 내에 도달한 강우를 장시간 저장함으로써 유출시간을 지연시키며, 나아가 지하수대를 유지하는 기능을 가지고 있다(전근우, 1988). 또한, 산림습원은 생물다양성을 유지할 뿐만 아니라 급격한 기후의 변화에 따른 생태계의 변화를 완충시켜 생물들의 서식환경을 유지시켜 준다(산림청 국립수목원, 2008).

이러한 산림습원이 인간의 간섭과 환경변화에 따라 파괴되는 것을 방지하기 위해서는 산림습원에 대한 지속적인 연구와 체계적인 관리가 필요하다. 특히, 유수에 의한 부유토사의 과도한 유출은 육화현상을 초래함으로써 산림습원의 물리적 환경과 습원생태계를 파괴시킨다(유효상, 2001; 산림청, 2008; 이수동, 2009). 인간의 간섭과 환경변화로 파괴된 습원생태계는 적극적으로 복원하고, 최대한 원래 자연상태에 가까운 습원으로 제 기능을 되찾아야 한다. 이 연구에서는 소형 목제사방댐으로 인하여 유출되는 부유토사가 저감되는 효과를 확인하고자 하였으며, 확인된 결과는 산림습원의 보전 및 관리에 필요한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개요

조사대상지인 심적산림습원은 행정구역상

강원도 인제군 서화면 심적리 산 1번지에 속하며, 해발고도는 약 700m로 고산지대에 위치하는 전형적인 산림습원이다. 습원면적은 6.0ha, 유역면적은 16.8ha에 이른다(그림 1). 심적산림습원은 인근의 서화면 서흥리에 위치한 대암산 용늪(해발고도 1,280m, 순수 습원면적 3.14ha)에 비해 해발고도는 낮지만 규모는 큰 편이며, 외부의 간섭 없이 비교적 잘 보존되어 있다.

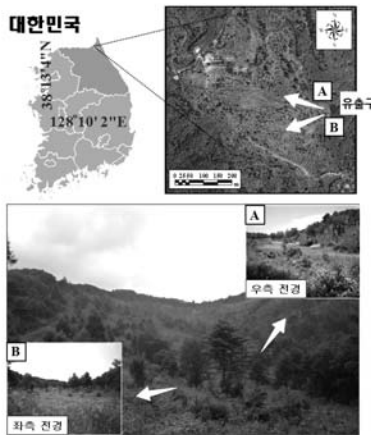


그림 1. 심적산림습원의 위치도와 우측(A) 및 좌측(B)의 전경

2. 조사방법

산림습원의 최하단부에 그림 2와 같이 관측장비를 설치하였다. 강우량의 측정은 수관이 울폐되지 않고, 바람의 영향을 덜 받는 공개지에 HOBO ware 우량계를 설치하였고, 강우발생 후 수위의 변동량을 파악하기 위해 계류 횡단면의 최심부에 Omnilog Data Management의 막대식 수위계를 설치하였다. 한편, 유수에 의해 유출되는 부유토사를 포착하기 위하여 소형 목제사방댐을 기준으로 직상부와 직하부에 트랩을 각각 6개씩 설치하였다(그림5). 5월 25일부터 10월 01일까지 총 5회에 걸쳐 포착된 시료를 수집하였다. 수집된 시료는 실험실로 운반하여 70℃의 건조기에서 3일간 건조하였으며, 이후 건조된 부유토사의 건조중량을 측정하고 강원대학교 공동 실험실습관에 입도분석을 의뢰하여 입경분석 자료로 활용하였다.

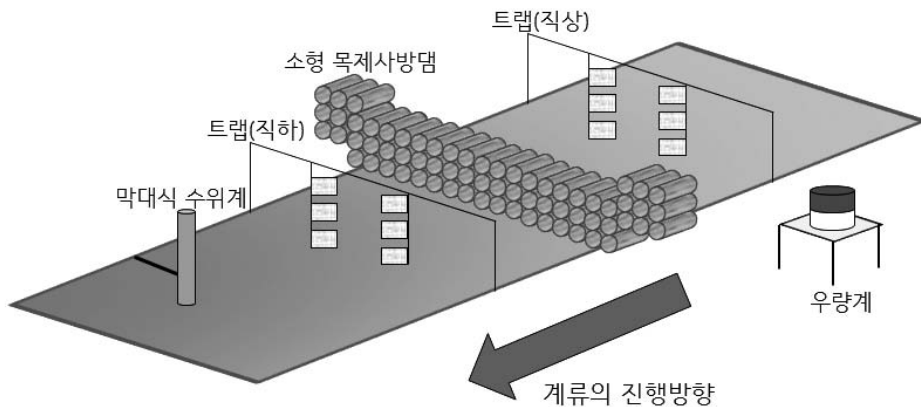


그림 2. 관측장치의 위치도

3. 분석항목 및 분석방법

산림습원에 도달하는 강우량은 HOBOware 우량계를 이용하여 1시간마다 측정을 실시하였으며, 강우에 따른 수위의 변화는 막대식 수위계(Omnilog Data Management)를 이용하여 동일하게 1시간 간격으로 측정을

하였다(그림 3).

트랩의 입구 크기를 12cm × 10cm로 하여 부유토사를 포착하였으며, 소형 목제사방댐을 기준으로 직상부, 직하부에 각각 상수위에 2개, 홍수위에 4개, 총 12개의 트랩을 설치하였다.



그림 3. 소형 목제사방댐 전경



그림 4. 우량계



그림 5. 막대식 수위계

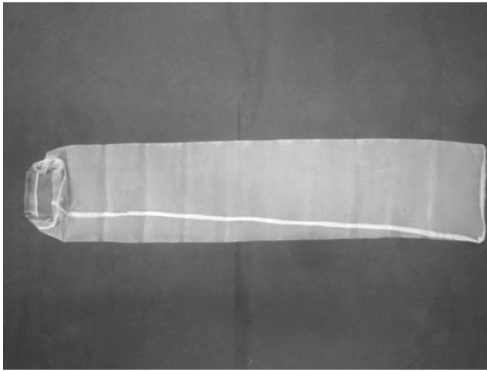


그림 6. 트랩(좌)과 설치전경(우)



그림 7. 트랩(좌)과 설치전경(우)



그림 8. 포착된 부유토사



그림 9. 건조기

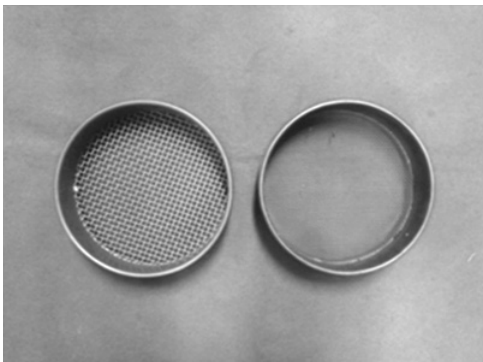


그림 10. 분리용 체(2mm, 2 μ m)



그림 11. 분리된 부유토사

트랩에 포착된 부유토사의 건조중량은 실험실로 운반 후 건조기에 넣고 70℃의 온도에서 3일 동안 건조시켰다. 또한, 건조된 부유토사를 분리용체(2mm, 2 μ m)를 사용하여 분리시킨 후 건조중량을 측정하였다.

분리된 부유토사의 입경분석은 강원대학교 공동실험실습관의 입도분석기(Mastersizer 2000)를 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 강우 특성

조사기간 중 발생한 총강우량은 546.0mm이었으며 대부분이 7~8월에 걸친 집중호우에 의해 발생하였다. 특히, 2015년 7월 23일에는 조사기간 중 최대강우강도인 38.4mm/hr의 강우가 관측되기도 했다.

2. 강우량과 수위의 변화

일반적으로 계류의 유량은 강우 중에는 물론 강우가 갠 뒤에도 시시각각 그 양이 변화하는데, 이 때 하도의 한 지점에서 형성되는 유량의 시간적 변화를 나타낸 것을 유출수문곡선이라고 한다. 이러한 유출수문곡선은 크게 상승부와 하강부로 나누어지며, 양자의 변화점에서 형성되는 정점에서의 유량을 첨두유량이라고 한다. 일반적인 계곡의 경우 강우가 발생하면 1시간 이내에 첨두유량에 도달한다. 심적산림습원에 있어서 전체 조사기간 중 강우량과 수위변화 관계를 유출수문곡선을 통해 파악한 결과, 강우가 발생하면 수위가 곧바로 상승하는 것이 아니라 약 2~4시간이 경과한 후에 첨두유량이 형성되는 것을 확인할 수 있었다(그림 11). 이는 산림습원이 급격한 범람을 막아주는 천연저수지로서의 기능을 보여준다.

표 1. 조사기간 중 강우별 특성

조사기간	총강우량(mm)	최대강우강도(mm/hr)
05월 25일 ~ 06월 18일	25.8	5.0(06월 14일 06시)
06월 18일 ~ 07월 22일	143.2	10.6(07월 03일 12시)
07월 22일 ~ 08월 10일	276.6	38.4(07월 23일 19시)
08월 10일 ~ 09월 05일	94.6	20.0(08월 13일 20시)
09월 05일 ~ 10월 01일	5.8	0.6(09월 11일 23시)

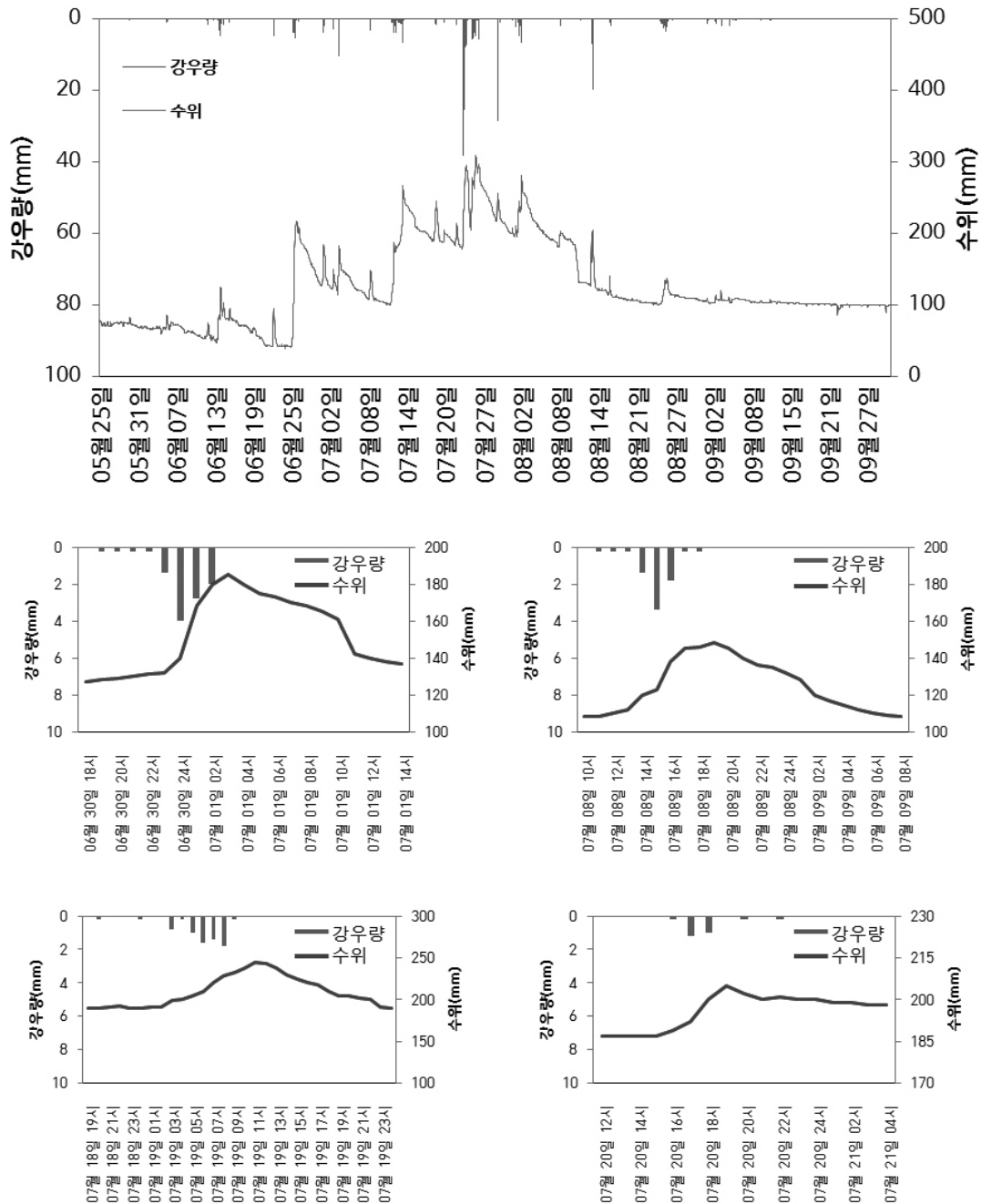


그림 12. 심적산림습원의 강우-유출 특성(2015년 05월 25일 ~ 10월 01일)

3. 소형 목제사방댐의 부유토사 유출 저감 효과

전체 조사기간 중 직상, 직하부에 포착된 부유토사의 양을 계산해 본 결과 평균적으로 63.5%의 저감효율을 보였다(표2). 심적산림습원으로부터 유출되는 부유토사의 양은 총강우량에 크게 영향을 받으며, 소형 목제사방댐에 의해 저감되는 것으로 나타났다. 이는 산림습원의 계상을 고정하여 유수에 의한 세굴을 방지하고 산림습원의 유지에 기여하는 것으로 나타났다.

총강우량에 따른 부유토사 포착량의 상관관

계는 다음과 같다(그림 13). 소형 목제사방댐의 직상, 직하부에서의 포착량이 조사기간 중의 총강우량에 따라 증가하는 선형의 경향을 나타냈다(그림 14). 결정계수의 값은 0에서 1 사이에 있으며, 두 변수 사이의 상관관계 정도를 나타내는 상관계수를 제공하여 나타낸 값이다. 두 값의 상관관계가 높을수록 1에 가까워지며 선형 추세모형의 유용성이 높다고 할 수 있다.

총강우량에 따른 소형 목제사방댐의 직상부에 포착된 부유토사는 $R^2=0.8913$ 의 값을 나타냈고, 직하부에 포착된 부유토사는 $R^2=0.7803$ 의 값을 나타냈다.

표 2. 소형 목제사방댐의 직상, 직하부에 있어서 부유토사 총포착량 및 저감효율

날짜	총강우량 (mm)	직상부의 부유토사 총포착량 (g)	직하부의 부유토사 총포착량 (g)	유출저감효율 (%)
05월25일~06월18일	25.8	210.42	80.23	61.8
06월18일~07월22일	143.2	2351.21	778.32	66.8
07월22일~08월10일	276.6	2982.12	894.23	70.2
08월10일~09월05일	94.6	868.40	691.30	20.3
09월05일~10월01일	5.8	474.70	67.70	85.7

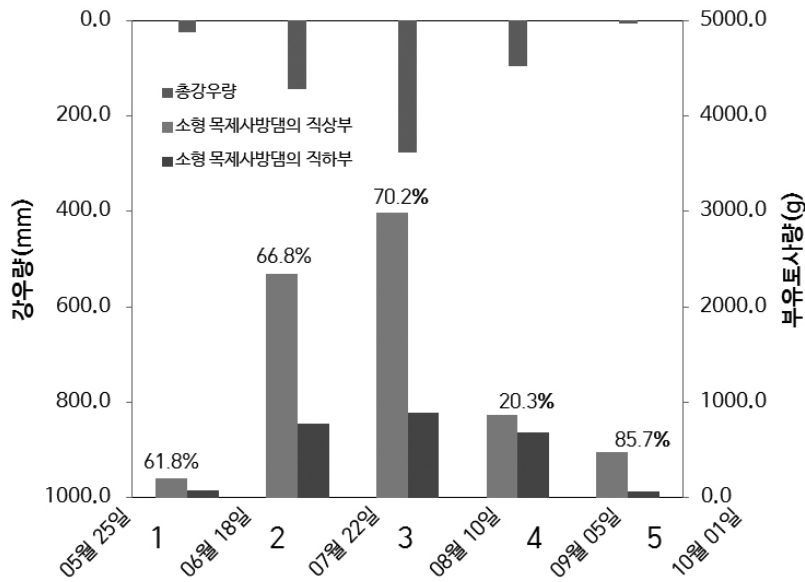


그림 13. 조사기간 중 총강우량에 따른 부유토사 총포착량

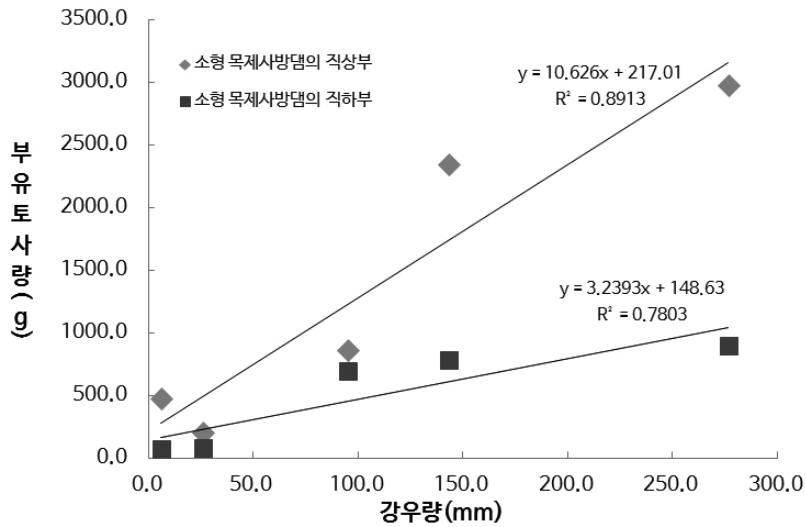


그림 14. 총강우량에 따른 부유토사 포착량의 상관관계

4. 소형 목제사방댐의 직상, 직하부의 입경변화

심적산림습원에 설치된 소형 목제사방댐의 직상, 직하부에 포착된 부유토사의 입경변화를 파악하기 위해 건조 후 분리된 부유토사를

입도분석 하였다. 미국 농무성법에 따라 모래(2~0.05mm), 미사(0.05~0.002mm), 점토(0.002mm 이하)로 나누어 정리하였다(표 3).

소형 목제사방댐의 직상, 직하부에서 포착된 부유토사를 토성 삼각도에 그림 15와 같이 나타내었다. 직상부에서 포착된 부유토사

표 3. 소형 목제사방댐 직상, 직하부 부유토사의 토성별 비율

구분	소형 목제사방댐 직상부			소형 목제사방댐 직하부		
토성	모래(%)	미사(%)	점토(%)	모래(%)	미사(%)	점토(%)
1	88.75	10.78	0.47	58.33	40.07	1.6
2	87.14	11.26	1.6	54.18	43.65	2.17
3	84.37	14.99	0.64	54.04	43.74	2.22
4	70.56	27.94	1.5	55.55	42.46	1.99
5	85.75	13.92	0.33	49.19	48.67	2.14
평균	83.31	15.78	0.91	54.26	43.72	2.02

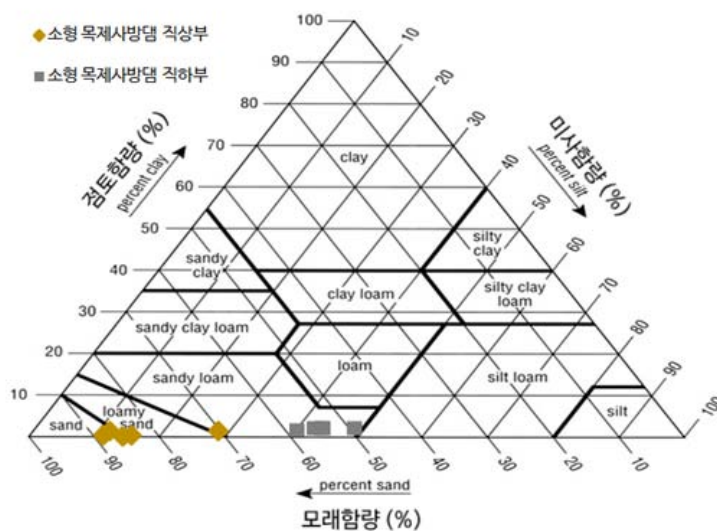


그림 15. 토성 삼각도

는 모래의 비율이 높은 사토와 양질사토로 분류되었다. 상대적으로 직하부에 포착된 부유토사는 모래의 비율이 낮고 미사와 점토의 비율이 높았으며, 미사질양토에 가까운 사양토로 분류되었다.

소형 목제사방댐의 직상, 직하부에 포착된 부유토사의 토성별로 중량을 환산하여 나타냈다(표 4). 직상, 직하부에서 포착된 전체 조사기간의 모래의 평균값을 산출하여 비교한 결과 1154.28g에서 273.81g으로 총 880.47g의 모래를 저류시켰고 평균 76%의 저감능력을 확인하였다. 미사와 점토는 각각 208.69g에서 218.36g으로, 14.46g에서 10.66g으로 불규칙적인 증감추세를 보였다. 이는 소형 목제사방댐에서 상대적으로 입자가 큰 모래는 저류되었지만 입자가 작은 미사와 점토는 소형 목제 사방댐의 공극을 통해 빠져나간 것으로 판단된다.

IV. 결론

분석 결과, 우량과 심적산림습원에 강우 발생 후, 바로 수위가 증가하는 것이 아니라, 약 2~4시간이 경과한 후 침투유량에 도달하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 비가 내리면 우량이 즉시 유출되는 것이 아니라 습원지역에 저수되어 있다가 시간이 흐른 뒤 유출되는 것이라 볼 수 있다. 이는 심적산림습원이 가지고 있는 강우 보유능력, 즉 강우의 유출시간을 지연하는 것을 의미한다.

소형목제사방댐을 기준으로 직상부가 직하부보다 많은 양의 부유토사를 포착하는 것으로 나타났으며, 유출되는 부유토사의 양을 평균적으로 63% 감소시켰다. 따라서 소형 목제사방댐이 산지계류에서 뿐만 아니라 산림습원의 계상을 고정하여 유수에 의한 세굴을 방지함으로써 산림습원의 유지에 역할을 하는 것

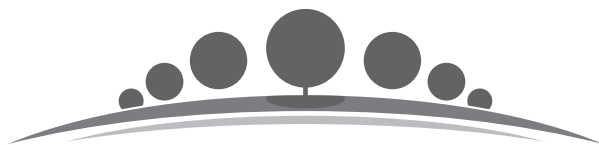
표 4. 소형 목제사방댐 직상, 직하부 부유토사의 토성별 중량

구분	소형 목제사방댐 직상부			소형 목제사방댐 직하부		
토성	모래(g)	미사(g)	점토(g)	모래(g)	미사(g)	점토(g)
1	186.75	22.68	0.99	46.80	32.15	1.28
2	2048.85	264.75	37.62	421.69	339.74	16.89
3	2516.02	447.32	19.09	483.24	393.46	19.85
4	612.74	242.63	13.03	384.02	293.53	13.83
5	407.06	66.08	1.57	33.30	32.95	1.45
평균	1154.28	208.69	14.46	273.81	218.36	10.66

으로 나타났다.

소형 목제사방댐의 직상부와 직하부에 포착된 부유토사를 입도분석하여 비교한 결과, 모래의 경우 평균 1154.28g에서 273.81g으로 76%의 저감효과가 나타났지만 미사와 점토의 경우 직상, 직하부에서 불규칙적인 증감추세가 나타났으며 평균값을 산출한 결과 직상, 직하부에 비슷한 양이 포착되었다. 이는 상대적으로 입자가 작은 미사와 점토는 소형목제사방댐의 공극을 통해 빠져나간 것으로 판단된다. 공극을 통해 빠져나간 미사와 점토는 대부

분 산림습원내 유로 침식에 의해 발생된 것으로 보이며, 소형 목제사방댐을 통한 유하 대책뿐만 아니라 침식에 의한 미사와 점토의 유출을 방지하는 발생원 대책이 함께 마련되어야 할 것이다. 입자가 큰 모래를 저감시키는 유하 대책으로 소형 목제사방댐은 효과가 있었지만 입자가 작은 미사와 점토는 발생원 대책의 관점에서 접근하여야 할 필요가 있다고 사료된다.



기술정보(국외)

일본의 땅밀림방지공사에 있어서 계획의 책정

전근우 / 서정일

강원대학교 산림환경과학대학 교수 / 공주대학교 산업과학대학 부교수

1. 서론

일본의 치산기술기준 해설(林野廳, 2003)에 의하면, “비탈면의 토괴가 지하수 등의 영향에 의하여 활동면을 따라 비탈면 아래로 천천히 이동하는 현상”을 땅밀림이라고 정의하고 있다. 일반적으로 땅밀림은 넓은 범위에 걸쳐 발생하여 이동 토괴량이 많고, 일단 움직이기 시작하면 이를 정지시키는 것이 불가능하기 때문에 그 피해가 막대하다. 따라서 지질적으로 취약하고, 융설이나 장마 등의 호우가 빈번한 일본에서는 전국 각지에서 거의 매년 땅밀림이 발생하고 있다.

한편, 땅밀림은 여러 가지 요인(지형, 지질, 지질구조 및 지하수 등)이 복합적으로 작용하여 발생하기 때문에 땅밀림지에 대한 대책 역시 다양한 방법이 활용되고 있다. 이들은 크게 억제공과 억지공으로 분류할 수 있다. 먼저 억제공은 땅밀림의 유인이 되는 요인 자체를 저감시키거나 제거하는 것을 목적으로 하고 있으며, 억지공은 구조물에 의하여 땅밀림의 안

정도를 높이는 것을 목적으로 하고 있다.

이 자료는 2018년 특수법인 사방협회에서 지원하는 연구용역(과제명 : 전국 땅밀림 우려지 추출 및 조사기법 개발 연구)에 의하여 정리된 것으로, 우리나라의 땅밀림 우선순위 등급결정을 위한 알고리즘 개발 및 땅밀림 실태조사 기법 개발에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 진행된 결과의 일부이다.

2. 계획의 기본

땅밀림방지공사의 계획은 땅밀림에 동반되는 피해를 방지하거나 경감할 목적으로 땅밀림방지공을 유효·적정하게 배치하여 환경보전과 안전수준을 향상시킬 수 있도록 책정하여야 한다.

