

주요 사업실적

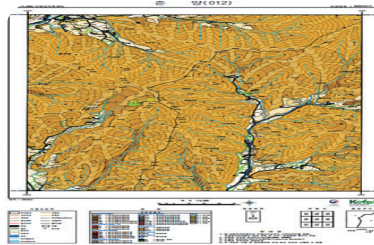
- ▶ 산림입지토양도(1:5,000) 제작 '08~'20 : 1,761천ha(4,682도엽)
- ▶ 임상도(1:5,000) 현행화 구축 사업 '14~'20 : 자연적 변화(4,110도엽)
인위적 변화 (17,035도엽)
- ▶ 국·사유 양묘장 토양조사 '06~'20 : 40지역(국유 25, 사유 15)
- ▶ 산양삼 종자공급단지 조성사업 '17 : 중부권역(충주)
- ▶ 산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정 확인 '15~'18 : 생산적합성조사(1,513건) 및
생산과정확인(3,491건)
- ▶ 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지토양도 제작 '16~'19 : 13개 유역시험지
- ▶ 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사 '17~'18 : 309개소
- ▶ 땅밀림 현장조사 대상지 GIS분석 '18 : 전국 608개소
- ▶ 산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련(토양시료분석) '18~'19 : 산도(pH) 16,000점, 토성 10,650점
- ▶ 소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰 조사 '18 : 경기·강원도
- ▶ 소나무 재선충병 무인기 예찰조사 사업 감리 품질평가 용역 '19 : 전국 88,000ha
- ▶ 산림치유자원조사 용역 '19 : 전국 10개소 27개 지점
- ▶ 산지훼손 1차 일제조사 통계 불일치지역 현행화 '19 : 충청북도 673도엽
- ▶ 생활권 수목 생육기반환경 평가를 위한 토양조사 '19 : 서울숲 공원
- ▶ 산림입지조사(1:25,000) 및 입지고 제작 '96~'02 : 2,899천ha
- ▶ 산림입지구획(항공사진 판독) '96~'02 : 1,162천ha
- ▶ 공원지역 토양조사(서울숲, 경남경마공원, 인천송도) '09~'12 : 3지역
- ▶ 국유림 잡종재산 실태조사 '01~'02 : 2,877필지
- ▶ 국유림경영계획(산림조사) '00~'13 : 299천ha
- ▶ 임상도(1:5,000) 제작 '09~'12 : 1,051도엽
- ▶ 중국북경, 서부, 미안마중부지역 산림종합경영
시범사업 및 조림사업 PCM 용역 '00~'07 : 3지역
- ▶ 산림과학원 시험림(광릉, 제주) 토양조사 및 도면제작 '05~'07 : 2지역
- ▶ DMZ 지역 산림토양 및 산지 이용실태조사 '05
- ▶ 녹색사업단 숲체험 교육사업 '14
- ▶ 광릉시험림 공간분포 및 산림토양 특성 '14
- ▶ 광릉시험림 정밀산림조사 '15
- ▶ 기타 연구 용역 (산림 훼손지 실태 및 건강 모니터링 등) '00~'11 16건



2020 한국산지환경연구회 주요활동

사업관련

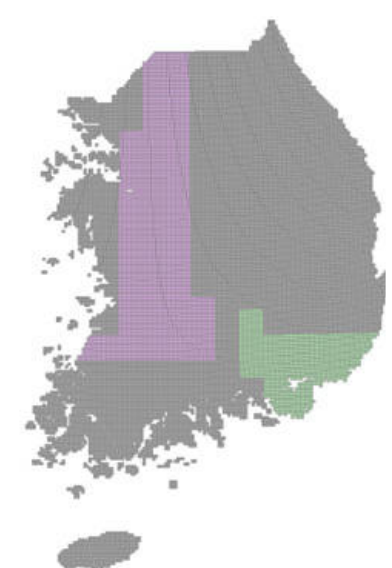
▶ 산림공간정보 조사구축



산림입지도양도 제작사업



임상도 현행화 사업



▶ 2020 국유양묘장(정선, 고성) 토양조사



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 2020년 국립산림치유원 산림치유자원 조사용역



▶ 가리왕산 물지도 작성을 위한 토양조사



▶ 국립수목원 광릉시험림 정밀산림현황조사



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 물리기반모델 산사태위험지도 운용을 위한 현장조사



▶ 산림기후대별 산림수문 변화 모니터링



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 산림물지도 구축을 위한 표준 제작지침 마련 및 시범제작



▶ 산림청 전문교육기관 지정 및 운영

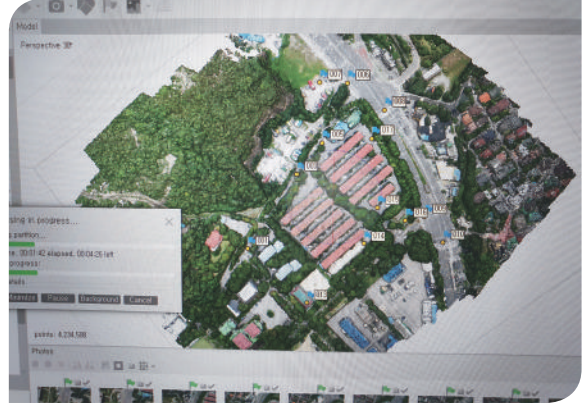


▶ 산청 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지도양도제작



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 서울00위탁개발사업 지정 제안 및 사전재해영향성 검토 용역



▶ 소나무재선충병 무인항공기 예찰조사(2차)-2권역



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 우리나라의 주요 모암 및 해발고도별 산지적응이 강한 산양삼 품종 선발



▶ 조림 사례지 조림목 생육특성 및 입지환경 조사 용역



▶ 국립산림과학원 산림생산기술연구소 MOU 체결



2020 한국산지환경연구회 주요활동

▶ 임시총회



▶ 정기총회



차 례

발간사	변재경 / 10
신년사	박종호 / 12
취임사	박 현 / 14
취임사	이강오 / 16
코로나19와 생태계서비스의 가치	김경하 / 18
국가별 토양분류 현황과 Soil Taxonomy 및 WRB와의 연계성 ..	김춘식 / 29
드론 영상의 품질관리 기준	전주남 / 46
산림일자리, 산촌 지역불균형 바로잡는 무계추	이승우 / 64
산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단 및 토사유출 안정화 방안 소개	이광연 · 이진호 / 69
대형산불 피해지의 토사유출 특성 및 과학적 위험성 평가방안	서준표 / 80
고부가 산양삼의 친환경 산지재배로 보물산 만들기	전권석 / 85
계류복원사업을 위한 환경조사(5) -육상곤충류조사를 중심으로-	전근우 · 김석우 / 97
계류복원사업을 위한 환경조사(6) -양서류·파충류·포유류조사를 중심으로-	서정일 · 전근우 / 117
산림용 묘목 저온저장 기술	조민석 / 140
산림빅데이터 플랫폼 성과와 향후 발전방안	조현국 / 147
스마트 기술 기반 산림물지도 구축으로 2050 탄소중립 실현 앞당겨야	최형태 / 159
2050 탄소중립과 산림부문의 기여	한 희 / 166
소나무재선충병 영상분석을 위한 재선충병 감염목 발생 위치의 공간정보 분석	박성범 / 170
심토반전에 따른 묘포토양의 물리화학적 변화와 묘목생장 효과	제갈상규 / 179
부록 정관 및 주요일지	187

발 간 사



안녕하십니까?

사단법인 한국산지환경연구회 회장 변재정입니다.

한국산지환경연구회가 설립된 지 벌써 25주년이 흘렀습니다. 먼저, 그동안 저희 연구회를 아껴주시고 격려해주신 모든 분들께 깊은 감사의 인사를 드립니다.

지난 해 우리 연구회는 기관 설립목적에 따라 산림공간정보 조사 구축 사업과 함께 국유양묘장 토양관리 및 시비처방, 산림수자원유역 모니터링, 조림 사례지 생육특성 및 입지환경조사, 지역별 산림 치유자원 조사 등 다양한 연구·조사사업을 수행한 바 있습니다. 또한 4차산업혁명기술에 발맞춰 ICT기반의 물정보체계 도입과 산림공간 빅데이터 확보를 위하여 「산림물지도 구축을 위한 표준제작지침」 작성과 시범제작에 참여하였고, 무인항공기를 활용한 소나무재선충병 예찰방지 사업을 성공적으로 완료하였습니다.

나아가 저희 기관은 현재에 안주하지 않고, 매년 성장하기 위한 노력을 기울이고 있습니다. 특히 최근 3년간, 기관경영 개선 및 체질 개선에 나서 유례없는 발전과 성장을 이루고 있습니다. 이에 발맞추어 지난해 ‘한국산지환경조사연구회’에서 ‘한국산지환경연구회’로 개칭했으며, 연구회 CI 역시 새로운 트렌드에 걸맞은 디자인으로 변경했습니다. 또한, 더욱 효율적인 사업수행과 연구조사 서비스 제공을 위해 2월 8일, 경기도 남양주시 별내 신도시 지식산업센터에 새로운 사옥을 마련하여 이전했습니다. 아울러 산림조사와 연구사업에 필수적으로 수반되는 토양분석 업무를 확대하여 수행하고, 수목 피해 원인 진단 및 토양개량, 시비처방, 임업인들이 요구하는 임산물재배적지 선정 및 품목선정에 필요한 각종 민원 위탁 분석 업무도 최신 정밀기기를 도입하여 보다 더 정확한 데이터를 제공하게 되었습니다.

한편, 국내의 임업분야의 정보와 기술동향을 모은 『산지환경지』도 금년 제24호 발간을 맞이했습니다. 저희 기관의 발전과 궤를 같이 하고 있는 『산지환경지』는 매년 산림분야 최고 전문가들이 참여하여 산림분야의 신지식을 제공하고, 미래의 해안을 제시하는데 길잡이 역할을 해오고 있습니다. 올해도 변함없이 발간될 수 있도록 질 높은 산림 기술정보를 담은 글을 기고해주신 여러분들께 감사의 인사를 드립니다.

이번에 발간된 『산지환경지』에는 산림강국으로 도약하기 위한 발판으로, 산림분야에서 주목할 만한 연구들이 고스란히 녹아있습니다. 정부의 2050 탄소중립 정책에 발맞춘 연구내용을 담았고, 포스트 코로나 시대를 맞이하여 숲의 가치에 대한 연구도 수록하였습니다. 또한 소나무재선충병 방제와 관련된 드론 사업에 관한 연구 및 산지재해와 관련된 연구 내용도 함께 실었습니다. 그 외 산림일자리, 산양삼 재배, 산림빅데이터 등 산림에 관한 최신 이슈도 빠짐없이 담아냈습니다. 따라서, 최근 산림에 관한 연구동향과 정책방향에 대해 심도 있게 고민해 볼 수 있을 것이라 생각합니다.

『산지환경지』 발간을 위해 학계의 풍부한 지식과 경험이 담긴 지혜로 기술정보를 나눠 주신 강원대학교 전근우 교수님, 김석우 교수님, 공주대학교 서정일 교수님, 그리고 경남과학기술대학교 김춘식 교수님, 서울시립대학교 김경하 교수님께도 감사의 말씀드립니다. 아울러, 바쁘신 가운데 마다않고 옥고를 보내주신 국립산림과학원 최형태 연구관님, 전권석 연구관님, 한희 박사님, 조민석 박사님, 서준표 박사님, 한국임업진흥원 조현국 본부장님, 이승우 본부장님, 선주남 실장님, 사방협회 이진호 실장님, 이광연 과장님께도 진심으로 감사 말씀을 드립니다. 마지막으로 바쁜 업무 가운데 시간을 쪼개어 원고를 작성해 준 저희 연구회 직원들과 발간을 위해 애써주신 편집위원의 노고에도 고마움을 전합니다.

저희 연구회가 매년 성장을 거듭하고 있는 데에는 늘 자신의 일처럼 생각하며 노력하는 임직원들과 산림조사 및 연구수행에 적극적인 관심을 기울여 주신 관계기관 여러분의 협력 덕분이라 생각합니다.

앞으로도 아껴주시고 격려해주시는 모든 분들의 조언에 힘입어, 산림 전반에 대한 높은 기술력을 가진 대한민국 임업서비스 최고 전문기관으로 자리매김하고 발전해 나가도록 최선의 노력을 다하겠습니다.

감사합니다.

2021년 2월

(사)한국산지환경연구회 회장 변재경

신년사



산림을 사랑하는 국민 여러분! 그리고 임업인과 산림가족 여러분!
신축년(辛丑年) '흰 소'의 해를 맞아 여러분 모두 풍요롭고 행복이 가득한
2021년 한 해가 되길 기원합니다.

2021년 새해, 우리 산림은 새로운 도전에 직면하고 있습니다.

기후위기로 산림재해는 대형화되고, 코로나19 범유행은 임업과 목재산업의 구조를 바꾸고 있습니다. 탄소중립과 그린뉴딜이 뉴노멀 시대 신(新) 패러다임으로 부상하면서 유엔기후변화협약의 대표 탄소흡수원인 산림에 대한 기대와 요구가 한층 높아지고 있습니다.

그 어느 때보다 산림의 적극적 역할이 강조되는 올 한해, 산림청은 과감한 정책 혁신과 역량 강화로 새로운 미래에 대비하겠습니다.

첫째, '2050 탄소중립' 실현에 산림이 앞장서겠습니다. '베고-심고-가꾸는' 산림자원의 선순환 구조 확립으로 산림의 탄소흡수력을 극대화하고, 산림생태계 보호강화로 탄소배출을 최소화하겠습니다. '목재친화도시', '미이용 산림바이오매스 활용' 등 국산목재의 지속가능한 이용을 촉진하여 탄소저장 효과도 높이겠습니다. 국제사회와는 평화산림이니셔티브(PFI), REDD+ 등 산림협력을 강화하여 탄소중립을 위한 범지구적 연대에 동참하겠습니다.

둘째, 임업인과 산업계를 위한 지원도 확대하겠습니다. 임업인의 소득 안정화와 산림의 가치증진을 위해 '임업직접지불제'를 연내 도입하고, 임산물 소비촉진 및 보조금·융

자 내실화로 임산업의 활력을 제고하겠습니다. 최근 친환경산업으로 각광받는 목재산업의 고부가가치화를 위해 ‘목섬유 단열재’ 등 연구개발을 확대하고, 4차 산업혁명에 대응하여 IoT, AI를 융합한 ‘스마트 산림헬스케어’, ‘스마트 산림경영’과 같은 지능형 임업을 육성하겠습니다.

셋째, 국민 모두가 안전하고, 혜택을 누리는 ‘포용의 산림’을 만들겠습니다. 산불의 체계적 관리를 위해 ‘K-산불방지대책’에 따라 ‘드론산불진화대’ 등 첨단과학을 활용하는 대응체계를 구축하고, 산사태 피해 최소화를 위해 ‘ICT 기반 산사태정보체계 고도화’ 등을 담은 ‘K-산사태방지대책’도 새로 추진하겠습니다. 아울러 생활권 도시숲 조성, 코로나19 극복 숲치유 확대와 같이 국민니즈에 부응하는 사람중심의 산림정책 혁신도 가속화하겠습니다.

산림을 사랑하는 국민 여러분! 그리고 임업인과 산림가족 여러분!

그간 우리 산림은 여러 역경에도 치산녹화, 산림경영, 산불대응처럼 세계가 인정하는 ‘K-포레스트’ 성공사례를 일구어 왔습니다. 산림청 전 직원은 이에 자만하지 않고 다가오는 미래에도 새로운 성공의 역사를 이어나가기 위해 해현경장(解弦更張)의 자세로 새해를 맞이하겠습니다.

국민, 임업인, 산림가족 여러분의 지속적인 협조와 관심을 부탁드립니다.

2021년 2월

산림청장 박종호

취 임 사



안녕하십니까?

제23대 국립산림과학원장으로 부임하게 된 박 현입니다.

초대 원장이셨던 현신규 박사님 이후 유구한 역사와 전통에 빛나는 국립산림과학원의 대표가 된 것에 대하여 큰 기쁨과 더불어 무거운 책임감을 느끼며 이 자리에 섰습니다. 저는 1994년부터 과학원의 다양한 부서에 근무하면서 과학원 전반적인 업무를 경험하였습니다. 이 과정을 통해 우리 과학원을 위해 생각했던 것이 많고, 선·후배 여러분의 기대도 있기에 많은 부담이 있습니다. 하지만, 자랑스러운 직원 여러분과 함께라면 이 시대에 꼭 필요한 과학원장 역할을 잘 감당할 수 있으리라 확신합니다.

사랑하는 국립산림과학원 가족 여러분,

저는 우리 과학원 선배들의 발자취가 매우 귀중하다고 생각하며, 과학원이 현재만이 아니라 미래에도 정말 귀한 조직으로 평가받게 될 것임을 믿어 의심치 않습니다. 저는 법고창신(法古創新), 선배의 업적을 토대로, 변화를 추구하며 새로운 시대에도 선도적 역할을 하는 기관으로 발전시켜 나가는데 초석(礎石)이 되고자 합니다. 특히, 수동적인 우리가 아니라 능동적인 우리가 될 수 있기를 기대하며, 산림과학연구 100년을 맞이하는 시점에 우리 모두의 역량을 모아 더 큰 도약을 이루기를 소망합니다.

저는 국립연구기관으로서 우리 과학원이 해야 할 일은 ‘국가와 국민에게 유익을 주는 연구를 제대로 하는 것’이라고 생각합니다.

국립산림과학원은 연구를 위한 연구가 아니라 숲과 임업인, 그리고 국민을 위한 연구를 하는 기관입니다. 산림과학연구 100년 역사를 토대로 지속가능성과 탄력성을 담보하며 미래가치를 창조하는 숲과 산림산업이 되도록 연구하겠습니다.

특히, 한국판 뉴딜, 디지털 뉴딜과 그린 뉴딜의 선두주자가 될 수 있도록 변신하며 노력하겠습니다. 영역을 확대하고, 창조적 파괴를 통해 사회변화를 견인하는 주역이 되고자 합니다. 4차 산업혁명과 비대면의 이슈 속에 ICT 분야에 더욱 투자를 확대하고, 전 국민이 사랑하는 숲을 만들 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 필요하다면, 버릴 것은 과

감히 버리고, 때론 무리하게 느껴지는 것도 도전하며 달려가겠습니다. 현시점이 아니라 후배들을 위해 다소 희생을 감수하면서라도 정진하고자 하니 성원해 주시길 바랍니다.

이를 위해, 디지털·비대면 산림서비스가 제대로 공급될 수 있도록 콘텐츠를 제공하는 데 역점을 두겠습니다. 과학원의 현 조직을 개편해서라도, 디지털 산림관리, 지능형 산림재해 관리체계 기반 마련, 확장현실(XR)을 접목한 산림복지서비스의 기반을 구축하겠습니다. 특히, 「산림위성정보활용센터」의 설립을 추진해 나갈 때 산림가족 여러분께서도 함께 지원해 주시길 미리 부탁드립니다.

또한, 기후 위기 시대의 확실한 대처 방안으로 숲과 목질자원 활용도를 높여 「2050 탄소 제로」 실현을 위한 산림 부문의 역할 증진 방안을 마련하겠습니다. 특히, 산림산업의 기반은 훌륭한 숲이라는 사실을 잊지 않고, 전통 임업의 기초 위에 첨단 기술과 사회경제적 접근방식을 융합하여 탄소 제로의 해답을 찾아가겠습니다.

아울러, 산림산업의 활력을 촉진할 수 있도록 산림자원을 활용한 바이오 경제, 산림관광 등의 신산업 활성화에 앞장서 나가겠습니다. ‘6차 산업’의 화두가 시들해졌지만, 산림생명자원 연구와 서비스산업의 연계를 통한 종합적 비즈니스 모델을 개발하여 산림 부문에 활력을 불어넣어 저성장 시대에 맞서 산림산업의 도약을 이끌겠습니다.

국립산림과학원은 7년 연속 최우수 책임운영기관이자 100년 역사를 자랑하는 기관입니다. 집단지성의 저력을 발휘하며 전통과 가치가 풍성한 기관이라는 평가를 받을 수 있도록 최선을 다할 것을 다시 한번 약속드립니다.

2021년도 어느덧 한 달이 지난 시점이지만, 연초 세우신 계획을 잘 추진하여 모두 이루실 수 있기를 바라며, 여러분과 여러분의 가정에 건강과 행복이 가득하기를 기원합니다.
감사합니다.

2021년 2월

국립산림과학원장 박 현

취 임 사



친애하는 국민 여러분, 그리고 임업인 여러분!

제4대 한국임업진흥원장으로 인사드리게 된 이강오입니다.

먼저, 이 자리를 빌려 지난 8년 동안 임업진흥을 위해 힘쓰신 초대 이동섭 원장님, 2대 김남균 원장님, 3대 구길본 원장님을 비롯한 임직원 여러분들의 노고에 감사말씀드립니다.

숲이 좋아 임학과에 입학하였던 제가 임업과 인연을 맺은 지도 어느덧 30여년이 되어 갑니다. 한국임업진흥원의 원장을 맡게 되어 개인적으로 매우 영광스럽지만 막중한 책임감에 어깨가 무거워집니다.

지금 전 세계는 코로나-19라는 초유의 사태를 맞아 격변의 소용돌이 속에 있습니다. 세계 경제는 대공황 이후 가장 심각한 충격에 빠졌으며, 경제·사회 구조도 빠르게 변화하고 있습니다. 결국 코로나-19는 지나가겠지만 이전과 전혀 다른 세상으로 변화할 것이라고 많은 사람들이 예측하고 있습니다.

이에 정부는 코로나-19 위기에 대응하고 국가경제의 재도약을 위해 디지털뉴딜과 그린뉴딜을 핵심으로 하는 한국판 뉴딜 추진계획을 발표하였습니다. 탄소중립을 지향하고 경제기반을 저탄소·친환경으로 전환하는 대한민국 대전환 선언으로, 이는 임업진흥을 위한 획기적인 기회가 될 것으로 기대하고 있습니다.

이에 발맞춰 앞으로 저는 진흥원의 고유미션을 달성하고, 보다 많은 국민들이 산림의 가치를 골고루 누릴 수 있도록 임직원 여러분들과 함께 혼신의 노력을 다하고자 합니다.

첫째, 임업인으로부터 진정으로 사랑받는 한국임업진흥원이 되도록 하겠습니다. 귀산촌과 임업인을 꿈꾸는 국민들을 위해서 임업과 산촌에 대한 배움의 기회를 확대하겠습니다. 전국 각지에서 활동하고 있는 임업인들을 위해서는, 현장 중심의 맞춤형 교육과 지원시스템으로 임가 경쟁력을 높이고, 임산물 국가통합브랜드를 개발하여 농산물과 차별화되는 청정임산물의 고부가가치화를 실현하겠습니다. 또한 문화, 복지, 교육, 의료 등 다양한 분야와 연계한 새로운 산림산업을 육성·지원하겠습니다.

둘째, 목재산업의 기초를 탄탄히 세우고, 산림기술사업의 실용화를 지원하여 임산업의 성장동력을 확대하겠습니다. 탄소저장고인 목재와 미이용 산림바이오매스의 이용을 활성화하고, KS인증과 신기술 지정 등 인증제도를 확대하여 목재산업을 활성화하겠습니다. 또한, 산림분야 유일의 R&D 기관으로 우수 임업기술의 발굴-보급-확산-산업화에 이르는 전주기 관리체계를 고도화하여 임산업의 부가가치를 높이겠습니다.

셋째, 정부의 디지털뉴딜과 그린뉴딜에 발맞춰 지속가능한 산림경영체계를 구축하고, 산림의 미래가치를 증진시키겠습니다. 나아가 사물인터넷과 인공지능, 빅데이터, 드론, 디지털 트윈 등 4차 산업혁명 기술을 적용한 스마트 임업을 확산하겠습니다. 또한, 산림탄소상쇄제도와 한국산림인증

제도를 활성화하고, 산림병해충으로부터 산림을 보호하여 탄소중립 전략 실행의 중추 기관이 되겠습니다.

넷째, 분권과 자치의 시대, 지역기반 순환형 산림경영의 초석을 다지겠습니다. 지난 반세기 동안 우리는 조림과 산림보호 중심의 정책을 펼쳐왔습니다. 이제 선배들이 축적해온 자원을 바탕으로 적극적인 산림경영의 시대로 나아가야 할 때입니다. 산림경영은 그 지역의 생태적 특성과 경제사회적 환경에 따라 특화되어야 합니다. 이를 위해서는 지자체가 중심이 되어 지역사회, 기업과 임업인이 함께 지역기반 산림경영을 발전시켜야만 합니다. 한국임업진흥원이 지역 산림경영의 디딤돌이 되도록 하겠습니다.

다섯째, 산림자원을 활용한 사회적 경제를 활성화시키고 양질의 일자리를 만들겠습니다. 우리는 1998년 외환위기 때 전국민적인 숲가꾸기 운동을 통해 실업문제 해결에 결정적 기여를 했던 경험을 가지고 있습니다. 작금의 장기 경제침체와 코로나-19로 인한 우리 사회의 실업문제도 숲을 통해 해결할 수 있을 것입니다. 숲은 단순히 목재와 임산물, 그리고 복지서비스만 제공하는 것이 아니라, 국민의 삶터, 배움터, 일터, 놀이터로서 무궁무진한 잠재가치를 가지고 있습니다. 기존의 임업인들과 더불어 새로운 산림분야 사회적 경제 사업체를 발굴·육성하여 산림의 잠재가치를 재화와 서비스로 전환하면, 산림일자리 확대와 더불어 국민들이 보다 다양한 산림 서비스를 누릴 수 있을 것입니다.

끝으로, 임업을 통한 사회적 가치를 실현해 나가겠습니다. 임업의 성장이 곧 국민의 행복이 될 수 있도록 하겠습니다. 산업재해·안전사고 ZERO기관이 될 수 있도록 하겠으며, 민간과 공공 구분 없이 기관 전(全) 사업 분야에 걸쳐 지속가능한 질 좋은 일자리를 만들겠습니다. 공공기관으로서 고객중심 조직문화를 확립하고, 국민과의 끊임없는 소통을 통한 공공서비스 혁신으로 고객만족도를 제고할 수 있도록 하겠습니다.

존경하는 임업인 여러분!

이제 임업이 모든 국민들로부터 사랑받는 시대가 오고 있습니다. 기후변화와 코로나-19 위기는 숲을 통해 그리고 임업을 통해 극복할 수 있습니다. 코로나-19 이후 뉴노멀 시대는 자연과 조화로운 삶의 방식을 요구하고 있습니다. 지속가능한 산림경영이 그 해답입니다. 위기를 기회로 만듭니다. 임업이 뉴노멀 시대를 이끌어 갈 수 있는 구심점이 될 수 있도록 여러분 모두가 한마음 한 뜻으로 주어진 역할과 사명을 다해 주실 것을 믿습니다.

2021 신축년이 다가오고 있습니다. 모든 분들께 건강과 행복이 충만하기를 기원합니다.

감사합니다.

2021년 2월

한국임업진흥원 원장 이 강 오

코로나19와 생태계서비스의 가치



김 경 하

서울시립대학교 환경원예학과

들어가기

지금 전 세계는 코로나19(코로나바이러스 감염증-19)로 인해 사회·경제적으로 심각한 타격을 받고 있다. 현재 약 2백여 국가에서 코로나19로 인하여 약 9천만 명의 환자와 2백만 명의 사망자가 발생했다. 비교적 잘 대응하고 있는 우리나라도 코로나19로 인한 환자가 약 6만 8천 명이고 사망자도 1천 1백 명에 이르고 있다. 언제 끝날지 예측하기 어려운 코로나19 팬데믹(세계적 대유행) 위기는 사람들의 마음을 더욱 옥죄고 있다.

기후위기와 더불어 코로나19는 무분별한 인간의 활동이 생태계의 균형을 무너뜨려 생긴 결과다. 인류가 생태계서비스의 가치를 무시하고 눈앞의 경제적 이익만을 생각했기 때문이다. 생태계는 인류에게 금전으로 계산할 수 없을 정도

로 많은 혜택을 제공하고 있는데 이를 생태계서비스라고 한다. 생태계서비스는 2000년대 들어서 국제사회를 중심으로 논의되기 시작했지만, 아직도 국제 환경 및 생태 분야의 주류는 아니다. 앞으로 생태계가 인류에게 제공하는 다양한 서비스의 가치가 제대로 평가된다면 생태계의 훼손을 막는데 크게 이바지할 것이다.

이 글은 생태계서비스를 이해하기 위해 용어의 개념과 발전과정 그리고 국내외 전문가들의 연구 결과를 일부 정리한 것이다. 코로나19 상황에서 숲이 제공하는 생태계서비스 중 중요하다고 생각하는 정신적 치유 기능에 대해서도 살펴해보았다. 저자가 생태계서비스를 오랫동안 다룬 전문가가 아닌 관계로 글이 세련되지 못한 점을 독자 여러분께 널리 이해를 구하며, 이 글이 미래생태공간을 잘 꾸미는 데 조금이나마 일조할 수 있길 희망한다.

코로나19의 심각성

코로나19는 생긴 모양이 왕관을 닮아서 붙여진 라틴어 이름이다. 코로나19는 인류가 겪은 바이러스 감염병 중에서 지금까지 가장 빠른 전염력을 가지고 있다고 한다. 세계가 경제 공동체로서 한 몸과 같이 연결된 상황도 빠른 전파에 일조했을 것이다. 코로나19가 발생한 지 1년이 조금 지나는 동안 우리 사회는 막대한 사회적 경제적 피해를 보았다. 이전까지 한 번도 경험해 보지 못했던 자가격리나 사회적 거리두기 등은 공동체 연대감을 떨어뜨려 개인들에게 심리적 고립감을 느끼게 했다. 아울러 사회경제 활동의 제약은 막대한 경제적 손실로 이어졌다. 앞으로의 상황은 단기적으로 여러 제약회사에서 개발하고 있는 백신의 접종 효과에 달려 있다. 하지만 중장기적으로 인간의 무분별한 생태계 파괴 행위가 멈춰지지 않는다면 코로나19보다 더 심각한 바이러스가 출현할 가능성도 배제할 수 없다.

바이러스와의 전쟁

전문가들의 의견은 앞으로 코로나19가 진정된다고 하더라도 문제가 완전히 끝난 것이 아니라고 한다. 코로나19를 비롯하여 최근 기승을 부린 사스와 메르스 등 바이러스는 오랫동안 생태계 내에서 낙타나 박쥐, 사향고양이 등 특정 지역의 야생동물과 함께 공존해 왔다. 이러한

바이러스들이 인간에 의한 자연 서식지 파괴나 기후변화에 의한 서식지 환경 변화에 따라 인수 공통 감염 바이러스로 진화한 것이다.

