

(사)한국산지환경조사연구회 소개



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 생산적합성조사·생산과정 확인
- ▶ 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. 시험 검사 및 분석업 등록
 - 2019. 3. 임업소득분야 전문교육기관 지정
- ▶ 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 현황화 구축 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

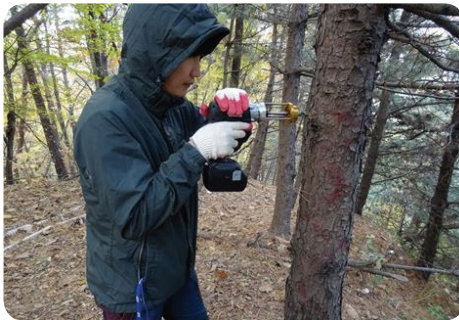
주요 사업실적

- ▶ 산림입지토양도(1:5,000) 제작
 - ▶ 임상도(1:5,000) 현황화 구축 사업
 - ▶ 국·사유양묘장 토양조사
 - ▶ 산양삼 종자공급단지 조성사업
 - ▶ 산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정 확인
 - ▶ 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지토양도 제작
 - ▶ 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사
 - ▶ 소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰 조사
 - ▶ 땅밀림 현장조사 대상지 GIS분석
 - ▶ 산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련(토양시료분석)
 - ▶ 생활권 수목 생육기반환경 평가를 위한 토양조사
 - ▶ 산림입지조사(1:25,000) 및 입지도 제작
 - ▶ 산림입지구획(항공사진 판독)
 - ▶ 공원지역 토양조사(서울숲,경남경마공원,인천송도)
 - ▶ 국유림 잡종재산 실태조사
 - ▶ 국유림경영계획(산림조사)
 - ▶ 임상도(1:5,000) 제작
 - ▶ 중국북경, 서부, 미안마중부지역 산림종합경영 시범사업 및 조림사업 PCM 용역
 - ▶ 산림과학원 시험림(광릉, 제주) 토양조사 및 도면제작
 - ▶ DMZ 지역 산림토양 및 산지이용실태조사
 - ▶ 녹색사업단 숲체험 교육사업
 - ▶ 광릉시험림 공간분포 및 산림토양 특성
 - ▶ 광릉시험림 정밀산림조사
 - ▶ 기타 연구용역 (산림 훼손지 실태 및 건강 모니터링 등)
- '08~'18 : 1,322천ha(3,791도엽)
 - '14~'18 : 자연(2,076도엽), 인위(8,651도엽)
 - '06~'18 : 36 (국유 21, 사유 15)
 - '17 : 1건(중부권역)
 - '15~'18 : 생산적합성조사(1,513건), 생산과정확인(3,491건)
 - '17~'19 : 9개 유역 시험지
 - '17~'18 : 309개소
 - '18 : 경기·강원도
 - '18 : 전국 608개소
 - '18 : 산도(pH) 16,000점, 토성 4,500점
 - '19 : 60개소
 - '96~'02 : 2,899천ha
 - '96~'02 : 1,162천ha
 - '09~'12 : 3건
 - '01~'02 : 2,877필지
 - '00~'13 : 299천ha
 - '09~'12 : 1,051도엽
 - '00~'07 : 3건
 - '05~'07 : 2지역
 - '05 : 1건
 - '14 : 1건
 - '14 : 1건
 - '15 : 1건
 - '00~'11 16건

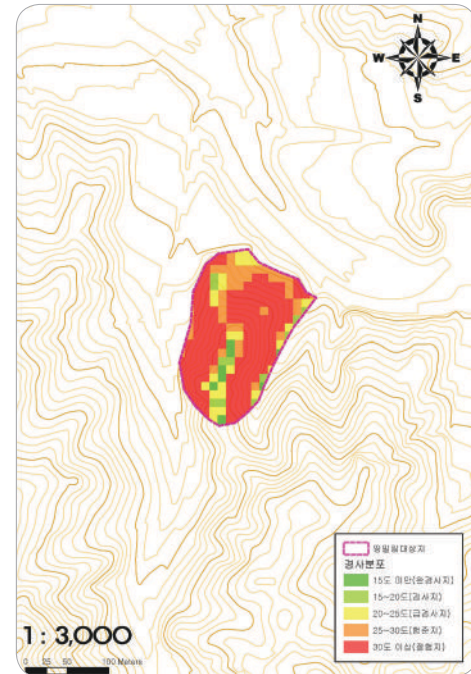
사업관련

2018

▶ 소나무재선충병 무인기 예찰사업(경기·강원)



▶ 땅밀림 현장조사 대상지 GIS분석

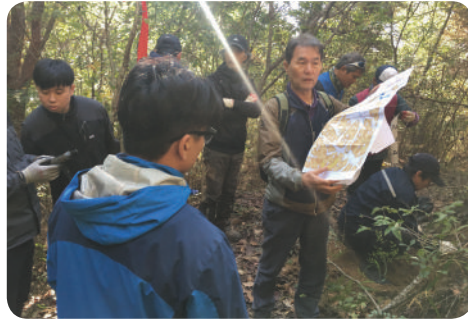


▶ 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사

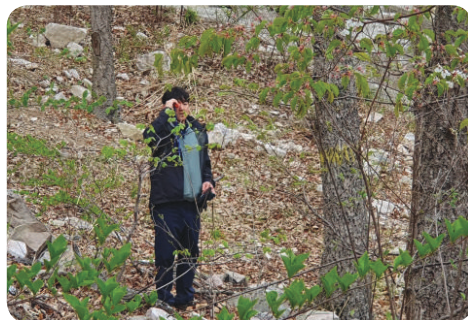
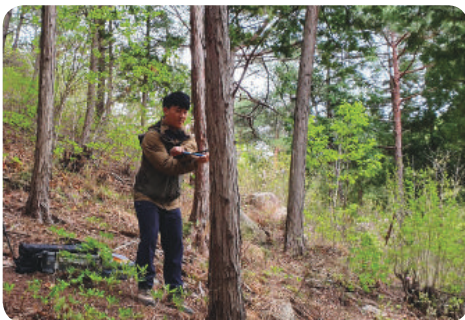


2019

▶ 산림공간정보 구축사업



산림입지토양도 제작

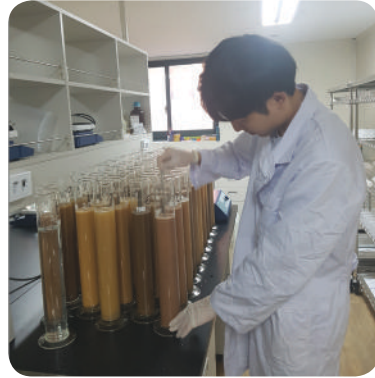


임상도현행화 구축사업



2018. 9~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

▶ 토양시료분석(물리 화학성)



▶ 양묘장 토양조사(용문, 화천국유양묘장)



▶ 산림수자원유역시험지 정밀산림입지토양도 제작(전남 화순, 완도, 장흥)



▶ 산림치유자원 조사용역



▶ 산지훼손 1차 일제조사 통계 불일치 지역 현행화



▶ 생활권 수목 생육기반환경 평가를 위한 토양조사(서울 숲)



2018. 9~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

▶ 전북지역 산림유량관측시설 및 관측장비 정기 점검



대내 · 외 활동

2018

▶ 종 · 직무식 및 우수사원 표창



2018. 9~ 한국산지환경조사연구회 주요활동

▶ 제 74회 식목일 나무심기 행사(산림기술경영연구소)



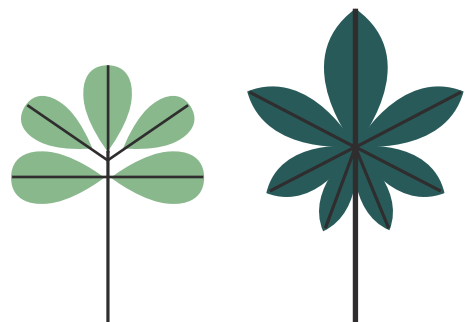
▶ 교육훈련(나무의사, 초경량비행장치)



▶ 산림공간정보 조사구축 착수보고 및 워크숍



▶ 산림입지도양도 현장조사 직무역량 강화 교육



차 례

발간사.....	변재경 / 12
신년사	김재현 / 15
격려사	구길본 / 19
취임사	전범권 / 21
남북 공유하천인 임진강의 수해방지를 위한 산림복구계획 수립	김경하 / 25
미국 북서부 워싱턴 주의 산림유역 계안관리기법	최형태 / 54
무인기(드론)의 산림분야 활용방안	우충식 / 75
생활권 수목 생육기반으로서의 토양 관리 정책 동향 - 국내 사례 -	김용석 / 86
계류복원사업을 위한 환경조사(Ⅰ) - 식물조사를 중심으로 -	김석우 · 전근우 / 95
계류복원사업을 위한 환경조사(Ⅱ) - 동 · 식물플랑크톤조사를 중심으로 -	서정일 · 전근우 / 104
경제림 육성의 과학적 접근을 위한 장기 모니터링의 필요성	이대성 · 최정기 / 113
산림 빅데이터 플랫폼 및 네트워크 구축	조현국 / 120
암반사면과 지질 위험성	최 경 / 130
시설-노지 연계양묘를 활용한 일본잎갈나무 묘목의 생산효과 시험	정양수 / 147
GIS를 이용한 산림분포와 미세먼지 상관성에 관한 연구	최인규 / 155
부록	
정관 및 주요일지	163

발 간 사



안녕하십니까?

사단법인 한국산지환경조사연구회 회장 변재경입니다.

한국산지환경조사연구회의 창립 23주년을 맞이하여 『산지환경지』 제 22호를 발간하게 되었습니다.

『산지환경지』는 국·내 외 산림정보와 기술동향 그리고 우리 연구회에서 작년과 올해 추진했던 연구과제에 대한 결과 등을 중심으로 임업분야 관련기관 및 임업인들에게 전문적인 기술정보를 보급하고 있습니다.

산지환경지의 발간을 위해 한국임업진흥원 구길본 원장님의 격려사와 소중한 옥고를 보내주신 국립산림과학원 김정하 부장님, 최형태 연구관님, 우충식 박사님, 김용석 박사님께 감사드립니다. 또한 학계의 풍부한 지식과 경험을 바탕으로 기술정보를 보내주신 강원대학교 전근우, 최정기, 김석우 교수님, 공주대학교 서정일 교수님, 사방협회 최경 박사님께도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

본 회지의 주요내용은 최근 이슈로 부각되고 있는 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이루어지는 차세대 4차산업의 한 부분인 무인기(드론)의 산림분야 활용방안과 도시림의 통합적 조성·관리방안에 대한 토양환경 특성에 관한 연구내용을 수록하였습니다. 그리고 남북관계 흐름에 발맞추어 임진강의 수해방지 복구계획에 대한 연구결과와 해외사례를 통한 산림유역의 계안관리기법, 동·식물을 중심으로 한 계류복원 환경조사, 암반사면과 지질에 관한 지반 공학적 연구 등 뜻깊은 원고를 수록하였습니다.

이와 같이 『산지환경지』에 질 높은 기술정보를 수록하여 발간할 수 있게 된 것은 관련 기관과 학계의 적극적인 관심과 격려 덕분이라고 생각합니다. 아울러 『산지환경지』 발간을 위해 애써주신 본 연구회의 편집위원과 직원분들의 노고에 고마움을 전합니다.

금년에 우리 연구회는 설립목적에 따라 산림청 공간정보구축 조사사업과 국·사유양묘장 토양관리 및 시비처방, 산림수자원유역 모니터링 사업, 지역별 산림 내 피톤치드 농도 및 공기질에 대한 치유자원 조사 등을 수행하고 있습니다. 또한 금년에는 산림토양 조사와 진단에 필수적으로 수반되는 토양의 물리화학적 분석장비

및 시설을 지난해에 이어 미진한 부분을 보강하게 됨으로써 명실상부한 전문기관의 모습을 갖추게 되었습니다. 이러한 분석장비를 활용하여 수목피해 원인 진단, 토양개량 및 시비처방, 각종 연구사업의 기초자료 제공 등을 신속히 대처할 수 있게 되었습니다.

앞으로도 우리 연구회는 산림전반에 대한 높은 기술력을 가진 대한민국의 임업서비스 전문기관으로 자리매김할 것입니다.

항상 저희 연구회를 아껴주시고 격려해주시는 모든 분들의 조언에 힘입어 발전하는 산지환경조사연구회가 되도록 최선의 노력을 다할 것이며, 모든 임업인 가정에 건강과 만복이 가득하시기를 기원합니다.

감사합니다.

2019년 6월

(사)한국산지환경조사연구회 회장 변 재 경

신년사

숲과 자연을 사랑하는 국민 여러분,
그리고 전국의 모든 임업인과 산림공직자 여러분!

지난 무술년은 한반도에 평화가 깃든 한 해였습니다. 두 정상은 판문점에서 만나 1953년생 소나무에 백두산과 한라산 흙을 뿌리고 대동강과 한강 물을 주었을 때, 한반도에는 평화와 번영의 씨앗이 심어졌습니다.

지난 1년 동안 평화와 번영의 나무가 남과 북을 이어주는 숲으로 자랄 수 있도록 각계각층에서 노력했고, 산림청도 함께 했습니다. 남과 북이 함께 모여 소나무재선충병을 방제했고, 북한의 황폐산림을 복원하기 위한 양묘장 현대화사업을 추진했습니다.

그리고 기해(己亥)년 새해가 밝았습니다.

올해는 지난해보다 더 밝은 평화의 빛이 한반도를 비출 것이고, 평화를 위해 우리 국민의 뜻과 힘을 하나로 모으는데 산림협력 분야가 앞장서겠습니다.

지난해 국민들의 삶의 질을 개선하기 위한 노력도 계속되었습니다. 나의 삶 가까운 곳에서 숲을 느끼고, 마음껏 숨 쉬길 원하는 국민들을 위해 미세먼지를 저감하는 도시숲 확충 방안을 마련하고 신규사업을 확보하였으며, 2천만명이 넘는 국민들이 숲에서 산림교육, 산림치유 등 산림복지서비스 혜택을 누릴 수 있었습니다.

또한 산림일자리발전소를 통해 산림자원을 활용한 산림분야 고유의 일자리 생태계를 조성하고, 지역사회의 혁신성장 동력이 되는 산림비즈니스 모델을 개발하기 위한 기반을 구축하였습니다. 이로써 조금씩이나마 사람냄새 나는 좋은 일자리가 만들어지기 시작했습니다.

한편, 아시아산림협력기구가 공식 출범하고 역량 개발을 위한 교육훈련센터를 개소하는 등 산림분야 국제사회에서 활동기반도 강화하였습니다.

이러한 성과를 거두기까지 우리 산림과 임업발전을 위해 땀을 흘리고 애써주신 임업인과 산림공무원 여러분의 노고에 깊이 감사드립니다.

존경하는 국민 여러분, 그리고 임업인과 산림공직자를 비롯한 전국의 산림가족 여러분!

대한민국에 사는 모든 사람 누구하나 소외받지 않는 함께 잘사는 대한민국을 만들기 위해 정부가 하나가 되어 힘을 쓰고 있습니다. 이에 산림청에서도 산림을 활용하여

지역경제를 활성화 시키고 일자리를 창출하기 위해 더욱 노력하겠습니다.

지난해 삶의 질을 추구하는 새로운 라이프스타일을 반영하여 ‘국민의 삶을 바꾸는 숲, 숲속의 대한민국’을 만들기 위한 비전과 목표를 설정하고 국토, 산촌, 도시로 이어지는 공간별 추진전략을 수립하여 추진하고 있습니다. 올해 당장 목표를 달성할 수는 없겠지만, 한그루의 나무가 모여 숲이 되듯이 내 삶을 바꾸는 숲을 조금씩 늘려나가다 보면 머지않아 ‘숲속의 대한민국’을 이루어 내리라고 믿습니다.

국민이 행복한 숲을 만들기 위해 다음의 정책들을 중심으로 2019년 동안 열심히 뛰겠습니다.

첫째, 사람중심의 산림이용·관리로 지역경제 활성화에 숲을 활용하겠습니다.

먼저 선택과 집중의 산지이용·관리 원칙을 확립하겠습니다. 이로써 현세대뿐 아니라 미래세대까지 지속가능하게 활용할 수 있는 사람중심의 산림이용·관리 체계를 구축하겠습니다.

산지태양광발전 등 과도한 산림훼손이 예상되는 분야에 대해서는 산림을 확실히 보전하되, 활용이 가능한 산림은 다양한 방법으로 이용하여 산림자원을 지역경제의 혁신성장 동력으로 만들겠습니다.

선도산림경영단지를 지역여건에 맞게 특성화하여 지역주민이 상생할 수 있는 모델을 개발하고, 산촌 주변의 산림자원을 활용한 비즈니스를 발굴·확산시켜 자립적인 산촌경제를 구축해나가겠습니다.

또한 지역이 참여하는 산림관광모델을 개발하고, 사람들이 계속해서 찾을 수 있는 시장을 만들어 지속가능한 산림관광을 정착시키겠습니다.

둘째, 국민의 삶 가깝게 생활밀착형 도시숲을 만들어 삶의 질을 높이겠습니다.

국민이 안심하고 숨 쉴 수 있도록 미세먼지 차단 숲과, 바람길 숲 등 미세먼지 저감 도시숲 조성을 새롭게 추진합니다. 기존의 도시숲과 다르게 미세먼지 발생원 주변과 사람들의 활동지역을 차단할 수 있도록 적합한 수종과 구조 등을 고려하여 조성할 예정입니다.

또한 도시숲을 조성하는 단계부터 주민들과 함께 긴밀히 소통해서 조성 이후 주민 주도로 운영·관리가 될 수 있도록 만들고, 마을정원 등을 통해 숲을 매개로 지역공동체의 연대가 높아질 수 있도록 지원하겠습니다.

한편, 도시주변 숲에서 국민들이 원하는 다양한 산림서비스를 받을 수 있도록 인프라와 프로그램을 확대하여 삶의 질을 높이는데 앞장서겠습니다. 국민이 원하는 정보를 담은 나무표지판 개선에서부터 대상별, 연령별 맞춤형 서비스를 늘리겠습니다. 또한 소외받는 계층이 없도록 산림복지서비스이용권의 수혜범위도 확대하겠습니다.

셋째, 숲과 함께 일할 수 있는 좋은 일자리를 늘려나가겠습니다.

산림일자리발전소를 중심으로 잠재 산림자원을 활용한 일자리 생태계를 구축하겠습니다. 작년 처음 출범한 산림 일자리발전소의 활동 시군을 넓혀 더 많은 사람을 만나고 그들에게 꼭 맞는 일자리를 만들겠습니다.

또한 청년들이 숲에서 일할 수 있도록 나무의사, 산림레포츠지도사 등 신직업을 만들고, 산림복지전문업의 경쟁력을 강화하여 자립할 수 있는 기업으로 육성하겠습니다.

한편, 묵묵히 산림산업의 기초를 다지고 계신 임업인들의 삶을 개선하겠습니다. 임업경영체 등록을 통해 농업분야 소득안전망과 주요 지원사업에서 임업인들이 소외되지 않도록 다시 한 번 챙기겠습니다.

하나의 좋은 일자리를 만들 때마다, 그 사람과 가족들의 이야기가 펼쳐진다는 것을 명심하고 숲에서 일하는 사람들의 이야기에 집중하고 더욱 귀 기울이겠습니다.

넷째, 산림생태계를 보전관리하고 산림재해로부터 국민의 안전을 지키겠습니다.

훼손된 산림을 적극적으로 복원하여 산림생태계의 건강성을 회복하겠습니다. 가리왕산 활강경기장은 법적인 근거와 사회적인 약속에 따라 원칙에 맞게 복원되어야하며, 훗날 친환경적인 올림픽과 산지활용의 대표적인 사례로 기억될 것입니다.

가리왕산 이외에도 크고 작은 산림복원 대상지가 많습니다. 「산림자원법」 개정을 통해 산림복원 사업의 법적인 근거를 마련한 만큼, 하루빨리 훼손된 산림을 생태적으로 복원하는 시스템을 정착시키겠습니다.

한편, 산불, 산사태, 산림병해충 등 국민의 재산과 안전을 위협하는 산림재해에 적극 대응하겠습니다. 작년 12월 산불 진화과정에서 헬기가 추락하는 안타까운 사고가 있었습니다. 국민의 안전을 최우선으로 지키기 위해서는 스스로의 안전이 전제되어야한다는 점을 명심하고 모두의 안전을 확보하기 위해 최선을 다하겠습니다.

다섯째, 세계와 함께 푸른 지구를 만들기 위해 노력하겠습니다.

산림녹화, 산림휴양 등 국제사회에서 우수성을 인정받는 산림정책을 전 세계로 확산 시키겠습니다.

한편, 2021년 세계산림총회에 앞서 올해 6월 인천 송도에서 아시아태평양지역 산림위원회 및 산림주간 행사를 개최합니다. 평화를 주제로 내실있는 행사를 준비하고 있으니 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

끝으로, 내실있는 남북산림협력 추진을 통해 남북 상호간의 신뢰를 쌓고, 국민들과 함께 숲속의 한반도를 만들기 위한 기틀을 세우겠습니다.

새해에도 남북산림협력 합의사항을 차질없이 이행하여 남북의 신뢰관계를 유지해나가고, 남북산림협력센터를 조성해서 협력의 거점으로 활용하겠습니다. 한편 각계각층의 국민이 함께 남북산림협력에 참여할 수 있도록 플랫폼 역할을 강화하여 북한 황폐산림을 복원하는데 국민 모두의 힘을 모아가겠습니다.

존경하는 국민 여러분,

그리고 전국의 산림가족 여러분!

지난해 여러분께서 보여주신 산림에 대한 사랑과 관심은 그 어느 때보다 뜨거웠습니다. 때로는 칭찬으로, 때로는 충고로 보내주신 사랑의 말씀을 깊이 새겨들어 국민의 삶을 바꾸는 숲속의 대한민국을 만드는 밑거름으로 활용하겠습니다.

오랜 시간이 소요되는 임업에 있어서 그 자리에 적합한 적지적수를 심는 것이 가장 중요합니다. 산림정책을 추진할 때도 임업의 기본 정신을 명심하여 지금 시점에 적합하고 국민에게 꼭 필요한 산림정책을 추진하기 위해 새해에도 열심히 소통하고 여러분과 함께 뛰겠습니다.

올 한 해도 산림행정에 대한 여러분의 지속적인 관심과 협조를 부탁드립니다. 새해를 맞아 여러분과 여러분 가정에 건강과 행복이 가득하시기를 기원합니다. 감사합니다.

2019년 새해의 첫 아침을 맞이하며

산림청장 김 재 현

격려사

(사)한국산지환경조사연구회의 창립 23년과 「산지환경지」제22호 발간을 진심으로 축하드립니다. 23년간 산림경영발전에 기여해 오신 회장님 이하 임직원 여러분의 노고에 감사드립니다.

얼마 전 모 방송사에서 “플라스틱의 역습”이라는 다큐멘터리를 방영한 바 있습니다. 우리가 편리하게 사용하고 있는 플라스틱이 바다로 흘러 들어가 플라스틱 쓰레기 섬을 형성하고 있다고 합니다. 바다에 버려진 플라스틱은 태양과 파도에 의해 눈에 보이지 않는 정도의 미세플라스틱으로 쪼개지고 이를 플랑크톤 등 먹이로 오인하여 해양생물들이 이를 섭취하게 된다는 것입니다. 결국 미세플라스틱을 먹은 물고기는 우리의 밥상에 까지 올라오고 있다는 것입니다. 해양생태계의 오염이 얼마나 심각한 가를 알 수 있습니다.

육지 토양 오염도 해양생태계에 못지않게 심각하기는 마찬가지입니다. UN에서 인간 활동에 필수 불가결한 삶의 터전, 토양의 중요성을 널리 알리고 토양을 자원으로 보호하기 위해 매년 12. 5일을 “세계토양의 날(World Soil Day)”로 정했습니다

심각한 환경오염으로부터 토양을 보호하기 위해 UN이 직접 나선 것입니다.

우리는 치산녹화의 성공으로 나무가 자랄 수 있는 입지여건은 잘 조성되었다고 볼 수 있으나 “우리나라의 산림토양은 건강한가?”에 대한 질문은 의미 있게 받아들여야 할 것입니다. 지속가능한 산림을 경영하고 건강한 산림을 미래세대에 물려주기 위해서는 산림토양을 건강하게 관리되어야 합니다. 이를 위해 산림 내 토양 상태를 모니터링하고 조사·분석·연구를 지속적으로 추진하는 것이 중요할 것입니다

(사)한국산지환경조사연구회는 지난 23년 동안 입지토양도 제작과 양묘장, 공원 조성지 등 토양조사·분석 및 관리방안을 제시하는 등 연구회가 국내 유일의 산림토양조사 전문단체로 그 역할을 수행하여 왔고, 국내 산림토양분야에 최고 전문가를 보유하고 있는 단체이므로 충분히 그 역할을 수행할 수 있을 것입니다.

또한 중국의 사막화 방지 조림 전문가 파견 활동의 경험과 노하우를 바탕으로 국제사회에서의 연구회 역할도 기대할 수 있습니다. 이 또한 관계기관과의 유기적인

협력체계를 구축하는 것이 필요할 것입니다.

(사)한국산지환경조사연구회가 국내 산림토양 최고 전문단체를 넘어 국제사회에서도 일익을 담당할 수 있는 단체로 까지 발전되기를 바라며 임직원 여러분의 가정에 건강과 행운이 가득하시기를 기원합니다.

2019년 6월

한국임업진흥원장 구 길 본

취 임 사

존경하는 국립산림과학원 가족 여러분!

반갑습니다. 제22대 국립산림과학원장으로 부임하게 된 전범권입니다. 오늘 이렇게 저를 따뜻하게 맞아주셔서 진심으로 감사드립니다.

산림분야 글로벌 싱크탱크(Think Tank)로서 산림과학기술의 발전을 선도하는 국립산림과학원의 원장을 맡게 되어 무척 영광스러우면서도 무거운 책임감을 느낍니다.

하지만 높은 전문성과 사명감으로 항상 맡은 임무에 최선을 다해 주시는 여러분들이 계셔서 마음 든든하게 이 자리에 섰습니다.

이 자리를 빌려 지난 2년 동안 산림과학연구 혁신을 위해 애써 주신 전임 이창재 원장님의 노고에 진심으로 감사의 말씀을 전합니다. 재임기간 중 이루어 놓으신 많은 업적은 산림과학기술과 임업 발전에 크게 이바지 하였습니다.

자랑스러운 국립산림과학원 가족 여러분!

지난해 우리는 한반도 평화의 문을 열었으며, 그 가장 앞자리에 산림청과 우리 과학원이 함께하였습니다.

산촌 활성화와 양질의 산림일자리 연구를 통해 정부의 ‘더불어 잘사는 사회’구현에 큰 역할을 담당하였습니다.

도시숲과 산림복지, 산림재해 연구로 ‘국민의 삶을 바꾸는 숲, 숲속의 대한민국’을 만드는 산림정책을 충실히 지원하였습니다.

또한, 산림생명자원과 목재이용 연구를 통한 실용화, 산업화 기술 개발로 임업과 임산업 발전에도 크게 기여하였습니다.

저는 지금까지 산림정책 현장에서 여러분의 성과를 바탕으로 정책을 수행하면서 항상 감사하고 자랑스럽게 생각해 왔습니다.

그러나 아직 산림현장에는 임업의 경쟁력 약화와 같은 오랜 숙제들이 해결되지 못하고 남아 있습니다.

저는 산림공직자로서 근무한 지난 30여 년 간 다양한 산림현장을 경험하는 기회를 가질 수 있었습니다.

이러한 저의 경험과 능력이 현장중심의 실용연구로 산림분야의 오랜 숙제를 해결하는데 조금이나마 도움이 되도록 최선을 다하겠습니다.

정부는 새 정부 취임 3년차를 맞아 평화의 길, 혁신적 포용국가의 길로 가고자 더욱 박차를 가하고 있습니다.

이러한 시대적 소명에 함께하기 위해서는 과학기술에 기반을 둔 산림과학연구의 발전이 수반되어야 하며, 무엇보다도 우리 국립산림과학원 직원 여러분들의 능동적이고 적극적인 자세가 요구됩니다.

이에, 국내 유일의 국가산림연구기관으로서 대한민국 산림비전 달성을 선도하고자 다음 몇 가지에 중점을 두고자 합니다.

첫째, 산림과 산림자원에 대한 시대적·국민적·경제적 수요에 부응할 수 있도록 융·복합적 연구 플랫폼을 정립해 나가겠습니다.

국토의 3분의 2에 달하는 산림은 가치 있는 재생가능자원이며 지속가능한 자원입니다. 기후변화에 대처할 능력을 제공하는 시대적 자원이자, 산림휴양·산림치유·산림교육 등 산림복지 및 택지·산업단지·도로 등 토지를 제공하는 국민적 자원이며 목재와 다양한 임산물을 제공하는 경제적 자원이라 할 수 있습니다.

이러한 산림자원의 다양한 가치가 효율적·효과적으로 발휘되기 위해서는 제 분야별 융·복합적 접근이 그 어느 때 보다도 절실한 시대입니다. 국제와 국내, 중앙과 지방 그리고 각 전문분야 간의 연구분야와 연구조직의 경계를 넘어서는 혁신적인 접근이 필요합니다.

또한 산림자원 순환경제 구축, 산림산업화, 산촌경제 및 산림복지 활성화를 위한 산림자원 변화 예측 및 임업시장과 노동력 분석 등과 같은 제반 산림분야 지표를 최적화 하여야 하며 새로운 지표를 연구·개발하여 변화된 시대 상황에 맞게 제시해 주어야 합니다.

둘째, 국가와 국민이 필요로 하는 현장 중심의 실용연구로 국정과제 성과창출에 앞장서겠습니다.

평화와 번영을 위한 남북협력, 미세먼지 발생 등 환경문제, 기후변화에 의한 자연재해 등 국가가 해결해야 할 문제들은 나날이 증가하고 있습니다.

UN이 정한 17개 지속가능한 발전목표(SDGs)에서도 알 수 있듯이 복잡한 사회문제 해결의 가장 중요한 열쇠는 산림에 있다고 확신합니다.

생활밀착형 도시숲 모델 개발, 인위적 산림 훼손 등 산림 모니터링 및 복원시스템 개발, 산림재해의 예측 정확성과 대응력 향상 등 다양한 사회의 요구에 빠르고 정확하게 대응하겠습니다.

이를 통해 건강하고, 안전한 숲속의 대한민국, 숲속의 한반도, 세계와 함께 푸른 지구를 만들기 위한 기틀을 마련하겠습니다.

셋째, 연구자 중심의 자율적 연구생태계를 조성하면서 목표지향적인 조직문화가 되도록 노력하겠습니다.

2000년대 들어 여러분의 엄청난 노력으로 많은 논문과 특허 등 놀라운 결과를 얻고 있는 것을 감사하고 자랑스럽게 생각합니다.

하지만 이러한 결과가 국가와 국민에게 혜택이 되는 실질적인 성과로 이어진 사례는 많지 않은 것도 사실입니다.

실적 위주의 지나친 경쟁문화는 자칫 처음 의도했던 본래의 목적을 왜곡시킬 위험이 있습니다.

이를 보완하고, 창의적이고 가치 있는 연구성과를 얻기 위해 다함께 협력할 수 있도록 자율과 책임을 강화하는 연구관리 시스템을 마련하겠습니다.

우수한 성과는 잘 포장하여 수요자에게 전달하고, 부족한 부분은 보완하거나 새로운 연구의 교훈으로 활용하겠습니다.

연구관리 뿐만 아니라 인사와 조직 관리도 유기적으로 연계하여 모두가 함께 같은 방향으로 나아가는 조직문화를 만드는데 최선을 다하겠습니다.

사랑하는 임업인, 그리고 산림가족 여러분!

무신불립(無信不立)이라는 말이 있습니다. 신뢰가 없으면 어떤 것도 이룰 수 없다는 말입니다.

우리 국립산림과학원은 임업인과 국민의 눈높이에 맞고 또한 미래를 대비하는 국가연구기관이 되기 위해 최선을 다할 것을 약속드립니다.

우리가 나아가는 길을 믿음으로 지켜봐 주시고, 격려와 질책도 아끼지 말아 주시기

바랍니다.

이를 위해 저부터, 제가 어디에 있든 항상 여러분과 소통하고, 여러분의 의견에 귀 기울이겠습니다.

기해년(己亥年) 새해를 맞이하여 여러분과 여러분 가정에 건강과 행복이 항상 가득하길 기원합니다.

감사합니다.

2019년 1월

국립산림과학원장 전 범 권

남북 공유하천인 임진강의 수해방지를 위한 산림복구계획 수립

김경하/조현국/최 경

국립산림과학원 산림정책연구부장 / 한국임업진흥원 산림정보서비스실장 / 사방협회

I. 시작하며

최근 남북관계는 ‘4.27. 남북정상회담’ 이후 ‘판문점 선언’ 등을 통한 화해 분위기가 완연하다. ‘판문점선언 이행위원회’는 남북협력의 우선추진사항으로 산림협력사업을 선정했다고 발표한 바 있다.

남북의 산림협력사업은 과거에도 시도가 된 바 있으며 특히 2000년 8월 29일 평양에서 개최된 제2차 남북장관급 회담에서 남한과 북한이 국제공유하천인 ‘임진강수해방지사업’을 공동으로 추진하기로 합의하였다.

‘임진강수해방지사업’은 여덟 차례의 실무협의를 거쳐서 2004년 3월 2일 서울에서 개최된 남북경제협력추진위원회 제8차 회의에서 본격적으로 추진하기로 합의되었다. ‘임진강수해방지사업’은 크게 ‘수해방지를 위한 홍수경보체계 구축과 산림복구계획’ 두 부분을 포함하고 있다.

전자는 한국수자원공사가 주관하였고 후자는 국립산림과학원이 담당하였다.

임진강 유역은 남북이 공동으로 점유하고 있는 대표적인 국제공유하천으로 유역 상부인 북한의 산림이 황폐해짐에 따라 거의 매년 하류지역인 남한에 엄청난 홍수가 발생하였다. 임진강 유역에서 발생한 홍수피해 사례는 1996년, 1998년 그리고 1999년 경기 북부 지방에 대규모 홍수가 발생하여 인명 184명과 약 1조원의 재산피해 그리고 약 3조원의 복구비용이 투입되었다(장석환, 2014).

본 사업은 임진강 유역의 근본적인 수해방지 대책의 하나로 산림황폐 유형별 항구적인 복구방안을 수립하는데 그 목적이 있다. 본 사업은 당시 통일부와 건설교통부 및 한국수자원공사가 국립산림과학원에 의뢰하여 2004년 6월부터 2006년 9월까지 수행하였다.

국립산림과학원은 당시 임진강 유역 일대 산림의 현지조사를 위하여 한국산지환경연구

회와 사업용역계약을 체결하였고 국립산림과학원은 임진강 유역의 황폐 현황을 분석하기 위하여 위성영상을 분석하였다. 임진강 집수유역 중 남한(3,008.7km²(37.1%))유역은 황폐지를 현지조사하고 이를 위성영상을 분석하는 참고자료로 활용하였고 북한(5,108.8km²(62.9%))유역은 위성영상자료를 이용하여 분석하였다.

본 원고는 과거 수행했던 임진강 산림복구계획이 현재 국가적 이슈인 북한 산림복구사업을 추진하는데 다소나마 도움이 되리라 기대하면서 기록으로 남기고자 작성하였다.

Ⅱ. 유역 복구대책 수립

1. 유역별 황폐지 현황

현지조사 및 위성영상자료 판독·분석한 결과 임진강 황폐지 현황과 다음 표 6-1과 같이 황폐지와 훼손지로 구분된다. 남측에는 자연 황폐지일부와 훼손지가 대부분이며 산사태지와 사방댐 시공대상지는 재해 및 야계사방 발생시 즉시 복구가 수행되었기 때문에 시공대상지는 거의 없는 상태이다.

북측에 분포하고 있는 황폐지 유형은 위성사진 분석결과를 현지대조가 불가능하여 나지(裸地), 개간산지, 무림목지(無立木地)로 구분하였다. 산사태지는 나지에 포함되었으며 황폐계류는 구분이 어려워 제외하였다.

〈표 6-1〉 수계별 황폐지 유형별 면적(남측)

단위 : ha

수 계	황 폐 지 유 형				합 계 (%)
	황폐지	훼손지	산사태지	황폐계류	
문산천	—	6.9	—	—	6.9 (1.5)
임진강	5.8	97.3	0.2	—	103.3 (22.2)
한탄강	20.3	325.6	—	9.4	355.3 (76.3)
합 계 (%)	26.1 (5.6)	429.8 (92.3)	0.2 (0.1)	9.4 (2.0)	465.5 (100.0)

〈표 6-2〉 수계별 황폐지유형별 면적(복측)

단위 : ha

수 계	황 폐 지 유 형			합 계
	황폐지(나지)	개간산지	무렵목지	
고미탄천	340	12,820	6,010	19,170
사미천	3,130	2,890	14,610	20,630
사천	5,150	2,800	4,390	12,340
역곡천	150	3,540	12,520	16,210
용지천	190	2,990	7,410	10,590
임진강	6,480	22,450	34,610	63,540
평안천	100	2,480	13,520	16,100
한탄강	190	2,850	14,450	17,490
합 계	15,730	52,820	107,520	176,070

2. 복구방향 설정

나. 사업의 우선순위

가. 복구의 기본방향

- ① 산지재해 예방을 최우선으로 하며 사방댐, 야계사방은 집단취락지, 주요산업시설과 연계하여 시공한다.
- ② 유역단위로 산지사방(사방조림), 산사태지복구(예방사방), 사방댐, 야계사방을 계통적으로 시공한다.
- ③ 가능한 한 자연경관, 생태환경적으로 시공이 되도록하며 사방(시공)재료는 가능한 한 현지재료(자연석, 자갈, 때 등)를 이용한 친 자연적 소재로 한다.

복구사업의 우선순위는 산사태위험지에 대하여 우선 실행하며 마을, 산업시설지, 농경지 등 산지재해 우려가 예상되는 지역 순으로 한다.

다. 설계 및 시공시 유의사항

- ① 집수유역이 넓고 계류가 긴곳은 재해 방지기능을 제고하기 위하여 1계류에 2개소 이상 다단계, 복식형태의 사방댐을 설치하며 산사태 발생시 유목(流木)이 예상되는 곳은 투과형 슬릿트

(slit)댐, 스크린(screen)댐, 버트리스(buttriss)댐 등을 설치한다.

- ② 야계사방, 사방댐의 경우 산지에 접속되지 아니한 구간을 대상지에서 제외하되 다만 주택, 산업시설, 농경지 등의 피해예방을 위하여 필요한 곳에는 시공한다.
- ③ 규모가 큰 사방댐은 보링(Boring)을 실시하여 토질, 모암의 깊이, 절리방향 등을 조사하여 댐의 몸체(堤體)가 안정되게 설치한다.
- ④ 사방댐, 야계사방 시공시 상수(常水)가 흐르거나 어류가 서식하는 계류에는 어도일체형 사방댐 또는 어도(魚道) 등 자연생태 및 주변환경에 조화롭게 시공한다.
 - ㉠ 동물이동통로, 친수시설(하천접근로, 징검다리식 바닥막이)을 도입하여 시공한다.
 - ㉡ 우회수로, 계단식 낙차공 등을 설계에 반영하여 수생생태계를 보전한다.
 - ㉢ 계류는 직선화 하지말고 급곡적 자연선형(自然線形)을 유지하도록 한다.
 - ㉣ 전석, 석축사이에는 갯버들 등을 식재하며 공한지에는 화목류(향토자생식물)을 식재한다.

3. 복구계획

가. 사업의 개요

1) 사업목적

토사유출(토양침식 및 산사태)방지 및 홍수피해 방지

2) 사업원칙

- ① 적지적공
- ② 자연친화적 복구
- ③ 계통적 사방
- ④ 유역완결

3) 사업목표

임진강 유역내 황폐지, 훼손지, 황폐계류 및 산사태위험지를 완전복구하여 산지재해방지

4) 사업내용

가) 사업명

임진강 유역 산림복구

나) 사업수행기관

- ① 사업주관기관 : 건설교통부
- ② 사업실시 관리기관 : 산림청 산림과학원
- ③ 사업집행실시기관 : 임진강 유역 복구사업단(신설)

다) 사업지 및 사업규모

(1) 황폐지복구

- ① 남측 : 465.5ha
 - 문산천 : 6.9ha
 - 임진강 : 103.3ha
 - 한탄강 : 355.3ha

- ② 북측 : 176,070ha
 - 고미탄천 : 19,170ha
 - 사 미 천 : 20,630ha
 - 사 천 천 : 12,340ha
 - 역 곡 천 : 16,210ha
 - 용 지 천 : 10,590ha
 - 임 진 강 : 63,540ha
 - 평 안 천 : 16,100ha
 - 한 탄 강 : 17,490ha

(2) 사방댐 설치

북측 화강암 분포지역 : 354개소

(3) 양묘장 신설

북측 9개 시군별 시설양묘장 및
관리시설 각 1동씩 신설

나. 유역복구대책 수립전제 조건

1) 사업지 위험성 제거

사업지내 지뢰 등 폭발성 위험물질 제거

2) 사업단 구성

임진강 유역 복구사업단은 민·관 전문가를
합동으로 구성하여 조성하며 산림청 국립산림
과학원의 기술감독을 받도록 한다.

3) 기반시설조성

사업착수전 사업현지조사를 통하여 작업로,
전기시설(관수시설 포함), 양묘장 등 기반시설
을 설치토록한다.

4) 양묘장 신설

조림용묘목을 공급하기 위하여 시설양묘장
을 설치하며 경우에 따라서 노지양묘장을 각
시군(범동군, 판교군, 세포군, 이천군, 철원

군, 평강군, 개성시, 장풍군, 토산군)별 1개소
(1,000㎡기준)를 설치한다.

5) 사방댐 설치물량

사방댐은 물량 파악이 어려우므로 화강암지
대로 유역면적 500ha에 2개소(본댐, 부댐) 설
치함을 전제조건으로 한다.

6) 황폐유형별 작업순위

계통적인 사방사업의 원칙에 의하여 고지대
(高地帶)에서부터 복구를 실시하여야 하겠으
나 북측의 복구사방은 우선 우리나라에 직접
피해를 주고 있는 한탄강유역(북측지역)을 우
선 실시하며 황폐지가 많은 임진강 유역, 사미
천, 평안천, 역곡천, 용지천, 사천, 사미천 순
으로 실시한다.

황폐유형별로는 무림목지, 나지, 개간산지
등은 모두 산지사방과 기초사방(사방조림)을
실시하게 되므로 동시에 실시하는 것이 경제
적이다. 산지사방 시공후 사방댐과 야계사방
을 실시한다.

7) 황폐유형별 장·단기 복구방향

가) 단기복구방향

- 양묘장을 설치하여 묘목수급에 차
질이 없도록 한다.
- 단기적으로는 우선 산사태와 홍수
등 산지재해 발생 우려지역은 피해
를 극소화하기 위하여 가옥 및 주요
시설지역에는 응급복구 또는 사방
댐을 시공, 설치한다.

나) 장기복구방향

세부 복구계획 수립을 위하여 현지 정밀조사를 실시하여 황폐지유형을 세분화하고 사방사업별 복구계획을 수립한다. 특히 야계사방 물량을 확보하여 유역단위로 완전한 복구가 이루어지도록 황폐유형별로 적지적공법이 되도록 추진한다.

다. 황폐유형별 복구 및 대책방안

1) 황폐유형별 복구 방안

가) 조림 및 파종

(1) 조림수종

황폐지 조림수종으로 참나무류(주로 상수리나무), 아까시나무, 오리나무, 리기다소나무, 소나무, 자작나무, 잎갈나무, 잣나무 등이며 하층식생으로는 싸리, 때죽나무, 새, 산거울 등을 식재 및 파종한다. 입지조건에 따라서 아까시나무, 포플러 등 속성수종을 식재하여 연료림을 조성하며 잣나무, 전나무 등 경제수종과 유실수종을 식재하여 경제림을 조성 한다.

(2) 묘목규격

오리나무, 리기다소나무, 아까시나무, 상수리나무, 자작나무 등은 1년생을 식재하며 소나무, 잣나무 등은 2~3년생을 식재한다.

(3) 식재밀도

사방수종은 ha당 4,000본을 기준하여 식재한다.

경제수종은 ha당 3,000본 유실수종은 400~500본을 식재한다.

※ 산림청 사방수종 ha당 식재본수 기준은
4,000본(오리나무 1,500본, 상수리나무 1,000본, 아까시나무 500본, 리기다소나무 1,000본)

나) 사방사업별 추진계획

(1) 산지사방

① 현지조사

현지조사는 시공할 지역의 입지환경과 사회적 여건을 조사하여 시공하여야 할 공법과 공작물을 결정하고 시공하는데 필요한 자재, 노동력, 기계운반관계 등을 포함하는 각종 조건에 대한 조사가 포함된다. 이 조사가 산지사방공사를 수행하는데 필요한 세부실시 설계를 위한 조사인 것이다.

조사내용은 지황, 임황, 기상상태, 황폐원인, 황폐임지의 현황(면적, 집수유역의 면적과 형상, 붕괴토양, 붕괴확대의 위험성, 지표수의 유수상황, 지하수의 용수상황 등), 토지이용관계, 공사용자재(돌, 떼, 폐목 등) 및 노무관계(인력동원 상태), 시공공종(적지적공법에 의한 공종과 수량)과 공작물 배치상태(견취도) 등이다.

② 측량

측량은 산복황폐지의 주변을 포함하여 충분한 범위까지 실시한다. 시공지의 면적결정, 비탈다듬기공사외 토사량산출, 공작물의 수량산출과 위치결정 등을 위하여 실시한다. 평판측량기와고저측량기를 이용하여 지형측량, 종단측량, 횡단측량을 실시한다.

③ 사방공종의 선정 및 배치

현지조사와 측량자료를 토대로 황폐지를 능

선이나 계곡, 임도등을 경계로 1ha 내외의 단지로 구획하여 단지별로 시공면적과 토사량을 계산하여 공작물의 수량과 위치를 결정한다. 동일공종으로 규격이 상이한 것은 공작물 치수조사표에 기재하며 설계단비는 평균규격에 의거 산출한다.

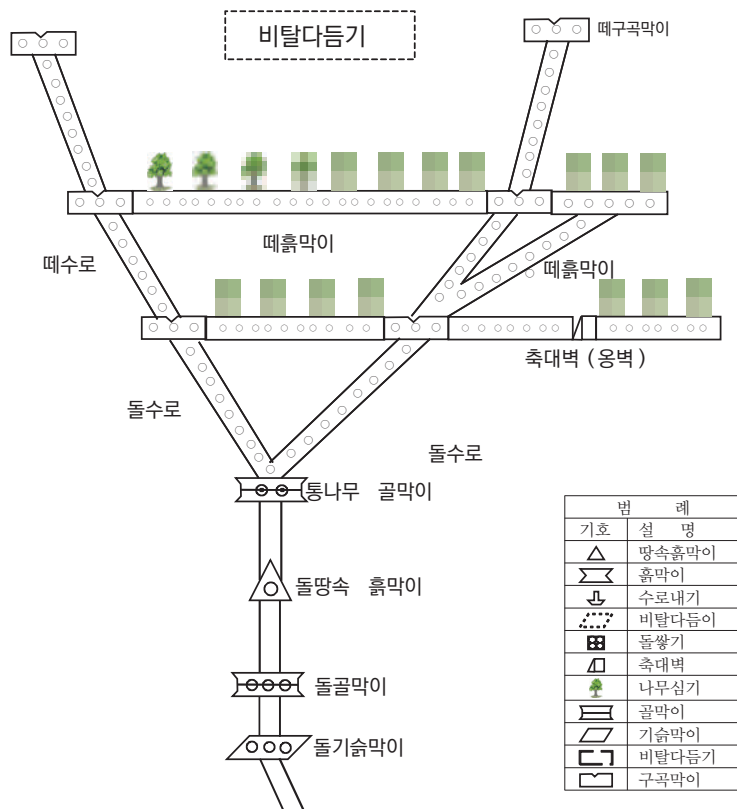
④ 설계서 작성

현지조사 자료와 측량자료에 의하여 산지사방 사업설계 설명서, 사방사업설계 내역서, 사방사업 경비내역서, 단가표, 공작물 개소별 조

서, 임야지적조서, 설계평면도(1:5,000 시공 구역 위치도 첨부)등의 서류를 작성한다.

설계서 작성시 공작물 배열순서는 계간공사, 산복공사, 잡공사 순으로 하고 단가표 명세표의 기재순서는 재료를 먼저 기입하고 다음에 인부를 쓰며 단가는 높은 것부터 기재한다.

설계 평면도는 측량원도(1:3,000 또는 1:6,000)를 단지별로 구분견취(區分見取)하며 설치할 시설물을 적지적공(敵地適工)이 되도록 공종부호와 규격을 도시하거나 표시한다.



〈그림 6-1〉 산지사방 설계 견취도(見取圖)

⑤ 복구방법

황폐지에서는 표토의 침식을 방지하는 것이 가장 중요하다.

표토의 침식량을 줄이는 방법으로는 비탈면의 경사를 완화시키고 표면을 식생으로 피복하여 우수(雨水)를 분산시키고 집수(集水)시켜서 유하(流下) 시키는 것이다.

⑥ 시공요령

㉠ 불규칙한 지반을 비탈다듬기를 통하여 정리한다.

㉡ 경사가 완만한 초기 및 중기 황폐지역은 단을 끊지 않고 가급적 표토이동 없이 파종상(播種床)을 만든다.

㉢ 누로(淚路)나 작은 구곡(溝谷) 수로에는 떼로서 누구막이와 수로를 만들어 침식을 막는다.

㉣ 경사가 급한 지역은 단(段)을 끊으며 생산된 부토(浮土)는 선떼붙이기, 흙막이, 산비탈돌쌓기, 땅속흙막이, 골막이 등으로 고정시킨다.

㉤ 작은 수로에서는 위쪽에 누구막이, 아래쪽에 수로를 설치하며 큰구곡(溝谷) 수로에는 돌 또는 콘크리트 골막이를 시공하여 산각을 고정시킨다.

㉥ 단간사면에는 초목종자를 직파하고 단상(段床)에는 리기다소나무, 아까시나무, 오리나무, 상수리나무, 소나무 등을 식재하거나 아까시나무, 싸리류, 새 등과 같은 초목종자를 파종한다.

㉦ 직파로서 성공하기 어려운 급경사 단

간사면은 짚 또는 거적덮기 공법으로 피복하거나 종자가 부착된 식생망 또는 식생자루를 이용한다.

떼대용 자재로 천연토목 섬유인 Geomesh(Netting, Fencing) Coir net, Jute mesh, Jute 등과 합성수지인 론생백, 론생 Net, Filter mat와 각종 녹화 sheet와 Mat가 있다. 북측에서 떼 채취가 곤란할 경우에 이를 떼 대용자재로 활용할 수 있으며 “사방용 떼”를 파종 배양하여 사용할 수 있다.

(2) 야계사방

① 현지조사 및 측량

집수유역의 현황조사와 측량은 산지사방 조사방법과 동일하다.

조사항목은 야계사방 특성에 따라 계상구성 인자의 크기(사력의 크기) 황폐의 원인과 특성, 계상의 토질(토양깊이, 암반까지의 깊이), 현재상폭과 홍수위, 관개(灌溉)용수 및 농로이용관계, 공사제한 사항, 공작물 설치장소, 매몰경지의 복구가능면적(ha), 몽리(蒙利) 농경지 면적(ha), 면피해(免被害) 시설(가옥, 도로, 기타) 관리대책 등을 조사하며 평판측량 및 고저측량을 실시하여 견취도를 작성한다.

또한 토공(土工) 관계조사를 위하여 절·성 토량에 따른 중장비 활용 가능성 등을 조사하며 공사대 소요되는 석재, 시멘트 등 모든 자재에 대하여 현지확보 및 구입 여부를 조사한다.