1) 계획의 규모 및 목표 안전율

땅밀림방지공사의 계획규모는 대상이 되는 땅밀림의 특성, 구역의 중요도 및 보전대상과의 관련 등을 고려하여 적절한 목표안전율을

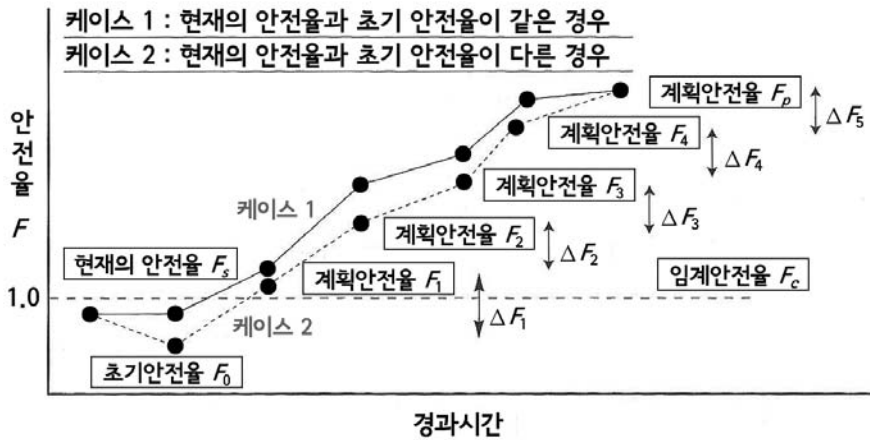


그림 1. 땅밀림방지공사의 계획수립에 있어서 안정율의 추이

확보할 수 있도록 결정하여야 한다. 목표안전율은 대개 1.1~1.2를 표준으로 하고 있으며, 직접 결정할 경우에는 땅밀림의 규모, 보전대상의 중요성, 보전대상의 피해(被災)위험도 등을 충분히 고려하여야 한다. 여기서 보전대상의 피해위험도는 땅밀림지로부터의 거리, 땅

밀림지 및 토사유출지역과의 위치를 참고하여 판단하도록 한다.

2) 계획의 책정

땅밀림방지공사는 공사 실시에 필요한 공종·공법, 배치, 수량, 시공순서 등을 검토하

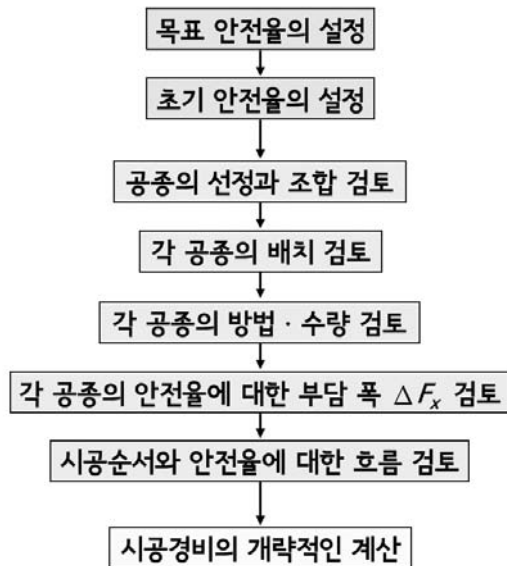


그림 2. 땅밀림방지공사의 계획내용 및 작업의 흐름도

여 목표안전율에 도달할 수 있도록 효과적이
고도 적절하게 책정하여야 한다.

3. 땅밀림방지공의 종류

전술한 바와 같이 땅밀림방지공은 땅밀림의
활동력을 억제하는 억제공 및 직접 저항하는
억지공으로 구분된다. 즉, 땅밀림방지공은 지
형이나 지하수 등의 자연조건을 변화시켜 땅
밀림의 활동력과 저항력의 균형을 개선하는
억제공과 말뚝이나 앵커 등과 같은 인공적인
구조물의 저항력에 의하여 직접 억지하는 억

지공으로 구분할 수 있다.

한편, 땅밀림방지공은 공정 간의 상호보완,
효과상승을 고려하여 효과적이고 적절한 것으
로 선정 및 조합하여야 하며, 주요 유의사항은
다음과 같다.

① 지표수 배제공은 원칙적으로 모든 땅밀
림에서 채용하도록 한다. 다만, 땅밀림 변동에
의한 파손 및 기능상실을 고려하여 땅밀림의
안정성을 확보한 후에 시공계획을 수립하여야
하며, 땅밀림 발생 중의 응급대책으로 계획하
는 경우도 있다.

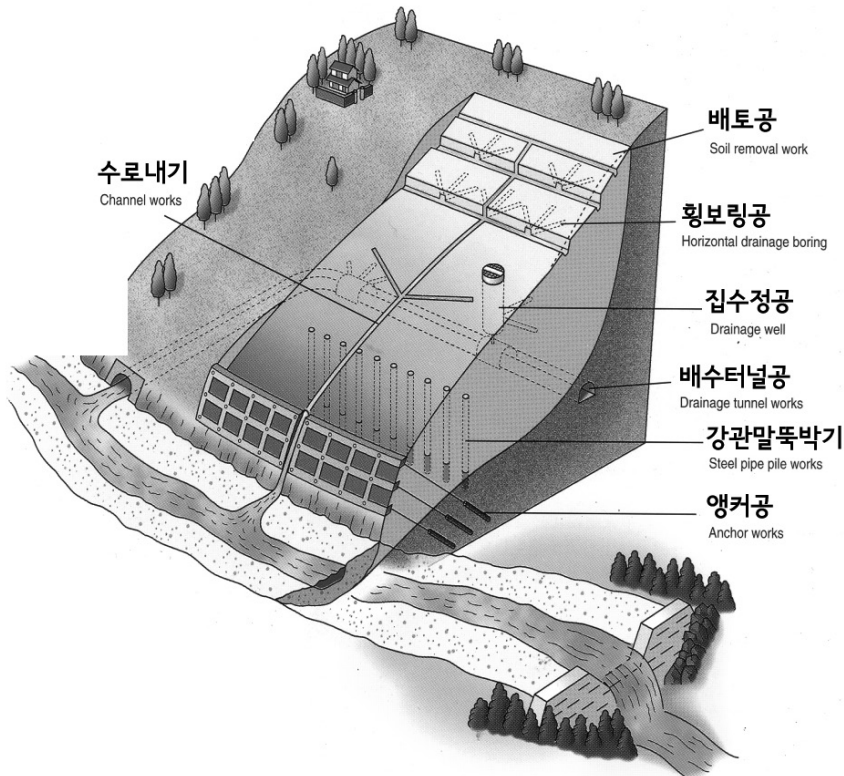


그림 3. 땅밀림지역에 시공되는 억제공과 억지공의 모식도

② 지표수 배제공이나 속도랑은 집중호우 등이 발생할 경우에 지하수압이 급상승하는 것을 억제하여 지하수 배제공의 부담을 경감하는 효과가 높다.

③ 강우 또는 용설에 의한 지하수압의 상승을 유인으로 하는 땅밀림에서는 원칙적으로 지하수 배제공을 채용하도록 한다. 그리고 지

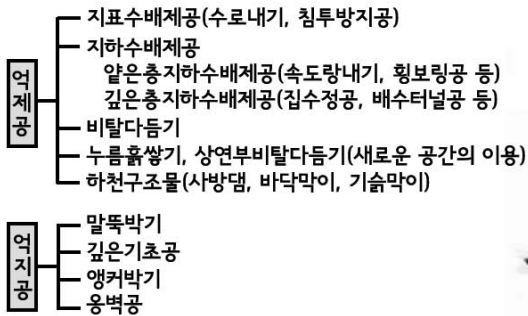
하수 배제공을 주요 대책공으로 하는 경우는 집수기능 저하에 의한 땅밀림의 불안정화를 해결하기 위하여 충분한 유지관리대책을 강구하도록 한다.

④ 억지공은 땅밀림 활동이 정지되거나 땅밀림의 안정성을 확보한 후에 시공하는 방지공으로, 경제적 부담도 크기 때문에 흠막이,

표 1. 땅밀림방지공의 안전을 기여

기여 형태	공 종		적 요	
직접 기여	지하수 배제공	보링속도랑	※	
		집수정공		
		배수터널공		
		깊은 집수정공	※	연직방향으로 큰 구경의 보링을 굴착한 후, 수중펌프 등으로 지하수를 퍼 올려 지하수위를 저하시키는 공법으로, 응급적인 지하수 배제와 배수터널공 등과 연계하면 자연배수가 가능함
	흠막이		※	
	누름흠쌓기		※	
	말뚝박기			
	샤프트공			
	앵커공			
간접 기여	지하수 배제공	속도랑내기		얕은 층의 땅밀림인 경우, 안전율에 직접 기여하도록 설치할 수 있음
	지표수 배제공	수로내기	※	
		유로내기	※	
		침투방지공	※	
	사방댐 등			
	흠막이 등			
	가스배제공			
	말뚝박기		※	응급공사용 나무말뚝이나 H강 등을 타설하는 경우

※ 표시는 응급공사에 채용되는 경우가 많은 공종에 해당함

**억제공**

땅밀림의 지형·지질·지하수 등의 자연적 조건을 변화시켜 땅밀림 운동의 정지 또는 완화시키는 것을 목적으로 하는 것.

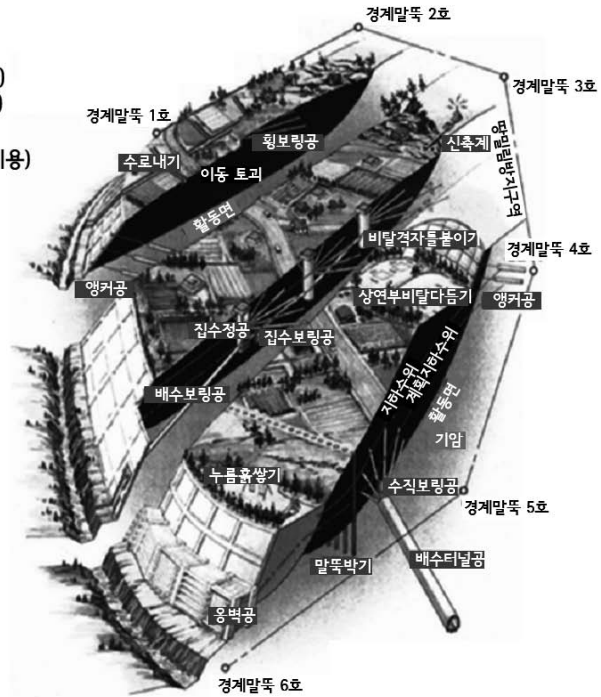


그림 4. 땅밀림 대책시설의 기본적인 기능

흙쌓기, 지하수 배제공 등의 억제공과 병용하는 것을 표준으로 한다.

⑤ 서로 다른 공종의 억지공을 조합할 경우 억지기구가 다르기 때문에 어느 한쪽이 먼저 파괴되어 상호효과가 발휘되지 못할 수 있으므로 시공계획 위치의 이동특성과 각 억지공의 기능을 충분히 검토한 후에 채용하도록 한다.

⑥ 가스 배제공이 필요한 땅밀림지에서는 지하 구조물의 내구성을 충분히 배려하여야 하며, 지하에 자재 등을 매설하는 공종은 특별히 주의를 요한다.

4. 땅밀림방지공의 계획

1) 침투방지공

침투방지공은 균열, 요지(凹地), 늪 및 골짜기 등으로부터 지중에 침투하여 땅밀림을 발생 또는 조장하는 지표수의 침투를 방지할 목적으로 계획한다. 침투방지공의 위치는 지표수가 쉽게 침투할 위험이 있는 장소로 선정한다.

2) 수로내기

수로내기는 땅밀림지 내부의 지표수, 땅밀

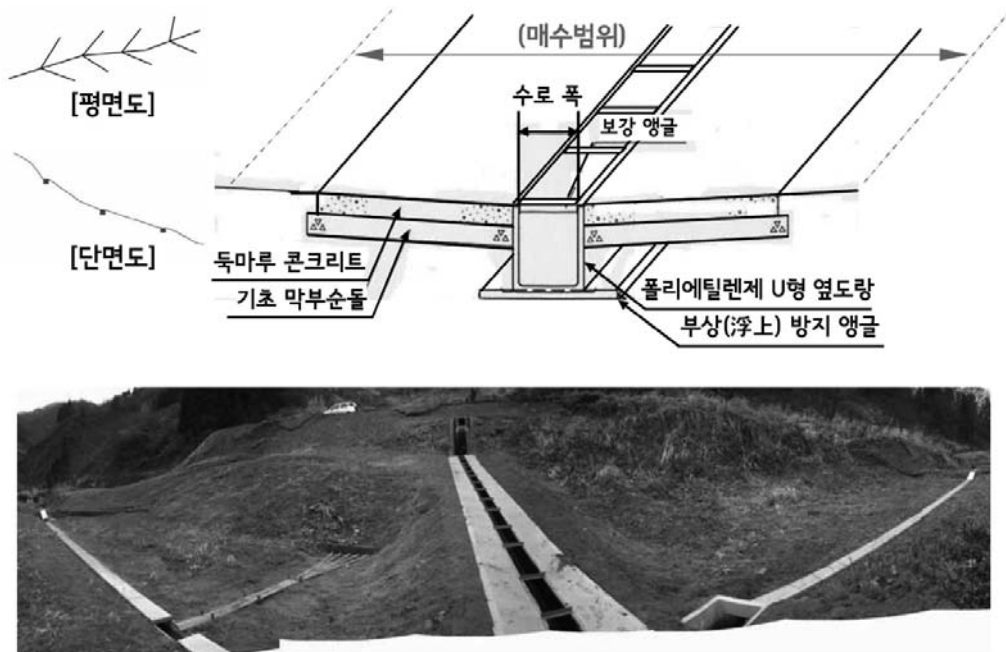


그림 5. 수로내기(폴리에틸렌제)

림지 외부에서 내부로 유입되는 지표수, 그리고 지하수 배제공에 의하여 배제된 지하수를 땅밀림지 밖으로 배제하기 위하여 계획한다. 수로내기의 위치는 대상이 되는 유수를 효과적으로 집수하여 신속하게 배제할 수 있는 곳으로 결정한다.

3) 유로내기

유로내기는 땅밀림지 또는 그 주변의 계류에 유로를 설치하여 계류수에 의한 침식 및 계류수의 지하침투를 방지하기 위하여 계획한다. 유로내기의 위치는 땅밀림에 영향을 줄 위험이 있는 유수를 안전하게 유하시킬 수 있는 곳으로 결정한다.

4) 속도랑내기

속도랑내기는 땅밀림지 및 그 주변으로부터 땅밀림지에 침투하는 얇은 층의 지하수를 배제하기 위하여 계획한다. 속도랑의 위치는 얇은 층의 지하수를 효율적으로 배제할 수 있는 곳으로 선정하여 적절한 깊이 및 간격으로 배치한다.

5) 보링 속도랑내기

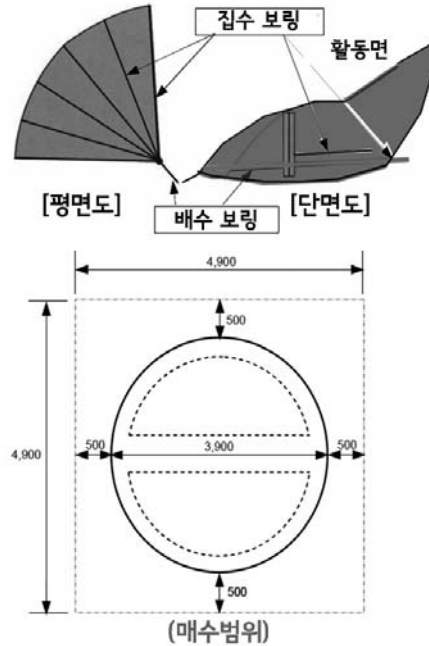
보링 속도랑내기는 지상으로부터 보링에 의하여 땅밀림에 작용하는 지하수를 배제하기 위하여 계획한다. 보링 속도랑의 위치, 본수, 방향 및 길이는 지하수가 집중하는 지점 또는 지하수대로부터 가장 효과적으로 집수할 수



(집수정의 외관 모습)



(집수정의 내부 모습)



(배수범위)

그림 6. 집수정공

있는 곳으로 결정한다. 보링의 물매는 원칙적으로 지하수가 자연적으로 유하할 수 있도록 양각을 원칙으로 하며, 효과의 산정은 위치 및 본수를 고려하여 실시한다.

6) 집수정공

집수정공은 지표에서는 배제할 수 없는 활동면 부근의 지하수를 배제하기 위하여 계획한다. 집수정의 위치는 땅밀림에 작용하는 지하수를 가장 효과적으로 집수할 수 있는 곳으로 선정한다. 복수의 집수정을 설치할 경우에는 개개의 집수정에 의한 집수 가능범위 및 영향권을 검토하여 배치하도록 하며, 집수를 위한 중계전용 집수정은 배수보링을 시공할 수

있는 길이를 감안하여 가능하면 숫자가 적게 소요되도록 결정하여야 한다.

7) 배수터널공

배수터널공은 땅밀림에 작용하는 지하수를 배제하기 위하여 계획한다. 배수터널공의 위치는 활동면등고선도, 지하수면등고선도, 기반면등고선도, 지질구조도 등에 근거하여 지하수 배제의 효율성 및 안정성을 종합적으로 검토하여 결정한다. 배수터널공의 효과는 집수보링의 위치 및 본수를 고려하여 산정한다.

8) 상연부 비탈다듬기

상연부 비탈다듬기는 땅밀림 비탈면 두부의

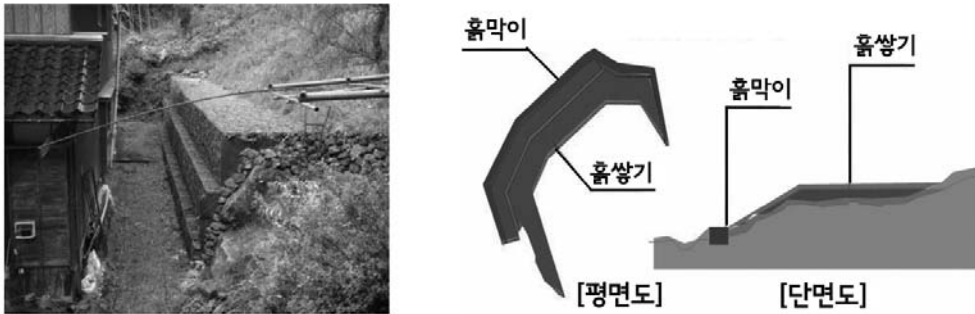


그림 7. 누름흙쌓기

토괴를 제거하여 땅밀림의 활동력을 경감할 목적으로 계획한다. 상연부 비탈다듬기의 위치는 땅밀림의 활동력을 효과적으로 감소시킬 수 있는 곳으로 선정한다.

9) 누름흙쌓기

누름흙쌓기는 땅밀림 비탈면의 말단부에 효과적인 흙쌓기를 실시하여 땅밀림의 저항력을 확대하고, 비탈의 안정을 위하여 실시한다. 누름흙쌓기의 위치는 땅밀림의 저항력을 효과적으로 증가시킬 수 있는 곳으로 선정한다.

10) 가스 배제공

가스 배제공은 땅밀림에 영향을 줄 수 있는 화산 가스를 효과적으로 배제하기 위하여 계획한다. 가스 배제공의 위치는 땅밀림에 영향을 줄 수 있는 화산 가스를 효과적으로 배제할 수 있는 곳으로 선정한다.

11) 사방댐 등

사방댐 등은 땅밀림지의 말단부에 위치하는 계류의 중침식 및 횡침식을 방지하고, 땅밀림

지로부터 유출되는 토사에 대한 억지·조절, 사방댐의 퇴사에 의한 퇴적효과를 발휘하기 위하여 계획한다. 사방댐 등의 위치는 목적을 달성할 수 있는 가장 효과적인 곳으로 선정한다.

12) 말뚝박기

말뚝박기는 땅밀림 비탈면에 말뚝을 삽입하여 땅밀림의 활동력에 저항하게 할 목적으로 땅밀림의 이동특성이나 지형·지질상황을 고려하여 소정의 안전율을 달성할 수 있도록 계획한다. 말뚝박기의 위치는 지반의 성상, 이동층의 상태, 시공성 및 보전대상 등을 검토한 후에 가장 적절한 위치로 선정하며, 배열은 원칙적으로 단열로 배치하도록 한다. 말뚝박기의 효과는 말뚝에 의한 계획안전율을 달성하는 데에 필요한 억지력을 산정한다.

13) 샤프트공

샤프트공은 땅밀림 비탈면에 대경목의 말뚝을 설치하여 땅밀림의 활동력에 저항하도록 하는 것을 목적으로 하며, 땅밀림의 이동특성

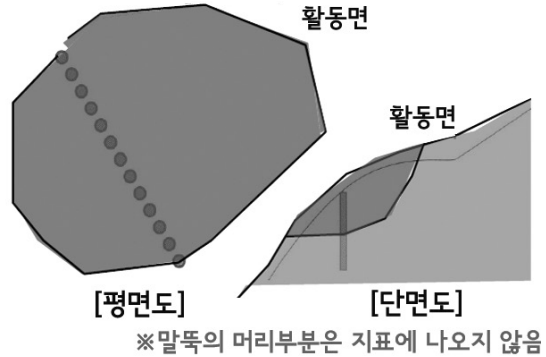


그림 8. 말뚝박기, 깊은기초(샤프트공)

이나 지형·지질의 상황을 고려하여 소정의 안전율이 달성할 수 있도록 계획한다. 샤프트공의 시공위치는 지반의 성상, 이동층의 상태, 시공성, 보전대상 등을 검토한 후에 가장 적절한 곳으로 선정하며, 배열은 원칙적으로 단열로 배치한다. 샤프트공의 효과는 샤프트공에 의한 계획안전율을 달성하는 데에 필요한 억지력을 산정한다.

14) 앵커공

앵커공은 이동하는 토피와 기반을 연결하고

이에 긴장력을 주어 땅밀림의 저항력을 증가시키는 것을 목적으로 하며, 땅밀림의 이동특성이나 지형, 지질 등을 고려하여 소정의 안전율이 달성되도록 계획한다. 앵커공의 위치 및 타설 각도는 땅밀림의 활동력에 가장 효과적으로 저항할 수 있도록 설정하며, 배열은 땅밀림의 이동방향에 대하여 대략적으로 직각, 등간격이 되도록 설치한다. 앵커공의 효과는 앵커공에 의한 계획안전율을 달성하는 데에 필요한 억지력을 산정한다.

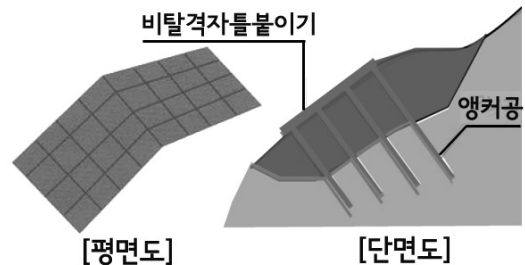


그림 9. 앵커공(비탈격자틀붙이기+앵커공)

인용문헌

- 산림청. 2003. 산사태 발생원인 및 예방대책에 관한 연구. 563pp.
- 전근우. 2015. 국내외 사방사례 -땅밀림방지사업을 중심으로-. 사방협회 직원 집합교육 자료집 : 253-279.
- 林野廳. 2003. 治山技術基準 解説 -地すべり防止編-. 松尾印刷株式會社. 347pp.



기술정보(국외)

일본의 땅밀림방지사업을 위한 실태조사와 기구조사

김석우 / 전근우
강원대학교 산림환경과학대학 교수

1. 서론

우리나라에서도 이전부터 땅밀림형 산사태에 관한 연구가 진행되었지만(우보명 등, 1996a; 1996b; 김해시, 1998; 2000), 특히 지난해 11월 15일 경상북도 포항지역에서 진도 5.4의 지진발생 시 와이어신축계의 5번 센서에서 6.5cm의 땅밀림이 관측(산림청, 2017)되어 세간의 이목이 집중되었다. 따라서 산림청에서는 사방협회에 위탁하여 “포항지역 땅밀림 기초조사(기간 : 2017.12.5.~12.13)”를 실시한 결과, 694개소 중 땅밀림 의심지로 19개소가 확인되었다(사방협회, 2018).

한편, 일본에서는 “땅밀림이 발생하고 있거나 또는 땅밀림이 발생할 위험이 있는 곳 중에서 하천, 도로, 공공시설, 가옥 등에 피해를 줄 위험이 있는 개소”를 「땅밀림 위험개소」로 지정하여 관리하고 있다. 여기서 「땅밀림에 의한 피해 위험이 있는 구역」이란 “땅밀림 위험개소의 하단으로부터 땅밀림 위험개소의 길이 또는 250m 이내의 범위를 기준으로 설정

한 구역”으로(전근우 등, 2012), 2018년 현재 11,288개소(1998년 공표)가 지정, 관리되고 있다(國土交通省, 2018).

이 자료는 2018년 특수법인 사방협회에서 지원하는 연구용역(과제명 : 전국 땅밀림 우려지 추출 및 조사기법 개발 연구)에 의하여 정리된 것으로, 우리나라의 땅밀림 우선순위 등급결정을 위한 알고리즘 개발 및 땅밀림 실태조사 기법 개발에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 진행된 연구의 일부 결과이다.

2. 땅밀림 관련법, 조사기관 및 조사계획

1) 땅밀림 등 방지법

땅밀림 등 방지법은 1958년 3월 31일 제정된 법률(법률 제30호)로, 원래는 “땅밀림 및 폐석 적하장의 붕괴에 의한 피해를 제거하거나 또는 경감하기 위하여 땅밀림 및 폐석 적하장의 붕괴를 방지하여 국토의 보전과 민생의 안정에 이바지하는 것”을 목적으로 하여 제정

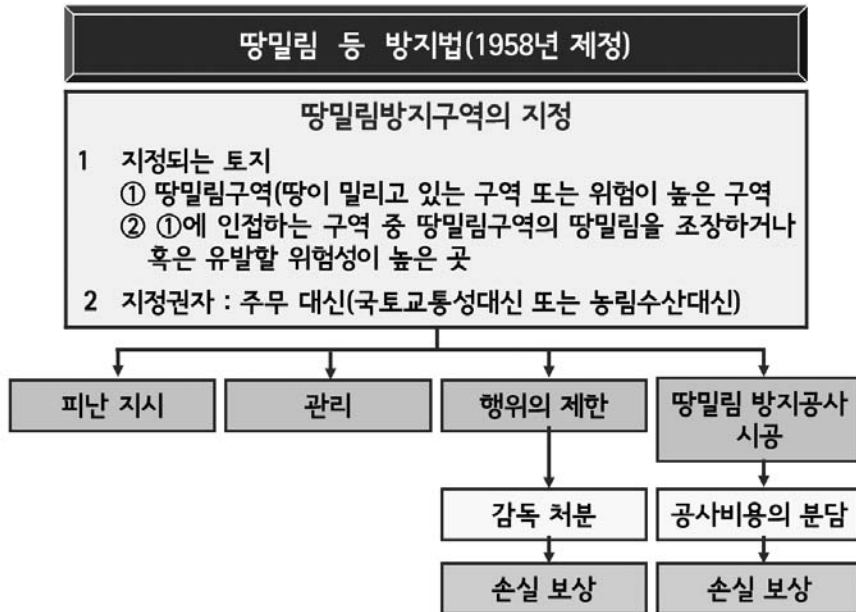


그림 1. 땅밀림 등 방지법에 의한 땅밀림 방지구역의 지정과 주요 대책(전근우, 2015)

된 법률이다(그림 1).