1998년 말레이시아의 니파바이러스 사태를 예로 들 수 있다. 당시 말레이시아는 적극적인 경제개발 정책을 추진하면서 열대림을 대대적으로 개발했다. 니파바이러스를 갖고 있던 과일 박쥐가 자연 서식지를 잃으면서 망고나무가 무성한 양돈장으로 이동했고, 그 과정에서 니파바이러스가 돼지에서 농장 인부들에게 전파되어 큰 사회적 문제를 일으켰다.¹⁾

프란치스코 교황도 2000년 4월 8일자 The Tablet지와 인터뷰에서 “하느님은 항상 용서하시고, 우리는 가끔 용서하지만, 자연은 절대 용서하지 않는다”라며 인간이 지금과 같이 자연을 돌보지 않는다면 심각한 환경 재앙을 경험하게 될 것이라고 경고했다.²⁾ 대규모 열대림 파괴 등 인간의 무분별한 생태계 훼손은 기후위기에 앞서 코로나19보다 더 심각한 바이러스의 창궐을 유발할 수 있다.

2020년 11월 30일자 ‘세계경제포럼(WEF)’ 사이트에 게재된 UN 산하 ‘생물다양성 및 생태계서비스에 관한 정부 간 과학·정책플랫폼(IPBES)’ 보고서에 따르면, 현재 지구상에 사는 바이러스의 규모는 엄청나며 아직 발견되지 않은 바이러스가 약 170만 개라고 추정하고 있다. 보고서는 이 중 환경 변화로 인해 우리에게 감염될 가능성이 있는 바이러스의 수가 82만 7천 개에 달할 것으로 추산하고 있다. 이 보고서에 참여한 전문가들은 팬데믹을 일으킨 원인이

기후변화를 유발하고 생물다양성을 파괴하는 등 생태계 질서를 교란한 인류의 활동에 있다고 한다.³⁾ 근본적으로 우리가 바이러스와의 전쟁에서 이기려면 훼손한 생태계를 온전히 복원하고 보전함으로써 생물다양성을 높이고 자연이 가진 생태계서비스의 가치를 제고 해야 한다.

생태계서비스에 관한 기념비적 보고서¹⁾ 두 가지가 있다. 이는 생태계서비스를 개념 위주의 학문적 용어에서 현실적 정책용어로 탈바꿈시켰다. 이를 계기로 생태계서비스의 중요성이 더욱 강조되면서 2012년 국제기구인 '생물다양성 및 생태계서비스에 관한 정부간 과학정책플

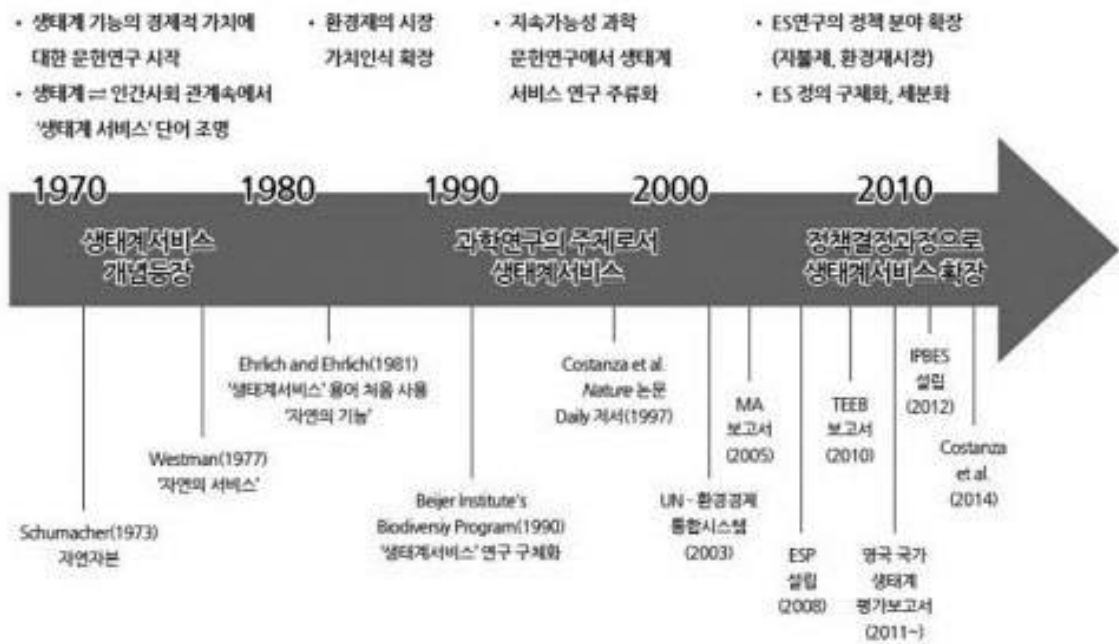


그림 1. 생태계서비스 개념의 등장과 발전(월간퓨처에코 재인용, 2018)⁴⁾

생태계서비스의 개념과 발전

생태계서비스는 1983년 Ehrlich & Mooney에 의해 처음 소개되었으며 1997년 Costanza 등이 생태계가 인간에게 제공하는 편익을 경제적 가치로 제시하면서 주목받기 시작했다.

렛폼(IPBES)'이 파나마에 설립되었다.

생태계서비스는 인간이 생태계로부터 받는 다양한 편익과 혜택을 의미한다(MA, 2005). 생태자본을 원금이라고 한다면 생태계서비스는

1) 2005년 '새천년생태계평가(MA)' 보고서와 2010년 '생태계와 생물다양성의 경제학(TEEB)'

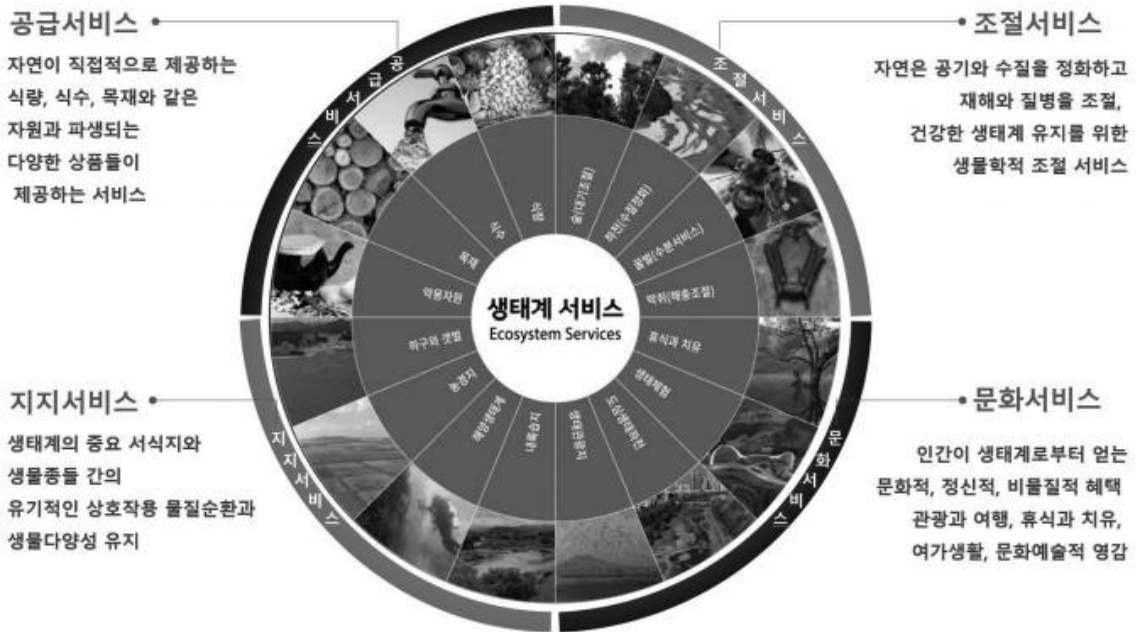


그림 2. 생태계서비스의 개념(강원연구원 재인용, 2020)⁵⁾

이자에 해당하므로 원금 손실 없이 관리한다면 지속해서 유지할 수 있다.

생태계서비스는 크게 공급, 조절, 문화 그리고 지지서비스로 유형을 구분한다. 공급서비스는 목재, 수자원, 식량 등 유형적 자원을 제공하는 것이고 조절서비스는 온실가스인 이산화탄소 흡수, 미세먼지 저감, 수질정화, 홍수 및 가뭄조절, 꽃가루 수분 등이며 문화서비스는 아름답고 쾌적한 경관, 생태관광, 휴양 및 치유, 생태체험과 교육 등이고 지지서비스는 서식지 제공, 토양형성, 물질순환 등 자연을 유지하여 공급, 조절, 문화서비스를 지탱해 주는 것을 포함한다.

시대에 따라 변하는 핵심 생태계서비스

생태계서비스는 시대에 따라 핵심 가치가 변화해 왔다. 인류의 삶의 터전은 농경사회 이전까지 숲이었다. 숲은 인류의 고향이자 두려움의 대상이었다. 인류의 유전자 속에는 숲을 그리워하는 인자와 숲을 정복하려는 인자가 혼재되어 있다. 목재는 산업혁명 이전까지 가장 중요한 전쟁물자이자 에너지원이었다. 당시는 숲의 생태계서비스 중 핵심 가치가 목재공급이었다. 산업화가 빨리 진행된 유럽은 과도한 목재생산으로 숲이 망가졌다.

존 펠린의 숲의 서사시(2002)⁶⁾에 따르면 영국은 중세 이후 난방뿐만 아니라 제철, 유리, 소금 생산을 위해 나무를 대규모로 벌채했다. 17세기에는 대포를 장착할 수 있을 정도로 큰 전함을 만드는데 최소한 백년 묵은 참나무 2백 그루가 소요되었다. 18세기 산업혁명도 제철 및 운송로 건설에 많은 나무가 소요되어 숲을 대규모로 파괴하였다. 미국의 독립전쟁도 ‘보스턴 차 사건’이 발단이 아니라 신대륙 목재를 놓고 빚어진 미국 이주민들과 영국 사이의 갈등 때문이라는 것이다. 영국은 해군 병력 증강을 위해 돛대 감으로 미국산 통나무가 필요했으며 좋은 나무마다 국왕의 표시를 해두었는데 이것이 이주민들의 반발을 불러일으켰다는 주장이다.

숲의 가치는 1992년 리우환경회의 이후 목재를 공급하는 서비스에서 환경을 조절하는 서비스로 바뀌기 시작했다. 20세기 중반부터 급속한 산업화와 도시화는 지구환경을 빠르게 오염시켰다. 국제사회는 UN을 중심으로 지구환경을 보전하기 위한 3대 국제환경협약, 즉 생물다양성협약(CBD, 1993), 기후변화협약(UNFCCC, 1994) 그리고 사막화방지협약(UNCCD, 1996)을 체결했다. 3대 국제환경협약은 숲을 복원하고 보전하여 생물다양성을 높이고 온실가스인 이산화탄소를 저장하며 토지의 질적 저하를 막는데 기여했다. 2012년에는 생태 전문가를 중심으로 UN 산하 ‘생물다양성 및 생태계서비스에 관한 정부간 과학정책플랫폼(IP-BES)’을 설치하여 지구 차원에서 생태계서비스의 가치를 평가하고 있다.

생태계서비스의 가치 평가

생태계서비스는 1997년 Costanza 등이 생태계가 인간에게 제공하는 편익을 경제적 가치로 환산하여 결과를 제시하면서 관심을 받기 시작하였다. 당시 유네스코 세계자연유산이 사람들의 무관심 속에 방치되고 있는 것을 못마땅해하던 전문가들이 세계자연유산의 경제적 편익을 산출하여 사람들에게 알리면 관심을 끌게 할 수 있다는 생각에서 출발하였다. 최근까지도 생태계서비스가 경제적 관점에서 수치화된 사례는 많지 않다. 대부분이 생태계 관리 차원에서 각 서비스를 다루는 정책적 내용을 다루고 있다.

우리나라는 생태계서비스 정책을 환경부가 맡고 있으므로 대부분의 생태계서비스의 가치 평가는 환경부 산하단체가 주도했다. 국립공원관리공단(2012)⁷⁾은 전국 20개 국립공원의 생태계서비스 가치를 이용과 보존 측면으로 구분하여 평가하였다. 2012년 국립공원의 연간 총가치는 4조 9천억원으로 추산되었다. 한국환경정책평가연구원(2014)⁸⁾은 21개 생태계서비스 지표를 선정하여 지도화하였으며 국립생태원(2017)⁹⁾은 3개 범주 21개 항목 38개 지표를 선정하여 평가기법을 개발하였고 이를 적용하여 전국 단위와 지역단위로 평가한 바 있다. 최근에는 국립공원연구원(2019)¹⁰⁾이 우리나라 4개 주요 국립공원의 생태계서비스의 가치를 객관적이고 과학적인 기법을 적용하여 평가하였다.

국외적으로는 영국, 독일, 스페인 등 유럽국가들이 주도하여 국가별 생태계서비스의 평가

를 실시하여 국가계획을 수립하였다. 영국은 2011년과 2014년 두 차례 국가 생태계 평가 보고서를 발간하였다¹¹⁾. 독일은 2011년 연방 자연보호연구원 산하에 센터를 설치하여 하천과 습지(2012), 숲(2013) 그리고 농업(2014) 등 분야별 생태계서비스의 경제적 효용성을 평가하였다¹²⁾.

국제적으로는 UNEP(2005)이 전 세계 생태계 전문가들을 결집하여 지구생태계 진단보고서인 ‘새천년생태계평가’ 보고서를 발간한 것이 중요한 계기가 되었다. TEEB(The Economics of Ecosystems & Biodiversity, 2007) 이니셔티브가 G8+5 포츠담 회의에서 결성되어 2010년 10월 생태계서비스와 관련된 5개 범주의 보고서가 발간되었다. IPBES(Intergovernmental Platform of Biodiversity & Ecosystem

Services, 2012)가 UNEP 산하에 설치되어 2019년 전 지구 생물다양성과 생태계서비스 평가 보고서를 발간하였다.

숲의 생태계서비스의 가치 평가와 적용

생태계서비스의 공간 범주는 크게 숲, 농지, 도시, 바다 등으로 구분할 수 있다. 숲은 다른 공간보다 사람들과 가까이 있어서 생태계서비스와 더욱 밀접한 공간이다. 숲의 생태계서비스를 평가한 국내 사례는 국립산림과학원의 연구를 들 수 있다. 국립산림과학원은 1987년부터 일정한 주기로 숲의 공익기능을 계량하여 발표하였다. 2018년 기준 숲의 공익가치는 연간 221조원으로 국민 1인당 연간 428만원의 혜



그림 3. 산림의 공익적 기능 평가결과(2018년 기준)¹³⁾

택을 제공하고 있다. 국립산림과학원에서 산정한 숲의 공익가치는 생태계서비스의 공급서비스 중 임산물을 포함하고 있지 않다. 공익가치는 외부효과를 가진 비시장재만을 포함하고 있기 때문이다. 2018년 임가의 총 임산물 생산액은 산림청 통계에 의하면 약 250억원이므로 이를 포함하면 우리나라 숲의 생태계서비스 평가액으로 가늠할 수 있을 것이다.

숲의 생태계서비스 관련 연구가 본격적으로 시작된 것은 2010년 이후 국립산림과학원¹⁴⁾이

강원도 가리왕산 일대 국유림을 대상으로 숲의 생태계서비스 증진을 위한 생태적 산림관리 기술에 관한 것이었다. 이 연구결과를 바탕으로 산림청은 제6차 산림기본계획(2018년~2037년)에 산림생태계서비스 가치를 증진하는 계획을 포함하고 있다. 이 계획은 산림생태계서비스를 기능별로 분류하고 핵심 서비스를 발굴하여 국가 및 지역 단위의 산림생태계서비스 통합 공간정보를 구축하는 내용이 포함되어 있다.

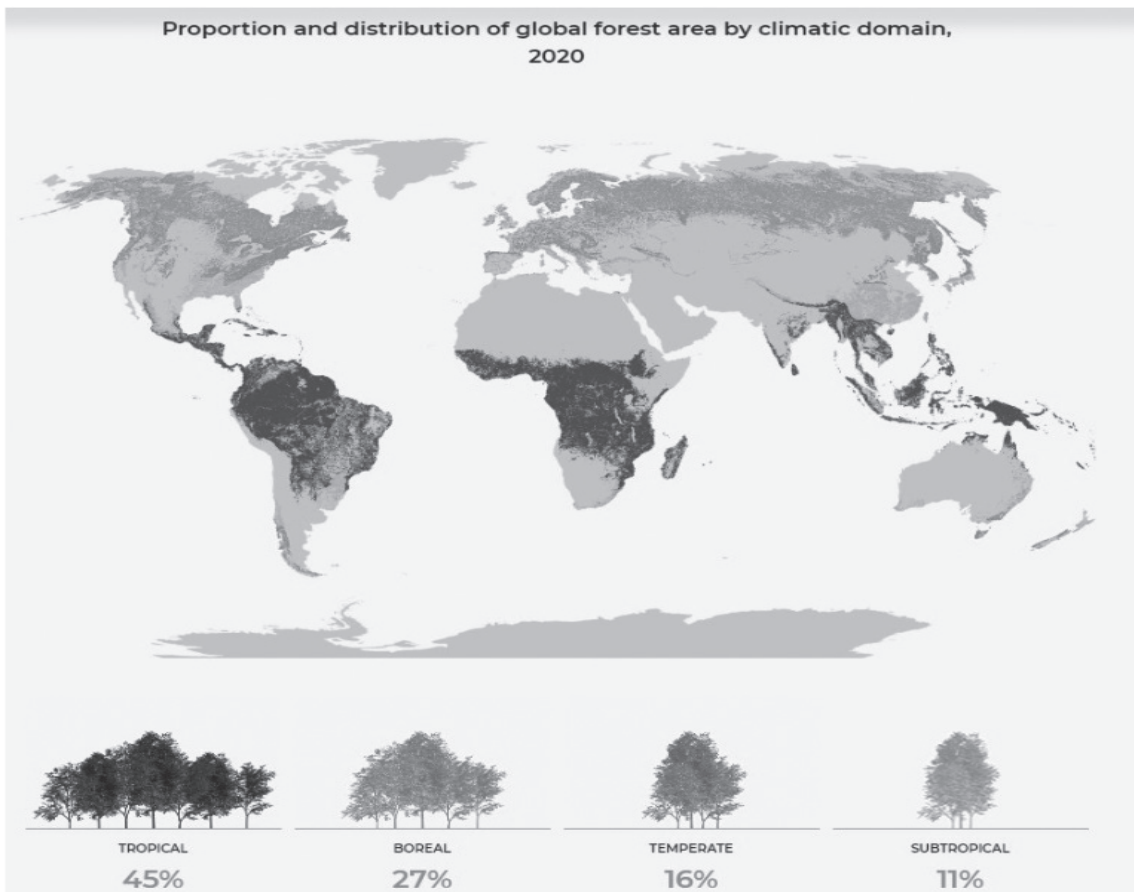


그림 4. 기후대별 지구의 숲 분포¹⁶⁾

미국은 우리보다 먼저 2013년 산림청 산하에 ‘국가생태계서비스전략팀(National Ecosystem Service Strategy Team)’을 결성하여 숲 관리에 생태계서비스 개념을 반영한 국가 전략을 개발하고 정책을 수립하였다. 국가생태계서비스전략팀은 결성 후 3년간 팀 운영 결과를 바탕으로 ‘생태계서비스 산림정책화(Integrating Ecosystem Service into National Forest Service Policy & Operations) 보고서를 발간하였다¹⁵⁾. 미국이 정책적으로 환경청이 아니라 산림청에 국가생태계서비스전략팀을 설치한 점에 주목할 필요가 있다. 생태계서비스는 생태계 전체를 다루어야 하겠지만 미국은 실용적인 측면에서 사람들과 가장 밀접한 공간인 숲을 중심으로 생태계서비스의 정책화를 시도했다는 점을 눈여겨 볼 필요가 있다.

코로나 시대, 숲의 생태계서비스의 가치

코로나19로 인간의 활동이 제약을 받으면서 경제가 곤두박질쳤다. 코로나믹스는 포스트 코로나에도 이전의 경제체제로 돌아가기 어렵다는 뜻으로 경제학자들이 만들어낸 용어이다. 인간의 무분별한 활동은 기후위기뿐만 아니라 감염병 팬데믹이라는 미증유의 재난을 불러왔다. 기후위기는 북반구 동토 지대에 잠자고 있는 수만 종의 바이러스를 동면에서 깨어나게 할 수 있다는 경고도 나오고 있다. 현재 지구의 숲은 무분별한 개발로 인해 1990년부터 2020년까

지 4억 2천만ha가 훼손되었다(세계 숲자원 평가보고서 FAO, 2020)¹⁶⁾. 훼손된 숲의 생물다양성과 생태계서비스는 기후위기뿐만 아니라 감염병 팬데믹으로부터 인류를 지키기 위해 하루빨리 복원해야 한다.

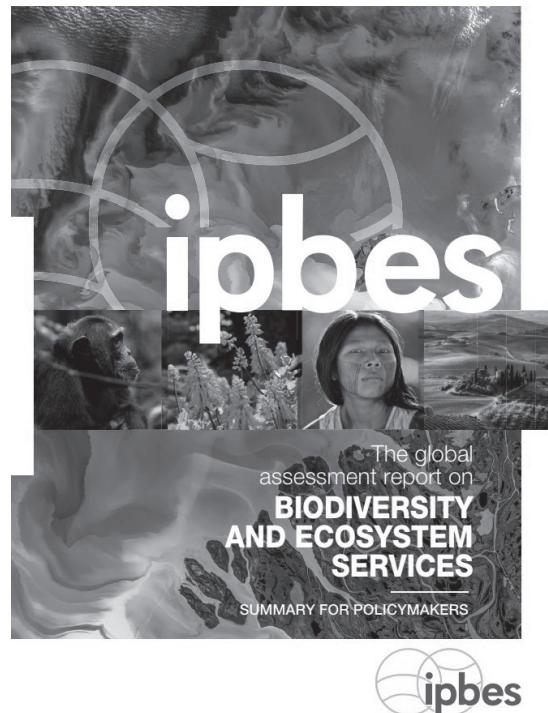


그림 5. 2020 지구 생물다양성 및 생태계서비스 평가 보고서¹⁷⁾

IPBES 보고서(2019)¹⁷⁾는 숲이 파괴되면서 야생동물, 가축, 병원체 그리고 사람 간의 접촉이 많아지면서 바이러스가 새로운 거주지를 향해 빠르게 이동하고 있으며, 그런 만큼 코로나19처럼 사람을 통한 팬데믹 사태로 발전할 가능성이 커지고 있다고 하였다. 숲의 생태계서비스 가치는 훼손된 숲을 복원하는 경제적 타당성을

뒷받침할 수 있다. 다만 숲의 생태계서비스 가치가 객관적이고 합리적인 방법으로 평가되어야 하는데 현재까지 몇 가지 어려움이 있다. 생태계 자체가 너무 복잡하여 구조와 기능을 이해하는 데 한계가 있고 여러 가지 생태계 기능으로서 상충되거나 중복되어 산정될 수 있다는 사실이다.

숲은 정신 치료제

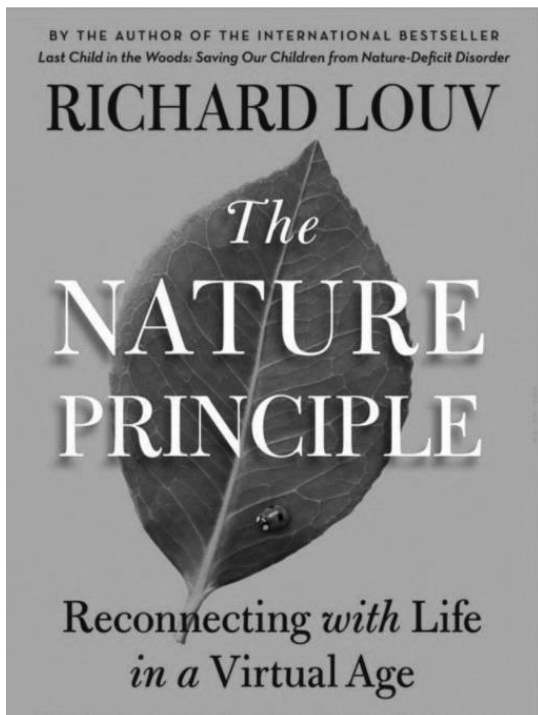


그림 6. 리처드 루브가 자연의 정신 치유 혜택을 다룬 국제 베스트셀러

숲의 생태계서비스 가치 중 코로나19 상황에서 중요한 부분은 산림휴양과 치유다. 많은 사

람이 자가격리나 사회적 거리두기 등으로 심리적 고립감이나 스트레스를 받고 있다. 숲은 사람들의 정신적 스트레스를 완화해준다. 사람들은 정신적인 안정감과 행복감을 찾아 숲을 찾는다. 숲에서의 활동이 정신 건강을 개선한다는 연구 결과들이 다수 있다.

저널리스트인 리처드 루브(2012)¹⁸⁾는 숲과 자연이 주는 정신적 심리적 효과를 정리하여 'The Nature Principle Reconnecting with Life in a Virtual Age'라는 세계적인 베스트셀러 책자에 다음과 같은 내용을 담았다. 『영국 에섹스대학교 환경사회센터(2009)¹⁹⁾는 숲을 접할 때 정신 건강이 좋아진다는 증거를 과학적으로 제시한 바 있다. 센터의 연구원들은 숲속을 체험한 집단과 실내 쇼핑센터를 방문한 집단을 비교한 결과 전자는 우울감은 98%, 긴장은 86% 그리고 분노감은 81%가 감소했지만 후자는 22%가 더 우울해졌거나 변화가 없는 것으로 나타났다. 스웨덴 연구자(2003)²⁰⁾들은 숲에서 조깅 하는 사람이 인공적인 환경에서 조깅 하는 사람보다 불안과 분노, 우울감을 덜 느낀다는 것을 알아냈다. 숲속의 토양을 접촉한 사람은 기분이 좋아지면서 동시에 면역체계가 향상되었다. 영국의 브리스톨대학²¹⁾에서 '신경과학' 학술지에 게재한 논문(2007)은 숲 토양 속에 있는 '마이코박테리움 백케이'에 노출된 실험 쥐가 세로토닌을 더 많이 분비했다고 보고했다. 세로토닌은 우울증과 관계가 깊은 물질이며 우울증 치료제가 바로 세로티닌 생산을 늘려 주는 약이다.』

최근 구글 인구 동선 분석 보고서는 코로나 19 기간 동안 실내 방문은 19%가 줄었지만, 숲과 공원 등 야외 방문은 51%가 증가한 것으로 나타났다(중앙일보, 2020. 4.3.) 포스트 코로나 시대는 숲의 정신 치유 기능이 더 중요해질 것이다. 코로나19로 정신적 스트레스를 받는 도시민들은 도시숲에서 정신적인 위안을 얻을 수 있다.

나오기

코로나19와 기후위기는 모두 인간들의 무분별한 생태계 간섭의 결과라는 것이 많은 전문가의 의견이다. 대표적인 생태계 간섭은 경제적인 이유로 천연 열대림을 목장이나 사탕수수 재배지로 전환하는 것이다. 생태계서비스 가치는 천연 열대림의 혜택이 사탕수수 생산 이득보다 적지 않다는 연구결과들이 있다. 실제로 중국 내륙지방에서 생산한 목재 생산액이 숲의 생태계서비스 가치 평가액의 1/3에 불과하다는 보고도 있다. 근본적으로 인류가 코로나19와 같은 감염병 팬데믹이나 기후위기에서 자유로워지기 위해서 훼손된 생태계, 특히 열대림을 포함한 숲을 온전하게 복원해야 한다. 숲의 생태계서비스 가치를 보다 객관적이고 과학적으로 평가하는 일은 훼손된 숲을 복원하는데 경제적 정당성을 제공한다. 아울러 코로나19로 지친 사람들의 정신 건강도 숲에서 생태적 경험을 통해 회복할 수 있다. 포스트 코로나 상황은 누구도 선불리

예단할 수 없지만, 지금이라도 숲을 포함한 상처 받은 생태계를 치유하지 않는다면 인류의 미래는 돌이킬 수 없는 지경에 이를 것이다.

참고문헌

1. 김성훈. 2020.8.30. [특별기고] 코로나19와 함께사는 세상. 한국농정.
2. 고재경, 김동영, 예민지, 최민애. 2020. 코로나19 위기, 기후위기 해결의 새로운 기회. 경기연구원. 20쪽.
3. 이강봉. 2020.11.30. 또 다른 팬데믹 사태가 발생할 수 있다. Sciencetimes
4. 박은진. 2018. 국내외 생태계서비스 연구와 정책 동향. 월간퓨처에코.
5. 정윤희. 2020. 생태계서비스와 생태자본의 시대, 그리고 강원도 전략. 강원연구원 정책 메모 2020-03호. 11쪽.
6. 존 펄린 저, 송명규 역. 2002. 숲의 서사시. 뜨남출판사. 400쪽.
7. 국립공원공단. 2012. 국립공원 가치 매기기. 18쪽.
8. 한국환경정책평가연구원. 2014. 생태계서비스 측정체계 기반구축(I). 121쪽.
9. 국립생태원. 2017. 전국단위 생태계서비스 평가 체계 수립을 위한 연구(vol. 1~3). 1050쪽.
10. 국립공원연구원. 2019. 2019 국립공원 생태계서비스 가치평가 연구-설악산, 덕유산,

- 무등산, 변산반도국립공원을 대상으로-. 353쪽.
11. 주우영. 2020. 생태계서비스의 주류화, 자연과 공존의 시작. 물과 미래 53권 6호. 25~29.
12. Thirdspace Environment Berline. 2018. 녹지, 생태, 생태계서비스. <http://3space-environment-glossary.com>.
13. 국립산림과학원. 2020.4.1. 산림의 공익적 가치 연간 221조원...국민 1인당 428만원 혜택. 경향신문.
14. 국립산림과학원. 2013~2019. 산림생태계 서비스 증진을 위한 생태적 산림관리 기술 개발. 연구사업보고서.
15. 양희문, 천정화, 박찬우, 신유진. 2017. 미국 생태계서비스 산림정책화의 핵심요인 및 기회. 국립산림과학원 NIFoS 국제산림 정책토포픽 제54호. 22쪽.
16. FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 Main report. 164pages.
17. IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E.S. Brondizio, J. Settele, S. Diaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. XXXpages.
18. Richard Louv. 2012. The Nature Principle Reconnecting with Life in a Virtual Age. Algonquin Books of Chapel Hill. 319pages.
19. Barton, R. Hine, and J. Pretty. 2009. Green exercise and green care evidence, cohorts, lifestyles, and health outcomes. Center for Environment and Society. Department of Biological Sciences, University of Essex.
20. M. Bodin and T. Hartig. 2003. Does the outdoor environment matter for psychological restoration gained through running?. Psychology of Sport and Exercise. 4. 141~153.
21. C.A. Lowry, J. H. Hollis, A. de Vries, et al. Identification of immune-responsive mesolimbocortical serotonergic system; Potential role in regulation of emotional behavior. Neuroscience. 146. no.2 756~772.