② 설계서 작성 및 복구방법

설계서 작성요령은 산지사방 설계서 작성요

령과 같으며 복구방법은 계상(溪床)의 기울기와 반곡부를 완화하고 황폐계류의 중·형 침식을 방지함을 목표로 한다.

③ 시공요령

- ㉠ 유역의 각종 상황(유역면적, 지형, 임상, 지피물, 계상구성물의 크기, 강수량, 지질, 투수성 등)을 조사하여 유량을 산정한 후 계폭(계상단면적)을 결정한다.
- ㉡ 상류부는 산지사방의 계간공사와 연결시켜 일련의 계통적인 시공이 되도록 한다.
- ㉢ 상류계곡에는 골막이 또는 사방댐을 설치하여 산각을 고정하고 토사유출을 막아 계간을 안정시킨다.
- ㉣ 수로의 굴곡부는 최소 반경이 수로 밑 폭의 10배 이상이 되도록하고 굴곡부 외측은 내측보다 기슭막이나 독쌓기를 높게 설계 시공한다.
- ㉤ 계류의 분류점과 합류점은 예각이 되도록 시공한다.
- ㉥ 굴곡부 외측 등 계안이나 제방을 보호해야 할 곳에는 기슭막이를 시공해야 한다.
- ㉦ 골막이, 바닥막이, 사방댐 등을 시공하여 계류의 안전비탈을 유지한다.
- ㉧ 개울바닥의 침식을 예방하고 기슭막이, 돌수로공, 독쌓기를 보호유지하기 위한 바닥막이 길이는 수로의 폭보다 1.5~2.0m 더 길게하여 독 안으로 깊게 들어 가도록 시공한다.

- ㉨ 개울바닥을 평평히 고르게 정리하여 물이 순조롭게 흐르게 한다.

(3) 사방댐

현지조사, 측량, 설계서 작성 등은 야계사방공사와 유사하나 댐 자리선정, 댐의 방향과 높이의 결정, 댐형식 및 계획기울기(구배)결정, 방수로 및 기타부분의 설계, 콘크리트 배합설계, 댐단면 및 물빠기 구멍의 설계, 물받이 부위의 설계, 콘크리트 배합설계, 댐단면 및 물빠기 구멍의 설계, 물받이 부위의 보호공법 설치여부, 가배수로 및 물받이공법의 설계 등이 필요하다.

라. 시설양묘방법

1) 양묘시업준비

- ① 침엽수 양묘시에는 104혈짜리 포트, 활엽수 양묘시에는 15혈짜리 포트를 각각 5,000개 준비한다.
- ② 상토용으로는 피트모스, 펄라이트, 질석을 각각 준비한다.
- 포장단위 : 피트모스 113ℓ/포, 질석 25ℓ/포, 펄라이트 100ℓ/포

2) 파종전 처리

- ① 발아율을 높이기 위하여 파종하기 전에 반드시 종자정선을 하여야 한다.
- ② 종자정선은 파종할 종자를 하루동안 맑은 물에 담구어 위에 뜬 것은 제거하고 가라앉은 것만 골라낸다.
- ③ 가라앉은 종자는 발아촉진 및 종자소독을 위하여 맑은 물의 다찌가렌

1,000배액에 다시 하루동안 담구어 둔다(100ℓ 통당 다찌가렌 100㎖ 1병).

3) 상토섞기 및 채우기

- ① 상토섞기 및 채우기는 피트모스, 질석, 펄라이트를 부피비율로 2:1:1로 섞는다.
- ② 피트모스는 매우 건조하여 물을 잘 흡수하지 못하므로 삽이나 쟁이등으로 부술때 물을 뿌려주면서 상토를 섞는다.
- ③ 상토채우기 방법은 ㉠포트에 상토를 가득 채운후 위에 있는 상토를 손으로 쓸어낸다. ㉡손으로 포트의 양쪽 끝을 잡고 2~3회 땅에 두드린다. ㉢포트 윗부분의 빈공간에 다시 상토를 채운다. ㉣다른 포트의 밑부분으로 상토를 채운 포트의 윗부분을 지긋이 눌러준다. ㉤이러한 작업이 끝나면 포트에는 약 5mm높이의 공간이 남게 되는데 이 공간이 파종과 복토를 하기 위한 공간이 된다.

4) 파종

- ① 파종은 종자소득이 끝난 종자를 고운 강모래와 1:1의 비율로 섞어 종자의 표면에 물기가 없도록 한다.
- ② 포트의 혈당 파종량은 모든 혈에서 종자가 발아될수 있도록 효율을 감안하여 뿌린다.
- ③ 파종이 끝난 포트는 질석으로 복토한다. 이때 복토의 두께는 소립종자

는 5mm정도, 세립종자는 약2mm 내외로 한다.

- ④ 복토가 끝난 포트는 온실의 벤치위에 빈칸이 없도록 배치한후 포트의 밑바닥으로 물이 흘러나올때까지 충분한 관수를 한다.

5) 파종 및 발아초기 관리

- ① 파종이 끝난 포트의 상배열이 완료되면 살균제인 다찌가렌 1,000배액을 물주기를 할때 살포한다.
- ② 발아기간 동안 관수는 주2회를 하며 이중 1회는 살균제를 희석하여 관수한다.
- ③ 파종후 10~15일이 지나면 발아되기 시작하는데 발아가 90%정도 완료되었을때 솟아내기를 하여 1혈에 1본이 생립되도록 본수를 조절한다.

6) 생육초기의 관리

- ① 파종후 1개월 (발아후 약15일 내외) 후부터 비료주기를 시작한다.

〈비료의 종류 및 희석농도〉

㉠ 질산암모나움(NH_4NO_3):

150ppm(42.9g/100ℓ)

㉡ 인산(H_3PO_4) : 80ppm(25.3g/100ℓ)

㉢ 황산카리(K_2SO_4) :

80ppm(17.8g/100ℓ)

- ② 초기 생육촉진을 위하여 복합영양제인 BS그린 1,000배액을 관수시 혼합하여 살포한다.

- ③ 시비는 주2회 위의 비료를 혼합하여

관수를 겸하여 한다.

- 1회는 질산암모니움, 인산 및 황산카리의 혼합비료를 시비
 - 1회는 BS그린 1,000배액을 시비
- ④ 발아 후 3개월간 살균제를 주1회 살포한다.

7) 생육중기의 관리

- ① 파종 후 한달반(약 45일)이 지나면 묘목의 생장이 급속히 빨라지기 시작한다.
- ② 이 시기에는 많은 물을 필요로 하므로 주3회 관수를 한다.
- ③ 또한 생육이 왕성한 시기이므로 질소(150ppm), 인산(80ppm), 칼리(80ppm)와 BS그린 1,000배액을 관수시 혼합하여 살포한다.

8) 생육후기의 관리

- ① 파종 후 3개월이 지나면 묘목은 가속생장을 하게 되어 생장이 더욱 왕성해진다.
- ② 이 시기에는 많은 물과 비료를 요구하고 또한 내부기온도 높아 묘목이 시들기도 하기 때문에 주3회 관수외에 실내온도를 낮추기 위하여 필요시 소량의 물을 미스트를 이용하여 관수한다.
- ③ 경화를 할 시기이므로 묘목을 튼튼하게 하기 위하여 질소, 인산, 칼리의 혼합비료 살포는 중지하고 복합영양제인 BS그린 1,000배액을 관수시 혼합하여 살포한다.

9) 경화처리

- ① 파종 후 4개월이 지나면 묘목이 조림하기에 적합한 크기로 자랐으므로 조림지 환경에 적응하기 위한 능력을 키우기 위하여 경화처리를 한다.
- ② 포트를 경화용 온실의 벤치로 옮기고 건조한 조건으로 묘목을 키운다.
- ③ 포트를 옮긴 첫주에는 2회 적당량 관수를 하고 묘목이 시들음 현상을 보이면 소량 관수를 추가로 한다.
- ④ 2주째부터는 주1회 관수를 하고 묘목이 시들음 현상을 보이면 앞에 소량 관수를 한다.
- ⑤ 경화처리 후 약2주가 지나면 앞에 자주색이 돌기 시작하는데 이것은 경화가 이미 시작된 것을 보여주는 것으로 4주간 경화처리를 한다.

마. 노지양묘방법

1) 포지의 구획 및 묘판의 준비

- ① 포지의 구획은 100m×50m를 기본단위로 하여 남북으로 길게한다.
- ② 경운작업은 토심 20~30cm깊이로 하되 동서방향으로 2회 이상 교차되게 실시한다.
- ③ 경운시 퇴비를 2kg/m²의 비율로 살포하고 경운한다.
- ④ 묘판은 높이 10~15cm, 길이 50m로 하고 보도의 폭은 50cm로 한다.
- ⑤ 파종용 묘판은 만들어진 묘판의 윗부

분에다 1cm정도 크기의 채로 흙을 쳐서 얇게 덮는 다음 롤러로 진압한다.

2) 발아촉진 및 파종

- ① 종자의 발아를 촉진시키고 발아율을 높이기 위하여 종자를 파종전 맑은 물에 1~2일간 담근후 파종하거나 파종 1개월전에 종자 1:모래 1:물1의 비율로 혼합하여 포대에 담아 땅속 1.5m 깊이에 저장하였다 파종한다.

② 파종량(kg)은

$$\frac{\text{파} \times \text{종순면량적율}(\text{m}^2) \times \text{m}^2\text{당생산예정분수}}{\text{kg당입수} \times \text{순량율}(\%) \times \text{발아율}(\%) \times \text{득묘율}(\%)}$$

로 계산한다.

- 예: 소나무종자파종량계산

$$= \frac{1\text{m}^2 \times 600\text{본}/\text{m}^2}{99,416\text{립}/\text{kg} \times 93\% \times 87\% \times 30\%}$$

- ③ 종자뿌리는 방법은 종자를 40%, 40%, 20%로 등분하여 40%, 40%는 상면의 좌·우측에 각각 뿌리고 20%는 보완 파종한다.

3) 흙덮기와 짚덮기

- ① 흙덮기(복토)는 종자두께의 2~3배를 흙을 채로 쳐서 균일하게 덮는다.
- ② 흙덮기가 끝나면 모판의 습기를 보존하고 종자가 흩어지는 것을 방지하기 위하여 짚을 종자두께로 덮고 끈으로 고정시킨다.
- ③ 덮은 짚은 발아가 1/2이상 완료시 2~3회 나누어 발아가 끝날 때 완전

히 제거한다.

4) 옮겨심기

- ① 파종상에서 1년자란 어린묘목을 근계의 발육을 양호하게 하고 T/R율이 낮은 건강한 묘목을 생산하기 위하여 다른 묘판으로 옮겨 심는다.
- ② 옮겨심기를 할때 세근이 많은 것은 간장의 70~80%, 세근이 적은 것은 간장과 동일한 길이만 남기고 단근한 다음 옮겨 심는다.
- ③ 이때 조림용 줄자를 이용하여 묘간거리 열간거리를 맞추어 통풍이 잘 되도록 옮겨심는다.
- ④ 옮겨심는 구덩이는 묘목의 뿌리보다 깊게 수직으로 판다.

5) 묘포지 관리

- ① 파종상의 수분을 유지시켜주고 강한 햇빛으로부터 보호하는 해가림시설을 해준다.
- ② 관수는 아침, 저녁으로 보도관수를 하며 관수 후 헐잡물 및 묘목이 흙웃을 입었을 시는 제거한다.
- ③ 제초는 보통 1년 7회 정도 실시한다.
- ④ 침엽수류 파종상에서 제일 많이 발생하는 것은 모잘록병(입고병)이므로 적기에 약제살포가 안되면 많은 피해가 발생한다.
- ⑤ 모잘록병 예방은 파종전에 다찌가렌 1,000배액으로 토양소독 및 지오납수화제 등으로 종자소독을 한다.
- ⑥ 모잘록병이 발생하면 즉시 다찌가렌

500~1,000배액을 m^2 당 3~4 ℓ 를 관수하여 확산되는 것을 방지한다.

⑦ 모잘록병 예방은

- 묘상의 배수철저
- 적정파종량 및 숙아내기로 통기성 개선
- 인산질비료의 충분한 시용과 완숙 퇴비시용
- 발병이 심한 포지는 윤작하여 파종상의 환경을 개선한다.

⑧ 숙아내기는 7월 상순이전에 완료되 초두부가 죽은묘와 병해충묘는 우선 숙아낸다.

⑨ 옮겨심기한 묘목이식상은 묘목이 완전히 활작후 6월 상순~7월상순에 시비하고, 거치상은 해빙직후 1회 시비와 7월 상순까지 2회시비를 실시한다.

6) 묘목의 굴취 및 가식

- ① 묘목의 굴취는 가능한 가식기간을 줄이기 위하여 다음날의 산출량 또는 이식량을 굴취하는 것이 이상적이다.
- ② 수액 유동직전에 실시하며 굴취기구에는 예리한 것을 사용하여 가급적 깊이파고 뿌리가 상하지 않도록 한다.
- ③ 묘목고르기(선묘)는 일광 및 바람이 통하지 않는 창고 또는 천막에서 실시한다.
- ④ 가식은 건조하거나 물이 고이지 않고 배수가 잘되는 장소를 선정하여 1열당 가식본수를 동일하게 하여 가

식한다.

7) 포장

- ① 묘목의 건조방지를 위하여 물수세미를 뿌리사이에 넣으며 금년에 자란 새로운 순은 부러지지 않도록 주의한다.
- ② 소나무 포장당 무게는 20~30kg 정도가 알맞다.

4. 사방공종별 시공요령과 구조도

가. 산지사방(Hillside erosion control)

1) 비탈다듬기(뭉기기, 뭉개기, 整度工, 法切工, Slope grading works)

비탈다듬기는 불규칙한 사면 또는 사면의 불안정한 토석층을 완화하여 안정된 비탈면을 조성할 목적으로 시공하는데 경사가 심한 비탈면을 일정한 경사도로 유지하도록 땅깍기를 하며 깊은 곳은 메우는 공사를 말한다. 일반적으로 비탈다듬기 기울기는 안정물매(土砂의 安息角, Angle of repose)를 한계점으로 하는 것이 안전하다.

가) 시공요령

- 사면기울기는 대상지의 종 단면도를 작성하여 결정하되 지질, 경사, 주변의 지형과 공법 등에 따라 조화있게 결정한다.
- 사면기울기가 급한지역은 선땀 붙이기 및 산비탈 돌쌓기 등으로 조정한다.
- 비탈다듬기는 산꼭대기부터 시작하여 산

아래로 진행하며 부토가 많은 지역은 속도랑공사 및 땅속흙막이 공사를 시공한 후 비탈다듬기를 하는 것이 효과적이다.

- 비탈다듬기공사후에는, 뜬 흙이 비탈에 안착할 때까지 일정기간은 비 바람에 노출되어야 하며, 그 후에 다른 공종을 시공한다.
- 비탈다듬기공사에 의해서 잡목이나 그 루터기가 매몰되는 경우에는 비탈다듬기 공사전에 이것을 미리 정리하여 매몰되지 않도록 시공한다.
- 채석적지 복구공사에서는 채굴공사 마지막 단계에 이를 때에 비탈다듬기공사를 동시에 진행하면서 채굴하여, 채굴작업 이후의 비탈녹화공사를 위한 비탈다듬기 공사가 용이하게 진행될 수 있도록 한다. 채굴면의凹凸면에 대개 30cm 이내로 비교적 평편하게 다듬는다. 채석지 보전구역과 퇴적장 비탈면에 대해서도 가급적 최대로 안정물매가 되도록 균일하게 다듬고, 수로공사의 위치 등에 대해서는 미리 터파기공사를 한다.
- 기계에 의한 비탈다듬기공사는 토사의 절취량이 많고, 지형적으로도 기계에 의한 시공이 가능한 경우에 채용한다. 주요한 사용기계에는 불도저, 백호우, 트랙터셔블 등이 있으며, 암반에서는 착암기 등으로 다듬어야 한다. 기종 및 규격은 시공지의 지질, 지형에 적합한 것을 선정해야 한다.

나) 시공도

○ 비탈다듬기 시공도

2) 단끊기(비탈단끊기, 계단끊기, 階段工, 段切工, Terracing works)

비탈다듬기 공사를 실시한 사면에 수평단을 끊고 초·목본류를 파식하여 황폐된 나지에 식생을 조성하려는 기초공사이다. 산복사면 길이를 줄이고 수평면을 유지케 하므로써 사면에 유하되는 토사를 저지하고 유수를 분산시키므로 침식을 방지하는 동시 식생조성에 필요한 기반조성을 위한 것으로 선폐불이거나 조공, 흙포대 흙막이 및 파종공을 병행 실시하는 공종이다. 수토보전(水土保全) 공사로서도 계획·시공한다.

가) 시공요령

- 단끊기는 상부로부터 하부로 향하여 시공하며 단상(段上)에는 될 수 있는대로 원래의 표토를 존치하도록 한다.
- 단끊기는 수평으로 실시하며 단폭(계단나비)은 일반적으로 50~70cm으로 하지만 비탈면의 기울기가 급할 때에는 계단폭을 좁게하여 상하 계단간의 비탈면 기울기를 완만하게 한다.
- 단끊기에 의하여 생산되는 토사의 처리는 시공경비와 관계가 많으므로 절취토사의 이동은 최소한도로 한다.

3) 땅속흙막이(파묻기, 비탈 땅속흙막이, 무치기, 묻히기, 묻치기, 埋設工, Underground-laying structures)

비탈다듬기와 단끊기 등으로 생산되는 뜬흙(푸석흙, 浮土)을 산복의 계곡부에 투입 유치하여 이의 유실을 방지하는 한편 산각의 고정을 기하고자 축설하는 공법으로 사용재료에 따라 돌, 바자, 흙, 돌망태, 블록, 콘크리트, 앵글크리브망 땅속흙막이 등이 있다. 이것들은 모두 땅속에 매설하는 공작물로서 외관보다는 강도가 필요하므로 재료의 선택과 시공에 충분한 주의를 요한다.

가) 시공요령

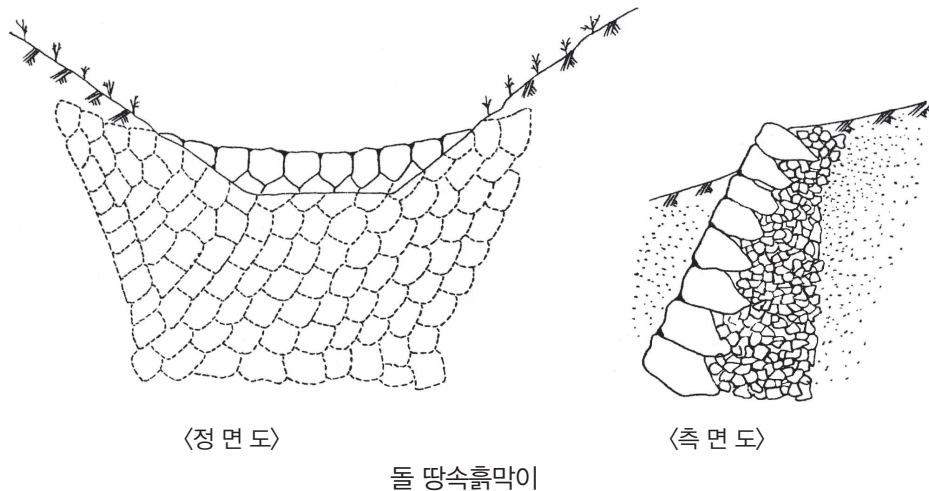
- 상부의 토압에 충분히 견딜 수 있는 구조물이 되도록 안정된 기반위에 설치하며 바닥파기를 충분히 하고 높이의 2/3 이상이 묻히도록 한다.
- 유치토사가 진흙인 경우는 돌, 콘크리트 또는 블록을, 유치토사가 사질 또는 건조한 지역에서는 석재를, 기타 자재

취득이 곤란한 경우는 흙 땅속흙막이를 하고 심벽(心壁)을 넣는다.

- 상류를 향하여 직각으로 축설하며 돌쌓기의 비탈은 1 : 0.3, 흙땅속흙막이의 비탈은 1 : 1.0~1.3으로 한다.
- 현지에 산재된 석재를 충분히 활용하고 큰돌은 밑으로 놓아 축설한다.
- 공작물의 높이와 재료는 토압을 고려하여 축설 선정하는 것이 원칙이나 일반적으로 통용되는 제한높이는 다음 표와 같다.
- 사용재료별 땅속흙막이 제한높이

사용재료	공작물 높이(m)	비 고
돌	직고 5	경사도 : 25°~30°인 지역
잡석	직고 1~2	
흙(심벽)	직고 3	
흙	직고 1~2	

나) 구조도



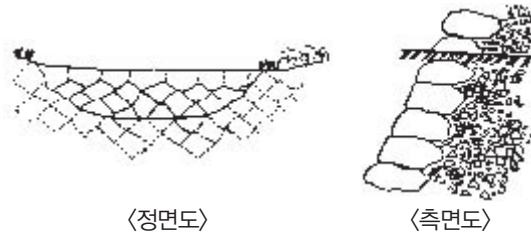
4) 누구막이(흙매기, 淚溝防止工, 留土工, Rill control structures, Small check dam)

누구막이는 강우 및 유수에 의한 비탈 침식의 진행으로 발생하는 누구(淚溝, 淚路, Rill) 침식의 발달을 방지하기 위하여 누구를 횡단하여 구축하는 비탈 수토보전 공종으로서 산복수로 및 떼단쌓기의 기초로도 사용되며 때로는 토사유치를 목적으로 이용되기도 한다. 기존의 흙매기(留土工)와 동일한 공종이다. 사용재료에 따라 돌, 떼, 돌망태, 바자, 통나무, 콘크리트, 콘크리트블록, 앵글크리브망, 흙포대(흙자루) 누구막이가 있다.

가) 시공요령

- 시공요령은 땅속흙매이나 골막이에 준

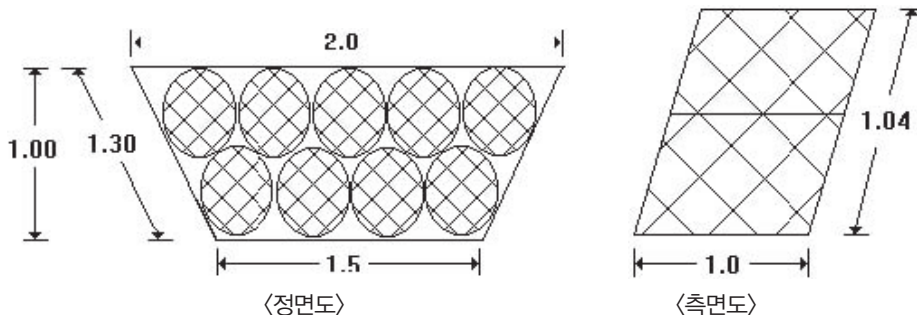
나) 구조도



〈정면도〉

〈측면도〉

돌 누구막이



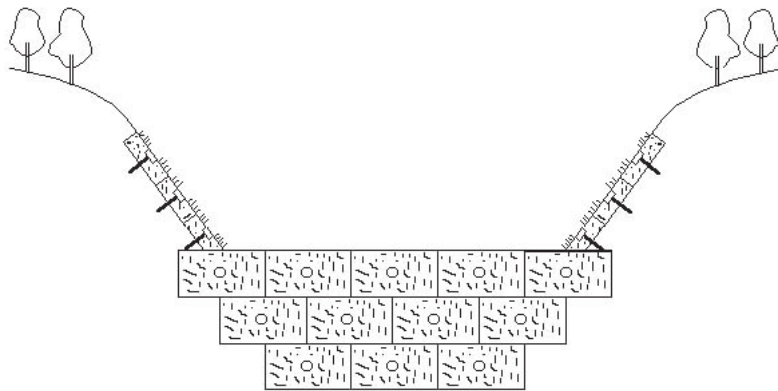
〈정면도〉

〈측면도〉

돌망태 누구막이

하나 규모가 작은 것으로 사면적이 3m^2 이내로 한다. (돌 누구막이 3m^2 , 떼 누구막이 2m^2 내외)

- 누구막이의 높이는 선폐붙이기 하부와 수평이 되도록 설치하되 계간이나 수로 상의 뜬흙(浮土) 처리를 감안하여 대략 지상고 60cm 내외로 한다.
- 누구막이 비탈은 1 : 0.3으로 한다.
- 돌 누구막이는 잡활석, 야면석을 이용하여 시공시 충분한 바닥파기를 해야하며 적어도 폭 40cm의 뒷메꿈을 하여야 한다.
- 떼 누구막이는 용수가 없고 토양구조가 양호한 지역에 시공한다.
- 무너진 땅의 산복에는 규모가 큰 콘크리트 누구막이를 설치함이 효과적이다.



〈정면도〉

떼 누구막이

5) 산비탈수로내기 (산비탈도랑내기, 사면수로공, 산복수로공, 山腹水路工, Channel works)

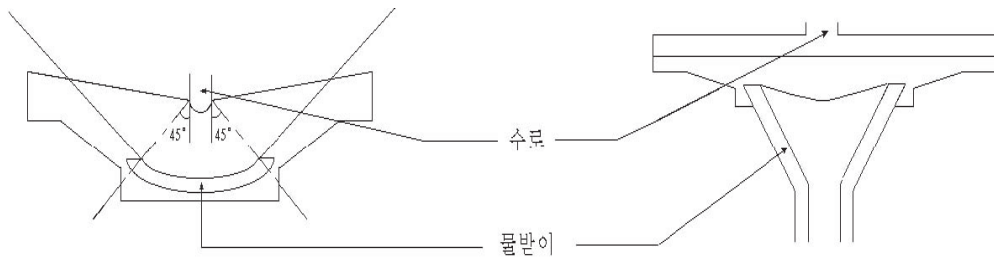
산비탈수로내기는 빗물에 의한 비탈면 침식을 방지하고 시공공작물이 파괴되지 않도록 일정한 장소에 유수를 모아 배수시키는 공작물로서 사용재료에 따라 떼, 돌, 콘크리트, 블록판, 벤치플름판, 반원관, 파식수로내기 등이 있다. 수로의 모양은 반달꼴(弧形), U자형과 사다리꼴(梯形)이 있다.

가) 시공요령

- 수로단면은 집수구역면적에 따라 크기를 달리해야 하지만 돌흙막이나 콘크리트흙막이와 같은 수평대(水平帶帶工)공작물에 의하여 구분되어지는 구간(Span)에서는 같은 크기의 단면을 사용한다.
- 수로의 기울기(물매)는 가급적이면 상부에서 하부에 이르기까지 일정하게 제

획하며 적어도 흙막이와 흙막이 사이와 같은 수평대공작물의 구간에서는 일정한 기울기로 시공해야 한다.

- 수로는 될 수 있는 한 직선적으로 축설해야 한다. 부득이 방향을 바꿀 경우에는 반드시 외측을 높게하여 물이 넘치는 것을 방지해야 하며 흙막이와 수평대공작물에 의하여 낙차를 이루어 수세를 약화시킨 다음 방향을 바꾼다.
- 비탈면의 기울기를 바꾸거나 수로의 받침공작물로서의 수평대공작물을 축설하는 장소에서는 낙차가 생기므로 그 하부에 물받이(수로받이, 水路受口)를 설치한다.
물받이 크기는 낙차의 유효높이와 수로 기울기 등을 고려하여 결정하고 유하수가 직접붕괴면에 비산되지 않는 규모로 해야 한다.
- 돌 수로내기(돌 붙임수로, 張石水路工,



물받이(수로받이)

Stone pitching channel)

경사가 급하고 유량이 많은 산복수로나 산사태지 등에 설치하는 것으로 경사도와 입지조건에 따라 찰쌓기와 메쌓기로 시공한다.

찰붙임 돌수로(練張水路)는 뒷붙임을 할 때 뒷부분에 콘크리트를 채우고 축설하는 것으로 메붙임수로로서는 위험한 경우에 시공한다.

메붙임 돌수로(空張水路)는 막갯돌, 잡석, 호박돌 등을 붙여 축설하며 유량이 적고 기울기가 비교적 급한 산복에 이용된다. 석재는 돌의 길이면을 유수의 방향에 직각으로 놓고 뒷채움 자갈을 잘 다지기하여 붙임돌이 빠져나오지 않도록 시공해야한다.

- 막논돌 수로내기(捨石水路)는 집수구역이 협소하고 경사가 완만한 곳에 설치하며 수로의 반경은 대체적으로 0.6~1.0m, 깊이는 윤변(潤邊)의 1/5~1/10정도로 한다.
- 떼 수로내기(떼붙임수로공, 張芝水路工,

Sod channel, Sod pitching channel)

집수유역이 좁고 경사가 완만하고 수량이 적으며 토사의 유송이 적은 곳에 시공한다.

○ 콘크리트 수로내기(Concrete channel)

찰붙임 돌수로에 비하여 유속이 빠르고 수량이 많은 지역에 설치하며 단면은 일반적으로 사다리꼴 단면을 이용하고 측벽의 앞 기울기는 1 : 0.3~0.5, 뒷 기울기는 수직 또는 역 1:0.1로 한다.

밑 두께를 20~30cm, 측벽의 두께는 벽마루(天端)에서 20cm정도의 단면을 사용한다.

콘크리트 수로는 현장치기(打設)를 하는데 반하여 여러 가지 단면을 갖도록 미리 만들어진 콘크리트 블록 수로(Concrete block channel)가 있다.

- 파식수로내기는 비용을 절감하기 위하여 집수유역이 협소한 완경사지(경사15°미만)에서의 간이수로공으로서 뽕지에 아까시나무를 식재하고 생장이 빠른 잡초류를 혼파하여 장마기 이전에 수로를

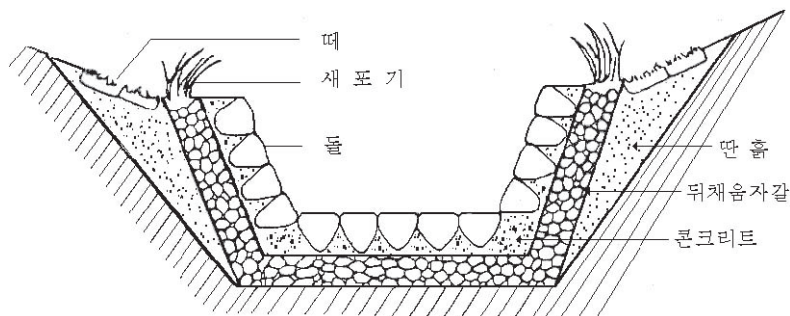
완전녹화 조성한다. 파식종으로는 참싸리, 족제비싸리, 켄터키휘스큐, 오차드그라스, 새, 솔새, 개솔새, 역새, 비수리

등이 있다. 이것을 때로는 초생수로내기(草生수로내기 · Grassed channel)라고도 한다.

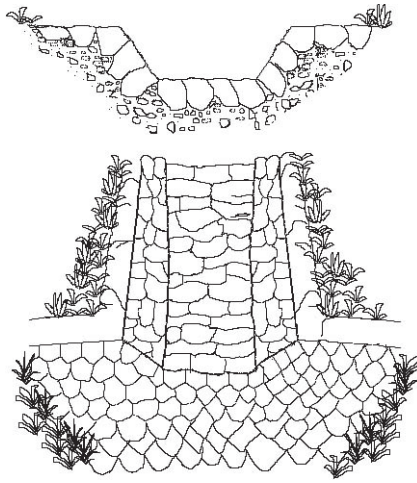
비탈 수로의 종류별 단면의 형상

종 별	형 상	적 용
콘크리트 수로	역사다리꼴	유량이 많고 상수가 있는 곳 유량이 많은 간선 수로
돌(찰쌓기) 수로	역사다리꼴 반 원 형	유량이 많은 간선 수로 자연유로를 고정하는 곳
돌(메쌓기) 수로	반 원 형	상수가 없고 경사가 급한 곳 지반이 견고하고 집수량이 적은 곳
콘크리트 블록 콘크리트플룸관 파형관 수로		집수량이 많은 간선 도로 비탈어깨 돌림 수로
콘크리트관 수로		집수량이 적은 간선 수로
떼(붙임) 수로	반 원 형	경사가 완하고, 상수가 없으며, 유량이 적고, 토사의 유송이 없는 곳, 떼의 생육에 적당한 토질인 곳
플라스틱관 수로	역사다리꼴	비탈에서 소규모 수로, 비탈어깨 돌림수로

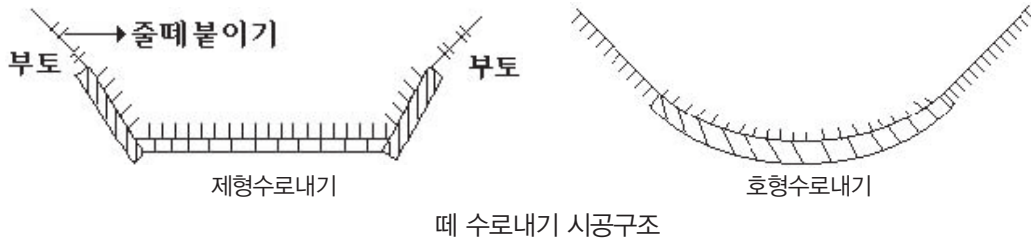
나) 구조도



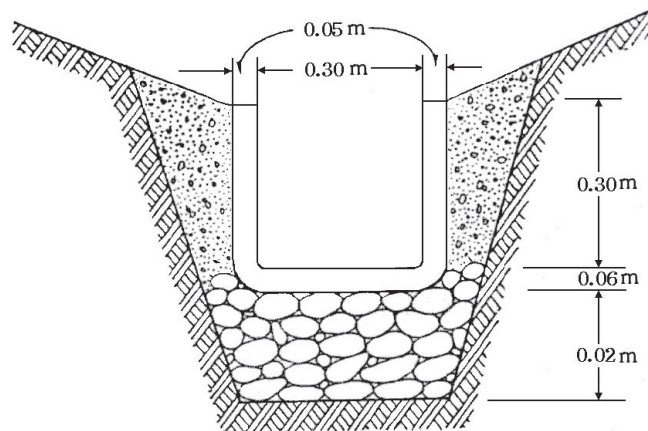
찰붙임 돌수로내기의 시공구조



메불임 돌수로내기(막논돌수로내기, 사석수로공)의 시공구조



때 수로내기 시공구조



콘크리트 블록(U자관) 수로내기 시공구조

6) 흙막이(土留工, 留土工, 防築, 山止工, 山留工, Soil arresting structures)

흙이 무너지거나 흘러내림을 막는 공작물로서 사면기울기의 완화, 표면 유하수의 분산 및 수로공사의 기초 등을 목적으로 구축하는 다 기능적인 비탈안정공종이다.

사용재료에 따라서 콘크리트, 돌, 돌망태, 콘크리트판(PNC판), 흙포대, 통나무, 콘크리트 기둥틀, 폐 타이어, 바자, 앵글클리브망 흙막이 등 많은 종류가 있다.

가) 시공요령

- 비탈다듬기와 흙막이 공작물에 대한 시공비의 합계가 최소로 되도록 흙막이의 배치와 구조를 결정한다.
- 비탈다듬기 시공시 매토부분에도 흙막이를 설치하여 비탈면의 안정을 도모하고 흙막이 하부에 땅밀림이 일어나지 않도록 본바닥에 기초를 두고 축설해야 한다.
- 흙막이 공작물의 방향은 원칙적으로 산비탈에 대해서 직각이 되도록 한다.
- 불투수성의 흙막이 공사는 뒷면에 체수(滯水)되지 않도록 직경 5~10cm 정도의 물빠기 구멍을 3㎡당 1개소 정도 설치한다.
- 콘크리트 흙막이(Concrete soil arresting structures)는 흙층이 이동할 위험성이 있고 토압이 커서 다른 흙막이 공작물로서는 안정을 기대할 수 없는 경우에 시공하며 높이는 산복기초로서는 4.0m이하, 산비탈면에서는 2.0m내외

가 적당하고 천단두께는 배면의 토압이 큰 경우에는 30cm이상, 앞면기울기는 1 : 0.3, 뒷면기울기는 수직으로 하거나 토압에 대응하여 결정한다. 뒷채움돌은 시공의 난이, 배수효과들을 고려하여 아래쪽, 위쪽 모두 30cm이상으로 한다. 또한 표면적 2~3㎡ 당 1개소씩 물빠기 구멍(지름 3cm)을 설치하며 10~15m마다 신축줄눈을 설치하고 견고하지 않은 지반에 시공하는 경우에는 반드시 말뚝 기초 등으로 보강해야 한다.

- 돌 흙막이는 찰쌓기와 메쌓기가 있으며 석재를 사용하는 경우와 콘크리트 블록을 사용하는 경우가 있다.
 - 석재는 견치돌, 막괘돌, 잡석, 야면석을 사용하며 충분히 바닥파기를 실시하고 축설한다.
 - 돌흙막이 높이는 원칙적으로 찰쌓기는 3.0m이하, 메쌓기는 2.0m 이하로 하며 기울기는 1 : 0.3으로 한다.
 - 블록쌓기 흙막이는 벽면의 안정을 위하여 중량이 무거운 것이 좋으며 일반적으로 ㎡당 300~400kg의 것이 널리 사용된다. 벽면의 뒷길이는 대체로 30cm이상이어야 한다.
 - 뒷채움자갈은 콘크리트벽 흙막이 공작물에 준하지만 허리채움자갈 등은 돌쌓기와 블록 등을 안정시키기 위하여 돌의 뒷꼬리면까지 완전히 채워야하며 일반적인 사용량은 막괘돌이나 잡석 등의 경우 뒷길이의 1/2, 야면석의 경우 1/3을

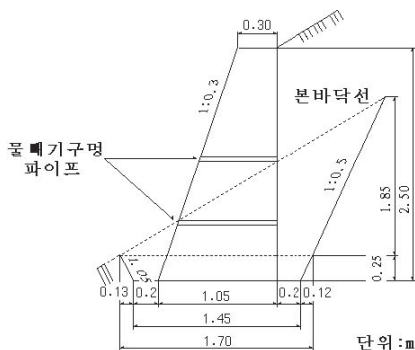
돌쌓기의 표면적에 곱하여 산출한다.

- 돌망태흙막이로 사용되는 돌망태의 종류는 둥근돌망태, 방석돌망태, 마름모꼴방석돌망태와 변형돌망태가 있으며 속채움 돌은 지름이 15~30cm의 잡석이나 호박돌이 좋으며 높이는 2m정도로 한다.
- 콘크리트판(PNC판, Pipe net concrete) 흙막이는 높이 1.6m이하로 하고 반드시 자갈로 뒷채움을 충실하게 해야한다.
- 흙포대흙막이(Soil arresting structures by soil-sacks)는 종이, 피륙등으로 만든자루(包袋, 負袋, 布袋, 麻袋)에 토사를 담아서 비탈면에 쌓는 공법으로 일시적인 흙막이공사와 流入水의 방지공사 등에 사용된다.
- 통나무쌓기흙막이(Timber soil

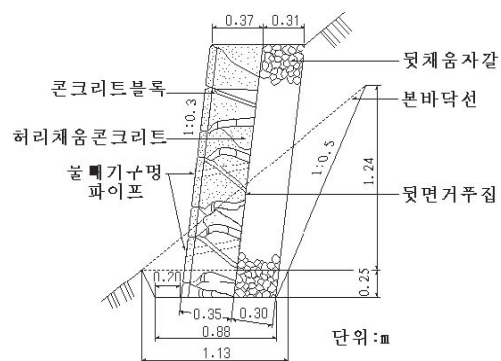
arresting structures)는 기초바닥파기를 하며 그위에 필요에 따라서 1.0m정도의 기초말뚝을 1.0m간격으로 박고 이것에 붙여서 횡목을 놓아 그위에 길이 0.7~1.0m의 공목(控木)을 0.5~1.0m 간격으로 설치하며 이것을 횡목에 고정시킨다음 그 사이에 토사와 자갈등으로 채우고 다지기를 한다. 공목에 의하여 만들어지는 공극(空隙) 부근에는 새심기나 잡초심기등으로 토사의 유출을 방지하고 매토(埋土)의 고정을 조속히 이루도록 해야한다.

- 콘크리트기둥틀흙막이는 바닥파기를 충분히 하고 자갈이나 호박돌을 평평히 깔고 충분히 다진다음 기초 콘크리트 치기를 한 후 그 위에 콘크리트 기둥을 정사각형, 사다리꼴 또는 삼각형 등의 형상으로 조립용 볼트로써 조립하고 그 속에 호박돌과 자갈 등으로 채운다.

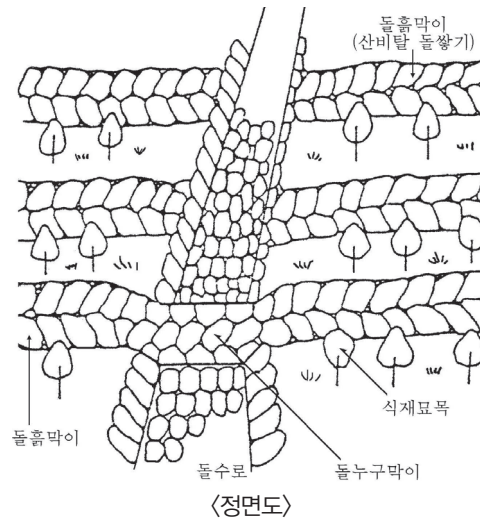
나) 구조도



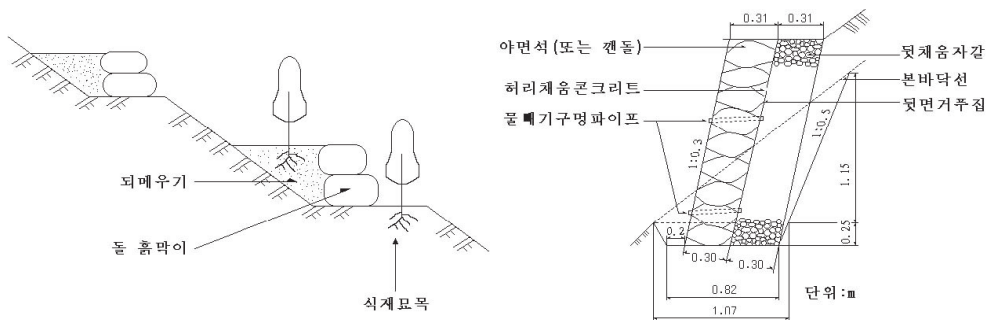
〈측면도〉
콘크리트 흙막이



〈측면도〉
콘크리트 블록쌓기 흙막이

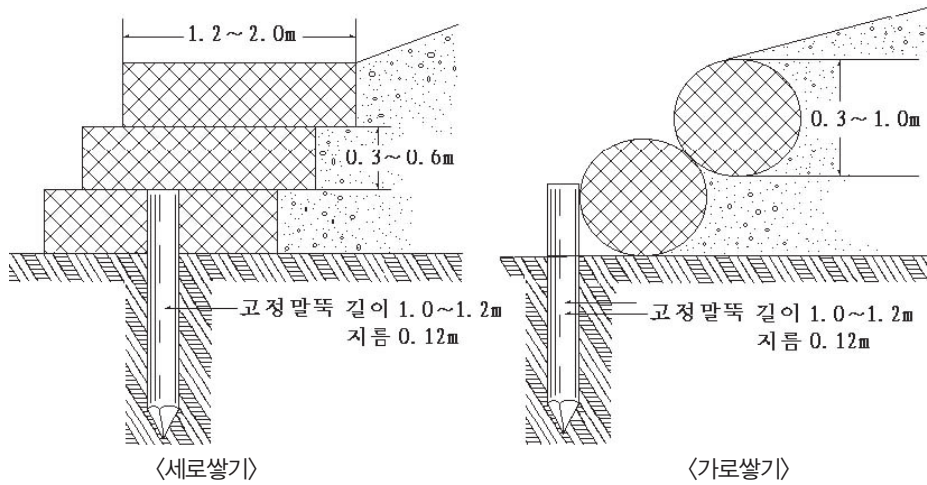


〈정면도〉

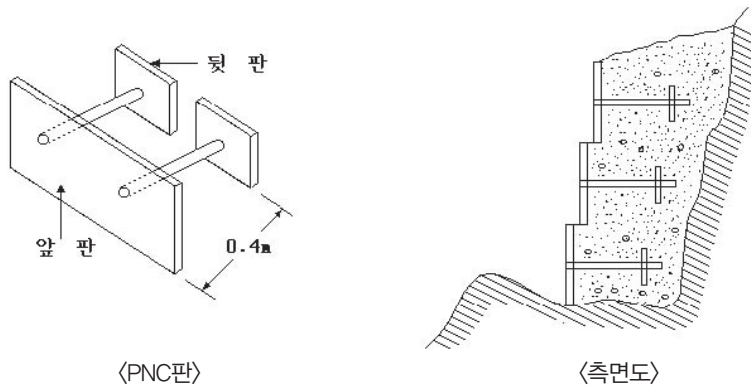


〈측면도〉

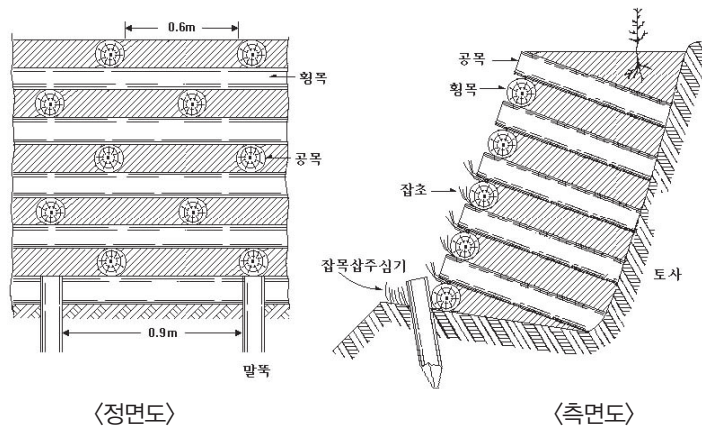
돌(아면석) 흙막이



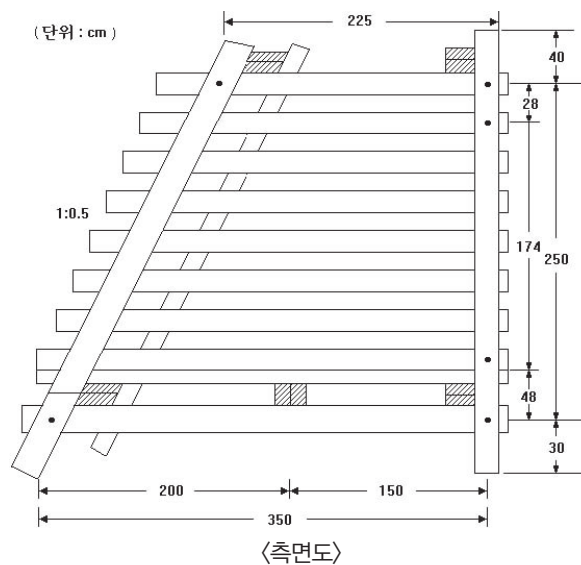
돌망태 흙막이



PNC판 흙막이



통나무 흙막이



콘크리트 기둥틀 흙막이 구조

5. 황폐지 유형별 복구비

가. 황폐지 유형별 복구비

사방사업별 기준 복구공종과 수량은 사방초창기인 1960년대에 비하여 공종과 수량이 점차 증가되어 왔으나 현재 산림청에서 실시하고 있는 산지사방, 예방사방, 해안사방과 야계사방 기준공정표는 1994년도에 작성된 기준과 동일한 상태이며 사방사업별 기준단비도 2004년도 기준단비와 동일하다. 때문에 사방사업별 기준공종과 수량을 현실물가 단가에 의하여 사업비를 산출할 경우 현재 적용하고 있는 단비와 많은 차이를 보인다.

따라서 본 연구에서는 산림청 사방기준 단비(표6-9)에 의하여 복구비를 산출하였다. 다음 표 6-12는 남측 수계별 황폐지 유형별 복구비 산출 결과표이며 표 6-13은 북측 수계별 황폐지 유형별 복구비 산출내역이다.

남측 황폐유형중 훼손지중에는 채석장, 공원묘지, 군훈련장 등 산지개발에 의한 훼손지가 89.2%이므로 실제복구가 필요한 지역은 훼손지의 10.8%로 복구비는 1,902,400천원에 이른다.

북측 복구비는 황폐지중 나지는 산지사방 복구단비에 의하여 산출하였으며 개간산지와 무림목지는 사방조림 단비에 의하여 산출한 결과는 다음과 같다.

〈표 6-12〉 수계별 황폐지 유형별 복구비(남측)

단위 : (천원)

수 계	황 폐 지 유 형				합계 (%)
	황폐지 (산지사방)	훼손지 (특수사방)	산사태지 (산사태복구)	황폐계류 (야계사방)	
문산천		282,900			282,900 (1.4)
임진강	313,200	3,989,300	20,988		4,323,488 (20.7)
한탄강	1,096,200	13,349,600		1,795,400	16,241,200 (77.9)
합계 (%)	1,409,400 (6.8)	17,621,800 (84.5)	20,988 (0.1)	1,795,400 (8.6)	20,847,588 (100%)

※ 황폐계류 9.4ha는 km단위로 환산하였음($94,000\text{m}^2 \cdot \text{m}$ (평균계류폭)=9,400m=9.4km)

〈표 6-13〉 수계별 황폐지 유형별 복구비(북측)

단위 : 천원

수 계	황 폐 지 유 형		
	황폐지 (산지사방)	개간산지 및 무림목지 (사방조립)	
고미탄천	18,360,000	508,410,000	526,770,000(10.2)
사미천	169,020,000	472,500,000	641,520,000(12.4)
사천	278,100,000	194,130,000	472,230,000(9.1)
역곡천	8,100,000	433,620,000	441,720,000(8.5)
용지천	10,260,000	280,800,000	291,060,000(5.6)
임진강	349,920,000	1,540,620,000	1,890,540,000(36.5)
평안천	5,400,000	432,000,000	437,400,000(8.5)
한탄강	10,260,000	467,100,000	477,360,000(9.2)
합 계	849,420,000 (16.4%)	4,329,180,000 (83.6%)	5,178,600,000 (100%)

나. 사방댐 설치비

사방사업에서 단위 기준당 비용이 많이 소요되는 공사는 야계사방공사와 사방댐공사이다. 야계사방 사업량을 산출하는 황폐계류의 구분 이 곤란하여 사업비 산출이 어려운 실정이며 사방댐설치 장소 파악도 어려운 실정이다. 다만 사방댐은 구성모암이 화강암지역에서 가장 많이 설치되기 때문에 북측지역의 화강암류 지역 면적을 산출하여 복구비를 개략적으로 산정하였다. 우리나라(남측)의 경우 500ha에 1~2개소를 설치하고 있으므로 이에 준하여 복구비를 산출할 경우 북측 임진강 유역내 화강암류(화강암, 대보화강암, 마산암, 섬록암 등) 분포면적은 총 125,682ha이며 이중 도시

지역, 농경지, 수계 등 비산림지(29.6%)를 제외하면 88,480ha가 된다. 500ha에 사방댐 2개소를 설치 할 경우 사방댐 354개가 필요하며 사방댐 1개소당 설치비용이 250,000천원(산림청 기준단비)이므로 총 88,500,000천원이 소요된다.

다. 양묘장 신설비

임진강 유역내 북측의 9개 시군(법동군, 판교군, 세포군, 이천군, 철원군, 평강군, 개성시, 장풍군, 토산군)이 분포하고 있으므로 시, 군별 1개동씩 신설할 경우 소요예산은 다음 표와 같다.