한편, 제2조에 의하면, 「땅밀림」이란 “토지의 일부가 지하수 등에 기인하여 미끄러지는 현상 또는 이에 동반하여 이동하는 현상”이라고 정의하고 있다. 또한, 「폐석 적하장」이란 “석탄 또는 아(갈)탄에 관련되는 사석이 집적되어 만들어진 산으로, 이 법률의 시행 시에 이미 있는 것”을 말하며, 광산보안법(1949년 법률 제70호)(현재는 광산보안법 및 경제산업성 설치법을 일부 개정하는 법률(2004년 법률 제94호) 제1조의 규정에 의한 개정 이전의 광산보호법) 제4조 또는 제26조의 규정에 의하여 “광산권자 또는 광업권자로 간주되는 자가 필요한 조치를 강구하여야 하는 것을 제외하는 것”으로 규정하고 있다. 그리고 「땅밀림 방

지시설」이란 “땅밀림 방지구역 내에 있는 배수시설, 옹벽, 댐, 기타의 땅밀림을 방지하기 위한 시설”, 「땅밀림 방지공사」란 “땅밀림 방지시설의 신설, 개량, 기타 다음 조의 규정에 의하여 지정되는 땅밀림 방지구역 내에 있어서의 땅밀림을 방지하기 위한 공사”라고 정의하고 있다.

2) 땅밀림조사 실시기관

① 전문 조사기관

땅밀림에 관련한 고도의 기술을 요하는 땅밀림조사 전문기관으로는 재단법인 사방땅밀림기술센터(財團法人 砂防地すべり技術センター, 1975년 설립), NPO사방홍보센터(NPO

砂防廣報センター, 1983년 설립), 재단법인 사방프런티어정비추진기구(財團法人 砂防フロンティア整備推進機構, 1991년 설립) 등이 조직되어 있다.

② 관련 학회

땅밀림 관련 학회로는 공익사단법인 사방학회(公益社團法人 砂防學會, 1951년 설립)와 공익사단법인 일본땅밀림학회(公益社團法人 日本地すべり學會, 1963년 설립)가 조직되어 있다.

③ 사업 추진기관

땅밀림 관련 사업추진을 위하여 일반사단법인 전국치수사방협회(一般社團法人 全國治水砂防協會, 1935년 설립), 일반사단법인 사면방재대책기술협회(一般社團法人 斜面防災對策技術協會, 1974년 설립)가 조직되어 있다.

3) 땅밀림 조사계획

일본에서는 거의 매년 땅밀림에 의한 다양한 형태의 피해가 발생하고 있으므로 (그림 2),

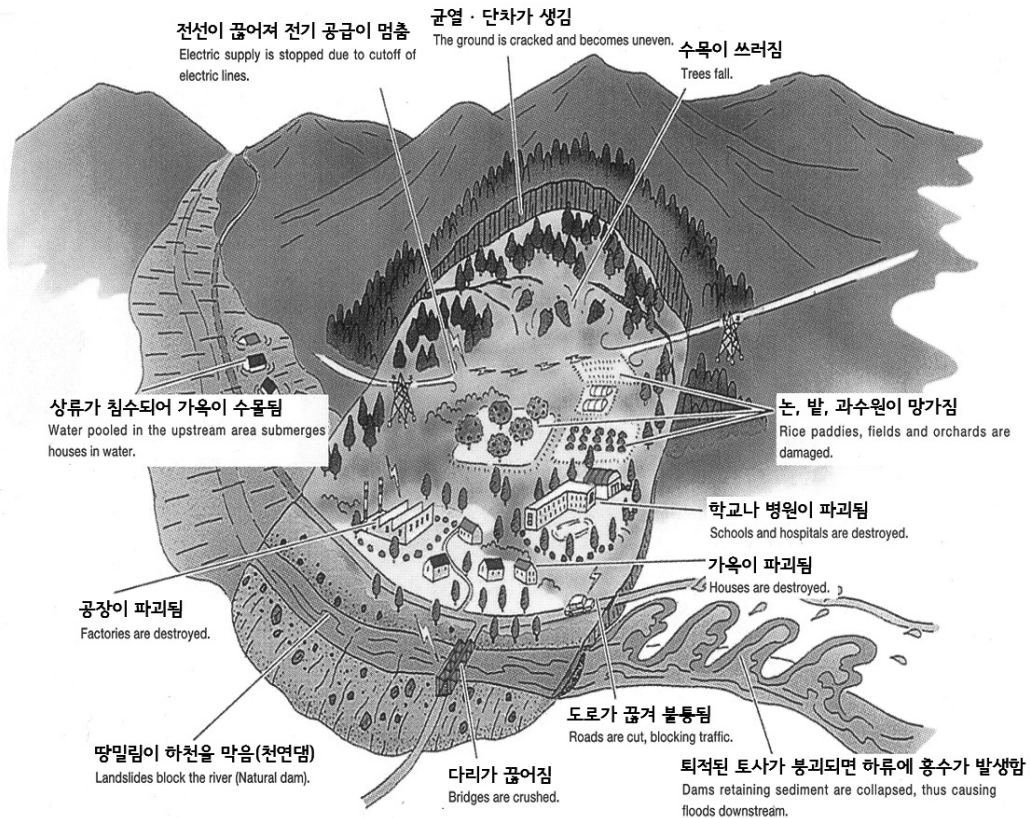


그림 2. 땅밀림에 의한 다양한 피해발생 모식도

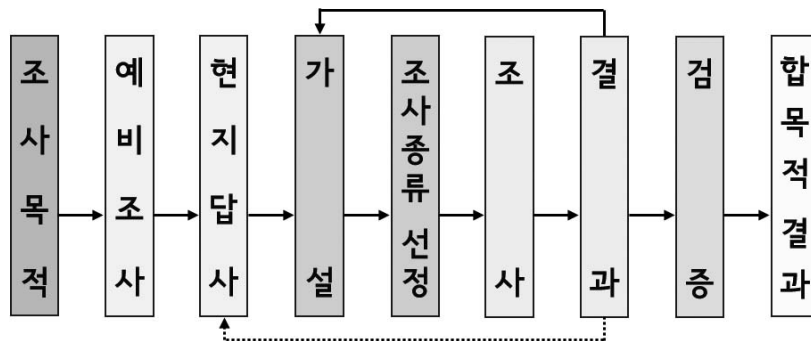


그림 3. 땅밀림에 대한 조사계획의 진행방법

땅밀림 방지사업이 유효하고 적절하게 진행될 수 있도록 계획적인 조사가 이루어지고 있다. 즉, 땅밀림은 발생원인이 되는 소인·유인의 종류가 다양하고, 그것들이 상호 복잡하게 관련되어 있기 때문에 유효적절한 땅밀림 방지 공사를 실시하기 위해서는 각 조사를 유기적으로 실시하여 목적에 알맞은 유효하고 경제적인 조사계획을 수립하고, 이에 가장 적합한 조사 종류를 선정하고 있다(그림 3).

3. 실태조사

땅밀림에 대한 실태조사는 땅밀림지의 자연환경이나 사회환경 및 땅밀림의 이동실태 등을 기존의 각종 자료, 현지답사 및 실측에 의하여 조사·파악하고, 땅밀림의 금후 이동법

위, 이동량 및 이동시기 등을 가능한한 자세히 추정하여 이후에 실행하는 기구조사, 기구해석 및 땅밀림 방지계획 책정 등의 기초자료로 이용하기 위하여 실시한다.

한편, 실태조사는 항공사진, 지형도, 기타 기존의 조사자료에 의한 광역의 자연환경 및 사회환경을 파악하는 예비조사, 땅밀림지를 포함한 비교적 좁은 지역의 지형, 지질, 식생, 수문 등을 파악하는 현지조사, 땅밀림이 주변의 자연환경 등에 미치는 영향을 파악하는 자연환경영향조사, 땅밀림의 이동상황, 범위, 이동방향 및 이동량 등의 개략적인 수치를 파악하는 지형측량 및 지표이동량조사로 나눌 수 있다. 실태조사의 구분과 수순은 다음의 그림 4와 같이 진행된다.

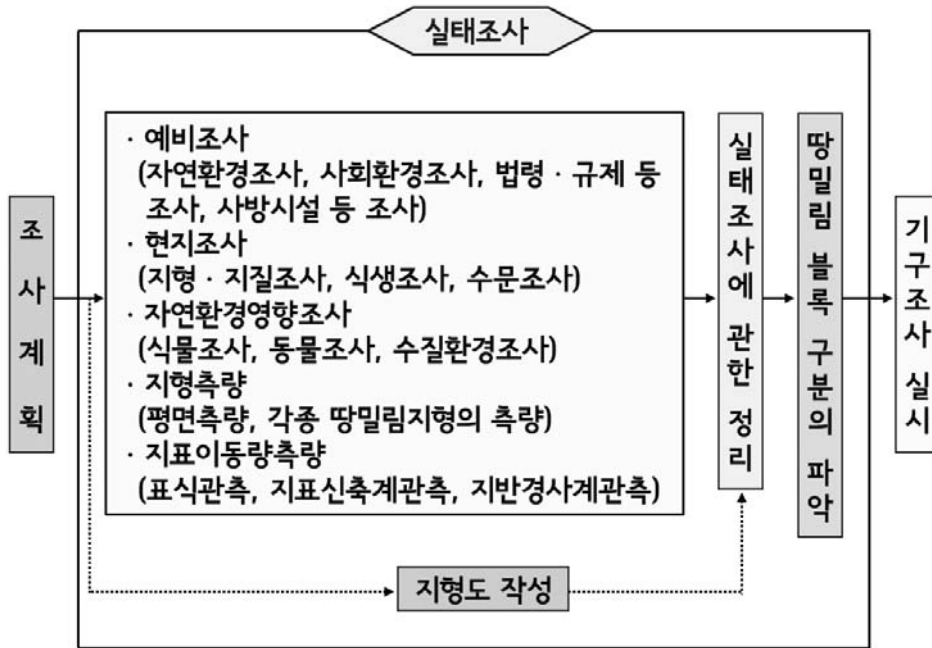


그림 4. 땅밀림 실태조사의 구분과 수순

1) 예비조사

예비조사는 현지답사에 앞서 기존의 자료 등을 이용하여 해당 땅밀림지 및 주변 지역의 자연환경, 사회환경 및 법령·규제 등을 파악하기 위하여 실시한다.

① 자연환경조사

자연환경조사는 기존의 자료를 이용하여 지형, 지질, 토질, 기상, 식생 및 수문 등을 파악하기 위하여 실시한다.

② 사회환경조사

사회환경조사는 기존의 자료에 의하여 피해 구역을 상정하고, 보전대상의 개요 등을 파악

하기 위하여 실시한다.

③ 법령·규제 등의 조사

법령·규제 등의 조사는 땅밀림지 및 주변 지역에 있어서의 법령지정, 규제상황 등을 파악하기 위하여 실시한다.

④ 사방시설 등 조사

사방시설 등 조사는 땅밀림지 및 주변 지역에 있어서 기존의 사방시설 및 설치계획·목적 등을 파악하기 위하여 실시한다.

⑤ 정리

예비조사의 성과는 이후의 조사 등에 사용되기 때문에 자연특성 및 사회특성의 개요 등을 파악할 수 있도록 정리한다.

2) 현지조사

현지조사는 예비조사 자료를 바탕으로 현지의 지형, 지질, 식생 및 수분 등을 조사하기 위하여 실시한다.

① 지형·지질조사

지형·지질조사는 예비조사 등의 결과에 근거하여 땅밀림의 활락애(滑落崖), 균열 등의 지형적 특징 및 암석, 지층의 종류, 단층 등의 지질특성을 관찰하고, 땅밀림의 범위, 이동형태 및 이동방향 등의 땅밀림의 실태를 파악함과 동시에 땅밀림 블록을 파악하기 위하여 실시한다(그림 5 참조).

② 식생조사

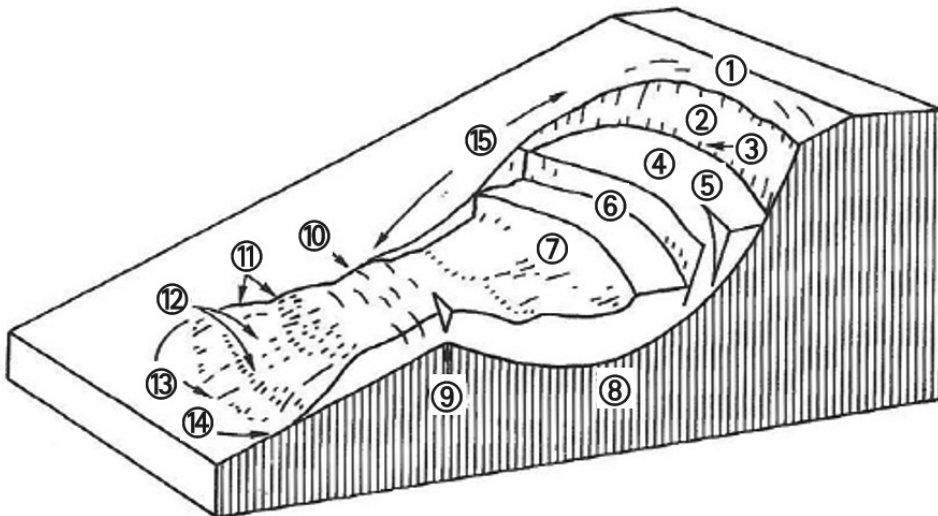
식생조사는 땅밀림지 특유의 식생에 대한 종류, 분포 및 생태특성을 조사하여 땅밀림의 이동상황, 습지대의 분포, 땅밀림 블록을 파악하기 위한 기초자료로 사용하기 위하여 실시한다.

③ 수문조사

수문조사는 지표수문 및 지하수문의 양을 지표에서 파악할 수 있는 범위에서 조사한다.

④ 정리

현지조사의 성과는 지형도 등에 적절하게 정리한다.



- ① 관두부, ② 1차 활락애, ③ 정점, ④ 두부(頭部), ⑤ 횡단(인장)균열, ⑥ 2차 활락애, ⑦ 종단단층대, ⑧ 파괴면, ⑨ 각부, ⑩ 횡단균열(압축균열), ⑪ 설부역(舌部域), ⑫ 방사상 균열, ⑬ 설단(舌端), ⑭ 설단부(舌端部), ⑮ 우측 벽

그림 5. 땅밀림지의 부위별 명칭

3) 자연환경영향조사

자연환경영향조사는 땅밀림 방지사업의 대상지 및 그 주변의 자연환경 등을 파악하여 방지계획, 설계 등에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 실시한다.

① 식물조사

식물조사는 문헌 및 청취에 의하여 실시하며, 필요에 따라 육상식물 및 수생식물을 파악하기 위하여 현지조사를 실시한다.

② 동물조사

동물조사는 문헌 및 청취에 의하여 실시하며, 필요에 따라 포유류, 조류, 파충류, 양서류, 어류 및 곤충류 등을 파악하기 위하여 현지조사를 실시한다.

③ 수질환경조사

수질환경조사는 현지에서 직접 측정하는 것을 원칙으로 하며, 조사항목은 땅밀림 방지사업에 의하여 변화할 가능성이 높은 항목을 대상으로 실시한다.

④ 정리

조사의 성과는 땅밀림 방지사업에 관계되는 자연환경의 실태를 파악할 수 있도록 정리하고, 필요에 따라 예측을 실시하여 사업의 계획, 설계에 이용되도록 정리한다.

4) 지형측량

지형측량은 땅밀림지 및 주변 지역의 지형을 파악하고, 땅밀림 지형의 특징을 나타내는 활락애(滑落崖), 균열, 늪, 용수지점 등을 지형도에 도시하기 위하여 실시한다.

① 측량방법

측량을 실시할 때에는 땅밀림지 주변의 부동지(不動地)에 기준점을 설치하여 땅밀림이 발생한 이후에도 이전의 위치가 파악될 수 있도록 각 조사의 측선기준으로 사용한다. 그리고 측량은 평면측량, 종단측량 및 횡단측량을 실시한다.

② 정리

측량의 성과에 근거하여 평면도를 작성한다.

5) 지표이동량조사

지표이동량조사는 지표에 있어서의 땅밀림의 이동량을 파악하는 것을 목적으로 하여 다음과 같은 사항을 표준으로 현지의 상황에 따라 선택한다.

① 표식관측

표식에 의한 관측은 땅밀림지 내외의 지표면에 설치한 표주나 표식을 측량하여 땅밀림의 범위, 이동방향 및 이동속도 등을 파악하기 위하여 실시한다.

② 지표신축계

지표신축계에 의한 관측은 지표면의 압축·인장 움직임을 두 지점 사이에 설치한 와이어를 이용하여 측정하며, 땅밀림의 이동시기, 이동량 등을 파악하기 위하여 실시한다.

③ 지반경사계

지반경사계에 의한 관측은 지표면의 경사변동을 고감도의 경사계로 측정하여 땅밀림의 이동상황을 파악하기 위하여 실시한다.

④ 정리

지표이동량조사의 성과는 각 조사의 상호 관련성을 정리하여 이동량, 이동방향 및 이동 범위 등을 적절한 도표 등에 정리한다.

6) 실태조사의 정리

실태조사의 성과는 지형도, 표층지질도, 개황지질단면도 및 이동상황도 등을 정리하여 이후 조사의 방향설정에 사용한다.

① 지형도

일반적인 조사에 사용하는 지형도는 기존의 항공사진 등을 도화한 것을 사용하지만, 땅밀림 조사에 필요한 정보를 얻을 수 없는 경우가 있다. 따라서 땅밀림 조사용 지형도를 작성할 때에는 현지조사, 측량 등에 의한 결과가 도화된 지형도에 표시하거나 땅밀림의 지형적 특성 등을 파악하기 위하여 대축척의 항공사진 등을 별도로 촬영하여 보완하도록 한다. 그리고 지형도에는 활락애, 균열, 땅밀림 이동 범위, 땅밀림 블록의 범위, 용수지점, 저수지, 늪, 습지, 절단부 등의 필요한 정보를 도시하고, 지형측량 등에 근거한 성과를 기재한다.

② 표층지질도

지형도에 현지답사 시 노두조사에 의하여 판명된 표층지질의 분포를 명시한다. 이 경우 암질, 암반의 상태, 파쇄대, 단층선, 배사(背斜)·향사축(向斜軸), 지층의 주향·경사 등을 기입한다.

③ 개황지질단면도

표층지질도를 작성한 후, 대표적인 단면을

선택하여 현지답사에서 판명된 범위 내의 개황지질단면도를 작성한다. 축척은 표층지질도와 동일하게 하고, 쌍방을 대비할 수 있도록 한다. 그리고 개황지질단면도에는 지층의 층서, 단층면의 경사각도, 배사·향사의 상황, 화성암의 관입상황 등을 기입한다.

④ 지질주상도

대표적인 지점을 다수 선정하고, 현지답사 시 노두조사에 의하여 판명된 지층의 층서에 따라 지질주상도를 작성한다. 그리고 개황지질단면도 및 지질주상도는 기구조사에 있어서의 보링조사, 물리탐사 등의 결과에 근거하여 보다 정확하게 그림을 작성한다.

⑤ 이동상황도

이동상황도에는 지형측량 등에 근거한 성과, 간이변위판, 표식관측, 지표신축계, 지표경사계에 의하여 판명된 이동상황 등을 기입한다.

7) 땅밀림 블록의 구분

실태조사의 결과, 즉 예비조사나 현지조사에 의하여 파악된 상부의 활락애, 균열, 땅밀림의 하단 등과 같은 지형적 특성 및 지표이동량조사에 의하여 파악된 이동범위, 이동방향, 이동상황 및 땅밀림의 긴급성, 중요도 등을 고려하여 땅밀림의 블록을 구분(특정 방향으로 특정 범위가 함께 이동하는 것)한다.

한편, 땅밀림 블록을 구분하는 순서는 우선 지형도나 항공사진에 의하여 땅밀림지를 개략적으로 정한 후, 현지조사에 의하여 땅밀림 블록의 범위와 안정·불안정한 블록의 세분화

및 땅밀림의 영향범위 등을 확인한다. 이어서 활락애·균열의 연속성 등을 상세하게 검토하고, 이동방향, 이동상황, 긴급성, 중요도 등을 땅밀림별로 파악하여 블록을 구분한다. 그리고 파악된 땅밀림 블록의 구분은 추후에 실시되는 땅밀림 조사의 기본단위로 한다.

4. 기구조사

기구조사는 땅밀림 블록의 이동 메커니즘을 해명하고, 땅밀림 활동에 영향을 미치는 관련 요인을 정량적으로 파악하기 위하여 실시하는 것으로, 땅밀림 방지공사의 공종, 공법을 결정하는 기초자료를 얻기 위한 매우 중요한 조사이다(그림 6).

1) 조사측선의 설정

조사측선은 땅밀림 블록을 입체적으로 파악하기 위하여 기구조사 등의 기준선으로 설정한다.

① 주측선의 설정

주측선은 실태조사의 성과를 근거로 하여 땅밀림지 블록을 대표하는 위치에 설정한다.

② 보조측선의 설정

보조측선은 주측선만으로는 충분한 조사결과를 얻을 수 없는 경우에 설치하도록 한다.

③ 측선측량

측선측량은 균열, 용기지점, 활락애의 높이 등에 대한 미지형을 정확하게 파악할 수 있도록 하여야 한다. 측선측량에서는 평면측량, 중

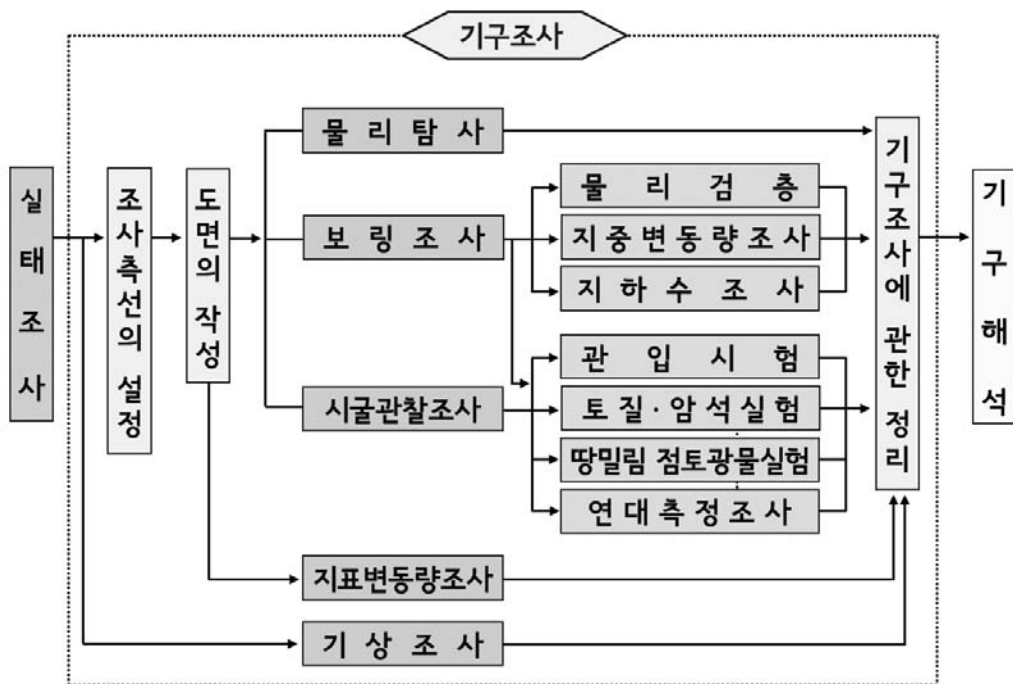


그림 6. 기구조사의 실시 흐름도

단측량 및 횡단측량을 실시한다.

④ 도면 작성

측선측량의 성과에 근거하여 평면도를 작성하고, 평면도에는 주측선, 보조측선 등을 표시한다. 그리고 종단측량 및 횡단측량 결과에 근거하여 종단면도 및 횡단면도를 작성한다.

2) 물리탐사

물리탐사는 탄성파, 전기 및 온도의 전달, 전자파 또는 지하방사능 등의 물리현상을 관측하여 지질구조, 지하수의 부존상태 등을 파악하기 위하여 실시한다(표 1, 표 2).

표 1. 물리탐사의 종류와 목적

조사 목적	방법	정보 물리량	물리현상의 종류	목적 또는 특징
지층의 구조 및 분포 파악	탄성파 탐사	탄성파 전파속도	인공	탄성파속도를 측정하여 풍화토층, 기반층, 파쇄대의 위치 및 균열상황 등을 파악한다.
	전기 탐사	비저항 유전율 투자율 분극률	인공 자연	지층의 비저항을 측정하여 파악된 지층의 외관 비저항 분포를 해석하여 지하의 지질구조를 추정한다. 또한, 비저항 이상, 이방성 패턴으로부터 지층의 맥상구조 등을 파악한다.
	자연방사능탐사	방사능	자연	지표면에서의 자연 방사선을 측정하여 단층, 온천의 검출 등에 이용한다.
	전자탐사	전장 장기장 비저항	자연 인공	전장과 자기장을 측정하여 지층, 암상분포의 추정, 비저항 이상의 경계, 단층 등을 파악한다.
	리모트 센싱	전자파	인공	인공위성 또는 항공기 등에 탑재한 관측센서로 광파 또는 마이크로파를 수신하여 표층지질 및 단층구조의 파악, 땅밀림의 동태관측에 이용한다.
지하수 상황 파악	지온 탐사	온도	자연	지중이나 지표면의 온도를 측정하여 지하의 얇은 곳에 존재하는 유동성 지하수를 파악한다.
	전기 탐사	비저항 유전율 투자율 분극률	인공 자연	해석의 결과로 얻어진 비저항 값과 보링조사, 기타 물리탐사 등의 조사결과를 이용하여 지층의 풍화도, 균열상황 및 지층의 함수상태를 추정한다.
	탄성파 탐사	탄성파 전파 속도	인공	해석의 결과로부터 파악된 P파의 속도와 보링조사, 기타 물리탐사 등의 조사결과를 이용하여 파쇄대, 저속도 층대의 함수상태를 추정한다.

표 2. 땅밀림조사에 자주 이용되는 탐사방법과 특징

방법	장 점	단 점
탄성파 탐사	• 탐사할 수 있는 심도가 크다. • 지층의 단층, 암맥 등의 특수구조의 위치를 잘 검출할 수 있다.	• 저속도대, 고속도대의 경사각을 판정하기 곤란하다. • 측선이 평행 혹은 사교하는 이상속도대에 의한 영향을 판별하기 곤란하다. • 지하수의 부존상황에 둔감(다만, 저속도층이 포화되면 속도가 빨라져 해석오차가 생긴다)하다. • 땅밀림면, 연약층 등과 같은 좁은 층을 판별하기 곤란하다.
전기 탐사	• 맥상구조 등의 수평방향에서 이상 매개체에 대하여 민감하다. • 함수상태, 함점토광물량의 차이에 민감하며, 지하수탐사에 효과적이다. • 비저항의 이방성 패턴으로부터 지질구조를 어느 정도 추정할 수 있다.	• 탐사할 수 있는 심도가 탄성파조사의 비하여 확실히 작다. • 지표의 지형조건에 영향을 받는 정도가 탄성파조사보다 크다. • 수평방향에서의 이상 매개체에 강하게 영향을 받기 때문에 측정위치 및 전극계의 전개방향에 대하여 주의를 요한다. • 비저항이 점차 증가하거나 감소하는 층서에서는 해석오차가 크다.
지온 탐사	• 다른 조사법에 비하여 지하수맥의 위치를 보다 정확하게 파악할 수 있다. • 수맥의 위치를 알 수 있고, 집수정의 위치나 보링속도랑의 굴착방향을 파악하는 데 유효하다.	• 얇은 층의 지온과 지하수온의 온도차를 이용하는 조사방법이기 때문에 양자가 같은 온도를 나타낼 때에는 이 방법은 부적절하다. • 비교적 얇은 층의 지하수 분포에 한정된다.
자연 방사능 탐사	• 지질학적 특징을 지표로 하여 표층지질의 구분, 지질경계의 검출, 풍화의 진행이나 이행상태 등을 해석할 수 있다. • 균열의 개구부 · 파쇄부의 위치, 상태의 시간적 변화를 파악할 수 있다.	• 표토의 입도, 지피, 접지조건 등에 강하게 영향을 받는다. • Survey meter는 간편하고 가격이 저렴하지만, 오차가 크고 Y선 강도에 포함되는 복잡한 지질조건이나 인위적 조건을 제거할 수 없다. • 백 그라운드에 대하여 충분히 검토하여야 하지만, 아직 해석기준이 명확하지 않다.
전자 탐사	• 광역적인 지층, 암상의 분포를 추정하는데 유효하다. • 지층의 경계부, 단층 등의 지질구조에 있어서의 비저항 이상체의 검출능력이 우수하다.	• 고비저항을 나타내는 비저항 이상에 대한 조사는 전기탐사보다 우수하다고 할 수 없다.