국가별 토양분류 현황과 Soil Taxonomy 및 WRB와의 연계성



김 춘 식

경남과학기술대학교 산림자원학과

1. 토양분류 현황 및 연계성

세계 여러 나라의 토양분류체계는 토양 생성요인이나 토양의 형태적 특성을 강조하여 분류하고 있으며 현재까지 국제적으로 통일된 안은 없으나, USDA의 Soil Taxonomy와 FAO의 World Reference Base for Soil Resources(WRB)가 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 토양분류체계(표 1)와 분류 단위(표 2)는 나라별로 큰 차이를 보이기 때문에 Soil Taxonomy 및 WRB와 호환성을 위한 연계방안이 세계 여러 나라를 중심으로 진행 중이다. 예를 들면, Soil Taxonomy의 Order와 WRB/FAO의 Reference Soil Group 사이의 밀접한 연관 관계가 있는 것으로 알려져 있다(표 3). 일본의 경우 Soil Taxonomy의 토양 아군단위와 WRB의 Principle qualifiers 단위체계까지 연관 관계를 제시하고 있다(표 4). 독일의 토양분

류체계 중 고차분류단위는 토양생성과정에 저차분류 단위에서는 진단 층위 같은 형태적 특징에 기반을 두고 있어 Soil classes는 Soil Taxonomy의 Order와 Soil types는 Great group과 비교될 수 있으며, WRB와 연관 관계를 제시한 바 있다(표 5). 프랑스의 토양분류체계는 토양단면발달에 기초를 두어 ORSTROM/INRA로 명명하고, 유기물의 종류, 토양구조, 수화작용(hydration)에 의한 변화 정도에 따라 토양분류를 하며 Soil Taxonomy 및 FAO/UNESCO와의 연관 관계가 표 6에 제시되어 있다. 호주의 토양분류체계는 14개의 목(Order), 87개의 아목(Suborder), 556개의 대군(Greatgroups), 2,451개의 아군(Subgroups), 7276개의 속(Family)으로 구성되어 있으며, 호주의 토양분류와 Soil Taxonomy 및 FAO/WRB 비교가 표 7에 제시되어 있다.

표 1. 국가별 토양분류체계

국가, 기관	토양분류 체계	명칭	최종 수정년도	참고문헌
미국	포괄적(형태적)체계 (Comprehensive Soil Classification System)	Soil Taxonomy	2014	Soil Survey staff. 2015
FAO/ UNESCO	세계 각국의 토양분류체계와 Soil Taxonomy 분류체계	WRB(World Reference Base for Soil Resources)	2015	IUSS Working Group WRB. 2015
러시아	실제적, 생성론적 분류체계 (Substantive-Genetic Soil Classification System)	Classification and Diagnostics of Russian Soils	2004	Shishove et al. 2005
일본	포괄적(형태적) 분류체계	Soil Classification System of Japan	2017	현병근 등 2016a
대한민국 (농지토양)	포괄적(형태적) 분류체계	Taxonomical Classification of Korean Soils	2014	National Academy of Agricultural Science. 2014
북한	생성론적 분류체계	Soils of North Korea	1966	임업연구원 1995

표 2. 국가별 토양분류단위

국가	토양분류단위(고차-저차)	비고
미국	Order(목) - Suborder(아목) - Great group(대군) - Subgroup(아군) - Family(속) - Series(통)	12목, 680목, 444대군, 2500아군, 8000속, 25000통
WRB/FAO	Reference Soil Groups(토양군) - Principle qualifiers(토양아군)	32토양주군, 1529 토양아군, 저차단위는 각국의 실정에 따름
러시아	Trunk - Order(목) - Type(형) - Subtype(아형) - Genus(속) - Species(종) - Variety(변종) - Phase(상)	3 Trunk, 28목
일본	Great soil groups(대토양군) - Soil groups(토양군) - Soil subgroups(토양아군) - Soil series groups(토양통군)	10토양대군, 27토양군, 116토양아군, 381토양통군
대한민국 (농지토양)	Order(목) - Suborder(아목) - Great group(대군) - Subgroup(아군) - Family(속) - Series(통)	7목, 14아목, 27대군, 405통
북한	토양문 - 토양형 - 토양아형 - 토양속 - 토양종 - 토양변종	3문, 6토양형, 15토양아형, 27토양속, 24토양종, 20토양변종

표 3. WRB 토양분류체계와 Soil Taxonomy의 비교(현병근과 이덕배 2015)

WRB (2014)	특징	Soil Taxonomy (2010)
Acrisols(AC)	낮은 활성점토, 낮은 BS의 심토집적층 토양	Ultisols
Alisols(AB)	높은 활성점토, 낮은 BS의 심토집적층 토양	Ultisols(Udults)
Andosols(AN)	화산회	Andisols
Anthrosols(AT)	오랜 농업적 이용	Inceptisols(Haplanthrepts, Plaggenanthrepts)
Arenosols(AR)	약한 B층의 매우 사질토양	Entisols(Psamments, Quartzipsamments)
Calcisols(CL)	2차 석회탄산염집적 토양	Aridosols(Calcids, Argids-Calciargids)
Cambisols(CM)	약하거나 중간 정도 발달의 B층이 있는 토양	Inceptisols
Chernozems (CH)	풍부한 유기물표토와 BS가 높은 초지토양	Mollisols(Udolls, Ustolls)
Cryosols(CR)	얼음영향	Gellisols
Duisols(DU)	2차 규산집적 토양	Aridisols(Durid: Natridurid, Agridurid) Alfisols(Durustalfs) Inceptisols(Durustepts)
Ferralsols(FR)	물리성양호, 화학성이 매우 불량한 풍화토	Oxisols
Fluvisols(FL)	하성충적토	Entisols(Fluvents)
Gleysols(GL)	지하수 영향	Inceptisols(Aquepts-Epiaquepts Aquic suborders(Aquerts, Aquolls)
Gypsisols(GY)	2차 석고 집적토양	Aridisols(Gypsid, Argids-Gypsargids)
Histosols(HS)	유기토	Histosols Gellisols(Histels)
Kastanozems (KS)	두꺼운 암갈색 표토, 유기물, 칼슘, 석고가 풍부한 심토	Mollisols(Ustolls, Xerolls) Alfisols(Mollic Paleudalfs, Natrustalfs)
Leptosols(LP)	얇은 토심, 심한 석력	Entisols(lithic subgroups) Mollisols(Rendolls)
Lixisols(LX)	낮은 활성점토, 높은 BS의 심토집적층 토양	Alfisols
Luvisols(LV)	높은 활성점토, 높은 BS의 심토집적층 토양	Alfisols
Nitisols(NT)	밝고, 망콩모양 구조의 암적색, 갈색, 황색점토 토양	Oxisols(Kandiudox, Kandiuox) Ultisols(Kandiudults, Kandiuults)

WRB (2014)	특징	Soil Taxonomy (2010)
Phaeozems(PH)	두껍고 어두운 표토, 풍부한 유기물과 탄산염 제거 증거가 있는 토양	Mollisols(Udolls, Albolls, Aquolls)
Planosols(PL)	치밀한 심토의 일시적 표토 포화의 표백토양	Alfisols(Albaqualfs) Ultisols(Albaquults)
Plinthosols(PT)	심토 경반(철, 점토, 규산) 습윤토	Oxisols(Plinthaquox) Ultisols(Plintaquults, Plinthudults)
Podzols(PZ)	철, 알루미늄, 유기복합체 심토축적 산성토양	Spodosols
Regosols(RG)	매우 발달 제한, 암반까지 매우 얇은 토양	Entisols
Retisols(RE)	점토집적층을 가지는 토양, 과거 Albeluvisols	Alfisols(Fraglossuldalfs) Ultisols(Fragiaquults, Plinthudults)
Solonchaks(SC)	강염류토	Aridisols(Salids, Aquisalids, Haplosalids)
Solonets(SN)	표면에 점토, Na	Alfisols(Natraqualfs, Natrustalfs) Mollisols(Natraquolls, Natursolls)
Stagnosols(ST)	중간 토성 및 구조의 일시적 표토 포화 토양	Alfisols(Albaqualfs) Ultisols(Albaquults)
Technosols (TC)	인공물 포함	No correlation(자연 토양 아님)
Umbrisols(UM)	두껍고, 검은 표토, 유기물이 풍부한 산성토양	Inceptisols (다양한 humic Dystgrudpets, Dystrudepts)
Vertisols(VR)	팽창형 점토	Vertisols

표 4. 일본 토양분류체계와 Soil Taxonomy 및 WRB의 비교(현병근 등 2016a)

포괄적 토양분류 제1차 시안	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
대군 군 아군		
1. 조성토양대군		
①인공물질토	Udorthents	Technosols
유기질		Gabric Technosols
경반형		Ekranic Technosols
무기질		Urbic Technosols
②성토조성토	Udorthents)	Regosols(Transportic)
대지		Regosols(Transportic)
저지		Regosols(Transportic)

포괄적 토양분류 제1차 시안 대군 군 아군	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
2. 유기질토양대군	Histosols	Histosols
①이탄토	Histosols	Histosols
부후질	Haplosaprists	Saplic Histosols
고위	Sphagnofibrists	Fibric Histosols
중간	Haplofibrists	Fibric Histosols
저위	Haplofibrists	Fibric Histosols
3. 포드졸토양대군		Podzols
①포드졸	Spodosols	Podzols
표층이탄질	Histic Epiaquods	Histic Podozols
습성	Endoaquods	Gleyic Podozols
표층유사그레이화	Epiaquods	Stagnic Podozols
유사그레이화	Aquic Haplorthods	Stagnic Podozols
보통	Haplorthods	Haplic Podozols
4. 흑보구토양대군	Andisols	Andisols
①미숙흑보구토	Vitrands, Aquands	Vitric Andosols
습성	Vitraquands	Gleyic Vitric Andosols
부식질	Humic Udivitrands	Melanic Vitric Andosols
매몰부식질	Thaptic Udivitrands	Vitric Andosols
보통	Typic Udivitrands	Vitric Andosols
②그레이흑보구토	Aquands	Gleyic Silandic Andosols
이탄질	Endoaquands	Gleyic Histic Silandic Andosols
후층	Melanaquands	Gleyic Silandic Andosols
보통	Typic Endoaquands	Gleyic Silandic Andosols
③다습흑보구토	Aquands	Gleyic Silandic Andosols
이탄질	Endoaquands	Gleyic Histic Silandic Andosols
하층대지	Typic Endoaquands	Gleyic Silandic Andosols
하층저지	Typic Endoaquands	Gleyic Silandic Andosols
후층	Melanaquands	Gleyic Silandic Andosols
보통	Typic Endoaquands	Gleyic Silandic Andosols
④갈색 흑보구토	Fluvudands	Fulvic Silandic Andosols
후층	Pachic Fulvudands	Fulvic Silandic Andosols
매몰부식질	Thaptic Fulvudands	Fulvic Silandic Andosols
보통	Typic Fulvudands	Fulvic Silandic Andosols
⑤비알로펜질흑보구토	Alic Hapludands	Aluandic Andosols

포괄적 토양분류 제1차 시안 대군 군 아군	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
논화	Anthraquic Melanudands	Aluandic Andosols
후층	Pachic Melanudands	Melanic Aluandic Andosols
매몰 부식층	Alic Hapludands	Aluandic Andosols
보통	Alic Hapludands	Aluandic Andosols
⑥알로펜질흑보구토	Udands	Silandic Andosols
논화	Anthraquic Melanudands	Silandic Andosols
하층대지	Typic Hapludands	Silandic Andosols
하층저지	Typic Hapludands	Silandic Andosols
담색	Typic Hapludands	Silandic Andosols
후층	Pachic Melanudands	Melanic Silandic Andosols
매몰부식질	Thaptic Hapludands	Silandic Andosols
보통	Typic Hapludands	Silandic Andosols
5. 암적색토양대군	Dark Red Soils	
①석회성암적색토	Udalfs, Udepts	Luvisols, Cambisols
점토집적	Typic Paleudalfs	Leptic Luvisols
보통	Lithic Eutrudepts	Leptic Cambisols(Eutric)
②산성암적색토	Udults, Udepts	Alisols, Acrisols, Cambisols
점토집적	Typic Paleudults	Alisols(Chromic)
	Typic Hapludults	Acrisols(Chromic)
보통	Lithic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Rhodic, Dystric)
③염기성암적색토	Udalfs, Udepts	Luvisols, Cambisols
점토집적	Typic Paleudalfs	Leptic Luvisols(Chromic)
보통	Lithic Eutrudepts	Leptic Cambisols(Eutric)
6. 충적저지토양대군		Fluvisols, Anthrosols
①저지논토	Anthraquic Eutrudepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
표백화	Anthraquic Eutrudepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
표층그레이화	Typic Eqiaquepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
하층갈색	Anthraquic Eutrudepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
습성	Typic Epiaquepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
보통	Anthraquic Eutrudepts	Fluvic Hydragric Anthrosols
②그레이저지토	Aquents, Aquepts	Gleyic Fluvisols
황산산성질	Sulfaquepts	Gleyic Fluvisols
이탄질	Thapto-Histic Hydraquents	Gleyic Histic Fluvisols

포괄적 토양분류 제1차 시안 대군 군 아군	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
부식질	Typic Hydraquents	Umbric Gleyic Fluvisols
표층회색	Typic Fluvaquents	Gleyic Fluvisols
환원형	Typic Hydraquents	Gleyic Fluvisols
반철형	Typic Hydraquents	Gleyic Fluvisols
③회색저지토	Aquepts, Aquepts	Gleyic Fluvisols
황산산성질	Sulfaquepts	Gleyic Fluvisols(Thionic)
이탄질	Fluvaquentic Endoaquepts	Gleyic Histic Fluvisols
부식질	Humaquepts	Umbric Gleyic Fluvisols
표층그레이화	Fluvaquentic Endoaquepts	Gleyic Fluvisols
그레이화	Typic Endoaquepts	Gleyic Fluvisols
하층구로부쿠	Aquandic Endoaquepts	Gleyic Fluvisols
보통	Fluvaquentic Endoaquepts	Gleyic Fluvisols
④갈색저지토	Udifulvents, Psamments	Haplic Fluvisols
습성	Oxyaquic Udifulvents	Haplic Fluvisols
부식질	Mollic Udifulvents	Umbric Fluvisols
논화	Oxyaquic Udifulvents	Haplic Fluvisols
보통	Typic Udifulvents	Haplic Fluvisols
⑤미숙저지토	Udifulvents, Psamments	Haplic Fluvisols
습성	Oxyaquic Udifulvents	Haplic Fluvisols(Oxaquic)
보통	Typic Udifulvents	Haplic Fluvisols

7. 적황색토양대군

①점토집적적황색토	Udults	Alisols, Acrisols
논화	Anthraquic Paleudults	Alic Stagnosols
회백화	Typic Paleudults	Albic Alisols
유사그레이화	Aquic Paleudults	Stagnic Alisols
습성	Aquic Paleudults	Gleyic Alisols
부식질	Typic Haplohmults	Umbric Alisols
적색	Typic Paleudults	Haplic Alisols(Chromic)
보통	Typic Paleudults	Haplic Alisols
②풍화변질적황색토	Udepts	Cambisols
논화	Anthraquic Eutrudepts	Haplic Stagnosols
회백화	Aquic Dystrudepts	Gleyic Cambisols
유사그레이화	Aquic Dystrudepts	Stagnic Cambisols
습성	Aquic Dystrudepts	Gleyic Cambisols

포괄적 토양분류 제1차 시안 대군 군 아군	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
부식질	Humic Dystrudepts	Haplic Cambisols(Humic)
적색	Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols(Chromic)
반질토	Andic Dystrudepts	Haplic Cambisols
보통	Oxyaquic Dystrudepts	Haplic Cambisols
8. 대지토양대군	Aquepts, Aquults, Aquepts	Gleysols, Stagnosols, Anthrosols
①그라이대지토	Epiaquepts, Endoaquepts, Endoaquepts	Gleysols, Anthrosols
논형	Typic Epiaquepts	Anthraquic Gleysols
표층이탄질	Typic Epiaquepts	Histic Gleysols
부식질	Typic Humaquepts	Umbric Gleysols
보통	Typic Epiaquepts	Haplic Gleysols
②회색대지토	Aquepts, Aquults	Stagnosols, Gleysols
논화	Typic Epiaquepts	Haplic Stagnosols
지하수형	Typic Endoaquepts	Endogleyic Stagnosols
부식질	Typic Humaquepts	Umbric Stagnosols
갈색	Aeric Epiaquepts	Haplic Stagnosols
보통	Typic Epiaquepts	
9. 갈색삼림토양대군		
①갈색삼림토	Udepts	Cambisols, Stagnosols
논화	Anthraquic Eutrudepts	Haplic Stagnosols
습성	Aquic Dystrudepts	Gleyic Cambisols
염기형	Lithic, Typic Eutrudepts	Haplic Cambisols(Eutric)
반토질	Andic Dystrudepts	Haplic Cambisols
부식질	Humic Dystrudepts	Haplic Cambisols(Humic)
포드졸화	Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols
하층적황색	Typic Dystrudepts	Dystric Cambisols
대지	Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols
보통	Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols
10. 미숙토양대군		
①화산방출물미숙토	Orthents	Regosols(Tephric)
습성	Aquic Udorthents	Endogleyic Regosols(Tephric)
보통	Vitrantic Udorthents	Haplic Regosols(Tephric)
②사질미숙토	Udipsamments	Arenosols
석회질	Typic Udipsamments	Haplic Arenosols(Calcaric)
습성	Aquic Udipsamments	Endogleyic Arenosols

포괄적 토양분류 제1차 시안 대군 군 아군	Soil Taxonomy (USDA, 2010)	World Reference Base for Soil Resources (2006)
보통	Typic Udipsamments	Haplic Arenosols
③고결암설토	Udorthents, Rendolls	Leptosols
석회질	Lithic Haprendolls	Rendzic Leptosols(Calcaric)
습성	Lithic Udorthents	Gleyic Leptosols
보통	Lithic Udorthents	Haplic Leptosols
④육성미숙토	Udorthents	Regosols, Leptosols, Phaeozems
이회암질	Typic Udorthents	Haplic Regosols(Calcaric)
석회질	Typic Haprendolls	Haplic Regosols(Calcaric)
화강암형	Typic Udorthents	Haplic Regosols(Skeletal)
연암형	Typic Udorthents	Haplic Regosols(Dystic)
보통	Typic Udorthents	Haplic Regosols(Dystic)

표 5. 독일의 토양분류체계와 WRB 비교(Kim et al. 2010)

1. Soil division: TERRESTRIAL SOILS

Soil classes(13)		Soil types(29)			WRB classification
Name	Symbol	Name	Symbol	Horizon sequence	
O/C soils	F	Fselshumusboden Skeletthumusboden	FF FS	O/mC O/xlC	Folic Histosol
Terrestrial raw soils	O	Syrosem Lockersyrosem	OO OL	Ai/mC Ai/lC	Lithic Leptosol Protic Arenosol Calcaric Regosol
Ah/C soils without Schwarzerden	R	Ranker Regosol Rendzina Pararendzina	RN RQ RR RZ	Ah/imC Ah/ilC Ah/cC Ah/ec	Umbric Leptosol Haplic Arenosol Rendzic Leptosol Phaeozem
Schwarzerden	T	Tschernosem Kalktschernosem	TT TC	Axh/Axh+lC/C Acxh/Acxh+eCc/ eCc	Haplic Phaeozem Chernozems
Pelosole	D	Pelosol	DD	Ah/P/tC	Vertic Cambisol
Braunerden	B	Braunerde	BB	Ah/Bv/C	Umbrisols Cambisols

Lessives	L	Parabraunerde	LL	Ah/Al/Bt/C	Luvic Arenosol Haplic Luvisol Eutri-vetic Cambisol
		Fahlerde	LF	Ah/Ael/Bt/C	Podzoluvisols
Podsole	P	Podsol	PP	Aeh/Ae/Bh/Bs/C	Podzols
		Staupodsol	PS	Ahe/Sw-Ae/Sd-Bms/C	Podzols
Terraе calcis	C	Terra fusca	CF	Ah/T/cC	Chromic Cambisol
		Terra rossa	CR	Ah/Tu/cC	Rhodic Cambisol
Palesole	V	Fersiallit	VV	.../IIBj/Cj/C	-
		Ferrallit	VW	...IIBu/Cj/Cv	-
Slack water soils	S	Pseudogley	SS	Ah/Sw/Sd	Stagnic Luvisol
		Haftpseudogley	SH	Ah/Sg/C	Stagnic Luvisol
		Stagnogley	SG	Sew-Ah/Srw/IISrd	Stagnic Albeluvisol
Reduktosole	X	Reduktisol	XX	Ah/Yo/Yr	Reducti-anthropic Regosol
Terrestrial anthropegenic soils	Y	Kolluvisol	YK	Ah/M/II...	Terric or Regic Anthrosol
		Plaggenesch	YE	Ah/E/II...	
		Hortisol	YO	Ap/Ex(Ex-)C	
		Rigosol	YY	R/C	
		Tiefumbruchboden (Trepesol)	YU	R-Ap/R+...	



2. Soil division: SEMI-TERRESTRIAL SOILS

Soil classes(4)		Soil types (17)			WRB classification
Name	Symbol	Name	Symbol	Horizon sequence	
Alluvial soils (Freshwater)	A	Rambla	AQ	aAi/aIC/aG	Fluvisols
		Paternia	AQ	aAh/aiIC/aG	Paternia
		Kalkpaternia	AZ	aAh/aelC/aG	Gleyic Regosol Gleyic Fluvisol
		Tscernitza	AT	aA _{xh} /aC/aG	Fluvisols
		Vega	AB	aAh/aM/(IIaIC/)(II)aG	Fluvisols Cambisols
Gleye (groundwater)	G	Gley	GG	Ah/Go/GR	Gleysols
		Nassgley	GN	Go-Ah/Gr	
		Anmoorgley	GM	Go-Ah/Gr	
		Moorgley	GH	H/Gr	
Marschen (saltwater)	M	Rohmarsch	MR	(z)(e)Go-Ah/ ((z)(e)Go/)(z)(e)Gr	Salic or Thionic Fluvisol
		Kalkmarsch	MC	(e)Ah/eGo/(z)eGr	Clacarcic Fluvisol; Calcaric Gleysol
		Kleinmarksch	MN	Ah/Go/(z)(e)Gr	Gleysols Gleysols Gleysols
		Haftnaessemarsch	MH	mit Ah/(e)Sg-Go/(z)(e)Gr	
		Dwogmarsch	MD	Ah/Sw/IIfAh-°Sd/ FGo-°Sd/Go/Gr	
		Knickmarsch	MK	Ah/Sw/Sq/Gr	planosols
		Organomarsch	MO	oAh/oGo/oGr	Histosols Gleysols
Strand Soils (seaside)	U	Strand	UA	(z)(e)Ai/((z)(e)IC)/zeG	Arenosols Fluvisols Solonchaks

3. Soil division: SEMI-SUBHYDRIC AND SUBHYDRIC SOILS

Soil classes (2)		Soil types (5)			
Semi-hydric soils	I	Watt	IW	(z)(e)Fo/(z)(e)Fr	
Sub-hydric soils		Protopedon	JP	Fi/...	-
		Gyttja	JG	Fo/...	-
		Sapropel	JS	Fr/...	-
		Dy	JD	Fh/...	-

4. Soil division: PEATS

Soil classes (2)		Soil types (5)			
Natural peats	H	Niedermoor	HN	nHw/(nHr/)(IIfF/)...	Histosols
		Hochmoor	HH	hHw/(hHr/)(uHr/)(nHr/)(IIfF/)...	
Cultivated peats	K	Erdniedermoor	KV	nHv/(nHt/nHw/(nHr/)(IIfF/)...	Histosols
		Mulmniedermoor	KM	nHm/nHa/nHt/nHw/(nHr/)(IIfF/)	
		Erdhochmoor	KH	hHv/hHw/(hHr/)(IIuHr/)(II,IIIInHr/)(...fF/)	

표 6. 프랑스 토양분류와 Soil Taxonomy 및 FAO/UNESCO 비교(현병근 등 2008)

INRA System	Soil Taxonomy	FAO/UNESCO
Sols Lessive	Ultisols	Acrisols
Andosols	Andosols	Andosols
Sols minéraux bruts	Psamments	Arenosols
Sols bruns eutrophes tropicaux	Tropepts	Cambisols
Sols Ferrallitique	Oxisols (Latosols)	Ferrasols
Sols minéraux bruts	Fluvents (Alluvial soils)	Fluvisols
Sols a gley peu profond peu humifères	Aquepts and Aquepts (Aquic great groups of Entisols, Inceptisols)	Gleysols
Sols hydromorphes organiques	Histosols	Histosols
Lithosols	Lithic subgroups	Lithosols
Sols lessives modaux	Alfisols	Luvisols
	Tropics, Rhodic great groups of Alfisols and Ultisols	Nitisols
Podsols	Spodosols	Podzols
Sols minéraux bruts d'apport; éolien ou volcanique; sols peu évolués regosolique d'érosion etc.	Orthents, Psamments	Regosols
Vertisols	Vertisols	Vertisols

표 7. 호주의 토양분류와 Soil Taxonomy 및 FAO/WRB 비교(현병근 등 2016b)

Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB
Anthroposols	Alfisols, Andisols, Aridisols, Entisols, Millisols, Ultisols	Anthrosols
Calcarosols	Aridisols, Alfisols(rhodoxeralfs, Palexeralfs), Inceptisols	Calcisols, Eutric Leptosols
Chromosols	Alfisols(non-sodic), Aridisols	Luvisols, Lixisols
Dermosols	Mollisols, Alfisols, Ultisols, Vertisols	Vertisols
Ferrosols	Oxisols, Alfisols, Mollisols	Ferralsols, Nitisols
Hydrosols	Alfisols(aquic), Ultisols(aquic), Inceptisols(aquic), Entisols(aquic), Aridisols(aquic)	Solonchaks, Gleysols, Palnosols, Cambisols
Kandosols	Alfisols, Ultisols, Aridisols, Oxisols	Acrisols, Luvisols, Lixisols, Plinthosols
Kurosols	Ultisols, Alfisols	Planosols, Alisols, Acrisols
Organosols	Histosols	Histosols
Podosols	Spodosols, Entisols	Podzols
Rudosols	Entisols(Aquents), salic Aridisols	Leptosols, Fluvisols, Solonchchaks, Arenosols, Regosols
Sodosols	Alfisols(Natrustalfs, Natrixeralfs)	-
Tenosols	Inceptisols, Aridisols(Cambids, argids, durids), Entisols	Cambisols, Leptosols, Fluvisols, Arenosols, Regosols
Vertisols	Vertisols(Haplusterts, Haplotorrerts)	Eutric Vertisols

2. 우리나라 토양분류 현황 및 연계성

우리나라의 토양분류는 1963년 한국토양조사 사업기구를 설치하여(1964~1969년) 구분류법으로 토양을 분류하였으나, 현재는 USDA Soil Taxonomy를 공식적인 방법으로 채택하여 분류한 결과 7개 목, 14개 아목, 27개 대군, 405개 통으로 토양이 분류되었다(표 8). 토양 발달이 어느 정도는 진행되었지만 특징적인 토양층이 나타나지 않는 Inceptisols이 가장 널리 분포하며(표 8), Entisols은 토양층이 발달하지 않은 토양으로 침식이 급격하게 일어나는 산지에 주로 분포한다(박수진 2010). Alfisols과 Ultisols은 토양 B층에 규산염 점토가 집적

된 Argillic 감식층이 나타나며, Hapludalfs는 산록, Hapludults는 구릉지에 분포한다(박수진 2010). 우리나라 국토면적 중 산림지역이 차지하는 비율은 약 63% 정도이고 산록경사지, 구릉지, 산악지 등이 산림지역의 토양분류에 포함된다. 2019년까지 발표된 총 405개 토양통 중 약 111개 정도가 산림지역에 분포하는 토양통으로 분류 될 수 있으며, WRB 토양분류체계에 따르면 12개의 토양주군으로 분류된다. 산림지역으로 분류되는 토양통 중 100,000ha 이상 분포하는 토양통은 고산통 외 14개 통으로 이 중 삼각통이 978,042ha로 가장 넓은 면적이 분포하고, 대구통, 덕산통, 무등통 순으로 나타났다(표 9).

표 8. 우리나라 토양 분포면적과 면적비(Song et al. 2019)

Order	아목	대군	아군	통	면적(천ha)	비율(%)
Alfisols	2	5	11	66	778.1	8.3
Andisols	2	4	12	44	142.0	1.5
Entisols	4	8	17	58	1,014.3	10.8
Histosols	2	2	2	2	0.4	0.0
Inceptisols	2	8	19	147	6,084.4	65.1
Mollisols	2	4	8	23	69.1	0.7
Ultisols	3	8	13	65	1,264.1	13.5
Total	17	39	85	405	9,351.5	100

표 9. 100,000ha 이상인 산림지역의 Soil Taxonomy, WRB 및 산림토양군과의 관계(국립농업과학원 2011)

토양통	면적(ha)	위치	Soil Taxonomy	WRB	산림토양군, 아군 (개략적임)
고산통 (GOSAN SERIES)	179,519	127°24'40.3"E 35°47'59.7"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Alumic Dystric Siltic)	갈색산림 토양군
대구통 (DAEGU SERIES)	414,561	128°53'0.3"E 36°18'11.9"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Lithic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Dystric Skeletic)	암쇄토
덕산통 (DEOGSAN SERIES)	409,895	26°53'52.8"E 36°40'44.7"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Lithic Udorthents	Lithi Leptosols (Humic Dystric Skeletic)	암쇄토
무등통 (MUDEUNG SERIES)	378,245	127°0'28.9"E 35°24'54.7"N	fine loamy, mixed, mesic family of Lithic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Alumic Humic Dystric Siltic)	갈색산림 토양군
봉산통 (BONGSAN SERIES)	104,654	126°30'57.9"E 34°35'16.1"N	fine loamy, mixed, mesic family of Typic Hapludults	Leptic Cutanic Alisols(Alumic Hyperdystric Siltic Chromic)	적황색 산림토양군
삼각통 (SANGGAG SERIES)	978,042	127°36'36.5"E 37°11'17.9"N	coarse loamy, mixed, mesic family of Typic Dystudepts	Haplic Cambisols(Alumic Dystric Chromic)	갈색산림 토양군, 침식토양군
석토통 (SEOGTO SERIES)	137,183	127°0'29.6"E 35°24'55.3"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols (Alumic Humic Dystric Skeletic)	암적갈색산 림토양아군
송산통 (SONGSAN SERIES)	776,980	127°16'45.9"E 37°11'21.4"N	coarse loamy, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols (Eutric)	갈색산림 토양군
아산통 (ASAN SERIES)	191,282	126°21'39.3"E 36°30'44.9"N	fine loamy, mesic family of Typic Hapludults	Cutanic Alisols(Alumic Hyperdystric Chromic)	적색산림 토양아군
오대통 (ODAE SERIES)	132,942	128°40'23.1"E 37°43'8.4"N	coarse loamy, mixed, mesic family of Lithic Humudepts	Leptic Cambic Umbrisols(Alumic Hyperdystric)	갈색산림 토양군
오산통 (OSAN SERIES)	296,068	127°17'59.6"E 37°10'56.9"N	coarse loamy, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Haplic Cambisols (Alumic Humic Dystric Siltic Chromic)	적색계갈색산 림토양아군

토양통	면적(ha)	위치	Soil Taxonomy	WRB	산림토양군, 아군 (개략적임)
외산통 (OESAN SERIES)	152.098	128°23'9.6"E 37°28'8.4"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Alumic Dystric Skeletal)	갈색산림 토양군
청룡통 (CHEONGRYONG SERIES)	106,743	128°41'53.0"E 37°11'28.8"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Humudepts	Cambic Umbrisols (Hyperdystric Skeletal)	암적색산림 토양군
청산통 (CHEONGSAN SERIES)	194,519	126°33'41.0"E 37°37'25.9"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts	Leptic Cambisols (Alumic Dystric Skeletal Chromic)	적색산림 토양아군
행산통 (HAENGSA SERIES)	113,144	126°52'2.6"E 34°55'49.2"N	loamy skeletal, mixed, mesic family of Lithic Udorthents fine silty, mixed, mesic family of Typic Endoaquepts	Leptic Regosols (Eutric Skeletal)	암쇄토

2. 우리나라 토양분류 현황 및 연계성

세계 산림토양자원에 대한 보다 정확한 이해를 위해 1970년대에 두 가지의 국제 토양분류 체계가 나타났으며, 하나는 미국에서 Soil Survey Staff가 제안한 Soil Taxonomy와 FAO/UNESCO에 의해 제안되어 추후 WRB로 발달하게 되는 토양분류체계가 현재 광범위하게 사용되고 있다. 비록 Soil Taxonomy와 WRB의 분류체계가 일반적으로 널리 사용되고 있지만 토양분류체계가 너무 많고, 자주 바뀌며, 토양 특성이 복잡하고, 용어가 어려울 뿐만 아니라, 토양분류 전문가들 사이에도 의견의 일치가 안 되는 등 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 독

자적인 토양분류체계를 가지고 있는 나라 들 고 Soil Taxonomy 와 WRB의 연관성에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다. 산림토양의 경우 대부분의 국가가 하나의 토양분류체계에 산림토양을 포함하고 있으며, 독자적인 산림토양 분류체계를 보유하고 있던 일본의 경우도 2017년 농경지와 산림을 포괄하는 일본토양분류체계를 발표한 바 있다. 우리나라 산림토양분류체계는 Soil Taxonomy 분류체계의 아목(Suborder)과 목(Order), WRB/FAO 분류체계의 주토양군(Reference soil group) 사이에 어느 정도 연관 관계가 있으나, 28개 산림토양형을 대상으로 Soil Taxonomy나 WRB의 세부 하위단위 분류를 실행하기는 어려운 실정이다. 장기적으

로 국내자료의 국제화를 위해서는 보다 세부적인 산림토양분류 체계에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 자료는 2018년 임업진흥원의 연구용역인 “산림공간정보구축 효율화 및 개선방안 마련” 보고서의 일부를 포함하고 있으며, 연구수행을 위한 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

국립농업과학원. 2011. 한국의 토양분류 및 해설. 토양조사자료 14. 446p.