〈표 6-14〉 양묘시설 설치비용

구 분		규 격	단가(천원)	수 량	금액(천원)
시설양묘장설치	• 조성비용	1개소	140,000	9	1,260,000
	• 규모	1,000㎡			
관리를 위한 시설	• 조성비용	1개동	49,893	9	449,037
	• 규모관리동 50평				
	창고 25평				
계					1,709,037

상기 표에 의하면 9개 시군에 시설양묘장 1동과 관리시설 1개동을 신설할 경우 총 1,709,037천원이 소요되며 노지양묘장을 시

군별 각 1동과 관리시설을 1동씩 설치할 경우에는 2,133,549천원이 필요하다. (237,061천원×9)

라. 사업별 소요예산

1) 남측

사 업 명	사 업 량	복구비(천원)
○ 황폐지 복구		
－ 산지사방	26.1ha	1,409,400
－ 특수사방(훼손지)	46.4ha	1,902,400
－ 산사태지복구	0.2ha	20,988
－ 야계사방	9.4km(ha)	1,795,400
계		5,128,942 (약 51억원)

2) 복측

사 업 명	사 업 량	금액(천원)
○ 황폐지 복구		5,178,600,000
- 산지사방	15,730ha	849,420,000
- 사방조림(기초사방)	160,350ha	4,329,180,000
○ 사방댐 설치	88,480ha (354개소)	88,500,000
○ 양묘장 신설		
- 시설양묘장	9개 지역 9개동	2,077,047
계		5,269,177,047 (약 5조 2,692억원)

참고 문헌

〈임진강 수해방지를 위한 산림복구계획 수립
용역 과제〉

- 강원대학교 산림과학연구소. 2002. 환경친화적 사방공법 정립에 관한 연구. 산림청.
- 강원대학교 산림과학연구소. 2003. 산사태 발생원인 및 예방대책에 관한연구. 산림청
- 건교부 한국수자원공사. 1995. 임진강 유역조사(1차 보고서)
- 경기도. 1994. 치산사방녹화사.
- 경기도박물관. 2001. 임진강(Vol. 1 임진강의 환경과 삶).
- 김봉균, 임양재외. 1989. 비무장지대 2년 생태계 연구조사. 국토통일원 p 7~38
- 박봉규. 1975. 동부 비무장지대 인접지역의 식생에 관하여. 비무장지대 인접지역 종합학술조사보고서 p 65~71. 자연보존협
- 회 제7호
- 산림청 임업연구원. 1995. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 1차보고서
- 산림청 임업연구원. 1996. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 2차보고서
- 산림청 임업연구원. 1997. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 3차보고서
- 산림청 임업연구원. 1998. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 4차보고서
- 산림청 임업연구원. 1999. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 5차보고서
- 산림청. 1988. 황폐지복구사.
- 산림청. 1998. 사방기술교본
- 산림청. 1998. 통일대비 북한 산림관리 방안.
- 산림청. 2006. 치산분야 사업계획
- 서승진. 1994. 산림경영 100호. 북한의 산림황폐현황

18. 서울대학교 농업생명 과학대학. 2000. 북한농업의 개발과 연구협력사업결과보고서
19. 원종관, 나기창, 이문원. 1987. 민통선 북방지역의 지질. 강원도 민통선 북방지역 자원조사 보고서
20. 유병임. 북한임업용어를 통한 북한임업의 고찰. 월간임업정보 제85호
21. 유병임. 북한임업의 최근개황-조림과 목재생산 중심으로(일본임학회논문집. 93. 10) 월간임업정보 34호
22. 이광원. 북한의 산지이용구분과 관리체계. 특집/북한의 농림축산업 현황과 전망
23. 임업연구원. 1992. 북한의 임업. 임업연구원연구자료 제72호 108p.
24. 임업연구원. 1999. 임진강 유역 토지이용형태 및 산림황폐의 분포면적
25. 임업연구원. 2003년. 북한산림. 임업동향-임업연구원 연구자료 210
26. 정명채. 토양오염 및 처리공학. 세명대학교 자연환경공학과
27. 평화문제연구소. 2005. 향토대백과사전
28. 한국건설기술연구원. 1996. 1996년 7월 임진강 유역 대홍수
29. 한국농촌경제연구원, 농어촌연구원, 농업과학기술원, 임업연구원. 2002. 북한의 농업기반 특성과 정비방안연구. 농림부
30. 한국동력자원연구소. 1982. 한국의 지질
31. Aplin, P., P. M. Atkinson, and P. J. Curran (1999). Fine spatial resolution simulated satellitesensor imagery for land cover mapping in the United Kingdom. Remote Sensing of Environment, 68 : 206-216.
32. Cho, H. K. (2002). Untersuchungen über die Erfassung von Waldflächen und deren Veränderungen mit Hilfe der Satellitenfernerkundung und segmentbasierter Klassifikation. Am Beispiel des Untersuchungsgebietes "Pyeong-Chang" in Korea. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen. pp. 120.
33. Cho, H. K., W. K. Lee, and S. H. Lee (2003). Mapping of Vegetation Cover using Segment Based Classification of IKONOS Imagery. Korean J. of Ecology 26(2) : 75-81.
34. Definiens-Imaging (2003). eCognition User guide.
35. Kayitakire, F., C. Farcy and P. Defourny (2002). IKONOS-2 imagery potential for forest stands mapping, Proceeding of ForestSAT Symposium, Edinburgh.
36. Smith, G.M. and R.M. Fuller (2001). An integrated approach to land cover classification: an example in the Island of Jersey. International Journal of Remote Sensing, 22 : 3123-3142.



미국 북서부 워싱턴 주의 산림유역 계안관리기법

최 형 태

국립산림과학원 산림보전·복원연구과

본 내용은 미국 워싱턴주 자연자원국(US Washington State Department of Natural Resources; WA DNR)에서 발간한 「산림관리 실무지침(Applicable Forest Practice Rules)」 중, 임목수확에 따른 환경 영향을 최소화하기 위한 계안관리기법을 요약, 정리한 것임.

1. 계안관리구역의 구성 및 기능

계안관리구역은 수질보전, 어류 및 수중생태계 보호를 위한 관리 기법이 적용되는 호안 및 계안지역을 가리키며, 육상 및 수생 생물군집에게 먹이 및 서식처를 제공하고 이동통로가 되는 매우 복잡한 생태계이다(그림 1)(국립산림과학원, 2012).

또한, 계안관리구역은 오염물질을 직접 차단·흡착·흡수하여 제거할 뿐만 아니라, 계류의 수온을 저감시켜 산지계류의 수질 환경을 개선시킨다(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015). 특히, 유사와 유기물을 여과하여 수로

로 오염물질이 유입되는 것을 예방한다. 계안관리구역은 계류의 제방과 수로를 보호하며, 구역 내에 두터운 낙엽낙지층과 유기물층을 가지는 산림 표토층은 물이 토양 표면 또는 토양 속을 통하여 이동할 때 오염물질을 흡수하거나 여과하는 기능이 높다. 또한, 계안관리구역의 수목과 식물들은 계류에 그늘을 만들고, 제방을 안정화시키며, 낙엽 및 유목을 제공하여 수중 먹이자원 및 서식처를 제공하고 산림 표토층을 두텁게 한다(국립산림과학원, 2012).

계안관리구역의 기능은 크게 7가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 기능은 유출수로부터 부

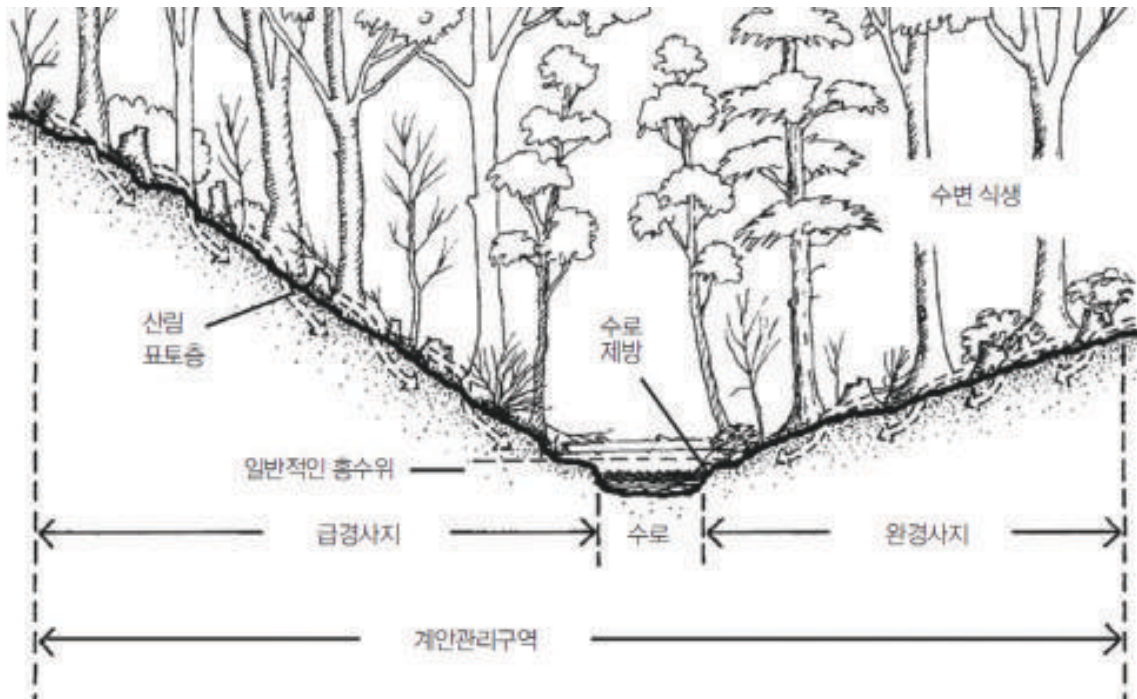


그림 1. 계안관리구역의 구성(국립산림과학원, 2012)

유토사와 영양물질을 제거하는 것이다. 유출수가 식생과 낙엽낙지층 및 유기물층을 통과하면서 유속이 느려지기 때문에 부유토사가 퇴적되어 유출수 내의 부유토사 농도가 저하되고 계류와 호수로의 유사 및 영양물질의 이동을 방지 혹은 저감시킬 수 있다. 또한, 식물 뿌리는 유출수와 토양 내의 영양물질을 흡수하기 때문에 호수와 계류로 오염물질이 과도하게 유입되는 것을 방지할 수 있다.

두 번째 기능은 지중으로의 물 유입량을 증가시키는 것이다. 이 기능의 특징은 수목과 식생이 지표유출의 유속을 저하시켜 물이 토양 내로 침투할 수 있는 기회를 증가시킴으로써

계류의 침투유량을 낮추고 지하수 함양량을 증가시켜 지속적으로 하천 및 호수에 유량을 공급하는 것이다.

세 번째 기능은 계안 및 호안을 안정화하는 것이다. 즉, 계안 및 호안에 분포하는 수목 및 식생의 뿌리로 토양을 긴박하여 유수나 물결에 의한 침식을 저감할 수 있다.

네 번째 기능은 계류를 피음하는 것이다. 대부분의 경우 계안을 따라 분포하는 수목과 식생들은 여름철에 수중이 너무 더워지지 않도록 계류를 피음한다. 만약, 수목과 식생이 없다면, 계류의 수온은 여름에는 높고 겨울에는 차가울 것이며, 특히 몇몇의 물고기와 수생식

물은 그늘이 없는 계류에서 살 수 없게 된다.

다섯 번째 기능은 수중생물에게 먹이와 서식지를 제공하는 것이다. 작은 산림 계류에서 낙엽과 유목 등은 수중생물에게 매우 중요한 먹이자원이 된다. 큰 유목(뿌리째 넘어진 직경 30cm 이상의 대경목)들은 계류에서 여울과 소를 형성해서 어류 및 수중생물에게 최적의 서식지를 제공한다. 수심이 깊은 소에 퇴적된 낙엽과 가지는 이것을 분해하는 미생물의 번식을 왕성하게 하며, 이렇게 증가된 미생물은 어류의 먹이가 되는 수중곤충 및 무척추동물의 먹이가 된다.

여섯 번째 기능은 야생동물과 조류에게 서식지를 제공하는 것이다. 예를 들면, 미국 록키산맥 북쪽 지역에서는 동물의 59%, 조류 중 39%가 번식을 위해 계안관리구역을 사용한다. 또한, 많은 야생동물이 계안관리구역을 이동 통로로 활용하고 있다.

일곱 번째 기능은 농경지 또는 도시지역에서 수질을 보호하는 것이다. 농경지나 초지 또는 시가지로부터의 유출수는 유사와 체초제, 비료성분을 함유하고 있을 수 있으므로 계안 지역의 식물들을 이용하여 이러한 오염물질을 걸러내어 수체로 유입되는 오염물질의 양을 저감시킬 수 있다.

2. 계류의 분류

미국 워싱턴주 자연자원국에서는 계류를 어류 서식지의 유무와 계류의 규모, 물이 흐르는

기간 등을 기준으로 S, F, Np, Ns형의 4개 유형으로 구분하고 있다(그림 2 및 3, 표 1).

S형 계류는 평상시 많은 유량이 흐르는 중규모 이상의 강 또는 하천을 말하며, 계류로부터 200ft 안에서 산림 시업을 실시할 경우 허가가 필요하다. F형 계류에는 어류, 양서류, 야생동물들의 서식지 또는 음용수 수원지로 이용되는 계류, 호수 및 연못 등이 포함되며, 상대적으로 S형 계류보다는 소형으로 분류된다. F형계류에 조성되는 완충대는 수목으로 하여금 계류를 피움하여 수온을 낮게 유지함으로써 어류 서식지를 보호할 뿐만 아니라 임도 또는 비탈면의 유출수에서 오염물질을 차단·제거하여 수질을 보호하는 역할을 한다.

S형 및 F형 계류가 어류 서식지가 분포하는 계류라고 한다면, Np형과 Ns형 계류는 어류 서식지가 분포하지 않는 계류를 의미한다. 이중 Np형 계류는 소규모 계류로써, 연중 계상 위로 물이 지속적으로 흐르거나 중간에 물의 흐름이 중단되더라도 짧은 거리를 두고 다시 계상 위로 물이 흐르는 계류를 말한다. 이 계류에 조성되는 완충대는 양서류에게 서식지를 제공하고 하류지역의 어류 서식지 및 수질을 보호하는 역할을 한다. Ns형 계류는 연중 지속적으로 물이 흐르지는 않지만, 계절적 혹은 우기에는 물이 흐르는 계류를 말한다. Ns형 계류는 일반적으로 S, F, Np형 계류와 바로 연결된다. 이러한 계류들은 완충대가 요구되지 않지만, 어류서식지 또는 식수 수원지와 연결되므로, 이 계류로부터 30ft 내에는 중장비 사용이 제한된다.

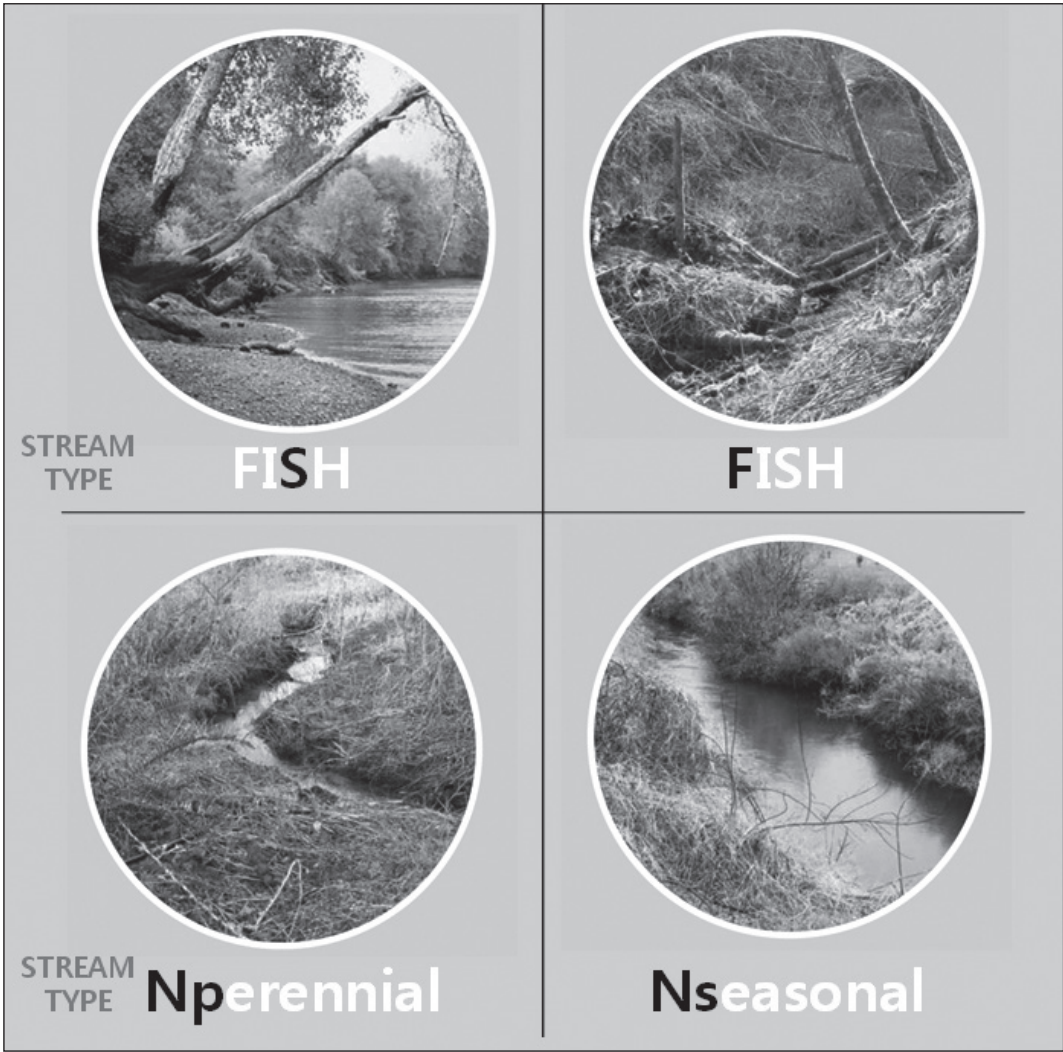


그림 2. 계류의 유형(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

표 1. 계류의 유형별 특징

계류 형태	어류 서식지	상대적 규모	유량
S	○	대	연중 발생
F	○	중	연중 발생
Np	×	소	연중 발생
Ns	×	소	계절적 발생



그림 3. 계안의 유형별 특징(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

미국 워싱턴주 자연자원국의 계안지역 관리 기법에 따르면, S, F형 계류의 계안관리구역을 지정하기 위해서 계류 부분의 최대폭을 먼저 결정해야 한다(그림 4)(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015). 계류의 최대폭(Bankfull width; BFW)은 가파른 계안둑에서 홍수위 침식 흔적을 기준으로 하거나 경사변환선을 기준으로 측정해야 한다. 만일, 계류의 최대폭의

기준을 육안으로 확인하기 어렵다면, 계안에서 내수성 수변식물과 일반식물 분포의 경계선으로 판단할 수 있다. 특히, 강우 기간에 측정된 최대폭은 물이 흐르는 곳을 기준으로 측정한 값보다 더 넓게 측정될 수 있다. 계류의 최대폭의 측정법은 계류, 호수, 연못, 저수지에 따라 다를 수 있다.

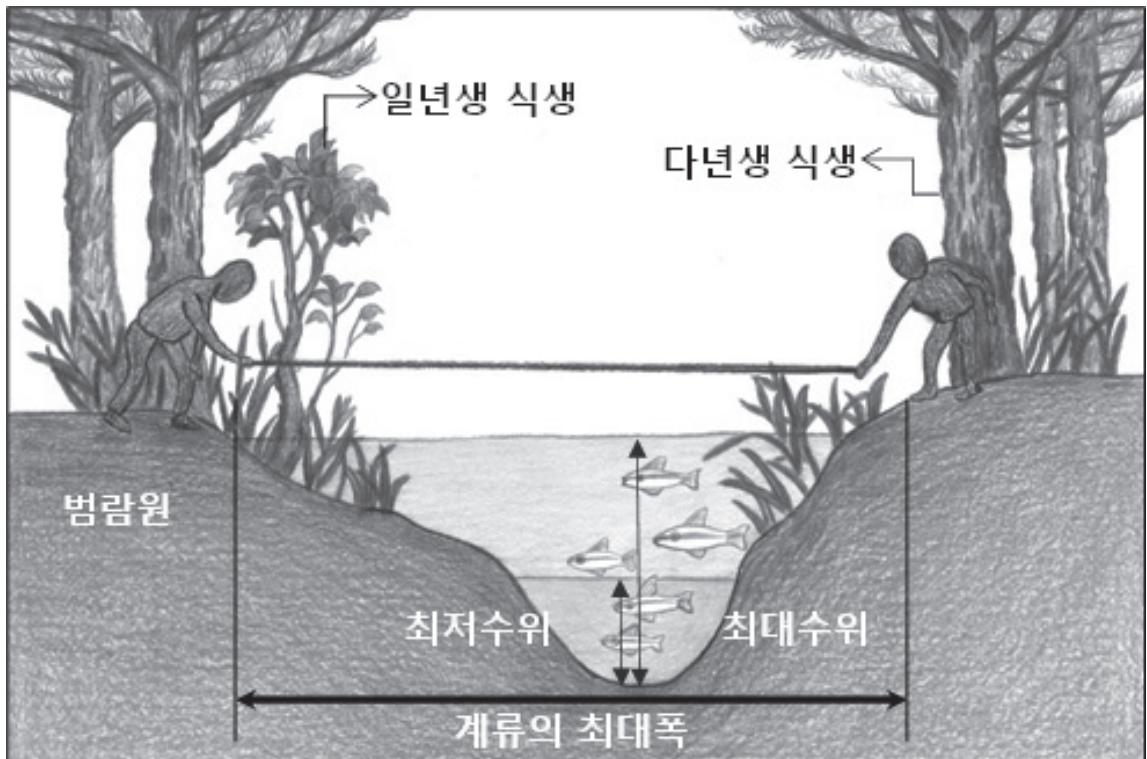


그림 4. 계안관리구역 설정을 위한 계류의 최대폭 측정 방법(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

3. 계안관리구역의 세부구역별 관리방법

미국 워싱턴주 자연자원국에서는 계안관리구역을 계류를 중심으로 세 구역(핵심구역(Core Zone), 내부구역(Inner Zone), 외부구역(Outer Zone))으로 구분한다(그림 5)(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015). 핵심구역에서는 일반적으로 벌채가 금지되지만, 핵심구역을 제외한 내부 및 외부구역에서는 숲아베기 등 계안림 관리가 실시되고 있으며, 그 방법 또한 세분화되어 있다.

가. 미국 워싱턴주 서부지역의 계안관리구역 관리

미국 워싱턴주 자연자원국(2015)는 워싱턴주 서부와 동부를 중심으로 계안관리구역 관리기법에 관한 내용을 정리하였다. 관리의 대상이 되는 계류형태는 어류 서식지가 분포하는 S와 F형 계류로서, 워싱턴주 서부에서는 핵심구역(Core Zone)의 폭을 50ft로 고정하고 있으나 내부와 외부 구역의 폭은 계류의 최대폭과 임지의 지위등급에 따라서 다르게 정하고 있다. 이때, S, F형 계류의 계안관리구역 관리는 내부구역의 벌채 유무에 따라 크게 두

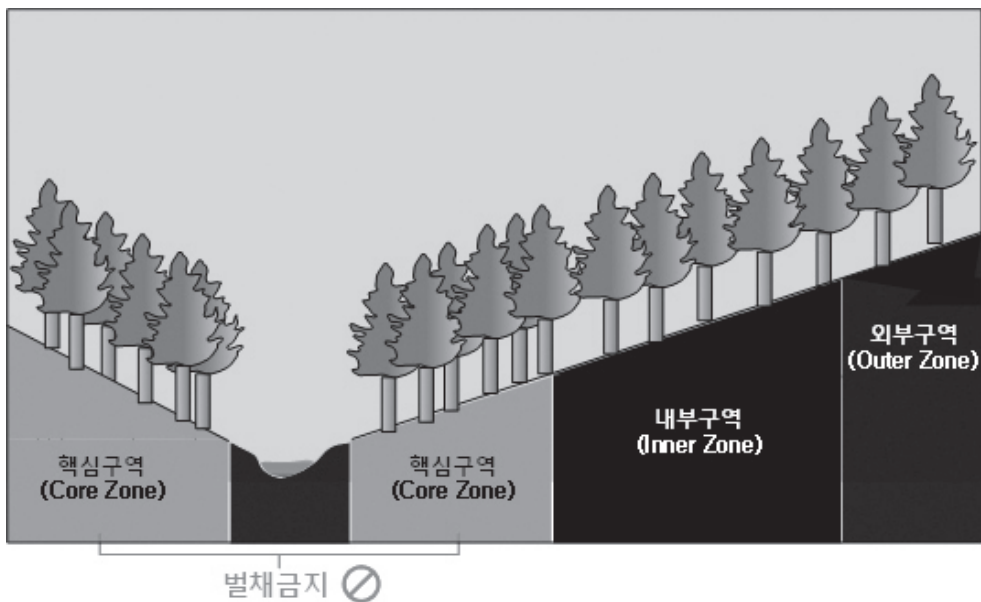


그림 5. 미국 워싱턴주의 계안관리구역 구분(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

가지로 나눌 수 있다. 내부구역에서의 벌채는 해당 계안관리구역 내 임분의 목표 흉고단면적(140년 벌기령)이 1에이커당 325ft²를 초과할 수 있을 것으로 예상되는 경우에만 실시할 수 있다.

- (1) S, F형 계류의 내부구역을 벌채하지 않는 경우

미국 워싱턴주 자연자원국은 내부구역 (Inner Zone)의 수목을 벌채하지 않는 경우 지위등급(Site Class)과 계류의 최대폭을 기준으로 계안관리구역의 핵심구역, 내부구역과 외부구역의 폭은 다음과 같이 정하고 있다 (표 2과 3). 이때 핵심구역과 내부구역은 벌채가 금지되더라도 외부구역의 숲아베기는 가능하다.

표 2. 미국 워싱턴주 서부의 계안관리구역 규정
(계류의 최대폭이 10ft 이하이며 내부구역을 벌채하지 않는 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역		벌채가능구역
I	200	50	83	67
II	170	50	63	57
III	140	50	43	47
IV	110	50	23	37
V	90	50	10	30

표 3. 미국 워싱턴주 서부의 계안관리구역 규정(계류의 최대폭이 10ft 이상이며 내부구역을 벌채하지 않는 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역		벌채가능구역
I	200	50	100	50
II	170	50	78	42
III	140	50	55	35
IV	110	50	33	27
V	90	50	18	22

(2) S, F형 계류의 내부구역을 벌채하는 경우

S, F형 계류의 내부구역을 벌채하는 경우, 지위등급과 계류의 최대폭에 따라 정해진 핵심구역과 내부, 외부구역의 폭은 표 2 및 3과 같지만, 숲아베기의 형식에 따라 다음과 같이 두 가지로 나누어 시업을 실시한다.

(가) 수관아래의 작은 수목을 숲아베기 하는 경우

내부구역 내의 수관아래 작은 수목을 숲아베는 경우 흉고직경이 작은 수목들이 우선순위로 벌채되며, 점진적으로 흉고직경이 큰 수목들이 벌채된다. 벌채 후 잔존목은 에이커당 최소 57그루가 되어야 한다. 이렇게 함으로써 내부구역의 잔존목들은 단기간에 가장 빠른 성장률을 보일 수 있으며, 계안지역의 수생태계와 수질정화기능에 도움을 줄 수 있다 (그림 6).

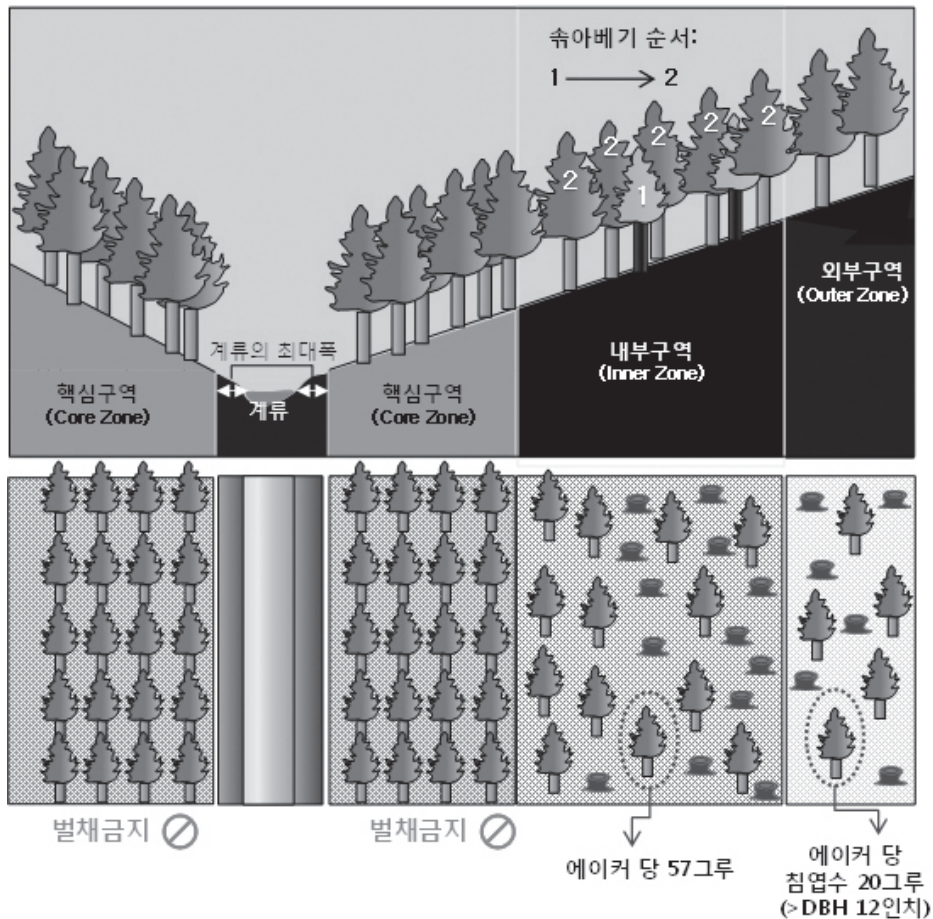


그림 6. S, F형 계류에서 수관아래의 작은 수목을 숲아베는 경우
(미국, 워싱턴주 서부)(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

외부구역은 내부구역보다 더 많은 벌채가 이뤄지며, 벌채 후 잔존목은 에이커당 최소 20 그루가 되어야 한다. 또한, 핵심구역의 벌채는 계류 횡단을 위해 필요한 임도 또는 작업로 설치에 허가된 경우만 가능하며, 이외의 경우는 벌채가 전면 금지된다.

(나) 계류와 근접한 수목을 잔존시키는 경우

계류와 근접한 수목을 잔존시키는 경우, 벌채금지구역은 계류를 중심으로 일정 거리 이상 확대된다. 계류의 최대폭이 10ft 이하인 경우 벌채금지구역은 핵심구역의 폭보다 30ft 확대(총 80ft)되며, 계류의 최대폭이 10ft를 초과하는 경우 벌채금지구역은 50ft 확대(총 100ft)된다. 이때, 지위등급(Site Class)과 계류의 최대폭을 기준으로 한 핵심구역, 내부구역과 외부구역의 폭은 다음과 같다(표 4와 5).

표 4. 미국 워싱턴주 서부의 계안관리구역 규정
(계류의 최대폭이 10ft 이하이며 계류와 근접한 수목을 잔존시키는 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역 (80ft)		벌채가능구역
I	200	50	84	66
II	170	50	64	56
III	140	50	44	46

표 5. 미국 워싱턴주 서부의 계안관리구역 규정
(계류의 최대폭이 10ft를 초과하며 계류와 근접한 수목을 잔존시키는 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역 (100ft)		벌채가능구역
I	200	50	84	66
II	170	50	70	50

내부구역 내 벌채목은 계류를 기준으로 먼
곳부터 선정된다. 내부구역과 외부구역의 벌
채 후 잔존목은 에이커당 20본 이상이어야 하

며, 최소 흉고직경은 12인치 이상이어야 한다
(그림 7).

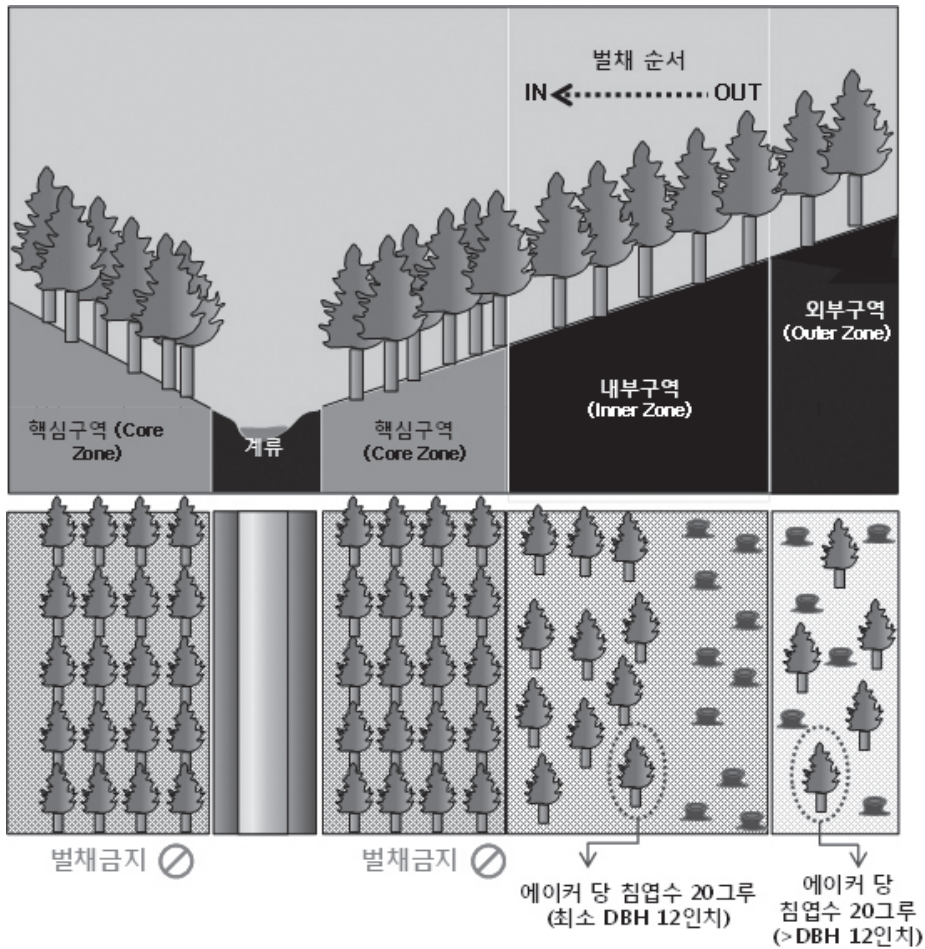


그림 7. S, F형 계류에서 계류와 근접한 수목을 잔존시키는 경우(미국, 워싱턴주 서부)
(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

(3) Np형 계류의 계안관리구역 관리

Np형 계류는 S, F형 계류의 수질과 수생태계의 보전을 위해 중요하며, 다양한 야생동물에게 서식지를 제공한다. Np형 계류에서 계안

관리구역의 길이는 S, F형 계류와 Np형 계류가 만나는 합류점에서 Np형 계류가 끝나는 지점까지의 거리에 따라 정해지며(그림 8 및 표 6), 계류 최대폭의 양끝으로부터 30ft까지는

표 6. Np형 계류의 길이에 따른 계안관리구역의 길이(미국, 워싱턴주 서부)(미국 자연자원국, 2015)

Np형 계류의 길이 (S, F형 계류로의 합류점으로부터 Np형 계류가 끝나는 지점까지의 길이)	계안관리구역의 길이 (S, F형 계류로의 합류점부터 계안관리구역이 끝나는 지점까지의 길이)
> 1,000ft	500ft
300~1,000ft	전체 길이의 50% 또는 300ft
≤ 300ft	계류 형태 Np의 전체 길이

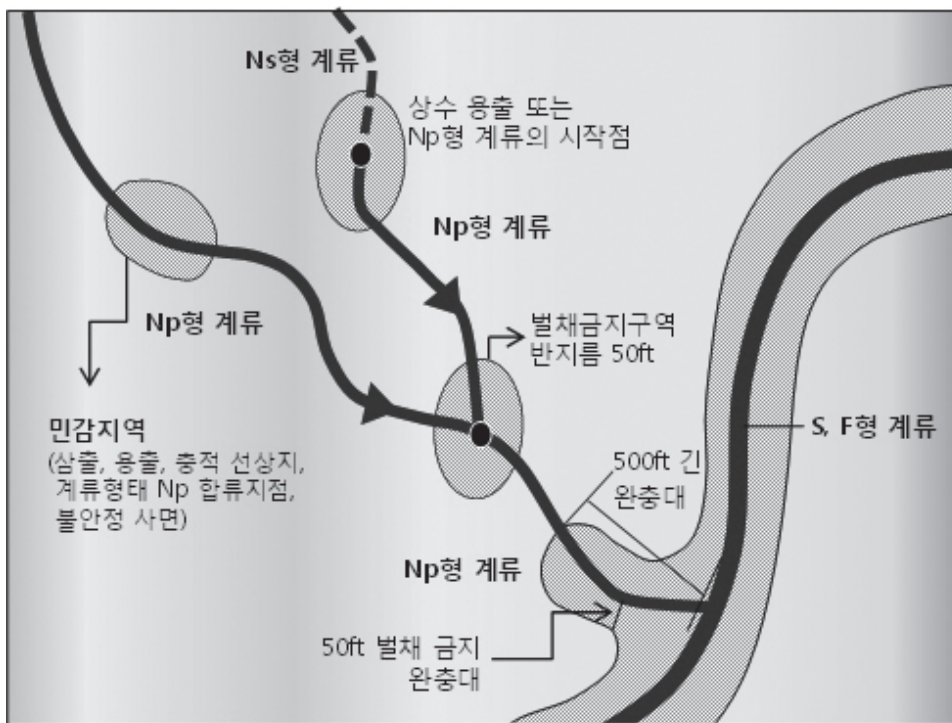


그림 8. Ns, Np형 계류의 계안관리구역 설정
(미국, 워싱턴주 서부)(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

중장비 사용이 제한되고 양끝으로부터 50ft 내에서는 벌채가 금지된다.

(4) Ns형 계류의 계안관리구역 관리

Ns형 계류 역시 계류 최대폭의 끝으로부터 30ft까지의 폭에서 중장비 사용이 제한되지만, 완충대는 조성하지 않는다. 중장비 사용이 제한되는 30ft까지의 구역 안에서 산림 사업으로 인해 지표 노출이 10% 이상 발생하는 경우에는 계안지역 관리를 위해 토양 복구를 실시해야 된다.

나. 미국 워싱턴주 동부지역의 계안관리 구역 관리

(1) S, F형 계류의 계안관리구역 관리

미국 워싱턴주 자연자원국의 계안지역 관리 기법에 따르면, 워싱턴주 동부지역의 계안관리구역은 서부지역과 다르게 계류의 최대폭과 지위등급에 따른 핵심, 내부, 외부구역의 폭이 다음과 같다(표 7과 8). 워싱턴주 동부지역 계안관리구역의 내부구역에서는 특정 흉고단면적을 충족하지 못하거나 계류에 특정 어류의 서식지가 분포하는 경우 벌채가 금지된다.

표 7. 미국 워싱턴주 동부의 계안관리구역 규정(계류의 최대폭이 15ft 이하인 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역 (80ft)		벌채가능구역
I	130	30	45	55
II	110	30	45	35
III	90	30	45	15
IV	75	30	45	0
V	75	30	45	0

표 8. 미국 워싱턴주 동부의 계안관리구역 규정(계류의 최대폭이 15ft를 초과하는 경우)

(단위 : ft)

지위등급	계안관리구역의 전체 폭	핵심구역의 폭	내부구역의 폭	외부구역의 폭
		벌채금지구역 (80ft)		벌채가능구역
I	130	30	70	30
II	110	30	70	10
III	100	30	70	0
IV	100	30	70	0
V	100	30	70	0

(가) 흉고단면적을 기준으로 벌채

주로 해발고도 750m 이하의 Ponderosa 소나무(Pinus ponderosa)림 또는 해발고도 750~1,500m에 분포하는 침엽수혼효림의 S, F형 계류 계류 계안관리구역에 해당한다. 이들 임분의 계안관리구역 내부구역에서 솎아베기 하는 경우에는 작은 흉고단면적의 수목부터 우

선순위로 벌채한다. 일반적으로 벌채 후 잔존목은 에이커당 약 21그루가 되어야 하지만 목표 잔존량을 만족시키지 못하면 에이커당 약 29그루의 수목을 남긴다. 에이커당 약 29그루의 나무를 잔존시켜도 목표 잔존량을 만족시키지 못하면 6인치 미만의 수목만 벌채한다 (그림 9).

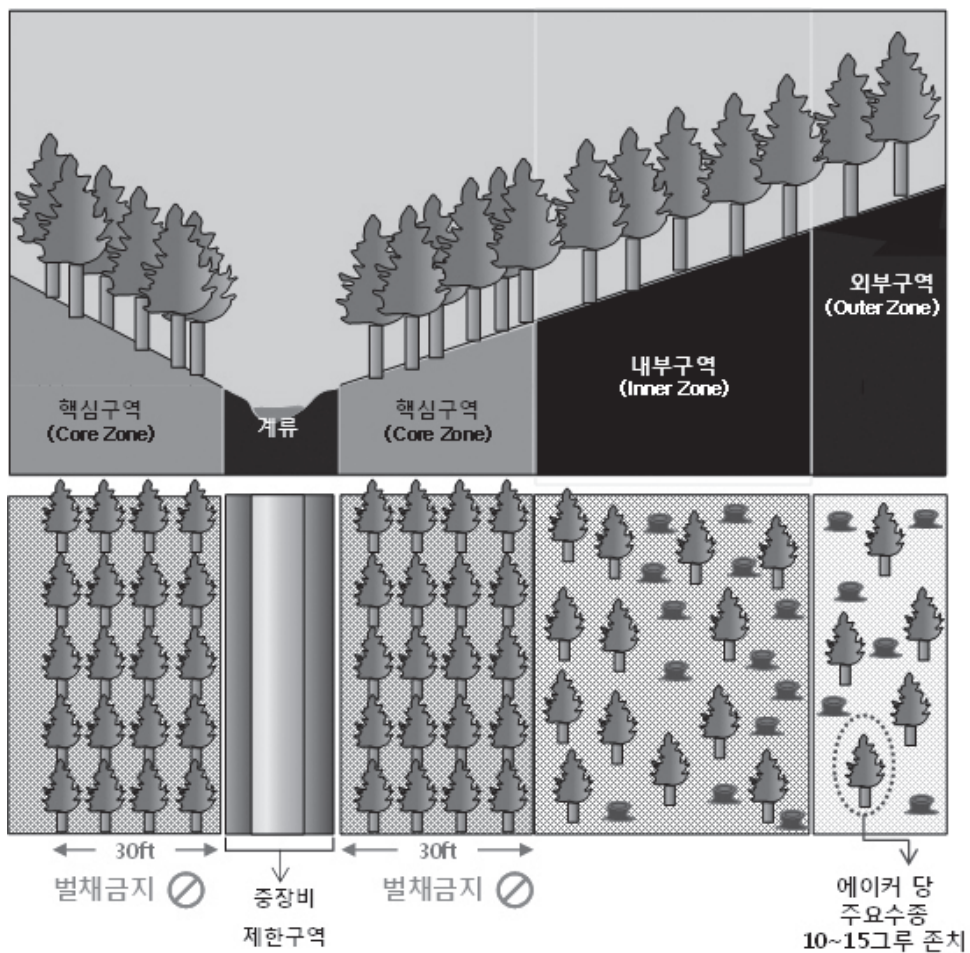


그림 9. 해발고도 1,500m 이하의 침엽수림 계안관리구역의 솎아베기 방법
(미국, 워싱턴주 동부 S, F형)(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

(나) 해발고도 1,500m 이상의 고산지역
주로 해발고도 1,500m 이상의 고산지역에
위치하는 S, F형 계류의 계안관리구역이 해당
된다. 이때 내부구역에서는 워싱턴주 서부지

역과 마찬가지로 핵심구역에 가까운 수목들을
존치시킨다. 내부구역과 외부구역에서는 숲아
베기 후 에이커당 20그루 이상의 우세목을 잔
존시켜야 한다(그림 10).

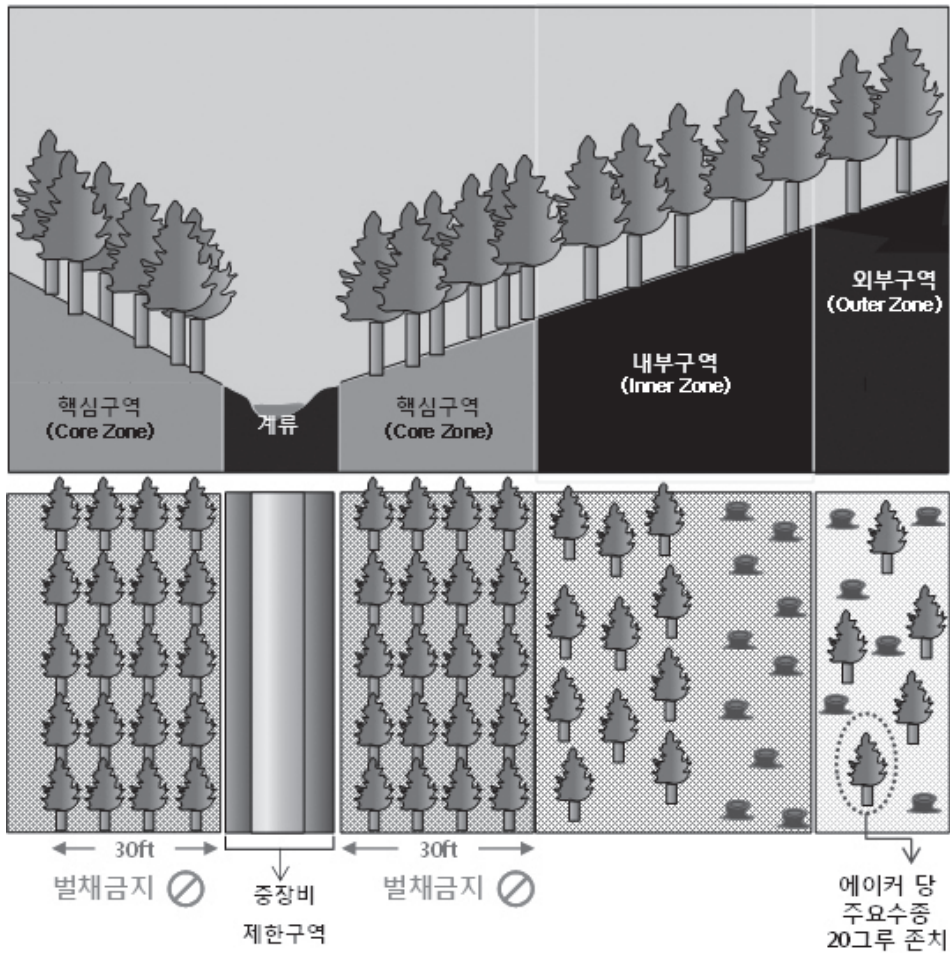


그림 10. 해발고도 1,500m 이하의 침엽수림 계안관리구역의 숲아베기 방법
(미국, 워싱턴주 동부 S, F형)(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

(2) Np, Ns형 계류의 계안관리구역 관리

미국 워싱턴주 동부지역에서는 Np형 계류에 50ft의 계안관리구역을 지정하고, 계류 최대 폭의 끝부분부터 30ft까지에 중장비의 접근을 제한한다. S, F형 계류의 조건과 같이 Np형 계류 역시 임분의 목표 흉고단면적을 만족시키면 50ft의 계안관리구역 내에서 벌채가 가능하다.

계안관리구역 내 벌채방법으로는 부분벌채 또는 개벌을 선택할 수 있다. 부분벌채는 목표 잔존량을 만족시키는 범위 내에서 부분적으로 벌채를 하며, 개벌은 길이 300ft를 초과하지 않는 범위 내에서 이뤄질 수 있다. 부분벌채와 개벌의 모식도는 그림 11과 같다.

Ns형 계류에서는 완충대를 조성하지 않아도 되며, Np형 계류와 동일하게 계류의 최대 폭으로부터 30ft까지는 중장비의 사용이 제한된다.

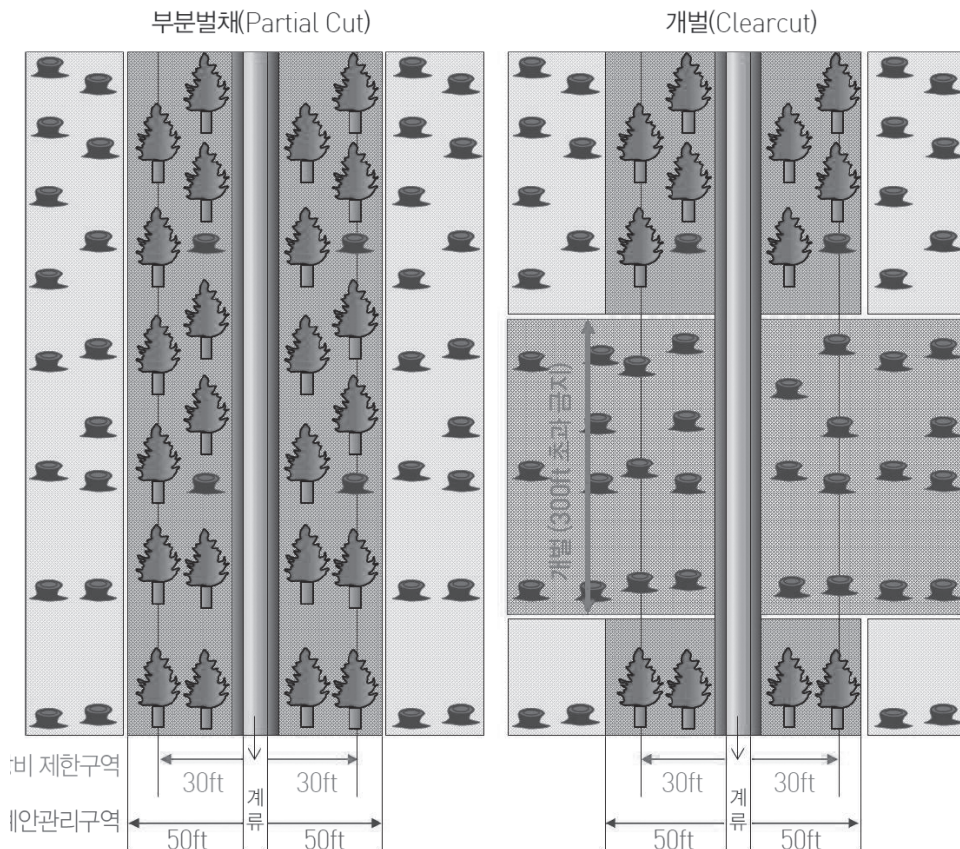


그림 11. Np형 계류에서 실시되고 있는 부분벌채와 개벌 모식도
(미국, 워싱턴 동부)(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

3. 임목수확시스템

임목수확시스템은 일반적으로 수확예정지의 임분 및 입지 조건에 맞게 적절하게 선택되어야 한다. 그림 12는 미국 워싱턴주 자연자원국에서 추천하는 다양한 임목수확시스템과 각 시스템의 적정 집재거리 및 사면경사를 보여주고 있다. 각 시스템들은 사용상에 있어서 장점과 단점을 동시에 가지고 있다. 따라서 임목수확작업 설계자는 수확시스템을 선택할 때, 어떤 방법이 최적인지를 선택해야 하며, 이때 반드시 적지적소 및 경제적 부분 뿐만 아니라 임목수확작업으로 인한 산림과 환경의 피해를 최소화하기 위한 토양, 물, 어류, 양서류, 야생동물 보호 부분을 반드시 고려해야 한다(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015).

계안관리구역에서 임목수확작업을 설계할 때에 고려해야 할 사항으로는 ① 임목수확작업이 수질에 미칠 잠재적 영향, ② 계류와 습지의 분포 및 위치, ③ 특별히 주의해야 할 지역의 유무와 위치, ④ 임목수확작업이 어류 및 야생동물 서식지에 미치는 영향, ⑤ 임목수확작업 후 벌채지에 조림할 수종 및 조림시기(수확작업 후 조림까지 경과시간) 등이다.