① 탄성파탐사

탄성파탐사는 땅밀림지 및 그 주변에 탄성파를 발생시킨 후 전달속도를 측정하여 풍화토층, 기반면 및 파쇄대 등을 추정하기 위하여 실시한다.

② 전기탐사

전기탐사는 땅밀림지 및 그 주변의 땅 속에 전류를 흘려보내 지층의 전기저항을 측정하여 지하의 지질구조, 지하수 상황 등을 추정하기 위하여 실시한다.

③ 지온탐사

지온탐사는 땅밀림지 및 그 주변의 지표면으로부터 일정 심도의 지온을 측정한 후, 그 온도 차에 따라 지하수의 분포를 추정하기 위하여 실시한다.

④ 자연방사능탐사

자연방사능탐사는 땅 속에 포함되어 있는 방사성 물질로부터 방출되는 방사선을 측정하여 파쇄대, 단층 및 지하수맥 등을 추정하기 위하여 실시한다.

⑤ 전자탐사

전자탐사는 전자유도현상을 이용하여 비저항을 측정한 후, 광역적인 지층, 암상분포의 추정, 외관 비저항의 급변부에 있어서의 지층경계, 변질대경계, 단층, 지하수 등을 파악하기 위하여 실시한다.

⑥ 리모트센싱

리모트센싱은 지표로부터 반사·방사된 전자파를 측정하여 지질구조나 지하수의 상태를

파악하기 위하여 실시한다.

⑦ 정리

물리탐사의 성과는 보링조사, 물리검층 등의 기타 조사결과와 충분히 대조하여 지형도, 표층지질도, 지질단면도 등에 정리한다.

3) 보링조사

보링조사는 땅밀림지 및 그 주변의 땅 속을 굴착하여 토질, 지질, 지질구조 등을 직접 파악하고, 보링공을 사용하는 각종 조사를 위하여 실시한다.

① 보링조사의 종류

보링법은 로터리보링을 표준으로 실시한다.

② 보링의 위치, 심도 등

보링조사는 실태조사 등의 결과 및 조사목적에 근거하여 필요한 위치를 선정한 후, 심도, 각도 및 구경 등을 결정한다.

③ 정리

보링조사의 결과는 지질주상도, 지질단면도 및 시추일보해석도 등에 작성한다.

4) 물리검층

물리검층은 공벽 주변의 지층에 대한 비저항, 탄성과 속도, 밀도 등을 계측하여 활동면의 위치, 지질구조, 대수층 등을 파악하는 것을 목적으로 하며, 조사는 탐사목적이나 현지 상황에 따라 선택한다(표 3).

표 3. 물리검층의 조사목적

조사목적	검층
땅밀림 층의 구분	전기검층 · 속도검층
대수층의 검출	전기검층
암반물성의 파악	속도검층

① 전기검층

전기검층은 보링공을 이용하여 지층의 비저항이나 자연전위를 측정하고, 보링공 주변의

지하구조, 지층의 두께, 풍화상태 및 지하수맥 등을 추정하기 위하여 실시한다.

② 속도검층

속도검층은 지반을 전파하는 탄성파의 속도를 측정하여 지층의 경도, 풍화상황, 땅밀림층의 구분 및 암반물성 등을 파악하기 위하여 실시한다(표 4).

③ 정리

물리검층의 성과는 지구조사 결과와 대조하여 단면도 등에 정리한다.

표 4. 속도검층의 종류와 특징

종 류	개 요	적 용 성		
		측 정 공	지표노이즈	심도한계
PS검층 (다운홀법)	지표나 공내에서 수신하며, 주시곡선으로부터 지반의 대국적인속도구조를 구한다.	모든 상황에 적용할 수 있다(공경 66mm인 경우도 가능).	수진파형의 주파수가 노이즈와 비슷하여 영향을 받는다.	통상 적용심도는 100m 정도까지이다.
서스펜션 PS검층	공내에서 기동 · 수신하며, 심도 1m마다 평균속도를 구한다. 공벽에 압착할 필요가 없고, 상세한 속도분포가 나타난다.	지하수위보다 얇은 심도에서는 측정할 수 없다(공경은 86mm 이상이 바람직함).	고주파이기 때문에 통상은 노이즈에 영향을 받지 않는다.	원리적으로 없다.
음파검층	공내에서 기동 · 수신하며, 공벽에 압착할 필요가 없고, 속도분포가 연속적으로 나타난다(연암에서는 S파를 관측할 수 없음).	지하수위보다 얇은 심도에서는 측정할 수 없다(공경 66mm에서도 가능함).	고주파이기 때문에 통상은 노이즈에 영향을 받지 않는다.	원리적으로는 없다.

5) 관입시험

관입시험은 땅밀림지에 있어서 토층의 상대적 강도 및 밀도 등을 파악하기 위하여 실시하며, 실험방법은 조사목적, 조사장소의 지질·토질조건에 따라 선택한다(표 5).

① 표준관입시험

표준관입시험은 원위치에 있어서 흙의 강도, 긴장정도의 상대 값 및 토층의 구성 등을 판정하기 위하여 N값을 구하는 것을 목적으로 한다.

② 스웨덴식 사운드링시험

스웨덴식 사운드링시험은 원위치에 있어서의 흙의 정적관입저항을 측정하여 강도, 긴장정도, 토층의 구성을 판정하기 위하여 실시한다.

③ 정리

관입시험의 결과는 시험의 종류에 따라 분석 자료를 해석하여 도표에 정리한다.

6) 토질·암석시험

토질·암석시험은 땅밀림지의 흙이나 암석의 물리적, 역학적 성질을 파악하여 땅밀림의 안정해석, 땅밀림 방지공사의 설계에 필요한 기초자료로 활용하도록 한다.

① 시료채취

시료 채취는 실험 목적에 따른 방법에 의하여 실시한다.

② 토질시험

토질시험은 땅밀림지의 흙에 대한 물리적 특성, 전단저항각, 점착력, 변형계수, 지반지력 등의 역학적 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

③ 암석시험

암석시험은 땅밀림지 및 그 주변의 기암을 구성하는 암석의 물리적 특성, 강도 및 변형에 관한 역학적 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

표 5. 주요 관입시험 방법

구분	명칭	연속성	측정값	측정값으로부터의 추정량	적용지반	가능 깊이	특징
동적	표 준 관 입 시험	불연속 최소 측정 간격 50cm	N값(소정의 타 격 횟수)	모래의 밀도, 강도, 마찰각, 강성률, 지지 력, 점토의 점착력, 일축압축강도	호박돌이나 전석을 제 외한 모든 지반	기본적으 로는 제한 없음	보 급 도 가 높고, 거의 지반조사에 서 실시함
정적	스 웨 덴 식 사운 딩시험	연 속	각 하중에 의한 침하량(W_{sw}), 관입 1m당 반 회전수(N_{sw})	표준관입시험의 N값 이나 일축압축강도 qu값으로 환산(다수 의 제안식이 있음)	호박돌, 자 갈을 제외 한 모든 지 반	15m정도	표준관입실 험에 비하 여 작업이 간단함

④ 정리

토질·암석실험의 성과는 조사목적에 따라 자료를 해석하여 도표에 정리한다.

7) 점토광물실험

점토광물실험은 땅밀림지 및 그 주변의 점토광물의 화학적·물리적 성질을 파악하기 위하여 실시한다.

① 시약반응실험

시약반응실험은 땅밀림 점토에 시약을 이용하여 정색반응에 따라 점토광물을 판정하여 땅밀림 점토의 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

② X선회절실험

X선회절실험은 땅밀림 점토에 특정 파장인 X선을 방사한 후, 그 회석각도로부터 점토광물을 동정하여 땅밀림 점토의 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

③ 정리

점토광물실험의 성과는 조사목적에 따라 자료를 해석하여 도표에 정리한다.

8) 연대측정조사

연대측정조사는 신규 땅밀림의 발생연대나 땅밀림의 이력을 파악하기 위하여 실시한다.

① ^{14}C 연대측정법

^{14}C 연대측정법은 노두, 보링 및 집수정 굴착시에 나타난 탄화목, 목편, 부식토를 채취하여 ^{14}C 의 함유량을 측정한다.

② 정리

연대를 측정한 결과는 알기 쉽게 도표 등에 정리한다.

9) 시굴관찰조사

시굴관찰조사는 집수정, 배수터널 또는 테스트피트 등에 따라 지층을 직접 관찰하여 지질, 토질, 풍화, 파쇄도, 용출수의 상황 등을 파악하고, 토질암석실험 또는 점토광물실험을 위한 시료를 채취하기 위하여 실시한다.

10) 기상조사

기상조사는 땅밀림지 및 그 주변에 있어서의 기상을 조사하여 땅밀림 이동과의 관련성을 파악하기 위하여 실시한다.

① 일반기상조사

일반기상조사는 땅밀림지 및 그 주변 기상을 파악하여 계획, 설계의 기초자료를 얻는 것을 목적으로 한다.

② 강수량조사

강수량조사는 현지에서 강수량을 측정하여 강수와 땅밀림 이동의 관계를 파악하기 위하여 실시한다.

③ 적설량조사

적설량조사는 현지에서 적설량을 측정하여 적설과 땅밀림 이동과의 관계를 파악하기 위하여 실시한다.

④ 용설량조사

용설량조사는 현지에서 직접 측정하는 방법과 기온 등을 관측하여 용설량 등을 추정하는

방법이 있으며, 땅밀림 이동과의 관련을 파악하기 위하여 실시한다.

⑤ 정리

기상조사의 성과는 조사의 종류에 따라 분석하여 땅밀림 이동과 관련하는 기상조건을 파악하기 위하여 도표에 정리한다.

11) 지하수조사

지하수조사는 땅밀림지 및 그 주변에 있어서 지하수의 부존상황, 경로 및 물리적·화학적 성질을 조사하여 지하수와 땅밀림 이동의 관련성을 파악하기 위하여 실시한다.

① 지하수위조사

지하수위조사는 우물이나 보링공을 사용하여 지하수의 압력수두를 측정하기 위하여 실시한다.

② 간극수압조사

간극수압조사는 땅밀림에 관계하는 지하수의 간극수압을 직접 측정하기 위하여 실시한다.

③ 간극수 검층

지하수 검층은 보링공 내의 지하수에 대한 비저항 또는 온도를 측정하여 지하수 유동층의 위치, 유동의 정도 등 지하수의 동태를 파악하기 위하여 실시한다.

④ 지하수 추적조사

지하수 추적조사는 지하수의 유동상황, 특히 지하수의 경로 및 유속을 확인하여 땅밀림 구역에 존재하는 지하수의 기원 및 분포상태를 파악하기 위하여 실시한다.

⑤ 간이양수실험

간이양수실험은 굴진 중의 보링공을 사용하여 공내수를 빨아올려 지하수량 및 투수계수를 파악하기 위하여 실시한다.

⑥ 양수실험

양수실험은 땅밀림지 및 그 주변의 보링공, 우물 등을 사용하여 공내수를 빨아올려 지하수량, 투수계수, 영향반경 등을 파악하기 위하여 실시한다.

⑦ 수질조사

수질조사는 땅밀림지 및 주변 지하수 등의 수질을 분석하여 수질의 차이로부터 지하수문의 조건을 판정하기 위하여 실시한다.

⑧ 지하수유출량조사

지하수유출량조사는 땅밀림지로부터 용출되는 지하수의 유출량을 조사하여 지하수의 순환, 지하수의 체수량 등 지하수의 동태와 땅밀림 이동과의 관련을 파악하기 위하여 실시한다.

⑨ 정리

지하수조사의 성과는 조사의 종류에 따라 자료를 분석하여 땅밀림 이동과 관련한 지하수의 수압이나 분포가 파악되도록 도표에 정리한다.

12) 지표이동량조사

지표이동량조사는 땅밀림지의 표면적인 이동상황을 파악하기 위하여 실시한다.

① 표식관측

표식에 의한 관측은 땅밀림지 내외의 지표면에 설치한 표주나 표식을 측량하여 땅밀림

의 이동량, 이동방향 및 이동속도 등을 파악하기 위하여 실시한다.

② 지표신축계

지표신축계에 의한 관측은 지표면의 압축·인장의 움직임을 두 지점에 설치한 와이어를 측정하여 땅밀림의 이동시기, 이동량 등을 파악하기 위하여 실시한다.

③ 지반경사계

지반경사계에 의한 관측은 지표면의 경사변동을 고감도의 경사계로 측정하여 땅밀림의 변동상황을 파악하기 위하여 실시한다.

④ 정리

지표이동량조사의 성과는 지표 이동상황을 파악할 수 있도록 정리한다.

13) 지중변동량조사

지중변동량은 보링공을 이용하여 계측기 종류를 설치한 후, 활동면의 위치, 이동량, 이동방향 및 이동층 변동 등을 파악하기 위하여 실시한다.

① 활동면측관

활동면측관에 의한 관측은 측관에 의하여 보링공의 굴곡위치를 검출하여 활동면의 위치를 파악하기 위하여 실시한다.

② 파이프변형계

파이프변형계에 의한 관측은 보링공에 삽입·고정한 파이프의 휘는 정도를 측정하여

활동면의 위치, 이동방향 및 이동상황을 파악하기 위하여 실시한다.

③ 공내경사계

공내경사계에 의한 관측은 보링공에 고정한 가이드 파이프에 경사계를 삽입한 후, 가이드 파이프의 변위를 측정하여 땅밀림의 위치, 이동량, 이동방향 및 이동층의 변위를 파악하기 위하여 실시한다.

④ 지중신축계

지중신축계에 의한 관측은 보링공 등을 이용하여 기반면에 고정한 와이어를 지표에 유도한 후, 그 신축량을 측정하여 이동량을 파악하기 위하여 실시한다.

⑤ 다층이동량계

다층이동량계에 의한 관측은 보링공을 이용하여 각 심도에 고정한 와이어를 지표에 유도한 후, 그 신축량을 측정하여 각 층의 토괴의 변동을 파악하기 위하여 실시한다.

⑥ 정리

지중변동량조사의 성과는 땅 속의 활동면이나 이동상황을 파악하기 위하여 정리한다.

14) 기구조사의 정리

기구조사의 결과는 파악한 자료에 근거하여 땅밀림의 기구를 입체적으로 해석하고, 각종 조사의 상호 관련성을 파악하여 지질, 지층, 지반면, 활동면, 활동면의 형태·규모 및 지하수면 등을 판정하기 위하여 정리한다.

인용문헌

- 김해시. 1998. 김해 내삼지구 사면붕괴지역 보강대책보고서. 71pp.
- 김해시. 2000. 김해 내삼지구 사면 안전진단 용역검토보고서. 45pp.
- 산림청. 2017. 포항 지진발생관련 땅밀림 무인원격 감시시스템 상황보고. 2pp.
- 사방협회. 2018. 「전국 땅밀림 기초조사」 사업 세부 추진 계획서(안). 20pp.
- 전근우, 김판석, 김민식, 서정일, 김석우. 2012. 일본의 사방관계사법. 산림청 신(新) 산지방재사업단. 178pp.
- 전근우. 2015. 국내외 사방사례 -땅밀림방지사업을 중심으로-. 사방협회 직원 집합교육 자료집 : 253-279.
- 우보명, 박재현, 최형태, 전기성, 김경훈. 1996a. 휴석동 땅미끄러짐 산사태의 발생특성에 관한 연구(1) -땅미끄러짐 산사태지구의 지형 및 지표층위특성-. 한국임학회지 85(4) : 565-570.
- 우보명, 박재현, 최형태, 전기성, 김경훈. 1996b. 휴석동 땅미끄러짐 산사태의 발생특성에 관한 연구(1) - 땅미끄러짐 산사태지구의 지질 및 수문특성-. 한국임학회지 85(4) : 571-576.
- 國土交通省. 2018. 砂防 -都道府縣別土砂災害危険個所.
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link20.htm>.



조사 · 연구

진주 · 안동 산림수자원 유역시험지의 산림입지환경 및 토양단면특성

원형규/김정환/김문겸
(사)한국산지환경조사연구회

1. 서론

최근 기후변화로 인해 홍수, 가뭄 등의 재해 발생이 심해지고 물관리에도 많은 어려움이 있으며 기후변화로 인해 예상되는 피해와 청정수자원을 확보하여 물 부족에 대한 피해를 줄이기 위하여 지속적인 수자원 개발을 위해 지역별 입지토양환경 및 임분별 산림유역에 대한 기본 산림정보 구축이 필요하다. 국립산림과학원에서는 70년대 초부터 광릉시험림(침엽수, 활엽수)과 양주 혼효림에 관측시설을 설치하여 강수량, 유출량, 유토량, 차단손실량, 토양수분함량, 수질 등을 관측하기 시작하였으며, 유역시험지를 전국으로 확대하여 산림수자원 특성을 구명하여 숲가꾸기 등 수원함양림 · 조성 관리를 위하여 지역별 · 임분별 산림수자원 증진을 위한 사업계획, 수원함양림의 수종갱신 등의 연구를 하고 있으며, 2013년과 2014년부터 계속하고 있는 안동유역시험지와 진주유역시험지의 산림공간 정보인 임분별 산림입지환경과 토양단면 특성을 조사 ·

분석하여 DB화한 내용을 작성하였다.

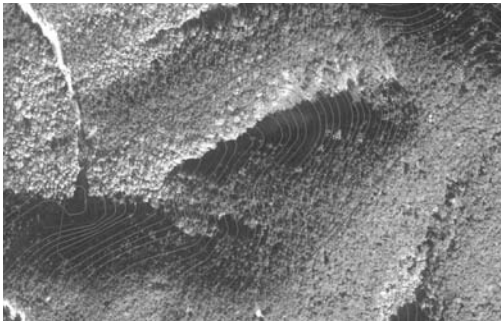
2. 진주 유역 시험지 조사결과

가. 진주(1, 2)유역 시험지

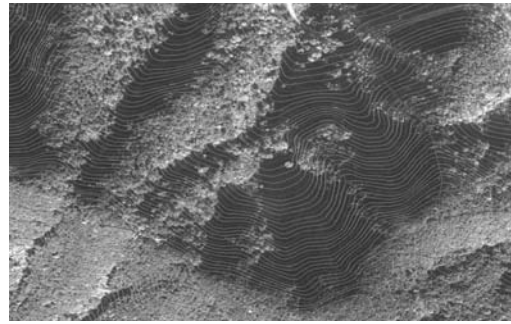
1) 일반 현황

가) 유역 위치

진주 산림수자원 유역시험지(1유역, 2유역)는 북위 35도 12분 40초, 동경 128도 11분 00초의 경상남도 진주시 금산면 용아리와 장사리 (산림바이오소재연구소 시험림)에 위치하며 월아산(해발 482m)은 달이 떠오르는 모양을 연상케 하고, 남강을 허리에 두르고 있으며 달음산고개(질매재)를 연결고리로 주봉인 남쪽의 장군대산(482m), 북쪽의 국사봉(471m) 자락에 위치하고 있으며 1유역은 남서향, 2유역은 북동향으로 유역면적은 20.6ha(1유역 5.4ha, 2유역 15.2ha)로 그림1.과 같다.



〈1유역 시험지〉

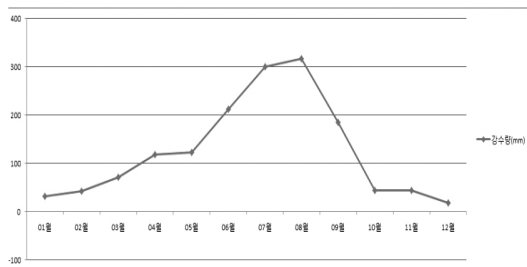


〈2유역 시험지〉

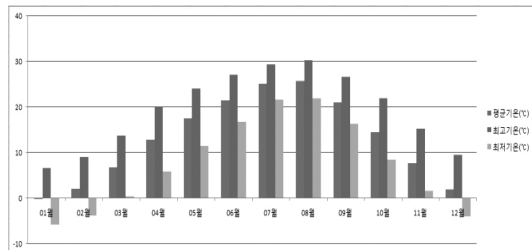
그림 1. 유역시험지 위치

나) 기후

기후자료는 기상청 평년값(30년)자료에 의하면 연강수량은 1,512.6mm, 평균 기온 13.1°C이며 강수량은 4월~9월(1,255mm)에 전체의 75%로 집중 되고 있으며 최근 온난화 현상으로 인해 봄과 겨울철 강수량이 현격히 적어지는 것을 알수 있다.



〈강수량〉



〈평균기온〉

그림 2. 강수량 및 평균기온

다) 모암

모암은 국립지질자원연구원의 수치지질도 (1:50,000)를 이용하여 파악한 후 현지조사 시 분포하고 있는 모암은 확인한 결과 퇴적암의 자색세일과 담회색 사암이 분포하고 있으며 국소적으로 역암이 혼재하고 있다.



〈자색세일〉



〈담회색사암〉

그림 3. 모암

2) 조사결과

가) 산림토양경계구획 및 조사표준지 선정

① 잠정 산림토양경계구획

정사항공사진상에서 지형, 경사, 방위, 기복, 침식, 식생, 임지이용 상태 등을 기준으로 지형요소분석법에 의거 ArcGIS 9.3.1(Arc Map) 툴을 이용 하였으며 토양경계구획 시 정확도를 높이기 위하여 사전조사 시 파악한 경계 가선과 DEM(표고, 경사, 방위) 분석자료를 중첩하여 그림4.와 같이 토양경계구획을 하였다.

② 조사표준지 선정

조사표준지는 유역별/임상별/토양조건별 구획한 폴리곤(Polygon)을 표준지 분석프로그램을 이용하여 그림4.와 같이 폴리곤을 대표하는 분석점과 임상/지형/토양조건별로 임지를 대표하는 곳에 선정하였다.

나) 현지조사 및 분석

① 산림입지환경 조사

산림입지환경조사는 도엽명, 좌표, 표고, 경사, 방위, 모암, 지형, 사면위치, 경사형태, 퇴적양식, 풍노출도, 배수상태, 침식상태, 암석노출도 등 13개 인자를 조사하였다.

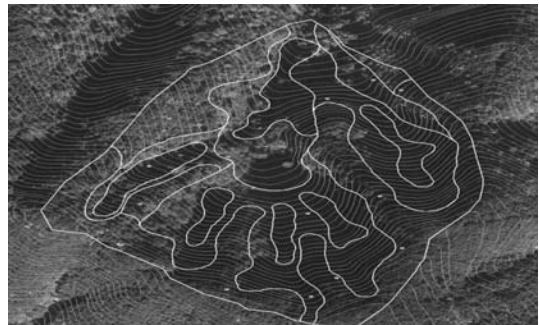
② 산림토양단면조사 및 토양형 분류

산림토양의 형태적 특성을 파악하기 위하여 인위적 교란이 없는 곳을 표준지로 선정하여 가로 1m, 세로 1m까지 산림토양단면을 시굴한 후 산림입지도(1:5,000)제작 매뉴얼(국립산림과학원 2009)을 준수하여 낙엽층 두께, 유효토심, 토심, 토색, 풍화정도, 토성, 토양구조, 건습도, 석력함량, 견밀도 등 10개인자를 조사하고, 토색은 표준 토색첩에 의해 식별하고, 산림토양 견밀도는 산중식견밀도측정기로 측정하였다.

산림토양형은 산림입지환경인자와 산림토양



〈진주1유역 시험지〉



〈진주2 유역 시험지〉

그림 4. 산림토양경계 및 조사표준지

단면조사 결과를 종합적으로 판단하여 토양형을 분류하였으며 산림토양단면과 근경사진을 촬영하여 조사지의 입상과 산림토양환경의 외형적 특성을 파악하였다.

③ 산림토양의 이화학성 분석용

시료채취

조사표준지에서 A층과 B층으로 구분하여 층위별로 채취하였으며, 산림토양의 물리성(토성, 삼상, 가비중 등) 측정용 시료는 100cc 캔을 이용하여 층위별로 3반복, 화학성(유기물, 양이온치환용량 등) 분석용 시료는 층위별로 1kg씩을 채취하였다.

다) 진주1 유역 시험지

① 산림입지환경 및 산림토양단면의

형태적 특징

총 4개 표준지를 조사한 결과 침엽수(소나무, 곰솔 등)림으로 자색세일(혈암)과 역암

을 모재로 하는 암적갈색의 건조~약건한 산림토양이 분포하고, 방위는 남~남서향의 험준지로 대부분 소나무가 생육하고 건조한 상태를 보이고 있으며 산복 및 소곡부에 굴참나무와 소나무가 생육하고 일부 산복곡부에 전석지(Bs)가 노출되어 있다. 미세곡부 하단부 사면으로 개웃나무, 노간주, 진달래, 서어나무 등이 생육하고 있다. 산림토양단면의 형태적 특징으로 토성은 양토~미사질양토(비교적 부드러운토양)으로 배수상태는 비교적 양호한 편이다. 전토심은 능선부로 약 10cm 내외로 비교적 얇은 편이며, 산복~곡부에는 47cm~60cm+이상이며 토색은 암적갈색을 띠고 A층은 세립상~입상구조가 B층은 건과상~괴상구조가 발달하고 토양건밀도는 비교적 연(9~12mm)한 상태를 보이고 있다. 분석 시료 채취는 물리성 분석용 100cc캔 48점과 화학성 분석용 8점을 채취하였다.

② 주요 토양단면

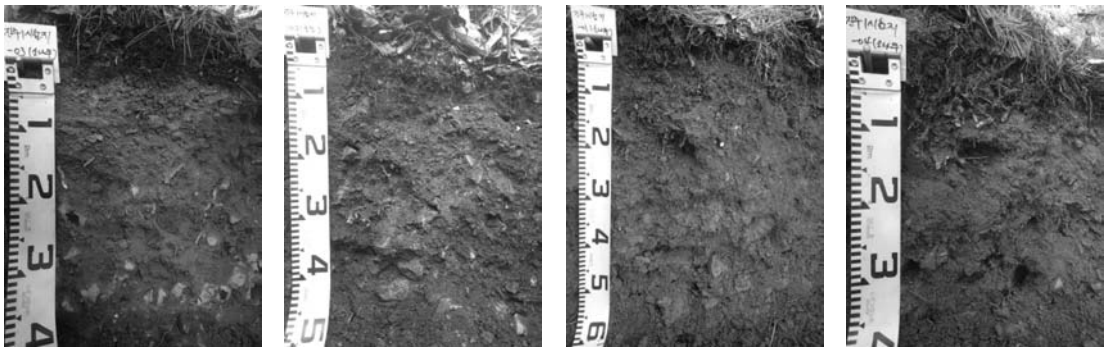


그림 5. 토양단면

③ 주요 임분 및 하층식생

교목층은 소나무가 주로 분포하고, 계곡부 및 산복부 일부 사면에 굴참나무, 산벚나무, 층층나무, 서어나무, 관목층은 노간주, 진달

래, 국수나무, 두릅, 개웃나무, 싸리, 산초나무 등이, 초본류는 실새, 고사리, 고비, 찔레, 청미래덩굴, 취나물, 담쟁이 덩굴 등이 있다.