박수진, 손연규, 홍석영, 박찬원, 장용선. 2010. 한국 주요 토양유형의 공간적 분포와 토양형성요인을 이용한 예측가능성 평가. 대한지리학회지 45(1): 95-118.

임업연구원. 1995. 북한의 토양분류. 임업정보 43: 26-31.

현병근, 송관철, 정석재, 손연규, 임상규, 강성수, 조희래, 이예진, 전상호. 2008. 프랑스 토양분류체계 소개. 한국토양비료학회 춘계학술발표회 논문초록집 pp. 34-35.

현병근과 이덕배. 2015. FAO의 세계토양정보 구축과 대응. 세계농업 175(3): 47-61.

현병근, 손연규, 조현준, 장용선, 정강호, 최정원, 정석재, 곽우리, 김운순, 홍세은. 2016a.

일본의 토양분류에 관한 연구. 한국토양비료학회 춘계학술발표대회 초록집 pp. 77-82.

현병근, 손연규, 조현규, 정강호, 최정원, 정석재, 곽우리, 김운순, 홍세은. 2016b. 호주의 토양분류에 관한 고찰. 한국토양비료학회지 49:93-114.

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Kim, R.Y., Sung, J.K., Kim, S.C., Jang, B.C. and Son, Y.K. 2010. A brief review of soil systematics in Germany. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 43(1): 113-118.

National Academy of Agricultural Science. 2014. Taxonomical classification of Korean soils. 1555p.

Soil Survey Staff. 2015. Key to Soil Taxonomy. Twelfth edition, 2014. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Song, K.C., Hyun, B.K., Kang, H.J. 2019. Reclassification of Korean soils according to revised soil taxonomy. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 52(2): 93-104.



드론 영상의 품질관리 기준



선 주 남

한국임업진흥원 방제드론실

1. 정사영상 개요

정사영상(Orthophoto)은 드론이나 항공기로 촬영한 영상에서 지표면의 고저차와 경사 등에 의해 발생하는 드론 영상의 기하학적 왜곡을 보정하여, 모든 공간 객체를 수직으로 보았을 때 모습으로 표현한 영상을 의미한다.

영상 촬영 시 렌즈 중심에서 벗어난 물체는 높이 차이에 따라 왜곡이 발생하며, 높이 차가 클수록 왜곡이 커지는 경향이 있다. 정사영상은 지도보다 자세한 지형상황을 제공하며, 동일한 평면 정확도를 갖는 장점이 있지만, 원본 영상보다 해상도가 떨어지고, 이로 인해 일부 정보를 잃어버릴 수 있는 단점이 있다.

산림분야에서 정사영상은 경계 및 길이, 면적 등의 현황파악과 측량, 3차원 모델링, 주제도 작성, 시계열 자료 확보를 위한 목적으로 제작되며, 피해지에서 고사목의 현황을 파악하고,

실시설계 단계에서 고사목에 대한 전수조사를 수행하기 위한 기초자료로 활용된다. 소나무재선충병의 선단지와 미피해지에서는 드론으로 촬영한 정사영상을 분석하여 고사목을 추출하고, 현장 조사를 통해 실제 산림병해충 피해의 심목을 판단하는 기초자료로 활용하고 있다.

2. 정사영상의 품질평가

정사영상의 품질은 정사영상을 제작하기 위해 드론으로 촬영하는 과정과 정합을 통한 정사영상 제작 과정에 따라 정사영상의 품질에 영향을 줄 수 있다. 즉, 촬영을 위해 비행하는 드론의 비행 방식과 영상을 확보하는 카메라/센서의 설정 방식이 품질에 영향을 준다. 또한 드론 촬영으로 얻은 영상들을 정합하여 하나의 정사영상을 제작하는 과정과 소프트웨어의 종류도

정사영상의 품질에 영향을 줄 수 있다.

최종 결과물인 정사영상을 검토하여 품질 수준을 정의하고, 이 결과를 영상 촬영과 정사영상 제작 과정에 반영하여 필요한 영상 재촬영, 필요한 부분에 대한 정사영상을 다시 제작하는 등 품질 관리가 필요하며, 정사영상의 품질 수준을 정의하고 평가할 수 있어야 한다.

지금까지 영상 품질 평가는 평가자의 주관적인 판단을 기준으로 하였으며, 이는 영상을 관찰하는 사람들이 인식하는 품질이라는 점에서 타당성을 찾을 수 있으나, 평가자가 전문성과 경험을 갖추고 객관적으로 평가하더라도 개인마다 기준이 다르므로 정사영상 품질관리에 전문 인력과 많은 시간이 소요되며, 다양한 기준에 의해 혼란을 초래하고 있다.

정사영상의 품질은 일부 정량화 가능한 지표에서 정량화된 수치로 확인할 수 있으며, 정사영상 제작에 유용한 지표를 제공할 수 있어 빠른 판단과 후속 조치를 가능하게 하고 품질향상을 도모할 수 있다. 그럼에도 불구하고 정사영상 품질에 대한 완벽한 정량화는 매우 어려운 과제이며, 동시에 시간과 비용이 과다하게 소요될 수 있다. 적절한 수준의 정사영상 품질 정량화는 평가자에게 평가를 수월하게 할 수 있도록 도와주며, 객관적이고 균일한 기준 적용을 가능하게 할 수 있으며, 또한 동일한 평가 방법을 활용한 품질 정량화 수치는 정사영상 제작과 품질 관리에도 도움이 될 것이다.

정사영상 품질을 평가하는 기준은 일반적으

로 해상도와 해상력, 수평위치오차, 블러링, 비네팅, 누락률, 선명도 등이 있으며, 영상의 기준이 객관적으로 측정할 수 있는 것과 육안으로 평가하는 기준이 있다.

가장 많이 활용되는 영상의 기준은 해상도일 것이다. 해상도는 영상이 공간영역을 얼마나 자세하게 표현할 수 있는 가를 나타내는 척도이며, 드론 등의 무인비행체에서 촬영한 영상에서 말하는 해상도는 GSD(Ground Sample Distance)를 의미한다.

비슷한 용어로 해상력이 있는데 해상력 고려에 앞서 분해능(Resolving Power)을 먼저 고려해야 한다. 분해능은 광학장비가 서로 다른 촬영 혹은 관찰 대상을 구분할 수 있는 가장 작은 간격을 의미한다. 즉 두 점을 구분할 수 있는 최소 간격으로, 해당 간격보다 작을 경우 두 점을 구분하지 못하고 하나의 점으로 판단한다는 의미가 된다. 해상력은 앞서 언급한 광학장비가 다양한 조건 하에서 실제 관찰 대상을 구분할 수 있는 간격을 의미하며 기기가 최상의 조건에서 식별할 수 있는 가장 작은 간격이라면, 해상력은 조건에 따라 변하게 된다. 가장 양호한 조건에서는 해상력 분해능은 같아지며, 해상력은 항상 분해능 보다 크거나 같다.

이에 반해 해상도는 영상에서 촬영 대상을 얼마나 자세하게 표현할 수 있는 가에 대한 척도로 요약하면, 분해능, 해상력은 카메라의 촬영 성능에 해당하며, 이를 통해 만들어진 영상의 품질은 해상도로 평가할 수 있으며, 정사영상품

질 평가에는 영상 자체를 평가할 수 있는 해상도가 더 적합한 평가지표라고 할 수 있다.

선명도는 영상의 명확함(Clarity)¹⁾이나 날카로움(sharpness) 등을 의미하며, 본 자료에서는 해상도, 해상력 등의 개념을 도입하였으므로, 선명도는 날카로움(sharpness)을 의미하는 것으로 범위를 정하여 표현함. 선명도는 영상에서 물체를 인식하는데 중요한 요소 중 하나로 블러링 현상과 반대되는 개념으로 블러링이 심할 경우 선명도가 낮아지며, 블러링이 적을수록 선명도가 높아진다. 선명도를 정량화하는 방법으로 다양한 기법이 사용되지만, 대부분의 기법은 변화율을 기반으로 경계의 정도, 혹은 경계 사이 거리 등을 이용하여 구할 수 있다.

수평위치 오차는 위치측정 시스템에 의해 발생하는 오차와 촬영 영상 왜곡과 정보 부족에 의해 정합과정에서 오차가 발생하기도 한다.

블러링 현상은 카메라 흔들림 등으로 경계가 모호해져 피사체가 흐릿하고 어스름하게 보이는 현상으로 온도, 풍속에 따른 대기의 난류와 노출 시간에 따라 발생하는 가우시안 블러(Gaussian blur)와 초점 불일치에 의해 경계선이 흐려지는 디포커스 블러(Defocus blur), 그리고 피사체의 상대 운동과 저조도 조건에서 장시간 노출 등에 의한 특정한 방향으로 늘어지는 모션 블러(Motion blur) 등으로 나눌 수 있으며, 정사영상의 정합과정에서 생기는 영상 변형

(일정한 방향으로 늘어나는 형태의 변형)에 의해서도 발생할 수 있다.

비네팅(Vignetting) 현상은 일반적으로 영상의 중심부에 비해 가장자리 부분이 상대적으로 어두워지는 현상을 말한다. 비네팅은 기계적 비네팅, 광학적 비네팅이 존재하며, 여러 장의 영상을 합성하여 하나의 영상을 만들 경우 개별 영상의 밝기와 채도의 차이로 인해 경계부분에 비네팅이 발생한다.

정사영상에서 누락 부분은 촬영지역 경계에서 경로설정 오류나 촬영오류 등에 의해 발생할 수 있으며, 정합과정에서 누락 부위가 발생할 수 있다. 촬영대상지 전체가 정사영상으로 만들어져야 하며 누락지역이 발생하지 않아야 한다. 소프트웨어에 따라 육안으로 보이지 않을 정도의 소면적 누락이 발생하는 경우도 있다.

드론영상의 품질기준에서 정량적으로 평가할 수 있는 항목은 해상도와 수평위치 오차를 구할 수 있다. 해상도는 프로그램에서 직접 측정이 가능하며, 수평위치 오차는 수치지형도와 비교하여 오차를 측정할 수 있으며, 블러링, 비네팅, 누락면적은 육안판단에 의한 정성적 평가만 이루어지고 있었다. 이번에 소개할 내용은 위 5개 항목의 정량적평가 방법을 소개하고자 한다.

3. 영상품질과 관계되는 촬영조건

영상의 품질을 좌우하는 요소는 장비의 성능과 촬영방법에 따라 중복도, 촬영시간, 촬영고

1) 명확함(Clarity)은 육안으로 분명하게 인식할 수 있음의 척도임. 이에 비해 날카로움(sharpness)은 영상에서 경계에서 영상이 특성이 변할 때 변화가 이루어지는 화소사이의 거리와 연관되어 있음. 즉 급격한 변화를 의미함.

도 등 조건에 따라 다르며, 이외에도 바람, 구름 그늘과 같이 균일하지 않은 촬영조건이 영상 품질에 많은 영향을 줄 수 있다. 또한 기후 조건 등 다양한 변인들이 존재하고 이들 변인들의 통제가 어려워 개별 요인에 대한 영향력을 조사하는 것은 매우 어려운 일이다.

따라서 정량화된 형태로 영상 품질과 촬영 방식의 상관관계 규명에는 어려움이 있으나, 전문가 인터뷰를 통해 양호한 영상품질을 확보하기 위한 비행기준과 촬영조건을 준수하는 것이 도움이 될 것으로 판단된다.

표 1 촬영조건이 정사영상 품질에 미치는 영향

촬영 조건	정사영상 품질의 영향
촬영 고도	고도가 낮을수록 유리
GSD	작을수록 유리
촬영 시간	정오에 가까울수록 유리
중복도	중복도가 높을수록 유리

가. 촬영 시간

촬영 결과를 기반으로 비교했을 때, 전반적으로 12:00에 품질이 양호하며, 15:00에 가장 나쁜 영상 품질을 보인다. 15:00에 발생하는 영상 품질 저하의 원인은 낮아진 태양고도에 따라 높은 지형 장애물이 만드는 큰 그림자가 원인으로 시간대 별로 촬영한 정사영상과 이를 바탕으로 계산한 라플라시안 분산 값의 분포를 보면 오전 시간대의 품질이 좋다. 그 이유는 태양의 조사 방향과 지형의 방향의 상관관계와 연관되어 있는 것으로 보이며, 촬영 시간 전후의 기후도 촬

영 결과에 영향을 줄 수 있다.

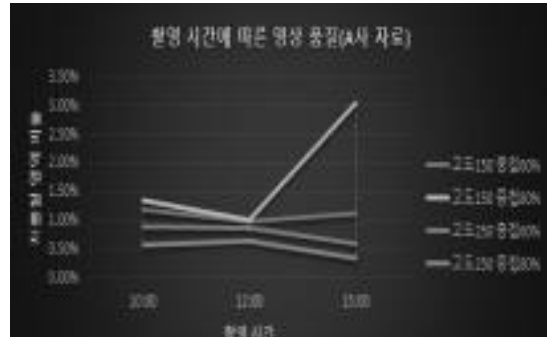


그림 1. 촬영 시간에 따른 저품질 영역 비율(A사)

나. 촬영 고도

고도에 따라 블러링 비율이 상승하는 추세는 확인할 수 있다. 고도에 따라 블러링 비율이 낮아지는 사례가 있으나 전반적으로 블러링 비율과 고도의 경향을 찾기는 어렵다. 경사가 있는 지형을 촬영한 경우, 저고도에서 촬영할 수 없는 영역이 존재하였으며, 이 경우 블러링 발생 비율에 영향을 줄 수도 있다.

정성적인 평가를 위해 정사영상을 비교한 자료를 보면, 급경사 지역에서는 낮은 고도의 경우 누락 면적이 넓어짐을 확인 할 수 있다. 일반적인 예상처럼 고도가 높아지면 GSD가 커지며, GSD가 커지면 블러링 비율이 전반적으로 높아는 경향이 있다.

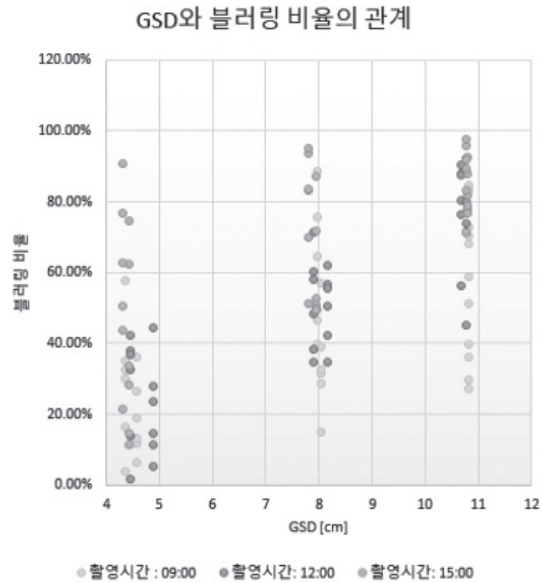


그림 2. GSD와 블러링 비율의 관계

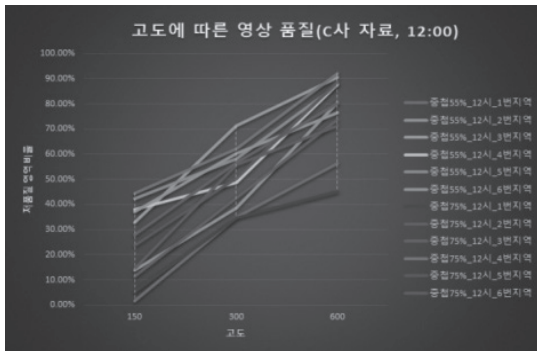


그림 3. 촬영 고도에 따른 저품질 영역 비율 (C사, 촬영시간 12:00)

다. 중중복과 횡중복

드론촬영시 권장하는 중중복도는 진행방향으로 70% 인접방향으로 60%이며, 분석에 사용한 정사영상의 중중복도는 최소 50%이상 되어야하며, 중중복도가 높을 수록 영상품질이 좋아질 것으로 예상되나, 분석된 결과에 따르면 중중복도에 의한 영향이 많지 않다.

이는 촬영 영상이 중복도 이외에 요소에 영향을 많이 받아 중복도의 영향이 상대적으로 감소했을 수 있으며, 결과적으로 50%~60% 수준인 낮은 중중복도 조차 양호한 영상품질을 확보할 수도 있다.

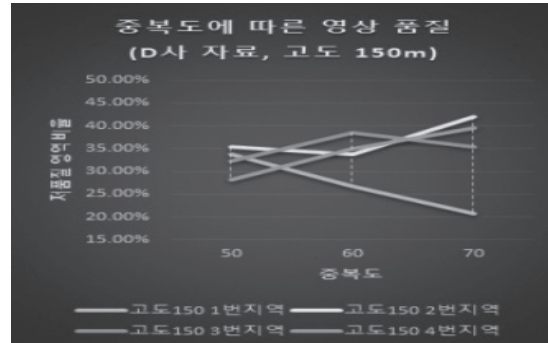


그림 4. 중중복도와 저품질 비율(D사)

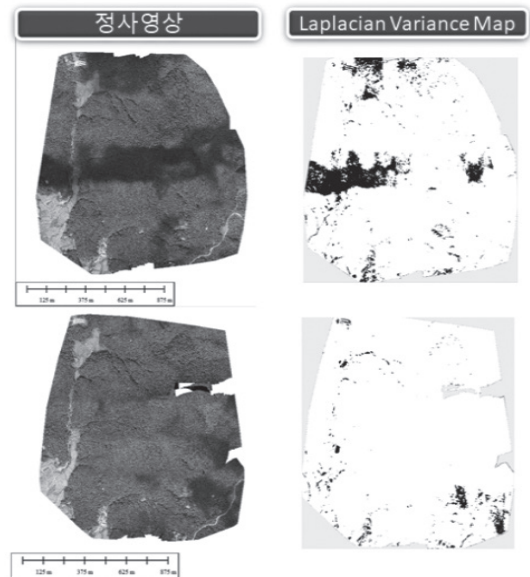


그림 5. 구름 그림자에 따른 블러링 비율

라. 구름 그늘 등

맑은 날의 경우 구름에 의해 만들어지는 그늘과 지형에 의한 그늘이 영상품질에 영향을 줄 수 있다. 균일한 영상 촬영을 위해 카메라 설정을 수동으로 하는 경우가 많은데, 이 경우 그늘이 없는 구역에서는 양호한 영상을 얻을 수 있지만, 동일한 설정으로 그늘 부위를 촬영하면, 상대적으로 품질이 떨어지는 경우가 발생하며, 오히려 구름이 많아 태양광을 균일하게 가려줄 경우 영상 품질이 더 양호한 경향이 있다.

그림5는 촬영고도 250m, 종첩율이 75% 횡중첩율 50%인 영상으로 문턱 값 100을 기준으로 구름 그늘에 의해 발생하는 라플라시안 분산 값을 비교한 결과로 구름 그늘이 있을 경우 문턱 값 보다 낮은 분산 값을 갖는 영역이 8.77%이며, 구름 그늘이 없는 경우 분산 값은 2.00 % 이다. 상대적으로 좁은 구역에 발생한 구름 그늘에 의해 약 6% 이상의 블러링 면적이 늘어나는 것을 보여 준다.

3. 정사영상 평가기준

가. 해상도

해상도는 영상이 공간영역을 얼마나 자세하게 표현할 수 있는 가를 나타내는 척도이며, 드론 등의 무인비행체에서 촬영한 영상에서 말하는 해상도는 GSD(Ground Sample Distance)를 의미한다. GSD는 영상에서 표현되는 하나의 화소(pixel)과 이 화소에 연속으로 이웃하고

있는 또 하나의 화소 사이가 표현하는 지표상에서 거리를 의미하며, 하나의 화소가 나타내는 지표상의 거리와 같다. Geo Tiff 영상은 속성 값에서 픽셀 크기를 확인할 수 있으며, 이 값이 GSD에 해당한다. 그러나 해당 GSD 값은 항공 촬영을 하는 무인 비행체의 카메라와 비행체의 촬영높이에 따라 계산되는 값이므로 실제 사물을 구분하는 분해능과는 차이가 있다.

동일한 설정을 갖는 센서를 이용하여 낮은 고도에서 촬영하면, 정밀한 GSD 값을 얻을 수 있지만, 정사영상 제작에 필요한 사진의 양이 늘어나고, 제작 시간과 비용은 많이 소비되며, 고도를 높일 경우 GSD값이 커지지만, 필요한 사진의 양이 줄고 정사영상 제작에 소요되는 비용과 시간이 절약된다. 따라서 적절한 기준 값이 필요하며 촬영목적에 맞는 해상도를 설정해야 한다.

해상도의 계량적 측정방법은 다소 오차가 존재할 수 있지만, 그림6과 같이 GeoTiff 파일의 속성 값에서 간편한 방법으로 GeoTiff의 속성 값을 활용하여 해상도를 확인할 수 있다.

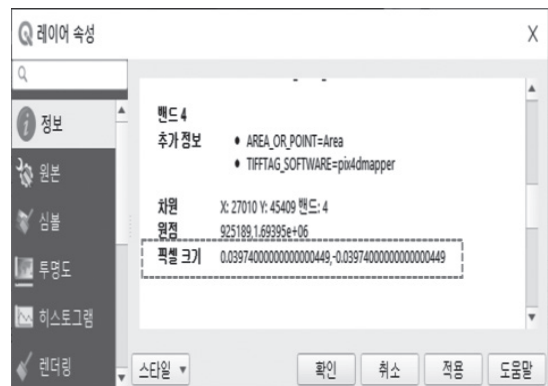


그림 6. 해상도 GeoTiff 파일의 속성 값

실제 항공촬영 영상의 해상도 값의 정확한 측정은 해상도 타겟을 사용해야 하며, 그림7는 미 공군에서 제작한 해상도 타겟과 이를 지상에 영구적으로 설치한 모습으로, 식별 가능한 눈금을 기준으로 실질적인 해상도 값을 확인할 수 있다. 그러나 해상도 타겟 설치의 비용 문제 등 시행에 어려움이 있어 치수를 알고 있는 인공지물을 이용하여 대략적인 해상도 계산이 가능하다.

그러나 인공지물의 실제 규격을 정확히 알 수 없고 경계선의 모호성으로 인해 정확한 측정은 어려우며 단, 파일 속성에 기록된 해상도의 대략적인 검증용으로는 사용할 수 있다.

앞서 언급한 여러 가지 방법들의 장단점을 고려할 때 영상 파일에 함께 기록된 해상도 자료를 기준으로 GSD를 판단하는 것이 가장 현실적인 접근법이라 할 수 있으며, 이를 위해 영상제작자들은 GSD 값을 인위로 설정하는 등의 해상도 자료를 왜곡할 수 있는 행위를 하지 말아야 한다.

해상도 확인을 위해 외부 측정도구를 포함한 다양한 평가방법을 사용할 수 있지만, 비용과 시간을 고려하여 정사영상의 속성 값을 이용하는 방법이 가장 많이 사용되고 있는데, 정사영상 속성 값에서 해상도는 수직, 수평 범위와 화소수를 이용하여 계산할 수 있다.

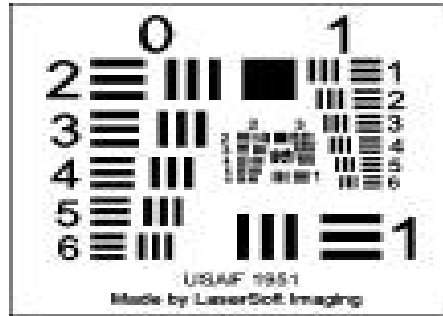


그림 7. 해상도 타겟

1) 속성 값에서 확인하는 방법

정사영상 확인을 위해 많이 사용하는 QGIS 기준으로 속성 값을 확인할 수 있음. QGIS에서 같은 방법으로 속성 창을 열어 픽셀 크기 부분의 수를 확인하면 m 단위의 해상도 값을 찾을 수 있다.

2) 영상의 범위와 화소 수를 이용하여 계산하는 방법

정사영상의 속성 창은 m 단위로 영상의 범위를 표시하는 영역 속성과 영상을 구성하는 화소 단위로 영상의 크기를 보여주는 너비와 높이 속성을 표시한다. 영역 부분과 너비, 높이가 표시된 속성 창으로 영역 부분은 시작점 x값, 시작점 y 값 : 끝점 x값, 끝점 y값 형식의 4개의 수가 쉼표와 콜론으로 구분되어 있다. 영역 표시에 사용된 수의 단위는 영역 바로 아래에 위치한 단위 항목에 표기된다.

끝점 x값에서 시작점 x 값을 빼면 너비 방향의 실제 거리가 표시되며, 같은 방법으로 끝점

y값에서 시작점 y 값을 빼면 높이 방향의 실제 거리가 표시된다. 이를 너비에 표시된 너비 방향 화소수로 나누면 수평 방향의 해상도를 구할 수 있으며, 높이 방향의 화소수로 나누면 수직 방향의 해상도를 구할 수 있다. 이 방법으로 구한 해상도는 m 단위이며, 100으로 나누면 cm 단위로 변환할 수 있다.

$$\text{수평해상도} = \frac{\text{끝점 } x\text{값} - \text{시작점 } x\text{값}}{\text{너비 화소수}},$$

$$\text{수직해상도} = \frac{\text{끝점 } y\text{값} - \text{시작점 } y\text{값}}{\text{높이 화소수}}$$

나. 수평위치 오차

무인항공기 촬영 영상은 GNSS를 활용하여 수평위치를 결정하며, 이렇게 결정한 위치는 수평 오차를 포함하고 있어 정사영상을 활용할 경우에는 이에 대한 확인이 필요하다. 위치측정 시스템에 의해 발생하는 오차 이외에도 촬영 영상 왜곡과 정보량 부족에 의해 정합과정에서 오차가 발생하기도 한다.



그림 9. 정사영상의 수평 위치오차

수평위치 오차의 범위는 사업목적에 따라 현

장에서 정사영상에 표시된 위치확인이 가능하고 용인할 수 있는 범위 내에서 허용기준을 찾아야 한다. 산림에서 일반적인 오차 범위는 임목간의 간격을 고려하면, 수평오차는 최소 5m 이내로 유지되어야 하며, 사업에 따라 5cm이하의 정밀을 요하는 경우와 10m이상 오차가 비교적 크게 발생하여도 가능한 경우가 있으므로 필요에 따라 달리 적용되어야 한다. 이는 “산림병해충 예찰 무인항공기 운용 매뉴얼” 등에 기술되어 있다.

완성된 정사영상을 기반으로 수평위치 오차를 측정하기 위해서는 기 작성된 수치지형도를 참조할 수 있다. 허용오차가 5m일 때, 1:5,000 수치지형도를 활용하여 수치지형도와 정사영상에서 공통으로 찾을 수 있는 공간객체를 기준으로, 수치지형도 상의 공간객체의 한 점과 정사영상 위에 존재하는 공통 공간객체의 동일한 한 점 사이의 거리를, 두 점의 지도 상 좌표를 기준으로 계산한다.

수평오차에 해당하는 두 지점의 이격거리는 다음과 같은 피타고라스 정의로 계산할 수 있다.

$$d = \sqrt{(x_o - x_r)^2 + (y_o - y_r)^2} = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

수평오차 계산은, 300ha 정사영상 기준으로, 영상을 수직 방향 3등분 수평 방향 3등분하여 각 영역에 최소 1개소 이상 영상 전체에서 10 ~ 18 개소의 지점을 선정하여 평가한다. 수평오차를 측정하기 위한 측정점은 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

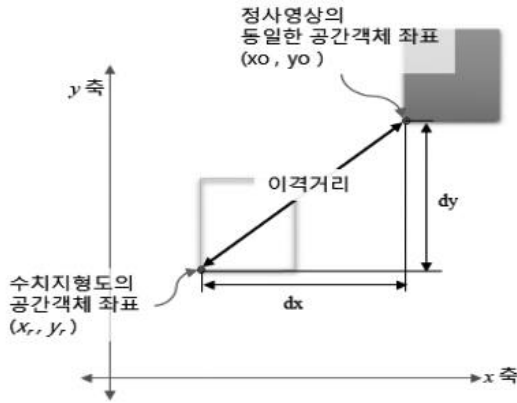


그림 10. 수평오차에 이격거리 계산

측정점의 위치는 정사영상의 전체 면적에 걸쳐 고르게 분포하도록 선정하여야 한다. 위치는 수치지형도와 정사영상에서 공통으로 확인 가능하며, 형상이 뚜렷한 공간객체를 선정하여야 한다. 측정점의 개수는 정사영상 300ha를 기준으로 수평방향 3등분, 수직방향 3등분으로 구분하여 9개 구획으로 나누고 각 구획에 2개씩 선정하여 평균값을 구한다.(구역 내 공통 확인이 가능한 지점이 없을 경우 생략) 평가시 각 측정점에서 수평 오차를 구하고 각 지점에서 수평오차가 허용오차를 벗어나지 않는지 확인하여야 한다.