계안관리구역에 적용할 수 있는 임목수확시스템으로는 지면끌기식 임목수확시스템, 케이블식 임목수확시스템 및 헬기 집재 방법 등이 있다.

가. 지면끌기식 임목수확시스템

지면끌기를 기본으로 하는 임목수확시스템(Ground-Based Harvesting System)은 일반적으로 지형이 완만한 지역, 토양 답압이 쉽게 발생하지 않는 지역 및 임도 접근이 쉬운 지역 등에서 많이 사용된다. 예를 들면, 미국 워싱턴주의 경우, 서부에서는 지면경사가 35% 이하인 곳, 동부에서는 지면경사가 50% 이하인 곳에서 많이 이용되고 있다. 적정 집재거리는 서부에서는 700ft 이하, 동부에서는 1,300ft 이하로 제시되어 있다.

임목수확시스템을 선택할 때에는 가장 비용이 적게 들면서도 잠재적 자원 손상을 최소화할 수 있는 방법을 선택해야 하며, 특히 임목수확작업으로 인해 토양, 물, 어류, 양서류 및 야생동물 등에 피해를 주지 않도록 신중하게 선정되어야 한다.

지면끌기식 임목수확시스템에 이용할 수 있는 집재방법 및 장비로는 테더 로깅 시스템(Tethered Logging System), 말을 이용한 집재(Horses), 무한궤도형 스키더(Tracked Skidder, Dozor), 바퀴형 스키더(Rubber Tire Skidder), 완전기계화 임목수확시스템(Fully Mechanized Harvesting System), 셔블계 굴착기(Shovel) 등이 있다(그림 12).

- 테더 로깅 시스템(Tethered Logging System) : 사면경사가 50% 이상인 급경사지에서도 운용 가능하며, 로프 등을 굴착기와 같은 중장비에 연결하여 작업하는 지면끌기식 임목수확시스템의 하나이다.

- 말을 이용한 집재 : 환경적으로 연약한 입지에서 소형 목재 등을 부분적으로 집재할 때 적합하다.
- 무한궤도형 스키더(Tracked Skidder, Dozer) : 완만한 사면에서 다용도로 활용할 수 있다. 한번에 많은 양을 집재할 수 있으며, 바퀴형 스키더 보다는 덜 답압된 부드러운 토양에서 작업이 가능하다.
- 바퀴형 스키더(Rubber Tire Skidder) : 한번에 다양한 작업을 하지는 못하지만, 무한궤도형 스키더에 비해 일반적으로 비용이 저렴하며, 작업 거리가 길다. 그러나 바퀴형 스키더는 일반적으로 다른 타입의 스키더에 비해 토양 교란 및 답압을 더 많이 일으키므로 사용에 신중할 필요가 있다.
- 완전기계화 임목수확시스템(Fully Mechanized Harvesting System) : 벌목, 박피, 집재 등 임목수확 전과정을 한번에 진행할 수 있으며, 소요인원을 최소화할 수 있다. 일반적으로 스키더에 비해 토양 답압이 적다.
- 셔블계 굴착기(Shovel) : 일반적으로 무한궤도형 및 바퀴형 스키더에 비해 토양 교란이 적고 울퉁불퉁한 지면에서도 운용이 용이하기 때문에 계안관리구역에서 사용하기 적합하다. 지존작업 및 집재작업 뿐만 아니라 임도 건설 및 배수구 설치 작업에도 다목적으로 사용할 수 있다.

나. 케이블식 임목수확시스템

케이블을 이용한 임목수확시스템(Cable Harvesting System)은 가파르거나 고르지 않은 지형 또는 토양이 습윤하거나 쉽게 답압되는 특성을 가진 지역과 지면끝기식 임목수확시스템을 사용할 수 없을 때 많이 사용한다. 케이블식 임목수확시스템은 목재를 완전히 또는 부분적으로 지면 위로 띄워서 집재하는 방식으로서, 사면경사가 35% 이상이고, 집재거리가 약 1,000ft 이내인 지역에서 많이 사용되고 있다. 케이블식 임목수확시스템은 입지조건에 따라서 많은 비용이 들 수도 있는데, 이는 대부분 시스템의 운용에 숙련된 기술자가 필요하기 때문인 경우가 많다.

다. 헬기 집재

헬기 집재(Helicopter Logging)는 일반적으로 비용이 매우 많이 드는 작업시스템이지만, 목재가격이 매우 높은 지역이거나 임도 건설에 비용이 많이 드는 지역 또는 다른 임목수확시스템이 심각한 환경피해를 유발시킬 수 있는 지역에서는 비용대비 유리할 수도 있다. 헬기 집재는 일반적으로 경사가 40~100% 이상의 매우 가파른 사면에서 효과적이나 집재거리는 최대 5,000ft를 넘지 않는 것이 바람직하다.

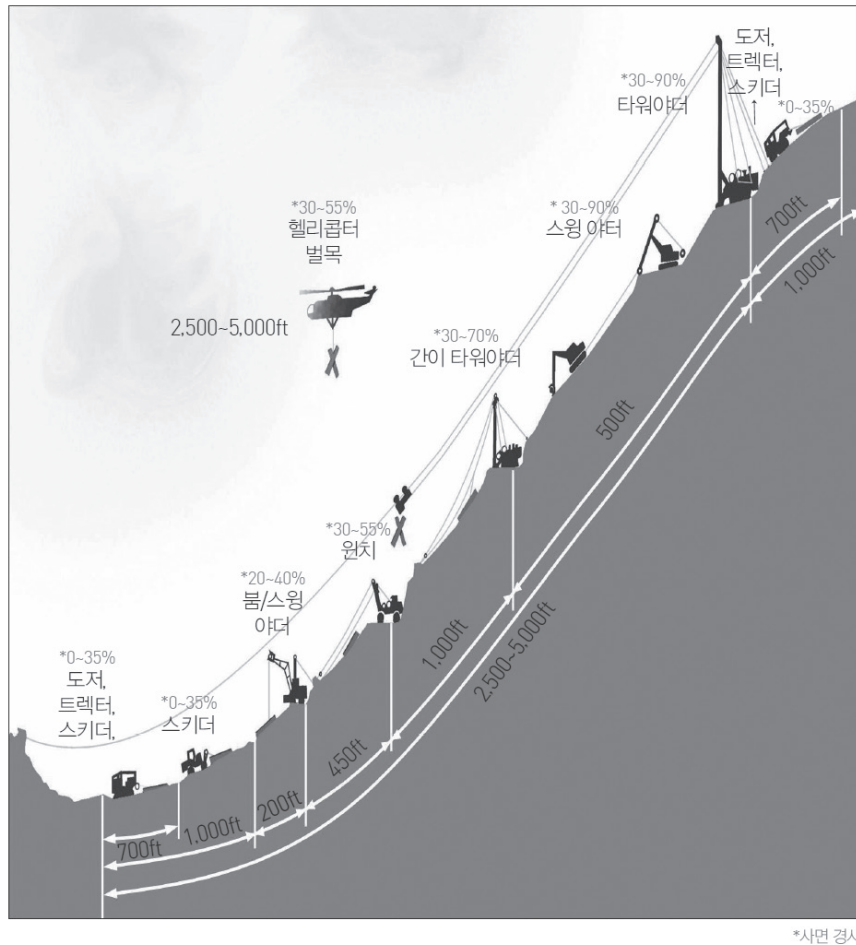


그림 12. 임목수확시스템의 종류(참고: 미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

4. 화학물질의 이용

비료, 병충해 약제 등 산림에서 사용하는 화학물질은 적절하게만 사용되면 산림관리에 있어서 매우 유용하게 활용될 수 있다. 이 화학물질들은 식생의 조절 뿐만 아니라 수목의 생장을 개선하기 위한 목적 등 매우 폭넓은 용도를 가지고 있다. 이밖에 산림작업에서 화학물

질의 용도로는 병충해 방제, 야생동물 피해 최소화, 지존작업 등이 있다.

화학물질들은 대부분 독성을 가지고 있기 때문에 주의깊게 다루어져야 한다. 용기 겉면에 부착된 설명서에 기재된 용도와 사용방법을 반드시 준수해야 하며, 지표수가 가까이 있을 때에는 사용을 제한하여야 한다.

미국 워싱턴주 자연자원국에서는 화학물질

약제를 혼합하거나 운반할 때에는 반드시 계류의 최대폭으로부터 적어도 25ft 이상 떨어져서 작업하는 것을 권고하고 있다. 이때에도 작업장에는 계류나 습지로 지표수가 흘러들어갈 수 있는 어떠한 수로나 도랑도 존재해서는 안될 것을 강조하고 있다. 또한, 빈 화학물질 용기는 적절한 절차에 따라 처분해야 한다(그림 13).

미국 워싱턴주에서는 화학물질을 산림에 살포하기 위해서는 반드시 자연자원국 지역사무소와 ① 화학물질 살포방법을 지상 살포로 할지 항공 살포로 할지, ② 화학물질을 살포할 곳의 위치와 면적, 경계, ③ 살포하고자 하는 모든 화학물질의 종류와 정보에 대해서 협의해야만 한다.

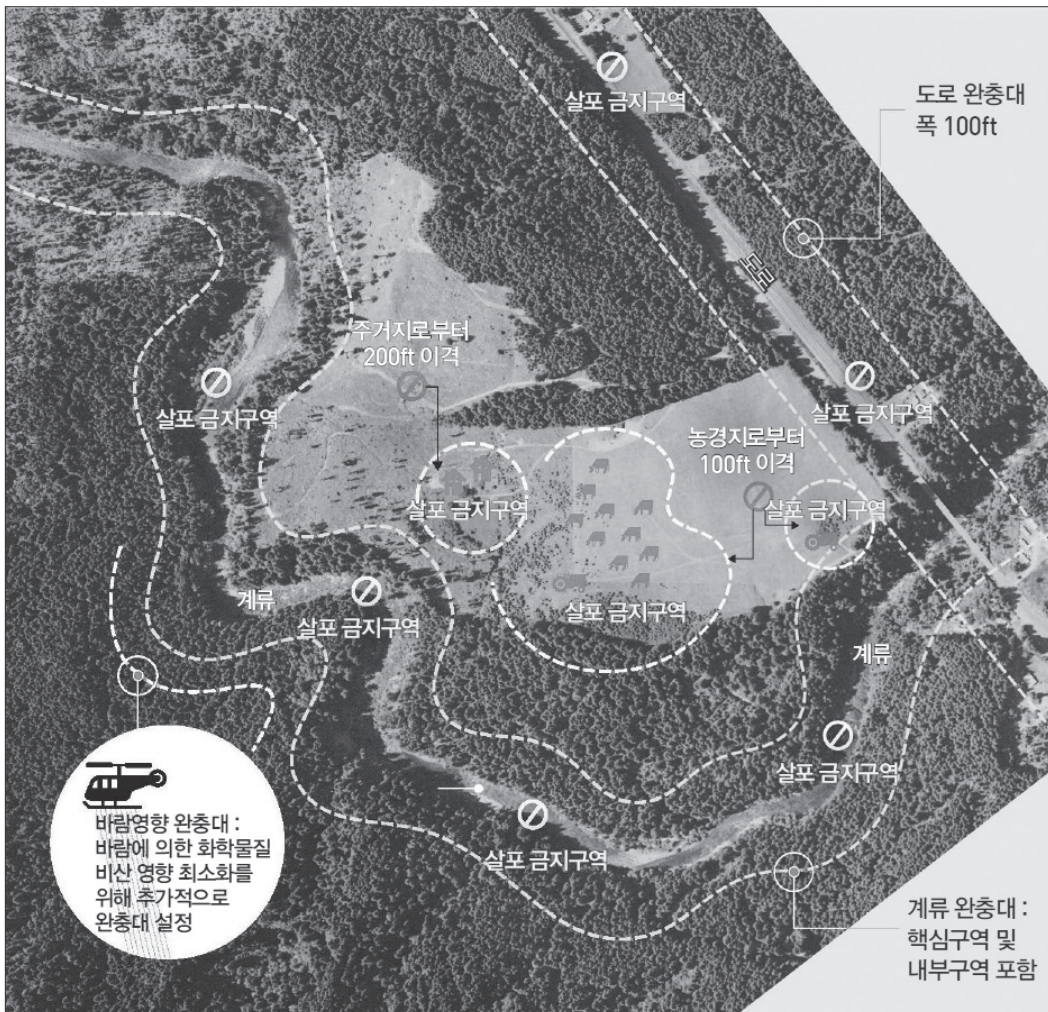


그림 13. 화학물질의 항공살포 시 완충대 배치 모식도(미국 워싱턴주 자연자원국, 2015)

그러나, 어류서식지 등이 있는 S형 및 F형 계류의 계안관리구역 내 핵심구역과 내부구역에서는 제초제의 지상 살포를 원칙적으로 금지하고 있으며, Np형 및 Ns형 계류에서도 최소한 25ft 이상 이격하여 사용할 것을 규정하고 있다.

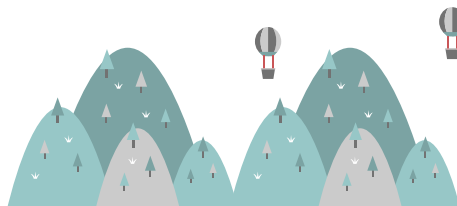
한편, 화학물질을 항공 살포할 때에는 풍속이 5mph 이하일 때 실시하는 것이 예기치 않는 확산을 최소화할 수 있는 방법이 된다. 또한, 지상 살포 때와 마찬가지로 어류서식지 등이 있는 S형 및 F형 계류의 계안관리구역 내 핵심구역과 내부구역에 대한 살포는 원칙적으로 금지되며, 주변에 살포하더라도 항공 살포된 화학물질이 계류 및 계안관리구역에 유입되지 않도록 주의해야 한다. 또한, 다른 농경지로부터도 100ft 이상 이격되어야 하며, 주거지로부터도 최소한 200ft 이상 이격해야 한

다. 항공 살포를 실시할 때에는 실시 예정일 5일전부터 살포예정지에 표식을 세우고 주변에 알려야 하며, 살포 후 15일까지 표식을 유지해야 한다.

※ 참고문헌

최형태, 김수진, 배상원. 2012. 산림유역의 수질보전을 위한 최적관리기법. 국립산림과학원. pp.144.

Washington State Department of Natural Resources. 2015. Applicable Forest Practice Rules. pp56-135.



무인기(드론)의 산림분야 활용방안

우충식

국립산림과학원 산림방재연구과

1. 드론(무인기)의 정의 및 분류

1) 드론이란 ?

무인기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)란 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않고 지상에서 원격조종(RC: Remote Control)하거나 사전 입력된 경로에 따라 자동으로 자율비행하여 임무를 수행하는 비행체를 말한다. 무인기는 사전 입력된 프로그램에 따라 자율비행하는 비행체로 자신의 위치, 속도, 자세를 측정하고 주어진 임무에 맞는 최적의 경로를 스스로 생성하여 비행한다. 또한 자체적으로 고장을 진단하고 응급상황에 대응이 가능하다.

항공안전법에서는 제2조, 동법 시행규칙 제13조 및 제14조에 따라 무게에 의해 항공기를 구분하며, 600kg을 초과하는 것을 경량항공기, 그 이하를 초경량비행장치로 구분한다. 무인항공기는 150kg을 초과하며, 무인비행장

치는 150kg 이하인 초경량비행장치로 사람이 탑승하지 아니하고 원격·자동으로 비행할 수 있는 비행체로 정의하며 군사용을 제외한 일반적인 민간용 무인기는 대부분 무인비행장치의 범주에 포함된다. 무인기는 UAV, 드론 외에도 UAS(Unmanned Aircraft System), RPV(Remotely Piloted Aircraft)라는 명칭으로도 표기한다. UAS는 비행체(플랫폼) 위주의 의미에서 운항에 필요한 시스템을 포함한 통합적 의미이며 RPV는 지상의 조종자가 원격조종을 통해 운항한다는 의미를 갖고 있다. 즉, UAS는 UAV를 포함하는 개념이나 RPV와 드론은 비행방식에 있어 차이점이 있다.

영국에서 최초의 왕복 재사용 무인훈련기(DH82 Queen Bee)를 개발한 것에 대응하기 위해 1939년 미국 해군에서 ‘드론’이라는 무인표적기를 개발하였다. 드론의 사전적 의미는 여왕벌에 대응하는 ‘수벌’과 ‘벌이 웅웅거리며 날 때 발생하는 소리’의 두 가지 뜻을 가지고 있다.

2) 무인기의 구성요소

무인기는 운영하는 목적에 따라 약간씩 다를 수 있으나 그림 1과 같이 공통적으로 크게 비행체, 탑재체, 지상장비로 구분된다. 비행체는 비행에 필요한 기체몸통과 추진계통, 자동비행 유도조종을 위한 항공전자장비 등으로 구성되며 기체몸통은 기본바디 외에도 날개(또는 암), 스킨, 랜딩기어 등으로 구성된다. 추진계통은 프로펠러 및 모터, 배터리(또는 엔진) 등으로, 항공전자장비는 비행제어보드, 각종 제어센서 등으로 구성된다. 탑재체는 활용 목적에 따라 카메라, 마이크, 스피커 등 다양

한 센서를 탑재할 수 있으며 물품수송과 같이 운반용을 활용할 경우 수송할 화물이 탑재체가 될 수 있다. 단, 각종 센서 및 화물 등 비행체의 떨림으로 인한 탑재체의 안정도를 높이고 원활한 제어를 위해 짐벌을 필수적으로 설치해야 한다. 지상장비는 임무계획 및 비행체 제어, 자료의 송수신 등을 위해 필요한 전자장비로 지상통제시스템(GCS: Ground Control System)이라고 한다. 일반적으로 조종에 필요한 각종 계기와 모니터, 조종장치, 통신장비, 컴퓨터 등으로 구성되며 관제소나 차량에 탑재하거나 소형의 경우 휴대용 무선원격조종기로 운용되기도 한다.

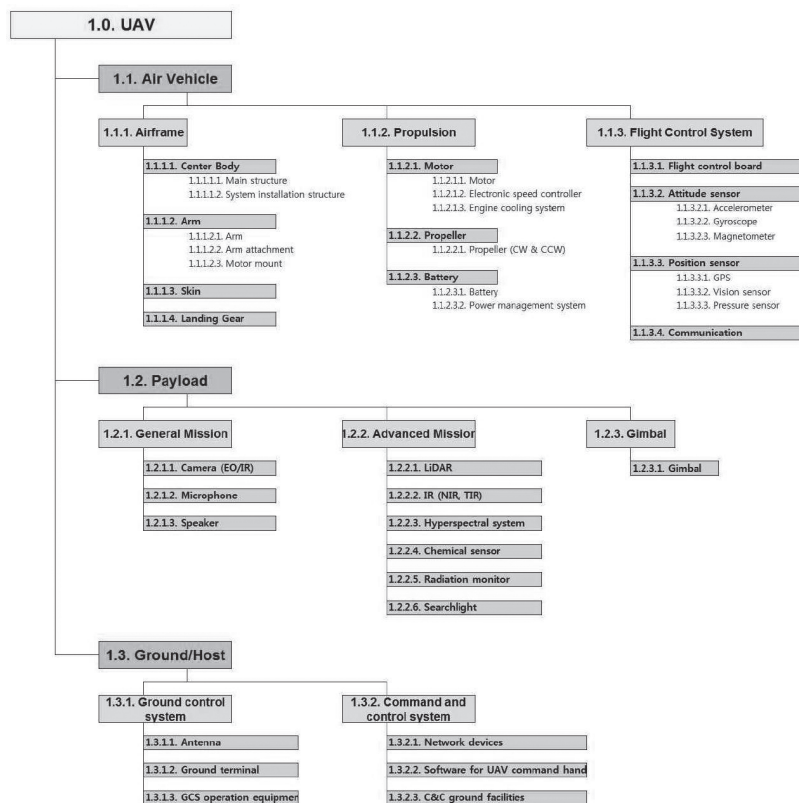


그림 1. 드론의 기능별 구성요소

3) 무인기의 분류

무인기는 임무형태, 비행고도, 크기 등 여러 가지 기준에 의해 분류되고 있지만 대표적으로는 비행체의 형태에 의해 구분할 수 있으며 그림 2와 같이 크게 고정익형, 회전익형, 수직이착륙형 등으로 구분할 수 있다.

고정익형은 날개가 고정되어 있는 비행기 형태의 비행체로 고정된 날개의 양력을 이용하여 비행하는데 주로 항공촬영이나 정찰, 목표물 추적 및 감시 등으로 활용되며 비행속도가 빠르고 높은 고도에서도 운용이 가능하기 때문에 군사용으로 많이 활용되는 형태이다. 민간에서는 주로 항공사진 촬영용으로 활용되는데 일정면적의 영상지도 제작에 매우 유용하나 비교적 이착륙이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 비행체의 이륙은 별도의 발사대를 활용하거나 사람이 직접 날리는 방식이 있으며 착륙은 활주로에 미끄러지는 동체착륙과 그물망이나 낙하산 등을 이용하는 방식이 있다.

회전익형은 헬리콥터와 같이 프로펠러(로터)의 회전력을 통해 양력을 발생시켜 비행하는

비행체로 전통적인 헬리콥터 형태와 로터가 다수로 회전하는 멀티콥터(또는 멀티로터)형태로 구분된다. 멀티콥터는 프로펠러의 수에 따라 쿼드콥터, 헥사콥터, 옥토콥터 등으로 나뉘지며 이 중 4개의 프로펠러가 탑재된 쿼드콥터가 가장 일반적이다. 최근 동축반전력을 활용하여 강한 바람이나 탑재력을 높인 트윈 쿼드콥터 형태도 개발되고 있다. 회전익형 중 헬리콥터 형태는 민간에서 일찍이 상용화되어 농약살포용으로 많이 활용되고 있다. 멀티콥터 형태는 방송용 촬영 및 택배, 레저용 등 다양하게 활용되고 있으며 특히 이착륙이 용이해 개인 취미 및 완구용으로도 인기가 높아 드론이 멀티콥터라는 인식이 대중들로부터 강하게 남아 있다.

수직이착륙형은 고정익의 단점을 보완하기 위해 회전익의 장점인 이착륙 방식을 고정익에 융합한 비행체로 이착륙의 편이성을 높이기 위해 고정익 형태의 날개를 틸트하여 이착륙을 하는 틸트로터와 날개가 틸트하지 않고 별도의 프로펠러를 기체 상부에 부착하여 회전의 효과를 발생시키는 형태로 구분된다.



고정익형



회전익형(멀티콥터)



수직이착륙형(틸트로터)

그림 2. 무인기의 비행체 형태에 의한 분류

2. 무인기 운용을 위한 정책 및 제도

1) 국내외 민간 무인기 관련 제도 비교

주요 국가의 민간 무인기 관리제도는 표 1과 같이 무인기 안전운항에 중점을 두고 운영되고 있으며 신고(또는 등록) 대상은 미국과 영국이 20~25kg 초과, 호주와 한국이 100~150kg 초과로 구분하고 있다. 야간비행 및 비

행고도, 비가시권 비행, 비행제한 구역 등 드론 운용과 관련한 규제는 주요 국가 모두 유사하나 산업화 저해요소가 있어 드론 산업과 관련하여 규제완화 요구가 높아지고 있다.

우리나라의 경우 12kg 이하는 비행허가 및 안전성 인증, 조종사 자격증명을 제외하였으나 2016년 하반기부터 25kg 이하로 변경하여 산업화를 위해 규제를 완화하였다.

표 1. 주요 국가별 민간 무인기 관리제도 및 현황

제한사항	미국	호주	영국	한국
신고 (또는 등록대상)	25kg 이상인 레저용 장치와 모든 非 레저용 장치	100kg 초과 회전의 및 150kg 초과 고정익 장치	20kg 초과 장치	150kg 이하 신고 대상 150kg 초과 등록대상
운항허가	공공용 → COA* 허가, 민간용 → 특별감항증명 (25kg 이상인 레저용 장치와 모든 非 레저용 장치만 해당)	특별감항증명 (100kg 초과 회전의 및 150kg 초과 고정익 장치만 해당)	운항허가 (20kg 초과 장치만 해당)	150kg 이하 비행승인 150kg 초과 비행허가
상업적 활용	제한적 허용	허용(운영자 증명)	허용 (초경량비행장치 사용 사업)	제한적 허용 (농약, 촬영, 측량)
야간비행	불허	불허	-	불허
비행장 주변 비행 제한	○ (5.5kg)	○ (5.5kg)	○ (정확한 수치 미제시)	○ (9.3km)
비행고도 제한	○ (고도 150m)	○ (고도 120m)	○ (고도 120m)	○ (고도 150m)
조종자 가시범위 밖 비행	불허	불허	불허	불허
사람, 건물, 차량 등으로부터의 거리	미정	최소 30m 이격	최소 50m 이격	미정
비행제한 공역	공항주변, 인구밀집지역 상공, 고도 120~150m 초과 (당국의 허가를 받은 경우 비행 가능)			

* COA : Certificate of waiver or Authorization

2) 우리나라의 무인기 안전관리제도

우리나라는 기체 중량 150kg 이하인 무인기 중 배터리를 포함한 이륙중량이 12kg 이하인 경우는 그림 3과 같이 안전성 인증 및 조종자 증명이 제외된다. 보통 민간에서 사용하고 있는 대부분의 무인기 중량이 12kg 이하인 점을 고려하면 영리를 목적으로 하는 사업용의 경우에만 사업등록과 장치신고, 비행승인 등이 필요하며 산림현장에서 업무에 활용하는 비사업용인 경우는 별도신고 및 승인절차가 필요하지 않는다.

무인기 활용 시 항공안전법 시행규칙 제68

조에 의거 조종자가 준수해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 인명이나 재산에 위험을 초래할 우려가 있는 낙하물을 투하하는 행위
- ② 관제권 또는 비행금지구역 비행금지 및 150m 이상 비행금지
- ③ 안개 등 지상목표물을 육안으로 식별할 수 없는 상태에서 비행금지
- ④ 일몰 후부터 일출 전까지 야간비행금지 등

위와 같은 규정을 위반할 경우 징역·벌금 또는 과태료가 부과되므로 조종자는 규정에 위배되지 않도록 각별한 주의가 필요하다.

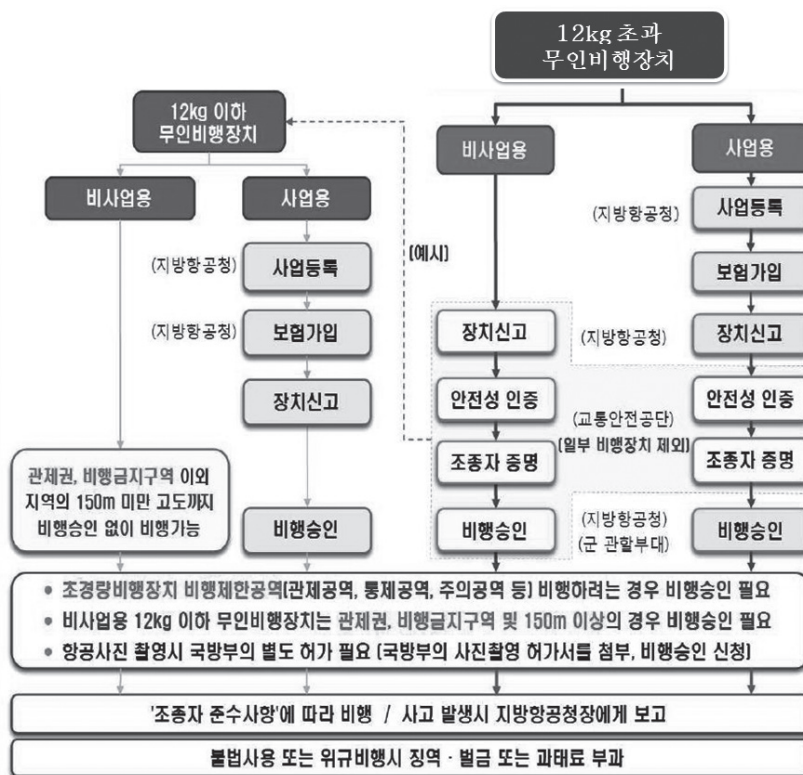


그림 3. 무인기의 비행체 형태에 의한 분류

만일에 발생할 수도 있는 사고에 대비하기 위하여 기체 파손에 대한 손해 및 피해자의 인적 물적 피해를 보상하기 위해서는 보험가입이 필수적이다. 기존에는 드론전용 보험이 개발되지 않아 대부분 영업배상책임보험을 가입 적용하였으나 이 보험은 대인 및 대물에 대한 책임배상만 가능하여 기체 파손에 대한 배상은 해당되지 않는다. 향후 기체의 파손 및 대인, 대물에 대한 보상이 가능한 드론 전용 보험상품이 출시할 예정이다. 보험은 민사에 관한 배상이기 때문에 무인기 운용 시 법규 위반으로 발생한 형사(징역·벌금 또는 과태료)에 대한 책임은 오로지 조정자에게 있어 비행준수사항을 반드시 지켜야 한다.

3. 산림분야 활용을 위한 임무유형별 활용방안

1) 임무유형별 운용요구도 조사

산림분야 활용방안 도출을 위해 자원조사 및 경영, 국유재산, 복지 등 산림관리와 산불, 산사태, 산림병해충 등 산림재해 분야의 무인기 활용 담당자 인터뷰를 실시하여 분야별 공통 사용가능한 비행체 플랫폼 및 임무장비를 식별하였다. 담당자 인터뷰를 통하여 기관별 임무내용을 종합하여 임무유형을 식별하고 운용고도, 거리, 시간대, 비행시간 등 임무유형에 따른 운용환경을 조사하였다. 또한 인터뷰를 통해 비행체에 탑재할 카메라, 적외선센서, 라이다센서 등 활용목적에 적합한 임무장비 요구도를 조사하였고 관제 및 통신, 특수임무 등도 조사하였다.

다음 표 2는 담당자 인터뷰를 통해 임무내용에 따른 임무유형을 식별한 것으로 산림재해 11개, 국유재산 2개, 경영 1개, 자원 1개, 복지(휴양) 1개의 총 16개 임무유형으로 구분되었다. 운용요구도는 조사된 결과를 종합하여 분야별 활용방안을 마련하고 무인기 운용을 위한 조직, 인력, 예산 등 정책전담부서와 운

표 2. 임무내용에 따른 임무유형 및 운용환경 식별

임무유형	운용환경							
	운용 고도	운용 거리	운용 시간대	비행 시간	임무 위치	운용 온도	내풍성	강우
산림병해충 예찰	2000m	2km	주간	2시간	현장, 본부	사계절	5m/s	
산림병해충 방제	10m	2km	주간	6시간	현장	가을-봄	5m/s	
방제사업 관리	2000m	2km	주간	2시간	현장	가을-봄	5m/s	
산불 상황감시	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	15m/s	
야간산불 모니터링	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	15m/s	
진화자원 관리	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장	봄, 가을	15m/s	
산불 특수임무	150m	2km	주간, 야간	1시간	현장	봄, 가을	10-15m/s	
뒹굴 감시	600m	5km	야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	10m/s	
구호물품 배송	1000m	5km	주간, 야간	1시간	현장	사계절	15m/s	○
재해 피해지 조사	2000m	10km	주간	2시간	현장, 본부	여름-가을	7-8m/s	○
산사태 상황감시	2000m	10km	주간	2시간	현장, 본부	여름-가을	7-8m/s	○
대부 및 취득재산	150m	5km	주간	1시간	현장	사계절	10m/s	
산지전용	1000m	2km	주간	2시간	현장	사계절	5m/s	
경영계획	150m	10km	주간	2시간	현장	사계절	10m/s	
자원조성 및 조사	150m	5km	주간	1시간	현장, 본부	사계절	10m/s	
휴양	150m	10km	주간	2시간	현장	사계절	10m/s	

세부분야	임무유형	내 용
산림병해충	예찰	발생현황, 고사목 탐지
	방제	방제를 위한 약제살포
	방제사업 관리	방제결과 조사 및 사업검사
산불	상황감시	산불상황 실시간 모니터링
	야간 모니터링	야간산불 발생 시 잔불 및 잠복화선 탐색
	진화자원 관리	산불 진화대원 및 자원 위치 파악
	특수임무	소화탄 투하, 담수지 열음폭파, 군사격장 맞불 등
	뒹굴 감시	산불진화 후 뒹굴감시를 위한 모니터링
산불 산사태	구호물품	비상약품, 식량 및 기타 물자 등 긴급 구호물품수송
	피해지 조사	피해지 면적, 위치 등 복구를 위한 현황조사
	산사태	발생상황 감시 산사태 발생상황 실시간 감시
국유재산	대부 및 취득재산	대면적 사용허가 및 대부지 경제확인 등 현장조사
산지관리	산지전용	불법산지전용 및 토석채취 현장점검
산림경영	경영계획	산림조사 및 벌채지 현장점검 등 경영계획 수립지원
산림자원	자원조성 및 조사	조림사업, 숲가꾸기, 풀베기 등 현장점검
산림복지	휴양	등산로 조성 및 유지보수, 방문객 관리 등

항·정비기술 및 생산자료 활용 등 운용체제 도출에 활용될 수 있다. 또한, 각 지방산림청 및 국립산림과학원, 산림항공본부 등 기관특성에 따라 운용요구도가 차별화될 수 있어 활용전략 수립의 기본 자료가 된다.

2) 임무유형별 비행체 사이징(Sizing) 해석 및 활용전략 수립

각 임무유형에 적합한 성능예측 및 사이징 해석을 위하여 중량, 공력, 추력에 대한 데이

터베이스 및 운동방정식을 적용한 성능예측 방법론 수립이 필요하다. 또한 표준 임무선도 및 운용요구도에 따른 조건 및 기체성능을 고려하여 사이징을 수행하였다.

※ 사이징(Sizing) : 임무수행 조건을 반영한 기체의 성능 및 형상 유형화

사이징을 위해 그림 4와 같이 모터, 프로펠러, 배터리, 기체 프레임 등 기체의 구성요소별 중량을 예측하고 운용요구도에 따른 모터의 출력 및 소모전력, 출력에 대한 예측 및 요구추력

MC-1		MC-1		MC-3	
					
		MC-1	MC-2	MC-3	
최대이륙중량	g	3000	15000	32000	
최대 임무하중	g	500	3000	15000	
배터리 용량	mAh	6000	40000	60000	
프로펠러 직경	in	14	22	28	
모터최대 출력	W	120	720	1100	
최대방전율	—	2.8	1.8	2.3	
최대 비행시간	min	20	61	95	
최대 체공시간	min	20	40	70	
최대 임무하중 조건시 체공시간	min	20	25	18	
상승 속도	m/s	7.4	6.96	4.34	
최대전진속도	m/s	27	31.2	20.5	

그림 4. 멀티콥터별 사이징 형상 및 결과 예시

등을 분석하여 성능해석을 실시하였다.

무인기 활용을 위해서는 각 임무유형별 활용전략을 수립하고 현장 실용화가 가능하도록 이에 따른 활용(요소)기술 개발로 이어져야 한다. 봄철 야간산불 대응 및 산불피해지 탐지를 위해 그림 5와 같이 무인기 종류별 활용체계를 마련하였다. 주간에는 주로 산불진화헬기에 의해 산불 진화작업을 수행하지만 진화를 완료하지 못할 경우 야간까지 이어져 진화작업 중인 헬기를 철수해야 하는 상황이 발생한다. 따라서 취약한 야간시간대에 산불의 화선 및 잔불 정보를 탐색하여 야간 진화전략을 수

립하고 대응하는데 무인기를 활용할 수 있다.

고정익을 통해 전체적인 산불의 화선 및 잔불 위치를 탐지하고 회전익을 통해 중요지점의 실시간 상황을 중앙산불방지대책본부(산림청)와 산불예측·분석센터(국립산림과학원), 산불현장통합지휘본부(시도)에 공유함으로써 산불진화전략을 수립하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 구호물품 수송이나 조난자 수색 등을 수행하여 무인기를 통한 산불현장지원체계를 마련할 수 있다. 주간 뒷불 재발화 감시를 위해 열적외선센서를 활용하여 잔불을 탐지할 수 있다.



그림 5. 야간산불 대응을 위한 무인기 종류별 활용체계

4. 산림분야 시범적용 사례

- 산불, 산사태, 소나무재선충병 등의 산림 재해와 산림자원 분야에 드론을 시범 적용하여 정보탐지 및 분석정확도 검증

통한 현장활용성을 평가하였음.

- 야간산불 확산 및 잠복화선 탐색
 - 강원 화천군 산불발생지역을 대상으로 산불 및 잠복화선 촬영('16.03.)



산불확산 모니터링



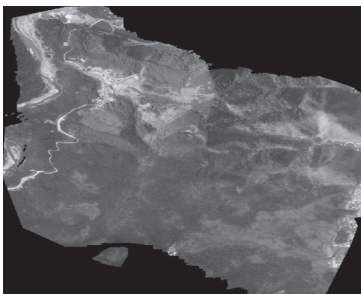
산불화점 탐색



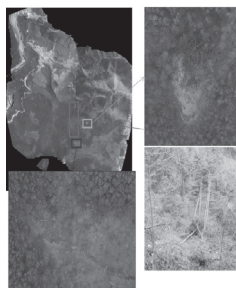
현장대책본부 브리핑

- ➡ (진화 전) 현장대책본부 브리핑 및 지상진화대원 투입전략에 활용
- ➡ (진화 후) 피해면적 산정 및 2차 피해 방지를 위한 분석에 활용

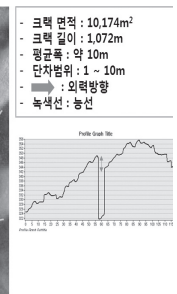
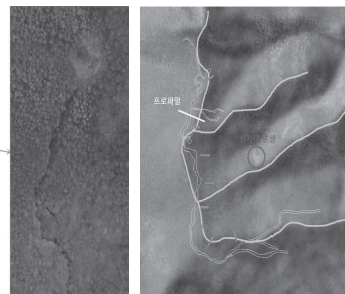
- 산사태 발생지 위치 및 피해면적 분석
 - 울진 석회광산 지반침하지역 지형변화 분석('16.03.)



피해지 항공촬영



피해지역 위치좌표 획득

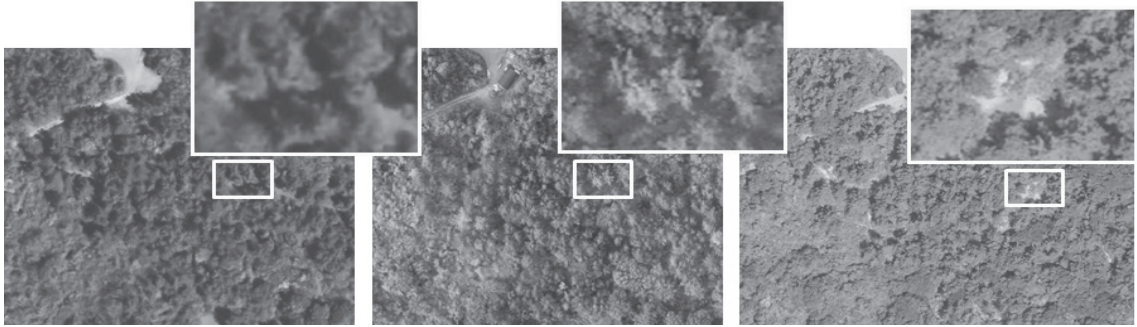


지형변화 분석

- ➡ 산사태 피해지 원인조사와 현황 및 복구를 위한 기본자료로 활용

○ 소나무재선충병 피해지 탐지 및 모니터링

- 제주 꽃자왈 지역을 대상으로 피해목 탐색 촬영 및 현지 확인('15.04., '15.08.)



2014년 4월(발생전)

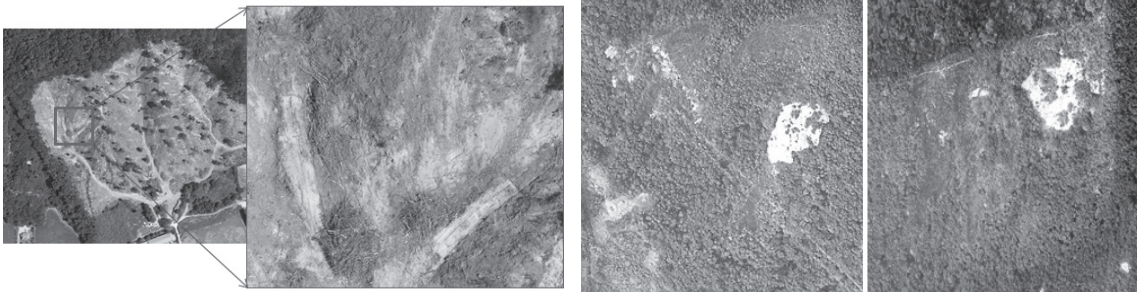
2015년 4월(탐지)

2015년 8월(방제후)

➔ 피해목 본수 산정 및 방제모니터링, 선단지 확산예측에 활용

○ 산림경영 및 산림복구를 위한 기초자료 제공

- 조림, 벌채, 숲가꾸기 등 산림경영과 산림재해 복구를 위한 현황자료 분석



경기 이천 모두베기지역 시범적용('15.09)

산불피해지 복구를 위한 피해규모 분석('15.03)

➔ 경영계획 수립 및 자원조성을 위한 현황 및 기본자료로 활용

5. 결론 및 기대효과

산림분야 운용요구도 조사 및 임무유형별 활용방안을 통하여 현장에서 지속가능하게 활용할 수 있는 보다 체계적이고 과학적인 무인기

활용 정책 마련이 필요하다. 인력으로 수행하던 기존 현장조사에 무인기를 활용하여 좀 더 신속하고 정확하게 조사를 수행할 수 있어 업무의 효율성 및 경제성이 증대된다 → 경제적 효과 약 8.5배

※ 소나무재선충병 피해목 예찰 사례

- 국유림관리 담당자 1인당 산림관리 면적 : 약 8,000ha(80km²)
- 현지조사 1인당 이동거리 및 시야 : 약 7km/일, 좌우 50m
- 무인항공기 일일 촬영 및 분석 면적 : 약 600ha(6km²)
→ 무인항공기 예찰기간 : 13일, 인력 예찰기간 : 약 110일
- 기간 단축뿐 아니라 GPS좌표 및 변화분포, 탐지정확도의 정확성 등 다방면에서 매우 효과적임.

산림재해 관리체계와의 유기적인 연동을 위하여 재난용 지능형 무인기를 융합·활용함으로써 산림재해의 감시 및 탐지, 대응능력이 향상될 것으로 기대한다. 유인감시 및 신고에 의존하는 대처방식에서 탈피하여 재해유형별 맞춤형 무인기 및 융합센서를 활용한 자동화를 실현할 수 있다. 또한 산지지형, 강우, 야간 등 인력에 의한 접근 및 탐지가 어려운 환경여

건을 극복하여 현장정보 취득을 위한 다변화 환경이 마련될 것으로 기대한다.

6. 참고문헌

- 김덕인, 송영선, 김기홍, 김창우, 2014. 무인항공기의 국토모니터링분야 적용을 위한 연구. 한국측량학회지 32(1): 29~38.
- 이강희. 2010. 항공기 I. 비행연구원.
- 한국항공우주연구원. 2015. '국민안전 감시 및 대응 무인항공기 융합시스템 구축 및 운용'공동기획연구 보고서. 미래창조과학부.
- IRS 글로벌. 2014. 확대되는 무인항공기(드론) 기술·시장 전망과 최근 개발 동향. Market Report 2014-02.



생활권 수목 생육기반으로서의 토양 관리 정책 동향 - 국내 사례

김용석¹/이아림¹/김범정¹/차상섭¹/구남인¹/박관수²

1. 국립산림과학원 산림보전복원연구과/ 2. 충남대학교 산림환경자원학과

1. 생활권 수목 생육기반으로서의 토양 환경 특성

생활권 수목 생육기반으로서의 토양 특성은 일반 산지토양보다 환경적인 영향과 인위적인 영향을 더 많이 받는다는 점이다. 특히, 이들 외부 영향으로 인해 토양의 고유한 기능과 구조가 파괴 또는 교란되는 현상, 즉 토양장애의 유형이 더욱 다양하고 빈번히 발생한다.

일반적으로 생활권 토양은 도시화에 의해 영향을 받으며 일반 산림토양과는 다른 특징을 가진다. 따라서 생활권 토양 및 수목관리 시 이러한 특성을 고려할 필요성이 있다. 도시화 과정 속에서 본래의 자연 지형이 훼손된 후 대규모 토지조성이 이루어짐으로써 발생하는 표토층의 교란 또는 심토층의 노출 등의 문제뿐만 아니라, 수목 생장에 부적합한 성토재의 반입, 중장비와 시설·장비로 인한 답압의 문제 등을 일례로 들 수 있겠다.

이상에서 언급한 생활권 토양의 특징을 요약해 보면, 수목과 토양 중심의 조성관리와 아닌 인간 중심의 계획과 이용에 따라 발생하는 토양 장애 현상이 근본적인 문제라는 점이다. 이러한 측면에서 인위적인 영향에 의해 자연성이 교란되고 훼손된 토양 위에 식생을 조성함으로써 발생하는 수목의 각종 피해 또는 비정상적인 생육의 문제를 종합적인 측면에서 진단 및 평가하고 이를 해결할 수 있는 관리체계를 확립하는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

2. 생활권 토양 관리 및 진단의 필요성

생활권 수목 식재기반 토양관리의 기본 방향은 수목 또는 초본류의 생육기반인 토양 기능(양분과 수분의 저장 및 공급 등)이 정상적으로 발휘되도록 하는 것이다. 따라서 이에 필요

한 토양관리 세부지침은 생태 환경적으로 건전한 생활권 수목 식재지가 만들어지고 유지되는데 근간이 되는 토양환경에 대한 관리 방향을 제시하는 길잡이 역할을 하게 될 것이다.

한편, 생활권 수목 식재지역에서 토양환경이 어떠한 상태에 있는지, 장애요인의 유무 등을 파악하는 과정인 토양진단은 수목 생육에 적합한 토양인지를 객관적으로 판단하고 이를 통하여 생육환경 개선대책까지 제시하는데, 그 목적이 있다. 그러나 아쉽게도 아직까지 국내에서 수행되고 있는 토양진단은 주로 일반 농경지와 일반 산지를 대상으로 이루어지고 있는 실정이다. 즉, 생활권 수목 식재지가 갖는 특수성을 고려한 토양진단에 관한 기준이나 지표가 제시되고 있지 않다는 것이다. 더욱이 법제적 측면에서 관련 규정이 수립되어 있지 않아 기존 농경지 또는 산림토양의 이화학적 특성 기준을 따르고 있는 실정이어서 이에 대한 문제의 해결방안으로 이용하기에는 미흡한 점이 있다.

특히, 국내 생활권 수목 식재지의 경우 “도시공원 및 녹지 등에 관한 법률”, “자연공원법”등 그 구성과 관리에 관한 법적 근거에 따라 수목의 식재 및 관리 등의 기준은 마련되어 있으나 그 생육기반이 되는 지하부 토양에 대한 관리 기준은 아직까지 미흡한 실정이다.

3. 생활권 수목 관리 관련 법률 현황

“산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률”, “산림보호법”, “임업 및 산촌진흥촉진에 관한 법률”등의 수목식재 및 관리에 관련된 법을 분석하였다. 또한 “도시공원 및 녹지 등에 관한 법률”, “자연공원법”, “건축법”등의 녹지조성 및 관리 관련법을 분석하였다. 국내의 수목 식재 및 관리에 관련된 법률 현황은 아래 표와 같다.

현재 생활권 수목 식재지에서 발생하는 수목 피해 중 토양 놀림, 배수불량 등의 토양 문제가 차지하는 비중이 높기 때문에 외국 사례와 같이 공사 초기부터 식재 예정지를 구획하여 차량, 장비, 인력의 통행을 제한할 필요가 있다. 본 연구에서 제안한 생활권 수목 식재지 토양관리의 타당성을 확보하기 위해서는 반드시 관련 법을 제정해야 한다. 아직까지 국내에는 생활권 수목 식재지 토양에 대한 어떠한 법적 기준이나 토양 개량의 근거를 찾을 수 없는 한계점이 있었다. 이러한 점은 토양과 관련된 지침이나 관리 기준을 제시해도 이를 반드시 지켜야 할 법적 근거가 마련되지 않았기 때문에 시공사나 관리사는 이를 준수해야 할 의무가 없다는 것을 의미한다. 따라서 아주 기초적인 토양 개량의 의무, 시공과 시공 후 관리의 의무에 관한 법이나 조례를 제정하여 시공자와 관리자들에게 의무를 부여해서 활용할 수 있는 여건을 조성해야 쥐야 한다.

〈 국내의 생활권 수목 식재 관련 법률 현황 〉

구 분	법률명	관련내용	비 고
수목식재, 관리 관련법	산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙)	도심지역 수목의 관리 (수목보호 : 보호수) 사항	일반적인 수목의 정의
	산림보호법 (법률, 시행령, 시행규칙 제19조의3 2항)	도심지역 수목(가로수 등) 지칭	시행규칙 (토양산성화 및 토양오염 실태)
	임업 및 산촌진흥촉진에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙 제2조 3항)	임업재정 지원범위 조경수 생산, 재배 포함	시행규칙(임업의범위 : 수목조사업 등)
녹지조성 및 관리 관련법	도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙)	공원, 녹지 조성과 관리	시행규칙(조경시설 설치 가능공원)
	자연공원법 (시행령, 시행규칙)	국립공원 관련 사항	시행규칙 (사방지 조경공사)
	건축법(지자체 건축조례) (법률 제42조, 시행령 제27조, 시행규칙)	대지의 조경, 공개 공지 등 사항	제42조(대지의 조경) 제27조5항(염분지역)
하자보수 관련 법	주택법 및 주택법 시행령 공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 방법 및 하자판정기 준(안)	하자조사, 판정, 보수 하자조사, 판정, 보수	제46조 제8항 제60조의3 제3항
			국토교통부고시 제2013-930호
오픈페이스 (공간)관련법	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙)	도로, 광장, 공원 등 공간에 관한 사항	조경시공, 설계
	경관법 (시행령 제18조)	도시경관 조성 등에 관한 사항	사회기반시설 사업의 경관 심의 대상 등
문화재 조경, 수목 관련법	문화재보호법	조경공사 및 관리	수목 식재 및 제거
조경업/공사 구분 및 계약 관련법	건설산업기본법 (법률, 시행규칙)	조경공사업 등 업종구분	조경 공사업
	산림조합법 (법률 제18조, 시행령 제3조)	조경사업 범위 (임업경제사업)	조경식재공사업

4. 국내 생활권 토양 품질관리 법률 및 현황

가. 조경설계기준(한국조경학회, 2013)

1) 목 적

「조경설계기준」은 「건설기술관리법」 제 34조(설계 및 시공기준)의 규정에 의한 건설공사 또는 이에 준하는 공사의 조경설계를 수행하기 위하여 형태·규격·품질·성능 등의 설계 요소에 대하여 표준적이고도 기본적인 최소한의 기준을 제시함으로써 조경설계의 일관성·객관성·합리성 및 효율성을 도모하고, 개발과 보존의 조화를 이룰 수 있는 건설 환경 조성 및 환경 친화적이고 지속가능한 건설을 바탕으로 기후변화에 대응하기 위한 저탄소 녹색기술을 구현하기 위한 설계에 목적이 있다.

2) 범 위

가) 이 기준은 독립적으로 수행되는 조경공사와 다른 공사와 복합적으로 수행되는 조경공사 및 조경 관련 조사·분석에 모두 적용한다.

나) 이 기준에 서술되지 아니한 사항은 이 기준에서 서술한 기술적 기준의 범위 안에서 다른 설계 기준을 적용할 수 있다. 특히 건설신기술 및 환경신기술을 적용할 경우, 설계도면 등을 공사 시방서에 포함하여 경제성·품질 및 내구성 등을 발주청이 확인·판단한 경우와 특별한 조사연구·시험에 의하여 설정된 기준 또는

명확한 이론적 근거에 의한 기준 등을 적용할 때에는 예외로 할 수 있다.

다) 이 기준은 지역별·시기별 특성 및 자재수급현황 등을 고려하여 구조·성능·안전 및 품질 등 결과물의 품질에 현저한 영향을 미치지 않는 범위 안에서 최소한의 기준 이상으로 조정하여 적용할 수 있다.