〈소나무〉



〈굴참나무〉



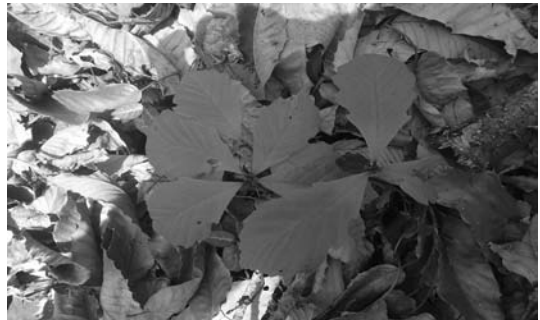
〈생강나무〉



〈국수나무〉



〈양지꽃〉



〈굴참나무치수〉



〈진달래〉



〈붓꽃〉



〈솔새〉



〈꽃마리〉



〈고사리〉



〈청미래덩굴〉

그림 6. 하층식생

라) 진주2 유역 시험지

① 산림입지환경 및 산림토양단면의 형태적 특징

총 13개 표준지를 조사한 결과 침엽수림의 소나무가 주 임분으로 있으며 기타활엽수와 일부 혼효상태를 이루고 있다. 퇴적암의 자색

세일을 모재로하는 암적갈색 토양이 분포하고 북~북동향의 급경사지~험준지로 소나무, 신갈나무, 상수리나무 등이 혼재하고 산복부 하단~산록곡부에는 기타활엽수의 층층나무, 서어나무 등이 생육하고 있으며 산록 사면부로 약 10~30% 암석이 노출되어 있고 곡부 중심으로 전석지(Bs)가 일부 산재하고 있다.

산림토양단면의 형태적 특징으로 토성은 미사가 많은 양토~미사질양토이며 토양배수는 비교적 잘되고 있다. 전토심은 주능선부 쪽에는 약 7~10cm, 산록곡부는 57cm+이상의 퇴적암 지대를 보이고 있다. 산림토양단면내에 자갈함

량이 비교적 많은 편이며, A층은 암적갈색을 띠는 입상구조가 B층 견과상~괴상구조가 발달하고 산림토양건밀도는 비교적 연한 상태이다.

② 주요 토양단면

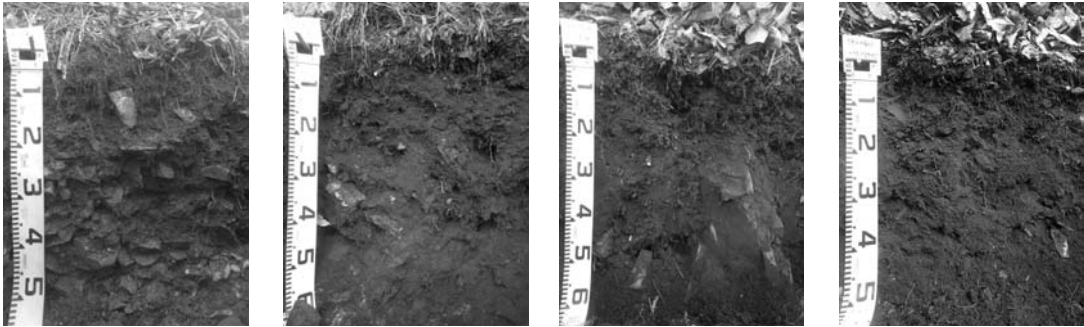


그림 7. 토양단면

③ 물리성 및 이화학성 분석용 시료채취

구분	시료점수			비고
	계	A층	B층	
100cc캔	150	72	78	
이화학성	24	11	13	

④ 주요 임분 및 하층식생

교목층으로 소나무와 신갈나무가 주로 분포

하고, 계곡부 및 산복부 사면에는 산벚나무, 노간주, 서어나무, 층층나무, 굴참나무, 갈참나무 등, 관목층은 개웃나무, 진달래, 국수나무, 붉나무, 생강나무, 초피나무, 산초나무 등, 초본류는 기름새, 고사리, 남산제비꽃, 마삭줄, 명석말기, 노루오줌, 가는잎그늘사초, 대사초, 노루발풀등이 분포하고 있다.



〈소나무〉



〈상수리나무〉



〈산벚나무〉



〈갈참나무〉



〈굴참나무〉



〈노간주〉



〈층층나무〉



〈마식줄〉



〈진달래〉



〈개웃나무〉



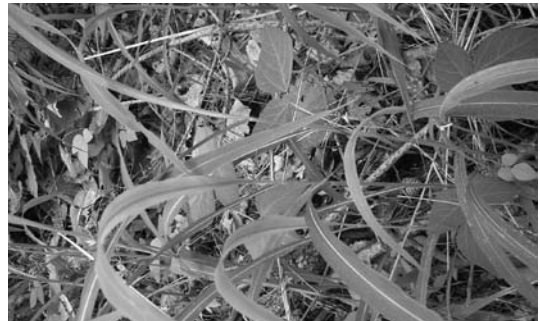
〈생강나무〉



〈초피나무〉



〈산초나무〉



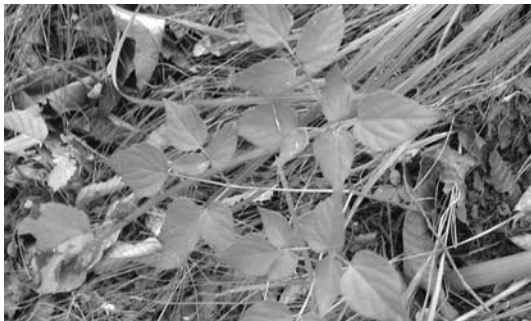
〈기름새〉



〈고사리〉



〈고갈제비꽃〉



〈노루오줌〉



〈노루발풀〉



〈현호색〉

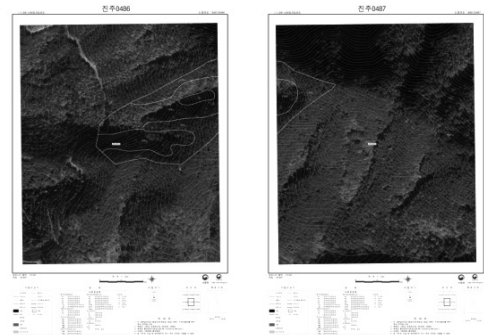


〈가는잎그늘사초〉

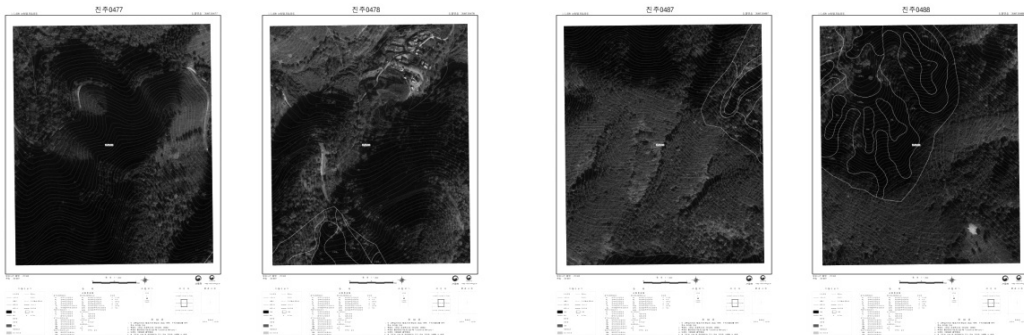
그림 8. 하층식생

3) 산림토양도

ArcGIS(Arc Map) 툴을 이용하여 도엽 매핑과 Topology 검사 후 통판으로 만들어 DB 검사와 표준레이아웃을 적용 Polygon 표준지 번호, 토양형 라벨링과 산림GIS 지형지물 목록 및 묘화표준에 따라 산림토양도를 작성하였다.



〈진주 1구역, 0486,0487〉



〈진주 2구역, 0477,0478, 0487, 0488〉

3. 안동 유역 시험지 조사결과

가. 유역 위치

안동 유역시험지는 북위 36도 17분 52초, 동경 128도 53분 51초의 경상북도 청송군 현서면과 경상북도 안동시 길안면 송사리 경계 지역에 위치하고, 황학산으로부터 내려오는 줄기로 해발 680m의 안동시 길안면 근교산으로 비교적 높은산으로 능선부에는 곧게 뻗은 소나무와 신갈나무가 있고, 계곡부 유역 하단부에는 낙엽송, 자작나무가 생육하며 북~북동향으로 위치하며 그림9.와 같이 유역면적은 43.0ha이다.

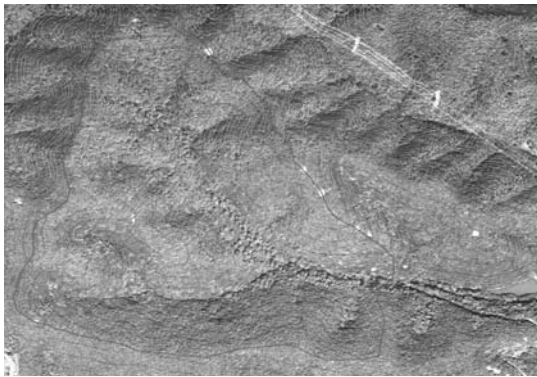
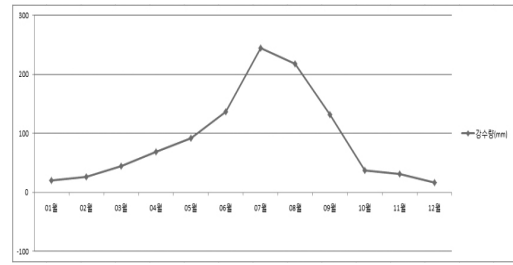


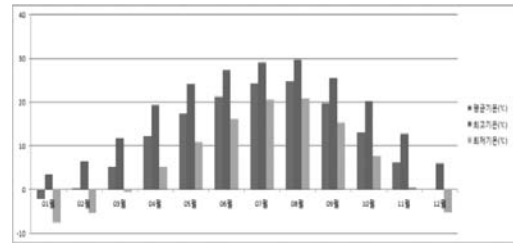
그림 9. 시험지 위치

나. 기후

평년값(30년)자료에 의하면 연강수량은 1,066.5mm, 평균기온 11.8°C, 평균습도 67.9%로 4월~9월(890.5mm)에 전체의 85%로 집중되고 있으며 온난화 현상으로 인한 봄, 겨울철 강수량이 비교적 적은 것을 알수 있다.



〈강수량〉



〈평균기온〉

그림 10. 강수량 및 평균기온

다. 모암

모암은 국립지질자원연구원의 수치지질도



자색세일



사암

그림 11. 모암

(1:50,000)상 모암을 파악하여 현지조사를 통하여 확인한 결과 퇴적암의 자색세일과 사암이 혼재 분포하고 있다.

라. 산림토양경계구획 및 조사표준지 선정

산림토양경계구획은 정사항공사진상에서 지형, 경사, 방위, 기복, 침식, 식생, 임지이용상태 등을 기준으로 지형요소분석법에 의거 ArcGIS 9.3.1(Arc Map) 툴을 이용하고 토양경계구획 시 정확도를 높이기 위하여 DEM(표고, 경사, 방위) 분석자료를 중첩 활용하여 산림토양경계구획을 하였으며, 조사표준지는 구획된 폴리곤(Polygon)내에서 임상/지형/토양형별로 임지(임상·토양)를 대표하는 곳에 선정하였다.

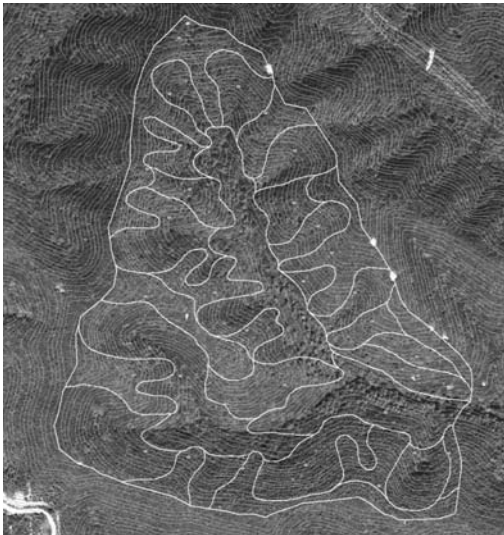


그림 12. 산림토양경계 구획 및 조사표준지

마. 현지조사 및 분석

① 산림입지환경 조사

산림입지환경조사는 도엽명, 좌표, 표고, 경사, 방위, 모암, 지형, 사면위치, 경사형태, 퇴적양식, 풍노출도, 배수상태, 침식상태, 암석노출도 등 13개 인자를 조사하였다.

② 산림토양단면조사 및 토양형 분류

산림토양형은 산림입지환경인자와 산림토양단면조사 결과를 종합적으로 판단하여 토양형을 분류하였으며 산림토양단면과 근경사진을 촬영하여 조사지의 임상과 산림토양환경의 외형적 특성을 파악하였다.

③ 산림토양의 이화학성 분석용 시료채취

조사표준지에서 A층과 B층으로 구분하여 층위별로 채취하였으며, 산림토양의 물리성(토성, 삼상, 가비중 등) 측정용 시료는 100cc 캔을 이용하여 층위별로 3반복, 화학성(유기물, 양이온치환용량 등) 분석용 시료는 층위별로 1kg씩을 채취하였다.

④ 산림입지환경 및 산림토양단면의 형태적 특징

총 30개 표준지를 조사한 결과 혼효림지역으로 소나무와 참나무류가 주임분으로 북~북동향의 급경사지에 일부 편마암과 퇴적암의 자색세일을 모재로하는 암적갈색 토양이 주로 분포하고 능선부~소능선부는 신갈나무와 소나무가 혼재 생육하고 산복~산록부는 신갈나무 및 소나무와 일부 하단부에 자작나무와 계

곡부로 낙엽송 조림지가 있으며 미세곡부 사면으로 물푸레, 산벚나무, 국수나무, 물박달, 굴피나무 등이 분포하고 있다.

산림토양단면의 형태적 특징으로는 토양 수분환경은 약건~적윤한 상태의 양토~미사질양토(비교적 부드러운토양)로 토양 배수상태는 비교적 양호하고, 전토심은 능선부 약

32cm, 산복~곡부 63cm~70cm+로 비교적 깊은 편이며 A층은 암적갈~갈색을 띠고 입상구조가, B층은 주로 암적갈색을 띠고 괴상~견과상구조가 발달하고 있으며 산림토양전밀도는 비교적 연한 상태이다.

⑤ 주요 토양단면

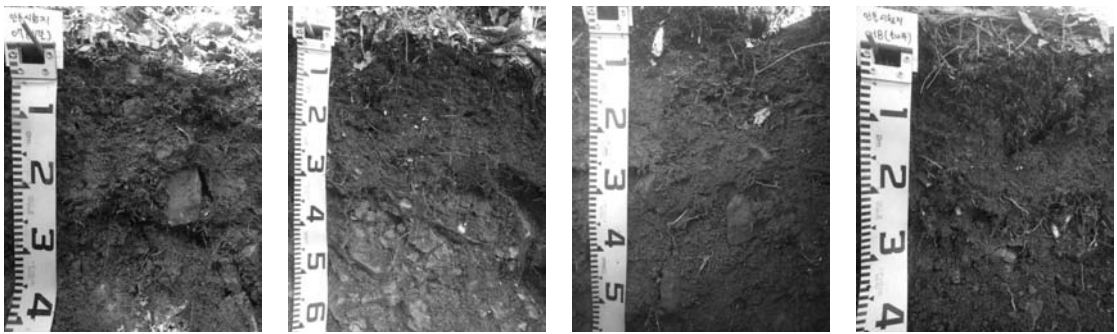
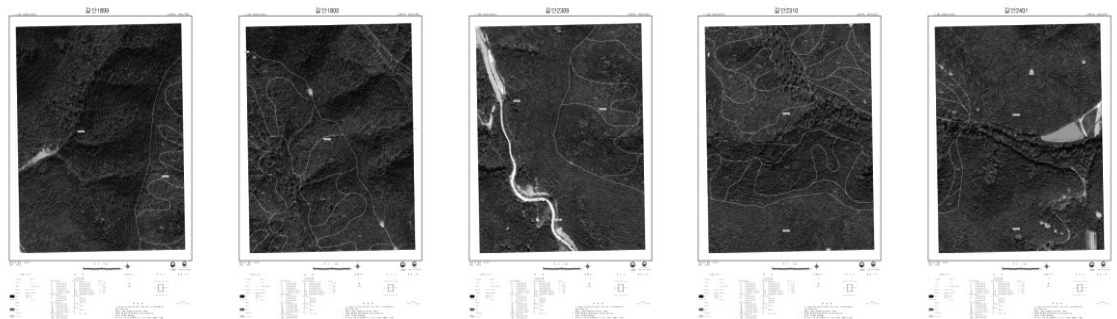


그림 13. 산림토양단면

⑥ 산림토양도

ArcGIS(Arc Map) 툴을 이용하여 도엽 매칭과 Topology 검사 후 통판으로 만들어 DB 검사와 표준레이아웃을 적용 Polygon 표준지

번호, 토양형 라벨링과 산림GIS 지형지물 목록 및 묘화표준에 따라 산림토양도(1:1,000)를 작성하였다.



〈길안 1899, 1800, 2309, 2310, 2401〉

⑦ 주요 임분 및 하층식생

혼효림으로 교목층은 소나무, 신갈나무가 주로 분포하고 있으며, 계곡부 및 산복부 일부 사면에 신갈나무, 산벚나무, 낙엽송, 자작나무, 당단풍, 산벚나무등이 분포하고, 관목으로

매죽, 진달래, 국수나무, 생강나무, 붉나무, 개암나무, 노간주, 초피나무 등이 있으며, 초본류는 청미래덩굴, 은방울꽃, 원추리, 고비, 뱀고사리, 대사초, 현호색, 참취, 노랑제비꽃, 삼주, 산거울, 쑥 등이 있다.



〈소나무〉



〈신갈나무〉



〈낙엽송〉



〈자작나무〉



〈노간주〉



〈진달래〉



〈남산제비꽃〉



〈노랑제비꽃〉



〈산괴불주머니〉



〈고갈제비꽃〉



〈현호색〉



〈엘레지〉



〈은방울꽃〉



〈삼주〉

그림 14. 주요 임상 및 하층식생

4. 조사결과 요약

가. 진주 유역시험지

- 유역시험지의 모암은 백악기 경상계 지층의 신라통과 낙동통의 퇴적암이 분포하고 있으며 암층은 자색셰일과 역암을 모재로 하는 암적갈색산림토양의 건조~약건한산림토양이 분포하고 있다.
- 산림토양 물리적 성질 중 토성은 진주 1,2 유역시험지에는 양토~미사질양토로 모래함량이 적고 미사함량이 높은 편이다.
- 산림토양 단면특성은 진주1,2유역시험지에 같은 모재로 생성되어 있으며 전토심은 47~56cm로 깊지 않은 편이며, 토색은 A,B층에서 암적갈색(7.5YR~5YR)을 띠고 있으며, 토양구조는 A층 입상~세립상구조를 보이고 B층 견과상~괴상구조를 보이고 있다.
- 주 임분으로 진주1유역시험지는 소나무, 굴참나무가 주로 분포하고 있으며 일부 산벚나무, 층층나무, 서어나무 등이 혼생하고 있으며, 진주2유역시험지는 신갈나무, 소나무가 주로 분포하고 일부 계곡~산복부로 층층나무, 서어나무, 산벚나무, 노간주, 층층나무등이 분포하고 있다.
- 1,2유역시험지의 관목 및 하층식생 분포는 해발은 비슷하고 사면방향은 다르나 관목층은 산벚나무, 산초나무, 두릅, 진달래, 당단풍, 붉나무, 국수나무 등이 나타나고 있으며, 하층식생은 기름새, 고사리, 남산제비꽃, 마삭줄, 노루오줌, 대사초, 노루발풀 등이 있다.

나. 안동 유역시험지

- 안동 산림수자원 유역시험지의 모암은 중생대 경상계 퇴적암의 신라통(퇴적암)과 편마암이 일부 분포하고 있으며 암층은 자색셰일과 사암을 모재로 하는 암적갈색산림토양의 건조~약건한산림토양이 분포하고 있다.
- 산림토양 물리적 성질 중 토성은 양토, 미사질양토, 미사질식양토가 주로 나타나고 있어 미사함량이 높은 편이나 자갈함량이 많은 편이다.
- 산림토양 단면특성은 전토심은 63~70cm로 비교적 깊은 편이고, 토색은 일부 국소적으로 갈색을 띠고 있으나 주로 암적갈색을 띤다. 토양구조는 A층에서 입상~세립상구조를 보이고 있으며, B층은 견과상~괴상구조를 보이고 있다.
- 임분은 혼효림으로 소나무와 신갈나무가 주로 분포하고 있으며 계곡~산복부에 낙엽송, 자작나무 조림지가 있다.
- 관목은 산벚나무, 산초나무, 두릅, 생강나무, 당단풍, 진달래, 초피나무 등이 있으며, 하층식생은 청미래덩굴, 은방울꽃, 원추리, 고비, 뱀고사리, 대사초, 현호색, 제비꽃 등이 있다.
- 유역시험지별 장기 모니터링에 활용할 수 있도록 1:1,000축척의 산림토양도를 작성하였다.



조사 · 연구

낙엽송 생육환경에 따른 생장변화 연구

최인규/정양수
(사)한국산지환경조사연구회

낙엽송은 극양수로 어릴 때 생장이 매우 빠르고 수분과 양분에 대한 민감도가 매우 높아, 고도의 양묘기술이 요구되는 수종이다. 최근 기후변화에 따른 낙엽송 묘목의 피해가 나타나고 있어, 낙엽송 묘목의 효율적인 생산을 위한 ‘낙엽송 생육환경에 따른 생장변화’를 연구하였다.

(2017년 6월~11월조사)

1. 낙엽송의 생육환경에 따른 생장변화 연구

가. 목적 및 배경

1) 연구배경

낙엽송은 우리나라 황폐지 복구에 일조한 조림수종으로 60년대의 녹화사업 중 속성수로 그 가치가 크게 인정되어 조림되었던 대표적인 수종이다. 현재 전체 산림면적 중 약 6.6%에 해당되는 면적에 조림되어 있고 최근 목재로서의 활용가치가 재발견되어 앞으로도 지속적인 주요 조림수종으로 자리 매김할 것으로 예상된다.

낙엽송은 극양수로 어릴 때 생장이 매우 빠

르고, 양분 요구도가 높은 다비성 수종이며 온도와 수분 변화에 매우 민감하다. 최근 기후변화로 인하여 봄철 가뭄이 길어지고 집중호우 및 고온현상의 증가로 낙엽송 묘목의 피해가 증가하고 있다.

2016년 평창양묘장에서도 낙엽송 1-0 용기묘를 노지에 이식하였으나 이식된 용기묘 일부가 고사하였다. 고사원인 구명과 낙엽송 묘목의 효율적 재배환경을 찾기 위하여 평창국유양묘사업소에서 묘목 생육환경 변화에 따른 생육차이를 확인하기 위해 다양한 묘령의 낙엽송을 재배중이다. 이에 다양한 대조군을 설정하고 선정된 낙엽송의 생장규격을 측정하고 묘목품질지수 및 바이오매스 변화량을 관찰하였다.