평가 방법은 정합 과정에서 변형되는 영상에 의해 생기는 오차로 육안으로 구분할 수 있는 지형지물을 선택하고, 이 지형지물의 정사영상과 수치지형도 상의 위치를 비교하여 오차를 구한다. 지형지물은 수치지형도에서 확인할 수 있는 다각형 형태의 인공물 혹은 자연물을 사용할 수 있으며, 건물, 도로, 교량 등을 사용할 수 있다.

다. 블러링

1) 정사영상에서 블러링 현상의 발생원인

촬영 장치와 피사체의 상대적인 운동 즉, 돌풍 등의 기상과 비행패턴에 따른 기체 운동, 모터와 프로펠러 진동에 의한 카메라 흔들림, 바람 등에 의한 나무와 나뭇가지의 흔들림 또는 촬영 장치 설정 오류 등의 원인으로 발생하는 초점 불일치(아웃포커스) 및 정사영상 제작 시 과도한 사진 변형으로 인하여 길게 늘어지는 모션 블러 형태(그림11)이며, 그림 12는 진동 혹은 초점 불일치로 발생하는 디포커스형 블러링 영상이다.

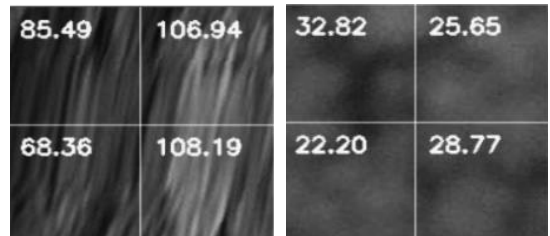


그림 11. 모션 블러링

그림 12. 디포커스형 블러링

2) 블러링 현상 탐지 방법

블러링 감지와 정량화 원리는 블러링 발생 시 외곽선과 같은 경계가 불분명해지는 특성을 이용하여 블러링 발생여부를 판단하기 위하여 경계(외곽선) 추출 기법 등 변화율을 측정하는 방법을 통해 블러링 현상을 감지한다.

이미지의 주파수 분석 입장에서 경계선이 분명하여 블러링이 적어지고 영상의 선예도(sharpness)가 커질수록 고주파 성분이 많아지며, 반대로 블러링이 많아지면 저주파 성분이 많아진다. 이 기술은 자동 초점 카메라의 초점

조절 및 휴대폰 등의 모바일 기기에 적용된 흔들림 감지 기법에 적용되고 있다. 외곽선이 모호해지는 정도를 정량화하고 이를 바탕으로 블러링 발생 유무를 결정하기 위해 분산, 편차 등의 통계 값을 추출할 수 있다.

블러링을 감지하고 정량화하기 위하여 블러링 수준을 수치로 표현 가능하여, 연산이 단순하여 구현하기 수월하고, 연산 시간을 단축할 수 있는 알고리즘에는 휴대폰이나 디지털 카메라에서 사용하는 알고리즘의 경우 단일 영상을 대상으로 블러링을 감지하지만, 정사영상은 많은 영상을 정합하여 만들어지며, 이로 인해 용량이 매우 크다는 특성이 있음. 따라서 대용량 영상에 대한 연산 시간도 알고리즘 선택 기준으로 고려하여 라플라시안 분산 알고리즘을 적용하였다.

라플라시안(Laplacian)은 스칼라 함수의 기울기에 대한 발산(divergence of gradient)으로 정의되며 이는 수학 적으로 다음과 같이 표현된다.

$$L = \nabla^2 f \quad L : \text{라플라시안,}$$

f : 스칼라 함수

영상 데이터의 경우 변화율의 미분 값에 해당하며, 영상의 2차 공간 미분의 2D 등방성(isotropic) 측정값으로 영상의 강도(intensity)가 빠르게 변하는 부분을 강조하며, 라플라시안은 경계 추출(edge detection)에 많이 사용되는 알고리즘으로 수학적으로는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$L(x, y) = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}$$

라플라시안은 경계선을 대표하는 값이며, 이 값의 흠어짐 정도는 경계선의 흠어짐 정도로 해석할 수 있다. 라플라시안의 분산이 작을 경우 경계가 뭉개져 있거나, 없는 경우를 의미하며, 라플라시안의 분산 값이 크면, 영상에서 사물의 윤곽이 명확하게 표현되고 있음을 의미한다.

영상에 대한 콘볼루션(합성곱, convolution) 연산을 수행하여 라플라시안 값을 계산하고 이 값들의 분산을 구한다. 콘볼루션 연산은 커널(Kernel)을 사용하여 수행되며, 이러한 과정을 콘볼루션 필터링(convolution filtering)이라고 하며, 콘볼루션 연산은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} \end{bmatrix} \text{에}$$

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} \text{ 커널을 적용하여 산출한다.}$$

콘볼루션 연산은 행렬 요소의 곱과 합으로 이루어진 연산으로 간단한 프로그램 코드로 구현할 수 있다.

3) 라플라시안 분산을 이용한 블러링 탐지

블러링 탐지과정을 구현한 프로그램은 오픈 소스 방식의 프로그램 언어인 파이썬(Python)으로 작성하였으며, 정사 영상은 GeoTiff 형식을 저장되어 제공되는 경우가 대부분이며, 블러링 탐지를 위해서는 영상 정보만을 추출하여 GeoTiff에 포함된 이미지 영상은 래스터(raster) 정보²⁾ 추출을 통해 얻을 수 있으며, 이 영상은 BGR 형식의³⁾ 색상 정보를 갖고 있다. BGR 형식의 영상 데이터는 화소(pixel)의 강도(intensity)⁴⁾ 정보만을 활용하기 위해 그레이스케일(Grayscale)로⁵⁾ 변환한다.

라플라시안 분산의 계산은 전체 영상에서 구역별로 블러링을 탐지하여 블러링이 발생한 부분과 발생하지 않은 부분을 구분하기 위해 검사 구역을 정하고 검사 구역을 이동하며, 영상 전체의 블러링을 검사한다. 검사 구역은 윈도우(window) 형태로 설정하고, 윈도우 크기를 조정하여 블러링 탐지 능력을 최적화하는 과정이 필요하며, 윈도우를 적용하여 계산하는 과정은 영상 필터링에 사용하는 콘볼루션 계산 과정과 유사한 형태이다.

윈도우 크기는 수목 하나 이상을 포함하여,

형상을 구분할 수 있는 정도의 크기를 최소 크기로 하여야 하며, 지나치게 윈도우의 크기를 확대할 경우, 좁은 영역에서 발생하는 블러링을 탐지하지 못할 수 있으며, 연산시간도 증가키는 단점이 있다. 따라서 현재 선택한 최적 윈도우의 크기는 100화소 x 100화소 크기이며, 설정한 윈도우는 화소에 따라 연속으로 이동하며 계산할 수 있으며, 경우에 따라 연산 시간 절약 측면에서 피어가며 계산을 수행할 수 있다.

간격을 크게 하면, 그 만큼 영상이 뭉개지는 형태로 만들어 지며, 작은 구역의 블러링이 무시될 수 있으므로 수목 하나의 크기를 고려하여 간격을 정하는 것이 좋다.

정사영상의 모든 화소에 대해 화소를 중심으로 하여 설정한 윈도우 내에서 3x3 라플라시안 커널을 사용하여 라플라시안을 계산하고, 이를 윈도우 중심에 있는 화소에 대응하는 좌표에 기록한다. 정사영상의 각 화소를 중심으로 계산된 라플라시안 분산 값을 저장하면 라플라시안 분산 영상이 만들어지며, 이를 문턱 값을 활용하여 처리하면 블러링 영역을 표시하는 블러링 맵이 생성된다. 라플라시안 분산 영상은 이미지 형태로 표현하기 위해 0에서 255 단계로 크기 조정이 된 분산 값이 저장된다.

2) 래스터(raster) 정보는 벡터 정보와 비교되는 정보로, 화소단위로 제공되는 정보를 의미한다. 주로 비트맵 형태의 사진 정보를 의미한다.

3) 영상을 저장하는 방식 중 하나로, 하나의 좌표에 B(청색), G(녹색), R(적색)의 세기 정보를 순서대로 입력하는 형태로 이루어진다.

4) 강도(intensity) 빛의 세기를 의미하며, 숫자가 커질수록 강한 빛이다. 8bit의 영상에서 흰색의 경우 청색(B)가 255, 녹색(G)가 255, 적색(R)이 255인데 반해 검은색은 3가지 모두 0이다.

5) 청색, 녹색, 적색으로 이루어진 영상을 흰색과 검은색, 회색으로 표현하는 방법, 적색 성분 $\times 0.2125$ + 녹색성분 $\times 0.7154$ + 청색 성분 $\times 0.0721$ 와 같은 방식으로 계산한다.

4) 블러링 맵 작성과 블러링 계산

블러링 탐지 절차를 통해 얻을 수 있는 중간 결과물에는 정사영상과 동일한 크기의 라플라시안 분산 맵과 블러링 맵이 있으며, 파이썬 코드를 사용할 경우 계산 데이터가 이미지 형태

로 자동 저장된다. 라플라시안 분산 맵은 8 bit 영상으로 표현가능한 0~255 값을 갖는 형태로 스케일 조정한 표준화된 형태의 이미지 데이터와 라플라시안 분산의 변형되지 않은 값을 갖는 16 bit 영상으로 저장되며, 블러링 판단 측면에서는 8bit 영상이 더 유리하다. 라플라시안 분산 맵 중 표준화된 형태는 블러링 판단을 위해 중요한 수치는 300 이하의 라플라시안 분산 값을 저장한다.

이를 영상으로 표시하면, 검은색은 낮은 라플라시안 분산, 밝은색은 높은 Laplacian 분산으로 표현되며, 저장된 이미지 파일은 분석을 위해 필요할 때 읽을 수 있다. 영상이미지 영역에 대한 넓이는 화소 단위인 dot로 표시하고, 블러링 영역도 화소 단위인 dot 개수가 표시되어 이들 값을 이용하여 비율을 계산하고, 그 값을 블러링 비율로 계산하여 표시한다.

블러링 발생 넓이는 블러링 판단 문턱 값 이하인 정사영상 부분을 찾아내고, 화소 단위의 넓이를 계산하여 블러링 발생 넓이를 구할 수 있다. 촬영 면적을 화소 단위로 구하고 이를 이용하여 블러링 발생 면적을 나누면 블러링 발생 비율을 계산한다.

과업 면적에 대한 계산은 촬영면적과 누락면적 부분에서 구체적으로 다룰 예정임. 본 절에서는 단순히 정사영상이 있는 부분을 기준으로 비율을 계산하는 방식이다. 색상 정보를 기준으로 영상이 존재하는 부분을 찾아내고, 이의 화소 단위 면적을 계산하여 카운트 함수로 특정 값을 카운팅 할 수도 있지만, 마스크 처리 등

의 활용을 위하여, 영상이 존재하는 부분을 표시하는 행렬을 생성하는 것이 유리하다. 이를 고려하여, 빈 공간이 아닌 부분이 1로 채워진 Border 행렬 생성하여 Border의 값을 모두 더하면, 화소 단위의 정사영상 면적이 계산된다.

영상이 존재하지 않는 부분이 블러링 면적에 포함되는 것을 방지하기 위해 문턱 값보다 큰 값을 채워 주고, 문턱 값보다 작은 부위를 1로 설정하여 블러링 면적을 계산하고, 계산 결과를 이용하여 비율을 계산, scaleOne에 저장된 데이터는 별도 파일로 저장하여 블러링 맵으로 사용할 수 있다. 블러링 맵이나 라플라시안 분산 맵은 tif 또는 png 파일로 저장하여 사용한다.

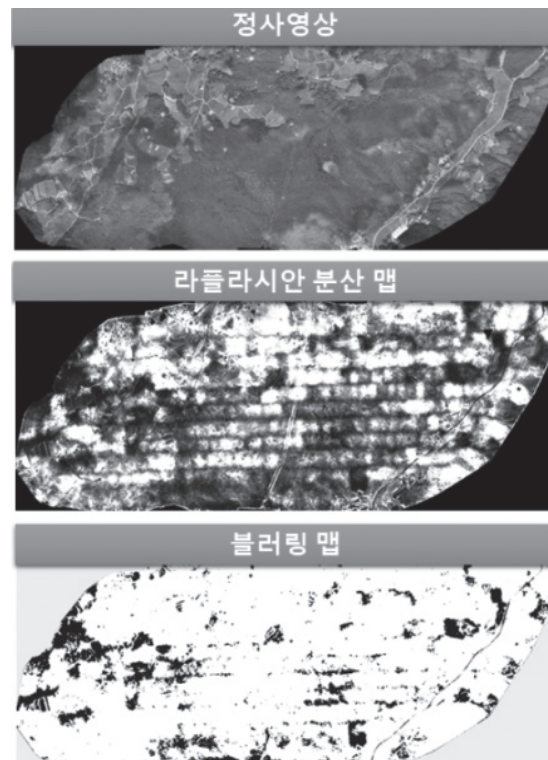


그림 13. 라플라시안 분산과 블러링 맵

5) 블러링 품질 평가

블러링 비율 값은 정사영상 한 장을 대표하는 값으로 영상 전체의 품질을 나타내는 지표로 사용할 수 있다. 그러나 비율이 낮다는 것이 영상이 적합하다는 의미는 아니며, 블러링 비율만으로 합격과 불합격의 기준이 될 수는 없다.

블러링 비율이 높은 영상은 블러링 뿐만 아니라 색감이나 대조, 선명도 등에서 문제가 있는 영상일 가능성이 높으며, 블러링 비율이 높을수록 영상에서 문제가 발생하는 부위를 비교적 쉽게 확인할 수 있다. 따라서 블러링 비율은 상대적인 영상 품질 판단에 사용할 수 있으며, 참고 지표로 사용할 수 있다.

블러링 맵은 정사영상에서 블러링이 발생하는 부위를 확인하여 문제 부위를 좀 더 빨리 찾을 수 있고, 이 부분만을 분석 전문가가 검토하면 영상의 적합 여부를 쉽게 판단할 수 있어, 작업의 효율을 높일 수 있다.

라. 비네팅

비네팅은 일반적으로 영상의 중심부에 비해 가장자리 부분이 상대적으로 어두워지는 현상으로 기계적 요인과 광학적 원인 및 영상을 합성과정에서 나타난다. 기계적 비네팅은 빛 유입 경로상에 존재하는 외부 물체에 의한 부분적인 차단으로 인해 주변부가 어두워지는 현상으로, 예를 들어, 두껍거나 여러 장을 적층한 필터 사용, 부적절한 렌즈 후드 등에 의해 발생하며, 사진의 모서리 부분이 어두워진다.

광학적 비네팅은 다중의 렌즈로 구성된 렌즈

시스템에서 구성품의 물리적인 치수에 의해 야기되며, 이미지 주위에 빛 세기가 점진적으로 감소한다. 여러 장의 이미지를 합성할 경우, 촬영된 사진의 노출, 입사 및 반사광의 각도, 구름 등의 광량 조건에 따라 촬영 이미지의 명암, 대비 및 채도에서 차이가 발생할 수 있다.

비네팅의 원인은 여러 장의 영상을 이용하여 정합영상을 만드는 정사영상의 경우, 명암, 대조, 채도 차이가 나는 사진의 정합과정에서 발생하거나 정합 영상에서 발생하는 비네팅은 경계면이 직선으로 나타나는 경우와 정합 알고리즘에 따라 곡선 형태가 발생할 수도 있다.

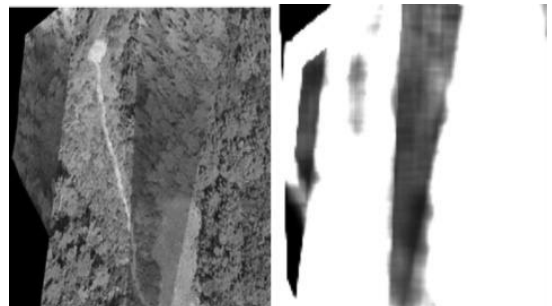


그림 14. 비네팅과 라플라시안 분산 맵

탐지하는 방법은 영상의 강도(intensity)가 급격하게 변하는 지점에서, 모서리 탐지를 위한 알고리즘 사용 가능하다. 즉, 모서리를 탐지하는 방법 중 하나인 변화량을 측정하는 블러링 탐지 방법을 적용할 수 있다. 비네팅과 블러링 현상이 발생할 때 라플라시안 분산 값은, 블러링이 발생할 경우 분산 값이 감소하며, 반대로 비네팅이 발생하면 분산 값이 증가한다.

정합영상에서 발생하는 비네팅의 예를 보여 주며, 영상의 강도 가로축을 따라 측정하면, 급

격히 변하는 시점에서 비네팅이 발생함을 확인할 수 있다. 비네팅이 발생한 영상에 대해 라플라시안 분산 값을 측정하여도 비네팅 발생 부위를 확인할 수 있는데 비네팅 발생 부위는 직선 혹은 곡선 형태의 정합면을 찾을 수 있으며, 비네팅은 정합 부위를 나타내는 1차원 선형으로 표시되어, 면적으로 표시할 수 없는 특성이 있어 면적으로 정량화 할 수는 없다.

모서리 탐지를 통해 비네팅 발생 부위를 확인할 수는 있으나, 발생 직선의 길이와 발생 부위 수로 정량화하는 것은 영상품질을 판단하는 기준으로 사용하기에는 유용성이 높지 않다.

일반적으로 정사영상에서 발생하는 비네팅 현상을 다른 조건에서 촬영된 영상을 정합하면서 발생하는데 그림 16은 비네팅이 발생한 영상에 대한 라플라시안 분산 맵을 보여주며, 비네팅이 발생한 경계면을 명확히 확인할 수 있다.

비네팅이 발생한 여러 영상에서는 경계면에

서 블러링도 함께 발견됨. 블러링이 발생하지 않고 밝기와 채도 차이만 날 경우 임상판단에 문제를 만들지 않는 영상일 가능성이 높다. 따라서 문제가 되는 비네팅 현상은 블러링과 동반될 가능성이 높다.

블러링 판단을 위해 제안한 “Laplacian의 분산” 값을 블러링 정도를 나타내는 계량 값에서 영상 품질을 나타내는 계량 값으로 사용 범위 확대 가능하며, 비네팅 자동 탐지는 머신러닝을 이용한 패턴 인식 기법을 적용하려면 많은 연구가 필요하다.

따라서 정사영상의 비네팅을 정량화하여 평가하는 것은 어려움이 있다. 아울러 정사영상에서 발생하는 비네팅은 정합과정에서 주로 발생하므로, 이때 발생하는 비네팅은 영상 식별에 문제를 유발하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나눌 수 있다.

문제를 유발하지 않는 비네팅은 찾을 필요가

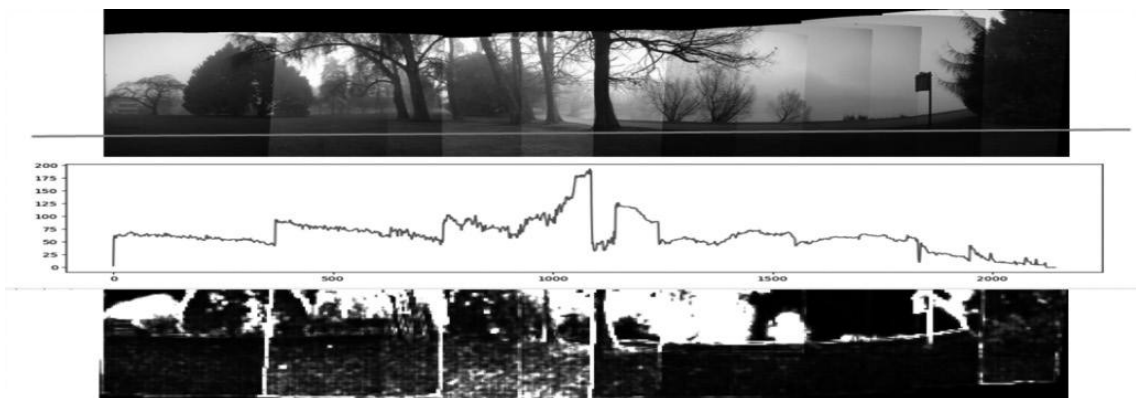


그림 15. 정합영상에서 발생하는 비네팅 현상이 발생한 영상과 강도(intensity) 값 변화

없으며, 문제가 발생할 수 있는 비네팅의 경우 대부분 블러링과 수평 위치오차와 같은 문제를 동반하므로 블러링 정량화와 동시에 비네팅을 검증할 수 있다.

즉 블러링 맵에서 비네팅 현상 파악할 수 있으므로 블러링 맵이나 라플라시안 분산 맵을 작성하고, 이를 검토하여 비네팅 현상 파악한다. 이때 인위적인 형태의 패턴(직선)이 발생한 곳에 비네팅이 존재할 가능성이 높으며, 비네팅이 발생한 부위는 블러링이나 수평위치 오차 정도에 따라 영상 평가 한다.

마. 면적 및 누락면적

1) 누락면적 계산 알고리즘

정사영상이 만들어지면 촬영면적을 확인하고 대상지 중 누락된 면적이 있는지 빠르게 확인 할 필요가 있다. 육안검사로 대략적인 확인은 가능 하지만 영상내부의 소면적은 확인이 어렵고 정량화하는 것은 더욱 번거로운 절차가 필요하다.

정사영상에서 영상이 누락되는 부분은 색상 측면에서 다른 부위와 구별되며, 경우에 따라 투명한 색상으로 채워지거나 흰색, 검은색으로 채워진다. 대부분의 GeoTiff에서 추출한 래스터 데이터는 BGR 혹은 RGB 정보와 알파 값으로 화소당 4개의 데이터로 색상정보를 표시된다. 투명 검은색의 데이터는 (0, 0, 0, 0)이며, 투명 흰색은 (255, 255, 255, 0), 불투명 검은색 (0,0,0,255), 불투명 흰색 화소 데이터는 (255, 255, 255, 255)로 표시되며, 특정한 색상으로 일정하게 채워질 경우 변화율 값이 0이 되

므로 누락 부위를 확인할 수 있다.

래스터 데이터를 기반으로 면적을 계산하기 위해 화소 수인 픽셀 단위로 넓이를 계산하는데 색상 값을 기준으로 화소의 수를 세는 방법으로 넓이를 계산하여 누락 면적 산출한다. 과업 영역 대비 누락면적을 계산하고, 이를 기반으로 다각형 형태의 폐곡선으로 지도상에 표시되며, 다각형을 구성하는 꼭짓점 정보를 이용하여 정사영상에 표시할 수 있다.

다각형의 꼭짓점 형태로 제공되는 정보를 바탕으로 넓이를 계산할 경우, 슈레이스(shoelace) 알고리즘을 이용하여 계산할 수 있다.

$$A = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i + x_1 y_n \right|$$

여기서 x, y 는 꼭짓점의 좌표임

과업 영역 외부에 존재하는 누락 면적은 별도로 고려할 필요가 없으며, 과업 영역 내부의 누락 면적만을 계산해야 함. 이를 위해 과업영역 마스크를 만들어야하는데, 마스크를 생성하면서 동시에 면적을 계산하여야하므로, 화소 수를 통해 면적을 계산하는 알고리즘을 사용한다. 면적을 자동으로 계산하는 알고리즘을 적용한 결과 정사영상은 영상제작 특성상 가장자리 부근에서 블러링 현상 등 영상 품질 저하되기 때문에 과업영역보다 조금 더 넓은 지역을 촬영하여 정사영상을 만드는 것이 필요하다.

과업영역 내에서 붉은 색으로 채워진 부분이 누락 부분이고, 이를 화소 단위로 면적을 환산

하면,

과업면적 : 294,485,528 dot

누락면적 : 44,912,518 dot

촬영면적 : 249,573,010 dot로 계산된다.

영상 속성에 포함된 해상도 정보를 함께 이용하면, 실제 면적도 계산할 수 있고, 과업면적과 누락면적의 비를 이용하면, 과업면적에 상관없이 일정한 품질 평가 지표를 얻을 수 있다. 해당 영상에 대한 자동 누락 면적 계산 과정을 수행하며, 작은 넓이를 갖는 누락 영역을 쉽게 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다.

2) 누락면적 자동 탐지

촬영 목표 영역을 설정하고 과업 영역 내부의 촬영영역과 누락영역의 면적을 계산하여 비율을 구할 수 있다.

자동계산 알고리즘은 python 코드를 사용하여 누락면적을 자동 계산하며, 좌측 상단 그림은 정사영상과 과업 영역을 겹쳐 보여주며, 우측 상단은 과업 영역과 상관없이 영상 전체에서 누락면적을 표시하고, 좌측 하단은 과업영역 내의 누락 영역이다. 우측 하단 그림은 영상 프레임, 정사영상 제작 영역, 과업영역, 누락 영역과 통계자료를 동시에 표현하였다.

3) 영상의 누락면적 평가

과업영역 계산에는 파이썬의 범용 수학 계산 모듈인 numpy를 사용하였다. numpy 설치 명령을 터미널에 입력하여 과업영역을 규정하는

다각형 꼭짓점 좌표 값을 입력한다. 예를 들면 basePolyPoint에 꼭짓점 좌표가 입력되며, 각각 x, y, z축 정보임. 평면에 대한 영역할당이므로, z 값은 모두 0으로 설정하고 vNum은 꼭짓점의 개수를 저장한다.

단순히 과업영역의 넓이를 구할 경우는 슈레이스 알고리즘을 사용하며, 계산된 area 값은 화소 단위 넓이로, 이 값에 수평 GCD 값과 수직 GCD 값을 곱하면, ha 등의 면적단위로 변환할 수 있다.

촬영 면적과 누락 면적이 과업 영역 내에 있는지 계산하기 위해 우선 영역 마스크를 제작하고 마스크 제작은 다각형 내부의 점과 외부의 점을 구분하는 과정이며, 내부에 있는 점을 확인 하는 과정은 수평 혹은 수직 방향으로 선을 그렸을 때 모서리를 홀수 번 통과하는 곳은 내부, 짝수 번 통과하는 점은 외부로 간주할 수 있다.

실제 프로그램을 작성하면, 연속적인 선은 화소단위로 불연속 특성을 갖기 때문에 이점을 고려하여 알고리즘을 적용하여야 한다. 누락 영역과 촬영영역은 이미지 데이터 존재 여부 혹은, 검은색이나, 흰색으로 채워진 빈공간을 찾는 과정으로 누락된 영역은 1로 채워지며, 검은색 누락 영역과 흰색 누락 영역 모두 확인하며, 경우에 따라 투명영역을 별도로 확인할 수도 있다.

누락영역과 마스크를 곱하면, 과업영역 내에 있는 누락영역만 10의 값을 갖고, 외부에 있는 누락영역은 0을 갖게 된다. 이를 모두 더하고, 10으로 나누면 과업영역내의 누락영역의 면적을 구할 수 있다. 과업영역 외부를 포함한 모든

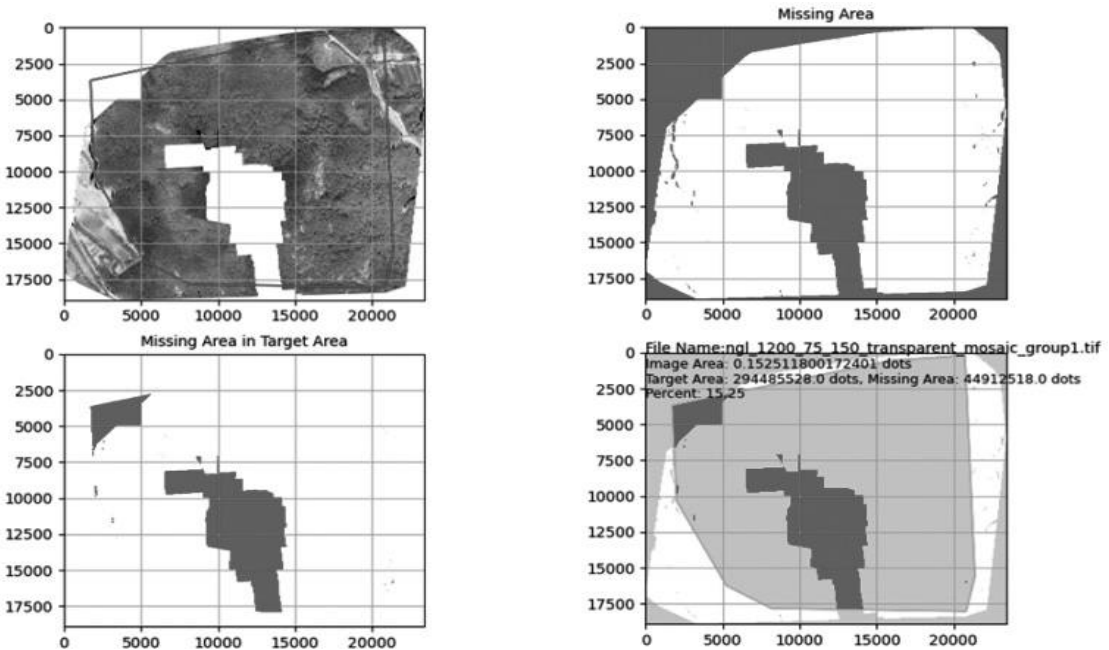


그림 16. 누락 면적 자동계산 알고리즘 적용과정

촬영 면적을 구하고자 할 경우에는 누락 면적을 구하는 알고리즘에서 1과 0의 위치를 변경하면 된다. 이상에서 계산한 면적은 화소단위의 면적으로, 화소 하나의 면적을 곱하면, ha와 같은 면적 단위의 면적을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{면적} &= (\text{화소단위면적}) \times (\text{cm단위수직GSD}) \\ &\times (\text{cm단위수평GSD}) \times 1.0 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

4. 결 론

정사영상 품질 평가에 적용 가능한 품질평가 방법을 제시하였으며, 촬영 등의 정사영상 품질에 영향을 주는 요소와 여러 조건에 따른 정사

영상의 품질 특성을 기술하였다. 블러링, 비네팅, 촬영면적과 누락면적, 해상도, 수평위치오차 측면에서 정사영상의 품질을 평가하는 방법에 대하여 아래와 같은 결과를 도출하였다.

- 블러링의 척도로 라플라시안 분산 값을 이용하는 방법을 통하여 블러링으로 인하여 임상 구분이 불가능한 지역을 자동으로 탐지하는 것이 가능하게 되었다.
- 비네팅을 정량화하는 것은 어려움이 있으며, 비네팅을 자동으로 탐지하기 위해서는 머신러닝과 같은 좀 더 시간이 소요되는 연구가 필요하다. 이에 대한 대책으로 블러링 정도의 척도로 사용하였던 라플라시안 분산을 비네팅에도 사용할 수 있음을 확인하였다.