라) 여기서 정하지 않은 토목, 건축, 전기 등 관련 건설공사의 설계기준은 국토해양부에서 제정하고 관련 학·협회에서 관리하는 기준을 적용한다.

마) 제반 건설 과정은 ISO14000 시리즈에서 규정한 친환경 규격을 만족해야 하며, 환경 친화적 건설의 실현을 위해 ISO14000 규격의 요구사항을 포함하는 종합적인 환경관리 시스템을 구축해야 한다.

바) 조경건설의 전 과정에 걸쳐 기후변화에 대응하고 지속가능한 발전과 저탄소 녹색 성장을 실현하기 위한 기술과 이론, 재료, 공법을 도입한다.

3) 토양평가항목

토양에 대한 평가항목은 토양의 물리적 특성인 유효수분, 공극률, 포화투수계수, 토양경도와 토양의 화학적 특성인 토양산도, 전기전도도, 양이온치환용량, 전질소량, 유효태인산 함유량, 치환성 칼륨·칼슘·마그네슘 함유량, 염분 농도 및 유기물 함량으로 한다.

조경 식재에 필요하다고 판단되는 항목과 내용은 추가로 포함하며, 설계안의 구현과 유지

관리에 반영한다.

4) 토양평가 등급

각각의 토양평가 항목에 대한 평가등급은 「상급」, 「중급」, 「하급」, 「불량」의 4등급으로 구분하며, 요구되는 토양평가 등급의 적용은 다음의 기준을 적용한다.

가) 일반적인 식재지에는 「하급」이상의 토양평가 등급을 적용한다.

나) 식물의 생육환경이 열악한 매립지나 인공지반위에 조성되는 식재기반이나 답압의 피해가 우려되는 곳의 토양은 「중급」이상의 토양평가 등급을 적용한다.

다) 고품질의 조경용 식물을 식재하는

곳이나 조경용 식물의 건전한 생육을 필요로 하는 곳에서는 「상급」의 토양평가 등급을 적용한다.

라) 앞의 경우 이외에는 설계자가 설계 목표에 따라 판단하여 토양의 적용 등급을 설정한다.

마) 적용되는 등급의 평가 기준에 미달되는 토양평가 항목들은 해당 평가 기준에 적합하도록 개량하거나 적합한 토양으로 치환하여 식재용 토양으로 사용한다.

5) 토양평가 기준

토양의 이화학적 특성에 대한 평가항목과 평가등급별 평가 기준은 아래의 표와 같다.

〈 토양의 물리적 특성 평가항목과 평가 기준 〉

평가항목		평가등급			
항목	단위	상급	중급	하급	불량
유효수분량	m ³ /m ³	0.12 이상	0.12~0.08	0.08~0.04	0.04 미만
공극률	m ³ /m ³	0.6 이상	0.6~0.5	0.5~0.4	0.4 이하
투수성	cm/s	10 ⁻³ 이상	10 ⁻³ ~10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ 미만
토양경도	mm	21 미만	21~24	24~27	27 이상

유효수분량은 체적함수율을 기준으로 한다.

투수성은 포화투수계수를 기준으로 한다.

토양경도는 산중식(山中式)을 기준으로 한다.

〈 토양의 화학적 특성 평가항목과 평가 기준 〉

평가항목		평가등급			
항 목	단위	상급	중급	하급	불량
토양산도(pH)	—	6.0~6.5	5.5~6.0 6.5~7.0	4.5~5.5 7.0~8.0	4.5 미만 8.0 이상
전기전도도(E.C.)	dS/m	0.2 미만	0.2~1.0	1.0~1.5	1.5 이상
염기치환용량(C.E.C.)	cmol+/kg	20 이상	20~6	6 미만	
전질소량(T-N)	%	0.12 이상	0.12~0.06	0.06 미만	
유효태인산함유량(Avail. P ₂ O ₅)	mg/kg	200 이상	200~100	100 미만	
치환성 칼륨(K ⁺)	cmol+/kg	3.0 이상	3.0~0.6	0.6 미만	
치환성 칼슘(Ca ⁺⁺)	cmol+/kg	5.0 이상	5.0~2.5	2.5 미만	
치환성 마그네슘(Mg ⁺⁺)	cmol+/kg	3.0 이상	3.0~0.6	0.6 미만	
염분농도	%	0.05 미만	0.05~0.2	0.2~0.5	0.5 이상
유기물 함량(O.M.)	%	5.0 이상	5.0~3.0	3.0 미만	

- 6) 토양 개량 양질토양의 반입이 곤란할 경우에는 토양개량제를 사용한다.
- 단지 내 유용토양과 식재기반 및 부토용 외부 반입토양 등은 토양 검사를 시행하여 수목 생육에 적절한 조치를 취해야 한다. 불량토의 제거, 양질토양의 객토 및 혼입을 하여야 하며 다음을 기준으로 한다.

〈객토량 산정 기준〉

구 분	교 목	아교목	관 목	지피·초화류
객토량	1.0m 깊이	0.7m 깊이	0.5m 깊이	0.2~0.3m 깊이

〈식물의 생육 토심〉

식물의 종류	생존 최소 토심(cm)			생육 최소 토심(cm)		배수층의 두께(cm)
	인공토	자연토	혼합토 (인공토 50% 기준)	토양등급 중급이상	토양등급 상급이상	
잔디, 초화류	10	15	13	30	25	10
소관목	20	30	25	45	40	15
대관목	30	45	38	60	50	20
천근성 교목	40	60	50	90	70	30
심근성 교목	60	90	75	150	100	30

나. 수변 녹지 식재기반 최적화 설계 · 시공 기술 개발(수자원공사, 2015)

1) 목적

일반식재지에 대한 국내외 사례 조사를 통해 평가 지표로 적용 가능한 요소 도출하기 위해 대표성을 가지는 일반식재지를 선별하여 토양 분석(이화학, 동물상, 미생물상) 실시하였다.

2) 범위

수변도시 토양 생태계 건강성 평가 기준 마련을 위하여 토양 이화학적 특성, 생물 DB(동물상, 미생물상)를 수집하고 토양 건강성 평가에 적용 가능한 요소를 도출하였다.

3) 토양의 이화학적 평가 지표 제시(안)

가) 물리적 특성

토양의 물리적 특성은 국내 · 외 기준을 분석한 결과, 물과 공기의 이동, 식물의 뿌리 생육에 관련된 항목이 주를 이루었으며, 조사와 분석이 용이하고 다른 항목을 포괄할 수 있는 입도분포(토성)와 경도, 공극률을 선정하였고 각 항목들의 특성은 아래와 같다.

- (1) 입도분포의 경우 수변공원 조성 시 사용되는 반입토나 현장토양에 의해 결정되며, 수변도시 조성 후 외부 교란에 의하여 쉽게 변하는 인자가 아니고 식재 시기와 시공 방법과 연관성이 크지 않은 특징이 있다. 하지만 수목의 생육에 있어 밀

접한 영향을 미치는 수분 환경, 즉 물의 이동과 저장에 있어 결정적인 영향을 미치는 인자이므로 건강성 평가에 있어 최우선적으로 고려해야할 항목이다.

- (2) 경도는 토양의 투수성, 식물의 뿌리 신장과 지지력에 영향을 미치는 요인으로 수변도시와 같은 인공 조성지역이나 이용객에 의한 교란과 피해가 예상되는 곳에서는 필수적인 물리적 특성이다.
- (3) 용적밀도는 토양 중의 수분과 공기를 포함한 용적비율을 의미하며, 토양 내 수분과 양분의 저장성, 뿌리발달, 공극률 등과 관련 있는 대표적 특성으로 분석방법 간편하지만 다양한 물리적 특성을 예측할 수 있는 항목이다.

나) 화학적 특성

국내 · 외 기준에 대한 분석을 통하여 건강성 평가항목을 선정하는데 중요한 요인으로 양분과 수분 흡수와 관련된 인자들으로써, 양분의 경우 생존에 필요한 필수 항목인 유기물, 전질소, 유효인산을 선정하고 추가적으로 양분 흡수와 관련된 pH와 EC를 선정함. 그리고 수변도시의 지리적 특성을 고려하여 수분과 관련된 염분농도를 평가 지표로 선정하였고 각 항목들의 특성은 아래와 같다. pH는 토양의 질소와 유효인산, 치환성 양이온과 같은 양분 흡수에 영향을 미치며, 토양의 이화학적 특성을 개선하는 토양 동물의 생육에 영향을 미치는 항목이다.

- (1) 염분 농도는 수변지역에서 발생할 수 있는 염분에 의한 피해 여부를 판단할 수 있는 직접적인 항목이다.
- (2) 전기전도도는 토양 용액 중의 이온농도를 평가하여 염에 의한 집적 여부를 판단할 수 있는 중요한 지표로 수변도시의 경우 시비처리, 산성강하물, 제설제 등의 영향으로 염에 의한 피해가 높은 것으로 조사되어 선정하였다.
- (3) 유기물함량은 식물의 생육에 필요한 양분을 공급하고 토양의 물리적 특성을 개선하는데 중요한 역할을 하는 인자다.
- (4) 전질소와 유효인산은 식물체의 구성에 있어 필수적인 요소로 전질소는 기체 상태로 휘발되어 토양내의 출입이 비교적

자유로운 특징이 있으며, 유효인산은 대부분 불용성으로 고정되어 인산과다에 의한 생육 장애는 쉽게 나타나지 않는 특징이 있다.

다) 건강성 평가 지표(안)

선행 연구를 바탕으로 토양의 건강성 평가 지표(안)에 포함되는 항목을 아래와 같이 선정하였고, 이들 항목 중 양분을 제외한 나머지 항목을 상, 중, 하로 구분하여 적용하였다. 양분 항목을 제외한 이유는 다른 항목에 비하여 관리 조절이 양호하고, 수변도시에 생육하는 식물의 특성상 높은 성장율을 필요로 하지 않기 때문에 일괄 적용하였다.

〈 수변도시 토양 이 · 화학적 건강성 평가 지표(안) 〉

구 분		평가 등급		
		상	중	하
물리적 특성	입도조성(%)	모래 : 70% 이하, 미사 : 70% 이하, 점토 : 40% 이하		
	용적밀도(g/cm ³)	0.6~1.1	1.2~1.5	1.6~1.8
	경도(mm)	21 미만	21~25	26~
화학적 특성	pH(1:5)	5.5~6.5	5.0~5.4 6.6~7.0	4.5~4.9 7.1~8.0
	염분(%)	0.05 미만	0.05~0.2	0.3~0.5
	EC(dS/m)	2.0 미만	2.0~4.0	4.1~8.0
	유기물(%)	2.0%~20%		
	전질소(%)	0.05%~0.3%		
	유효인산(mg/kg)	10mg/kg~300mg/kg		

다. 수변 녹지 식재기반 특성을 고려한 평가 기준 수립 기초연구(2013)

1) 목적

수변 녹지에 대한 적절한 조성을 위해서 수변 녹지 식재기반에 대한 평가 기준을 제시하고자 연구를 수행하였다. 일본과 국내의 유사 기준을 바탕으로 수변 녹지 식재 예정지의 대상지 조성 전·후의 토양 분석을 실시하여 비교·분석을 하였다.

2) 범위

수변 녹지 식재기반 토양관리 평가항목은 토양 단면 구조에서 토색, 층위 구조, 견습도, 석력함량, 토양의 물리적 특성에서 토성과 경도, 토양의 화학적 특성에서 pH, EC, 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온, 양이온치환용량으로 선정하여 평가 기준을 아래와 같이 수립하였다.

〈수변 녹지 식재기반 최소 적정 항목 및 평가 기준〉

항목	토성	경도	pH	EC	유기물	CEC	치환성 양이온			전질소	유효인산
							K	Ca	Mg		
범위	양질사토, 사양토, 미사사양토	21미만	5.8~6.7	1.0~1.5	9.0이상	18이상	1.6~3.3	5.5이상	0.5미만	0.07~0.14	55~115

5. 맺음말

생활권 녹지에 대한 관리적인 측면에서 선진국이라고 할 수 있는 미국, 유럽, 중국, 일본 등의 경우, 생활권 토양(Urban soils)에 대한 명확한 관리 지침과 시공 규정이 존재하고 있는 것에 반해 국내의 경우 관련 지침으로서 한국조경협회의 「조경설계기준」이 마련되어 있으나, 이는 다양한 생활권 환경 내에 있는 수목식재지 토양에 적용하기에는 다소 부족함이 있는 것으로 판단된다. 또한, 생활권 수목을 식재하고 관리하는 데 있어 국내에 존재하는

토양관리 기준을 준수해야 한다는 법·제도적 근거가 부족한 실정이다.

따라서, 외국의 진단 프로세스와 기준치를 활용하여 한국형 생활권 수목 생육기반에 대한 관리 기준을 확립하는 것이 필요하지만, 우리나라와 수목생육 조건이 다른 국외의 기준치를 그대로 도입하는 것은 위험할 수 있기 때문에 국내 환경 조건에 부합하는 기준치를 마련하기 위한 관련 연구의 수행이 무엇보다 중요하다.



계류복원사업을 위한 환경조사(1)

-식물조사를 중심으로-

김석우 / 전근우

강원대학교 산림환경과학대학 교수

1. 조사의 개요

식물조사는 육역(陸域) 및 수역(水域)에 생육하는 유관속 식물인 양치류 이상의 고등식물을 대상으로 하며, 조사대상의 범위는 해당 수역 및 그 주변으로 한다. 따라서 식물조사는 조사대상 지역의 양치류 이상의 식물에 대한 분포, 종(種) 조성 및 현존량을 조사하여 환경실태를 파악한다. 이때 특정 지역을 피복하면서 생활하고 있는 식물의 집단을 식생이라고 하며, 식물군락이라고 하는 경우는 보다 구체적인 경우에 사용된다. 예를 들면, 목본군락 및 초본군락 등과 같이 식생에 단위성(單位性)을 갖고 있을 때에 사용된다.

한편, 식생은 성립하고 있는 토지·토양·수질 등에 따라 구성식물의 종류가 상이할 뿐만 아니라 동일 종류의 식물로 이루어진 집단인 경우에도 그 형태나 생활양식이 상당히 다르기 때문에 겉으로는 같게 보이지만, 자세히 관찰하면 부분적으로 차이가 나타난다.

2. 조사의 구성

식물조사는 그림 1과 같이 조사계획을 입안하여 실시하고, 그 내용은 사전조사·현지조사를 주로 하며, 실내분석에 의하여 보완한 후에 정리한다.

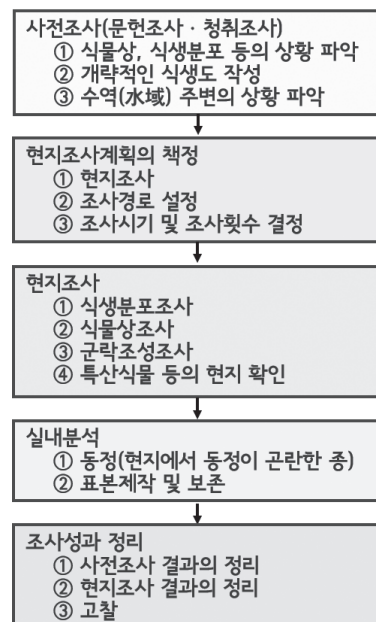


그림 1. 식물조사의 순서

3. 사전조사

사전조사에서는 문헌조사와 청취조사를 실시한다. 즉, 현지조사를 실시하기 이전에 문헌 및 청취조사에 의하여 기존 식생조사의 결과, 수역 및 그 주변 식물상의 개요와 특산식물 등의 유무, 기타 상황 등을 파악한다. 따라서 사업자는 현지조사를 실시하기 이전에 문헌·자료·기존의 유사한 조사 보고서를 수집·정리하고, 동시에 발주자가 대여한 자료 이외에 설계도서에 제시된 타 기관 소관자료를 수집한다.

4. 현지조사계획

현지조사 시에는 현지조사계획을 작성한다. 또한, 사업자는 사업의 목적과 요지를 파악한 후, 계획도서에 제시된 업무내용을 확인하여 업무계획서를 작성하고, 감독관에게 제출한다.

즉, 문헌·청취조사 결과에 입각하여 조사대상 범위를 현지답사한 후, 충분한 결과를 얻을 수 있는 조사경로, 조사시기 등을 설정하고, 현지조사계획을 책정한다. 또한, 수역 및 그 주변의 식물상과 식물분포 등의 상황을 파악하기 위하여 식생분포조사, 식물상조사 및 군락조성조사 등을 실시한다. 그리고 식생분포조사 및 식물상조사를 위한 조사경로는 사전조사 결과에 근거하여 수역 주변의 지형, 개략식생구분도, 특산식물의 분포상황, 기존의 조사결과 등을 감안하여 설정한다. 한편, 조사시기는 식물을 확인하기 쉬운 봄철부터 가을철 사이에 실시한다.

5. 현지조사

현지조사는 현지조사계획에 따라 실시하며, 계류환경의 특성을 파악하여 조사목적을 정확하게 달성할 수 있는 조사방법을 선정한다.

한편, 사업자는 사전조사의 성과에 입각하여 설계도서에 제시된 조사계획을 검토하고 책정한다. 즉, 현지조사계획에 따라 현지조사를 실시하고, 필요에 따라 시료의 채취, 동정, 계측 및 사진촬영 등을 실시하며, 표본을 작성한다. 또한, 사업자는 사전조사 및 현지조사 결과를 소정의 양식에 정리하고, 사진정리, 조사성과 활용 및 고찰 등을 실시한다.

1) 조사방법의 개요

현지조사 시에는 식생분포, 식물상 및 군락조성을 조사한다. 즉, 식생분포조사 및 식물상조사는 답사에 의하여 실시하며, 군락조성조사는 방형구법으로 실시한다. 그리고 군락조성조사에 의하여 확인된 식물은 식물상조사의 결과에 반영한다.

2) 각 조사방법의 특징

식물조사를 위한 현지조사에서 실시하는 식생분포, 식물상 및 군락조성의 조사방법은 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 식생분포조사 : 식생의 평면적 분포를 파악하는 조사로, 이를 기초로 하여 식생구분도를 작성한다.
- ② 식물상조사 : 생육하고 있는 식물의 목록을 작성한다.

③ 군락조성조사 : 군락에 대한 식물의 상황을 파악한다.

3) 식생도작성조사

사전조사에 의하여 작성된 개략식생구분도를 현지에 지참하고, 수역의 주변을 잘 관찰할 수 있는 장소에서 조망하면서 수시조사 대상범위를 답사한 후, 그 결과를 식생분포 현황과 대조하면서 식생구분도를 작성한다. 이때 군락은 상관(相觀) 및 우점식물에 따라 구분한다.

한편, 식물사회학적인 군락은 별도의 조사방법을 참고로 하여 구분하며, 대표적인 군락을 포함한 수제(水際, 수생식물이 생육하는 경우 수역을 포함)의 식생배치 모식도를 작성한다.

4) 식물상조사

조사대상 범위를 답사한 후, 출현하는 식물을 육안(목본은 필요에 따라 쌍안경 사용할 수 있음)으로 직접 확인하여 식물명과 출현상황을 조사표에 기록한다. 이때 조사식물은 야생식물·귀화식물·특산식물·식재식물 등이며, 공원·경작지 등에 식재된 식물은 목적에 따라 대상을 정한다.

한편, 현지에서 동정하기 곤란한 식물은 채취하여 이후 상세하게 분류하고, 해당 지역에서 처음 발견된 식물은 반드시 채집한다. 다만, 특산식물은 채집이 불가능하므로 사진을 촬영한 후, 이후 전문가가 확인할 수 있도록 그 위치를 기록한다.

5) 군락조성조사

군락조성조사는 조사구간에 방형구를 설치한 후, 브라운-블랑케(Braun-Blanquet)법으로 그 안에 생육하는 각 식물의 피도·군도·계층 등을 기록한다. 특히 식물분포조사에 의하여 구분된 군락에 대해서는 한 지점 이상에서 군락조성조사를 실시한다.

그리고 방형구를 설치할 장소는 대상군락을 잘 관찰한 후, 그 군락이 전형적으로 발달된 구역 안에서 가능하면 균질한 장소를 선정한다. 또한, 군락의 경년적 추이를 파악하기 위하여 같은 지점에서 계속적으로 조사할 수 있도록 방형구의 범위를 도상에 기록한다.

한편, 군락조성조사 시에 유의하여야 할 점은 다음과 같다.

① 조사대상의 선택

조사대상 지역을 상관(相觀)한 후, 특정 식물의 조합이 가능한 몇 개의 지역으로 식생을 구분하고, 각각의 구역 중에서 군락이 가장 잘 발달된 곳에 대하여 샘플링을 실시한다. 이때 상관이란 식물의 생활형을 주로 하는 외관이나 특정 장소에 생육하고 있는 식물의 전체적인 모양·형태를 파악하는 것을 말한다.

한편, 식물군락은 조사대상 지역에 한 종류의 군락만이 발달한 경우는 매우 드물고, 대부분의 경우 다양한 군락이 복수로 성립되어 있다. 따라서 일반적으로는 대상으로 하는 식생이나 지역 속에서 다수의 방형구를 추출한 후, 그것을 대상지역의 대표로 하는 방법이 채택되고 있다. 다만, 이때 문제가 되는 것은 어느 정도의 크기를 몇 개 정도, 어디에 설정하는 것이

해당 지역의 군락을 대표할 수 있는가이다.

따라서 조사지역을 가능하면 폭 넓게 답사한 후, 항공사진 등으로 전체 식생을 개략적으로 파악한다. 이와 같이 초기에 전체 지역을 폭 넓게 답사하는 것이 해당 지역에 반복적으로 나타나는 특징 식물의 종류 조합과 상관에 의하여 파악된 군락의 숫자 및 각 군락의 분포상황을 해석하는 데 매우 중요하다. 이때 방형구는 각각의 군락 중에서 가장 발달한 곳을 선택하며, 서로 다른 군락의 이행대는 가급적 피하도록 한다.

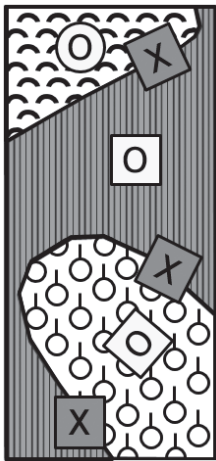


그림 2. 방형구의 선정방법
(O : 좋은 사례, X : 나쁜 사례)

② 방형구의 면적

조사구에 설치하는 방형구의 면적은 대상으로 하는 군락에 따라 다르다. 즉, 조사하는 면적이 넓을수록 출현하는 식물의 숫자는 증가하지만, 결국은 일정한 값에 이르게 된다. 이와 같이 조사면적에 비례하여 출현식물의 숫자가 증가하는 상태를 나타내는 곡선을 종수-면적곡선이라고 한다. 그리고 방형구의 최

소면적은 종수-면적곡선의 변곡점에 의하여 구하지만, 경험 상 다음과 같은 기준이 사용되고 있다.

- 교목림(아교목층을 포함함) : $150 \sim 500\text{m}^2$
- 관목림(4m 이하의 하층은 초본만을 포함함) : $50 \sim 200\text{m}^2$
- 참억새 초원 : $25 \sim 100\text{m}^2$
- 잔디 초원 : $10 \sim 25\text{m}^2$
- 기타 초원 : $1 \sim 10\text{m}^2$
- 경작지의 잡초 군락 : $25 \sim 100\text{m}^2$

한편, 방형구의 개략적인 결정방법은 군락 내에 생육하고 있는 우점종의 높이를 한 변의 길이로 하는 사각형이 이용되고 있다. 이 방법은 식물의 종류가 많은 복잡한 군락을 제외하면 폭 넓게 적용할 수 있다.

③ 생육종류의 조사

식물의 종류에 대한 조사에서는 방형구 내에 생육하고 있는 식물 전체를 기록한다. 그러나 현지에서 동정할 수 없는 식물이나 해당 지역에서 최초로 확인된 식물, 그리고 특산식물 등은 식물상조사의 경우와 같은 방법으로 파악한다.

④ 피도 · 군도의 조사

피도와 군도에 대한 조사는 브라운-블랑케 법에 따라 방형구 내에 생육하고 있는 각종 식물을 기록한다.

[피도]

- 5 : 피도가 방형구 면적의 $3/4$ 이상을 차지하고 있는 경우

- 4 : 피도가 방형구 면적의 1/2~3/4을 차지하고 있는 경우
- 3 : 피도가 방형구 면적의 1/4~1/2을 차지하고 있는 경우
- 2 : 개체수가 매우 많거나 적을지라도 피도가 1/10~1/4을 차지하고 있는 경우
- 1 : 개체수는 많지만 피도가 1/20 이하이거나, 또는 피도가 1/10 이하인 경우로 개체수가 적은 경우
- + : 개체수가 적고, 피도 역시 적은 경우
- r : 매우 드물게 최저피도로 출현하는 경우(+로 정리되는 경우도 많음)

[군도]

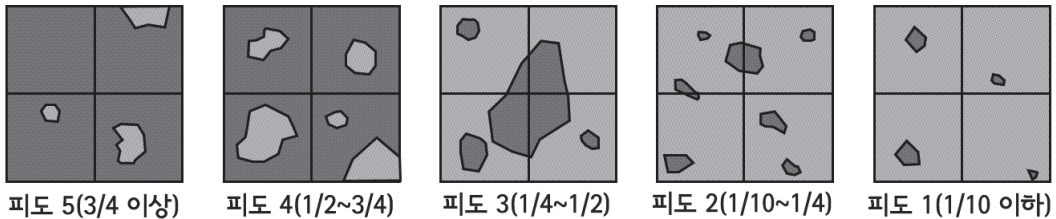
- 5 : 방형구 내에 카펫 모양으로 생육하고 있는 경우

- 4 : 커다란 얼룩 모양 또는 카펫 모양의 구멍이 곳곳에 산재하는 경우
- 3 : 작은 무리의 얼룩 모양이 있는 경우
- 2 : 작은 무리를 이루고 있는 경우
- 1 : 단독으로 생육하고 있는 경우

⑤ 층별조사

산림의 기본적인 계층은 교목층(아교목층을 포함함), 관목층 및 초본층 등과 같이 다층구조로 구성되어 있기 때문에 식물군락을 단순한 구조를 이루는 경우도 있지만, 일반적으로는 다양한 식물이 공존하여 다층사회를 형성하고 있다. 따라서 산림지역에서는 군락을 층별로 조사하면 그 정밀도를 높일 수 있다.

한편, 식물군락의 계층을 구분할 경우 사전에 교목층은 몇 m 이상이라고 정할 수도 있지



피도 5(3/4 이상)

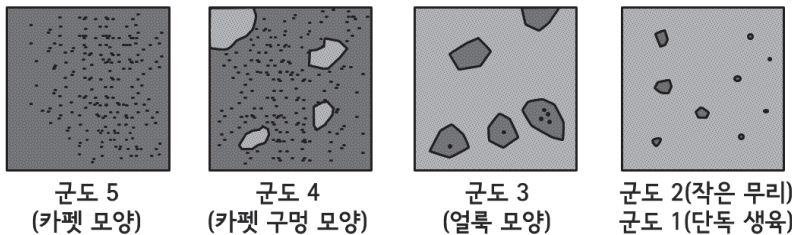
피도 4(1/2~3/4)

피도 3(1/4~1/2)

피도 2(1/10~1/4)

피도 1(1/10 이하)

그림 3. 피도의 구분방법



군도 5
(카펫 모양)

군도 4
(카펫 구멍 모양)

군도 3
(얼룩 모양)

군도 2(작은 무리)
군도 1(단독 생육)

그림 4. 군도의 구분

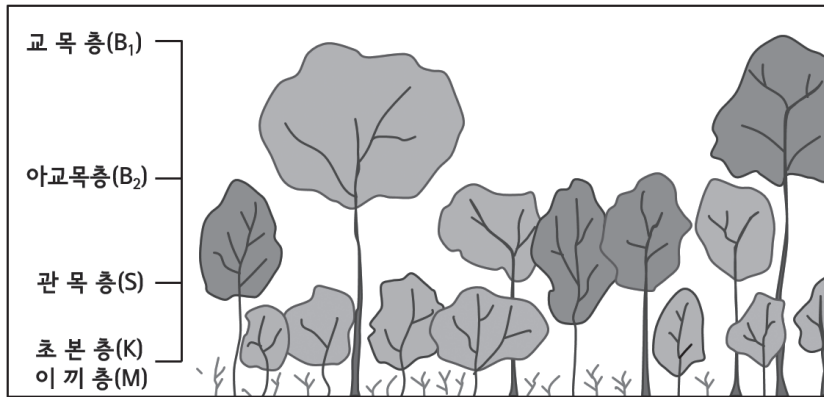


그림 5. 산림의 계층 모식도

만, 원래 산림은 다양한 입지조건을 반영하고 있을 뿐만 아니라 통상 각 층의 높이가 일정하지 않기 때문에 현지조사 시에 해당 식물군락의 특성에 따라 층을 구분하는 것이 효과적이다. 다만, 일반적인 층 구분의 기준으로 널리 사용되고 있는 라운키에르(Raunkiaer) 생활형인 경우, 교목층은 8m 이상, 아교목층은 2~8m, 관목층은 2m 이하, 초본층은 1~0.5m로 구분하고 있다. 그리고 덩굴식물과 착생식물은 그 높이에 따라 각 계층에 포함시키는 경우와 별도로 취급하는 경우가 있다.

6) 활력도(생활력)

식물의 활력도는 조사구 내의 특정 식물에 대한 생활 상태를 4계급으로 구분한다. 그러나 식물의 활력도는 판정하기 상당히 어렵기 때문에 실제 야외에서는 특히 생활력이 약한 식물에 대해서만 사용되고 있다. 즉, 활력도는 다음의 부호 또는 숫자(1~4)를 사용하며,

기입방법은 예를 들면 피도, 군도의 오른쪽에 <+°>와 같이 부기한다.

- ●●1 : 생육상태가 양호하여 식물의 생활환(生活環, 태어나서부터 죽을 때까지의 주기)을 완전하게 반복하는 식물
- ●2 : 생육상태는 그다지 좋지 않지만 해당 장소에서 번식 가능한 식물, 또는 생육하지만 해당 장소에서 완전한 생활환을 규칙적으로 반복하지 못하는 식물
- ○3 : 영양생식에 의하여 겨우 생육하고 있는 상태로, 완전한 생활환을 반복하지 못하는 식물
- ○○4 : 우연히 할지라도 해당 장소에서 번식할 수 없는 식물

7) 현존량조사

목본·초본의 현존량조사는 별도의 조사방

법을 참고로 하여 실시한다.

8) 특산식물의 현지 확인

특산식물 등에 대해서는 현지조사 시(식생분포조사, 식물상조사 및 군락조성조사)에 수시로 확인한다. 이때 특산식물 등이란 일정한 지역에서만 자라는 식물로, 그 지역의 고유식물(固有植物, Endemic plant)이라고도 하며, 우리나라에서만 서식하고 있는 한국특산식물은 현재 393종이 지정되어 있다.

- 총 407종류 : 61과, 172속, 339종, 46변종, 22품종
- 종과 변종을 합한 385종 중 (양치식물 11종, 나자식물 9종, 단자엽식물 52종, 쌍자엽식물 313종) 주수종은 남한, 107종은 북한, 76종은 남북에 걸쳐 분포하고 있음

9) 현지조사 시의 기록

방형구에서 실시하는 기타 조사 시에는 조사지번, 해발고도, 방위와 경사각, 조사면적의 크기, 전식피도(全植被度), 수령과 수고, 인위적인 영향의 종류와 빈도, 조사지에 인접하는 식물군락, 토양형이나 토양의 종류, 생활형, 생육형 및 생육상황 등에 대하여 기록한다.

① 조사월일

조사시기를 기록한다.

② 조사지

항상 조사지를 쉽게 발견할 수 있도록 상세하게 기록한다. 즉, 자세한 주소 등을 기록하고, 부근의 약도를 첨부한다.

③ 해발고도

고도계 또는 지도를 사용하여 기록한다.

④ 방위와 경사각

사면인 경우 측정한다.

⑤ 조사면적의 크기

m×m로 표시한다.

⑥ 전식피도(全植被度)

조사구를 피복하고 있는 전체 식생의 피도(%)를 판정한다. 다층 군락인 경우 각 계층에 대하여 각각의 식피도를 측정한다.

⑦ 산림조사인 경우

가능한 범위에서 수령과 수고를 측정한다.

⑧ 조사지 주변부의 식물군락

조사지의 모식도를 작성한 후, 필요에 따라 인접지의 구조를 포함시킨다.

⑨ 환경조사

조도계로 상대조도를 측정하고, 산림 내의 수직기온과 지온을 측정하며, 바람의 영향과 공기 중의 염분량 및 아황산가스 등의 양을 측정한다.

⑩ 토양형과 토양의 종류

토양의 종류(모래, 점토 등)를 기입하고, 필요에 따라 함수량, 통기성 및 토양의 이화학성을 파악하기 위하여 각종 실험 등을 실시한다.

⑪ 생활형의 분류

식물의 형태가 별도의 기준에 따라 구체적인 방법으로 유형화될 때 그것을 생활형이라고 한다. 분류학의 단위가 종(種)인 것 같이 생태학에서는 생활형이 하나의 기준으로서 중요시되고 있다.

한편, 생활형의 분류방법은 많은 연구자들에

의하여 제시되고 있지만, 특히 라운키에르의 생활형의 경우 유형화 기준이 확립되어 실용적 가치가 상당히 높기 때문에 널리 사용되고 있다. 이 분류기준은 추운 겨울철 혹은 열대지방의 건조기 등, 식물에 있어서 생활조건이 매우 나쁜 시기를 경과할 때의 신초의 위치에 따라 분류하는 방법이다.

6. 실내분석

현지조사 시에 식물의 명칭을 정확하게 확인할 수 없을 경우, 해당 식물의 표본을 제작한 후 실내로 가져와 각종 참고자료를 이용하여 분석하고, 특히 동정이 곤란한 식물인 경우에는 전문가에게 자문을 받아 식물목록을 작성한다.

7. 정리

대상지역의 식생 및 생육식물 등의 실태를 파악할 수 있도록 정리한다.

1) 현지조사 개요

식물분포조사는 조사실시일, 식물상조사에 대하여는 조사지점의 위치(거리표를 부착하고, 좌·우안을 별도로 조사함), 조사실시일, 그리고 조성조사에 대하여는 조사지점의 위치(거리표를 부착하고, 좌·우안을 별도로 조사함), 방형구의 면적, 군락의 명칭, 조사실시

일, 조사담당자, 동정에 사용한 참고문헌 및 지도받은 전문가 등을 정리한다.

2) 현지조사 대상범위의 위치

식생분포를 조사한 구간의 범위, 방형구에 의한 조성조사 및 식물상조사를 실시한 지점에 대하여 전체 수계에서의 위치관계를 파악할 수 있도록 표식이 될 만한 주요한 사방시설 및 교량 등을 기입한 유역개념도에 각 조사의 위치를 정리한다.

3) 식생도 및 식생배분모식도

전체 계류구간에 있어서 조사대상의 군락분포를 정리하고, 현존식생도 및 식생배치 모식도를 작성한다.

4) 식물종의 목록

각 조사별로 확인된 식물종류에 대하여 분류체계 순으로 정리한다.

5) 경년출현상황

문헌조사와 현지조사에서 출현이 확인된 식물의 종류를 정리한다.

6) 특산식물 등

사전조사 및 현지조사에서 확인된 특산식물 등에 대하여 그 확인상황 등을 구체적으로 정리한다.

7) 식생단면도

조사지 내에 분포하는 대표적인 식물군락에

대하여 식생단면도를 작성하고, 군락별로 출현식물을 기록한다.

8) 식물과 계류환경과의 관련에 대한 고찰
각 조사를 통하여 파악된 성과를 기본으로 하여 필요에 따라 다음과 같은 내용을 정리하고, 고찰한다.

① 현지조사에 의하여 확인된 식물의 종

류 · 군락과 현지조사 지점의 환경에 대한 적선분류와 유형분류를 실시한 후, 그 상관관계를 정리한다.

② 전체 조사대상 구역에 대하여 계류환경과 식물의 종류 · 군락과의 관계를 적당한 구간별로 구분하여 고찰한다.



계류복원사업을 위한 환경조사(2)

-동·식물플랑크톤조사를 중심으로-

서정일/전근우

공주대학교 산업과학대학 부교수 / 강원대학교 산림환경과학대학 교수

1. 조사의 개요

동·식물플랑크톤조사는 원생동물(原生動物), 미소후생동물(微小後生動物) 및 미세조류(微細藻類) 등과 같이 물속에서 부유하는 생물군을 대상으로 하며, 조사대상 범위는 조사대상 수역으로 한다. 따라서 조사대상 수역에 있어서의 생식상태(군집구성·현존량·시간변동 등)를 파악하여 해당 수역에 대한 영양염류의 양적 상태(부영양화 상태), 수역 내의 생물생산력 등을 해명하는 데 필요한 기초자료를 획득한다. 특히 생물군집, 현존량 등을 시간적으로 추적함으로써 그 발생기구를 해명하거나 물 환경에 관한 지표로 작성할 수 있다.

2. 조사의 구성

동·식물플랑크톤조사는 그림 1과 같이 조사계획을 입안하여 실시하고, 사전조사·현지

조사를 주요 내용으로 하며, 그 결과에 대하여 분석·정리한다.

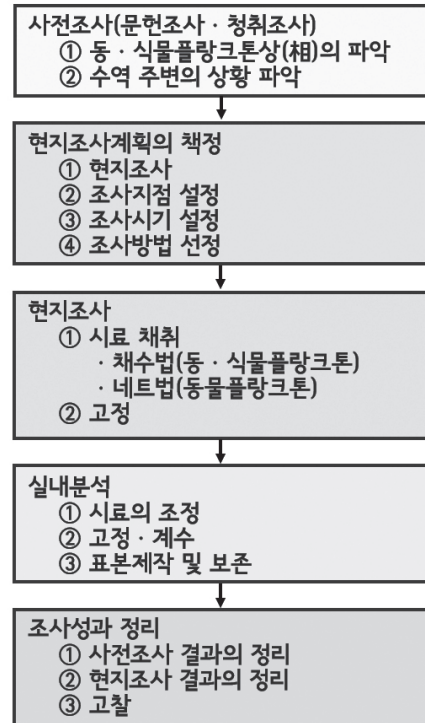


그림 1. 동·식물플랑크톤조사의 순서

3. 사전조사

사전조사에서는 문헌조사와 청취조사를 실시한다. 즉, 현지조사를 실시하기 이전에 문헌 및 청취조사에 의하여 조사대상 수역의 동·식물플랑크톤상, 각종 출현시기 등을 파악하고, 조사대상 수역의 형상과 수질에 대한 정보도 수집한다.

4. 현지조사계획

현지조사 시에는 현지조사계획을 작성한다. 그리고 사업자는 사업의 목적과 요지를 파악한 후, 계획도서에 제시된 업무내용을 확인하여 업무계획서를 작성하고, 이를 감독관에게 제출한다.

- ① 문헌·청취조사 결과에 입각하여 조사대상 범위에 대한 현지조사를 실시하고, 수역의 특성을 충분히 파악할 수 있도록 조사지점, 조사시기 및 조사방법을 선정하는 등 현지조사계획을 책정한다.
- ② 조사지점의 설정에 앞서 사전에 예정조사대상 수역의 저수량과 수심, 수질에 영향을 미치는 계류의 위치·유량·수질 등의 자료, 평면도와 항공사진, 기존의 조사결과 자료 등을 이용하여 수역의 환경특성을 기입한 평면도 등을 작성한다. 이때 조사지점은 수역의 형태를 고려하여 유수가 유입되는 부분에 설정하는 것이 바람직하다. 또한, 조사지점은 한번 설정하면

조사가 종료될 때까지 기본적으로는 변경하지 않도록 한다.

- ③ 조사시기 및 횟수는 원칙적으로 많을수록 좋지만, 사방댐 등에서는 수리상태를 충분히 고려하여 결정한다. 특히 조사회수는 최저 연 2회(여름철과 겨울철) 실시하는 것이 바람직하지만, 일반적으로는 2~3개월에 1회 정도가 널리 이용되고 있다.

5. 현지조사

현지조사는 현지조사계획에 따라 실시하며, 계류환경의 특성 및 조사목적에 정확하게 파악할 수 있는 조사방법을 선정한다.

1) 조사방법의 개요

현지조사 시에는 채수법·네트법에 의하여 시료를 채취한 후 보존(고정)한다. 채수법에 의하여 시료를 채취할 때에는 채수기 등을, 그리고 네트법에 의하여 시료를 채취할 때에는 정성·정량용 플랑크톤 네트 등을 이용한다.

2) 시료·채취방법

일반적으로 정량적 채취는 현존량과 군집구성을 파악할 때 이용하며, 정성적 채취는 군집구성을 파악하기 위하여 실시하는 것으로, 그 방법이 비교적 간단하다.

① 정량적 채취방법(현존량 조사용)

- ㉞ 플랑크톤 네트를 사용하지 않는 방법(채수법)

에크만(Ekman)식 또는 반돈식 채수기, 윈

펌프 등을 사용하여 소정의 깊이에서 시료를 채취하는 방법이다. 이 방법은 부영양화가 진행된 수역에서 사용할 경우 50~100ml 정도의 시료로도 충분하지만, 일반적으로는 500~1,000ml 정도, 특히 빈(貧)영양 상태의 수역에서는 10 μ 이상의 시료가 필요하며, 이 경우 반돈식 채수기 또는 윈 펌프를 사용한다.

한편, 정량적 채취의 경우, 플랑크톤 네트의 망을 빠져나올 수 있는 식물플랑크톤(나노플랑크톤이라고도 함)이 많을 때에는 네트보다 채수기로 채취하는 것이 바람직하다.

④ 플랑크톤 네트를 사용할 경우(주로 동물플랑크톤용)

정량용 네트(망목의 긴지름이 94 μ m인 것)를 사용하며, 이 경우 여과수량을 명확하게 파악하여야 한다(개구면적×네트의 거리, 여과계로부터 산출함). 이때 네트를 당기는 속도는 0.5m/s 정도가 적당하며, 가능하면 일정하게 유지한다. 또한, 특정 깊이의 플랑크톤 혹은 동물플랑크톤의 수직분포 상황을 조사할 경우, 소정의 정량용 개폐식 플랑크톤 네트를 사용한다. 특히 깊이별로 플랑크톤을 채취할 경우에는 다음과 같은 사항에 주의한다.

- 네트를 당기는 속도는 가능하면 일정(0.5m/s)하게 유지한다.
- 네트의 최대직경이 충분히 열려 있는지를 확인한 후에 물에 담근다.
- 시료를 용기에 옮기기 전에 네트를 깨끗이 세정하여 그 속에 생물이 남아있지 않도록 주의한다. 특히 다음 깊이의 시료를 채취하기 전에 재차 네트 입구 부근을 물속에

충분히 담근 후 끌어올려 네트 속에 플랑크톤이 남아있지 않게 한다.

- 수직상태의 현존량을 조사할 경우, 적어도 투명도의 1~2배, 필요에 따라서는 그 이상의 깊이까지 채취한다.

한편, 대상수역의 특성 상 깊이별로 상세하게 채취하여야 할 필요가 있을 경우, 5m→0m, 10m→5m, 15m→10m, 20m→15m, 25m→20m, 30m→25m 순으로 채취한다.

② 정성적 채취방법(군집구성, 출현빈도 및 분포용)

㉔ 플랑크톤 네트를 사용하지 않는 방법(채수법)

부영양화가 진행된 소, 여울 또는 사방댐의 저수공간 등에서는 체류수 1l~500ml를 채취하여 시료로 사용하며, 다음의 사항에 유의하여야 한다.

- 플랑크톤 네트를 사용할 경우, 채취가 종료되면 즉시 물속에 네트를 입구까지 충분히 담근 상태에서 상하좌우로 수차례 흔들어 깨끗이 씻어낸 후, 물위로 끌어올려 물을 빼는 조작을 세 차례 정도 반복한다. 이때 네트를 깨끗이 닦지 않으면 다음 지점에서 시료를 채취할 때 이전의 시료가 섞일 수 있으므로 주의하여야 한다.
- 플랑크톤 네트의 크기는 얇은 수역에서는 직경 20cm, 길이 40cm 정도, 그리고 깊은 소, 여울 또는 사방댐의 저수공간 등에서는 직경 30cm, 길이 100cm 정도의 것을 사용한다.

- 대규모의 계류나 대형 사방댐의 저수공간은 계안지역 또는 유심부분과는 플랑크톤의 종류조성이나 현존량이 다르고, 주야로 깊이가 변하기 때문에 각 지점의 플랑크톤 분포상황은 수평 또는 수직(바닥으로부터 표면까지)방향으로 채취하는 것이 바람직하다.

㉔ 플랑크톤 네트를 사용할 경우

플랑크톤 네트를 사용하여 미소동물플랑크톤을 채취할 경우, 망의 직경이 40cm인 네트를 사용하고, 동물플랑크톤은 망의 긴지름이 94cm인 네트를 사용하여 채취한다. 또한, 수초군락 사이에서 네트를 사용할 때에는 수초조각이 들어가지 않도록 주의하며, 특히 부착성 플랑크톤이 섞일 수 있기 때문에 해석 시에 주의한다. 그리고 수직으로 채취할 때에는 플랑크톤 네트를 소정의 깊이까지 충분히 담근 후 0.5m/s로 끌어올리고, 수심이 얕거나 한 차례만으로는 시료를 충분히 확보할 수 없을 경우, 매 채취 시마다 플랑크톤 네트 안의 물을 완전히 뺀 후에 다시 담그는 조작을 수차례 반복한다.

한편, 플랑크톤 네트의 망은 나일론으로 제작하지만, 눈금이나 직조방법이 같은 경우 다른 것을 사용할 수도 있다.



그림 2. 플랑크톤 네트의 망목을 확대한 그림
(망목의 긴지름 94cm)

③ 시료의 보존(고정)

일반적으로 동식물플랑크톤을 고정하는 데에는 포르말린을 사용하지만, 알코올을 사용하는 경우도 있다. 그러나 식물플랑크톤인 경우 알코올은 탈색되기 쉬우므로 사용하지 않는 것이 원칙이며, 담수적조가 발생할 수 있는 시료는 글루타알데히드를 사용하는 것이 바람직하다.

㉑ 포르말린

포르말린으로 고정할 경우, 시료의 농도가 약 5%가 되도록 첨가한다(시판하는 포르말린은 약 35%의 포르말데히드 용액임). 또한, 농축 중탄산소다 용액으로 중화시킨 후에 사용하는 경우도 있다(이때 하부에 침전된 것은 사용하지 않음).

㉒ 글루타알데히드

원래 글루타알데히드는 전자현미경 시료를 고정하기 위하여 사용하는 것으로, 포르말린과 같이 고정능력이 강력하지는 않지만, 침투력이 강하여 편모조류(鞭毛藻類) 등도 잘 고정할 수 있다. 특히 시중에는 25~75%의 글루타알데히드 수용액이 시판되고 있지만, 일반적으로 1급인 25%의 글루타알데히드를 사용한다.

㉓ 알코올

알코올은 거의 단독으로 사용되지 않지만, 특별히 단독으로 사용할 경우, 물 2 : 90% 알코올 1의 비율로 희석하여 사용한다. 특히 알코올은 식물성 검사물체의 색소를 추출하여 무색으로 만들기도 하고, 스티롤에 피해를 주어 손상시킬 수 있다.

6. 실내분석

채취한 시료는 방치침전, 원심침전 등의 처리를 실시한 후에 현미경으로 종을 동정한다. 특히 종의 동정·집계는 식물플랑크톤과 동물플랑크톤을 구분하여 실시하며, 조사지점·조사기일, 시료채취별·조사자별로 표본을 제작한다.

1) 시료의 조정

채취된 시료는 통상 농축하여 처리하지만, 부영양화가 진행되고 있는 사방댐의 저수공간 등과 같이 동·식물플랑크톤의 현존량이 많은 경우에는 직접 채수한 일정량을 보존한다.

한편, 시료는 방치침전법과 원심침전법 등을 이용하여 농축하지만, 침전시키기 어려운 시료는 직접 검정할 필요가 있다.

① 방치침전법

채취된 시료를 메스실린더 혹은 원추형 용기에 넣고, 시료 100ml당 1ml의 비율로 시판용 포르말린을 첨가한다(시료 100ml에 알코올 액 5방울 첨가함). 그리고 하룻밤을 방치한 후에 상단에 뜬 액을 제거하고, 남은 5~10ml 정도를 검토시료로 사용한다.

② 원심침전법

방치침전법에 비하면 단시간에 농축할 수 있다는 장점이 있지만, 시료를 원심분리기로 처리할지라도 세포가 파괴되지 않는 경우에 한정하여 사용할 수 있다.

이 방법은 우선 용량 50~250ml의 침전관이 부착된 전동식 원심분리기를 사용하여

3,000rpm으로 15분간 원심한 후, 최상단의 액을 페트병 등으로 제거한다. 이어서 같은 작업을 수차례 반복하여 원재료를 단계적으로 농축한다. 그러나 100ml 이상의 침전관을 사용할 경우 원심분리기가 정지되면 침전된 것이 다시 섞일 수 있으므로 침전관이 서로 균형을 맞출 수 있도록 세심하게 주의해야 한다.

2) 종의 동정

시료 속에 출현하는 다양한 종을 동정할 때에는 생물군에 따라 동정하는 기준이 다르다는 점에 유의한다. 즉, 단순히 전체적인 형상이나 크기만으로 도감에 기재된 그림과 사진에 대조하여 동정할 경우 실패할 확률이 높다.

따라서 생물군을 동정할 경우, 생물군별로 표준도감 등이 다르기 때문에 해당 종의 기재 문장을 정독하여 종의 특징을 정확히 파악한다. 또한, 동정이 곤란한 경우에는 표본(현미경 표본)과 개체의 전체 및 부분 사진 등을(동정을 의뢰하고자 하는) 전문가에게 전부 제공하는 것이 바람직하다.

3) 시료의 정량·정성방법

① 정량

생물군에 따라 표현방법이 다르지만, 일반적으로는 단위면적(용적)당 개체수나 세포수로 나타내는 경우가 많다. 또한, 목적에 따라서는 해당 생물 개개의 면적 혹은 전체 용적으로 나타내는 경우도 있다.

㉠ 플랑크톤의 개체수 및 세포수

채취된 시료 혹은 원심침전과 방치침전에 의

하여 농축된 시료 중에서 선택하여 사용한다. 이 경우 농축된 시료를 잘 진탕한 후, 일정량에 대하여 현미경으로 각 종류별 개체수 또는 세포수를 집계하며, 집계를 위한 현미경의 적정 배율은 200~400배이다(동물성플랑크톤인 경우는 50~100배가 적당함). 또한, 집계시 접안렌즈에 눈금 마이크로미터나 경계선이 표기된 슬라이드글라스를 사용하면 플랑크톤의 숫자를 파악하는 데 편리하다. 그리고 개체수 혹은 세포수 및 시료의 농축정도에 따라 다음과 같은 방법 중에서 선택하여 집계한다.

○ 원시료에 생물이 많은 경우

생물이 다량으로 포함된 시료를 대상으로 집계할 경우, 0.05ml를 채취하여 슬라이드글라스(바닥유리) 위에 놓고 커버글라스(덮개유리)를 덮은 후 검경하여 관측되는 전체 생물의 숫자를 종류별로 파악한다. 이와 같은 과정을 4~5회 반복하여 다음 식에 따라 시료 1ml 속의 생물숫자(N/ml)를 산출한다.

$$N/ml = \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 20}{n}$$

식에서, n : 반복횟수,

$a_1, a_2, \dots, a_n$: 각 반복 시 검경된 0.05ml 속에 포함된 생물의 숫자

○ 원시료 속에 생물이 적은 경우

원재료로부터 농축된 일정량을 잘 진탕한 후, 0.05l를 채취하여 슬라이드글라스(바닥유리) 위에 놓고 커버글라스(덮개유리)를 덮은 후 검경하여 관측되는 전체 생물의 숫자를 종

류별로 파악한다. 이와 같은 과정을 다수 반복하여 다음 식에 따라 시료 1l 속의 생물숫자(N/l)를 산출한다.

$$N/l = \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 20,000}{nC}$$

식에서, l : 반복횟수, C : 시료 ml l 농축시료 ml,

$a_1, a_2, \dots, a_n$: 각 반복 시 0.05ml 속에 포함된 생물의 숫자

④ 플랑크톤의 전체 용적 측정법(필요에 따라 실시함)

포르말린으로 고정된 시료를 눈금이 부착된 원심 침전관으로 옮기고, 24시간 정지한 후에 침전된 양을 파악한다. 이 방법은 조(粗)용적을 파악하기 위하여 이전부터 널리 사용되어 왔지만, 시료의 양이 적거나 개체 사이의 간극이 큰 시료는 정확한 값을 파악하기 어렵기 때문에 다음의 두 방법을 사용한다.