2) 기존연구결과

가) 낙엽송 묘목생산을 위한 국·사유양 묘장 토양조사(춘양·용문)

① 낙엽송 생산문제점

㉠ 고온

- 낙엽송 묘목은 다른 수종에 비해 비교적 고온에 의한 피해를 입기 쉬움
- 평균기온보다 현지기온이 다소 높은 양묘장의 경우 고온피해에 대한 대비책을 마련해야 함

㉡ 강수량

- 낙엽송의 경우 배수능력이 좋지 않은 곳에서의 고사율이 높음
- 집중호우 피해나 홍수피해가 우려되는 곳에서의 재배를 피해야 함

㉢ 토양

- 지하수위가 높고 미사함량이 많은 토양일 경우 배수불량으로 묘목생장에는 부적합함
- 토양답압이 심각하고 성질이 다른 여러 층위의 토양이 불투수층을 형성하고 있는 곳은 배수불량이 가중 될 수 있어 토성개량을 통한 건전성 확보가 필요함

② 토양소독 효과실험

- 매년 같은 수종의 묘목을 동일 경작지에 재배시 토양 병충해 밀도가 증가함
- 연작장해를 해결하기 위해 토양소독제 ‘다조맷입제’를 사용
- 미처리구에 비해 처리구의 발아율이 높았음

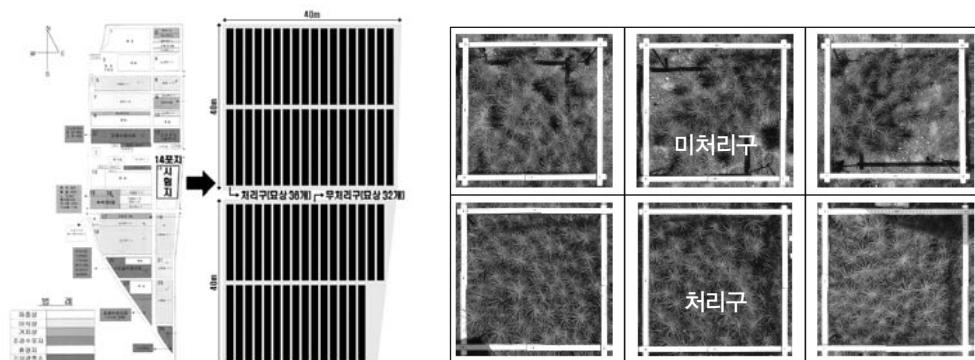


그림 1. 토양소독제 효과실험(다조맷 입제)

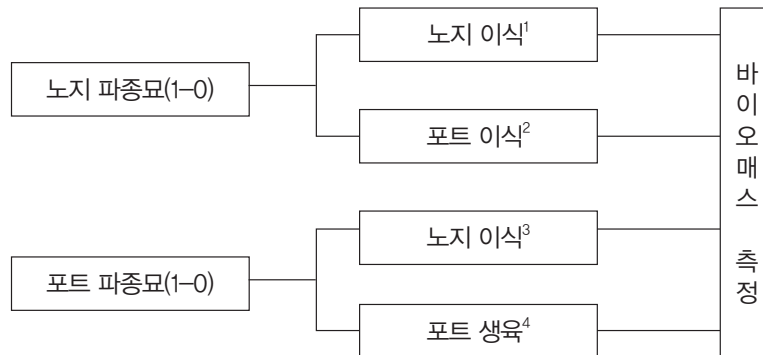


그림 2. 낙엽송 생육환경에 따른 생장변화 처리내용 도식

나. 실험개요

1) 공시재료

가) 장소 : 평창양묘사업소(후평, 약수)

나) 수종 : 낙엽송 (1-0묘)

2) 처리내용

가) 노지양묘를 통해 생산된 낙엽송 1년
생 묘목을 노지¹와 포트²에 각각 이식
하여 생장변화를 측정

나) 파종 후 포트에서 1년 동안 자란 낙엽
송 묘목을 노지³와 포트⁴에 각각 이식
하여 1년동안의 생장량을 측정

3) 시험규모

가) 노지 → 노지 : 50본(1-1)

나) 노지 → pot : 50본(1-1)

다) pot → 노지 : 50본(1-1)

라) pot → pot : 50본(1-1)

표 1. 처리방법 및 실험규모

번 호	이식 방법	묘 령	본 수	표 시
1	노지묘를 노지에 이식	1-1묘	50본	N1N1
2	노지묘를 포트에 이식	1-1묘	72본	N1P1
3	포트묘를 노지로 이식	1-1묘	50본	P1N1
4	포트묘를 포트에 이식	1-1묘	72본	P1P1

* N: 노지 P: 포트 숫자: 연수

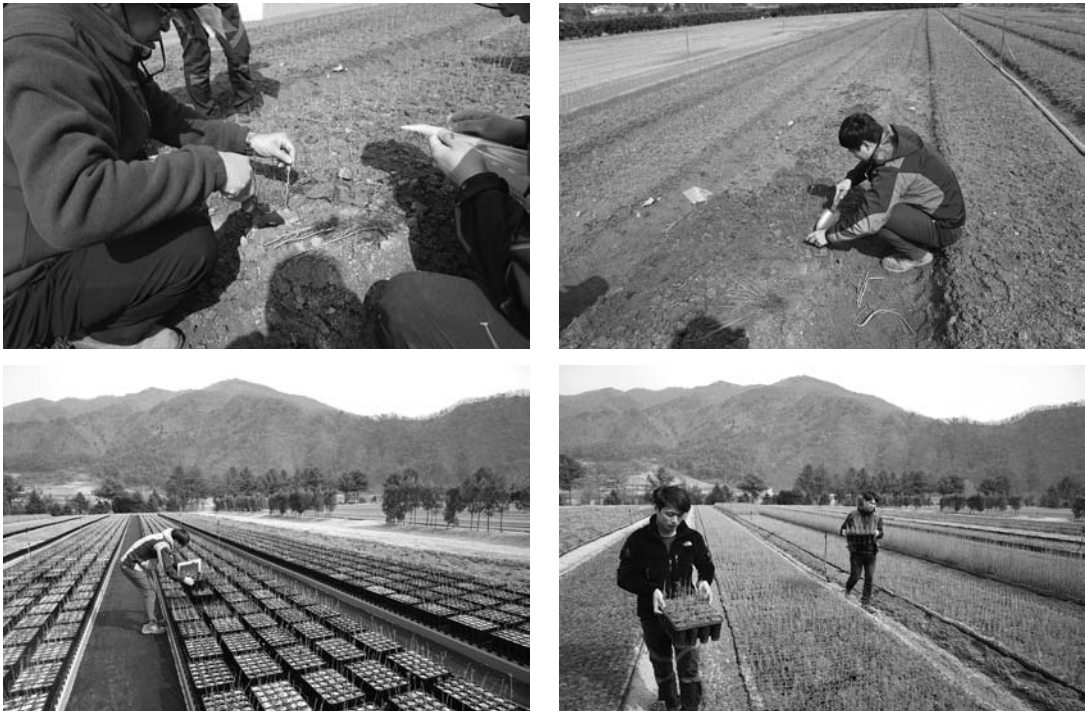


그림 3. 낙엽송 시료 채취

다. 수행방법

1) 생장량 측정

※ 흙을 붓으로 뿌리 손상이 없도록 제거한 후 다음 항목을 측정함

가) 간장 : 근원경을 기준으로 상단부 측정

나) 근원경 : 지상부 하단에서부터 상부 1cm에서 측정

다) 생중량 : 지상부 지하부로 나누어 생중량 측정

라) 건중량 : 고온(70℃)에서 항량에 도달 될 때까지 건조 후 측정

2) 측정data 분석

가) 총 건중(Total Dry Weight)

- 지상부와 지하부의 건중량을 측정하여 더한 값으로 묘목품질지수에 이용됨
- 지상부와 지하부의 건중량을 각각 측정하여 뿌리건중비(RWR)와 상부건중비(TWR)를 추출할 수 있음

나) H/D율

- $H/D \text{ ratio} = \text{Height(cm)}/\text{Root collar diameter(mm)}$



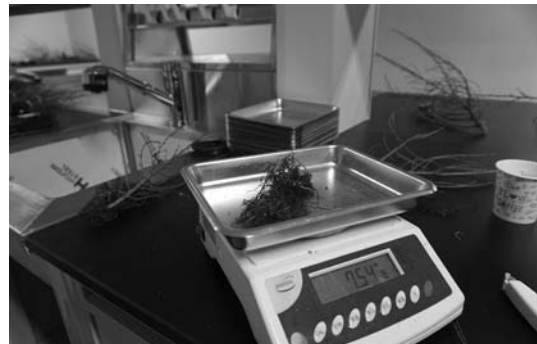
흙 제거



간장 근장 측정



근원경 측정



건중량 측정

그림 4. 시료 측정

- H/D율은 간장을 근원경으로 나눈 값으로 생산한 묘목이 다부진 유형인지, 가늘고 약한 유형인지 여부를 평가하여 묘목의 건전도를 나타낸 지수

다) T/R율

- T/R ratio = Top dry weight/Root dry weight
- 묘목에서 증산을 담당하는 지상부와 수분 흡수를 담당하는 지하부 뿌리의 균형을 측정하는 지표
- 일반적으로 낮은 T/R율을 가진 묘

목의 품질이 좋은 것으로 간주하며, 이 경우 정상적인 간장생장이 이루어진 묘목으로 판단

라) 묘목품질지수

$$\text{Quality Index (QI)} = \frac{\text{Total dry weight}}{\frac{\text{Height}}{\text{Root collar diameter}} (H/D) + \frac{\text{Top dry weight}}{\text{Root dry weight}} (T/R)}$$

- 뿌리 건중비(RWR)와 상부 건중비(TWR)를 측정하여 묘목품질지수 산출
- 일반적으로 묘목품질지수는 묘목

이 정상적인 생장을 하였을 경우
높을수록 건전한 묘목임

2. 조사결과

가. 분석데이터 결과

1) 총 건중(Total Dry Weight)

- 총 건중은 묘목품질지수에 사용되는 인자로 총건중량의 무게가 높을수록 묘목품질지수가 높아진다.
- 총 건중은 모든 환경에서 1차 측정보다 2차 측정이 증가하였으므로 생장량이 증가한 것으로 보여진다.
- (3)P1N1의 건중은 0.93g에서 46.31g으로 46배 증가로 가장 많은 생장 변화를 보였다.
- 1차 측정에서는 (4)P1P1이 2.03g으로 가장 높은 수치를 나타냈으며 초기생장은 포트에서 가장 좋은 것으로 보여 진다.

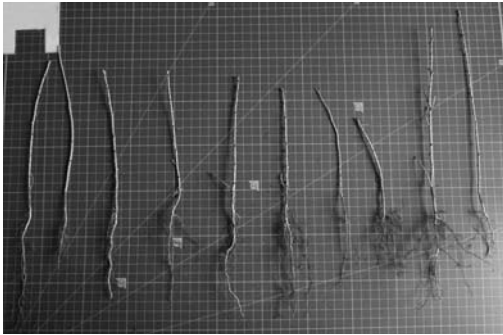
2) H/D율

- H/D율은 생산묘목이 다부진 유형인지, 가늘고 약한 유형인지를 평가하는 지수이다.
- 생장변화는 (1), (2)환경에서는 H/D율이 감소하였으나 (3), (4)에서는 H/D율이 증가하였다.

- (3)P1N1의 H/D율은 4.40%에서 7.09%로 약 1.5배 증가하였다.
- (1)N1N1의 H/D율은 9.59%에서 5.34%로 가장 많은 감소치를 보였다. 이는 수고생장보다 직경생장이 활발하였음을 나타낸다.
- 1차 측정에서는 (3)P1N1이 4.40%로 가장 낮은 수치를 보였으나, 2차 측정시 (1)N1N1이 5.34%로 가장 낮은 수치를 보였다.

3) T/R율

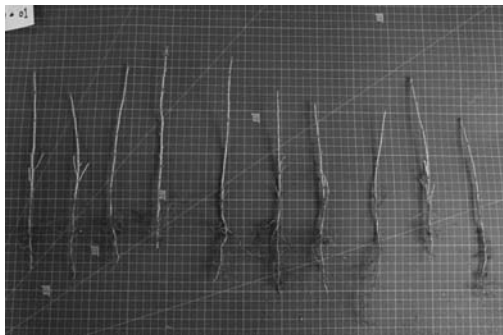
- 1T/R율은 지상부와 지하부의 균형을 나타내는 지표로 T/R율이 낮을수록 묘목의 품질이 높은 것으로 간주한다.
- 노지묘를 포트에 이식한 처리구(N1P1)에서 T/R률이 가장 많이 감소하였다. 이는 뿌리생장이 상부생장보다 활발하였음을 나타낸다.
- 포트묘를 노지로 이식한 처리구(P1N1)에서는 T/R률이 가장 많이 상승하였고 이는 뿌리생장보다 상부생장이 활발하였음을 나타낸다.
- (1)N1N1은 1차와 2차 측정 모두 1.79%로 동일하게 나타났다.
- (3)P1N1은 1.00%에서 2.45%로 T/R율이 약 2.5배 증가하였다.
- 1차 측정에서는 (4)P1P1이 0.65%로 가장 낮은 수치를 보였으나, 2차 측



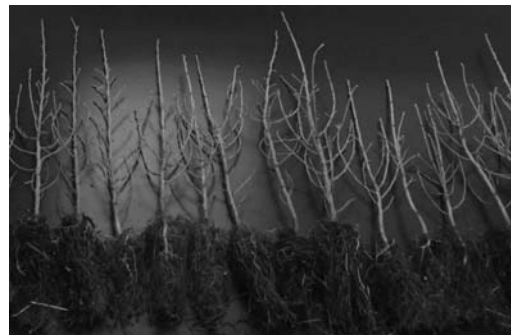
(1)N1N1-1차



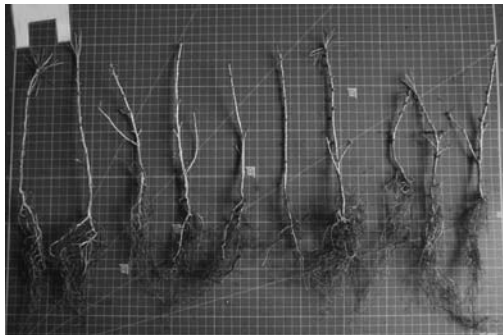
(1)N1N1-2차



(2)N1P1-1차



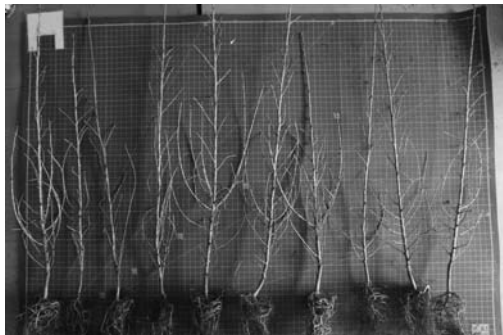
(2)N1P1-2차



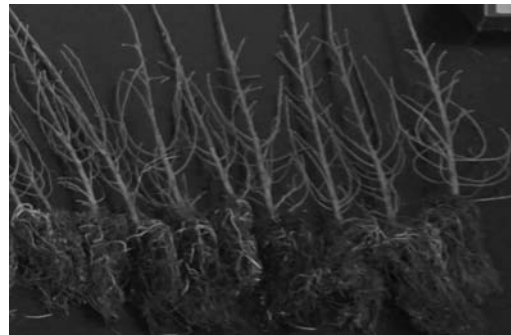
(3)P1N1-1차



(3)P1N1-2차



(4)P1P1-1차



(4)P1P1-2차

그림 5. 묘목 성장 변화

표 2. 분석데이터 평균

구분	차수	총건중(TDW) (g)	H/D율 (%)	T/R율 (%)	묘목품질지수 (QI)
(1)N1N1	1차	0.29	9.59	1.79	0.03
	2차	12.10	5.34	1.79	1.75
(2)N1P1	1차	0.30	8.11	1.59	0.04
	2차	6.64	6.18	0.85	0.99
(3)P1N1	1차	0.93	4.40	1.00	0.18
	2차	46.31	7.09	2.45	5.33
(4)P1P1	1차	2.03	9.88	0.65	0.29
	2차	8.53	8.48	1.14	0.93

정시 (2)N1P1이 0.85%로 가장 낮은 수치를 보였다.

4) 묘목품질지수(Quality Index)

- 묘목품질지수(QI)는 묘목의 H/D율과 T/R율 TDW의 인자를 이용하여 산출하는 것으로 묘목의 우수도를 나타내는 지수이다.
- 묘목품질지수는 4곳의 환경에서 모두 증가한 것으로 나타났으며 1차와 2차 측정의 변화율은 (3)P1N1이 0.18에서 5.33으로 약 30배 증가하였다.
- 1차 측정에서는 (4)P1P1이 0.29로 묘목품질지수가 가장 높은 것으로 보여져 초기생장이 좋은 것으로 보

여진다.

- 묘목품질지수는 2차 측정 기준 (3)P1N1>(1)N1N1>(2)N1P1>(4)P1P1 으 로 노지로 이식한곳에서 그 품질이 높게 나타났으며, 포트1년 생육 후 노지로 이식한 환경에서 가장 높은 묘목품질지수를 나타냈다.

나. 결론

- 포트1년 생장 후 노지로 이식(3)P1N1) 한 환경이 묘목품질지수가 가장 높게 나타났으며 이는 품질이 가장 우수한 것으로 보여진다.
- (3)P1N1은 T/R율이 다른 생육환경에 비하여 높은 것으로 나타났지만 이는

뿌리생장보다 상부성장이 활발하였음을 보여주고 생육환경에서 지하부에서 얻을 수 있는 영양분 보다 지상부에서 얻을 수 있는 영양분이 크기 때문에 나올 수 있는 결과로 보여진다.

- (3)P1N1은 다른 환경들에 비해 2차 측정시 수고, 근원경, 무게 등이 크게 높았으며 이는 가장 좋은 생육환경 변화라고 보여진다.
- (4)P1P1은 1차 측정시 T/R율이 가장 낮고 묘목품질지수가 가장 높게 나타

났다. 1차 측정당시 생육환경이 변화된지 얼마 되지 않았기 때문에 이는 포트 파종하는 것이 노지 파종하는 것에 비하여 초기생장이 더 좋은 것으로 보여진다.

본 원고는 산림청의 용역으로 수행된 2017년 국유 양묘장 토양조사'의 결과를 바탕으로 작성되었으며 본 과제 수행을 위해 도움을 주신 산림청 강영관 사무관과 김수지 주무관에게 감사드립니다.



조사·연구

산양삼 재배지에서 입지 및 토양환경과 생장간의 상관관계 분석

변재경/박성범/김용민
사)한국산지환경조사연구회

서론

재배인삼은 논과 밭에서 인위적으로 적합한 환경을 조성하여 재배하지만 산양삼은 산에서 농약과 비료를 사용하지 않고 자연적으로 키우는 삼이다. 산양삼은 산지의 방위, 경사 및 모암 등 입지환경과 토양특성에 따라 산양삼 생존율에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 표고, 토심, 산도, 전기전도도, 유기물과 같은 재배지의 입지 및 토양 인자와 산양삼의 무게가 어떤 상관관계를 가지는지 조사하여 각 인자들이 산양삼의 생육에 어떤 영향을 미치는지 고찰하였다.

재료 및 방법

산양삼의 생장에 영향을 미치는 여러 요소들과 산양삼의 지하부 중량과 크기 등의 상관관계를 분석하고 산양삼 재배적지의 특성을 파악하기 위하여 산양삼 재배지 11개소에

서 산양삼 시료를 채취하여 조사하였다. 산양삼을 채취한 재배지 지역은 무주, 평창, 거창, 금산, 남원, 공주, 임실, 영주, 남양주, 단양, 서산이었다. 각 지역마다 연근이 같은 산양삼을 12뿌리씩 채취하였고, 채취한 산양삼에 대하여 지하부의 길이, 지하부의 중량, 뇌두의 길이, 뇌두의 직경, 주근의 길이, 주근의 직경 등을 조사하였다. 산양삼의 생장에 영향을 미치는 요인을 구명하기 위하여 토양의 이화학적인 산도, 전질소, 전기전도도, 유효인산 함량, 양이온치환능력, 치환성양이온, 입경 분포, 토성, 유기물과 토양특성 및 입지환경인 토심, 낙엽층 두께, 표고를 조사하였다. 또한 이들 각 지역별 토양 단면을 비교하였다.

분석결과

산양삼의 무게가 클수록 재배지의 생산능력이 우수하다고 생각되므로 산양삼의 무게를 바탕으로 그 값이 높을수록 산양삼 재배적지

라고 판단하였으며 생산능력을 대신하는 값으로 사용하였다. 그 결과 평창, 무주, 거창, 남

원, 금산, 임실, 영주, 단양, 공주, 남양주, 서산 순으로 생산능력 값이 높았다.

표 1. 지역별 산양삼 시료의 부위별 생장량 조사결과

	토심(cm)		낙엽층 (cm)	표고 (m)	지하부 길이 (cm)	지하부 중량 (g)	주근길이 (cm)	주근직경 (mm)
	A	B						
평창	50	90	2.5	925	27.2	7.9	4.5	10.8
무주	40	80	2.6	730	32.0	6.7	5.0	12.9
거창	40	70	1.8	640	25.1	6.4	3.2	12.5
남원	40	80	1.5	510	19.1	4.6	4.4	10.4
금산	35	70	2.0	327	25.1	4.5	3.5	12.4
임실	30	65	2.1	238	16.5	4.0	3.8	10.9
영주	17	64	5.0	370	21.9	3.5	3.5	9.5
단양	20	76	2.0	160	16.7	3.5	3.2	8.8
공주	23	78	2.0	311	23.1	2.4	2.8	9.7
남양주	17	75	3.5	400	19.9	2.3	2.7	8.8
서산	20	65	4.0	85	13.4	1.6	3.7	7.4

표 2. 지역별 산양삼 재배지 토양의 화학적 특성

	산도 (pH)	유기물 (%)	전질소 (%)	유효인산 (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	치환성 양이온				EC (dS/m)
						K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
평창	5.3	13.37	0.485	6.0	28.89	0.43	0.09	1.60	0.48	0.24
무주	5.1	6.84	0.324	37.0	17.78	0.39	0.07	0.87	0.27	0.21
거창	4.8	5.75	0.208	12.0	19.29	0.14	0.08	0.33	0.12	0.28
남원	4.8	4.74	0.253	37.7	18.99	0.14	0.09	0.76	0.33	0.34
금산	5.2	5.41	0.250	34.7	11.22	0.17	0.05	0.55	0.08	0.25
임실	4.8	4.47	0.248	13.7	18.41	0.19	0.13	3.41	1.55	0.63
영주	4.9	1.94	0.101	0.7	14.23	0.35	0.08	0.92	0.40	0.25
단양	4.9	2.16	0.114	15.0	17.38	0.52	0.08	0.84	0.24	0.53
공주	4.4	9.24	0.273	18.3	24.05	0.28	0.08	1.26	0.34	0.83
남양주	5.0	2.76	0.137	1.7	21.12	0.40	0.09	2.35	0.73	0.29
서산	4.6	5.50	0.217	4.3	22.15	0.19	0.09	0.71	0.26	0.34

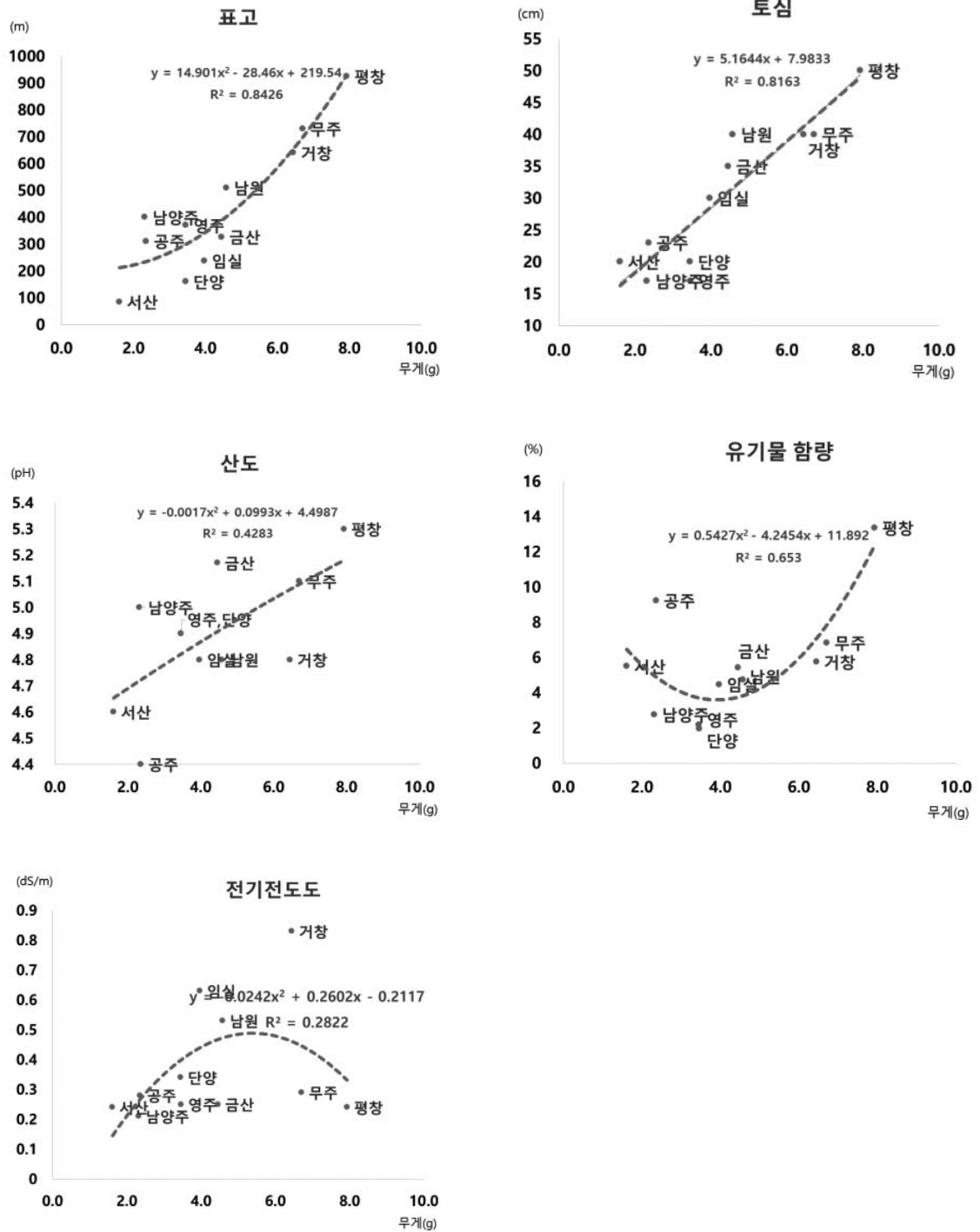


그림 1. 산양삼 무게와 재배요소의 상관관계

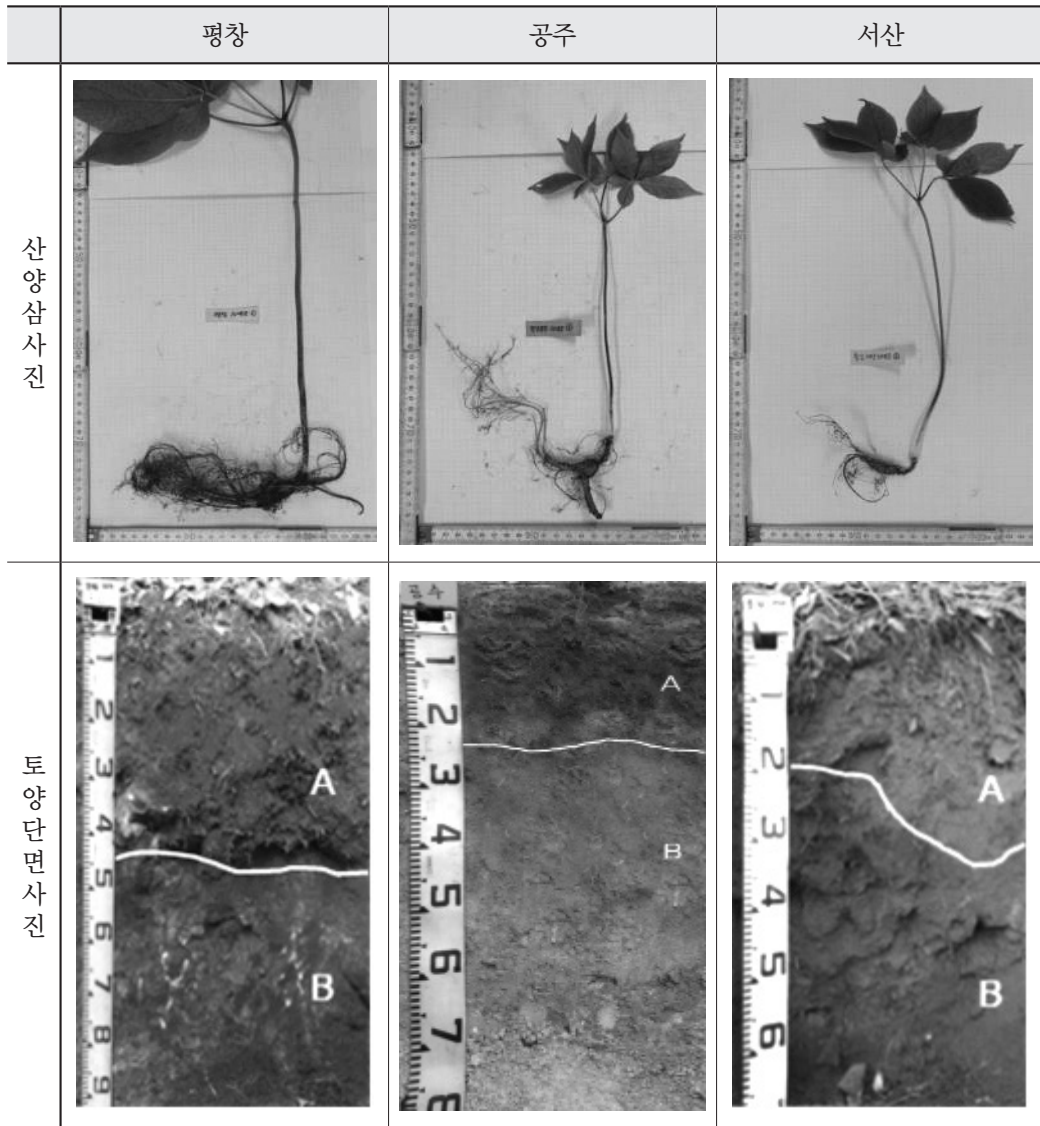


그림 2. 산양삼 적지와 비적지 토양단면 및 산양삼 비교

결론

산양삼 재배지의 생산능력에 따라 산양삼 생장에 영향을 미치는 요인들을 나열하여 비교하였다. 그 결과 전기전도도는 무주와 평창

을 제외하면 전기전도도가 클수록 산양삼의 무게도 컸고 산도는 pH 4.6 미만에서는 산양삼의 무게가 작았고 pH 4.6이상에서는 산도가 높을수록 무게가 컸다. 그리고 토심이 깊을수록, 표고가 높을수록 산양삼의 무게가 큰 것

으로 나타났다. 또한 유기물의 함량은 공주, 서산, 남양주를 제외하면 높을수록 산양삼의 무게가 큰 것으로 보여진다. 토심에서는 B층보다 A층의 토심이 더 큰 영향을 미치는 것으로 보이며 유효인산과 전질소함량, 양이온치 환용량은 산양삼 재배지의 생산능력과 큰 상관관계를 나타내지 않는 것으로 나타났다.