- 촬영면적과 누락면적은 자동 계산이 가능하며, 이를 대상면적에 대한 비율로 품질을 정량화하는 방법을 도출하였다.
- 해상도와 수평위치오차에 대한 정의와 계산법을 기술하였으며, 정사영상의 속성을 통해 해상도를 구하는 방법과 수치지형도를 이용한 수평위치오차 계산법을 도출하였다.

위와 같이 알고리즘을 바탕으로 비행 및 기체 특성에 따른 정사영상 품질을 파악하고, 다양한 시행주체에 의해 달리 진행되는 촬영방법에 따라 촬영시간, 촬영고도, 중복도 등의 조건이 정사영상의 품질에 영향을 미치는 내용을 정량적, 정성적으로 검토하여 품질평가를 객관적으로 할 수 있게 되었다.



산림일자리, 산촌 지역불균형 바로잡는 무계추



이 승 우

한국임업진흥원 산림정책·일자리본부

1. 지역균형발전 시대의 산촌

국내외적으로 대도시가 코로나19 방역의 전초기지가 된지 오래다. 한편, 산촌만큼 사회적 거리두기가 잘 지켜지는 곳도 없다. 상대적으로 넓은 활동 범위와 청정한 자연환경의 복합적인 영향 때문일 것이다.

어느 한 설문조사에서 코로나19가 산림·임업·산촌에 미치는 10가지 영향 중 “대면접촉이 적은 숲이나 자연환경에서 야외활동 수요 증가”가 가장 큰 영향인 것으로 나타났다(산림정책이슈 2020, 국립산림과학원, 2020). 이를 보면 산촌이 감염병 확산으로부터 안전지대일지 모르나, 달리 보면 지역균형발전으로부터는 사각지대는 아닌가 의구심이 든다.

이러한 지역불균형에 대한 인식이 잘 드러난 한 조사결과가 있다. 농산어촌 정책에 산촌 정

책수요가 반영되었는지를 묻는 조사에서 응답자의 80% 이상이 “반영되지 않았거나 보통”이라고 답하였다고 한다. 산촌주민들은 “산촌은 거주 인구가 많지 않아 투자효과가 적은 탓이겠지만 지원정책에서 소외되어 있다”고 여기고 있는 것이다.

기울어진 도시와 산촌의 지역간 불균형이 수평을 이루기는 힘들겠지만, 어느 정도 간극을 줄인다면 두 지역의 부족한 점이 서로 보완되지 않을까 싶다.

산촌주민의 입장에서는 한참은 기울어진 지역균형인 셈이다. 그럼에도 불구하고 전국 109개 시·군 466개 읍·면에서 거주하는 140여만 명의 산촌 주민과 32만호의 산촌 농가를 결코 간과해서는 안되는 이유가 있다. 하나는 국토 측면에서 산촌은 전국토의 약 44%나 차지하고 있다는 것이다(전국 산촌기초조사결과보고

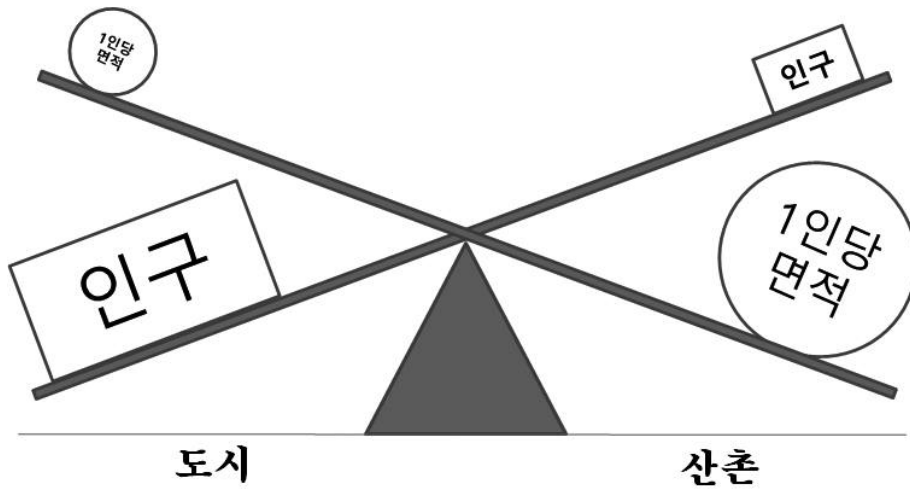


그림 1. 도시와 산촌의 지역자원(인구, 1인당 면적) 불균형

서, 산림청, 2014). 다른 하나는 전체 466개 산촌 중 97%가 30년 안에 인구감소로 없어질 수 있다는 전망이 나온다는 것이다. 지금의 추세로 라면 전국토의 40% 가량이 공동화와 지역소멸의 문제에 봉착할 지도 모르는 일이다.

이러한 점에서 여러 불균형 요소가 많은 산촌에 대해 이전과는 다른 정책적 사고와 도전적 실천이 필요한 것이고, 이는 곧 머지않아 닥쳐올 산촌 소멸의 위기를 극복하는 가장 선행적인 대안이 될 것이다.

2. 산림일자리발전소의 태동과 주요 성과

도시는 말할 것 없이 농촌과 어촌에 비해서도 정책지원이 턱없이 부족한 산촌에 대해서는 보다 밀착된 지원이 필요하다. 이러한 측면에서 정책과 현장 간의 거리를 좁혀 줄 가교적

인 중간 지원조직으로서 「산림일자리발전소」가 2018년 4월에 설립되었다. 산촌에 활력을 불어넣고 사람 중심의 산림자원 선순환 체계의 실행을 일자리 관점에서 해법을 찾고자 한 첫 도전이었다. 민간영역이 갖는 가장 큰 장점인 유연한 사고와 지역간 네트워크를 근간으로 실마리를 풀어 나가자는 새로운 방식이 적용되었고 불과 몇 년 사이에 타기관의 벤치마킹의 대상이 될 정도로 큰 성과를 내고 있다. 그 근간에는 산림청은 사업 총괄, 한국임업진흥원은 사업 주관을 맡되, 산림일자리발전소가 자율적으로 사업을 실행할 수 있도록 최대한 보장해주는 지원체계가 있었기에 가능하지 않았나 싶다.

산촌, 숲, 나무를 사람 중심의 일자리 영역으로 가져오기 위해 전국 45개 지역을 대상으로 그루경영체(예비임업경영체)를 발굴하고 육성함으로써 궁극적으로는 산림과 산촌을 중심으로 지속 가능한 일자리의 기반(그루터기)을 만

드는 일이 주요 사업내용이다.

전체 임업후계자들 중 39%, 전국 산림생산법인 중 8%만이 산촌에 거주하는 현실에서 산촌 지역주민들이 스스로 비즈니스 활동을 할 수 있

게 도와주는 일인 셈이다. 그 조력자 역할을 하도록 지역마다 그루매니저를 두어 미들다운업(middle-down-up) 방식으로 지역주민과 마을공동체가 함께 일거리를 만들고 그 일을 지속



그림 2. 산림일자리발전소의 전략체계와 경영체 지원내용

할 수 있는 일자리의 주체로서 경영체를 육성하고 있다. 이를 위해 선진지 견학, 사업계획 수립, 멘토링, 마케팅, 홍보 등 다양한 지원연계 프로그램을 운영하고 있다.

2018년에 서울, 인제, 영주, 울산, 완주 등 5개 지역을 시작으로 2020년 현재 경기·강원권(9개), 충청권(9개), 경상권(13개), 전라권(12개), 숲길권역(2) 등 45개 지역에서 총 196개 그루경영체를 육성 중에 있다.

표 1. 산림일자리발전소 사업대상지 및 경영체 육성 현황

지역	경영체	지역	경영체	지역	경영체	지역	경영체	지역	경영체
서울	5	무주	4	영광	2	장성	5	청양	6
가평	6	문경	-	영주	6	장수	4	청주	1
강릉	2	밀양	3	예산	5	장흥	6	춘천	1
거창	6	서울	5	완주	5	제주숲길	5	태안	2
경산	2	세종	3	울산북구	5	지리산숲길	6	함양	7
곡성	5	순창	5	울주	6	창녕	3	합천	5
괴산	8	순천	3	울진	-	창원	5	홍성	5
나주	1	아산	4	원주	6	천안	5	홍천	7
남원	5	양평	3	인제	6	청송	4	화성	8

표 2. 사업유형별 그루경영체 육성 현황

계	임산물가공	산촌체험관광	산림휴양문화	목재·목공	기타
196	61	48	43	30	14

표 3. 그루경영체의 창업 법인 현황

계	협동조합	영농조합법인	농업회사법인	주식회사	유한회사	사회적협동조합
93	46	11	21	9	1	5

그루경영체의 사업유형에는 임산물가공 분야가 가장 많고 그 다음으로 산촌체험관광, 산림휴양문화, 목재·목공 분야 순으로 다양하게 분포하고 있다. 또한 이들 196개 그루경영체 중에는 이미 창업을 마친 96개 법인이 있는데, 그 방식으로는 협동조합이 가장 많고 영농조합법인, 농업회사법인 등 여러 형태로 운영되고

있다.

이러한 비약적인 성장에는 산림청의 전폭적인 정책 지원과 외부자문단의 전문가적 코칭이 큰 역할을 담당하고 있다. 특히, 외부 사업자문단은 지역공동체, 산림경영기술, 산림복지관광, 목공, 스타트업, 홍보 등 6개 분과로 나누어 30명의 전문가가 실전경험과 인적 네트워크를 제

공해 주고 있다.

또한, 매년 연말에는 산림일자리발전소의 그루경영체가 주인공이 되어 1년간의 성과와 함께 현장에서의 성공담과 애로사항 등을 풀어놓

고 공유하는 자리를 만들고 있다. 말로만 그치는 산림일자리가 아닌 공감과 실체가 있는 산림일자리임을 널리 알리는 기회가 되어 사업성과의 대내외 확산에 크게 기여하고 있다.



그림 3. 산림일자리발전소 그루경영체 성과공유 현장(2019)

4. 앞으로의 도전 과제

산촌, 숲, 나무는 참으로 건강한 일거리의 보고임에는 틀림없다. 불과 30년 전만해도 유치원숲, 나무의사, 목공DIY 등은 외국의 사례로만 알았다. 하지만 오늘날 어떠한가. 그것 외에도 산악레포츠, 산림치유, 숲해설 등의 활동 중심으로 사회적 수요가 계속해서 늘고 있는 실정이다. 앞으로 산촌과 숲으로 사람들을 불러 모으는 일에서 그쳐서는 안 된다. 도시와 우리들 생활 속에서 산촌과 숲과 나무를 품을 수 있어

야 미래 세대의 새로운 일거리들이 삶과 사람 중심으로 더욱 풍성해 지리라 본다. 이를 위해 산림일자리발전소는 제2의 도약을 꿈꾸고 있으며, 앞으로 생겨날 '산촌활성화지원센터'와의 협력을 통해 그동안 기울어져 있던 산촌의 지역 불균형을 바로 세우는 중추적인 역할을 담당할 것이다. 예상하건대 언젠가 지구촌 저편에서 오늘의 산림일자리발전소 사례가 한국형 산림비즈니스 플랫폼이라는 주제로 이야기될 날이 머지않을 듯하다.



산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단 및 토사유출 안정화 방안 소개



이 광 연 / 이 진 호
사방협회 산사태연구실

I. 들어가면서

한국전쟁 이후 황폐화된 우리나라 산지는 수차례의 치산녹화기와 산림자원화기를 거치면서, 울창한 산림이 되었으나, 임지 내 낙엽, 낙지 등의 가연성 물질이 증가되면서, 산불에 취약한 구조를 지니게 되었다. 특히, 산불은 건조한 대기조건에서 발생가능성이 높아지며, 실제로 우리나라의 경우에도 최근 30년간 발생한

산불 중 61.8%가 건조한 봄철(3~5월)에 발생한 것으로 나타났다.¹⁾ 또한, 전 세계적인 기후변화로 건조화 추세가 지속될 것으로 전망되는 가운데, 산불은 지속적으로 빈번화·대형화될 것으로 예상되어, 산불에 대한 많은 주의가 요구되고 있다.

산림청의 산불통계에 따르면, 산불피해 건수

1) 산림청 산불통계 : https://www.forest.go.kr/newkfsweb/kfi/kfs/frfr/selectFrfrStatsNow.do?mn=KFS_02_02_01_05_02

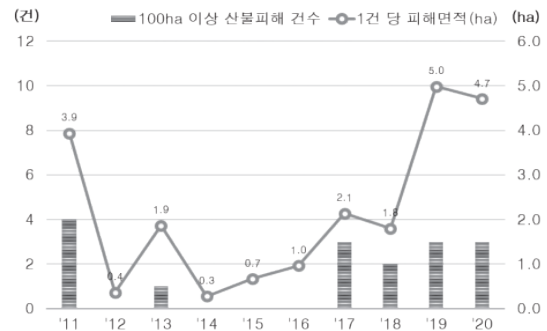
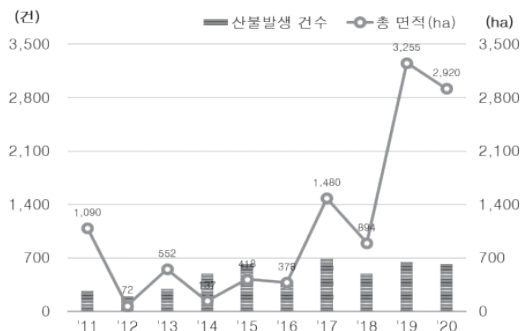


그림 1. 최근 10년간 산불발생 건수 및 특징(산림청, 2020)

는 2014년부터 약 400에서 600건 수준을 기록하고 있으며, 그 피해면적은 2017년 이후 크게 증가하였다. 특히, 피해면적 100ha 이상의 산불피해도 2017년 이후부터 지속되고 있으며, 1건 당 피해면적도 2019년과 2020년 4ha 이상을 기록하여, 최근 몇 년간 우리나라에서 산불에 의한 피해가 심각해진 것으로 나타났다.

한편, 산불은 산림 및 임산물 직접피해 뿐만 아니라, 임상, 토양 등의 산림환경을 변화시켜 토사유출, 산사태 및 토석류와 같은 2차 피해를 초래할 수 있다. 실제로 2009년 경상북도 칠곡 산불피해지에서는 일반산지보다 4.2배 많은 토사가 유출되었으며(서준표 등, 2016), 또한 2000년 강원도 동해안 산불 이후, 2002년 태풍 루사에 의해 산사태가 발생한 강원도 동해시 일원의 산사태(표충봉괴) 면적은 일반산지에 비해 약 10배 많은 것으로 나타났다(국립산림과학원 2002, 이광연 등, 2017a; 이광연 등, 2017b).

이와 같은 산불산지에서 발생하는 2차 피해는 산지 하부 주민 생활권의 인명 및 재산 피해로 직결될 가능성이 매우 높다. 이에 따라 산불산지에서 2차 피해를 예방·방지를 위한 “신속한 피해조사”와 “토사유출 안정화를 위한 복구 대책 수립”은 필수적이라 할 수 있다. 이를 위해 산림청에서는 산사태 원인조사단의 일원으로 사방협회와 함께 “산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단”을 실시하여 국민의 안전보호를 위한 노력을 실시하고 있다.

따라서 글은 산림청과 사방협회에서 수행하

고 있는 “산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단의 절차, 방법 및 사례 등”을 소개하고, 또한 산불 발생 후 “긴급조치, 항구복구 및 응급복구 필요지역의 토사유출 안정화 방안”을 제안하여 산불피해지의 2차 피해 예방의 중요성과 필요성을 제시하고자 하였다.

II. 산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단

2.1. 산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단 소개

산불피해지에서 산불이 진화되면, 사방협회에서는 산사태분야 전문가와 함께 즉시, 산불산지에서 2차 피해 발생 시 하부 주민생활권에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 산림유역 및 산지사면을 대상으로 산사태 우려지역 긴급진단을 실시한다. 산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단의 목적은 “산사태 및 토석류 등 산지토사재해 발생 가능성 파악”과 “2차 피해 예방을 위한 사면·계류 안정화 등 조치계획 수립” 등으로, 수행결과에 따라 피해지의 긴급조치, 응급복구 및 항구복구 필요지역이 선정된다(그림 2).

여기서 긴급조치, 항구복구 및 응급복구를 결정하는 주요 요소는 “산지의 산불피해 규모”, “산불에 의한 야계황폐 정도”, “산불피해지와 민가의 거리” 등이며, 긴급조치, 항구복구 및 응급복구를 정리하면 다음과 같다. 먼저, 긴급조치는 토사유출이 우려되는 지역을 대상으로 복

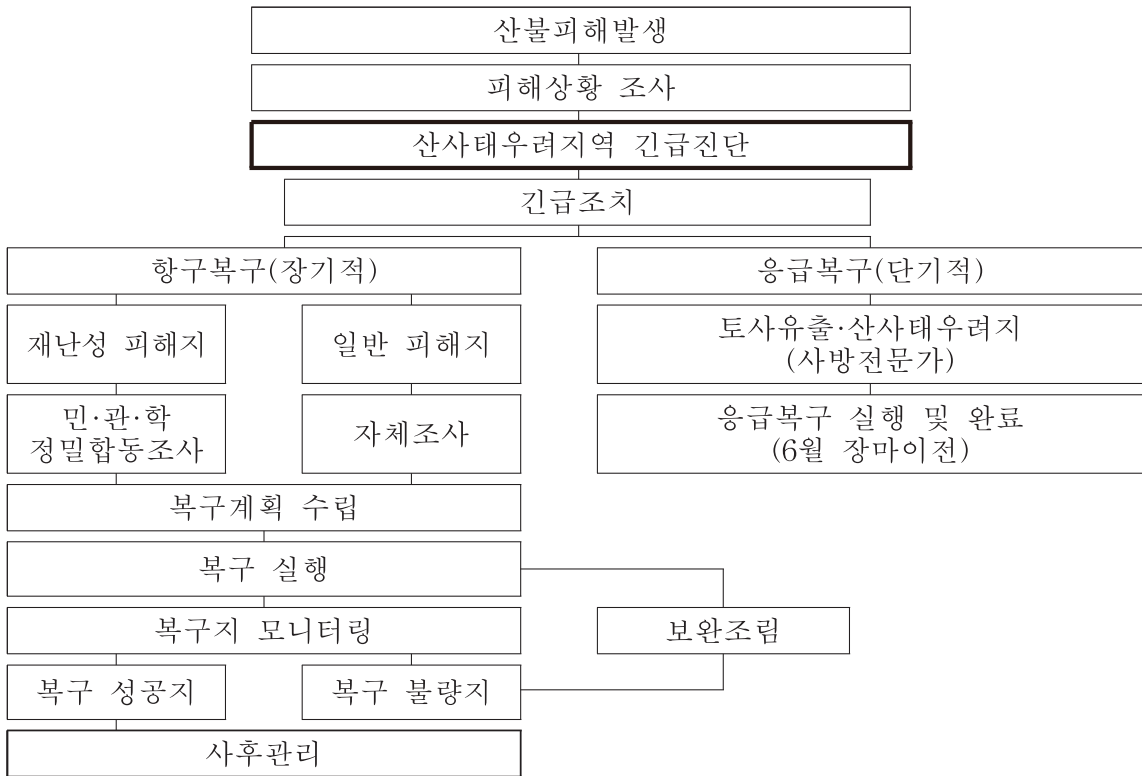


그림 2. 산불피해지 조사 및 복구 흐름도(산림과학원, 2006)

구설계 이전 즉시 수행하는 예방조치이며, 응급 복구는 토사유출로 인명 및 재산피해가 우려되는 지역을 대상으로 당해연도 즉시 시행하는 복구를 의미한다. 마지막으로 항구복구는 장기적

으로 토사유출이 우려되는 지역을 대상으로 산지사방, 야계사방 및 사방댐 등을 시행하는 복구이다(표 1).

표 1. 긴급조치, 항구복구 및 응급복구의 개념

구분	개념	수행시기	비고
긴급조치	토사유출이 우려되는 지역을 대상으로 복구설계 이전 즉시 수행하는 예방조치	산불진화 이후 즉시	
응급복구	토사유출로 인명 및 재산피해가 우려되는 지역을 대상으로 당해연도 즉시 시행하는 복구	산불피해 당해	
항구복구	장기적으로 토사유출이 우려되는 지역을 대상으로 산지사방, 야계사방 등을 시행하는 복구	산불피해 이듬해	

2.2. 산불피해지 산사태 우려지역

긴급진단 절차 및 방법

산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단 절차는 ① 조사 대상지 선정, ② 현장조사, ③ 결과 분석 및 긴급진단의 순으로 진행된다. 여기서 조사 대상지는 “산불발생범위에 포함된 산림구역”과 “산불발생범위 인근 주민 생활권이 위치한 산지사면”으로 구분하여 선정하게 되고, 대상지 선정 이후에는 1차 현장조사와 2차 현장조사를 실시한다. 1차 현장조사는 선행단계에서 추출된 대상지에 긴급진단을 실시하여 긴급

조치가 필요한 지역을 선제적으로 선별하게 된다, 그 다음으로 2차 현장조사는 선별된 긴급 조치 필요지역을 대상으로 산사태 분야 전문가와 함께 정밀조사를 수행하여 긴급조치, 응급복구 및 항구복구 필요여부를 확정하여, 대상지 여건에 맞는 사업종 및 사업량을 제안한다. 마지막으로 결과분석 및 진단은 2차 현장조사에서 확정된 긴급조치, 응급복구 및 항구복구 필요지역을 대상으로 환경분석(GIS), 사면안정성(SLOPE/W), 토석류시물레이션(Flo2D), 재해 취약성 등의 검토를 실시하게 된다(표 2).

표 2. 긴급조치, 항구복구 및 응급복구의 개념(산림청, 2019; 산림청, 2020)

구분	개념		비고
① 조사 대상지 선정	산림구역	산불피해가 발생한 산림구역	
	산지사면	주민 생활권과 인접한 산불발생 산지사면	
② 현장조사	1차 현장조사	긴급조치, 응급복구 및 항구복구 대상지 1차 선정 지형, 지반, 산림 및 기타 특성 조사 등	산사태 전문가 자문
	2차 현장조사	긴급조치, 응급복구 및 항구복구 대상지 확정 복구방안, 사업종 및 사업량 제안	
③ 결과분석 및 진단	환경분석(GIS 분석)	산사태위험등급, 경사도, 임상, 지질, 토심, 토성	
	토석류시물레이션 (FLOW-2D)	토석류 예상퇴적 범위 및 심도, 유출 토사량	
	사면안정성(SLOPE/W)	우기와 건기 시 사면안전율	
	재해취약성	보호대상의 토석류 및 산사태 피해 취약성	

IV. 산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단 사례

4.1. 2019년 산불피해지 긴급진단 사례

2019년 산사태 우려지역 긴급진단은 2019

년 4월 4일부터 4월 6일까지 발생한 강원도 동해안 산불발생지(총 2,832ha)를 대상으로 하였다. 조사는 1차 기간과 2차 기간을 합쳐 총 12일간 진행되었으며, 조사인원은 총 18명으로 조사원 13명, 전문가(산림, 토목 등) 5명으로 구

성하였다. 산불발생지가 주민생활권과 인접하여, 산사태 우려지역 긴급진단이 필요한 조사개소는 총 515개소이었으며, 조사결과 총 19개소에서 긴급조치가 필요한 것으로 나타났다. 이

때, 긴급조치의 주요공종은 우려목제거, 마대쌓기, 코이어네트 등으로 총 211,206천원이 소요 될 것으로 추정되었다<표 3>.

표 3. 2020년 산불피해지 긴급진단 개요

구분	강원도 강릉시·동해시	강원도 고성군·속초시	강원도 인제군
피해일시	'19.04.04.~04.06.		
패해면적	2,832ha		
조사일시	1차 : '19.04.30.~05.06.(7일간) 2차 : '19.05.05.~05.06.(2일간) / '19.05.09.~05.11.(3일간)		
조사인원	조사원 13명, 전문가 5명		
조사개소	100개소	358개소	57개소
긴급조치 선정개소	3개소	15개소	1개소
조치공종 (복구비)	피해목제거, 마대쌓기 등 (52,959천원)	피해목제거, 코이어네트 마대쌓기 등(128,913천원)	우려목제거, 코이어네트 마대쌓기 등(29,334천원)

※ 조치공종과 복구비는 산불피해지 긴급진단 결과 제시된 것으로, 실제 복구공종과 복구비와는 상이할 수 있음



1. 강릉 옥계 도직 일원



2. 강릉 옥계 천남 산66-1 일원



3. 고성 토성 성천 산4 일원



4. 고성 토성 인흥 산72 일원



5. 인제 남 남전 502-1구 일원



6. 인제 남 남전 산147임 일원

그림 3. 2019년 산불피해지 긴급진단 조사사진

4.2. 2020년 산불피해지 긴급진단 사례

2020년 산사태 우려지역 긴급진단은 각각 다른 기간 산불이 발생한 울산 울주군, 경북 안동시, 강원 고성군을 대상으로 실시하였다. 3개소의 총 조사는 1차 기간과 2차 기간을 합쳐 총 18일간 진행되었으며, 조사인원은 총 31명으로 조사원 25명, 전문가(산림, 토목 등) 6명으로 구성하였다. 산불발생지가 주민생활권과 인

접하여, 산사태 우려지역 긴급진단이 필요한 조사개소는 총 159개소이었으며, 조사결과 총 27개소에서 긴급조치가 필요한 것으로 나타났다. 이때, 긴급조치의 주요공종은 피해목제거, 마대쌓기, 계류보전, 사방댐 및 계류보전 등으로 총 6,892,474천원이 소요될 것으로 추정되었다(표 4).

표 4. 2020년 산불피해지 긴급진단 개요

구분	울산광역시 울주군	경상북도 안동시	강원도 고성군
피해일시	'20.03.19.~03.20.	'20.04.24.~04.26.	'20.05.01.~05.02.
폐지면적	519ha	1,944ha	132ha
조사일시	1차 : '20.03.23.~03.26.(4일간) 2차 : '20.03.28.~03.29.(2일간)	1차 : '20.04.27.~04.30.(6일간) 2차 : '20.05.01.~05.02.(2일간)	1차 : '20.05.04.~05.06.(3일간) 2차 : '20.05.07.(1일간)
조사인원	조사원 6명, 전문가 2명	조사원 13명, 자문 2명	조사원 6명, 자문 2명
조사개소	47개소	90개소	22개소
긴급조치 선정개소	7개소	14개소	6개소
조치공종 (복구비)	피해목제거, 마대쌓기, 수로 등(577.130천원)	마대쌓기, 계류보전, 사방댐 등(4,251,720천원)	계류보전, 사방댐 등 (2,063,624천원)

※ 조치공종과 복구비는 산불피해지 긴급진단 결과 제시된 것으로, 실제 복구공종과 복구비와는 상이할 수 있음



1. 울주 청량 삼정 산133 일원



2. 울주 웅촌 대북 산144 일원



3. 안동 풍천 검암 산112 일원



4. 고성 토성 인흥 산72 일원



5. 인제 남 남전 502-1구 일원



6. 인제 남 남전 산147임 일원

그림 4. 2020년 산불피해지 긴급진단 조사사진

Ⅲ. 산불피해지 토사유출 안정화 방안

3.2. 응급복구 방안

3.1. 긴급조치 대상지 복구 공종

① 소계류 흙막이 보호공(마대쌓기)

소계류 흙막이 보호공은 산불로 인해 지표 지표 지물이 소실된 상태로 향후, 강우 발생 시 구곡부를 중심으로 산불재 및 모래 등과 같은 미세립자의 하부 유출로 농로, 농경지 등 보호대상 시설에 피해 우려가 높은 지역을 대상으로 실시한다. 이 공법은 개소 당 시공비용이 비교적 저렴하고, 시공 난이도가 낮아 별도의 설계필요 없이 조치가 가능한 특징이 있으며, 또한 구곡부의 계상물매를 완화하여 유속저감을 유도함으로써, 단기간 시공으로 토사유출 예방효과를 극대화 할 수 있다.

① 나무베기(긴급벌채)

나무베기는 산불(수관화)의 발생으로 수목이 전소된 상태로 향후 수목이 고사할 경우 근계의 부식으로 수목이 전도되어 인명 및 재산피해를 유발할 우려가 매우 높은 지역을 대상으로 실시한다. 이 공법은 경사면에 위치한 산불피해목을 중심으로 긴급벌채를 실시함으로써 토사유출 뿐만 아니라 수목의 전도에 의한 피해를 사전에 예상할 수 있다.

② 비탈면다듬기(뭉기기) 및 단끊기

비탈다듬기는 지형이 불규칙하여 산사태 예방 공법의 시공이 어렵고, 지표가 전소된 상태로 강우 시 토사유출 발생 우려가 높은 경우에 실시한다. 이 공법은 인력 및 기계장비를 활용하여 경사면의 지형을 일정하게 다듬으로써 효과적인 산사태를 예방할 수 있으며, 강우 시 우수의 배수 유도 및 중·소규모의 토사재해를 제어할 수 있는 공법이다.

③ 기슭막이(전석 혹은 콘크리트)

기슭막이는 사면과 가옥의 접속부에 기 시설된 사방구조물이 없어 접속부의 기초로부터 침식 확대 및 붕괴우려가 있을 경우 실시하고, 또한 상부에서 토사가 유출될 경우 하부가옥에 직접적인 영향을 미쳐 피해가 발생할 우려가 높을 경우 실시하게 된다. 이 공법은 사면의 기초부에 전석이나 콘크리트 기슭막이를 설치함으로써 추가적인 침식을 예방할 수 있으며, 사면 하부에 위치한 가옥에 유출될 수 있는 토사를 집적함으로써 피해규모를 최소화할 수 있는 공법이다.

④ 수로내기

수로내기는 구곡형태의 지형을 가지고 있어 방치 시 유수가 집적되어 침식이 확대될 우려가 있고, 침식의 진행으로 붕괴 발생 시 하부에 위치한 가옥의 피해유발 우려가 높은 경우 실시한다. 이 공법은 상부 비탈면으로부터 흘러내리는 지표유출수가 지표면을 따라 흐르지 않도록 차단 또는 분산시켜 안정된 외부로 보내기 위한 공법으로 흐르는 지표수를 외곽지대로 안전하게 배수시키는데 효과적이다.

⑤ 마대쌓기(흙막이)

마대쌓기는 상부에서 유출되는 우수 및 토사의 분산이 필요한 사면에서, 방치 시 일시에 사면의 기초부로 유출되어 침식의 확대 및 붕괴로 인한 가옥의 피해유발 우려가 높은 경우 실시한다. 이 공법은 토질이 척박하고 접근이 어려워

재료를 구하기 힘든 산불피해지 현장에 적용한다. 이 방법은 경사지의 사면을 정리하고, 남은 주변의 토석을 재료로 사용하여 마대를 쌓고 단을 끊어 경사면을 고정함으로써, 우수를 분산시켜 지표침식 방지하는 공법이다.