○ 용적측정법

농축된 시료 25ml를 가는 눈금이 부착된 침전관으로 옮긴 후에 침전된 양(ml)을 파악한다. 이와 같은 조작을 반복하여 실시한 후, 다음과 같은 식에 따라 시료 10l 속의 생물량(ml)을 산정한다.

$$\text{생물량}(ml/10l) = \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 400}{nC}$$

식에서, n : 반복횟수, C : 농축배율,

$a_1, a_2, \dots, a_n$: 각 반복의 검사물체 25ml 속에 침전된 양(ml)

○ 배수량 측정법

전체 생물량을 배수량으로부터 산정하는 방법이다. 즉, 시료 50ml를 메스플라스크 50ml로 채취하여 뷰렛 50ml의 위 쪽에서 전량을 여과하고, 약 1분이 경과된 후에 여과된 수량(ml)을 파악한다. 이와 같은 조작을 반복하여 각각의 여과된 수량(ml)을 파악한 후, 다음의 식에 따라 시료 10_n 속의 배수량(ml)을 산정한다. 이 실험은 사전에 예비실험을 실시하여야 한다.

배수량(ml/10l)

$$= \left[A - \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n)}{n} \right] \times 200$$

식에서, n : 반복횟수, A : 예비실험에서 측정된 여과수량(ml),

$a_1, a_2, \dots, a_n$: 각 반복 시 검사항체 50ml에서 측정된 여과수량(ml)

한편, 뷰렛은 미리 아래쪽에 공기가 남아있지 않도록 치지한 후에 아래쪽의 눈금까지 증류수를 넣어 둔다.

② 정성

시료 속에 출현하는 다양한 생물을 고정하는 작업은 미소생물조사의 결과에 대한 신뢰성을 좌우하는 중요한 요소이다. 따라서 이 작업을 담당하기 위해서는 전문교육을 받아야 하고, 또한 상당한 경험을 필요로 한다. 그리고 통상 분류의 특징을 표로 제작한 검색표와 각종 원(原)기재문을 사용하여 동정하지만, 특히 비육안적 생물인 경우 판정에 어려운 점이 많기 때문에 전문가에게 동정을 의뢰한다. 또한, 특정 생물군의 경우 시료를 잘 조정해야 하며, 이를

위해서는 상당한 시간이 소요된다는 것을 사전에 인식하여야 한다. 특히 생물학적 수질판정을 실시하여야 할 경우에는 이러한 작업이 더욱 중요하다.

한편, 정성적인 경우 대상시료 속에 출현하는 종명을 기록하는 것만으로도 그 목적을 달성할 수 있지만, 대략적인 군집구성 상태를 파악하기 위해서는 어느 정도의 양적 표현을 필요로 하는 경우가 있다.

- 배 정도의 현미경을 사용하여 10~20 시야를 보고 판정한다.
- 다음과 같은 단계로 구분한다.

(+) 또는 (rr) : 아주 적음 : 2% 이하
 (++) 또는 (r) : 적 음 : 8%
 (+++) 또는 (+) : 중간 정도 : 15%
 (++++) 또는 (c) : 많 음 : 30%
 (+++++) 또는 (cc) : 아주 많음 : 45%

- 전술한 판정기준 이외에 Sramek-Husek 표준을 사용하기도 한다. 이 경우 100배 현미경, 덮개 유리 18×18mm를 사용하여 시야 내의 평균 개체수를 기준으로 판정한다.

표 1. 전체 용적 측정법에 의한 플랑크톤의 단계 구분

표현	생물	용모충류	편모충류
아주 적음 1	(+)	0.1 이하	1 이하
적 음 2	(++)	0.1~0.2	1~2
중간 정도 3	(+++)	0.3~1.0	3~1.0
많 음 4	(++++)	1.0~5.0	10~50
아주 많음 5	(+++++)	5.0 이상	50 이상

4) 플랑크톤의 용적 측정

플랑크톤은 그 종류에 따라 세포의 크기가 현저하게 다르다. 따라서 세포수나 개체수를 계산하여도 그 값이 반드시 실질적인 현존량을 나타내지는 않는다. 예를 들면, $20\mu(1\mu=1/1,000mm)$ 인 접합조류의 체적은 2μ 인 단세포 녹조류 체적의 2,000배이다. 결국 접합조류 1개는 단세포 녹조류의 2,000개에 해당한다. 따라서 플랑크톤의 체적을 측정하기 위해서는 체적(μ)과 체장(x) 사이의 관계식 $y=kx^3$ 에 따라 각각의 종류별로 k 값을 결정한 후, 체장으로부터 체적을 구한다. 그리고 k 값을 결정하기 위해서는 각각의 동일한 종류에 대한 개체별 배면 또는 측면도를 작성하고, 그것을 기본으로 하여 구분구적법에 따라 상대적인 체적을 구한 후, 체장의 3승을 곱하여 k 값을 계산한다.

7. 정리

조사결과는 그 목적에 따라 해석할 수 있도록 정리하며, 그 내용은 주로 군집구성·현존량·우점종 등이다.

1) 현지조사 개요

현지조사 지점의 개요(지점명칭, 계류 입구로부터의 거리, 표고 및 지점의 특징)와 조사일시, 조사수심, 채수량, 조사담당자, 참고문헌 및 조언과 지도를 받은 전문가 등을 정리한다.

2) 현지조사 위치

전체 수계에 있어서 현지조사 지점의 위치관계를 알 수 있도록 표식이 되는 중요한 사방댐이나 교량 등을 기입한 유역개념도에 각 조사 지점의 위치를 정리한다.

3) 군집구성

각 시료 속에 출현한 생물의 분류군별로 속과 종을 배열하며, 이 경우 정성·정량법에 의하여 파악된 결과를 이용한다. 그리고 생물명은 학명을 이용하고, 가능하면 증명까지 기재하는 것이 바람직하다.

4) 현존량

각 시료 속에 출현한 생물의 속(屬)별로 단위용적당 개체수 혹은 세포수를 표로 작성한다. 그리고 특별한 경우에는 세포용적으로 표현하는 경우도 있다.

5) 우점종

군집구성의 상태와 정량 결과를 총괄하여 현존량(일반적으로는 개체수 또는 세포수)이 가장 많은 속을 우점종으로 한다. 다만, 현존량이 같거나 거의 비슷한 경우에는 우점종이 복수가 될 수도 있다.

6) 군집구성·현존량·우점종의 경년변화

당해 연도 또는 복수연도에 걸쳐 조사된 결과를 조사일시별로 정리한 후, 군집구성·현존량·우점종의 변화를 파악하여 물 환경과 수질상황의 변화를 해석하는 자료로 활용한다.

7) 군집구성 · 현존량 · 우점종의 연직분포 · 경년변화

당해 연도 또는 복수년도에 걸쳐 조사된 결과를 정확하게 파악할 수 있도록 연직분포의 경년변화로 정리하여 조사지 내의 수리상황이 변화하는 과정을 검증하는 자료로 활용한다.

8) 동 · 식물플랑크톤과 계류환경과의 관련에 대한 고찰

전체 조사를 통하여 파악된 성과를 기본으로 하여 필요에 따라 다음과 같은 내용으로 정리 · 고찰한다. 適宜

① 적의 · 유형분류 및 상관관계 파악

현지조사에 의하여 확인된 동 · 식물플랑크톤과 현지조사 지점의 환경에 대한 적의(적정) 분류 및 유형분류를 실시한 후, 그 상관관계를 정리한다.

② 부영양화 정도의 판정과 부영양화 현상
플랑크톤 군집 또는 우점종을 이용하면 그 수역이 어느 정도의 부영양화 단계에 해당하는지를 지표로 나타낼 수 있다. 또한, 군집 · 우점종의 경년적 변화를 추적하면 그 수역이

어떠한 시간적 경위로 부영양화 되었는지, 그리고 연직분포 상태를 추적하면 그 수역의 연직방향의 수리특성과 경년적 변화를 파악할 수 있다.

한편, 우점종의 경년적 변화를 추적하면 「담수적조」 등과 같은 생물의 이상증식 현상에 영향을 미치는 원인 종을 확정하거나 발생예측 및 수질보전계획을 입안하는 데 필요한 정보로도 활용할 수 있다.

③ 수환경의 보전 · 창출을 위한 참고사항

동 · 식물플랑크톤은 부영양화가 진행된 수역에서는 수리적 조건과 수온 등에 따라 이상증식 현상이 발현하여 투명도의 저하와 다양한 수계의 기능변화를 일으킨다. 특히 레크리에이션 가치, 용수 및 내수면 어업에 미치는 영향 등, 실제로 사회에 막대한 영향을 미친다.

따라서 동 · 식물플랑크톤의 거동에 대해서는 충분한 조사가 이루어져야 한다. 또한, 아름다움과 정감이 넘치는 수역을 보전 · 창조하기 위해서도 군집구성의 상태나 우점종의 거동에 주목하여야 한다.



경제림 육성의 과학적 접근을 위한 장기모니터링의 필요성

이대성 / 최정기

강원대학교 산림과학연구소 연구원

1. 들어가며

우리나라 국토면적 64%의 산림률과 145m³/ha의 입목축적을 넘어 임업강국으로써의 도약을 위해 경제림육성은 필수적이다. 경제림육성단지는 산림사업의 선택과 집중을 통하여 경영효율성을 제고시키고 국산 목재의 안정적인 공급을 위해 조성한 목재생산림으로서 국유림 112단지 66만ha, 민유림 275단지 168만ha가 지정되어 있다. 그러나 경제림육성단지의 경영사업이 부진하고 가시적인 정보가 미흡한 실정이어서 최근 선도산림경영단지라는 제도를 새로 도입하여 실질적인 산림경영을 실현하기 위해 노력하고 있다. 하지만 언제, 얼마나, 어떻게 나무를 심고, 가꾸고, 벌채하여야 지속가능한 경제림으로 육성할 수 있는지에 대한 기준과 근거가 되는 정보를 확보하는 일은 여전히 풀어야 할 숙제이다. 따라서 본고에서는 우리나라 경제림 육성을 위한 장

기 모니터링의 의미와 필요성을 제시해보고자 한다.

경제림육성단지 지정 현황

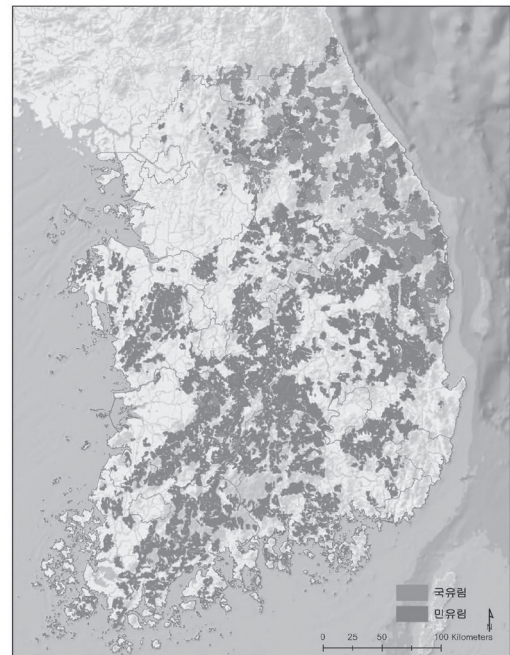


그림 . 경제림육성단지의 지정현황
(출처: 산림청, 2017. 경제림육성단지 지정현황도)

2. 경제림의 장기 모니터링이란?

경제림 육성의 최종 목적은 국산 목재의 이용과 임업·임산업의 활성화로서 핵심은 생산 가능한 자원으로부터 최대의 수익이 창출될 수 있도록 운영하는 것이다. 특히 인공림으로 조성된 경제림은 자원의 순환이용을 목적으로 윤벌기와 같은 벌채주기를 필요로 한다. 따라서 각 생장단계별 필요한 시업조치를 취하고 수확량에 대한 계획을 세워야하기 때문에 이에 요구되는 기초정보를 수집할 수 있는 장기 모니터링 사업이 반드시 필요하다.

장기 모니터링은 시업에 따른 주기적인 반복측정으로 임황 및 지황인자를 측정·기록하고, 임목 및 임분의 생장변화를 파악하고, 통계적인 분석방법으로 생장수확모델을 구축하여 용재생산 산림경영에 사용된다. 방대한 데이터 수집과정을 포함하는 장기 모니터링의 핵심은 무엇보다 체계적인 계획에 의거한 주기적인 반복조사에 있다. 따라서 다른 농수산물과 달리 생장수확기간이 긴 나무의 특성상 장기적인 접근이 반드시 수반되어야 한다.

3. 경제림의 장기 모니터링 필요성

가. 정책방향

산림청은 산림자원의 경제적 가치 증진을 위하여 지속가능한 산림경영 및 목재생산 정책을 수립하고 이를 달성할 수 있도록 산림자원

조성을 위한 조림지 관리 강화 및 숲가꾸기 사업품질 제고 방안을 강구하고 있다. 구체적으로 1) 선택과 집중을 통한 경제림가꾸기, 2) 인공림 위주 숲가꾸기 시행, 3) 조림지에 대한 사후관리 확대·강화, 4) 작업관리 효율성 증진방안 개선, 5) 숲가꾸기 품질향상을 위한 이력관리와 모니터링 실행 등을 계획하여 산림자원의 순환경제 기반을 구축하고 있다. 현재 숲가꾸기 5개년(2019~2023) 계획을 수립하여 1조 1,574억원을 투자할 전망이다. 따라서 산림청의 정책방향이 경제림의 활성화와 이에 따른 경영관리라는 측면에서 장기모니터링의 필요성이 더욱 부각되고 있다.

나. 조림·육림사업동향

우리나라의 조림면적은 연 23,674ha에 달하며, 임목벌채 허가는 주별 2,302천m³, 숲아베기 3,512천m³, 수종갱신 573천m³로 벌채허가 실적이 이루어지고 있다. 최근 산림청의 조림·숲가꾸기에 소요되는 예산은 연평균 3,400억원으로 나타났으며, 2018년 세출예산을 기준으로 산림청의 사업부문별 예산규모를 살펴보면 숲가꾸기 2,090억원(10.2%)과 조림 1,122억원(5.5%)으로써 산림청의 주요 사업 중에서 산림사업에 대한 예산 비중이 매우 높은 실정이다. 이처럼 산림청의 주요 사업별 예산기준으로 살펴본 결과, 조림·육림에 대한 과학적이고 기술적인 관리지침이 필요하여 효과적이고 검증된 양질의 시업체계 개발이 요구되고 있다.

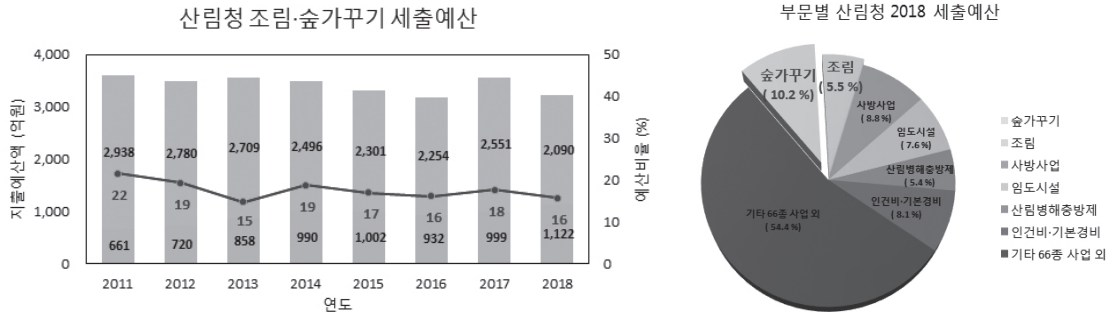


그림 2. 우리나라 산림청 산림사업 부문 세출예산
(출처: 산림청, 2011~2018 예산개요)

다. 기후변화대응 산림탄소경영

한편, 우리나라 국토면적의 64%인 산림은 매년 4천만 톤 이상의 이산화탄소를 흡수·저장하는 탄소흡수원으로서 국가 탄소배출권 확보에 크게 기여하면서 Post-2020 신기후체제 대응에 산림의 역할이 크게 기대되고 있다. 이에 산림청은 산림의 탄소흡수량을 증진하기 탄소흡수원법을 제정하여 2013년 2월부터 시행하고 있다. 이에 따라 산림탄소흡수원법에 근거하여 추진되고 있는 산림탄소상쇄사

업에서도 산림사업 계획·관리에 따른 산림생장이 갖는 의의는 상당히 크다.

우리나라 산림자원의 변화를 장기적으로 전망한 결과, 전국 5영급이상 산림비율은 2015년 25%에서 2050년 70%로 지속적인 증가가 전망된다. 이러한 전국 산림의 노령화로 인해 산림의 CO₂ 순흡수량은 급격히 감소할 것으로 전망되어, 산림의 CO₂ 순흡수량은 2008년 62백만tCO₂에서 2050년 3백만tCO₂로 지속적인 감소가 전망된다.

이를 대비하는 국정과제로서 산림청에서는

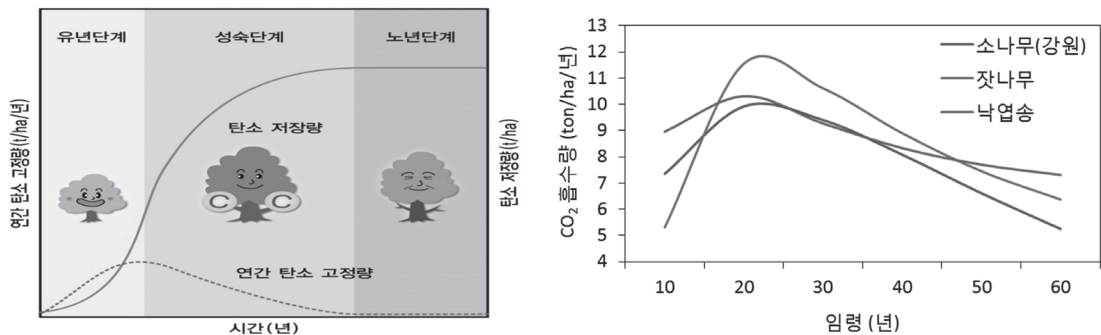


그림 3. 영급에 따른 연간 탄소흡수량 및 수종별 CO₂ 흡수량
(출처: 국립산림과학원, 2013, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량)

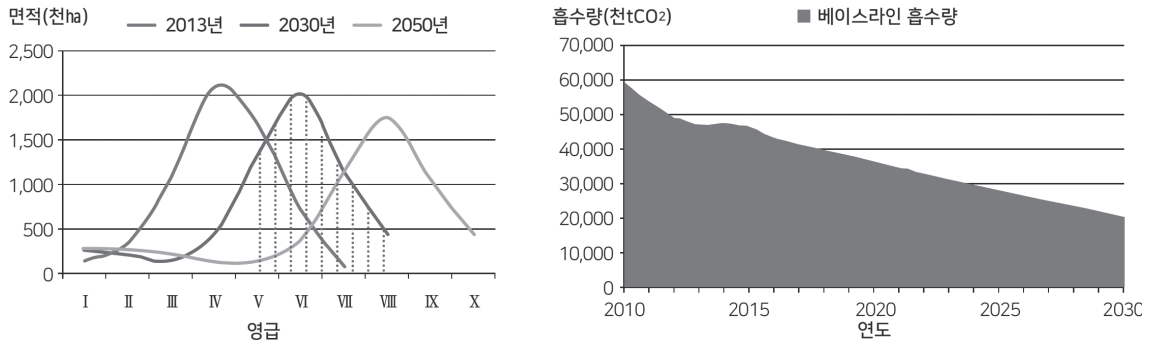


그림 4. 산림의 영급분포 및 온실가스흡수량 전망
(출처: 산림청, 2018. 제6차 산림기본계획)

영급구조 개선을 위한 성숙기 산림의 벌채·조림 확대, 무육사업 및 목재수확의 순환이용을 촉진하는 조림·숲가꾸기 사업의 최적 지침방안을 제시하여야 할 것이라 강조하고 있다. ‘선택과 집중을 통한 경제림 육성단지 재정비’와 ‘현장 맞춤형 산림생산기술 보급’을 통해 체계적이고 집중적인 산림관리로 신기후체제 대응전략을 이행하려고 한다. 이에 따라 주요 경제수종의 장기 모니터링을 통한 산림사업의 과학적인 자료가 더욱 요구되고 있다.

라. 국산재 목재이용

무엇보다도 경제림의 장기 모니터링 필요성은 목재이용 측면에 있다. 국내 목조주택은 현재 대부분이 수입에 의존하는 경목구조 형태인데, 우리나라 국민 정서에 부합하고 가공에 유리한 중목구조재로써 국산재를 활용한다면 고급 용재로써의 시장 전망은 더욱 밝을 것으로 기대된다. 더욱이 건축재로써 목재를

사용할 경우 산림탄소상쇄사업의 목제품이용(HWP) 사업에 국산재만 배출권이 인정될 수 있다. 중목구조는 구조재가 실내에 노출되면서 내장 마감재 기능도 하게 되는데, 실내 노출목재의 습기 보유량은 공기의 10~15배가 되어 제습기 및 가습기의 역할을 수행하며, 환경호르몬과 방사선이 없고, 단열성능은 콘크리트의 5배에 달한다. 따라서 경제림에서 생산된 목재가 최고의 건강 주택인 중목구조 주택의 구조재로 이용하는 것이 매우 바람직한 방향이라 할 수 있다.

바꿔 말하면 전방산업인 목조건축 시장 활성화의 핵심적인 열쇠는 후방산업인 임업이 쥐고 있다고도 할 수 있다. 즉, 건축구조재로써 이용측면을 고려하여 수간이 통직하고, 웅이, 할렬, 동공이 없는 원목이 필요한데, 후방산업인 임업에서는 이 원목수요를 맞출 수 있는 효율적인 산림경영시스템이 필요한 상황이다. 수종에 따라 언제 어떤 시업방법을 해 주어야 양질의 원목을 대량으로 빠르게 공급할 수 있

는지, 목표 흥고직경에 따라서 어떤 시업을 얼마만큼 해주어야 하는지에 대한 정보를 제공하는 경제림 장기 모니터링은 어느 때보다 중요하다.

4. 경제림 장기 모니터링의 현안

현재 우리나라에서 경제림에 대한 임업현장의 연구는 기간적으로 단편적이었으며, 지역적으로 국한된 범위에서 진행되고 있다. 그러나 경제림과 국내 임업·임산업의 활성화를 위하여 범국가적인 차원에서의 장기 모니터링이 필요하다. 현재까지 우리나라는 치산녹화를 위하여 산림을 조성하는데 초점을 맞추었다면 이제는 어떻게 관리하여 ‘돈이 되는 나무’를 키울 것 인가에 대한 고민과 연구가 필요한 시기이다. 국내에서도 이를 위하여 과거부터

간벌연구, 식재간격 연구 등이 일부 수행되어 왔으나, 단편적으로 이루어지고 지속되지 못한 실정이었다. 즉, 주요 경제수종의 장기 모니터링을 통한 생장수확 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 경제수종을 언제 어디에 어떻게 심고 가꾸어야 하는지 과학적인 연구 설계와 장기적인 접근을 해야 할 때이다. 더불어 장기 모니터링 연구가 지속될 수 있도록 전국적으로 분포되는 영구고정표준지의 관리는 필수적이며 주기적인 조사를 통해 현장을 점검하는 다각적인 노력이 필요하다.

5. 국·내외 경제림 장기 모니터링 사례

외국의 경우 핀란드, 스웨덴, 미국, 캐나다, 뉴질랜드 등 임업선진국에서는 이미 생장·수확연구가 장기간의 모니터링을 통하여 각 국

표 1. 국가별 경제림 장기 모니터링 사례

수종	조사기간 (년)	표준지 개수	표준지 크기 (m ²)	국가	연구기관
독일가문비나무	29	156	400-2500	핀란드	핀란드 천연자원연구소
테에다소나무	24	558	400-1000	미국	미국 버지니아텍
삼나무	66	28	1200-2800	일본	일본 임업 연구소
구주소나무	40	54	800-1300	스페인	스페인 산림연구센터
구주소나무	34	220	900-1667	핀란드	핀란드 산림연구소
독일가문비나무	33	134	1000-1600	핀란드	핀란드 산림연구소
구주소나무	12	55	1200	러시아	메크리자르비 연구소
소나무, 잣나무, 낙엽송	8	128	400-900	한국	강원대학교

가별 주요 경제수종을 육성하고 임업 및 임산업을 활성화하고 있다. 특히, 미국 동남부 지역에서는 주요 경제수종인 테에다소나무의 생장수확모델 개발을 위해 산업체와 학교가 협의체를 구성하여 장기 모니터링 및 모델개발을 수행해 오고 있다.

국내에서는 강원대학교가 2012년부터 경제림의 장기 모니터링 연구사업을 진행해오고 있다. 특히, 북부·동부·남부지방산림청 관할 15개 국유림관리소 소관의 국유림 내에 소나무 38개소, 잣나무 45개소, 낙엽송 45개소 영구고정표준지를 설치하였다. 각 선택된 임분에 무간벌 20m²m, 약도간벌 25m²m,

강도간벌 30m²m 크기의 정방형 표준지가 설치되었다. 무간벌구는 대조구로서 간벌을 하지 않았고, 약도간벌구와 강도간벌구는 흉고단면적 기준으로 각각 20%와 40%의 간벌을 실시하여 생장시업모니터링을 수행하고 있다.

이러한 경제림의 장기모니터링 연구가 지속되면 생장량예측, 임분수확표, 임분밀도관리 등 과학적이고 체계적인 정보를 통해 목재의 안정적인 수요·공급과 우량 목재를 생산하는 경제림 육성에 더욱 이바지 할 수 있을 것이라 기대한다.

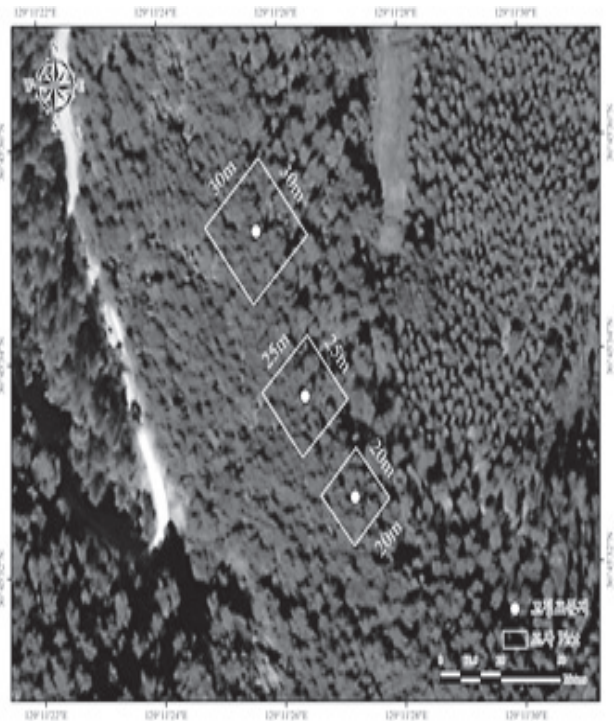
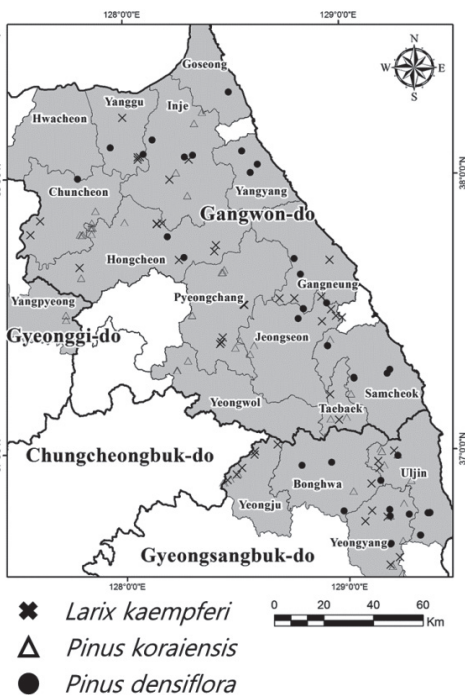


그림 5. 우리나라 경제림 장기 모니터링의 연구대상지 및 표준지 구성

6. 정리하며

우리나라의 경제림은 조림과 육림사업, 기후변화대응 산림탄소경영, 안정적인 목재공급 및 국산재 이용 등 국가 산림정책을 견인하는 매우 중요한 산림자원이다. 234만ha의 경제림이 체계적이고 효율적인 산림경영이 이루어질 수 있도록 목재생산수확에 대한 계획과 모델이 절실히 요구된다. 오늘날 산림생장수확

은 컴퓨터의 기술적인 진보로 방대한 양의 자료를 쉽고 빠르게 분석할 수 있게 되었다. 그러나 정확한 생장 예측에 필수적으로 요구되는 장기 모니터링을 통한 양질의 데이터 확보가 확보되어야만 과학적인 경제림을 육성할 수 있고 나아가 체계적이고 효율적인 산림경영을 실현할 것이다.



산림 빅데이터 플랫폼 및 네트워크 구축

조 현 국

한국임업진흥원 산림정보서비스실

한국임업진흥원은 올해 과학기술정보통신부에서 공모한 ‘빅데이터 플랫폼 및 센터 구축’ 사업에 지원하여 산림부문에 선정되었다. 이 사업은 공공과 민간이 협업하여 빅데이터 센터 등에서 수집된 데이터를 플랫폼에서 분석·유통하고 혁신 서비스를 발굴·확산하는 등 데이터 기반의 가치 창출 생태계 조성을 지원하고자 실시되고 있다. 과기정통부는 분야별 플랫폼 10개소와 이와 연계된 기관별 센터 100개소를 구축하는데 3년간 총 1,516억원을 투입할 계획이며, 올해는 640억원 규모로 사업을 추진한다.

본고에서는 ‘빅데이터 플랫폼 및 센터 구축’ 사업의 개요 및 이번에 선정된 산림 빅데이터 플랫폼의 내용에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

1. 빅데이터 플랫폼

가. 개요

세계 최대의 글로벌 컨설팅 기업인 딜로이트는 데이터를 4차 산업혁명시대의 신자본이라고 하였다. 과거 80년대 반도체가 산업의 쌀 역할을 하였다면, 앞으로는 데이터라는 새로운 자본을 확충하고 연계활용하는 것이 기업 및 정부 경쟁력의 원천이 될 것이라는 의미이다. 빅데이터 플랫폼 구축사업은 4차 산업혁명을 견인하는 핵심 동력인 데이터의 축적·유통·거래활성화 기반을 구하는 사업이라고 할 수 있다.

빅데이터 플랫폼은 빅데이터 기술의 집합체이자 기술을 잘 사용할 수 있도록 준비된 환경이다. 즉 빅데이터 플랫폼을 사용

하여 빅데이터를 수집, 저장, 처리 및 관리할 수 있다. 빅데이터 플랫폼은 빅데이터를 분석하거나 활용하는 데 필요한 필수 인프라(Infrastructure)인 셈이다. 빅데이터 플랫폼은 빅데이터라는 원석을 발굴하고, 보관, 가공하는 일련의 과정을 이음새 없이(Seamless) 통합적으로 제공해야 한다. 이러한 안정적 기반 위에서 전처리된 데이터를 분석하고 이를 다시 각종 업무에 맞게 가공하여 활용한다면 사용자가 원하는 가치를 정확하게 얻을 수 있게 되는 것이다.

나. 빅데이터 플랫폼 구성요소

빅데이터 플랫폼은 콘텐츠, 수요자와 공급자, 자원, 시스템, 거버넌스 등의 하부요소로 구성된다.

1) 콘텐츠 (데이터, 서비스 등)

다양한 콘텐츠는 빅데이터 플랫폼 핵심 구성요소로, 활용성 있고 자산화 가능한 데이터와 혁신성장을 위한 서비스모델을 포함한다.

2) 수요자와 공급자

수요자와 공급자는 빅데이터 생태계 활성화에 필수적인 데이터 생산, 수집·가공·분석·유통·활용, 인프라 공급 등을 담당할 주체들로 구성된다. 전 산업분야의 각종 민간기업, 빅데이터 전문기업, 국가 및 공공기관, 연구소, 학계 등으로 구성되며, 각 주체들은 빅데이터 플랫폼 수요자이자 공급자의 역할 수행하게 된다.

3) 자원 (인력, 기술, 공간 등)

빅데이터 플랫폼에서 자원은 인력, 기술, 공간 등으로 구성된다. 인력에는 빅데이터 생

구 분	주요 내용
데이터	▶ (공공데이터) 보건, 교통, 환경, 고용, 에너지 등 국가기관, 지자체, 공공기관 등에서 생산되는 데이터 ▶ (민간데이터) 제조, 물류, 금융, 통신, 의료, SNS 등 민간기업에서 생산되는 데이터 ▶ (가공데이터) 다양한 데이터간 연계를 통해 2차적으로 생산되는 데이터로 통계데이터, 융합데이터 등을 포함
서비스 모델	▶ 빅데이터 기반 산업 분야별 서비스모델과 이종 산업간 융합을 통한 신규서비스 모델 ▶ 공공분야 혁신을 위한 공공서비스와, 산업체의 새로운 수익구조가 되는 비즈니스모델을 포함

산·수집·가공, 빅데이터 솔루션 개발 등을 담당하는 IT엔지니어와 산업에 대한 전문지식과 빅데이터 분석기술을 보유한 데이터 사이언티스트 등으로 구성된다. 전문기술이란 빅데이터솔루션, 분석노하우 등을 말하며, 공간이란 공유·교육·창업 지원을 위한 온·오프라인 공간 등을 포함한다. 예를 들어 구글캠퍼스는 교육, 창업지원, 매칭 등을 위한 대표적인 협업 공간 제공하고 있다.

4) 시스템 (유통플랫폼, 클라우드인프라, 테스트베드 등)

시스템이란 개방적이고 확장 가능한 유통플랫폼, 클라우드인프라 및 시험·검증, 상용화 시스템 제공하는 각종 시스템을 포함하는 개념이다.

5) 거버넌스 (규제개선, 유통정책, 표준화, 보안 등)

거버넌스는 빅데이터 산업 활성화와 관련된 이슈를 중심으로 다양한 주체의 자발적 참여를 통해 해결해 나가도록 장을 마련하여 규제개선 프로세스, 유통정책(가격, 품질 등), 데이터 표준화, 보안강화 등의 이슈사항 해결을 지원하게 된다.

다. 빅데이터 플랫폼의 활동

빅데이터 플랫폼을 통하여 서비스 발굴·확산, 연구활동, 교육, 창업, 유통·거래 활동 등 지원하여 시장화를 촉진하는 역할을 수행한다.

구 분	주요 내용
유통플랫폼	▶ (데이터 유통) 기업들 간 데이터 거래(유상, 무상)와 공공데이터 공유 등을 포함 ▶ (분석서비스) 데이터 보유자(기업, 공공기관)와 분석전문가 간 매칭서비스 및 3rd party 개발자를 통한 신규 비즈니스모델 개발도 지원
클라우드	▶ (IaaS, Infra as a Service) 빅데이터 수집·가공·분석을 위한 대용량 CPU, 메모리, 저장장치, 보안장비 등을 유연하고 확장성 있게 제공할 수 있는 인프라 ▶ (PaaS, Platform as a Service) 시스템 관리 S/W, 오픈소스 빅데이터 솔루션 제공 등
테스트베드	▶ 스타트업, 중소·벤처 등이 오픈 SW 및 솔루션, 서비스 등을 시험·검증하고 상용으로 적용해볼 수 있는 기회 제공

1) 빅데이터 서비스 발굴·확산

민간·공공의 빅데이터 활용을 촉진 지원하여 산업 전반의 데이터 활용 수요를 견인한다. 이를 통하여 사회현안을 해결하는 국민생활 개선형 서비스 발굴하고, 민간에 빅데이터 도입·활용을 지원하여 기존 산업의 혁신과 신규 비즈니스 모델 발굴하게 된다. 또한 중소·벤처 기업/스타트업, 개발자 등의 신규 BM 창출 기회 제공한다.

2) 빅데이터 연구 활동 지원

국내 빅데이터 경쟁력 확보를 위해 오픈 SW 확산, 솔루션 시험·검증·상용화 및 도메인 전문기업 육성 등 연구기능 지원한다.

경쟁력을 가질 수 있는 오픈 SW, 우수 솔루션(분석·시각화 등) 등을 발굴하여 개선 지원하고 시험·검증·상용화 지원한다. 또한 데이터 가공·분석 등 유망 중소·스타트업을 발굴·육성하여 이들 기업이 시장을 선도하는 데이터 전문기업으로 성장하도록 지원하며 각종 연구용 데이터 제공을 통한 대학, 공공기관, 개인 등의 빅데이터 연구 활동도 지원한다.

3) 실무형 프로젝트 중심의 교육 지원

중소·벤처 및 대학, 기관 등을 대상으로 빅데이터 활용을 위한 도메인 전문교육 수행한다. 대학, 창업 준비생 등을 대상으로 데이터 가공 등 전문분야 인터십을 연계하여 데이터 인력을 배출하고, 산·학형 빅데이터 분석 프로젝트 수행을 통하여 빅데이터 분석 전문인력 양성 지원한다.

4) 빅데이터 창업 지원

우수 아이디어를 데이터 창업으로 이어갈 수 있도록 데이터 확보, 연계, BM 개발 등 창업 지원 프로그램 운영한다. 스타트업/중소기업 대상 매칭 지원 (투자 유치, 수요-공급 연계 등)으로 창업기반 제공하며, 창업 아이디어 경진대회 등을 통한 수요를 발굴하여 각종 창업 관련 교육 및 네트워킹, 입주공간 지원 등 창업 관련 종합 패키지를 지원한다.

5) 빅데이터 거래·유통 시장 창출

누구나 데이터를 직거래 할 수 있는 온라인 유통 플랫폼 구축·운영하여 빅데이터를 거래할 수 있는 유통 시장을 창출한다. 이를 위하여 데이터 등록, 개인정보 보호 조치의 적정성, 공정 거래 여부, 데이터 제공·저장·이용·관리 절차의 안전성 검증하고, 소유권 등 이력관리, 품질검증 및 수요자-공급자 매칭 등 유통 거래 업무를 수행한다. 또한 이를 위하여 데이터 가격산정 모델, 유통-거래 규격/표준, 안전거래 기준 마련 및 사후관리 지원 등 데이터 거래체계 운영하게 된다.

2. 산림 빅데이터 플랫폼

가. 배경 및 필요성

우리나라의 산림은 전국토의 63%를 차지하고 있으며 산림으로부터 연간 174조원의 경제적·공익적 가치를 국민에게 제공하고 있으나

산림부분의 GDP는 전체의 0.5%에 불과한 실정이다. 그러나 산림은 지역마다 아름다운 경관, 고유한 특산물, 다양한 체험요소 등을 보유하고 있어 고용창출, 경제활성화에 유리한 측면이 있다. 또한 산촌은 현재 인구 과소화·노령화로 낙후되었으나 넓은 면적, 다양한 자원과 함께 지속적인 인구 유입으로 발전 가능성이 풍부하다.

산림정책적인 측면에서도 과거 심는 정책에서 출발하여 산림을 가꾸고, 현재는 산림을 누리는 정책으로 발전하고 있다. 최근 산림복지서비스 수혜인구가 급격히 증가하고 있다. 산림 등산인구 연간 3,200만명에 달하는 등 잠재적인 가치는 높지만, 해외에 비해 인프라·서비스 부족에 따른 산림자원을 활용한 관광자원으로 적극 활용 필요하다.

따라서 산림 분야에 빅데이터와 같은 4차산업 활용기술을 적용함으로써 생산성 향상 및 타 분야 산업과의 융복합을 통한 임산업 활성화와 새로운 일자리 창출 및 과학적 산림행정을 추진할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다.

나. 산림 빅데이터 플랫폼의 목적

산림 빅데이터 플랫폼은 산림데이터의 수집/생산, 가공, 분석, 융합을 통해 국민생활에 밀접한 혁신서비스를 개발하고, 데이터 활용 기업 및 스타트업 기업이 산림데이터를 활용할 수 있는 기반을 마련한다.

또한 데이터를 기반으로 한 임산업 생태계 조성을 통해 산림휴양/치유, 산림자원관리,

산림재해 분야 등 유망 창업기업을 지원하고 일자리 창출에 기여한다.

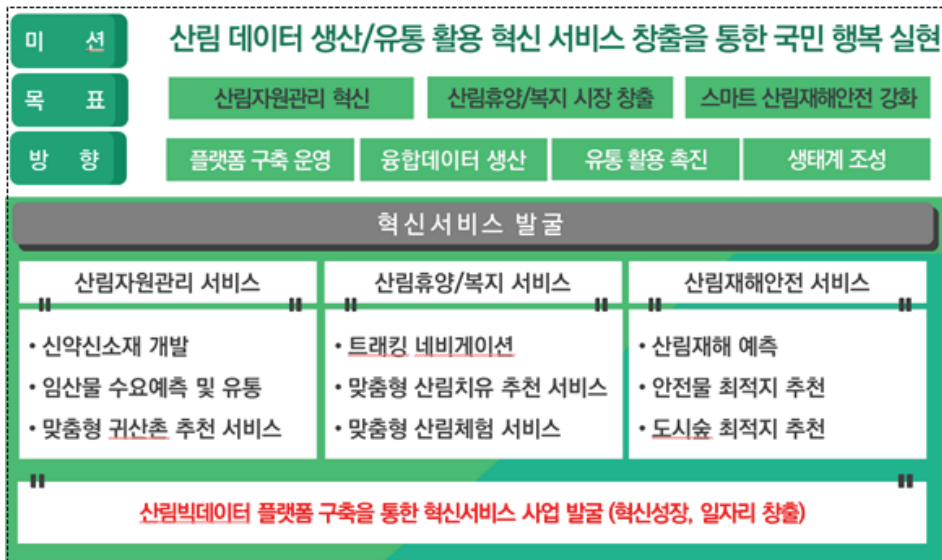
산림 빅데이터를 활용한 타 분야와의 데이터 융합 및 유통을 통하여 신성장 사업 발굴과 산림데이터를 활용한 과학적인 행정기반 마련하는 것을 목적으로 한다.

다. 산림 빅데이터 플랫폼의 구성

산림 빅데이터 플랫폼은 3개의 플랫폼 사업자와 7개의 센터사업자로 구성된다(향후 변경 가능) 플랫폼 사업자는 앞에서 설명한 바와 같이 플랫폼 구성을 위한 빅데이터 인프라 및 데이터 수집 기반을 구성하고, 수집된 데이터의 가공·분석 기반을 구축하여 활용기반을 강화하는 역할을 수행한다. 빅데이터 센터사업자는 산림데이터의 생산 및 수집을 주된 역할로 산림트레킹, 생물종 유전체, 산악기상정보, 대중교통/관광정보, 산림치유정보, 항공사진, 산림재해/공간정보 등 7개 센터로 구성되어 있다. 즉 센터는 데이터간의 융합을 위한 표준화 준수 및 품질관리를 통한 양질의 데이터 생산한다.

라. 산림 빅데이터 플랫폼의 전략체계

산림 빅데이터 플랫폼은 산림분야의 분산된 데이터를 수집하고, 데이터 활용도 및 타 분야와의 융합을 할 수 있도록 데이터를 수집 생산함으로써 산림데이터 가치 강화하고, 산림데이터를 가공/융합하여 산림휴양, 산림자원,



〈 산림빅데이터 플랫폼 구성 전략 〉

산림재해 분야 혁신서비스를 개발하는데 핵심 데이터로 활용되며, 데이터 유통을 통해 데이터 활용기반 활성화하고, 데이터 생태계 구축을 통한 선순환적인 데이터 생산 기반 마련하기 위하여 실행된다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 다음과 같은 전략체계를 구성하였다.

산림 빅데이터 플랫폼의 비전은 산림데이터 생산/유통을 통한 혁신서비스 창출하고 산림휴양/안전 강화함으로써 국민행복을 실현하는 것으로 설정하였다. 이러한 비전을 달성하기 위한 구체적인 목표로서는 산림분야의 지속가능한 성장과 산림의 안전한 활용을 위해 산림자원관리 혁신, 산림휴양/복지 시장창출, 스마트 산림재해안전 강화로 설정하였다.

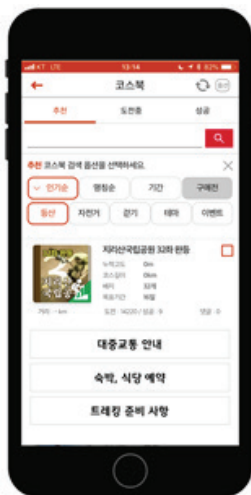
이를 위하여 성공적인 빅데이터 플랫폼 구축을 위한 플랫폼 구축운영, 융합데이터 생산, 유통활용 촉진, 생태계 조성 기반 마련의 세가

지 방향아래에 다음과 같은 활동들을 계획하여 추진하고자 한다.

- (융합데이터 생산) 센터 데이터와 외부데이터를 활용하여 가공·분석·융합을 통해 양질의 데이터 상품을 생산하고,
- (유통활용 촉진) 융합된 데이터에 대한 활용기반을 강화하고, 데이터 마켓플레이스를 통해 데이터의 유통을 활성화하고, 데이터거래 비즈니스 기반 마련
- (생태계 조성) 스타트업 지원을 위해 샌드박스, 기술지원, 인력양성, 컨설팅, 멘토링 등 데이터 생태계를 구축하여 혁신서비스 발굴 및 활용기반 강화
- (혁신서비스 발굴) 생산·가공·융합 데이터를 활용하여 산림자원관리, 산림휴양/복지, 산림재해안전 서비스 등 분야별 혁신서비스를 개발하고 데이터 활용기반 마련

마. 산림 빅데이터 플랫폼의 혁신서비스 개발(안)

우리나라 전체면적의 63% 이상을 차지하고 있는 산림이 가지고 있는 가치는 매우 풍부하고 무궁무진하다. 특히 산림자원으로부터 산업적인 측면, 사회적인 측면, 경제적인 측면에서 얻을 수 있는 가치가 높다고 할 수 있다. 국민이 체감할 수 있는 산림 데이터를 제공하여 대국민 공감형 산림 빅데이터 플랫폼을 구축하기 위하여 다음과 같은 맞춤형 산림 혁신 서비스 등을 구상 해 볼 수 있다.



Step 1. 트레킹 지역 결정 및 안내

- 트레킹 대상 지역을 선정하고, 대상 지역의 트레킹 코스, 대중교통 정보, 주변 숙박 및 식당 정보 및 예약 서비스, 일정에 따른 날씨, 준비 사항 정보 제공
- 트레킹 인근 지역의 각종 축제, 행사 정보를 제공하여 트레킹 코스와 연계 및 테마 여행 안내

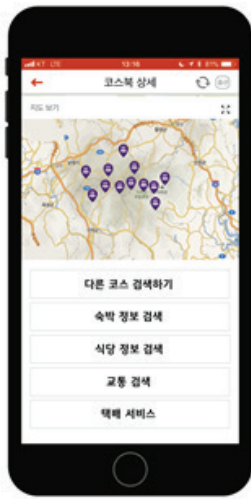
1) 산림 트레킹 융·복합 서비스

전국 산림을 비롯한 다양한 트레킹 코스 및 각종 산림 및 산촌에서 발생하는 이벤트 정보를 제공하여 산림에 대한 진입 장벽을 낮추고 접근성을 높임으로 더 많은 국민이 산림을 방문할 수 있도록 유도한다. 또한, 산촌 특유의 먹거리, 체험활동 등의 연계를 통해 특수성을 가지는 산림 활동 서비스를 발굴하고, 이를 기반으로 산촌 진흥 및 관광 인프라를 구축하여 산촌경제 활성화에 기여 할 수 있다.



Step 2. 트레킹 네비게이션 서비스

- 트레킹 도착 지점을 지정하여 노선 선정, 도착 지점까지의 거리, 예상 소요 시간, 방향 등 트레킹 과정에 대한 전반적인 정보 제공
- 동행자 위치 공유, 소모 칼로리, 휴식 장소 위치 정보 제공 등 안내
- 위급상황을 대비한 병원 안내, 조난 및 실종 신고, 화재 신고, 산악구조대 콜 서비스 등 구비



Step 3. 타 트레킹 연계 및 이동

- 트레킹 코스 마무리 후, 복귀 및 이동을 위한 대중교통, 택시, 공유차량 등 정보 및 예약 서비스
- 인근 숙박 및 식당 정보 제공 및 예약 서비스 다음 코스로 이동하기 위한 집 운반 서비스



Step 4. 트레킹 결과 안내

- 최종 트레킹 로그(소요 시간, 소모 칼로리, 소요 금액 등)
- 프로젝트 형식의 트레킹 코스 진행을 안내 서비스 등 추후 트레킹 일정 및 코스와 연계

산림 트레킹 융·복합 서비스 구현 예시

2) 맞춤형 임산물 생산·유통 융·복합 서비스

한국임업진흥원이 보유한 임산물 재배적지 정보, 경영 및 생산정보, 유통 및 시장정보와 외부데이터인 임산물 수출입정보, 웹/SNS 언급 및 노출 정보 등을 융합하여 임산물 재배 최적지수, 작물 재배 정보 및 출하시기 지원 서비스 등을 개발할 수 있다. 이를 통해 임업인의 소득증대, 귀산촌인 의사결정 지원, 임산물의 고부가가치 창출, 지역시장 활성화, 임산물의 소비활성화, 신규 임산물 자원 활용 증대 기여한다

이러한 서비스는 임산물 재배의 각 단계별로

유용한 정보를 제공해 준다.

- (재배 준비 단계) 임산물 재배 지역의 기후, 토양, 나무 등을 기반으로 재배에 알맞은 임산물을 선정하고, 추가로 소비자의 소비 패턴, 기호 등을 파악하여 시장 수요를 확인하여 최종 기대수익을 산출하여 임산물 재배 품목을 선정을 위한 의사결정 지원한다.
- (재배 단계) 재배 시기별 작업 내용 교육 및 작업 시기 알림, 재해 재난 및 날씨 변화에 따른 위험 정보 제공으로 생산 효율 증대, 임산물 재배 정보 공유 및 특정 작업 진행을 위한 일손 공유 커뮤니티 서비스



〈맞춤형 임산물 생산·유통·유통·복합 서비스구현 도식화〉

스 등을 제공한다.

- (수확, 유통) 수확 및 유통시기 시장 가격 및 유통량 정보를 활용하여 기대수익을 기반으로 한 출하시기 결정을 지원하며, 시장에 판매하기 위한 최적의 유통 경로를 분석, 유통 과정 정보를 제공하고 판매 촉진을 위한 레시피 정보, 산물 효능 정보 등의 정보를 제공하고 잉여산물에 저장을 위한 저장 방법 등을 제공한다.

3) 산림 재해 안전 관리 서비스

산림에서 발생하는 각종 재해 및 재난은 대규모 및 대면적에 걸쳐 발생하여 이를 진압하고, 관리하는데 어려움이 있어 보다 체계적인 산불 등 산림 재해 체계 구성이 요구된다. 산불 발생 시, 기본적인 데이터 분석을 통한 산불 확산 모델을 서비스하고, 추가적으로 소셜

미디어 기반 산불 위치 정보 등을 취합하여 보다 정확한 산불 예측 정보를 제공하여 국민 안전에 이바지 할 수 있다.