재배지별 생산능력 값과 산양삼의 생장에 영향을 미치는 요소들과의 상관관계를 그래프로 나타낸 결과 전기전도도, 유기물함량, 산도들과 같은 토양의 이화학적 특성은 산양삼의 생장에 간접적인 영향을 미치고 토심과 표고와 같은 특성이 더 직접적인 영향을 미치는 것으로 보인다. 이 밖에 다른 요인들이 산양삼의 무게와 상관관계가 명확하게 나타나지 않은 이유는 복합적인 상호작용이 작용하여 영향을 미치는 것으로 판단된다.

11개소의 산양삼 재배지 중에서 가장 높은 생산능력 점수를 나타냈던 평창과 가장 낮은 점수를 나타냈던 서산 그리고 중간 값을 보였던 공주의 재배지 토양단면과 산양삼의 형태

를 비교해 보았다. 평창, 공주, 서산의 표고는 각각 925m, 311m, 85m이고 A층의 토심은 각각 50cm, 23cm, 20cm이었으며 B층의 토심은 각각 90cm, 78cm, 65cm 순으로 나타났다. 또한 생산능력이 높을수록 유기물의 함량이 풍부하여 토색이 어두웠고 토양이 단단하지 않고 부드럽다. 또한 토성에 점토기가 없어 배수가 잘 된다.

아직까지는 산양삼의 품질기준에 대한 명확한 기준이 없어, 이번 연구에서는 산양삼의 생산능력을 무게로만 판단하였다. 하지만 산양삼은 인삼과는 다르게 자연상태로 산에서 키우는 삼이기 때문에 상대적으로 인삼에 비해 무게가 적고 크기가 작다. 따라서 무게만으로 산양삼의 생산능력을 판단하는 것은 산양삼의 특징을 잘 반영하지 못한 것으로 판단된다. 그러므로 추후에는 산양삼 고유의 성분, 맛과 향에 대한 분석을 통해 산양삼에 대한 품질의 기준을 정립하고 이에 따른 산양삼의 재배적지의 선별이 필요하다.



부 록

정 관

1996. 8. 9 허가
 1998. 4. 28 개정
 1999. 11. 13 개정
 2001. 3. 26 개정
 2005. 12. 06 전문개정
 2009. 10. 01 개정
 2017. 8. 14 개정

제 1장 총 칙

제 1조 (명칭) 본 회는 사단법인 한국산지환경조사연구회(이하 “본회”)라 한다.

제 2조 (목적) 본 회는 산림환경에 관련된 종합적인 조사·연구와 과학적인 산림자원 관리 및 산림정책 수립에 필요한 산림자원 통계의 생산 및 정보 제공으로 임업발전에 기여하며, 사업을 통하여 취약 계층에게 일자리를 제공하고 사회서비스를 확충하며 사회에 공헌함을 목적으로 한다.

제 3조(사무소) 본 회의 주 사무소는 경기도 남양주시 진접읍에 두고 필요에 따라 특, 광역시 및 각도에 지회를 둘 수 있다.

제 4조 (사업) 본 회는 제2조의 목적을 달성하기 위하여 다음 각호의 사업을 행한다.

- ① 다음 각 호의 사업에 대하여 조사 및 연구·개발한다.
 1. 산림자원조사 및 모니터링
 2. 산림입지환경조사 및 산지이용구분조사
 3. 산림자원의 가치 및 지속가능성 평가
 4. 산림생태환경의 조사 및 영향평가
 5. 산림 경영계획의 작성
 6. 산림재해 방지 및 수자원 보존을 위한 오염실태조사

7. 원격탐사기법의 임업적 응용연구
8. 산림영상판독 및 산림측정기술 개발
9. 산림지리정보 시스템개발 및 DB구축
10. 산림영상사진 판독사 자격 검증 및 관리 운영
11. 산림토양의 이화학적 분석 및 평가
12. 임업소득 향상을 위한 인삼을 조사 및 생산단지 조성에 대한 컨설팅
13. 수목의 피해원인 조사·진단 및 평가
14. 기타 임업에 관련한 자문 및 컨설팅
- ② 임업기술과 관련된 해외 기술협력 및 정보교환
- ③ 본 회 목적과 관련된 정보수집, 교류, 세미나, 기술교육 및 간행물 발간
- ④ 본 회 목적과 관련된 사업의 수탁 및 용역

제 2장 회 원

제 5조(회원의 구성) 본 회의 회원은 정회원 및 일반회원으로 한다.

제 6조(회원의 자격)

- ① 정회원은 본 회의 목적에 동의하고 회원가입을 원하는 개인 또는 단체
- ② 일반회원은 본 회 및 임업발전에 기여한 자

제7조(회원의 가입) 본 회의 회원으로 가입하고자 하는 자는 소정의 가입신청서를 제출하고 이사회 승인을 얻어야 한다.

제8조(회원의 권리)

- ① 정회원은 임원에 대한 선거권, 피선거권(단체회원 제외) 및 총회에서 발언권과 의결권을 가진다.
- ② 일반회원은 발언권만 가진다.

제9조(회원의 의무) 본 회의 회원은 정관 규정을 준수하고 이에 따른 규정과 총회 및 제반업무 수행에 적극 협조하여야 한다.

제10조(회원의 탈퇴, 자격상실, 제명 및 자격정지)

- ① 회원은 임의로 탈퇴할 수 있다.
- ② 금치산, 파산선고, 사망 및 제명 처분을 받았을 때에는 자격을 상실한다.
- ③ 제9조의 의무를 이행하지 않거나 본 회의 목적에 위반 행위를 한 는 이사회 의결에 의하여 제명할 수 있다.
- ④ 회비를 2년 이상 체납 시 회원의 자격이 정지된다.

제 3장 임원 및 조직

제11조(임원의 구성) 본 회의 다음의 임원을 둔다.

1. 회 장 : 1인
2. 부 회 장 : 3인 이내
3. 이 사 : 20인 이내(회장, 부회장, 상임이사를 포함한다.)
4. 상임이사 : 3인 이내
5. 감 사 : 2인 이내

제12조(임원의 자격 및 선출) 임원은 이사회 의 제청으로 총회에서 선출한다.

제13조(임원의 임기)

- ① 임원의 임기는 3년으로 하고 감사는 2년으로 한다.
- ② 보선에 의하여 취임한 임원의 임기는 전임자의 잔여임기로 한다.
- ③ 회장을 제외한 임원의 임기 중 궐위 또는 유고 시 이사회 의결을 거쳐 선임하고 총회에 보고한다.

제14조(임원의 직무) 임원은 다음의 직무를 행한다.

1. 회장은 본 회를 대표하여 업무를 총괄하고 총회와 이사회 의 의장이 된다.
2. 부회장은 회장을 보좌하며 회장 유고시에는 부회장 중에서 연장자순으로 그 직무를 대행한다.
3. 상임이사는 회장의 명을 받아 이 조사연구회의 업무를 집행한다.

4. 이사는 정관의 규정에 의한 이사회 기능에 속하는 사항과 회무에 관한 사항을 심의 의결한다.
5. 감사는 본 회의 재산 및 업무집행 상황을 감사하여 총회에 보고하고 이사회에 참석하여 의견을 진술할 수 있다.

제15조(임원의 보수) 상근임원의 경우에는 유급으로 하고, 비상근 이사는 업무수행 시 수당을 지급할 수 있다.

제16조(임원의 해임) 임원은 다음 각호의 1에 해당하는 경우 총회의 결의로 해임할 수 있다.

1. 본 회의 명예를 훼손하였을 때
2. 본 회의 부정행위가 있을 때
3. 고의 또는 중대한 과실로 본 회의에 중대한 손실을 초래한 때
4. 재적회원 3분의 1이상이 해임 요구가 있을 때

제17조(자문위원 및 전문위원) ① 본 회의 연구발전과 조사기술개발에 대한 자문을 받기 위하여 자문위원 및 전문위원을 둘 수 있으며, 자문이나 회의참석 시 소정의 수당을 지급할 수 있다. 다만 상근위원은 일정의 보수를 지급할 수 있다.

② 자문위원 및 전문위원은 이사회의 의결을 거쳐 회장이 위촉한다.

제18조(조직) ① 본 회의 업무를 원활하게 수행하기 위하여 필요한 조직 및 업무분장 등에 관한 사항은 내규로 정한다.

제 4 장 회 의

제19조(회의 종류) 본 회의 회의는 총회 및 이사회로 한다.

제20조(총 회) ① 총회는 정기총회와 임시총회로 한다.

- ② 정기총회는 매년 2월중에 개최하고 회장이 소집한다.
- ③ 임시총회는 회장이 필요하다고 인정할 때, 재적이사 3분의 1이상의 요청이 있을 때, 재적회원 3분의 1이상의 요청이 있을 때, 또는 감사가 긴급을 요하는 중요한 사유를 발견

할때 회장이 소집한다.

④ 총회는 다음 각호의 사항을 심의 결의한다.

1. 사업계획, 예산 및 결산에 관한사항
2. 정관개정 및 법인의 해산에 관한사항
3. 임원선출 및 해임에 관한 사항
4. 사업계획 및 사업보고에 관한 사항
5. 기타 중요한 사항

⑤ 총회는 재적회원 과반수의 출석으로 개최하고 출석회원 과반수의 찬성으로 의결한다.

⑥ 총회의 의사결정을 과정 등을 명확히 하기 위하여 의사록을 작성하고 의장과 출석한 이사는 기명 날인 또는 서명한다.

제21조(이사회) 본회는 회장, 부회장, 이사, 상임이사로 구성되는 이사회를 둔다.

제22조(이사회 개최) ① 이사회는 회장이 필요하다고 인정하거나 이사 과반수이상의 요구가 있을 때에는 회장이 이를 소집하여야 한다.

② 회장이 이사회를 개최하고자 할 때에는 회의개최 7일 이전에 목적, 일시, 장소를 정하여 이사에게 통지하여야 한다.

제23조(이사회 의결사항) 이사회의 의결사항은 다음과 같다.

1. 업무의 집행에 관한 사항
2. 사업계획의 운영에 관한 사항
3. 예산, 결산서 작성
4. 총회에서 위임 받은 사항
5. 정관에 의하여 그 권한에 속하는 사항
6. 기타 회장이 필요하다고 인정하는 사항

제24조(의결정족수) 이사회는 구성원 과반수의 출석으로 개최하고 출석인원 과반수로 의결하되 가부동수일 때에는 의장이 이를 결정하고 필요에 따라 서면으로 결의할 수 있다.

제 5장 재산 및 회계

제25조(재산 및 재정) 본 회의 재산과 재정은 다음 수입으로 충당한다.

1. 회원의 회비
2. 사업수익금
3. 찬조금, 기부금
4. 기타 수입금

제26조(회계연도) 본 회의 회계연도는 정부의 회계연도에 준한다.

제27조(예산의 편성) 회장은 사업연도 초에 사업계획서와 예산을 편성하여 이사회의 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제28조(예산의 결산) 회장은 매 회계연도 종료 후 2개월 이내에 회계연도 말 현재 감사의 의견서를 첨부하여 사업보고서와 세입·세출결산서를 이사회의 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제29조(잉여금의 처분) 회계연도 말에 잉여금이 생긴 때에는 총회의 결의에 따라 그 전부 또는 일부를 재산으로 적립하거나 다음 회계연도에 이월시켜야 한다.

제 6장 지 회

제30조(설치) 본회는 제3조의 규정에 의하여 필요한 지역에 지회를 둘 수 있다.

제31조(운영) 각 지회는 본회의 정관에 준하여 운영한다.

제32조(지회장 선출) 각 지회는 지회장, 총무를 선출하고 선출 즉시 임원명단, 회의록 및 취임 승낙서를 첨부하여 본회 대표에게 보고하고 인준을 받아야 한다.

제 7장 보 칙

제33조(감사) 본 회의 감사는 정관 제14조 제5항의 규정에 따라 회의 업무 및 재무에 관한 사항을 연 1회 이상 감사하여 총회에 보고해야 한다.

제34조(해산) 본 회의 해산은 이사회 의결을 거쳐 총회에서 회원의 3분의 2이상의 출석과 3분의 2이상의 찬성으로 의결하여 산림청장에게 신고하여야 한다.

제35조(청산 재산의 처리) 본 회의 청산 잔여재산은 산림청장이 지정하는 국가, 지방자치단체 또는 유사목적 가진 다른 비영리 법인에 귀속한다.

제36조(정관의 개정) ①정관의 개정은 재적회원의 과반수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2 이상의 찬성으로 의결한다.

②전항의 정관개정은 주무부처의 승인을 받아야 한다.

부 칙 (1996. 8. 9.)

① (시행일) 본 정관은 산림청장의 허가 날로 부터 효력을 발생한다.

② (경과조치) 허가당시 창립총회에서 선출된 임원은 본 정관에 의하여 선출된 것으로 본다.

③ 본 정관에 없는 사항은 법령 및 관례에 따른다.

부 칙 (1998. 4. 28.)

① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (1999. 11. 13.)

① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2001. 3. 26.)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2005. 12. 6.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (준용) 이 정관에 규정되지 아니한 사항은 민법의 규정에 의한다.
- ③ (경과 규정) 이 정관 개정당시 재임중인 임원의 임기는 2007년 2월 말일까지 로 한다.

부 칙 (2009. 10. 1.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (준용) 이 정관에 규정되지 아니한 사항은 민법의 규정에 의한다.
- ③ (경과 규정) 이 정관 개정당시 재임중인 임원의 임기는 잔여임기까지로 한다.

부 칙 (2017. 8. 14.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (경과 규정) 이 정관 개정당시 명예회원은 일반회원으로 가입된 것으로 본다.

임원 및 회원 주소록

임원

- 회장 : 변재경
- 부회장 : 김정환, 심우범, 원형규
- 이사 : 안병영, 오종환, 홍인표, 박재순, 박승중, 송장호, 연정수
- 감사 : 원현기

자문위원

이여하, 김태훈, 이진규, 류택규, 김규현, 이동섭, 김석권, 김성식, 최명섭

전문위원

배상원

정회원

변재경, 안병영, 연정수, 김정환, 심우범, 원형규, 오종환, 홍인표, 박재순, 박승중, 송장호, 원현기, 장영기, 이여하, 김태훈, 이진규, 류택규, 김규현, 이동섭, 김석권, 김성식, 최명섭, 배상원, 김용민, 이종명, 최인규, 김문겸, 전수진, 정양수, 박성범, 이승현, 김기남, 제갈상규 (33명)

일반회원

김춘식, 구교상, 구창덕, 박관수, 박병배, 손요환, 이명중, 이시영, 김정하, 김선경, 김용석, 김재원, 김종찬, 김철민, 김철수, 박정신, 서수안, 서호석, 성주한, 안경모, 윤호중, 이대섭, 이대호, 이봉수, 이승우, 이원규, 이충화, 이창우, 이태수, 조현국, 전현선, 조재형, 조현제, 지동훈, 최 경, 최형태, 홍의기, 홍한표 (38명)

회원주소록

직 책	성 명	주 소	전화번호
회장	변재경	경기도 남양주시 별내3로285, 1603동503호(현대아이파크)	010-9493-3924
부회장	김정환	경기도 성남시 분당구 황새울로116번길 4-1	010-8714-9547
	심우범	경기도 남양주시 퇴계원면 도제원로84, 102동804호	010-9116-7053
	원형규	서울시 노원구 덕릉로780, 105동2006호(동아불암㉠)	010-9824-1131
상임 고문	안병영	경기도 의정부시 평화로 322번길52, 303동 1408호	010-6336-5109
이사	오종환	서울시 도봉구 도봉로136길28, 503동702호	011-9715-8817
	홍인표	경기도 의정부시 효자로26, 602동904호	010-9948-7211
	박재순	경기도 성남시 분당구 느티로70, 302동804호	010-5217-8166
	박승중	서울 동작구 신대방6길 9	010-5399-1553
	송장호	서울 도봉구 도봉로110 나길 80-12	010-3286-8254
	연정수	서울시 도봉구 노해로70길12, 6동706호(동아㉠)	010-2679-0194
감사	원현기	강원도 원주시 단관길 67-6	010-7346-1962
자문위원	이여하	서울시 강남구 봉은사로29길44 성곡빌라301호	010-8752-4955
	김태훈	서울시 영등포구 당산로214, 412동1902호(삼성레미안㉠)	010-5404-3926
	이진규	경기도 구리시 수택천로60, 103동1006호(주공㉠)	010-3558-1765
	류택규	서울시 동대문구 제기로26길26, 103동1404호(동부㉠)	010-9454-1939
	김규현	서울시 구로구 구일로4길65, 110동1303호(주공㉠)	010-6292-2133
	이동섭	경북 상주시 냉림사길 10-8	010-8878-2600
	김석권	경기도 남양주시 별내중앙로 83, 3802-702 (별내동익미라벨㉠)	010-5216-3893
	김성식	경기도 남양주시 진접읍 장현로 43-29 동부주택 7-110	010-9260-2305
	최명섭	서울시 중랑구 용마산로 669 107-1502 (신내테시앙㉠)	010-5058-8198
전문위원	배상원	경기도 고양시 덕양구 충장로 475, 14-4다동 207(개나리㉠)	010-5306-9627

직책	성명	주소	전화번호
회원	장영기	경기도 의정부시 경의로132번길 80, 201동802호	010-7195-8760
	김춘식	경남 진주시 동진로33 경남과학기술대학교	055-751-3124
	구교상	경기 의정부시 장곡로628 21번길 삼성레미안아파트 103동 103호	010-9057-1959
	구창덕	충북 청주시 서원구 충대로 1 충북대학교 농업생명환경대학 산림학과	043-261-2532
	박관수	대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 산림자원학과	042-821-5413
	박병배	대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 산림자원학과	010-3649-3389
	손요환	서울시 성북구 안암1동 고려대학교 자연과학대학	02-997-0125
	이명종	강원도 춘천시 강원대학길 1(효자동, 강원대학교 산림과학대학)	033-250-8310
	이시영	강원도 삼척시 중앙로 346 강원대학교 삼척캠퍼스	010-5366-0054
	김경하	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림생태연구과	02-961-2601
	김선경	경기도 고양시 일산동구 은행마울로16 107-1301	010-3955-2646
	김용석	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림복원연구과	010-7762-9872
	김재원	충남 천안시 동남구 성남면 성남로 343-18 (주)에이치에스엠 부설연구소장	010-5248-3890
	김종찬	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	010-2373-2405
	김철민	서울시 도봉구 해등로25길 41 한양아파트 701동 904호	010-8967-9223
	김철수	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 수목보호회	010-4399-2999
	박정신	경기도 구리시 건안대로 99번지길 112 동문굿모닝힐1차 102-403	010-3881-0277
	서수안	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	010-5287-2054
	서호석	충남 천안시 서북구 봉주로 107-6 016-301 (벽산A)	010-8760-2420
	성주한	경기도 포천시 소흘면 직동리 산림생산기술연구소장	010-9109-3381
	윤호중	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림보전부	02-961-2600
	이대섭	서울시 노원구 공릉로 46길 32 02-1201 (삼익A)	010-2063-9954

직책	성명	주소	전화번호
회원	이대호	서울시 서초구 동작대로 186 산지보전협회	070-7865-0480
	이봉수	서울시 강남구 학동로 77길 49 101-609 (삼환㉠)	010-9252-1008
	이승우	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	02-6393-2671
	이원규	서울시 강동구 동남로 49길 57 12-307 (현대㉠)	010-3410-2650
	이충화	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	02-6393-2660
	이창우	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림방재연구과	02-961-2688
	이태수	서울시 강서구 곰달래로 54길 30	010-3174-1460
	조현국	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	010-2302-0304
	전현선	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림산업연구과	02-961-2801
	조재형	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림복원연구과	02-961-2631
	조현제	대구광역시 동구 파계로 46 102-1001(태항그린힐즈㉠)	010-6331-7422
	지동훈	서울시 강서구 공항대로 475 한국임업진흥원	010-4484-3116
	최 경	서울시 성북구 정릉로 305 경남@ 103-603호	010-5275-2521
	최형태	서울시 동대문구 회기로57 국립산림과학원 산림복원연구과	02-961-2643
	홍의기	경기도 남양주시 와부읍 덕소로97번길69, 115-901호 (코오롱㉠)	010-8637-6031
	홍한표	서울시 노원구 섬밭로265, 17동701호	010-5689-7155
차장	김용민	서울시 노원구 동일로208길20, 206동604호	010-2373-1875
	이종명	서울시 노원구 섬밭로285, 122동405호	010-6277-2155
	최인규	서울시 노원구 섬밭로263, 15동507호(상아㉠)	010-2785-1125
과장	김문겸	경기도 남양주시 느을3로 70 하나꿈에그린 1503동 601	010-3422-1662
	전수진	경기도 남양주시 퇴계원면 도제원로68, 104동402호 (쌍용㉠)	010-3137-1952
대리	정양수	서울시 중랑구 동일로958, 101동1001호 (골든팰리스㉠)	010-8276-8201

[illegible]

주요일지

설립약사

- 1995. 10. 29 창립총회
- 1996. 8. 9 사단법인 설립허가(산림청장)
- 1996. 8. 31 법인등기(등록번호 115221-0001820)
- 1996. 9. 9 사업자등록(등록번호 132-82-03732)
- 1998. 4. 28 제1차 정관개정 승인
- 1999. 11. 13 제2차 정관개정 승인
- 2001. 3. 17 산림사업을 목적으로 설립된 법인등록(산림청 제2001-5)
- 2001. 3. 26 제3차 정관개정 승인
- 2005. 12. 6 제4차 정관개정(전문개정) 승인
- 2009. 10. 1 제5차 정관개정 승인
- 2011. 2. 28 소프트웨어 사업자 신고(신고번호 B11-39525)
- 2011. 3. 23 엔지니어링 활동주체 신고(신고번호 12-000210)
- 2017. 8. 14 제6차 정관 중 일부개정 승인
- 1997. 2. 21 제1차 정기총회 이후 2018년까지 제21차 정기총회 개최

주요 사업실적(1996년~2017년)

- 산림입지조사 및 1:25,000 산림입지도 제작
 - 산림입지조사(1996~2000년) : 1,640,975ha
 - 산림입지조사 보완(1999~2002년) : 1,040,494ha
 - 산림입지구획을 위한 항공사진 판독(1996~2000년) : 2,485,014ha
- 국유림경영계획 작성을 위한 산림조사
 - 산림조사면적(2000~2011년) : 298,987ha
 - 조사 경영계획구 : 27개 경영계획구

- 조사 경영구명 : 철원, 인천, 원통, 영해, 보은(보완), 단양(보완), 성산, 울릉, 단양, 진안, 무주(보완), 진부, 교가, 옥천, 화천, 화성, 순천, 기린, 보은, 순천, 포항, 곡성, 창춘, 대전, 횡성, 국립수목원, 공주(보완)
- 국유림 잡종재산 실태 조사 : 2,877필지
- 산림정밀지도 제작 및 활용시스템 구축
 - 사업기간 : 2007 ~ 2009 (3년간)
 - 조사지역 : 단양; 64,219ha, 경주; 34,683ha, 달성; 26,079ha
- 공원지역 토양조사
 - 서울 숲 및 부산 경남경마공원 토양조사 : 2009년 2건
 - 인천 송도지구 삼성바이오로직스 조경공사지 토양조사 : 2012년 1건
- 연구용역
 - 사방댐 및 황폐지 복구등 사방 관련 시험연구 4건
 - 민통선지역의 산림토양 및 산지이용실태 조사연구 1건
 - 산림훼손실태 및 건강모니터링 1건
 - 광릉, 제주시시험림의 입지환경조사 및 토양도 작성 : 2건
 - 국사유양묘장 토양조사(2006~2017) : 국 19, 사15
 - 임지생산 능력급수도 현행화 및 임상·토양정보 활용모델개발 : 2012년 1건
 - 광릉 숲 토양속성 및 공간분포 특성조사 : 1건
 - 광릉 시험림 정밀 산림조사(산림생산기술연구소 : 1건)
 - 녹색자금 숲 체험 교육사업 : 1건
 - 광릉시험림 정밀 산림조사(산림생산기술연구소) 1건
- 외국 관련 용역
 - 중국 서부지역(5개지역) 조림사업 PMC용역 1건
 - 미얀마 중부지역 녹화시험단지 조성사업 1건
 - 중국 북경지구 산림종합경영 시범사업 PMC용역 1건
- 국가공간정보 기반 구축사업
 - 1:5,000 산림입지토양도 제작 : 2008년~2017년까지 3,508도엽(1,185,000ha)
 - 1:5,000 임상도 구축 및 현행화 사업 : 2009년~2017년까지 임의 4956도엽, 자연 1,304도엽
 - 접경지역 임상도 감리 : 2013년 670도엽의 12%(81도엽)
- ‘산지환경’회지 발간 : 20회
- 산림토양 세분류 조사 : 3년

- 산양삼 생산적합성 조사 시료채취 및 생산 과정 확인 : 적합성 조사 1,013건, 생산과정 확인 2,191건

2018년 수행사업

- 1:5,000 산림입지토양도 제작 : 283도엽(137,367ha), (한국임업진흥원)
- 1:5,000 임상도 현행화 사업 : 자연적변화 772도엽, 인위적변화 3,605도엽(한국임업진흥원)
- 국유양묘장 토양조사 : 국유묘포 2지역(춘향, 서벽), 산림청
- 진주, 안동 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지토양도 제작 : 2지역 3개소(국립산림과학원)
- 산양삼 생산적합성 조사 시료채취 및 생산 과정 확인 : 적합성 조사 500건, 생산과정 확인 1,300건(한국임업진흥원)
- 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사 : 1건(국립산림과학원)
- 소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰 조사 : 1건(경기, 강원, 24,951ha)
- 전국 땅밀림 우려지 추출 및 조사기법 개발 연구 : 1건
- 산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련 : 시료분석(한국임업진흥원)
- ‘산지환경’회지 발간 : 제 21호