3.3. 항구복구 방안

① 사방댐 설치사업

사방댐 설치사업은 산불피해 사면을 중심으로 산불재, 토사 등 미세립자 및 산불 피해목 등이 산재해 있어 이를 중심으로 유출 시 하류 피해 우려 높은 경우 실시한다. 이 공종은 우수 및 토사, 유목의 유출이 우려되는 계곡부를 중심으로 횡구조물인 사방댐을 설치함으로써 상부에서 유출되는 재료의 운동에너지를 억제하고 일정시간 여유공간에 저류하여 하류구간의 피해를 예방하는 공종이다.

② 계류보전사업

계류보전사업은 계안부 산불피해로 인하여 일시적으로 토사유출이 증가할 우려가 높은 지역으로 추가적인 침식 및 붕괴 등 피해우려 높은 경우 실시한다. 또한, 계류보전사업은 종구조물 및 횡구조물의 설치로 산불피해로 인해 일시적으로 늘어가는 우수에 의한 침식을 예방하고, 하류구간으로 유출되는 유속을 저감을 유도하여, 산불재 및 토사 등 산불피해 부산물의 유출을 제어하는 공종이다.



1. 고성 토성 성천 산6-2(피해목 제거)



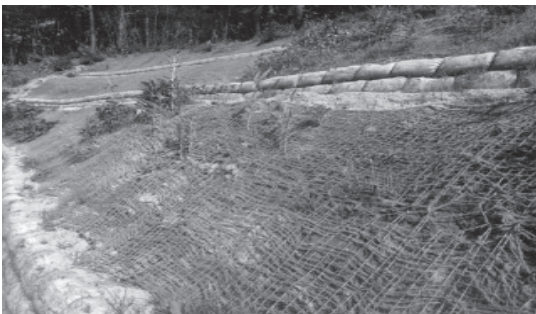
2. 고성 토성 성천 산 4(마대쌓기)



3. 고성 토성 인흥 산72(피해목 제거, 수로)



4. 고성 토성 원암 산41(마대수로)



5. 속초 장사 산69(마대쌓기, 코이어네트)



6. 강릉 옥계 천남 산66-1(마대쌓기, 코이어네트)



7. 인제 남면 산6-2(골막이)



8. 인제 남면 산6-2(수로)

그림 5. 2019년 동해안 산불피해지 복구 결과

VI. 맺음말

산불이 발생하게 되면 수목과 임산물 전소, 산지 황폐화 등의 산림환경의 피해뿐만 아니라 토사유출, 산사태 및 토석류에 인한 인명 및 재산 피해가 수반될 수 있다. 이에 따라 산불에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 산불의 근본적인 예방이 가장 우선 시 되어야한다. 하지만 우리나라는 여전히 인간의 부주의로 인한 실화 비율이 약 80%에 이르며, 또한, 도시팽창으로 인한 산지개발, 산지전용 등으로 산림이 인간 생활권에 더욱 밀접해지면서, 인재(人災)로 인한 실화를 사전에 파악하고 예방하는데 많은 어려움이 발생하고 있다.

이에 따라 산불이 발생하게 되면, 산불 진화를 위한 최선의 노력과 2차 피해 예방·방지를 위한 “신속한 피해조사”와 “토사유출 안정화를 위한 복구계획 수립”이 필수적이다. 따라서 이 글에서는 산림청 산사태 원인조사단의 일환으로 사방협회에서 실시하고 있는 산불피해지 산사태 우려지역 긴급진단을 소개하고, 산불피해지의 토사유출 안정화 방안을 제시하여, 만일의 상황에서 발생할 수 있는 산불과 산불에 의한 2차 피해를 예방·방지하는데 기여하고자 하였다.

한편, 2020년은 54일이라는 긴 장마기간 동안 기록적인 강우로 홍수, 산사태 및 토석류 등의 자연재해가 발생하게 되면서, 인명 및 재산 피해와 같은 사회적 혼란을 초래하였다. 여전히 전국 곳곳은 복구가 한창으로 수해의 아픔이 가시지 않았다. 2021년 2월 1일부터 5월 15일

은 봄철 산불조심 기간이다. 이 기간 동안 산불에 대한 만반의 준비를 기하여, 아직 가시지 않은 2020년 수해의 아픔이 가중되지 않기를 기대한다.

감사의 글

이 연구는 산림청의 “2020년 산사태 피해 원인조사 및 복구 방안 연구용역”과 “2021년 산사태 피해 원인조사 및 복구 방안 연구용역”의 일환으로 진행되었습니다.

인용문헌

- 국립산림과학원 (2002) 태풍 루사에 의한 산지 재해 원인과 복구대책, 1~317pp.
- 국립산림과학원 (2002) 건전한 자연생태계 복원 및 항구적인 산림복구를 위한)산불피해지 복구 매뉴얼. pp. 8.
- 산림청 (2019) 「동해안 산불피해지」 산사태 긴급조치 계획 수립, 1~198pp.
- 산림청 (2020) 대형 산불피해지 산사태우려지역 긴급진단, 1~303pp.
- 서준표, 이창우, 김동엽, 우충식 (2016) 지상 LiDAR 공간분석을 통한 산불·산사태 피해 계류의 연간 토사유입량 산정, 한국방재학회 16(6), 219~227pp.
- 이광연, 김경남, 장지원, 전근우 천층붕괴지의 지형특성 해석: 우면산을 대상으로, 한국방

재학회 17(3), 173~181pp.

이광연, 서기범, 김경남, 김동찬, 김동문, 전근
우 (2017) 산불피해지의 천층붕괴 특징에

관한 사례 연구, 한국방재학회 17(6), 185
~192pp.



대형산불 피해지의 토사유출 특성 및 과학적 위험성 평가방안



서 준 표

국립산림과학원 산림방재연구과

우리나라는 봄철에 강우량이 적고 맑은 날이 많아 상대습도가 낮아진다. 그로 인해 낙엽층이 건조해져 산불 발생위험이 높아지고, 봄철의 강한 바람과 함께 대형산불이 발생하는 경우가 많다. 최근 10년(2010~2019년)간 산불은 연평균 440건 발생하여 매년 약 594ha의 산림을 소실시켰다. 2020년에도 울산 울주군, 경북 안동, 강원 고성 지역에서 대형산불이 발생한바 있다.

특히, 안동에서 발생한 대형산불은 4월 24일에 발생하여 3일간 지속되었으며, 건조 특보와 함께 순간 최대풍속 9~18m/s의 강풍은 1,944ha라는 숲을 검게 불태워버렸다. 불에탄 숲에서는 토사유출 등 산사태와 같은 2차 피해 위험성이 높아지기 때문에 피해방지를 위한 복구 대상지의 우선순위를 결정하는 것은 중요하다.

숲에서 산불이 발생하면 토사유출이 증가하는데 그 이유는 다음과 같다. 산불이 발생하면 숲의 식생이 불타 제거되어 지표면에 도달하는 유효강우량이 증가하게 되고, 불에 타면서 생기는 침엽수의 유지(油脂)성분 때문에 토양내 불투수층이 형성되어 지표유출량이 증가하게 된다. 또한, 토양 이화학성 변화에 따른 안정성 약화로 토양의 내침식성이 감소한다.

이처럼 산불이 발생하게 되면 토사유출이 증가하는 원인이 밝혀졌는데, 현재도 산불피해지의 토사유출과 관련된 연구를 수행하는 이유는 무엇일까? 바로 ‘토사유출 정량화’와 ‘위험성 평가’에 대한 연구가 부족하기 때문이다. 대형산불피해지에서는 피해강도에 따른 토사유출 특성과 복구 대책 수립을 위한 과학적인 위험성 평가가 필요하다.

미국의 경우 산불발생 이후에는 토사유출 발생가능성을 평가한다. USDA(United States Department of Agriculture) FS(Forest Service)에서는 BAER(Burned Area Emergency Response)팀을 운영하여 산불로 인한 홍수·토양침식·사면안정성 등 위험성에 대한 조사와 평가를 실시한다. 또한, 산불로 인한 토양피해 강도를 3등급으로 구분하여 침투·유출·침식에 영향을 주는 토양 특성을 구분하여 산불피해 초기의 응급복구 대상지 우선순위를 결정하는데 활

용하고 있다.

국립산림과학원에서는 대형산불피해지에서 산불피해 강도에 따른 토양 특성을 구명하고 정량적 토사유출량 산정과 위험성 평가방안에 관한 연구를 수행중에 있다. 산불피해 강도에 따른 맞춤형 복구기술 개발을 위하여 2020년 가장 큰 규모의 산불이 발생한 안동지역에 토사유출 모니터링 시험지를 조성하여 정기적으로 정량적 토사유출량을 분석하고 있다.



(‘심’피해지)



(‘중’피해지)



(‘미’피해지)

그림 1. 안동 산불피해지 모습

산불로 인한 피해는 나무의 수관 전소 및 지표피해 정도에 따른 식생지수로 피해가 심한 곳부터 ‘심(수관화)’, ‘중(열해)’, ‘경(지표화)’으로 구분하여 피해등급을 분류한다(그림 1).

국립산림과학원에서 조성한 시험지는 산불피해 ‘심’ 지역과 ‘중’ 지역 그리고 비교를 위한 대조구로 ‘미(未)’ 피해지역에 5m × 10m의 실트펜스를 각각 4개씩 설치하여 총 12개의 시험지

에서 토사유출량을 측정하고 있다. 실트펜스는 토사유출량을 경제적이고 효과적으로 측정하는 방법으로 외국의 많은 토사유출 관련 연구에 사용되고 있다(Robichaud and Brown, 2002; Robichaud, 2005). 안동 산불피해지 현장에 설치한 실트펜스 모식도와 설치된 모습은 그림 2와 같다.

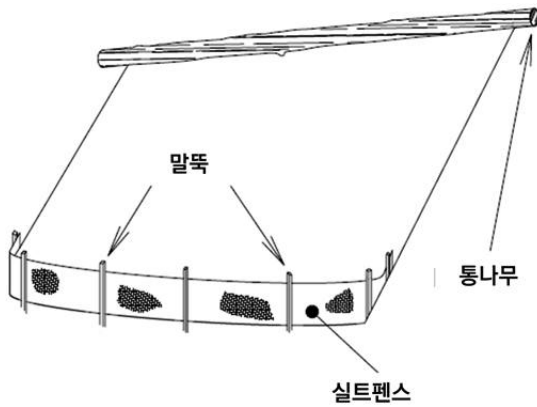


그림 2. 실트펜스 설치 모식도(좌) 및 현장에 설치된 모습(우)

시험지에서는 강우량에 대한 정량적 유출량 측정을 위하여 강우 직후에 현장 방문을 통하여 실트펜스에 저사된 토사를 채취하고 건조한

중량을 측정하고 있다. 시험지에서는 총 6회 조사하였으며, 유출된 토사의 양을 kg/ha 단위로 바꾸어 비교·분석하였다(표 1).

〈 표 1 〉 산불 피해강도에 따른 실트펜스 토사량 비교

날짜	누적강우량 (mm)	피해강도		
		‘심’ 피해지	‘중’ 피해지	‘미’ 피해지
7월 4일	53.0	158.0	0.0	0.0
7월 17일	174.5	1,077.5	28.4	8.3
8월 4일	275.5	1,800.0	116.7	3.2
8월 25일	226.5	2,340.0	22.0	27.5
9월 14일	156.8	580.0	1.9	0.7
10월 5일	3.1	12.3	2.3	0.5

실트펜스에 저사된 토사량은 누적강우량이 높을수록 많은 것으로 나타났으며, 장마 등 강우가 집중된 8월에 가장 많은 것으로 분석되었다. 수관화 피해지역인 ‘심’ 대상지에서 토사유

출량이 가장 높게 나타났으며 특히, 여름철 집중호우 기간에는 ‘미’ 피해지에 비해 약 85~563배 더 많은 토사가 유출되었다(그림 3).



('심' 피해지)



('중' 피해지)



('미' 피해지)

그림 3. 실트펜스에 저사된 토사(2020년 8월 25일 촬영)

산불피해를 심하게 받은 곳은 식생 소실 등으로 인해 토사유출량이 증가하여 산사태와 같은 2차 피해방지를 위한 긴급조치 및 응급복구가 중요하다. 긴급조치는 산불피해지와 연결하여 가옥 및 공공시설이 위치하고 인명피해 등이 우려되어 시급하게 관리가 필요한 지역에 마대쌓기, 물길돌리기 등을 긴급히 실행하는 것이고, 응급복구는 집중호우시 토사유출·산사태 등으로 인한 2차 피해가 발생하지 않도록 사방 복구 사업을 완료하는 것이다.

이처럼 산불피해지에서 긴급조치 및 응급복구, 나아가 항구복구를 위한 대상지를 선정하고 효과적인 공법을 적용하기 위해서는 과학적으로 산불피해 강도에 따른 침식 가능성을 평가할 필요가 있다. 방법으로는 WEPP(Water Erosion Prediction Project) 모델 등 물리적 기작에 근거한 모델을 사용하여 산불피해지의 침식 가능성 등 2차 피해 위험성을 평가하는 것이 산불피해 강도에 따른 정량적 데이터가 부족한 현

재 상황에서는 합리적인 방법이 될 수 있다.

WEPP 모델은 식물생장, 침식 등의 물리적 기작에 근거한 토양침식 예측 모델로 USLE(Universal Soil Loss Equation)를 대체하기 위해 개발되었다(Flanagan et al., 2007). 이 모델은 기상·지형·토양·토지이용(식생) 등 네 가지의 입력인자를 가지고 단일 및 연속 강우에 대한 토양침식을 시·공간적으로 예측할 수 있다.

안동 산불피해지에서 실트펜스가 설치된 곳과 동일한 사면을 모의하여 WEPP 모델링을 수행하였다. 모델링 결과를 실트펜스에 저사된 토사량과 비교한 결과 '심' 피해지의 경우 실제 측정된 토사량이 모델링 결과보다 4.9배 많은 것으로 나타났다(그림 5). '중' 피해지와 '미' 피해지의 경우 분석 기간 전체의 토사유출 총량은 비슷하지만, 단일 강우사상에 따른 토사유출량에는 차이가 있었다.

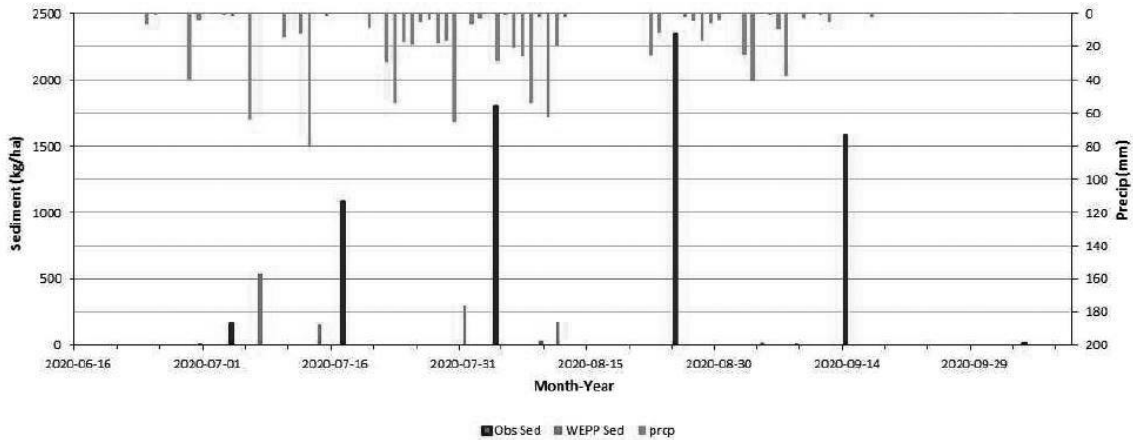


그림 5. WEPP 모델 결과와 실트펜스 실측자료 비교(‘심’피해지)

모델링 결과가 현장에서 실측한 값과 완전히 일치할 수는 없다. 정확도를 높이기 위해서는 현장 강우량 정보 등 국내 환경에 적합한 입력 인자에 대한 모니터링 자료를 장기적으로 측정함과 동시에 WEPP 모델과 같이 기존에 개발된 수치모델을 사용하여 산불피해지의 침식 가능성을 평가할 필요가 있다.

국립산림과학원에서는 산불피해 특성과 토사 유출량간의 정량적 관계 구명을 통하여 대형산불 피해지의 응급복구 기술을 체계화하고자 관련 연구를 지속적으로 수행할 계획에 있다. 이러한 연구를 통하여 대형산불 이후 산사태와 같은 2차 피해 저감을 위한 ‘맞춤형 산불피해지 복구기술 정립’으로 국민의 생명과 재산피해 방지에 기여하고자 한다.



고부가 산양삼의 친환경 산지재배로 보물산 만들기



전 권 석

국립산림과학원 산림약용자원연구소

I. 들어가기

삼은 두릅나무과의 초본이며 학명은 *Panax ginseng* C. A. Meyer로 표기한다. 그리고 영명으로는 ‘산삼과 유사한 삼’이라 하여 wild-simulated ginseng이라 지칭한다. 삼은 반음지성 다년생 초본으로 생육환경이 맞으면 20년 이상 장수하는 식물이다. 삼이 자라는 곳의 기온이 30℃에서 7일 이상 지속되면 광합성이 중단되고 호흡량이 증가하여 생장에 피해를 주기 때문에 생육 적정온도는 21~25℃가 알맞다. 삼을 재배하는 장소나 방법에 따라 산삼, 산양삼, 인삼으로 분류하는데 산속에서 자연 상태로 삼 종자가 발아하여 자란 것을 산삼, 산속에서 삼이 자랄 수 있는 적지를 찾아 인위적으로 종자를 파종하여 키운 것을 산양삼, 삼을 대량으로 생산하기 위해 밭이나 논에 차광막을 설치하여 재배한 것을 인삼으로 분류한다.

특히, 산양삼은 임지에서 재배하고 농약이나 화학비료를 사용하지 못하도록 법으로 규제하고 있기 때문에 열매부터 잎, 줄기, 뿌리에 이르는 전초(全草)를 식용할 수 있는 청정임산물이다.

산삼은 예로부터 진귀하면서도 희귀한 약제로 취급되었기 때문에 이를 채굴하여도 삼을 채굴한 본인이 취식하기 보다는 병을 치료하기 위한 귀한 약제로 이용되던가 아니면 국가에 공납하는 등 중요한 용처에 주로 사용되었다는 역사를 지니고 있다.

이처럼 삼은 수천 년의 역사를 두고 산삼 채취에서 출발하여 밭 재배로 변천되어왔다. 최근에는 산지에서 차광막과 같은 인공시설을 설치하지 않고 생산하는 산양삼 재배가 확대되고 있다. 우리나라 산양삼은 산림청의 「임업 및 산촌 진흥 촉진에 관한 법률」에 의하여 관리되고 있는 “특별관리 임산물”이다. 산양삼은 재배지 선정부터 종자, 종묘, 식재, 재배관리, 품질검사,

유통 등 모든 과정이 이 법률에 의거하여 관리·감독되고 있으며 산지에서 파종 또는 이식하여 인위적 시설 없이 재배한 것이다.

최근 국립산림과학원 산림약용자원연구소에서 산양삼의 우량종자 및 종묘의 공급기반 구축과 친환경 재배기술 개발, 품질평가 기준 정립으로 임업인 소득증대와 산양삼 산업 활성화에 기여하기 위해 ‘고품질 산양삼 생산을 위한 친

환경 재배기술 개발’에 대한 연구를 수행 중이며 이 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 ‘산양삼 표준재배지침(개정판, 2018)’과 ‘산양삼 친환경 재배 매뉴얼(2020)’을 발간하여 산양삼 재배자와 관련분야 임업인들에게 유용한 정보를 제공하고 있다.

본 고는 최근 발간한 ‘산양삼 친환경 재배 매뉴얼(2020)’의 내용을 정리한 것이다.



〈연구자료 제893호, 국립산림과학원, 2020〉



〈연구자료 제493호, 국립산림과학원, 2018〉

II. 본론

1. 산양삼이란!

가. 일반사항

□ 식물명(산양삼)

- 산지에서 파종하거나 산지에서 양묘한 종묘를 이식하여 농약 및 화학비료를 사용하지

않고 최대한 자연에 가깝게 키우는 삼을 말한다.

- 종명 : 인삼종
- 속명 : 인삼속
- 과명 : 두릅나무과, Araliaceae
- 학명 : *Panax ginseng* C.A. Meyer
- 영명 : Wild-simulated ginseng

□ 성질과 맛

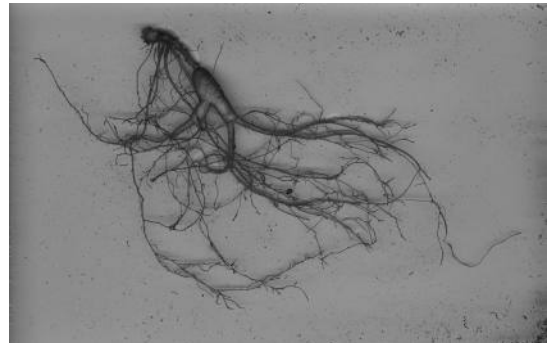
- 산양삼은 조직이 매우 조밀하여 씹을수록 진한 향이 나며, 단맛이 난다.

□ 주요성분과 효능효과

- 유기물(95% 내외), 무기물(5% 내외), 진세노사이드(Ginsenoside)가 있다.
- 진세노사이드의 약리작용(효능효과)은 다음과 같다.



〈재배지 내 산양삼〉



〈산양삼 지하부 형태〉

Ginsenoside	효능효과
G-Ro	알콜해독, 항간염효능, 항염증
G-Rb1	중추신경 억제, 해열진통, 간기능 보호
G-Rb2	항당뇨, 항동맥경화, 간세포 증식효과
G-Rc	진통작용, 단백질 및 지질합성 촉진 작용
G-Rd	부신피질 호르몬 분비촉진 작용
G-Re	간 보호 작용, 골수세포 합성 촉진 작용
G-Rf	뇌신경세포 진통 작용, 지질과산화 억제 작용
G-Rg1	학습기능 개선, 항피로작용
G-Rg2	혈소판 응집 억제, 기억력 감퇴 개선
G-Rg3	암세포 전이억제, 간 보호 작용, 항암제 내성 억제 작용
G-Rh1	간 보호, 항종양 작용, 혈소판 응집 억제 작용
G-Rh2	암세포 증식억제, 종양 증식억제, 항암제 항암활성 증대 작용 등

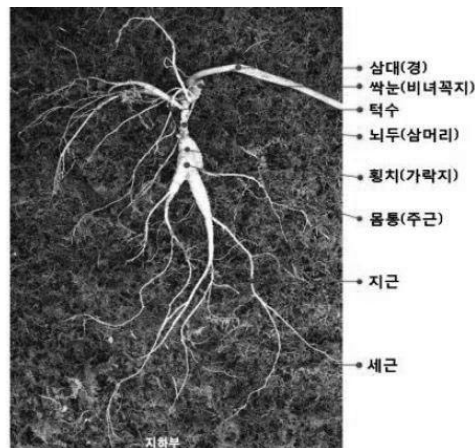
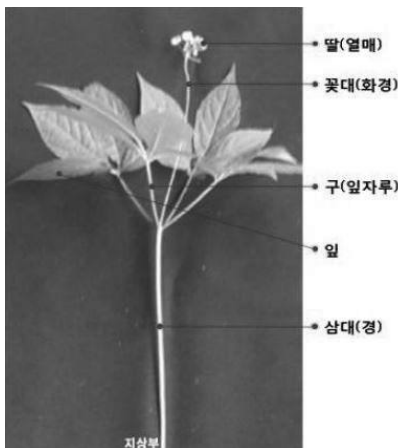
□ 식용부위

- 산양삼은 임지에서 재배하고 농약이나 화학 비료를 사용하지 못하도록 법으로 규제하고 있기 때문에 청정임산물로 분류하며 전초(全草)를 식용할 수 있다.

□ 형태적 특성

- 산양삼의 지상부는 꽃, 열매(과실 또는 딸), 잎(옆), 꽃대(화경), 줄기(경 또는 삼대)로 구성되어 있으며 지하부는 몸통인 주근과 뿌리로 이루어져 있음. 그리고 주근이 작고 지근과 잔뿌리 및 뇌두의 길이가 길다.

- 열매 : 딸이라고도 하며 씨앗을 일컫는 말
- 꽃대 : 화경이라고도 하며 삼대(경) 끝에서 열매까지의 부위
- 구 : 잎자루이며 삼대와 잎이 연결된 줄기로 뿌리의 생육상태에 따라 최대 5~7구까지 형성됨
- 잎 : 보통 3~5엽으로 광합성을 통한 단백질 등을 형성함
- 삼대(경) : 삼의 줄기로서 잎에서 뿌리로 영양분을 공급
- 싹눈 : 비너꼭지라고도 하며 이듬해에 나오는 새싹(눈)을 말함
- 턱수 : 뇌두에서 발달된 뿌리 ※ 삼의 뿌리로 발달되기도 함
- 뇌두 : 삼의 머리를 일컫는 것으로 뿌리와 삼대의 연결부위를 말하며, 보통 1년에 1마디씩 형성되어 자란 년 수를 나타내기도 함
- 횡치 : 삼의 동체에 주름이 형성되는 것으로 가락지라고도 하며 연근이 오래되면 주름의 골이 깊고 그 수가 많아지기도 함
- 몸통 : 동체라 불리며 삼의 주된 뿌리
- 지근 : 몸통(주근)과 세근을 연결하는 뿌리
- 세근 : 영양분을 흡수하는 곳으로 뿌리 성장 시 발생하여 성장을 멈추면 떨어지기도 함



□ 생산적 특성

- 산양삼의 생산은 엄격한 품질관리 제도 하에 이루어지고 있다.
- 『임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률』에서 정의(법 제2조3의2호) “특별관리임산물”이

란 소비자의 보호 및 품질향상을 위하여 특별한 관리가 필요한 임산물로서 산양삼과 그 밖에 대통령령으로 정하는 임산물(건조된 것 포함)을 말한다.

□ 품종 및 특성

품종명	선발 연도	등록 연도	주요특성	품종명	선발 연도	등록 연도	주요특성
천풍	1972	2002	체형 우수, 내적변	천일	1998	2012	뇌두 長
연풍	1968	2002	다수성, 다경	선일	-	2013	내고온성
고풍	1968	2003	Ginsenoside고함유	선운2호	-	2013	다수성
선풍	1972	2003	다수성	금선	1997	2013	다수성, 내적변
금풍	1979	2003	내병성, 대편삼	천량	1999	2013	내염성, 다수성
선운	1985	2006	다수성, 만기 출아	고풍1호	1998	2014	우수 체형
선원	1978	2006	다수성, 우수체형	고풍2호	2000	2014	우수 체형
청선	1982	2007	청경종, 조기 출아	금풍1호	1986	2014	다수성
선향	-	2009	향기성분 다함유	선운1호	2002	2014	다수성
K-1	1984	2012	다수성, 세균 발달	고원	1999	2015	내병성, 다수성

2. 산양삼 친환경 산지재배

가. 친환경 재배지 선정

□ 입지환경 조건

온도	- 여름철 비교적 서늘한 곳으로 평균 기온 25℃ 이하인 곳 - 시원한 바람이 불고 햇빛이 산란되어 비치는 곳 - 겨우내 눈이 쌓여 있는 곳 - 토양온도가 10-18℃를 유지하는 곳 ※ 산양삼 연생에 따라 요구되는 적정 온도는 다를 수 있음
지형조건 사면방향	- 곡간지, 산록경사지, 저 구릉지인 곳 - 침수 우려 및 환경오염의 위험이 없는 곳 - 사면방향은 재배지의 조건이 합당할 경우 경사방향은 가리지 않으나 동일 조건이면 북향, 북동향, 북서향, 동향이 적합 - 기후가 서늘하고 통풍이 잘되는 곳. 통풍이 안 될 경우 병충해 등 피해가 발생할 가능성이 있음 - 자연배수를 고려하여 약간 경사진 곳
임상	- 상층부의 수관을 이루는 임목의 수고가 너무 낮지 않으며 잎의 크기가 작은 낙엽활엽수림이 분포하고 있는 곳 - 침활혼효림의 경우 침엽수의 비율이 10~20% 정도가 적당하며 상층 울폐도는 80~90%인 곳

□ 토양

물리성	- 낙엽이 많이 쌓인 비옥한 부식질의 임지로 속흙과 겉흙이 구분되며, pH 5.5내외의 토양이 적절함 - 유효 토심이 15cm 이상이고, 배수와 통기가 잘되는 곳
화학적	- 비옥한 부식질의 임지로 유기물 함량이 많은 곳 - 전질소, 인산의 함량이 많은 곳

□ 산양삼 재배 적지선정 기준

수 종	울폐도 (%)	경사도 (°)	방 향	토양경도 (mm)	토 성	상층목	
						흉고직경(cm)	수고(m)
침활 흔효림	80~90	15~30	북향, 북동향, 북서향, 동향	15 미만	양토, 미사질 양토 및 사질양토	15 이상	10 이상

나. 산지 정리

□ 재배예정지 정리

상층부 및 중층부 가지치기 ↓ 울폐율 조절 ↓ 하층 잡관목 제거 ↓ 하층 잡초 제거	 〈작업 전〉	 〈작업 후〉
---	---	--

□ 재배지 하층식생 및 낙엽 정리

 〈작업 전〉	→	 〈고사목 및 낙엽정리 중〉	→
---	---	--	---



〈고사목 및 낙엽정리 후〉



〈재배지 정리작업 후〉

다. 종묘 기르기

□ 종자 정선

- (1) 청정 산양삼 생산은 재배지 환경은 물론 종자 및 종묘의 잔류농약검사를 통한 생산적합성 조사가 요구된다.
- (2) 생산적합성조사는 「임업 및 산촌진흥 촉진에 관한 법률」 제18조의2 제1항에 의거 특별관리 임산물의 임산물품질관리 업무를 전문적으로 수행하는 기관 또는 단체(전문기관, 임축법 시행령 안 제17조의2)에서 실시한 검정 된 결과가 첨부된 종자를 사용한다.
- (3) 물에 담가 떠오르는 것(쪽정이)은 제거하고 종자의 크기가 고르고 과육의 부피가 큰 것을 따로 선별하여 사용한다.