산불 위치 데이터, 확산 방향에 대한 정보를 소셜미디어와 산불 안내 서비스 사용자들로부터 수집하고, 산불 발생지역의 임상도, 산림 기상 및 날씨, 지리정보 등과 함께 활용하여 산불 확산 예측 모델 알고리즘에 반영하여 신속하고 정확한 확산 경로를 예측하여 대피 경로 등을 안내 할 수 있다.

또한 산불 피해 복구단계에서는 산불로 인한 경제적 피해 규모 산출 및 산불 피해지 복구를 위해 해당지역의 위성사진 및 항공사진 데이터 제공 및 분석한다.



〈산림 재해 안전 관리 서비스 구현 예시〉

3. 산림 빅데이터 플랫폼의 기대효과

본 사업이 성공적으로 수행되면 산림이 가지고 있는 다양한 유용성 정보와 타분야 정보의 융복합을 통하여 새로운 혁신 서비스를 개발하는 것이 가능 할 것으로 기대된다. 이를 통하여 새로운 일자리를 창출하며, 귀산촌 희망 국민과 임업인에게 소득과 연계되는 실용적 정보를 제공하고 의사결정을 지원 하여 고

부가가치 임산물 생산 및 유통 확대에 도움을 줄 것이다. 뿐만 아니라, 산림 휴양 활성화를 통한 산촌지역경제 활성화를 통하여 임업인의 소득증대에 기여하게 될 것이다. 또한, 산림 재해 및 재난 발생에 따른 피해 손실을 최소화 하여 산림재해로부터 안전한 국민생활에 기여 할 것으로 기대된다.



암반사면과 지질 위험성

최 경
사방협회

1. 서론

한반도는 산지가 국토면적의 80%를 점유하고 있다. 산지가 많기 때문에 암반사면의 비율도 높다. 한국건설기술연구원 자료(2013.3)에 의하면, 26,885개의 사면을 조사한 결과, 암반사면이 46%, 혼합사면이 35%이고 토사사면이 17%인 것으로 보고하고 있다. 혼합사면도 암반의 특성을 포함하고 있으므로 전체적으로 80% 이상이 암반사면으로 구성되어 있다고 볼 수 있다.

암반사면은 암석성인(岩石成因), 암종(岩種), 풍화 정도, 환경조건에 따라 사면의 안정성과 외형(外形)을 달리하고 있다. 본 연구에서는 가능한 한 간편하게 암반의 특성(암종, 불연속면, 지질작용 등)을 통하여, 암반사면의 지질위험성을 판단(평가)할 수 있는 방법을 모색하고자 한다.

2. 암반 분류

터널, 댐, 광산, 지하공동, 원자력발전소, 교량의 기초공사에서는 암반절취와 같은 안정성과 합리적인 시공을 위하여 암반의 성질이나 조건을 정확하게 알아야 한다. 암반분류는 복잡한 암반의 성질이나 조건을 간결하게 표현하여 암반의 해석, 설계와 시공을 효과적으로 실현시키는 역할을 한다.

그러나 암반(rock mass)은 암석(rock)과 달리 불연속면(discontinuity)을 포함하고 있기 때문에 암반의 특성을 간결하게 표현하기는 매우 어려우므로 시추에 의한 sampling이나 원위치 시험을 실시하고 관찰함으로써 복잡한 암반을 비슷한 거동(behavior)의 그룹(group)으로 그룹화하거나 정량화하여 각 그룹과 목적으로 하는 암반의 특성과의 대응성을 구하고 그 특성을 이해할 수 있는 기준으로 마련하는 것이다.

표1. 암반거동을 지배하는 주요 요소

암석의 재료 특성	불연속면의 요소	환경조건
○ 압축 강도 ○ 탄성 정수	○ 절리군의 수 ○ 절리 방향 ○ 절리 간격 ○ 절리 간극 ○ 절리 거칠기 ○ 풍화와 변질 상태	○ 지하수 ○ 암반 응력

암반 분류(거동)에 주된 요소는 암석의 재료적 특성요소와 불연속면의 특성요소 및 암반 주변의 환경요소로 구분된다(표1).

암반 분류는 처음에는 신성암의 간단한 분류로 시작하다가, 현재에는 여러 가지 요소들을 망라하여 사용목적에 따라 서로 다른 가중치를 부여하는 종합적인 분류가 이루어지고 있다.

댐 건설, 지하 터널 공사와 광산 개발과 같은 시설물 설치가 필요한 전문분야에서는 종합적인 조사, 시험, 분류가 요구되나, 지질학을 전공하지 않은 사람에게는 매우 어려운 일이다.

따라서 지표 지질조사(geological ground survey)만을 실시하여 암반을 구분하고 재해 위험성을 평가할 수 있는 방법을 모색하던 차, 지질리스크(geo-risk)에 의한 암반구분(김영근, 2013) 방법이 효과적이라 판단되어 소개코자 한다.

지반 공학적 관점에서 지질, 토질과 암반에 관련된 모든 위험요소를 총칭하는 geo-risk에 의한 암반구분은 암석의 특성, 불연속면의

상태와 지질작용 등을 고려하여 다음 표2와 같이 구분하고 있다.

표2의 암반 구분을 보면

- 괴상암반과 블록성 암반은 불연속면(특히 절리) 발달상태에 따라 구분되며, 층상 암반 역시 불연속면(주로 층리와 절리)의 발달과 지질구조에 따라 구분된다.
- 파쇄암반은 단층의 전단대(파쇄대)에서 발달하고, 풍화암반은 풍화작용에 의해서 구분된다. 또한 미고결 암반은 제3기 지층으로 암석이 고결되지 못한 것으로 이들 암반(파쇄암반, 풍화암반과 미고결 암반)들은 연약암반(weak rock)으로 분류된다.
- 용해성 암반은 석회암 지대의 지질특성에 의한 구분이고, 과지질 암반(high stressed rock mass)은 터널 굴착 시 표면으로부터 깊이가 깊은 대심도(great depth) 깊이에서의 암반 특성으로 구분되며, 팽창성 암반은 주로 점토질 암반에서, 그리고 복합 암반은 위치에 따라 변이가 심한 화산성 암반에서 나타난다.

표 2. 암반 구분과 geo-risk

암반 구분	암 반			geo-risk
	암석성인 및 암석	불연속면	지질작용	
○ 괴상 암반 massive rock mass	화성암	랜덤절리 (random joint)	마그마 냉각	부분적인 낙석
○ 블록성 암반 blocky rock mass	화성암 변성암	절리, 절리군 (3개 이상)	마그마 냉각 변성 작용	암석 낙하 (key block)
○ 층상 암반 stratified rock mass	화성암	층상 절리	마그마 냉각	sliding/파괴 이방성 파쇄 sliding/파괴 이방성 파쇄 sliding/파괴 이방성 파쇄
	사암/셰일 등	층리	퇴적작용	
○ 층상 암반 stratified rock mass				
○ 층상 암반 stratified rock mass	천매암/편암 등	엽리/편리	변성작용	
○ 파쇄 암반 crushed rock mass	셰일 편암	전단대 단층(파쇄대)	지각운동	점토(점토화) 지하수 큰 변형
○ 풍화 암반 weathered rock mass	화강암 편암	절리 층리	지하수	연약암 핵석
○ 미고결 암반 uncemented rock mass	미고결 퇴적암	층리	제3기 지층	연약토 붕괴
○ 용해성 암반 soluble rock mass	석회암	층리 절리	용식작용 (공동 형성)	공동(cavity) 용식 함몰지
○ 과지압 암반 overstressed rock mass	심성암	대심도	현지암반응력	squeezing/ slabbing rock burst squeezing/ slabbing rock burst
○ 과지압 암반 overstressed rock mass	변성암	단층/습곡	지각운동	
○ 팽창성 암반 swelling rock mass	이암/셰일	층리	팽창성 광물	팽창 (용적/압력)
○ 복합 암반 complex rock mass	화산암	절리 층리	화산활동 (clinker/ scoria)	overhang contrast (hard/safe)

용해성 암반, 과지압 암반, 팽창성 암반과 복합 암반은 특수한 지질과 지질작용에 의해서 구성된 암반들이다. 이들 암반에 대한 구체적인 특성은 다음과 같다.

가. 괴상암반(massive rock mass)

- 괴상암반은 암석학적으로 층리, 편리, 엽상조직이 보이지 않는 균질한 암석의 구조를 보인다. 화성암에서는 이렇게 방향성 조직이나 구조를 보이지 않는 것이 많다. 절리간격은 비교적 넓으며, 절리에 의한 블록(block)이 있다 하여도 부분적이며 절리 사이가 맞물려 있어, 매우 안

전한 상태를 유지하는 경우가 많다. 화성암의 심성암과 화산암 중 두껍게 형성된 안산암과 현무암이 이에 속한다. 또는 두껍게 발달한 퇴적암의 역암과 변성암의 규암이 괴상암반을 이루는 경우가 있다. 괴상암반은 암괴의 크기 및 모양에 따라 구분되는 암반분류의 1종으로 그 구분방법은 다음 표3과 같다.

암괴의 크기 및 모양은 암반 거동에 매우 중요한 척도이며, 이들은 불연속면의 상호 방향과 간격, 불연속면군(set)의 수와 연속성 등에 의해서 결정된다.

암괴 크기를 결정하는데 불연속면(절리) 간격은 중요하며 간격 구분은 다음 표4와

표 3. 암반의 크기 및 모양에 따른 암반 구분

암반 구분	절 리
괴상형(massive)	몇 개의 절리가 있거나 절리간격이 넓은 형태
암괴형(block)	거의 같은 크기를 갖는 형태
판상형(tabular)	한 면의 크기가 다른 두 면보다 훨씬 작은 형태
주상형(columnar)	한 면의 크기가 다른 두 면보다 훨씬 큰 형태
불규칙형(irregular)	암괴의 크기와 모양이 다양한 형태
파쇄형(crushed)	심하게 절리가 존재하며 각설탕 형태

표 4. 불연속면 간격의 등급

등급	간격(mm)
극히 조밀(extremely close spacing)	< 20
매우 조밀(very close spacing)	20~60
조밀(close spacing)	60~200
보통(moderate spacing)	200~600
넓음(wide spacing)	600~2,000
매우 넓음(very wide spacing)	2,000~6,000
극히 넓음(extremely wide spacing)	> 6,000

같다.

괴상형 암반은 암반 유형 중 사면안정에 가장 유효한 암반 유형이다.

나. 블록성 암반(blocky rock mass)

- 블록성(암괴형) 암반은 다수의 절리군(set)에 의하여 형성되며, 절리 간격에 따라서 블록의 모양(형태)과 크기가 결정된다. 많은 블록들로 구성되어 있고 절리의 틈새(aperture)는 맞물려 있거나 부분적으로 틈새가 있기도 하다. 블록형 암반은 대체로 같은 크기와 형태를 가지며, 불연속면의 발달 정도와 풍화의 정도 차이에 따라 블록(암괴)의 크기가 다양하게 나타나고 블록의 크기는 암반 거동에 매우 중요한 요소가 된다.
- 절리는 일정한 절리패턴을 형성하는 특정 방향으로 나타난다. 일반적으로 한 개에서 세 개 정도의 주 절리군(prominent joint sets)과 한 개 이상의 소절리(minor

joints)가 발생하며 추가적으로 몇 개의 랜덤 절리(random joints)가 존재한다. 절리는 절리 pattern을 형성하면서 절리 강도(intensity)를 가지는 절리군의 형태로 나타난다. 절리는 블록을 형성하는데, 블록의 크기와 모양은 절리 간격, 절리군의 수와 랜덤 절리에 의해 결정된다.

- 블록성의 암반은 규칙성(regular blocky)과 불규칙성(irregular blocky)으로 구분된다. 규칙성 암반은 3개 이상의 절리군의 일정하고 규칙적인 교차에 의한 직교형의 블록구조이며 사암과 같은 비교적 강한 퇴적암과 절리가 잘 발달된 화성암(화강암, 현무암 등)과 편마암과 같은 강한 변성암에서 나타난다. 불규칙성 암반은 불규칙한 절리로 인하여 발생되며, 다양한 크기의 블록을 형성한다. 응력개방 및 풍화 등으로 흐트러진 암석에서 나타나며, 사암과 같은 비교적 강한 퇴적암과 강한 변성암(편마암), 그리고 절리가 규칙적이지 않은 화성암에서 나타난다.

표5. 암괴 크기 구분

암괴 크기 구분	m ³ 당 절리 수
매우 큰 암괴(very large blocks)	< 1
큰 암괴(large blocks)	1~3
중간 크기 암괴(medium-sized blocks)	3~10
작은 암괴(small blocks)	10~30
매우 작은 암괴(very small blocks)	> 30

※ m³당 60 이상이면 파쇄된 암석을 나타냄

- 블록성 암반에서 흔히 발견되는 사면파괴는 낙석(rock fall)과 썰기파괴(wedge failure) 등이다. 낙석은 경사가 급한 블록성 암반에서 잘 발생하고, 썰기파괴는 두 개 이상의 절리군이 발달한 블록성 암반에서 일어나며, 퇴적암의 경우 층리면과 수직 절리에 의해 발생한다.

다. 층상암반(stratified rock mass)

- 층상암반은 주 불연속면의 연장성이 매우 발달하여 비교적 일정한 간격으로 형성되어 판상(planar, stratified, platy, tabular) 구조를 띠는 암반으로서, 지질적인 형성원인은 크게 화성암에서의 판상절리(sheeting joint), 퇴적암에서의 층리(bedding plane)와 변성암에서의 벽개(cleavage), 엽리(foliation) 및 편리(schistosity) 구조 등이다.
- 판상절리는 일반적으로 화성암, 퇴적암인 사암과 역암을 포함한 다른 암종에도

나타나기도 하지만, 특히 화강암 지역에서 잘 나타난다. 화강암 지대에서 하중제거(unloading)로 지표면과 평행하게 발달한 판상절리를 쉽게 관찰할 수 있으며, 풍화와 침식 등에 의하여 판상절리가 더 발달하게 되면 일부 박리(exfoliation)가 일어나기도 한다.

- 층리는 퇴적암에서 퇴적물이 쌓인 얇은 지층(엽층, lamina)으로 굳어진 후에도 잘 쪼개지는 연약면을 형성한다. 층리는 퇴적암에서 지배적으로 나타나는 파쇄구조(cataclastic structure)이며, 대부분의 경우 매우 얇은 층(1cm 이내)으로 나타나며, 단단한 암석층 사이에 삽입된 shale층이나 점토층 또는 절리층으로 나타난다. 퇴적암에서 호층(alternated bed)구조를 보이는 지층들은 층상암반으로 사암, shale, 역암, 이암 등이 호층으로 나타나며, 이들 중 s-shale층과 이암층은 풍화에 약하며 점토분이 많아서 붕괴 위험성이 높다.

표 6. 이질암의 변성 특성(Blatt & Tracy, 1996)

변성 정도	암석명	입자 크기	조직 특성
none	이질암(이암)	미립(1/16mm) 이하	괴상조직, 층리
very low	점판암	미립	점판암질 벽개(박층리), 층리
low	천매암	세립	천매암질 엽리(편리), 층리
moderate	편암	세립~중립	편리, 반정
high	편암/편마암	중립~조립	편리, 편마구조, 반정
very high	편마암	조립	편마구조, 반정, 혼성대)

※ 변성암에서의 층리는 변성 이전의 퇴적암의 잔류조직(blastophitic)임

- 벽개, 엽리 및 편리 구조는 변성암에서 나타나는 불연속면으로 잘 쪼개진다. 변성암은 변성 정도에 따라 입자의 크기와 조직이 다르다.

박리성의 점판암, 엽리(층리)가 발달한 천매암, 판상, 주상 및 침상의 광물이 평행하게 발달하여 편리를 형성하는 편암과 편마구조를 보이는 편마암은 층상암반을 이룬다.

- 층상암반을 이루고 있는 불연속면은 전단강도가 현저히 낮거나 불연속면 사이에 점토층이 협재되어 있는 경우가 많아 미끄러짐이 쉽게 발생하고, 우기나 집중강우에 의한 영향을 많이 받기 때문에 많은 자연재해 발생 원인이 되고 있다. 층상암반은 층리와 같이 두께가 얇은 층이 연속적으로 존재하는 암반이므로, 이러한 암반사면은 점토에 의한 응력이완이 심하고 암반이 이방성(anisotropic)이어서 부분적으로 단층과 같은 지질구조를 가질 때 대규모 사면붕괴가 발생하기 쉽다. 층상암반에서의 사면파괴 형태는 평면파괴, 전도파괴, 버클링 파괴(buckling failure)가 있다.

라. 파쇄암반(crushed rock mass)

- 파쇄암반은 완전히 파쇄되어 암편은 모래 입자처럼 작고, 재결합이 거의 없는 암반으로 강하게 파쇄된 균열과 부스러진 이완(relaxation)구조를 형성한다. 암반 중 가장 취약한 상태로 공학적으로

도 가장 큰 리스크(risk)를 갖는 연약대(weakness zone)를 이룬다.

- ※ 연약대는 주변 암반에 비해 현저히 낮은 역학적 특성을 가지는 층을 지칭함.

- 파쇄암반은 단층파쇄대, 열수변질작용에 의한 변질대와 관입작용에 의한 암맥 등에서 형성되며, 이들 지역은 상대적으로 주변 암반에 비해 매우 연약한 특성을 가지며, 풍화에 민감하며 지하수 및 강우에 풍화변질이 급속히 진행되는 특징을 갖는다.

– 단층(fault)은 단열(fracture)구조로, 일반적으로 변위가 0.5mm 이상인 경우를 말하며, 여러 개의 단층이 폭(zone)을 이루는 경우 단층대(fault zone)라 하고 흔히 파쇄대(fracture zone) 또는 단층파쇄대라고 한다. 단층대 내에는 단층점토와 각력암편이 포함되어 있어 불연속면을 형성하고 있다.

– 열수변질대(hydrothermal alteration zone)는 magma 분화작용의 후기나 화산활동 시 화성암체로부터 기원된 열수용액(hydrothermal solution)에 의하여 주변의 암석이 변질되는 지대로, 이러한 작용을 열수변질작용(hydrothermal alteration)이라고 한다. 열수변질작용은 열수의 침입으로 재결정작용이 진행되어 암석의 투수성이 높아지고 탈색과 새로운 광물이 형성된다. 열수변질작용은 파쇄작용도

동반되므로 암석은 쉽게 풍화되고 점토광물과 변질광물이 포함되어 강도가 낮고 파괴에 취약한 파쇄암반을 형성하게 된다.

– 암맥(dike)은 관입암으로 암맥 주위는 변질작용이 심하여 열수변질대에서와 같은 약질의 암석을 형성한다.

- 파쇄암반은 연약대를 이루므로 대체로 사면파괴 현상이 발생하며, 관입암이 단단한 경우에는 주변 암반과의 경계면에서 침식 및 파괴 현상이 발생한다.

마. 풍화암반(weathered rock mass)

- 풍화암반은 지표에 노출되어 조직이 느슨해지고 강도가 약해진 암반으로, 광물 입자간 결합이 약해지고 지하수와 불연속면을 따라 풍화가 차별적으로 진행된다.
- 풍화는 암석이 자연적인 요인과 인위적인 요인 행위에 의하여 그 자리에서 부서지는 현상으로 물리적 풍화(기계적 풍화)와 화학적인 풍화로 구분된다. 물리적인 풍화는 수축과 팽창, 결빙과 용해, 하중의 제거와 식물 뿌리의 성장 등과 같이 주로 지표면 부근에서 발생하며, 화학적 풍화는 가수분해, 산화작용, 탄산염화 작용, 환원작용과 증발작용 등에 의해 진행되며, 주로 땅속(지표)에서 발생된다. 일반적으로 기계적 풍화는 암석이 붕괴(분리)되고, 화학적 풍화는 변질, 분해되며 대부분 이 둘이 동시에 진행되고 있다.

- 암반의 풍화 특성은 암석 성인별 암종별로 다양하기 때문에 그 특징을 잘 파악하여야 한다.

– 화성암은 magma의 활동으로 형성된 암석으로 심성암과 화산암으로 구분된다. 화강암, 섬록암, 섬장암과 반려암 등과 같은 심성암은 광물입자가 크고 장식 등이 많이 포함되어 있어, 이들 암석이 풍화되면 일반적으로 사질토가 많은 토층이 생성된다. 그러나 암반에 단층이나 절리가 잘 발달한 때는 풍화면이 지하로 가면서 매우 불규칙하거나 핵석(core stone)이 많은 지반이 나타나는 경우도 있다.

화산암류로는 안산암과 현무암 등이 있다. 현무암은 원래 치밀하고 단단하여 풍화에 강한 암석이나 안산암은 치밀하고 강건한 것부터 다공질인 것 등 종류가 다양하며 풍화가 용이하다. 이들 암석은 용암(lava)이나 암맥(dyke)이나에 따라 풍화과정이 다르다. 용암으로부터의 화산암류는 주상절리와 판상절리가 발달하기 쉬우며, 암맥으로부터의 암석은 판상절리가 형성되기 쉽다. 현무암 풍화토는 점토질이 많은 토양이 되며, 안산암 풍화토는 점토질 토양 또는 양질토양이 형성된다.

– 퇴적암은 쇄설성 퇴적암과 비쇄설성 퇴적암으로 대별되는데, 쇄설성 퇴적암으로는 사암, shale, 이암 등이 있으며 이들 암석은 모암의 입자의 크기에 따

라서 토층(풍화 퇴적물)의 입도가 결정된다. 때문에 역암이나 사암 지반에서의 잔류토는 역질 또는 사질토가 되고, shale이나 이암의 경우는 silt 이하의 세립질이 토층을 이루게 된다. 쇄설성 퇴적암의 가장 큰 특징은 층리가 발달하는 것이다. 이 층리는 사면안정에 많은 영향을 미치며 사암, shale, 이암 등이 호층을 이루는 경우, shale과 이암은 매우 작은 입자들로 구성되어 있고 공기에 노출되기 전에는 높은 강도를 유지하고 있지만, 대기 중에 노출될 경우 급속도로 풍화가 진전되어 연약지반을 형성하고 붕괴되기가 용이하다. 비쇄설성 퇴적암(화학적 퇴적암)으로

는 석회암이 있는데, 지하수 유동으로 풍화양상이 불규칙하여 경암 내부에 풍화암, 풍화토와 공동(空洞)까지 존재할 수 있어 불안정한 지반을 형성한다.

– 변성암은 성인과 조직이 매우 광범위하여 풍화특성과 풍화단면이 매우 다양하다. 또한 대규모 지각운동과 같은 조산대(orogenic belt)에서는 습곡, 단층 등에 의해 풍화단면이 불규칙하다. 화강편마암은 편리(schistosity)가 일정한 방향으로 발달하고 있어 편리를 따른 풍화도 강도가 저하할 수 있다. 편마암은 구성광물이 화강암과 유사하고 절리 발달이 빈번하지 않은 암반은 화강암과 같이 핵석을 포함하며 사질의

표 7. 풍화등급 특징(GSE-GWPR, 1990)

풍화 등급	특 징
Ⅵ 잔적, 붕적토 (RCS)	암석이 토양으로 변했다. 암석구조가 완전 파괴되고 곡괭이로 찍었을 때 쉽게 깊이 들어간다. 암석을 해머로 타격했을 때 소리가 나지 않는다.
Ⅴ 완전 풍화암 (CW)	암석이 완전히 변색되었고 토양으로 전환되었으나 암반구조는 발견된다. 곡괭이로 찍었을 때 쉽게 들어가고 해머로 타격했을 때 둔탁한 소리가 난다.
Ⅳ 심한 풍화암 (HW)	암석이 변색되었고 원암반구조가 남아있고 건전하다. 곡괭이로 찍었을 때 쉽게 들어가지 않고 해머로 타격했을 때 둔탁한 소리가 난다.
Ⅲ 보통 풍화암 (MW)	암석이 변색되었으나 부분적으로 원래의 암석의 색이 존재한다. 곡괭이로 찍었을 때 암석표면에 굵힌 자국이 난다. 해머로 타격했을 때 약한 쏜소리가 난다.
Ⅱ 약한 풍화암 (SW)	절리 표면 근처에만 변색되어 있다. 암반구조는 완전히 보존되어 있고 곡괭이로 찍었을 때 흠집내기가 어렵다. 해머로 타격했을 때 쏜소리가 난다.
Ⅰ 신선암 (F)	암색은 변색되지 않고 원래의 색을 유지하고 있다. 곡괭이로 찍었을 때 상처내기가 아주 어렵다. 해머로 타격했을 때 쏜소리가 울린다.

잔류토양을 갖는 풍화단면을 보이기도 한다. 천매암과 편암은 엽리(foliation)를 따라 풍화되며, 운모 성분이 많은 silt질 풍화산물을 생성한다. 이들 암석은 초기에는 강한 암반으로 인식되나 지면에 노출될 경우 급속히 풍화되어 연약암반을 형성하기 쉽다.

- 암반의 풍화등급은 암반을 분류하는 중요한 기준이다. 일반적으로 활용되는 암석의 풍화등급(풍화도)의 기준은 신선암(fresh)에서 풍화 잔류토(residual)까지 6단계로 구분할 수 있다. 등급분류 기준은 조성광물의 변질상태와 변색 정도 또는 상도(phase diagram) 저하상태 등이다.

상기 표에서 풍화암이라면 약한 풍화암에서 심한 풍화암까지로 정의할 수 있다. 그러나 이

러한 분류는 공학적 관점에서 너무 광범위하므로 일정한 지수를 이용한 정의가 요구된다.

건설표준품셈의 암분류에서는 풍화암, 연암, 보통암, 경암과 극경암으로 5등분 하고 있으며 여기에서 풍화암은 암질이 부식되고 균열이 1~10cm 정도로서 굴착에는 약간의 화약을 사용해야할 암질로서 일부는 곡괭이를 사용할 수 있는 정도의 암석질로 일축압축강도는 300~700kg/cm²로 제시하고 있다. 이러한 기준에 의하면 상기 표에서 심한 풍화암이 풍화등급에 해당하는 것으로 판단된다.

다음 표8은 우리나라 건설교통부에서 제시하는 암반 특성에 의한 암반의 풍화 분류표이다. 풍화암은 압축강도 30~70 Mpa, 슈미트해머의 반발계수는 10~34, 흡수율은 9.25~1.65%로 타격했을 때 쉽게 부서지고 가끔은 맨손으로도 부스러지는 상태로 정의하고

표 8. 강도와 공학적 특성에 의한 암석의 풍화도 분류(건설교통부)

풍화 등급	암반 등급	압축강도 (Mpa)	점하중 (Mpa)	슈미트해머 반발계수	흡수율 (%)	해머의 반발
F	극경암	>180	>88	>60	<0.24	강한 타격으로도 부서지기가 어렵고 타격반발이 강하다
SW	경암	130~180	53~88	51~60	0.47~0.24	강한 타격으로 암석 가장자리가 부서진다
MW	보통암	100~130	37~53	44~51	0.80~0.47	강한 타격으로 절리 표면을 따라 부서진다
	연암	70~100	18~37	34~44	1.65~0.80	타격 시 쉽게 부서진다
HW	풍화암	30~70	0~18	10~34	9.25~1.65	타격 시 아주 쉽게 부서지고 때론 손으로도 부스러진다

있다.

- 굴착사면에서 풍화가 진행됨에 따라 암석의 내구성과 강도가 저하되고, 불연속면의 전단력이 약해져서 사면 불안정성이 증가한다. 암반사면은 열화(deterioration)하고 이들은 박편화(flaking)되어 붕괴되거나 침식된다.

바. 미고결 암반(uncemented rock mass)

- 퇴적물이 재결정이나 고결작용(cementation)을 받지 않은 연약한 암반으로 암석과 퇴적물의 특성을 동시에 보이며 풍화변질이 쉽게 진행되는 특성을 보인다. 이 암반은 미고결 또는 반고결 상태의 퇴적층과 현무암 또는 안산암 등의 강한 암석이 혼재되어 나타나므로 충분한 지질적 이해가 없는 경우 건설 과정에서 많은 어려움을 초래한다.
- 미고결 암반은 신생대 지층(제 3기층과 제 4기층)으로 우리나라에서는 소규모로 분포하며 대부분 동해안을 따라 분지(basin) 퇴적층 또는 단구(fracture) 퇴적층으로 분포하거나, 제주도 또는 전곡 등의 현무암 등 화산암으로 분포한다.
 - 제 3기층은 포항, 경주 일원의 양남 분지와 포항분지에 분포하며, 주로 석영안산암질 화산암과 응회암 및 응회질 이암 또는 사암, 역암이 이에

해당된다.

- 제 4기층은 전곡 한탄강 일대로, 산록의 낮은 경사지역이나 계곡 및 평야 지대에 미고결 상태의 퇴적층과 현무암과 같은 화산암이 주로 나타난다.

- 연약암(weak rock)은 흙(soil)과 단단한 암석(hard rocks) 사이의 중간적인 상태로 흙이 고결화되거나 단단한 암석이 풍화되는 과정에서 생성되며 특히 공기 중에 노출되면 짧은 시간 내에 쉽게 부서지는 특성이 있다. 연약암은 이암, shale, 이회암 등의 퇴적암과 응회암, 각력을 포함하는 화산성 퇴적암 그리고 열수변질작용을 받은 모든 종류의 변질암, 단층이나 전단대(shear zone)에서 나타나는 연약대(weak band)가 해당된다.
- 기질 블록암(block in matrix rock, BIM rock)은 다양한 지질학적 기원에 의해 흙과 암석의 혼합상태로서 미세한 입자의 결합된 기질(matrix)에 공학적 특성을 갖는 블록(block)의 혼합체(mixture)로 정의된다. 풍화암반에서의 핵석, 단층에서의 단층암(단층점토, 각력), 미고결 퇴적층에서의 역암층(점토와 각력)이 대표적인 기질 블록암으로 복합암(complex rock)의 특성을 가지므로 공학적인 특성을 평가하기가 매우 어렵다. 대표적인 기질 블록암은 제 3기 지층인 미고결 역암층(송전층)이 있다. 송전층은 경북 감포 지역의 괴상의 연약암에 해당된다.

사. 용해성 암반(soluble rock mass)

- 석회암 등 용해성 암석으로 암반은 용식 작용(corrosion)에 의해 형성된 석회공동(limest-one cave) 및 용식 함몰지(sink hole) 등 다양한 용식구조와 차별풍화에 의한 불규칙한 기반암석이 발달하는 특징을 보인다. 따라서 석회암 지대는, 지하내 불균질성 및 지하수 유동에 의한 지하의 차별용식으로 석회공동 또는 동굴의 발달을 불러와, 지반 함몰 등 각종 재해를 유발한다.
- 석회암은 대부분 화학적으로 형성되나 유기적으로도 만들어질 수 있는 암석이다. 그러나 대부분의 석회암은 이들 2가지가 합하여 만들어지며, 석회암은 전체 퇴적암의 30% 정도를 차지하고 있다고 한다. 석회암은 화학적 풍화에 약하며 풍화 결과 불순물인 석영과 점토광물이 남게 되어 모래와 점토질 토양이 생성된다. 토양 중에는 철분과 칼슘이 많으며 화학적 풍화가 이루어지지 않는 지역에서는 물리적 풍화가 더디기 때문에 사면에 돌이 많고 기암절벽을 이루는 곳이 많다.
- 우리나라에 분포하는 석회암은 주로 강원도와 충청도에 분포하며, 하부 고생대 조선누층군으로 두위봉형, 영월형, 정선형, 평창형과 문경형이 있다.
- 석회암 지대에서의 함몰(sinkhole, doline)은 용식 돌리네(solution doline),

함몰 돌리네(collapse doline), 지하침윤 돌리네(suffosion doline), 지반침하 돌리네(subsidence doline)와 충적하천 돌리네(alluvial stream-sink doline) 등 5가지 유형으로 구분할 수 있다.

- 용식 돌리네는 절리의 교차점과 같이 용해가 일어나기 좋은 지점 주변에서 집중적으로 용식되어 나타난다. 용해는 기반암면을 낮추고 소규모 함몰지들을 병합해 나간다.
- 함몰 돌리네는 지하용해를 통해 형성된 동굴이 무너지고, 암석과 토양에 균열이나 파열을 일으키면서 급격히 형성된다. 붕괴성 돌리네라고도 한다.
- 지하침윤 돌리네는 석회암 지반 상부의 퇴적물 또는 연암이 석회암의 확대된 절리 또는 용해된 수직 통로를 통해 지하로 낙하하여 형성된다. 가장 흔한 형태이다.
- 지반침하 돌리네는 용식 돌리네와 함몰 돌리네가 발생한 후 상부가 토사층으로 덮인 경우로, 토양층이나 암석의 파괴 없이 지표면이 침하(sagging)되거나 침전(settling)에 의해 점진적으로 형성된다.
- 충적하천 돌리네는 하천이 아래쪽에 있는 탄산염 암석층으로 빨려 들어가는 곳에 발달한 충적토(alluvium)에서 형성된다. 하천 싱크(stream sink)는 하천이 지하로 사라지는 지점을 말한다.

- 석회암 지대에서는, 석회암 공동의 형성

을 좌우하는 용해 특성은 지역에 따라 현저히 다르기 때문에, 차별 침식으로 인한 기반암의 깊이가 다르므로 기초공사 시 정밀조사가 필요하다. 또한 지하에 공동(cavity)의 규모와 깊이가 다양하므로 지역에 따라 함몰, 붕괴의 정도가 다르게 발생한다. 일반적으로 노출된 암석사면과 단애(cliff)가 많이 발달한 지역과 하천 양안에서 측방 및 하방 용해작용이 활발한 지역에서는 암석낙하, 암괴 slide, 암석 slide가 잘 발생한다. 석회석 지대는 암석 용해에 의하여 기반암과 풍화대(regolith)간의 구분이 명확하고 불용성 물질이 적어서 토양층의 깊이가 매우 얇은 것이 특징적이다.

아. 과지압 암반(overstressed rock mass)

- 과지압 암반은 단순히 암반의 지압(earth pressure)이 큰 경우를 의미하는 것이 아니며, 굴착된 터널 주변의 암반이 지압 수준에 비하여 상대적으로 강도가 작을 경우이거나, 암반이 충분히 강한 경우 일지라도 암반의 파괴를 유발할 정도로 충분히 큰 지압이 작동하는 경우의 암반을 지칭한다. 과지압 암반에서의 지질위험성은 암석파열(rock burst), spalling, squeezing 등이 있다.
- rock burst는 암석파열(岩石破裂)로 터널, 광산, 채석장의 암반에서 갑자기 심한 쾅음으로 암석이 파열되는 현상으로,

큰 압력이나 누적된 변형력이 동시에 갑자기 소멸되면서 일어나는 현상이다. 이들 파괴는 화강암이나 규암과 같은 취성 경암반에서 작은 조각이나 슬랩(sl-ab)으로 판상으로 깨지며 발생한다. 암석파열은 갑작스럽게 발생하기 때문에 굴착 중 심각한 안전상의 문제가 된다.

- rock spalling은 과지압 대심도 암반에서 굴착 후 막장이나 천단의 암반이 시간에 따라 점차 판상이나 조각상으로 얇게 떨어져 나가는 현상으로, rock burst보다는 작은 응력 범위에서 발생하며 발생 규모나 크기도 작다.
- squeezing은 굴착으로 유도되는 응력이 주변 암반의 한계강도를 초과하여 작용하는 경우 내공변위(內空變位)가 크게 발생하여 붕괴 및 지보재(支保材) 파괴를 유발한다. squeezing은 매우 규모가 크며, 터널변위가 안쪽으로 전달되는 부피팽창과 연관된다. squeezing은 변형이 점차적으로 발생하며 이암, 편암, 운모편암, 파쇄대 또는 심하게 절리가 발달된 연성 암반(ductile rock mass)에서 터널 안쪽으로 변위가 이동하여 발생한다.

자. 팽창성 암반(swelling rock mass)

- 점토광물 중 팽창성 광물(특히 녹점토계 광물)을 포함하는 암반은 물과 작용하게 되면 팽창하게 되는데, 이러한 암반을 팽창성 암반이라 하며 주로 점토광물

로 구성된 이암과 shale 그리고 단층점토와 같은 단층물질에서 나타난다. 팽창성(swelling)은 팽창압(swelling pressure)을 일으켜 터널공사 시 암반 구조물에 심각한 피해를 끼치게 된다.

- 팽창성 암석은 연약대(zone of weakness)나 단층 내의 충전물 또는 변질 생성물로 나타나며, 점토광물인 몬모릴로나이트(montmorillonite)를 포함한 이암, 변질 풍화된 현무암 등 화성암, 변성암 그리고 경석고를 포함한 퇴적암을 포함한다.
- 점토광물은 풍화작용 이외에 열수변질작용(hydrothermal alteration) 및 속성작용(diagenesis)에 의하여 생성되며, 다음과 같이 5가지로 구분할 수 있다.
 - ① 운모-일라이트(illite)군: 견운모, 일라이트, 해록석(glaucinite) 등
 - ② 카오리나이트(kaolinite)군: 카오리나이트, 할로이사이트(halloysite), 가수(加水) 할로이사이트, 딕카이트(dickite) 등
 - ③ 녹점토(smectite)군: 몬모릴로나이트, 사포나이트(saponite), 논트로나이트(nontronite), 바이텔라이트(beidellite), 헥토라이트(hectorite) 등
 - ④ 녹니석(chlorite)군: 녹니석, 페니나이트(penninite) 등
 - ⑤ 기타: 버미큐라이트(vermiculite), 알로펜(allophane) 등

일라이트는 백운모의 결정도가 낮아진 것으로, shale 중의 주요 점토광물이며 판상으로 결정도가 좋으나 팽창성은 없다. 카오리나이트는 안정된 2층 구조이고, 장석류의 분해에 의해 생성된다. 녹니석은 편암이나 해저토에서 많이 볼 수 있으며, 버미큐라이트는 약한 팽윤성을 나타내며 흙 중에 다량으로 존재하는 예는 적다.

팽창성은 특히 Na^+ 의 교환성 양이온을 가진 녹점토(smectite)군이 가장 현저하고, 원래 용적의 7~10배로 팽창한다.

일반적으로 shale이나 운모편암의 사면에서 관찰되는 점토광물 중 가장 흔한 것은 일라이트, 카오리나이트이나 이들은 팽창성이 없어 사면 팽창에는 영향을 주지 않는다. 그러나 스멕타이트, 버미큐라이트, 몬모릴로나이트 등이 사면팽창에 영향을 주어 이들 점토광물의 함유 여부를 잘 조사하여야 한다. 스멕타이트는 우리나라에서 제3기 분지가 분포하는 포항 분지, 울산분지 등의 이암 분포지에서 흔히 함유되며, 버미큐라이트는 운모편암의 풍화지나 단층점토에서 잘 함유하고 있다.

차. 복합암반(complex rock mass)

- 복합암반은 매우 근접하여 전혀 다른 암반구조가 불규칙적으로 형성된 암반으로, 차별풍화가 발생하기 쉬우며 암반특성을 판단하기 어려워 지질위험이 상대적으로 크다.

3. 결론

○ 괴상암반

괴상암반은 대체적으로 절리발달이 적은 암석으로 대체적으로 강도가 강한 암석에서 나타난다. 절리가 있더라도 가끔씩 발견되는 랜덤(random)절리가 있는 암석으로 화성암의 심성암과 두껍게 발달한 화산암의 안산암과 현무암이 포함된다.

역시 두껍게 발달한 퇴적암의 역암(마이산)과 변성암의 규암이 괴상인 것이 있다. 대체적으로 사면안정에 문제가 없는 지반을 이룬다.

○ 불규칙성 암반

불규칙암반은 절리의 발달 정도에 따라서 규칙적인 것과 불규칙적인 것이 있는데, 규칙적인 것은 절리군이 3개 이상이고 절리망이 일정할 때 나타나고, 불규칙적인 것은 절리가 불규칙하거나 풍화가 진전된 암반에서 나타난다. 규칙성 암반은 비교적 강도가 강한 화성암(화강암, 현무암)과 변성암(화강편마암)에서 나타나고, 불규칙성 암반은 비교적 강도가 강한 퇴적암(사암)과 편마암, 절리가 불규칙한 화성암에서 나타난다.

불규칙성 암반에서의 사면파괴는 낙석, 켜기파괴가 잘 발생한다.

○ 층상 암반

상 암반은 퇴적암의 층리와 화성암과 변성암의 불연속면(주로 절리)에 의하여 형성된다. 화성암의 판상절리, 퇴적암의 층리, 변성암의 층리, 편리 등은 불연속면의 전단강도가 현저

히 낮거나, 불연속면 사이에 점토분이 협재되어 있기 때문에, 많은 자연재해 발생을 용이하게 한다. 평면파괴, 전도파괴, 버클링파괴가 발생한다. 불연속면의 방향이 경사방향과 동일할 경우 화성암에서는 암석 땅밀림이, 퇴적암(사암, 혈암, 이암 등의 호층인 경우)에서는 풍화암 땅밀림이 발생하기도 한다.

○ 파쇄암반

파쇄암반은 단층파쇄대, 열수변질작용에 의하여 형성되며, 연약지반을 이루므로 사면파괴가 잘 발생한다.

○ 풍화암반

– 화성암 중 심성암의 풍화는 광물입자가 크고 장식 등이 많이 포함되어 있어 일반적으로 사질토가 많은 토층이 형성된다. 그러나 암반에 단층이나 절리가 잘 발달할 경우는 풍화면이 지하로 가면서 매우 불규칙하거나 핵석이 많은 지반이 나타나는 경우가 있다. 화산암 중 현무암은 치밀하고 단단하여 풍화에 강하며, 안산암은 치밀하고 강건한 것부터 다공질인 것 등 종류가 다양하며 풍화가 용이하다. 현무암은 점토질이 많은 토양으로 풍화되며, 안산암은 점토질 토양 또는 양질 토양으로 풍화된다.

– 퇴적암으로 쇄설성 퇴적암은 모암의 입자크기에 따라서 풍화퇴적물(토층)의 입도가 결정되어 쉽게 토성을 판단할 수 있다. 쇄설성 퇴적암의 특징은 층리가 발달하는 것이며, 사암, 이암,

shale 등이 호층을 이루는 경우, 공기에 노출되기 전에는 높은 강도를 유지하고 있지만 대기 중에 노출될 경우 급속도로 풍화가 진행되어 붕괴 발생이 용이하다.

- 변성암은 성인과 조직이 매우 광범위하여 풍화특성과 풍화단면이 매우 다양하다. 편마암은 구성광물이 화강암과 유사하고, 절리발달이 빈번하지 않은 암반은 화강암과 같은 핵석을 포함하며 사질의 잔류토를 갖는 풍화단면을 보인다. 천매암과 편암 등 운모성분이 많은 암반은 지면에 노출될 경우 급속히 풍화되어 연약암반을 형성한다.

○ 미고결 암반

퇴적물이 재결정이나 고결작용을 받지 않은 연약암반으로, 암석과 퇴적물의 특성을 동시에 보이며 공기 중에 노출되면 짧은 시간 내에 쉽게 부서지는 특성이 있다. 신생대 지층(제 3기층, 제 4기층)으로 우리나라 동해안 일부, 전곡, 제주도에 소규모로 분포하고 있다. 산사태, 땅밀림 발생이 용이하다.

○ 용해성 암반

석회암 지대에서 석회공동의 형성은 용해작용에 의하여 형성되는데, 지역에 따라 용해특성이 다르기 때문에 공동(cavity)의 규모와 깊이가 지역에 따라 다르다. 지하공동 및 석화동굴이 발달한 지역에서는 함몰사태가 발생한다. 일반적으로 노출된 암반 사면과 절벽이 많이 발달한 지역과 하천 양안에서 측방 및 하방 용해작용이 활발한 지역에서는 암석낙하, 암

석 slide가 잘 발생한다. 기반암과 풍화대 간의 구분이 명확하고 토양층의 깊이가 매우 얇은 것이 특징이다.

○ 과지압 암반

지하 대심도 지역에서 나타나는 암반으로 지압(earth pressure)과 암반의 강도에 따라, 터널 내에서 암석파열(rock burst), rock spalling, squeezing 등이 발생한다.

○ 팽창성 암반

팽창성 암반은 팽창성이 높은 광물(스멕타이트, 버미큘라이트, 몬모릴로나이트 등 점토광물)을 포함하는 암반으로, 물과 작용하여 팽창하게 되며 연약지반을 만든다.

스멕타이트는 우리나라에서 제 3기 분지가 분포하는 포항분지, 울산분지 등 이암 분포지에서 흔히 함유되며, 버미큘라이트는 운모편암의 풍화지와 단층점토에서 많이 함유되고 있다.

○ 복합암반

좁은 공간에서 매우 다른 암반구조(화산활동으로 쇄설물인 clinker 또는 scoria)가 불규칙적으로 형성된 암반으로, 차별풍화가 발생하기 쉬우며 암반 특성을 판단하기 어려워 지질 위험이 상대적으로 크다.

- 상기 암반들 중에서 과지압 암반, 파쇄암반과 복합암반을 제외한 괴상암반, 블록성 암반, 층상암반, 풍화암반, 미고결 암반, 용해성 암반과 팽창성 암반은 비교적 쉽게 구분할 수 있어서 토양조사, 산지재해 위험성 판단과 사방시설물 배치 등에 참고할 수 있다고 판단된다. 보다 깊이

연구하여 이들 지식을 업무에 적극 활용
하기 바란다.

참고문헌

- ① 김수진. 1996. 광물과학. 도서출판 우성
- ② 김영근. 2013. 응용지질 암반공학. 씨.아
이.알
- ③ 박형동 외 4인 역. 2012. 지질공학의 기
초. Σ시그마 프레스
- ④ 신희순 외 2인 공저. 2000. 지질조사 및
암반분류. 구미서관
- ⑤ 안건상. 2014. 암석학 개론. 북스힐
- ⑥ 윤순옥 외 9인 역. 2010. 지형학 원리(제
3권). Σ시그마 프레스
- ⑦ 윤순옥 외 14인 역. 2016. 핵심 지형학.
Σ시그마 프레스
- ⑧ 이병주, 선우춘. 2010. 한국의 암석과 지
질구조. 씨.아이.알
- ⑨ 장보안 외 12인 역. 2013. 지질공학.
씨.아이.알 대한지질공학회
- ⑩ 한국 지반공학회. 2010. 사면안정(개정
판) 지반공학 시리즈5. 구미서관
- ⑪ 한국 지질공학회. 2011. 지질 및 암반공
학Ⅱ. 씨.아이.알
- ⑫ 한국 지질공학회. 2012. 지질 및 암반공
학Ⅲ. 씨.아이.알



시설-노지 연계양묘를 활용한 일본잎갈나무 묘목의 생산효과 시험

정 양 수
(사)한국산지환경조사연구회

1. 서론

최근의 양묘산업은 경제림 육성과 목재 수요 증가로 인해 종자 및 묘목 생산이 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 급격한 기후변화를 고려한 알맞은 수종 선정과 양묘방법의 다양화 또한 중요시 되고 있다. 이에 따라 기존의 시설양묘와 노지양묘의 장점을 혼합한 시설-노지 연계양묘를 활용하여 새로운 형태의 묘목을 생산하는 연구가 시도되고 있다.

그 동안 연계양묘에 관한 연구는 1971년 최초 연구를 시작으로 국내 · 외에서 다양하게 보고되고 있으나(김종진, 2006; 정영숙, 2009; 차영근, 2012; 조민석, 2012; 추성순, 2013; 손인기, 2013; 이종화, 2015), 소나무와 잣나무 다음으로 우리나라에서 가장 많이 조림된 수종인 일본잎갈나무(*Larix kaempferi*) 연계양묘에 대한 연구는 부족한 실정이다. 일본잎갈나무는 유묘단계에서의 양

분요구도 및 온도 · 수분조건에 대한 민감도가 높아 적절한 양묘방법을 통한 생산이 요구되고 있으므로, 연계양묘체계에 일본잎갈나무를 적용할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 용재림 조성을 위한 대표적 조림수종인 일본잎갈나무를 대상으로 2년생 우량 · 건전묘목의 생산을 목적으로 하는 시설-노지 연계양묘의 생산효과를 시험하고자 실시하였다.

2. 연구내용

가. 실험설계

본 연구의 대상지는 강원도 평창군 후평리에 위치한 평창국유양묘장이며, 실험에 사용된 묘목(*Larix kaempferi*)과 용기(KK-SI 350) 및 생육상토는 양묘사업소를 통해 분양받아 사용하였다. 연계양묘실험은 생육조건(용

기;C, 노지;B)의 조합에 따라 4개의 처리군(C1-B1, C2-0, B1-C1, B1-1)을 설정하였으며, 각 처리군 별로 2016년 3월에 파종한 100본의 일본잎갈나무 묘목을 선정하였다. 또한 2017년 3월에 이식하여 같은 해 3월과 11월에 각각 간장, 근원경, 건중량을 측정하였다. 측정 후 묘목의 총 건중, H/D율, T/R율을 분석하여 묘목품질지수(SQI)를 산출하였다.

1) 용기파종묘(C1-B1, C2-0)

C1-B1묘의 연계양묘 생산시험은 현재의 양묘생산체계의 수립을 목적으로 1년생 일본잎갈나무 묘목의 노지이식 효과를 구명하기 위해 실시하였으며, 비닐온실에서 1년간 양묘한 용기묘를 종묘사업실시요령에 준하여 당해년도 3월 중순 노지묘상에 이식 후 생산하였다. C2-0묘의 생육시험은 미 이식처리에 따른 C1-B1묘와의 품질비교를 위한 대조구 목적으로 실시되었으며, 실험은 2016년 3월 파종한 용기묘를 비닐온실에서 2017년 10월까지(1년 7개월) 양묘하는 방식으로 진행하였다.

2) 노지파종묘(B1-C1, B1-1)

B1-C1묘는 노지에서 1년간 양묘한 묘목의 용기 적응성을 구명하기 위하여, 2017년 3월 초 용기에 이식하였고, 보편적으로 사용되고 있는 B1-1묘는 실험기간동안 노지에서만 양묘하였다. 두 실험구 모두 이식 전에 발생하는 겨울철 동해 피해와 생육저하에 대비하기 위하여, 2016년 10월에 묘목 굴취 후 2017년 3월 초순까지 저온저장고(-2 ~ 4℃)에 저장하였다.