부 록

연도별 회지 목록

창간호 1998

창간사	김태옥
축 사	
산지환경 창간호 발간을 축하하며	이보식
격려사	
전문회지로 발전하기를 기원하며	이여하
산지환경지 창간을 축하하며	김사일
산림경영과 산지환경	
산지환경과 산지활용	류택규 / 9
특별기고	
산림청에서는 이런일을 하고 있다	산림청공보실 / 16
논 단	
자연친화적 산지개발을 위한 생태학적 고찰	이창석 · 유영한 / 19
숲의 중요성	전영우 / 39
생물다양성과 산림 생태계	조현제 / 50
입지환경	
산림토양조사 약사	정진현 / 63
우리나라의 산림입지조사	안병영 / 76
제 언	
효과적인 산림입지조사 추진방향	김시민 / 104
산림종합 정보망 구축에 의한 우리의 미래상	이광섭 / 106
국내외 기술정보	
독일의 산림입지조사	배상원 / 108
미국의 토양 분류체계	박관수 / 119
국가지리정보 체계의 구축과 산림입지환경조사	마호섭 / 123
부 록	
정관,회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/129

제2호 1999

머리말	김태옥
논 단	
산림기능평가와 산림관리	김현식 / 5
산림과 水 환경	손희만 / 13
산림토양분야연구의 발전과 전망	손요한 / 16
지역개발과 산림	안상남 / 24
특 집	
1998산사태 발생특성과 21세기를 대비한 방재대책	최 경 / 31
물 순환과정 조절을 통한 친환경적 산원수자원증대방안	정용호 / 51
입지환경	
바람직한 산지 구릉지 개발의 추진방향에 관한 소고	최영국 / 64
지구환경오염을 말한다(I)	이충화 / 84
산림생산력과 임지양분유효도 향상	김춘식 / 88
석회암지역의 임지관리	안병영 · 김정환 / 92
제 언	
산지환경개선을 위한 산림경영방안	이병기 / 98
21세기를 향한 산지환경정책	김동수 / 100
국내외 기술 정보	
뉴질랜드 토지이용의 지속가능성의 문제	구창덕 / 102
독일 헛센주의 산림입지조사	배상원 / 113
부 록	
회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 124

제3호 2000

머리말	김태옥
논 단	
산지 관리제도(요약)해설	전범권 / 5

풍요로운 새 천년을 위한 임업 설계	이원규 / 11
대기오염(산성비)에 의한 산림피해 현상과 대책	유정환 / 17
도시산림, 녹지의 중요성과 식생관리계획	조현재 / 26
토양 중 탄소축적에 대한 산림경영의 영향	박관수 / 32
기후변화와 산림내 탄소	김춘식 / 39
특 집	
21세기 임업과학의 전망	심중섭 / 44
영월댐이 하류 수질환경에 미치는 영향	김범철 / 46
입지환경	
생태미숲 조성과 관리(Ⅰ)	구교상 / 54
송이 증산을 위한 입지환경	김재수 · 구창덕 / 60
자생식물을 이용한 임도비탈면 복원	박완근 / 65
지구환경오염을 말한다(Ⅱ)	이충화 / 73
국내외 기술 정보	
산림입지도의 활용	배상원 / 76
산사태 유형	최 경 / 81
수량 수질확보를 위한 수원함양보안림 확충 및 관리	정용호 / 94
부 록	
정관, 회원 명단 및 임원 주소록	/ 108

제4호 2001

머리말	김태옥
논 단	
임업경영과 환경보전과의 관계해명	김사일 / 5
제3종 수원함양보안림 실태 및 대책	정용호 / 9
생태학을 응용하는 개념과 경관임업	구창덕 / 16
산림은 깨끗한 에너지의 보고	박순조 / 22
특 집	
국토생태통합 네트워크의 구축과 관리방향	김선희 / 24
지속가능한 산림경영을 위한 활용 방안	정진현 / 39

입지환경

산불발생임지의 토양특성변화	김춘식 / 47
폐탄광지 현황과 복구공법	최 경 / 56
지구환경 오염을 말한다(III)	이충화 / 81

국내외 기술 정보

일본의 환경친화적 계류사방	전근우 / 87
식물을 이용한 오염물질 정화	유정환 / 94
산림유역의 물 순환과 유역시험 결과	김경하 / 102
국내의 흰개미 분포 및 피해	강창호 / 116

제 언

임업계를 대변할 비정부기구(N.G.O)육성	박순조 / 121
-------------------------	-----------

부 록

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 124
--------------------------	-------

제5호 2002**머리말**

류택규

논 단

21세기 국유림 관리 기본방향	김용하 / 5
지속가능한 생태를 향한 조립	구창덕 / 20
소나무재선충의 피해와 방제방안	신상철 / 26

특 집

일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(I)	전근우 / 34
백록담 분화구의 수리 수문학적 특성	정용호 / 43
수변구역 산림의 수원함양 및 수질정화기능 증진을 위한 몇 가지 방안	박재현 / 51

입지환경

황사현상과 발원지의 황사방지 방법	이천용 / 92
중국의 방호림대와 모래막이 울타리의 사막화 방지기능	최 경 / 99
밤 재배지의 토양특성 변화 및 재배적지	구교상 / 113

기 술

산불의 대형화와 위험지역 구분	이시영 / 120
------------------	-----------

국립공원 자연자원조사	송인순 / 131
자연 친화적 산지기계류 복원기법(Ⅰ)	김경하 / 138
묘포 토양의 특성 및 관리방안	변재경 · 정진현 / 153
제 언	
광릉숲 보존에 관하여	김도경 / 174
부 록	
정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 178

제6호 2003

머리말	류택규
특별기고	
산지환경조사연구회에 바란다	조정무 / 5
전국토 완전녹화 기념관 건립을 촉구함	김사일 / 7
논 단	
사유림 경영 활성화를 위한 대안	김의경 / 11
새로운 산림조사의 체계 및 방향	이승호 / 16
특 집	
일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(Ⅱ)	전근우 / 33
계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능에 관한 고찰	박재현 / 42
입지환경	
임지 산성화의 생태적 의미와 회복을 위한 토양개량	이승우 / 61
전국 산림입지조사 및 수치산림입지도 구축 활용 방안	원형규 · 정진현 / 70
국내외 기술 정보	
자연 친화적 산지기계류 복원기법(Ⅱ)	김경하 / 82
일본의 오존, 산성비 및 토양산성화에 대한 연구동향	이충화 / 95
중국 서부지역 사방조림 지원사업 현장 정밀조사	안병영 / 105
제 언	
우리나라 국유림 경영관리에 대한 제언	최정기 / 123
북한의 식량사정과 사방조림을 통한 지원 필요성	이태수 / 127
부 록	

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 132

제7호 2004

머리말

류택규

산림정책

2004년도 산림정책 방향

김남균 / 5

논 단

우리나라 수원함량 보안림제도에 대한 고찰

김사일 / 14

지구규모의 환경파괴와 토양

이원규 / 23

특 집

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(III)

전근우 / 28

계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 관리전략

박재현 / 35

입지환경

산림사업관리가 산림토양에 미치는 영향

김춘식 / 68

국내외 기술정보

뉴질랜드 라디아타소나무의 지속가능한 조림

구창덕 / 73

산림경관 보전을 위한 철강재 사방댐의 경관향상

안병영·최경·오종환·홍한표 / 89

기법개발

중국서부지역 사방조림 지원사업 추진방향

최 경 / 119

부 록

정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지

/ 132

제8호 2005

머리말

류택규

산림정책

숲다운 숲을 가꾸어 산림복지 국가를 이룩합시다

조연환 / 3

특별기고

백두대간 보호에 관한 법률의 허와 실

김사일 / 8

경기도 산지전용 현황과 관리대책

황인표 / 12

산불피해지 수토보전기능 실태 및 조기회복 방안	정용호 / 19
전국산림입지조사 성과와 수치산림입지도 구축	정진현 / 31
수치산림입지도의 효율적인 활용방안 제시	안병영 / 42
논 단	
일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(IV)	전근우 / 44
중국의 산림피해 및 대기오염 실태	이충화 / 49
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과(I)	최 경 · 안병영 / 54
북한의 산림황폐 실태 및 복구 전략	박재현 / 84
연구논문	
산사태의 지질학적 원인	박 경 · 임주훈 · 이명보 / 102
산불로 인한 산림토양의 변화	이계한 / 114
해외정보	
산림경영을 위한 입지와 임분형 구분	배상원 / 122
제 안	
임도시설시 고려하여야 할 사항	윤하공 / 130
부 록	
정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 135

제9호 2006

머리말	류택규
축 사	서승진
축 사	김성훈
산림정책	
우리나라 산림정책 현안과 과제	김사일 / 7
논 단	
수목을 이용한 환경 오염지 정화기술	이충화 / 14
조사연구	
2005년 중부지역 산림건강 모니터링 조사연구	오종환 / 18
동해광산 복구지역의 생태환경조사연구	최 경 외 12 / 31
비무장지대에 인접한 민통선지역의 유존군락 및 산림이용실태 조사연구	홍인표 / 47

광릉시험림의 천연림소나무 보존대책	안병영 외 3 / 62
산림경관 보전을 위한 철강재사방댐의 경관향상 기법개발	안병영 외 8 / 73
제주시시험림 서귀포 상호지역 산림입지환경 조사연구	안병영 외 3 / 83
조사용역사업	
전국산림입지조사	한국산지환경조사연구회 / 91
국유림 영림계획 산림조사	" / 92
수도권 잡종재산 실태조사	" / 94
전국 선사유적지 토양조사	" / 95
해외사업	
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과	최 경 외 6 / 103
미얀마중부지역 산림녹화시범단지 조성사업	류택규 외 3 / 118
중국북경지구 산림종합경영 시범사업	최 경 외 2 / 131
부 록	
정관,회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 138

제10호 2007

머리말	김규현 / 3
특별기고	
몽골사막지역에 녹화성공신화 다시 쓴다	윤영균 / 5
지구온난화 방지를 위한 지속가능한 바이오 에너지 개발	김사일 / 8
논 단	
국유림경영과 산림경영인증	백을선 / 13
산림경영 인증의 이해와 과제	정세경 / 18
논 문	
수변림의 효과적 이용방안	박재현 / 22
대기오염 및 산성비에 의한 산림생태계 변화	이충화 / 44
국유 묘포의 현황 및 토양조사 추진계획	변재경 / 50
조사연구	
임진강유역 황폐지 복구방안에 대하여	김경하 외 4인 / 55
2006년중부지역 산림건강모니터링 조사연구	오종환 외 10인 / 67

비무장지대 인접한 민통선지역의 야생식물 유존자원과
산지이용실태조사연구

홍인표 외 7인 / 87

기술정보

건강한 숲을 만들어가는 국유림 산림조사

장관웅 / 103

합리적인 산림경영을 위한 맞춤형 적지적수프로그램개발

원형규 / 116

세계측지계의 이해와 좌표변환

김철민 / 121

부 록

정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 130

제11호 2008

머리말

김규현 / 3

제27대 하영제 산림청장 취임사

산림청 / 5

특별기고

새 정부에 대한 임업계의 기대감

김사일 / 9

산림정책

도시숲 정책 현황과 추진전략

김경목 / 15

논 단

우리 임업 발전 방향설정에 대한 소고

박순조 / 31

21세기를 바라본 산림의 기능별 발전방안

이춘택 / 35

산림보전을 위한 산림환경 서비스 지불제의 도입

박경석 / 40

논 문

탄소 흡수원으로서 산림의 역할

손영모 / 45

조사연구

2007년 산림건강 모니터링 조사연구

안병영외 6명 / 52

중국북경지구 산림종합경영 시범사업 추진현황

최경 · 이시영 / 64

기술정보

국가 재해예방사업으로서의 산림유역관리

정용호 / 81

산불발생 억제를 위한 산불원인 감식 및 산불위험 정보활용

구교상 / 93

부 록

정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 104

제12호 2009

머리말	김규현 / 3
제28대 정광수 산림청장 취임사	산림청 / 5
산림정책	
녹색성장과 산림의 역할	이창재 / 9
산림입지도의 의의 및 활용	황효태 / 12
논 단	
비정부 측면에서 본 산림청 등록단체 소고	박순조 / 16
녹색뉴딜 4대강 살리기 프로젝트와 산림분야 사업	이춘택 / 18
새만금 매립토 확보가 어렵다면 준설토를 활용해야	정용호 / 24
논 문	
과학적인 감식을 통한 산불원인을 밝힌다	구교상 / 32
서울숲 입지환경과 토양관리	안병영 외 5명 / 38
기술정보	
산림기본공간정보로서의 1:5,000 산림입지도	이승우 / 45
1:5,000 임상도 제작사업 소개	조현국 / 60
항공사진 DB구축 및 디지털 영상자료의 활용	류주형 / 67
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 71

제13호 2010

머리말	김규현 / 3
산림정책	
청정녹색연료, 목재펠릿의 가치와 전망	진선필 / 5
논 단	
저탄소 녹색성장 과제	류택규 / 11
특 집	
해외산림자원 개발 현황 및 가능성	박종호 / 17

지구환경 보전과 목조건축	박문채 / 24
산림의 인간 건강증진 및 질병 치유효과	유리화 / 34
조사연구	
국립수목원 소관 광릉숲 산림조사	안병영 외 6명 / 43
기술정보	
21세기 녹색성장을 위한 산림과학 연구	정진현 / 52
토양조사	최 경 / 60
목재펠릿 현황과 전망	이수민 / 65
기후변화에 따른 수목병 발생동향	김경희 / 81
유비쿼터스와 산림	김경민 / 93
산림토양 산성화가 낙엽분해에 어떤 영향을 미치는가?	이충화 / 104
지속가능한 산림경영을 위한 합리적인 산림토양질 평가 체계	이승우 / 107
기행문	
미국 서부지역 여행에서 받은 인상과 소견	김사일 / 112
칼 럼	
중 심(中心), 중도(中道), 중용(中庸)	박순조 / 119
시	
밀립	박순조 / 42
안개꽃	김청광 / 111
체험수기	
산림입지도 제작사업 조사자로서 우리의 역할	조성철 / 122
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 125
연도별 회지 발간 목록	/ 136

제14호 2011

머리말	안병영 / 3
산림청장 취임사	이돈구 / 5
논 단	
산림경영을 위한 축적1/5,000 산림입지도	류택규 / 10

산림의 건강 활력도 진단 평가	김석권 / 15
특 집	
산림조사 사업의 품질관리 현황과 과제	신만용 / 18
국가공간정보통합체계구축사업	김경호 / 28
산림자원조사 40년에 즈음하여	김성호 / 39
새로운 임업창출을 위한 일본의 산림정보사 자격제도	정진현 / 50
기술정보(해외)	
일본의 산지계류내 거석의 입경조사법(토석의 최대입경에 관한 타당성 검증)	전근우 / 56
중국의 봄철 황사 발생 특징(2000년~2008년)	박기형 / 63
기술정보(국내)	
항공사진 영상자료의 인터넷 검색 웹서비스 실시	류주형 / 82
산불피해지의 토사재해 대비 사망담 설치	이창우 외2인 / 87
산림유역 개발로 인한 부유 토사 유출이 습원환경에 미치는 영향 (일본쿠시로 습원의 연구사례)	이충화 / 92
우리나라 산림식생의 대립종군에 의한 군락유형 분류	윤충원 / 96
새로운 소득자원 꽃송이 버섯	박 현 /104
녹색성장과 그린홈 목조주택 혼그린	박문재 /111
소나무류 주요 병해의 진단 및 방제 I	김경희 /118
기후변화와 산림생태계	박용목 /126
암석 풍화에 따른 토양 발달	최 경 /134
시	
동화	김문익 /151
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/152

제15호 2012

머리말	안병영 / 3
산림정책	

산림청의 산림공간정보 정책 소개	김성택 / 5
논 단	
국토녹화와 임업발전에 기여한 공적(향산 현신규 박사)	김사일 / 12
미래지향적 산림생산기술분야의 전망	김석권 / 18
특 집	
우면산 산사태 발생 원인과 대책	최 경 / 22
평창 동계올림픽 사이언스 오벌을 목조건축물로	박문재 / 48
기술정보	
산림청 활용 프로그램 소개	김찬희 / 56
도시산록 그린벨트지역의 정비공사에 관한 소고(小考)	전근우 / 64
식생(식물군락) 조사방법	유영한 / 72
산림욕 피톤치드의 효능 및 활용	이성숙 / 84
소나무류 주요 병해의 진단 및 방제 II	김경희 / 93
소나무류 주요해충의 생태 및 방제	고상현 / 99
	최 경 / 134
시	
두물머리 연가	김청광 / 104
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/105

제 16호 2013

머리말	안병영 / 3
산림청장 취임식	신원섭 / 5
산림정책	
산림정책 여건 변화와 제5차 산림기본계획 변경	박은식 / 11
특 집	
생물다양성과 산림유전자원보호구역 관리	배관호 / 20
기후변화와 목재 이용	최돈하 / 28

생물 분포 정보는 우리나라 생물자원을 지키고 활용하기 위한 필수자료	양종철, 이유미 / 36
조사·연구	
산림입지도양도(1:5,000)DB자료를 이용한 지역별 주요 산림입지 및 토양환경 분포특성	원형규 / 38
숲 치유센터의 주변시설 조성 연구	이현규, 박홍수, 김완석 / 47
산림 내 사찰문화재의 산불피해 특성 분석	이시영 / 65
경상남도 함양군 산양삼재배지 입지환경 특성	김춘식 / 75
기술정보(해외)	
일본의 환경보전 사방사업(1) -고향사방사업을 중심으로-	전근우 / 89
일본의 환경보전 사방사업(2) -safety, Community 모델사업을 중심으로-	서정일, 전근우 / 99
해외의 Community Forest -인도네시아를 중심으로-	박관수 / 111
기술정보(국내)	
산림토양 모놀리스의 의의와 작성법 기초	이명종 / 115
독일과 한국의 산림입지조사 방법 비교	배상원 / 121
간벌재를 이용한 생태하천 조성	이동흡 / 128
숲속의 식용버섯	가강현 / 135
산림문화	권순성 / 147
파도 속으로 묻고 싶은 것들(시)	
부록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 148

제 17호 2014

발간사	안병영 / 3
산지환경 발간 17주년 축하메세지	윤영균 / 5
산림정책	
ICT 기반의 국유림통합관리체계 기반 완성	김찬희 / 7
지속가능한 수자원 확보를 위한 산림유역관리 정책	최형태 / 21

특별기고

- 아시아 최고 수목원! 백두대간 수목원 소개 황효태 / 30

논단

- 산사태와 토석류를 알면 피할 수 있다 김경하 / 37
지구촌 물 전쟁, 숲에서 해답을 찾자! 김수진 / 46

기술정보(해외)

- 일본의 환경보전사방사업(3)
-물과 숲이 울창한 계류사방사업- 전근우, 김석우 / 53
일본의 환경보전사방사업(4)
-사방랜드스페이스창출사업 및 사방학습구역모델사업- 서정일, 전근우 / 62
주요 국가별 토양분류체계 특성 김용석, 구남인 / 72
미국의 토양분류 체계와 토양 특성 최경 / 82

기술정보(국내)

- 개인 산주 맞춤형 서비스 「산림정보 다드림(林)」 시스템 이승우 / 99
동해안 산불피해지 경관조립 임주훈 / 107
대축척 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보 원형규, 김용민, 손민호 / 115
서비스 고도화사업

조사·연구

- 사유 양묘장 토양환경 및 관리 방안 안병영, 최인규 / 128
-강릉시 사천면 미노리 -

제언

- 소외계층을 위한 나눔 숲 조성과 체험교육 지원 고연섭 / 136
-2015년 녹색자금 공모사업 안내 -
꽃내기 회원의 단상, 한국임우회의 어제와 오늘 박승수 / 138

산림문화

- 야 호 ! 박재현 / 141

부록

- 정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지

제 18호 2015

머리말	안병영 / 7
「산지환경」 발간 18주년 축하 메세지	남성현 / 9
특별기고	
북한의 심각한 황폐지 복구 전략에 대한 소고	박재현 / 11
상수원 보호를 위한 세계 주요도시의 산림관리 현황	최형태 / 20
변화하는 환경과 광릉 숲 생물다양성 보전	조용찬 / 31
논단	
우리나라의 숲과 군락 유형	윤충원 / 48
산림복지 서비스사업의 맞춤형 숲 체험교육	원형규/안병영/김용민 / 56
기후변화 적응, 위험성 관리를 염두에 둔 산림관리	임종환 / 70
우리나라의 산림건강성 모니터링 현황	성주한 / 74
산림토양과 식생을 연계한 산림입지토양도 제작 필요성	임주훈/김용석 / 78
기술정보(일본)	
일본 북해도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성 사업(1)	김석우/전근우 / 85
일본 북해도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성 사업(2)	전근우/서정일 / 95
기술정보(국내)	
소나무 천연림 관리방안	이경재 / 110
산양삼 재배를 위한 입지토양 정보 활용	이승우 / 121
산양삼 재배지의 산림토양형별 토양이화학 특성	김춘식 / 136
암석의 분류와 풍화산물에 대한 고찰	최 경 / 145
조사·연구	
산지은행 제도의 도입방안 연구결과 소개	김중호 / 167
광릉 숲 시험림의 토양속성 및 공간분포 특성	원형규/김정환/김용민 / 172
낙엽송 노지양묘 활성화를 위한 토양관	안병영/최인규 / 185
임산물가격정보 서비스 소개	서수안 / 193
산림문학	
질경이	김청광 / 195
부록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 196

제 19호 2016

발간사	안병영 / 13
격려사/축하메시지	류광수 · 남성현 · 김남균 / 14
산림정책	
산림공간정보 기반의 산림재해 · 생태 통합관리체계 구축	김찬희 / 17
특별기고	
산지토사재해 연구동향	이창우 / 27
남북 산림자원조사 협력의 필요성과 향후 과제	박경석 / 33
한국의 땅밀림 산사태의 실태와 관리	박재현 / 40
국민행복 실현을 위한 산림복지	
- 「산림복지 진흥에 관한 법률」 시행 원년, 현황과 과제 ……	유리화 / 51
기술정보(일본)	
일본 홋카이도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성사업(3)	
- 계류정비의 기본방침과 유의사항	전근우 · 김석우 / 57
일본 홋카이도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성사업(4)	
- 각 생활환경의 개요, 배려사항 및 정비사례	서정일 · 전근우 / 69
기술정보(국외)	
인도네시아 열대우림에서 희망을 십다	정양수 / 84
기술정보(국내)	
지반침하(地盤沈下)	최 경 / 90
전남 · 경남지역의 주요 산림입지환경 및 산림토양분포 특성	원형규 · 이상수 / 103
1:5,000 임상도 구축 Process 소개	심우범 · 최인규 / 108
사시나무로부터 살리신을 포함한 페놀성 화합물의 대사체 분석	
박성범 · 천주현 · 한정연 · 김종윤 · 최용의	114
인삼 PgDDS와 CYP716A47가 도입된 담배 형질전환체에서 인삼	
사포닌 전구체인 dammarenediol-Ⅱ 및 protopanaxdiol 생산	
박성범 · 천주현 · 한정연 · 김종윤 · 최용의	/ 119
조사 · 연구	
2015 산양삼 생산적합성 조사 시료채취 및 생산과정 확인	
안병영 · 원현기 · 김준섭 · 김용민 · 이종민	/ 122

노지양묘 활성화를 위한 토양관리 -정선·연곡 국유양묘장	안병영·최인규 / 130
광릉시험림 연구시험지 관리를 위한 정밀산림자원 조사	심우범·최인규 / 137
산림문학	
숲의 영웅(시)	박재현 / 144
부록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	145

제 20호 2017

발간사	변재경 / 11
취임사	김재현 / 13
취임사	이창재 / 17
격려사	김남균 / 20
기술정보(국외)	
일본의 산촌정책과 6차 산업에 의한 산촌진흥의 북해도 사례	안기완 / 22
인도네시아 산림과 탄소배출권	김성환 / 36
기술정보(국내)	
사방시설의 환경대응에 관한 소고(小考)	전근우·서정일 / 43
땅밀림 산사태지에 대한 예견 및 대응	박재현 / 53
지진이 산지토사재해에 미치는 영향	김석우·전근우 / 68
새로운 땅, 간척지 숲 만들기	권진오·임주훈 / 78
산림경영계획 수립을 위한 표준지 조사방법	원현규 / 85
임지생산력을 판단하는 척도, 지위지수의 활용	손영모 / 90
산림토양 층위 발달과 유기물 분해	임주훈 / 96
국내 주요 주제도 특징 및 FGIS의 발전방향	최인규 / 102
산림 GIS투영법과 주요 좌표계	도미령 / 111

국내 산양삼과 삼척 장뇌삼 현황 분석

김용민 · 이종민 · 박성범 / 119

조사 · 연구

양평 산림수자원 유역의 임분별 산림토양특성 및 하층식생

원형규 · 김문겸 / 131

산양삼 종자공급단지 조성사업(중부권역)

변재경 · 김용민 / 149

인삼 CYP716A53v2 유전자의 과발현과 발현 억제를 통한
ginsenoside 조성조절

박성범 · 천주현 · 반응욱 · 한정연 · 최용의 / 154

기행문

한탄강 유역의 산림입지환경 및 산림토양단면 특성

이종명 / 161

가자! 가야로

지성구 / 168

소개

(주)신일사이언스 양묘용기공장 소개

최종우 / 175

산림문학(시)

너에게 전화를 걸고 싶을때가 있다(시)

박재현 / 181

부록

정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지

182

산지환경

제21호

2018년 8월 인쇄
2018년 8월 발행

발 행 인 : 변재경

편집위원 : 원형규, 안병영, 김정환, 심우범, 정양수

발 행 처 : (사)한국산지환경조사연구회

경기도 남양주시 진접읍 봉현로 42

TEL. 031-572-1678, 0063, 0127

FAX. 031-572-7387

E-mail : ipji7387@hanmail.net

홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>

인 쇄 처 : 삼정인쇄공사 (02)2261-4431

산림토양·임상 조사장비



하그로프 Vertex 측고기



하그로프 VL-GEO 측고기



생장추



순토 콤파스/크리노메타



표준토색칩

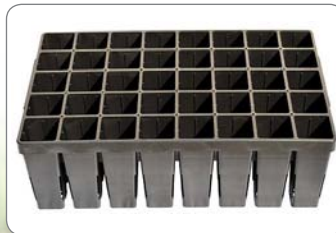


山中式 토양경도계

양묘용기 생산라인



양묘용기(24구)-낙엽송용



양묘용기(40구)-소나무용



양묘용기 사출기



전자동 로봇



양묘용기 금형



전동식 지게차



(주)신일사이언스

본사/공장 : (우)10945 경기도 파주시 월롱면 통일로644번길 42
TEL : 02-452-0520 FAX : 02-2201-4922
E-mail : info@shin21.co.kr www.shin21.co.kr



건강한 숲 토양과 산림환경보전을 위한
맞춤형 산림토양진단은
한국산지환경조사연구회가 책임집니다.

(사)한국산지환경조사연구회

주 소 : 경기도 남양주시 진접읍 봉현로 42
전 화 : (031) 572-1678, 0063 Fax : (031) 572-7387
E-mail : ipji7387@hanmail.net
홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>