3. 연구결과

가. 간장·근원경 및 H/D율

본 연구에서 일본잎갈나무 묘목의 간장은 2017년 3월(1차 측정) 용기에 파종한 C1-B1묘와 C2-0묘가 각각 12.90cm, 13.05cm로 비슷하였으며, 노지에 파종한 B1-C1묘와 B1-1묘도 각각 15.72cm, 15.48cm로 비슷한 값을 나타내었다. 또한 노지에 파종한 처리구의 묘목이 더 크게 나타났다(그림 1). 하지만 2017년 11월(2차 측정)에서는 용기에서 노지로 이식한 C1-B1묘가 6.3배 증가한 82.10cm로 가장 높게 나타났으며, C2-0묘 > B1-C1묘 = B1-1묘 순으로 나타났다($p < 0.001$). 또한, 근원경 생장은 1차 측정에서 간장 생장과 마찬가지로 C1-B1묘(3.00mm)와 C2-0묘(3.07mm)의 차이가 없었으나, 노지에서 파종한 묘목(B1-C1, B1-1)에 비하여 크게 나타났다(그림 1). 2차 측정에서도 C1-B1묘가 12.09mm로 가장 높게 나타났고, 노지에서 2년 생장한 B1-1묘가 7.45mm로 그 뒤를 따랐다. 노지에 파종했던 B1-C1묘와 B1-1묘의 간장 생장 증가율은 다른 두 처리구에 비하여 적게 나타났다. 이는 생육상토와 충분한 관수환경으로 초기에 뿌리가 잘 발달한 용기파종묘에 비하여, 노지에서 생육한 묘목들은 초기 뿌리 발달이 상대적으로 저조하여 2차 측정에서 묘목의 간장 생장 증가율에 영향을 미친 것으로 생각된다. 따라서 초기에 용기에서 뿌리를 발달시키고 노지로 이식한 C1-B1묘가 2년차

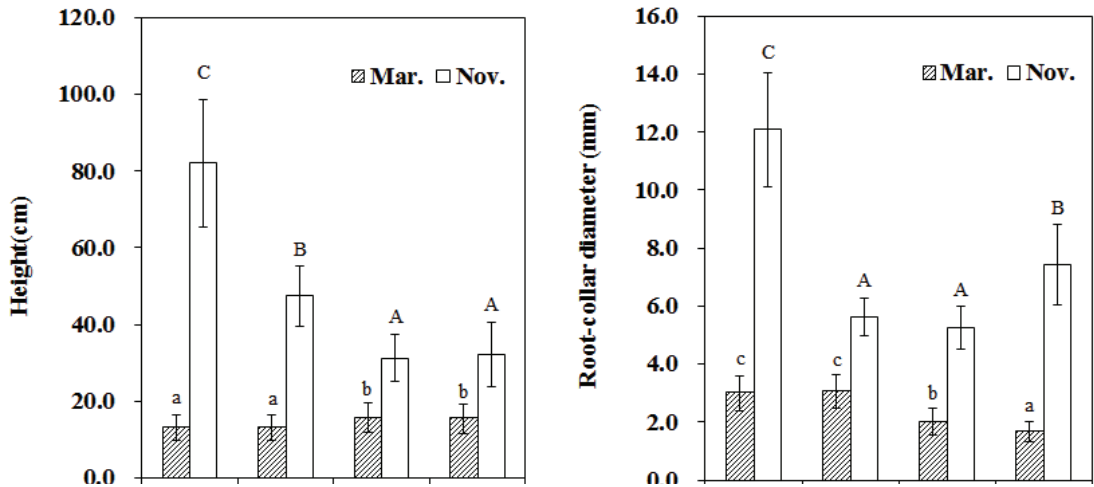


그림 1. 일본잎갈나무 묘목의 처리구 / 기간별 간장 및 근원경 비교

의 뿌리가 상대적으로 좁은 공간에서 생육한 C2-0보다, 간장과 근원경 모두에서 이식후 증가율과 성장량이 높게 나타난 것으로 생각되며, 일본잎갈나무(김종진 등, 2010b)와 소나무(전병윤 등, 2007) 그리고, 캐나다가문비(Scarrat, 1972)를 대상으로 한 실험 또한 큰 용적과 넓은 생육공간에서 자란 묘목이 활발한 생육을 한다고 하였다. 본 연구에서도 뿌리 생육 공간에 변화가 없던 B1-1묘의 초기 뿌리 발달은 부족했지만, 노지에서의 충분한 뿌리 생육공간을 바탕으로 2차 측정시에 간장보다 근원경의 증가율이 높았고, C2-0묘는 용기내에서 초기에 뿌리가 발달하였으나 좁은 뿌리 생육공간으로 인하여 2차 측정시에 근원경보다 간장의 생장이 더 증가한 것으로 보인다. 따라서 1년차의 생육은 지하부의 생장에, 2년차의 생육은 뿌리의 확장과 활착에 영향을 주는 것으로 보여진다.

H/D율은 간장을 근원경으로 나눈 값으로, 그 값이 작으면 비옥한 토양에서 지하부 생장이 발달한 다부진(stocky) 유형의 묘목으로 평가되고, 그 값이 크면 높은 밀도나 낮은 광조건에서 수고생장이 발달한 묘목과 같이 가늘고 약한(spindly) 유형으로 평가된다. 따라서 수중에 따라 성장과 형질을 모두 고려한 적절한 H/D율을 가진 묘목의 생산이 요구된다. 본 연구에서 C1-B1묘와 C2-0묘의 H/D율은 각각 4.30에서 6.79, 4.25에서 8.49로 증가하였지만, B1-C1묘와 B1-1묘는 각각 8.13에서 6.02, 8.51

에서 4.38로 감소하였다($p < 0.001$). 앞서 언급한 바와 같이, 용기에서 파종한 묘목은 초기에 높은 뿌리발달로 H/D율이 적었지만, 이후 지상부 생장이 촉진되어 H/D율이 1.56 - 1.98배 증가 하였다(표 1). 반대로, 노지에 파종된 묘목은 1차년도에 저조한 뿌리생장 때문

에 상대적으로 H/D율이 높았으나, 2차년까지도 뿌리 생장에 집중하여 지상부 성장보다 뿌리 성장속도가 높아져 H/D율이 낮아진 것으로 생각된다. 소나무 외의 침엽수 용기묘의 H/D율은 9.0 - 10.0의 범위이고, 노지묘의 H/D율은 7.0이하를 적정수준이라 하였는데 (Johnson et al., 1996), 본 연구 C1-B1의 결과 값이 이에 부합하므로 가장 적합한 형질의

묘목을 생산 할 수 있으리라 판단된다.

나. 건물생산량 및 T/R율

1차 측정기간 지상부의 건물생산량(g)은 처리구에 따라 0.17 - 0.46이고, 지하부의 건물생산량(g)은 0.12 - 0.50으로 용기에서 파종한 C1-B1묘와 C2-0묘에서 높았다(표 2). 또

표 1. 일본잎갈나무 묘목의 처리구 / 기간별 H/D율 비교

H/D ratio	Seedling type			
	C1-B1	C2-0	B1-C1	B1-1
Mar.	4.30 (1.15) a	4.25 (0.77) a	8.13 (2.44) b	8.51 (2.90) b
Nov.	6.79 (1.22) c	8.49 (1.50) d	6.02 (1.40) b	4.38 (1.13) a
p - value	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

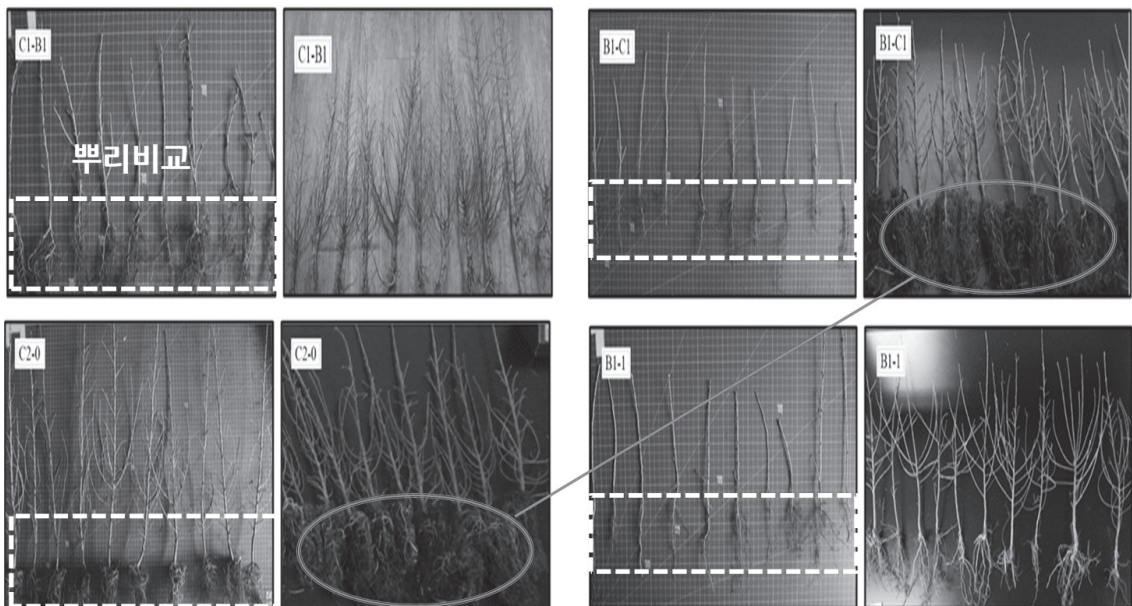


그림 . 일본잎갈나무 묘목의 처리구 / 기간별 근계생장 비교

표 2. 일본잎갈나무 묘목의 처리구 / 기간별 건중량 및 T/R율 비교

Seedling type	Dry weight						T/R ratio		
	Leaves+Stem (g)			Root (g)					
	Mar.	Nov.	p-value	Mar.	Nov.	p-value	Mar.	Nov.	p-value
C1-B1	0.43 (0.20)b	35.14 (14.75)c	< 0.001	0.50 (0.27)b	15.14 (6.42)b	< 0.001	0.86 (0.43)a	2.32 (0.50)d	< 0.001
C2-0	0.46 (0.22)b	4.36 (1.27)a	< 0.001	0.49 (0.25)b	4.11 (1.55)a	< 0.001	0.93 (0.16)b	1.06 (0.36)b	< 0.001
B1-C1	0.19 (0.11)a	2.91 (0.71)a	< 0.001	0.12 (0.08)a	3.86 (1.42)a	< 0.001	1.58 (0.62)c	0.75 (0.27)a	< 0.001
B1-1	0.17 (0.36)a	7.59 (1.39)b	< 0.001	0.12 (0.08)a	4.31 (1.79)a	< 0.001	1.41 (0.96)c	1.76 (0.59)c	ns

한 2차 측정기간에는 지상부의 건물생산량(g)이 2.91 - 35.14의 범위로 이식 후에도 노지에서 생육한 C1-B1묘와 B1-1묘의 순으로 높았다. 특히 지하부의 건물생산량(g)은 간장과 근원경이 높게 나타난 C1-B1묘가 15.14로 가장 컸고, 다른 처리구의 묘목들은 비슷한 수준으로 나타났다($p < 0.001$).

묘목 지상부의 증산과 지하부의 수분흡수 간의 비율을 조사하기 위한 수단이며(Haase, 2007), 지상부와 지하부의 건물생산량 비로 산출되는 T/R율은 1차 측정에서는 C1-B1묘(0.86)가 C2-0묘(0.94) 보다 작았고, 2차 측정에서는 노지로 이식한 C1-B1묘(2.32)가 C2-0묘(1.06) 보다 2.2배 컸다. 또한 노지에서 파종한 B1-C1묘와 B1-1묘의 1차 T/R율은 각각 1.58과 1.41으로 나타났으나, 통계적으로 유의성은 나타나지 않았다. 2차 측정 시의 T/R율은 각각 0.75, 1.76으로 노지에서 1년 7

개월 생육한 B1-1묘가 더 크게 나타났으나, 측정시기에 따른 유의성은 나타나지 않았다($p = 0.775$).

Haase(2007)가 보고한 노지묘와 용기묘의 적정 T/R율의 경우, 노지묘는 3.0 또는 이보다 약간 낮은 값이 건전한 묘목이며, 용기묘는 그보다 낮은 2.0 또는 이보다 약간 낮은 값이 적정하다고 하였다. 또한 우리나라에서는 2.5 - 3.0정도의 T/R율을 건전한 묘목으로 평가하였다(오민영, 1982). 처리구 중 가장 높은 T/R율을 나타낸 C1-B1묘는 초기에 양호한 생육조건에서 발달한 지하부 뿌리를 바탕으로 지상부의 물질합성이 더 활발했기 때문에 상대적으로 지상부의 성장 속도가 왕성했던 것으로 생각된다(정영숙, 2009). 한편, 일반적으로 낮은 T/R율은 지상부와 지하부의 균형 잡힌 성장을 의미하지만, 김종진 등(2014)은 T/R율이 정상적으로 간장생장이 이루어진

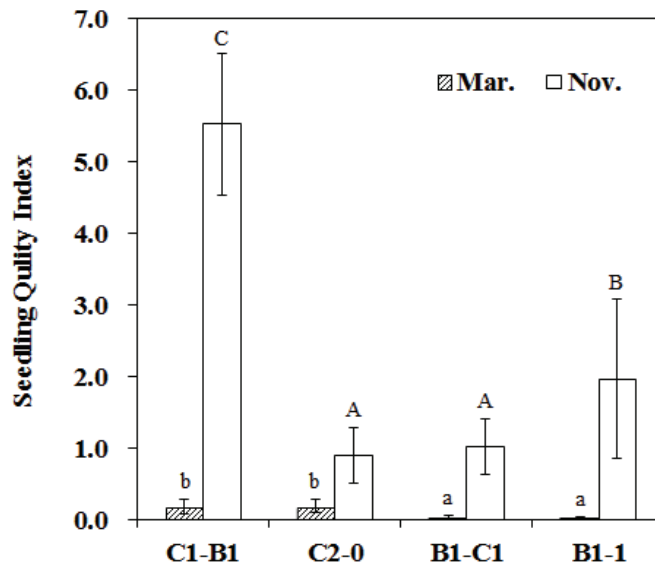


그림 3. 묘목품질지수 분석

묘목에 한하여 적용된다고 주장하였다. 본 연구에서도 B1-C1묘는 처리구 중 2차 T/R율이 가장 낮게 나타났지만, 지상부와 지하부의 건물생장량도 가장 작게 나타났으며, 간장생장도 4개의 처리구 중 가장 낮은 수준이었다(그림 2).

다. 묘목품질지수(SQI)

일반적으로 H/D율과 T/R율이 낮아지면 SQI는 높아지는 경향이 있는 것으로 보고되고 있으며, 그 값이 높을 경우 상대적으로 건전한 묘목으로 인정되고 있다(Bayala et al., 2009). 4개의 처리구에 Dickson et al., (1960)이 제안한 지수 산정방식을 적용하

여 묘목품질지수를 계산한 결과, 용기에 파종한 C1-B1묘와 C2-0묘는 1차 측정에서 각각 0.18, 0.30으로 다른 두 처리구에 비하여 높은 값을 나타내어 초기생장은 양호한 것으로 나타났으나, 2차 측정에서 각각 5.52와 0.89로 증가하여 큰 차이를 보였다(그림 3). 또한, 노지파종묘인 B1-C1묘와 B1-1묘의 경우 마찬가지로 1차 측정에서의 값은 비슷한 수준이었으나, 생육환경 변화에 따라 각각 1.02와 1.96으로 값의 차이가 나타났다. 처리시기에 따라 묘목품질지수는 4개의 처리구에서 모두 증가한 것으로 나타났으며($p < 0.001$), 특히 1차와 2차 측정의 변화율은 C1-B1묘에서 약 30배 증가하여 좋은 품질임을 나타내었다.

4. 결론

본 연구는 우리나라 용재림 조성을 위한 대표적 조림수종인 일본잎갈나무를 대상으로 2년생 우량·건전묘목의 생산을 목적으로 하는 시설-노지 연계양묘의 생산효과를 시험하고자 실시하였다. 용기(C)와 노지(B)의 조합에 따라 C1-B1묘, C2-0묘, B1-C1묘, B1-1묘로 설계하였고, 묘목의 간장, 근원경, 건물생장량의 차이를 분석하였다. 용기에 파종하여 1년 생육 후 다시 노지로 이식한 C1-B1묘는 다른 처리구에서 생산된 묘목보다 간장 및 근원경 생장이 높았으며, 특히 노지로의 이식 후 간장 생장은 월등한 성장차이를 보였다. 이러한 이유는 초기 용기묘에서의 활발한 뿌리생장에서 기인한 것으로 생각되며, C1-B1묘의 상대적으로 굵은 근원경과 줄기는 식재 시 현지 환경적응에 확실한 이점을 가지리라 판단된다. 한편 C1-B1묘와 같은 조건(용기파종)에서 1년 생육한 C2-0묘는 초기 지하부 발달은 좋았지만, 뿌리생육공간으로 인하여 2차 측정시에 근원경보다 간장의 생장이 더 증가했고 그로 인해 높은 H/D율을 나타내었다. 하지만 적정 T/R율의 범위내에서 성장한 것으로 판단되며, 2년생 이후의 대묘 생산을 위해서는 더 큰 용적의 용기로 이식하여 생육시키는 방법도 고려해 볼 필요가 있다. 노지에 파종한 B1-C1묘와 B1-1묘는 생육상토와 충분한 관수환경으로 초기에 뿌리가 잘 발달한 용기파종묘에 비하여, 초기 뿌리 발달이 상대적으로

저조한 것으로 나타났는데, 이는 토양조사 시 나타난 답압 등으로 인해 유묘의 뿌리가 노지에 활착되지 못해 나타난 문제로 생각된다. 또한 이 원인으로 2차 측정 시 간장생장 증가율에 영향을 미친 것으로 사료된다. 한편 H/D율과 T/R율은 두 처리구 모두 1차 측정 시 보다 낮거나 비슷하였다. 하지만 선행연구 결과를 대입해 보았을 때, 이러한 결과를 묘목 건전도의 상승으로는 볼 수 없다고 판단된다.

본 실험결과, 용기-노지 연계양묘시스템(C1-B1)을 활용하는 것이 적절한 것으로 조사되었다. 현재까지도 우리나라의 일부 국유양묘장에서는 일본잎갈나무 묘목생산을 노지양묘에 의존하고 있으며, 작업 효율성 및 기타 기상재해의 위험성에 상시 노출되어 있는 실정이다. 따라서 현재의 노지양묘 체계를 고수하기보다는 용기-노지 연계양묘를 통한 묘목생산의 방법이 과거 노지양묘에 대한 단점을 보완하고 시설양묘 전환의 시발점이 될 것이라 사료된다.

5. 맺음말

본 연구는 2017년 산림청 국유양묘장 토양조사 연구용역에 의해 수행되었으며, 2018년 “시설-노지 연계양묘를 활용한 일본잎갈나무 묘목생산에 관한 연구” 석사학위논문의 일부입니다.

참고문헌

- 김종진, 윤택승, 조혜경, 송국현. 2006. 소나무 · 상수리나무 용기묘와 노지묘의 생육 비교 분석 및 효율적 조림방안 연구. 산림청 221 p.
- 김종진. 2007. 일본잎갈나무 종자관리와 용기양묘기술, 한국양묘협회지 35 : 43-56.
- 김종진, 윤택승, 송국현. 2005. 시설양묘를 이용한 조경수 생산기술 개발. 136 p.
- 윤택승, 김종진, 권기원, 송국현, 정영숙, 송기선, 장광은, 차영근, 최규성, 이정훈. 2010. 시설양묘정책 및 발전방향 연구. 산림청. 235 p.
- 이봉수, 윤종규, 이명보, 정용호, 박승걸, 노규형, 김동극, 최대락. 1984 건묘육성을 위한 유묘규격에 관한 연구. 31 : 20-30.
- 정영숙. 2009. 소나무 용기대묘 생산을 위한 연계양묘체계 개발에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문. 116 p.
- Dickson, A., A.L. Leaf, and J.F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For, Chron. 36 : 10-13
- Haase, D.L. 2007. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. Tree Planter's Note 52 : 24-30
- Johnson, F., Paterson, J., Leeder, G., Mansfield, C., Pinto, F. and Watson, S. 1996. Artificial rgeneration of Ontario's forest: species and stock selction manual. Forest Research Information Paper No.131. Ontario. 51
- Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and JP. Barnet. 1995. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 1. Nursery plannig, development and management. Agriculture handbook 674. USDA, Forest Service, Washington DC. 188 p.



산림분포와 미세먼지 농도의 상관성 분석

최 인 규

(사)한국산지환경 조사연구회

최근 이슈화되고 있는 미세먼지와 산림과의 상관성을 분석하고자, GIS 분석기법인 크리깅을 이용하여 수도권 지역의 미세먼지 데이터를 보간하였고, 1:5,000임상도를 이용하여 산림면적과의 상관성을 분석하였다.

은밀한 살인자라고 불리는 미세먼지는 최근 가장 크게 이슈되고 있는 환경문제이다. 과거 황사, 봄철 안개라고 불리던 것들이 최근 과학 기술의 발달에 따른 측정기술이 고도화 되면서 PM2.5 단위의 초미세먼지까지 관측이 되고 있다. 과거에 비해 삶의 질이 향상되고 건강에 대한 요구가 높아짐에 따라 산림의 대기 정화 기능에 대한 관심은 현저히 높아지고 있다. 산림의 미세먼지 저감 능력은 이미 임내가 임외의 비해 미세먼지 농도가 낮다는 것이 선행연구를 통해 알려져 있다. 하지만, 산림 면적이 많은 곳이 그 주변 지역보다 미세먼지 저감 효과가 있는지에 대한 연구는 부족하다. 이에 따라 공공데이터로 오픈되어 있는 미세먼

지 데이터와 임상도를 이용하여 산림면적과 미세먼지 농도와의 연관성을 분석해보고자 하였다.

I. 서론

산림은 목재생산, 수원함양, 재해방지, 환경보전, 휴양 등의 유익한 기능을 갖고 있다. 과거에 산림 대기 순기능으로 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하여 기후온난화를 막는 중요한 기능을 생각했다면, 최근에는 미세먼지 저감 능력에 대한 기대가 점점 높아지고 있다. 미세먼지는 말 그대로 미세한 먼지를 말하

며, 그 크기에 따라 입자의 지름이 $10\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM10)와 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM2.5)로 나뉜다. 미세먼지(Particulate Matter 10, PM10)는 고체와 액체 상태의 입자 모두를 포함하며, 공장 연소물질, 자동차 배기가스, 생물성 연소와 같은 인위적인 원인 그리고, 황사와 같은 광물 입자, 소금 입자, 꽃가루나 미생물과 같은 자연적인 과정에 의해 배출된다.(www.airkorea.or.kr)

최근 10년간 지역별 미세먼지량을 분석한 결과 경기도가 가장 높은 수치를 보이며, 그 뒤로 충북, 인천지역이 높은 편이다. 반대로 미세먼지량이 가장 낮은 지역은 충북이며, 제주 지역도 낮은편에 속한다.(그림 1)

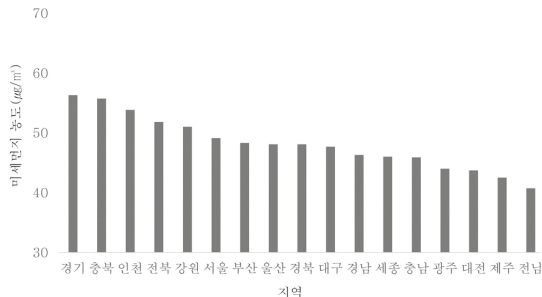


그림 1. 지역별 연평균 미세먼지 농도

미세먼지는 도시·산업화 시기인 과거에 비해 점차 감소하는 추세에 있다. 최근 10년동안 미세먼지의 양은 2012년에 가장 적었으나 다시 상승하였고, 이후 완만히 감소하고 있다.(그림 2)

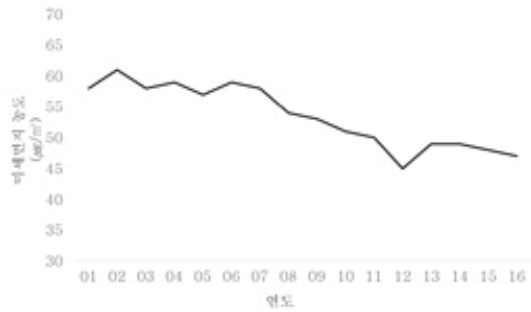


그림 2. 연도별 미세먼지 농도

삶의 질이 향상됨에 따라 일반적인 건강에 대한 관심은 감소되고 있으나, 미세먼지의 양과는 별개로, 미세먼지와 건강과의 상관성에 대한 관심은 증가하고 있다. 미세먼지에 대한 관심은 매스컴에 이슈화 됨에 따라 정부가 미세먼지에 특별 대책을 발표한 2016년에 오히려 미세먼지 뉴스가 전년대비 약 90% 증가하였다.(하나금융경영연구소)

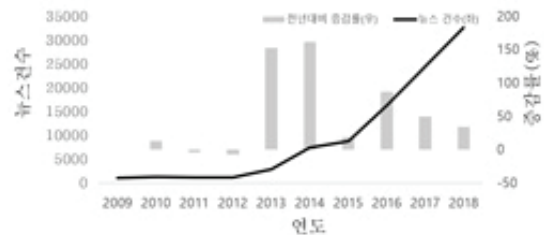


그림 3. 연도별 미세먼지 뉴스 건수

이에 따라 효율적인 미세먼지 저감정책을 수립하기 위한 다양한 연구가 진행 중이며, 더불어 인간에게 해를 주는 미세먼지의 위험성에 대한 연구도 증가하고 있다.

미세먼지가 건강에 미치는 위험성을 살펴보

면, 미세먼지는 암의 발병률을 증가시키며, 호흡계 및 심혈관계의 영향을 주고, 결과적으로 인체에 미치는 영향도 매우 커 사망률을 높인다. (명준표, 2016) 특히 단기 노출만으로도 심혈관계 질환을 비롯한 당뇨병 발생을 유의하게 높이고 있는 것으로 보고되고 있다. (배현주, 2014)

건강을 위협하는 미세먼지의 효율적인 대처를 위해 우리나라에서는 기상청과 환경부가 주관하여 미세먼지를 측정하고 있으며 저감대책을 범정부적으로 펼치고 있으나 은밀한 살인자라고 불리는 미세먼지에 대한 걱정은 줄지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 산림면적이 많은 곳이 미세먼지의 농도가 낮을 것이라는 가설을 세워 산림과 미세먼지 농도에 대한 연구를 수행하고자 하였다.

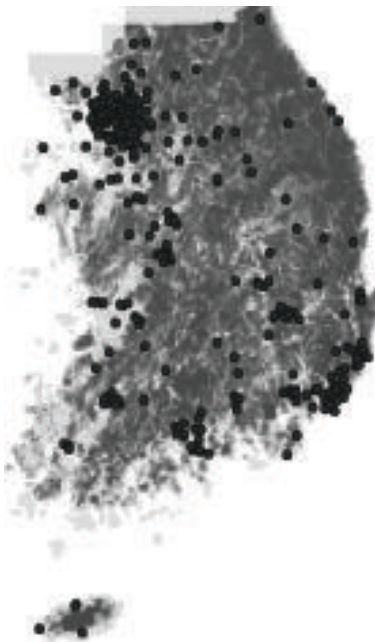


그림 3. 미세먼지 측정소 분포

II. 연구자료 및 방법

1. 연구 대상지

연구 대상지는 서울과 경기도를 포함한 수도권 일원으로 하였다. 우리나라에는 319개소의 미세먼지 관측시설이 분포하고 있다. (그림 3)

이중 37.6%인 120개소가 서울과 경기도에 집중 분포하고 있다. 연구 대상지 선정은 미세먼지와 초미세먼지의 관측소가 많이 분포하고 있어 산림과의 분포특성의 비교가 용이한 곳으로 선정하였다. (그림 4)

미세먼지 측정소를 지역별로 살펴보면, 경기도에 가장 많은 81개의 관측소가 있으며, 세종시는 2개소로 가장 관측소 수가 적다. (표 1)

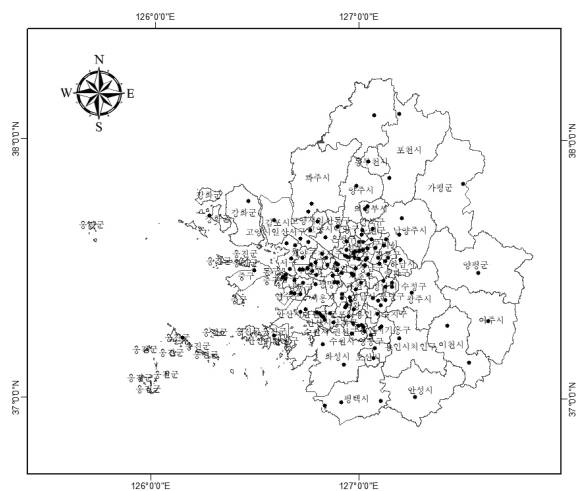


그림 4. 미세먼지 측정소 분포

표 . 지역별 미세먼지 측정소 개소수

지역	개소수	지역	개소수
서울	39	제주	4
경기	81	대구	12
강원	10	경북	18
부산	21	대전	10
경남	23	충북	11
울산	15	충남	10
광주	9	세종	2
전북	16	인천	21
전남	17	총계	319

2. 연구 자료

본 연구에는 산림청으로부터 수령받은 1:5,000 수치임상도와 행정구역도를 이용하였으며, 기상청(에어코리아)에서 미세먼지와 초미세먼지의 측정값을 수령하여 이용하였다. 에어 코리아는 전국 112개 시·군에 설치된 398개의 도시대기 측정망, 도로변대기 측정망, 국가배경 측정망, 교외대기 측정망에서 측정된 대기환경 기준물질의 측정 자료를 다양한 형태로 표출하여 국민들에게 실시간으로 제공하고 있다.(www.airkorea.or.kr)

수령한 자료는 Arcgis 10을 이용하여 GIS 분석을 하였으며, 상관성 분석에는 Microsoft office를 이용하였다.

3. 연구방법

본 연구는 먼저 에어코리아에서 수령한 미세먼지 측정 데이터를 측정소의 위치좌표를 이용하여 공간DB화 하였다. 공간DB화한 자료는 전체 면적에 비해 부족한 표본수에 따른 공간 및 데이터의 한계를 보완하고자 크리깅(Kriging)기법을 이용하여 측정소에 한정되어 있는 측정값을 보간하였다.

보간법은 이미 취득한 다양한 지점의 데이터 위치정보와 수치값을 이용하여 지점과 지점사이의 값을 논리적으로 예측하는 지구통계학적 기법이다. 보간법에는 IDW(Inverse Distance Weighted)과 크리깅(Kriging) 보간기법이 있다. 먼저 IDW 보간법은 거리가 멀어질수록 그 영향력은 감소하고 가까울수록 영향력이 증가하는 구조로 공간단위를 보간하는 방법이다.



그림 5. IDW 분석

크리깅(Kriging)은 가중선형조합을 이용하여 이미 관측된 지점들로부터 미지의 점에 대한 추정값을 예측하는 지구통계학적 기법이다(최종근, 2013). IDW 보간법이 측정된 데이터 간의 거리에 따라 값을 추정하는것에 비하여 크리깅은 이웃한 점들의 거리뿐만 아니라 상관강도를 고려하여 추정하기 때문에 전체적인 경향을 파악하기에 유리하다.



그림 6. 크리깅 분석

본 연구에서는 2016년에 관측된 120지점의 미세먼지 관측데이터를 크리깅 기법을 이용하여 보간하였고, 각각의 지점에 대한 미세먼지 측정값을 포인트화하여 임상도와 공간조인 하였다.



그림 7. 연구 모식도

Ⅲ. 결과 및 고찰

2016년에 관측된 수도권 120개 지점의 연평균 미세먼지 농도 값을 크리깅 보간법을 이용한 분석결과 수도권 중심을 기점으로 동쪽에 위치한 양평, 여주, 광주의 지역이 미세먼지 농도가 낮은 것으로 분석되었다. 이와 반대로

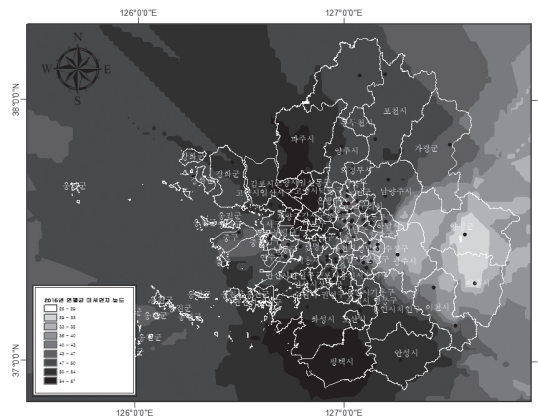


그림 8. 연구대상지 크리깅분석

수도권 중심을 기점으로 북서쪽의 파주, 김포와 남서쪽의 평택, 화성, 인천은 미세먼지 농도가 상대적으로 높게 분석되었다.(그림 8)

미세먼지와 산림면적과의 연관성 분석을 위해 임상도를 이용하여 산림면적을 추출하였다.(그림 9)

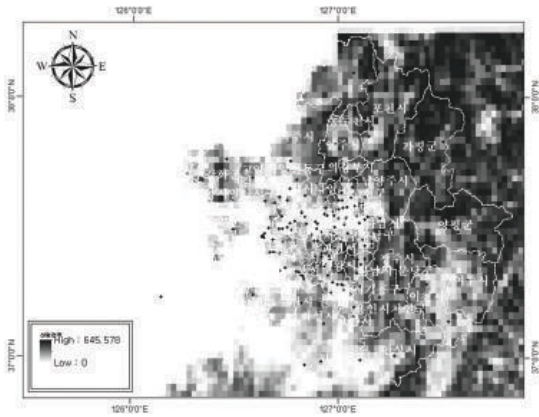


그림 9. 연구대상지 산림면적분석

산림면적을 계산하고 피시넷(Fish-net)을 이용하여 일정한 거리의 격자형태의 포인트를 생성하고 크리깅 분석값과 공간조인하였다. 이후 임상도를 이용하여 각 포인트별 반경 500m 지점의 산림면적을 추출하여 미세먼지와 산림면적과의 상관성을 분석하였다. 상관성 분석을 위하여 상관계수로 수치화 하였다. 상관계수는 두 변량 X, Y에 대해 상관관계의 정도를 수치화하여 계수로 표현하는 것으로 아래 식(1)에 따라 계산된다.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \times \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (식1)$$

분석결과 그림 10과 같이 산림면적이 증가할수록 연평균 미세먼지 농도가 다소 감소하는 것을 알 수 있었으나 상관성이 크게 나타나지는 않았다.

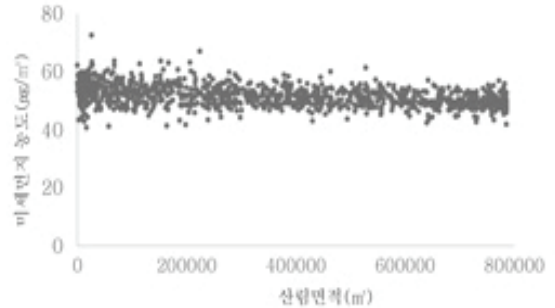


그림 10. 산림면적과 미세먼지농도

연평균 미세먼지 농도와 함께 대상지의 시군구별 산림면적과 월별 미세먼지 농도를 분석하였다.

분석결과, 6월이 -0.54 로 가장 높은 음의 관계를 나타냈으며, 반대로 1월은 $+0.07$ 로 산림이 많이 분포하는 곳에서 오히려, 미세먼지의 농도가 높게 나타났다. 특히 6월과 8월은 일반적인 상관계수의 해석으로 볼 때 다소 높은 상관관계가 있는것으로 분석되었다.(표 2)

표 2. 상관계수 해석

범위	해석
$\pm 1.0 \sim \pm 0.7$	매우 강한 상관성
$\pm 0.7 \sim \pm 0.4$	강한 상관성
$\pm 0.4 \sim \pm 0.2$	약한 상관성
$\pm 0.2 \sim \pm 0.0$	무

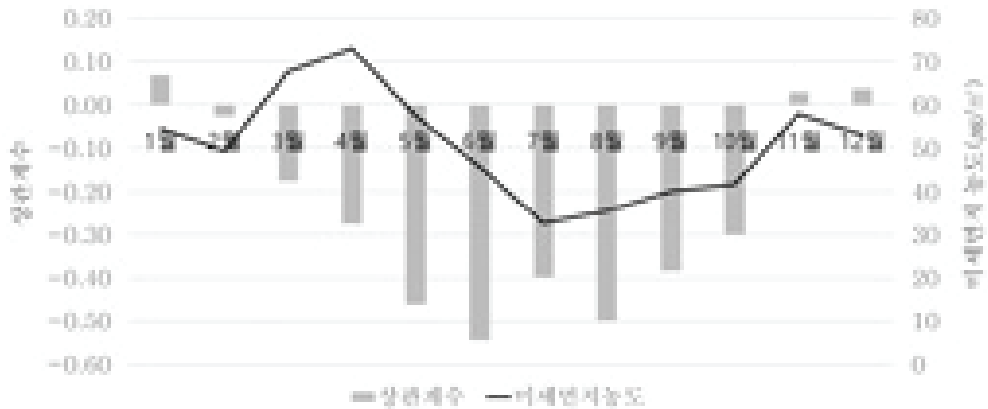


그림 11. 월별 상관계수 분석

상관성 분석에는 다양한 요인을 고려해야 하며, 미세먼지 특히 농도의 영향을 주는 다양한 요인이 존재한다. 산림과의 상관성만 놓고 볼 때 5월이후 음(-)의 관계가 급격히 형성되고 10월 이후로 양(+)의 관계를 나타내는 것은 활엽수의 잎이 나는 시기에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다.

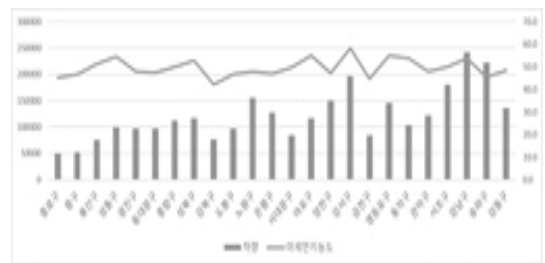


그림 12. 차량등록 대수와 미세먼지 농도

6월과 8월의 산림면적과 미세먼지 농도의 상관계수 값이 유의한 값인지를 알기 위해서는 다양한 인자와의 비교가 필요하다. 이를 위해서 미세먼지 농도에 영향을 주는 다른 요인인 자동차 등록대수, 인구밀도, 공장밀도, 제조업 연소와의 상관계수를 분석해보았다.

먼저, 차량등록대수를 분석해보면, 등록대수는 강남구가 가장 높았으나 미세먼지의 농도는 강서구가 가장 높게 나타났다. 차량등록 대수와 미세먼지 농도의 분석 결과 상관계수는 0.36으로 약한 양(+)의 상관성을 보였다.(그림 12)

다음으로 비교한 인구밀도와 미세먼지 농도와 의 연관성은 뚜렷한 특징이 나타나지 않았다.

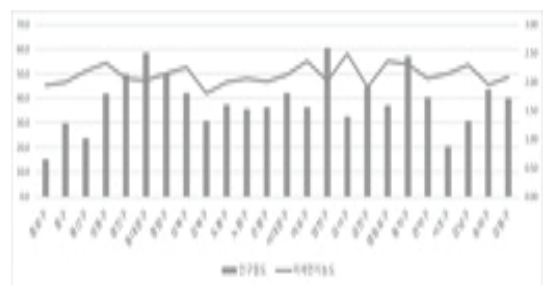


그림 13. 인구밀도와 미세먼지 농도

공장밀도는 지목상의 공장을 기준으로 비교하였으며 상관계수는 -0.03 으로 연관성이 크게 나타나지 않았다. 하지만 선행 연구를 보면 익히 알고 있듯이 공장지대 가운데 제조업 연소와 관련된 분야에서 미세먼지 농도에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다. 이외에도 다양한 미세먼지와 관련된 논문을 살펴본 결과 기상의 경우는 온도와 증기압, 지열에 따른 영향이 큰 것으로 나타났다. 한편, 미세먼지에 따른 질병과의 상관성 분석결과 천식이 $0.4 \sim 0.6$ 사이의 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 또한 다른 요인과 미세먼지 농도와의 상관계수를 비교한 결과 다른 요인에 비해 6~8월 미세먼지 농도와 산림면적과의 관계는 큰 연관성을 갖는 것으로 생각된다.

IV. 결론

2016년 관측된 수도권 지역의 미세먼지 농도와 임상도를 이용한 산림면적으로 미세먼지 농도와 산림과의 연관성을 분석해 보고자 하

였다. 분석을 위해 크리깅 보간법을 이용하여 관측지점이 갖는 개소수의 한계를 보완하였고 이를 통해 공간단위를 재설정 하였다.

분석결과 연평균 농도와 산림면적과의 관계는 음(-)의 관계는 있지만 연관성이 크지 않은 것으로 분석되었다. 하지만 월별 데이터의 분석결과 6월과 8월은 -0.54 의 큰 음(-)의 관계가 있는 것으로 분석되었다. 산림 이외의 큰 상관성이 있을 것이라고 예상되었던 인구 밀도, 차량등록대수 등의 인위적 요인의 상관계수에 비해서도 산림면적에 따른 미세먼지 농도의 상관성은 높게 나타났다. 5월 이후 급격히 높은 음(-)의 관계가 나타나는 것은 활엽수의 잎이 피는 시기와 연관성은 있을 것으로 생각된다. 관측지점의 부족과 미세먼지에 영향을 주는 지리적 특성을 고려하지 못한 한계가 있지만, 본 연구를 통해 산림과 미세먼지의 연관성을 분석하였으며, 향후 미세먼지 저감을 위해 임업분야의 다양한 연구를 기대한다.



부 록

정 관

1996. 8. 9 허가
 1998. 4. 28 개정
 1999. 11. 13 개정
 2001. 3. 26 개정
 2005. 12. 6 전문개정
 2009. 10. 1 개정
 2017. 8. 14 개정
 2019. 3. 29 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 취약계층에게 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 각 호의 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. 원격탐사 기법 등 산림측정 기술개발 연구
8. 산림지리정보 시스템개발 및 DB구축
9. 산림토양의 이화학성 분석 및 평가
10. 임업소득 향상을 위한 교육, 임산물의 조사 및 생산단지 조성지에 대한 컨설팅
11. 수목의 피해원인 조사, 진단 및 평가
12. 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 총회에서의 발언권과 의결권을 가진다.
- ② 일반회원은 발언권만 가진다.

제9조(회원의 의무) 본 회의 회원은 정관규정을 준수하고 이에 따른 규정과 총회 및 제반업무 수행에 적극 협조 하여야 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 자는 이사회 의결에 의하여 제명할 수 있다.

제 3장 임원 및 조직

제11조(임원의 구성) 본 회의 다음 임원을 둔다.

- ① 회 장 : 1인
- ② 부 회 장 : 1인
- ③ 이 사 : 7인이내
- ④ 상임이사 : 1인
- ⑤ 감 사 : 1인

제12조(임원의 자격 및 선출)

- ① 임원은 이사회 제청으로 총회에서 선출한다.
- ② 상임임원은 회장, 부회장 및 상임이사로 한다.

제13조(임원의 임기)

- ① 상임임원의 정년은 만65세 되는 당해년도 말까지로 한다.
- ② 회장의 임기는 3년으로 하고 연임할 수 있으며, 그 임기는 최대 6년으로 하되 상임임원의 정년연한 이내로 한다.
- ③ 회장 취임 후 정년이 도래되어 3년 임기를 채우지 못할 경우 그 임기는 3년으로 한다.
- ④ 보선에 의하여 취임한 임원의 임기는 전임자의 잔여임기로 한다.
- ⑤ 회장을 제외한 임원의 임기 중 궐위 또는 유고 시 이사회 의결을 거쳐 선임하고 총회에 보고한다.
- ⑥ 감사의 임기는 2년으로 하고 연임할 수 있으며 최대 4년으로 한다.
- ⑦ 등기이사 임기는 3년으로 한다.

제14조(임원의 직무) 임원은 다음의 직무를 행한다.

- ① 회장은 본 회를 대표하여 업무를 총괄하고 총회와 이사회의 의장이 된다.
- ② 부회장은 회장을 보좌하며 회장 유고시에는 부회장이 그 직무를 대행한다.
- ③ 상임이사는 회장의 명을 받아 이 조사연구회의 업무를 집행한다.
- ④ 이사는 이사회에 참석하여 본회의 업무추진에 관한 사항 및 의안을 심의·의결한다.
- ⑤ 감사는 본 회의 재산 및 업무집행 상황을 감사하여 총회에 보고하고 이사회에 참석하여 의견을 진술할 수 있다.

제15조(임원의 보수)

- ① 상임임원은 유급으로 한다.
- ② 비상임임원은 근무기간을 정하거나 출장 등 외부에서 업무수행 시 보수 또는 수당을 지급할 수 있다.

제16조(임원의 해임) 임원은 다음 각 호의 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(고문, 자문위원 및 전문위원)

- ① 본 회의 연구발전과 조사기술개발에 대한 자문을 받기위하여 고문, 자문위원 및 전문위원을 둘 수 있다.
- ② 자문이나 회의참석 시 소정의 수당을 지급할 수 있으며, 업무수행을 위해 기간을 정하여 근무할 경우 보수는 별도의 기준으로 지급할 수 있다.
- ③ 고문, 자문위원 및 전문위원은 이사회의 의결을 거쳐 회장이 위촉한다.

제18조(조직) 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 발견할 때 회장이 소집한다.
- ④ 총회는 다음 각 호의 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) 본 회의는 회장, 부회장, 이사, 상임이사로 구성되는 이사회를 둔다.

제22조(이사회 개최)

- ① 이사회는 회장이 필요하다고 인정하거나 재적이사 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 사업수익금
- ② 찬조금, 기부금
- ③ 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) 본회의 감사는 정관 제14조 제5항의 규정에 따라 회의 업무 및 재무에 관한 사항을 연 1회 이상 감사하여 총회에 보고해야 한다.

제34조(해산) 본회의 해산은 이사회회의 의결을 거쳐 총회에서 회원의 3분의 2이상의 출석과 3분의 2이상의 찬성으로 의결하여 산림청장에게 신고하여야 한다.

제35조(청산 재산의 처리) 본회의 청산 잔여재산은 산림청장이 지정하는 국가, 지방단자치단체 또는 유사목적에 가진 다른 비영리 법인에 귀속한다.

제36조(정관의 개정)

- ① 정관의 개정은 재적회원의 과반 수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2 이상의 찬성으로 의결한다.
- ② 전항의 정관개정은 주무부처의 승인을 받아야 한다.

부 칙 (1996. 8. 9.)

- ① (시행일) 본 정관은 산림청장의 허가 날로부터 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 (경과규정) 이 정관 개정당시 재임중인 임원의 임기는 2007년 2월 말일까지로 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 (경과규정) 이 정관 개정당시 재임중인 임원의 임기는 잔여임기 까지로 한다.

부 칙 (2017. 8. 14.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (경과규정) 이 정관 개정 당시 명예회원은 일반회원으로 가입 된 것으로 본다.

부 칙 (2019. 3. 29)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (경과규정) 제13조 ①항에서의 상임임원 임기는 2018년 12월말 현재 근무중인 상임임원에 한하여 1년의 유예기간을 두어 만66세로 한다.

임원 및 회원 명단

임원

- 회 장 : 변재경
- 고 문 : 류택규, 김규현, 안병영
- 부 회 장 : 심우범
- 상임이사 : 김정환
- 이 사 : 원형규, 심중보
- 감 사 : 김종찬

자문위원

김석권, 김성식, 김태훈, 박승중, 박재순, 송장호, 연정수, 오종환, 이동섭, 이여하, 이진규, 최명섭, 홍인표

전문위원

배상원, 류주형

정 회원

김규현, 김기남, 김문겸, 김석권, 김성식, 김용민, 김정환, 김종찬, 김태훈, 류주형, 류택규, 박성범, 박승중, 박재순, 배상원, 변재경, 송장호, 심우범, 심중보, 안병영, 연정수, 오종환, 원현기, 원형규, 이동섭, 이승현, 이여하, 이진규, 장영기, 전수진, 정양수, 제갈상규, 최명섭, 최인규, 홍석주, 홍인표 (36명)

일반회원

구교상, 구창덕, 김경하, 김동균, 김선경, 김성환, 김용석, 김재원, 김종찬, 김철민, 김철수, 김춘식, 도미령, 박관수, 박병배, 박정신, 손요환, 서수안, 서호석, 성주한, 안경모, 윤호중, 이대섭, 이대호, 이명중, 이봉수, 이상수, 이승우, 이시영, 이원규, 이창우, 이충화, 이태수, 전현선, 조성철, 조재형, 조현국, 조현제, 지동훈, 지성구, 최 경, 최형태, 홍의기, 홍한표 (44명)

주요 일 지

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
- 2019. 3. 29 제 7차 정관개정 승인
- 1997. 2. 21 제1차 정기총회 이후 2019년까지 제22차 정기총회 개최

주요 사업실적(1996년~2018년)

- 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(2006~2018) : 국 21, 사 15
 - 임지생산 능력급수도 현행화 및 임상·토양정보 활용모델개발 : 2012년 1건
 - 광릉 숲 토양속성 및 공간분포 특성조사 : 1건
 - 광릉시험림 정밀 산림조사(산림생산기술연구소) 1건
 - 녹색자금 숲 체험 교육사업 : 1건
 - 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지토양도 제작 : 3건
 - 산림물지도 제작을 위한 현장 토양조사 및 토양분석 : 1건
 - 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사 : 1건
 - 소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰 조사 : 1건
 - 전국 땅밀림 우려지 추출 및 조사기법 개발 연구 : 1건
 - 산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련 : 1건
- 외국 관련 용역
 - 중국 서부지역(5개지역) 조림사업 PMC용역 1건
 - 미얀마 중부지역 녹화시험단지 조성사업 1건
 - 중국 북경지구 산림종합경영 시범사업 PMC용역 1건

- 산림공간정보 구축사업
 - 1:5,000 산림입지토양도 제작 : 2008년~2018년까지 3,791도엽(1,322,367ha)
 - 1:5,000 임상도현행화 : 2009년~2018년까지 자연적변화 2,076도엽, 인위적변화 8,651도엽
 - 접경지역 임상도 감리 : 2013년 670도엽의 12%(81도엽)
- ‘산지환경’회지 발간 : 21회
- 산림토양 세분류 조사 : 3년
- 산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정확인 : 적합성조사 1,513건, 생산과정확인 3,491건

2019년 수행사업

- 산림공간정보구축사업
 - 1:5,000 산림입지토양도 제작 : 411도엽(202,406.78ha) [한국임업진흥원]
 - 1:5,000 임상도현행화 : 자연적변화지 783 도엽, 인위적변화지 4,687도엽 [한국임업진흥원]
- 국유양묘장 토양조사 : 국유묘포 2지역 (용문, 화천) [산림청]
- 전라남도 산림수자원 유역시험지 산림입지토양조사 및 정밀산림입지토양도 제작 (화순, 장흥, 완도) [국립산림과학원]
- 산림치유자원조사 [산림복지진흥원]
- 산지훼손 1차 일제조사 통계 불일치 지역 현행화 [한국산지보전협회]
- 생활권 수목 생육기반환경 평가를 위한 토양조사(서울 숲) [국립산림과학원]
- ‘산지환경’ 회지 발간 : 제 22호

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
제주시험림 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	박문재 / 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 사망탐 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	김문억 /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

산림입지토양도(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

박재현 / 141

야 호!

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 · 반용욱 · 한정연 · 최용의 / 154

기행문한탄강 유역의 산림입지환경 및 산림토양단면 특성
가자! 가야로

이종명 / 161

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

제 21호 2018

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

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
------------------------	-----

산지환경

제22호

2019년 6월 인쇄
2019년 6월 발행

발 행 인 : 변재경
편집위원 : 원형규, 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

"우리 연구회에서는 토양의 물리성 및 화학성 분석을 통해 신뢰도 높은 분석검정 서비스를 제공하고 있습니다"

- ▶ 수목식재 및 피해지의 토양진단을 위한 물리화학성 분석
- ▶ 나무의사 제도 시행에 따른 수목 피해원인 진단
- ▶ 도시림 유지관리를 위한 토양환경개선방안 제시

토양 분석장비



토양분석실



입도분석



산도(pH), 양이온치환용량,
전기전도도 측정



유효인산 측정(UV)



치환성염기 측정(AA)

시험규격

시험구분	시험항목	규격	시험단위	수수료(원) *부가세별도	처리기한
물리성	1) 입도분석	토양시료 1kg 이상	1점	전화, E-Mail 문의 문의	10점 이하: 10일
화학성	2) 산도(pH)				11-20점: 13일
	3) 유효인산				21-30점: 16일
	4) 양이온치환용량				31-40점: 19일
	5) 전기전도도				41-50점: 22일
	6) 치환성염기				* 50점 이상은 매 10점마다 3일씩 가산
	① 칼 륨				
	② 나트륨				
	③ 칼 숴				
	④ 마그네슘				

※ 신청 및 시료발송 전 연구회에 문의하시기 바랍니다.(전화:031-572-1678)

산림토양 · 임상 조사장비



하그로프 Vertex 측고기



하그로프 VL-GEO 측고기



생장추



순토 콤파스/크리노메타



표준토색칩

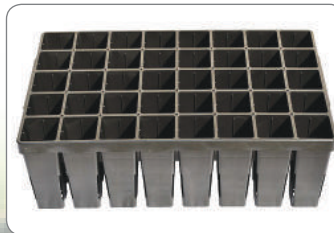


山中式 토양경도계

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@shinilsci.com www.shinilsci.com