□ 개갑(씨눈 띄우기) 처리

• 개갑 처리 방법

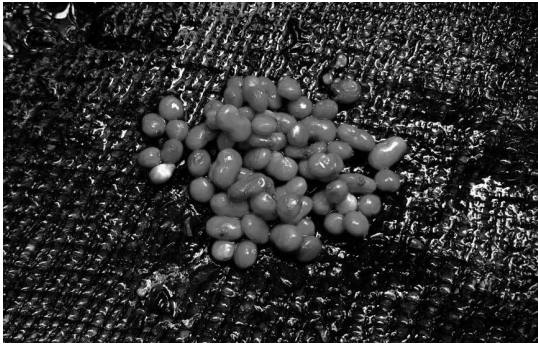
- (1) 시기 : 7월 하순
- (2) 기간 : 7월 하순~11월 중순(처리 시작 후 100일간)

- (3) 장소 : 서늘하고 그늘진 곳(20℃ 이하)

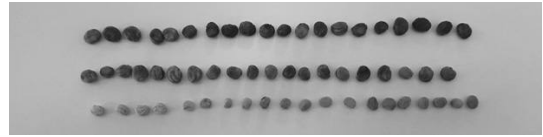
- (4) 용기 : 플라스틱 통, 나무상자 등 용기크기는 종자량의 10배

• 씨눈 띄우기 순서

- (1) 종자 채취 즉시 과육을 제거한다.
- (2) 깨끗한 물에 세척한다.
- (3) 종자 : 모래 = 1 : 3 비율로 섞는다.
- (4) 종자를 그물망 등에 넣어 씨눈 띄우기를 한다.
- (5) 그늘지고 물 빠짐이 좋은 곳에서 인위적인 관수(1일 1회, 약 100일) 또는 노천매장(약 100일 정도)을 실시한다.
- (6) 산양삼 종자는 중복휴면(물리적+생리적)의 특성을 지니고 있어 별도의 작업이 필요한데 이를 개갑 처리 혹은 씨눈 띄우기라고 한다.
- (7) 개갑 처리를 통해 종피를 인위적으로 열어주어 발아를 촉진하고 균일한 발아력을 유도한다.
- (8) 개갑 처리 시기는 보통 종자를 수확한 직후(7~8월)에 실시한다.



〈과육 제거 전 종자〉



〈과육 제거 후 종자〉

□ 파종시기

- 씨눈 틔우기를 하지 않은 종자는 완숙되는 즉시 직파 실시
- 정선된 종자는 씨눈 틔우기를 한 후 그해 10~11월 파종
- 예정지가 토양이 얼지 않으면 12월까지 파종 가능
- 가을 파종(추파) 시기를 놓쳤을 경우, 이듬해 3~4월 봄 파종(춘파) 실시
- 4월 이후 파종할 경우 발아율이 저조하고 종자의 유실이 큼

□ 파종방법

• 점파종

- (1) 파종기를 이용하여 상층부가 정리된 토양

에 구멍을 만든다.

- (2) 깊이는 2-3cm, 구간 간격은 10-15cm로 한다.

- (3) 종자량은 1구에 보통 2-3립 파종한다.

• 줄파종

- (1) 예정지의 상층부를 정리 한 후 깊이 2-3cm 골(줄)을 만든다.

- (2) 줄 간격은 40-50cm 으로 하며 등고선 방향이 적합하다.

- (3) 종자 파종 시 고르게 뿌려지도록 주의한다.

• 산파종

- (1) 예정지 상층부에 쌓인 낙엽 제거한다.

- (2) 약 100㎡에 종자 1kg 정도 흩어 뿌린다.

- (3) 부식토와 낙엽을 섞어 2cm정도 덮어 준다.



〈파종기를 이용한 점파종〉



〈줄파종〉



〈산파종〉

□ 이식방법(이식순서)

- (1) 예정지 상층부에 쌓인 낙엽을 제거한다.
- (2) 등고선 방향의 골 간격 40-50cm로 골을 만든다.

- (3) 종근의 뇌두 부분을 아래로 향하게 하여 15°로 비스듬히 눕혀서 식재(이식)한다.

- (4) 이식 간격은 10-15cm로 하고 부엽토와 낙엽을 섞어 2-3cm 복토한다.



이식 재배지 전경

라. 종자 채종

□ 종자 채취방법

- 7월 중순부터 빨갛게 숙성된 열매를 채종한다.
- 채종된 종자를 모아 망사 자루에 넣어 서늘한 곳에서 보관한다.

마. 병해충 및 야생동물

□ 병해충

• 병해충 피해

- (1) 병해는 유묘기에 입고병, 성숙기에 역병과 탄저병이 발생한다.

병명	원인균	발생시기	병징
점무늬병	<i>Alternaria panax</i>	5월-6월	잎에서 시작하여 흑색의 반점을 형성하며 줄기가 말라 죽게 됨. 묘삼의 경우 줄기가 짧아 균이 뇌두로 진전하여 겹게 부패됨
균핵병	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> / <i>S. Minor</i>	이른 봄	씨눈이 나오기 전에 감염되면 생장 시 줄기가 왜소하며 잎의 전개가 잘되지 않으며 개화기에 잎이 황화 되고 시들고 땅속의 줄기도 썩고 흰색의 균사가 퍼지며 흑색의 균핵을 형성. 뿌리내부는 썩어 표피만 남음
모잘록병	<i>Rhizoctonia solani</i> / <i>Pythium spp.</i>	4월-5월	씨눈이 나오기 전의 경우 발아하는 줄기가 침해를 받아 암갈색의 병반을 형성하여 말라 죽게 됨. 씨눈이 나온 뒤에는 토양 쪽 줄기가 암갈색으로 변하면서 지상부가 말라 죽게됨
잣빛 곰팡이병	<i>Botrytis cinerea</i>	월동기간 감염	감염부위에 암회색의 곰팡이가 자라고 잎에 수침상의 병반을 형성하며 열매는 탈색되고 뿌리는 부패됨

병명	원인균	발생시기	병징
역병	Phytophthora cactorum	5월-6월	묘포에 발생 시 지상부 전체가 고사 함. 잎에 수침상의 병반을 형성하고 엽저가 갈록하여 잎이 늘어지게 됨. 병반에 유주포자낭이 밀생하여 밀가루를 뿌려놓은 모양이 됨
탄저병	Colletotrichum sp.	5월-7월	잎에 연한 갈색반점이 형성되며 점 가운데가 황색에서 흑갈색으로 변함. 병든 잎은 쉽게 떨어지며 병반이 생긴 열매는 움푹 들어가고 검은색 분생자충을 형성
뿌리 무름병	Phytophthora cactorum / Pythium sp.	5월-6월	잎이 지표면으로 처지고 붉게 변함. 뿌리는 물렁물렁하게 썩고 병든 조직 근처에 흰색의 곰팡이가 발생
뿌리 썩음병	Cylindrocarpon destructans	봄-가을	잎의 가장자리가 붉게 변하고 안쪽으로 오므라들다가 고사 함. 뿌리 또한 적갈색, 흑갈색의 병반을 형성하며 부패함
줄기속 무름병	Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum	장마시기	잎자루의 분지 부위가 부패하고 잎이 푸른 채로 떨어짐. 균이 줄기를 타고 이동하여 뇌두로 진전하며 뿌리 전체를 부패시킴

※ 산양삼의 경우 재배지역과 환경에 따라 병의 발생 시기가 다를 수 있음.

(2) 해충은 풍뎅이류, 땅강아지, 노린재, 나방류, 달팽이류 등과 토양 내 선충에 의한 피해가 발생한다.

(2) 땅 쥐와 두더지 등은 지하에서 주로 활동하며 산양삼의 종자나 뿌리를 좋아하므로 철저한 방제가 필요하다.

• 병해충 방제

(1) 산양삼은 자연재배가 바탕이 되어야 하므로 병해충의 피해가 극심할 경우 기존 재배지의 생존한 건실한 묘를 인근의 청정 재배지로 이식하여 피해 확산을 예방한다.

• 방제 방법

(1) 재배 예정지는 2년간 관리한 후 산양삼을 파종, 이식하기 전 땅굴 속에 파이프 매설, 전자파 쥐 퇴치기, 기피제 등을 설치한다.

□ 야생동물

• 방제 목적

(1) 산양삼은 야생동물(산짐승 및 설치류 등)의 피해를 최소화함으로써 성공여부가 좌우되는 경우가 많다.

(2) 철망을 이용할 시에는 지하(땅속) 20cm 깊이, 지상 30cm의 철망을 설치하여 설치류의 접근을 막을 수 있음. 이때 유해동물 방제를 위한 기피제를 사용하면 더 큰 효과를 보인다.

(3) 토끼와 멧돼지의 피해방지는 재배 외곽에

철망이나 철사를 120cm 높이로 설치하고
 흑색 차광막을 둘러 친 후 하단부를 돌과
 흙으로 고정한다.

- (4) 청설모와 다람쥐는 쥐덫을 이용하여 피해를 예방한다.
- (5) 조류(비둘기, 꿩, 까치, 어치 등)의 피해 방지를 위하여 방조망 설치, 조류기피증 약제 투여 등을 사용한다.
- (6) 야생동물 피해방지는 천적 이용, 쥐덫, 코팅철망 등을 사용하며 최근엔 전기목책(울타리)을 설치하는 경우도 있다.

라. 수확



〈수확된 산양삼, 지하부〉



〈수확된 산양삼, 지상부 포함〉

□ 채취시기에 따라 명칭을 달리함

- 동삼 : 늦가을 ~ 겨울 사이에 채취한 삼을 말한다.
- 춘절삼 : 4월 초순에 싹이 트고 빠른 속도로 자라며 비교적 약효가 낮다고 알려져 있다.
- 하절삼 : 7~8월에 열매가 성숙하며, 잎과 줄기가 붙은 채로 판매하는 경우가 많다.
- 황절삼 : 7월말에 잎이 열린 노란색으로 변하기 시작하며, 영양분이 뿌리로 이동하게 되어 약효가 제일 좋은 것으로 알려져 있으며, 잎과 줄기가 없다.. 그리고 산양삼은 수확 후 이끼 또는 종이 상자에 담아서 운송하며 저온 저장한다.

Ⅲ. 맺음말

숲에는 다양한 약용자원들이 자라고 있는데, 최근엔 코로나-19로 면역력 증진에 관한 관심이 높아지면서 산양삼이 주목받고 있다. 고품질의 산양삼을 생산하는 데는 얼마나 오랜 시간

동안 재배하느냐가 관건이다. 이에 국립산림과학원 산림약용자원연구소는 산양삼의 체계적 재배기술과 과학적 효능을 연구하여 산양삼의 재배기술 보급과 품질평가 기준 정립, 외국삼과 인삼의 차별화 방안을 마련하기 위해 힘쓰고 있다.

마지막으로 산양삼은 산이 우리에게 주는 귀중한 보물이며, 유구한 전통과 세계적인 명성이 있는 고려삼의 맥을 이어갈 수 있게 전 세계에 알리고 최상의 청정임산물로 자리매김 할 수 있도록 계속해서 노력할 것이다.

참고문헌

- 산양삼 정보 다드림. 한국임업진흥원.
- 산양삼 친환경 재배 매뉴얼. 2020. 전권석, 엄유리, 김기운, 허정훈.
- 산양삼 표준재배지침(개정판). 2018. 전권석, 엄유리, 정충렬, 박홍우, 김만조. 국립산림과학원.
- 산청 산양삼 재배 실무. 2012. 김의경, 홍정희, 최명석. 경상대 임업기술교육정보센터.
- 표준인삼재배. 2007. 정찬문. 중부출판사.
- 농업기술 길잡이 -인삼-. 2018. 농촌진흥청.
- 산양삼 이야기. 한국임업진흥원.



계류복원사업을 위한 환경조사(5) - 육상곤충류조사를 중심으로 -



전 근 우 / 김 석 우
강원대학교 산림환경과학대학

육상곤충류조사는 육상에 서식하는 곤충류를 대상으로 실시하며, 조사대상 범위는 조사대상 계류 주변의 육상지역으로 한다. 즉, 이 조사의 대상 생물은 곤충류로 하며, 기타 생물군(거미류 등)은 별도의 조사방법을 참고로 실시하도록 한다.

그리고 주요 조사대상 구역은 계류와 사방댐 저수공간 등의 육상지역으로 하고, 이들 구역에 있어서의 육상곤충류 등의 서식상황을 파악하여 계류복원사업지의 환경관리와 보전을 위한 자료를 취득할 목적으로 진행한다.

1. 조사의 구성

육상곤충류조사는 조사계획을 입안하여 실시하도록 하고, 그 내용은 사전조사, 현지조사가

주를 이루며, 그 결과에 대해 분석·정리하는 것으로 구성한다.

한편, 육상곤충류조사의 순서는 다음의 그림 1에 제시한 바와 같다.

2. 사전조사

현지조사를 실시하기 이전에 기존의 문헌을 정리하고, 청취조사를 실시하여 조사구역에 있어서의 육상곤충류 등에 대한 서식상황을 중심으로 한 각종 정보를 정리한다.

그리고 현지조사를 연초에 하는 경우, 사전조사를 현지조사 실시 전년도에 하면 현지조사를 원활하게 실시할 수 있다. 또한, 문헌수집 및 청취대상을 선정할 때에는 계류 주변의 전문가에게 조언을 받도록 한다.

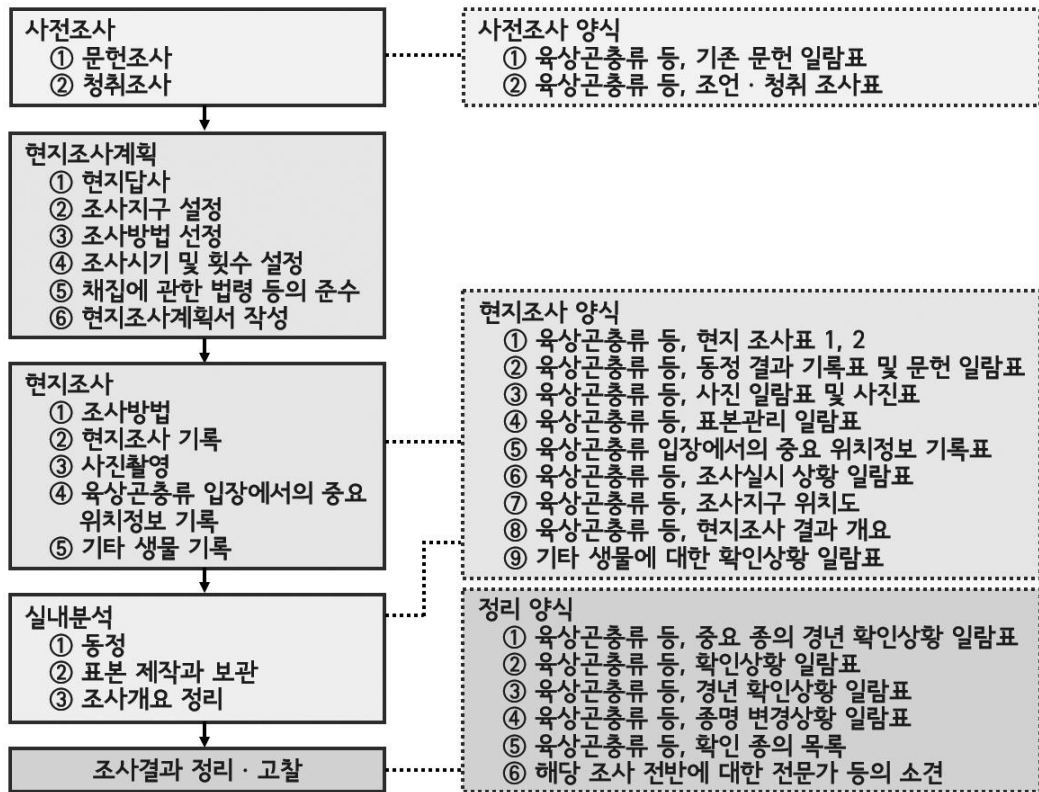


그림 1. 육상곤충류조사의 순서

한편, 지금까지 계류 주변에서 사방조사가 실시된 지역은 직전 조사 이후의 상황에 대해 특히 주의하여 정리, 파악하도록 한다.

2.1. 문헌조사

문헌조사에서는 기존에 실시된 계류 수변의 사방조사 결과 및 이전 조사 이후에 출판·발행된 문헌 등을 수집하여 육상곤충류 등의 서식상황에 대한 정보를 중심으로 정리한다.

그리고 문헌을 수집할 때에는 조사구역에 한

정하지 말고, 가능한 한 해당 계류 전체에 대한 문헌의 원본을 수집하도록 한다. 다만, 이전에 육상곤충류 등을 조사한 경우에는 그 이후의 문헌만을 수집해도 된다. 또한, 인터넷 등의 문헌 서비스를 활용하여 수집·정리하도록 한다.

한편, 수집한 문헌 및 보고서 등에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다. 즉, 수집한 문헌의 명칭, 저자명, 발행연도, 발행처, 입수처(절판 등에 의해 서점 등에서 구입할 수 없는 경우)를 정리한다.

2.2. 청취조사

청취조사에서는 계류 주변의 전문가에게 청취를 실시하여 조사구역 내의 육상곤충류 등에 대한 서식상황, 중요 종·외래종의 서식상황, 확인하기 쉬운 시기 등의 정보를 중심으로 정리한다.

그리고 청취대상은 기존의 청취대상을 참고로 하여 조사구역 및 그 주변의 실태를 잘 알고 있는 기관이나 개인(박물관, 동물원, 대학, 연구기관, 전문가, 학교 교직원, 동우회, 각종 동아리 등)을 대상으로 하며, 지역의 환경단체 등의 조언을 받아 청취대상을 선정한다.

한편, 전문가 등으로부터 받은 조언이나 청취조사에서 파악된 정보·견해 등에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다.

- ① 현지조사에 대한 조언 내용 : 기존의 조사 문헌의 유무, 조사지구·시기의 설정, 조사 방법 등에 대한 조언의 내용을 기록한다.
- ② 육상곤충류 등의 서식상황 : 조사대상 구역 및 그 주변에 있어서 육상곤충상 등의 서식상황, 외래종의 서식상황, 확인하기 쉬운 시기 등에 대해 파악된 정보를 기록한다.
- ③ 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 서식상황에 관해 파악된 정보를 기록한다. 그리고 중요 종의 확인위치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 중요 종의 보전 면에서 청취에 주의해야 할 필요가 있기 때문에 「육상곤충류 등의 서식상황」과는 구별하여 정리한다.

3. 현지조사계획

최신의 전체 조사계획 및 사전조사 결과를 참고로 하여 현지조사, 조사지구의 설정, 조사방법의 선정, 조사시기 및 횟수를 설정하고, 현지조사계획을 책정한다. 그리고 현지조사를 연초에 할 경우, 현지조사계획을 현지조사 실시 전 년도에 책정하면 현지조사를 원활하게 실시할 수 있다.

한편, 현지조사계획을 책정할 때에는 필요에 따라 계류 주변의 전문가에게 조언을 받도록 한다.

3.1. 현지답사

현지조사계획을 책정할 때에는 전체 조사계획 및 사전조사의 결과를 참고로 하여 계류복원 사업지와 그 주변 계류의 상·하류 등에서 현지답사를 실시한다.

그리고 현지조사계획을 책정할 때에는 전체 조사계획서, 계류의 수변자료나 현존식생도를 지참하여 지형이나 식생·토지이용 상황, 계안의 물매, 계류의 상·하류의 유량, 소·여울의 형상, 수변의 식생분포 등을 확인하고, 현지답사 시의 유황·수위, 현지조사 시의 조사경로 등도 고려하여 전체 조사계획에서 책정된 조사지구의 상황을 파악하며, 조사지구별 조사대상 환경구분의 설정, 조사시기·횟수의 설정 및 조사방법을 선정하기 위한 상황을 파악한다. 또한, 조사지구의 특징을 정리하고, 그 개관을 알 수 있는 사진을 수시로 촬영한다.

한편, 전체 조사계획에서 설정된 각 조사지구의 확인은 다음과 같은 관점에서 실시하도록 한다.

- ① 지형이나 토지이용 상황 등의 변화나 공사 등의 영향에 의한 조사지구의 변경 필요성
- ② 조사지구로 접근할 때의 안전성
- ③ 현지조사 시의 안전성

3.2. 조사지구의 설정

조사지구는 기본적으로 전체 조사계획에 따라 설정한다. 다만, 사전조사 및 현지조사 결과를 참고로 하여 전체 조사계획 책정 시에 있어서 조사지구 등의 설정근거와 현저하게 상황이 변화하거나 전체 조사계획 책정 이후에 건설된

사방댐 등에 대해서는 필요에 따라 조사구간을 재설정해도 된다.

한편, 조사구간의 배치사례는 그림 2와 같다.

3.3. 조사방법의 선정

각 조사지구에서 조사대상 환경구분별 육상곤충류 등의 서식상황을 효율적으로 파악할 수 있도록 조사방법을 선정한다. 즉, 육상곤충류 등의 조사는 기본적으로 임의채집, 등화(light trap)채집, 먹이트랩채집 등에 의해 실시하지만, 지역의 특성, 조사지구 및 조사대상 환경구분의 특성, 육상곤충류 등의 특성 등에 따라 적절한 조사방법을 선정한다.

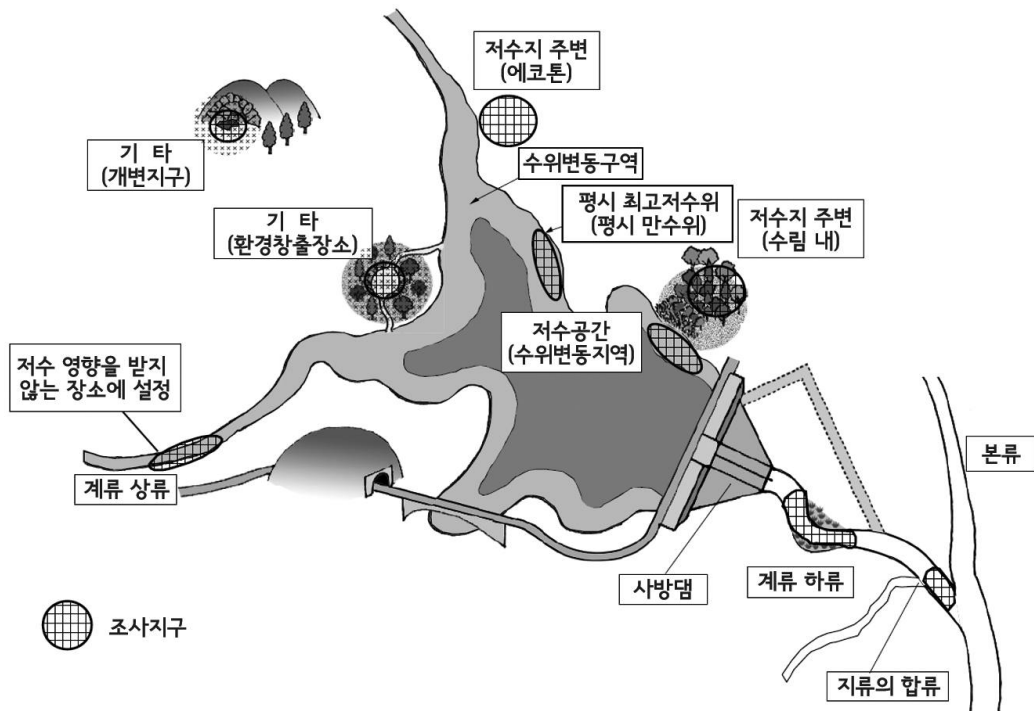


그림 2. 조사지구의 배치사례(육상곤충류 등)

3.4. 조사시기 및 횟수의 설정

조사시기 및 횟수는 기본적으로 전체 조사계획에 따라 설정하고, 봄, 여름, 가을을 포함하여 3회 이상 실시한다. 그리고 육상곤충류에 대해서는 성충이 우화하는 시기가 조사에 적합하지만, 같은 종류일지라도 지방에 따라 우화시기가 다소 다르기 때문에 지역별 환경특성을 배려하여 설정한다.

한편, 사전조사 및 현지답사 결과, 조사실시 해당 연도의 기상조건 등을 감안하여 적절한 시기를 수정하여 설정해도 된다. 그리고 조사시기를 재설정할 경우에는 조사시기의 설정 근거에 대해 정리해 둔다.

3.5. 채집에 관한 법령 등의 준수

천연기념물을 채취할 경우나 채집할 가능성이 있는 경우에는 천연기념물의 현상변경에 대해 「문화재보호법(법률 제 17711호)」에 근거하여 국가기관은 문화재청 청장의 동의를, 광역자치단체는 문화재청 청장의 허가를 받을 필요가 있다. 그리고 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(법률 제 16609호)」에서 지정한 국내 희귀야생동식물 종을 채집할 경우나 채집할 가능성이 있는 경우, 사전에 환경부장관과 협의할 필요가 있다.

한편, 이러한 허가를 얻는 데에는 시간이 걸리므로, 조사시기에 맞춰 신속하게 준비하도록 한다. 그리고 채집에 관련된 허가증은 조사 시에 휴대하도록 하고, 각 조사자도 허가증(필요에 따라 허가증의 사본)을 휴대한다. 또한, 특정

외래생물에 대한 생체의 사양, 운반 등이 규제되고 있으므로, 채집 후에는 법률의 취지에 따라 적절하게 취급하도록 유의한다.

3.6. 현지조사계획서의 작성

「전체 조사계획서」 및 전술한 3.1의 현지답사로부터 3.5의 채집에 관한 법령 등의 준수를 참고로 하여 현지조사가 원만하게 실시될 수 있도록 현지조사계획서를 작성한다. 그리고 현지조사를 실시할 때의 상황에 따라 수시변경·충실을 기하도록 한다.

4. 현지조사

현지조사는 채집에 의한 확인을 기본으로 하여 각 조사지구에 있어서의 육상곤충류 등의 서식상황을 파악하도록 한다.

그리고 현지조사를 실시할 때에는 특히 사고방지에 노력해야 하고, 습지나 용출수지 등과 같이 귀중한 환경을 조사할 경우에는 가능하면 영향을 미치지 않도록 충분히 배려해야 한다.

4.1. 조사방법

현지조사는 기본적으로 임의채집, 등화채집 및 먹이트랩채집에 의해 조사지구의 다양한 장소에서 채집하여 확인하고, 필요에 따라서는 기타 조사방법을 사용하여 가능한 한 많은 종을 채집, 확인할 수 있도록 한다.

그리고 해당 조사지구에 있어서 실시되었던

기존 조사에서 확인된 경우에는 해당 육상곤충류 등의 서식 가능성을 염두에 두고 조사하도록 한다.

4.1.1. 임의채집

1) 채집방법의 특성

임의채집은 발견된 곤충이나 거미류를 포충망을 사용하거나 손으로 직접 채집하는 방법이다. 이 방법은 다양한 환경에서 다양한 종류를 대상으로 사용할 수 있기 때문에 곤충류의 조사에는 반드시 필요한 조사이며, 충분한 시간을 들여 실시한다.

2) 채집방법

① 관찰채집

관찰채집은 곤충을 육안으로 발견하여 포획하는 방법으로, 관찰된 곤충이나 거미류를 포충망을 사용하거나 손으로 직접 채집하며, 다양한 종류의 곤충을 대상으로 사용할 수 있다. 즉, 잠자리류·대형 나비류·메뚜기류 등과 같이 비행하는 힘이 강력한 곤충은 추적 혹은 잠복하여 채집하고, 실잠자리류는 수변지역에 분포하고 있는 풀을 흔들면서 채집한다.

그리고 수액, 썩은 나무, 동물의 사체 및 배설물 등에는 곤충이 집중적으로 서식하기 때문에 반드시 채집하고, 수변지역이나 낙엽이 쌓여 있는 장소 등에 모여드는 많은 종류를 채집한다. 또한, 물웅덩이 등과 같은 지수(止水)지역에서

는 채집망을 사용하여 물장군류, 물방개류 등의 수서곤충류를 채집한다.

② 쓸어잡기채집

쓸어잡기(sweeping)채집은 주로 수림지대, 관목림 및 초원에서 사용되는 방법으로, 포충망을 수평방향으로 강하게 훑으면서 풀이나 나무의 가지 앞부분을, 꽃이 피었을 때에는 꽃을 스치듯이 건져내어 나무나 풀, 꽃 위에 정지해 있는 곤충을 포집한다(그림 3). 이 방법은 주로 소형인 파리류, 벌류, 모기류, 딱정벌레류, 방귀벌레류, 멸구류 등의 곤충을 채집하는 데에 사용한다.

한편, 같은 장소에서 연속하여 포충망을 훑지 말고, 식생 등에 따라 목적으로 하는 환경을 정한 후, 그 속을 이동하면서 채집한다. 그리고 포충망에 채집된 곤충류 중에서 날개가 부드러운 것은 삼각형의 종으로 잘 포장하여 대형인 것은 독병(毒瓶) 등으로 살충하고, 소형인 것은 흡충(吸蟲)용 관으로 흡입하여 살충관 등에 옮겨 보관한다. 또한, 식물의 잎이나 줄기 등은 수거한



그림 3. 쓸어잡기채집

후, 에테르 또는 클로로포름을 적신 거즈를 넣은 포충망을 비닐주머니에 넣고 밀봉한다.

③ 털어잡기채집

털어잡기(beating)채집은 나뭇가지, 풀 등을 막대기로 두들겨 아래쪽으로 떨어지는 곤충을 망(우산도 좋음)으로 채집하는 방법으로, 나뭇가지와 풀 등에 붙어있는 곤충을 일일이 채집하지 않아도 흰색 망 위에 떨어지는 곤충을 효율적으로 수집할 수 있다(그림 4).

그리고 망 속에 낙하된 곤충은 살충관 등에 넣어 보전하며, 가능하면 대상으로 하는 수종을 변경하면서 같은 작업을 반복한다.



그림 4. 털어잡기채집

④ 돌들춰잡기채집

돌들춰잡기채집은 계류 및 그 주변의 돌을 들춰 그곳에 서식하고 있는 곤충을 채집하는 방법

으로, 특히 계곡 주변 들판에 서식하고 있는 방아벌레류, 집게벌레류 등을 채집하는 데에 유효하다(그림 5).



그림 5. 돌들춰잡기채집

3) 작업량 등의 표준

다양한 육상곤충류 등을 확인할 수 있도록 필요에 따라 채집방법을 구분하여 사용한다. 그리고 조사대상 환경구분의 규모나 숫자에 따라 다르지만, 한 개의 조사지구 당 2명×2~3시간 정도를 표준으로 하고, 조사구간의 상황과 필요에 따라 증감하도록 한다.

4.1.2. 등화채집

1) 채집방법의 특성

등화(light trap)채집은 야간에 불빛으로 모여드는 곤충류의 습성을 이용하여 채집하는 방법으로, 가능한 한 조사지구가 설정된 환경에 의존성이 높은 종류가 채집될 수 있는 박스법을 채택하고, 조사지구의 환경에 소원한 종이 채집되지 않기 위해 기본적으로 커튼법은 사용하지

않도록 한다.

그리고 트랩을 설치할 때에는 조사지구 내의 육상곤충류 등의 서식상황을 정확하게 파악할 수 있도록 설치하는 장소·범위·개체수 등을 충분히 배려한다. 또한, 현지의 다양한 상황과 전문가의 조언을 참고로 채집방법을 선택하고, 채집할 때에는 음력 보름밤, 바람이 강한 날, 비오는 날은 피하도록 하며, 가능하면 부근에 조명이 없는 장소에서 조사하는 것이 바람직하다. 특히 등화채집은 광범위한 곤충류를 채집할 수 있지만, 조사구역 내의 곤충상을 정확하게 파악할 수 있도록 광원의 강도, 설치방향 등을 충분히 배려해야 한다.

2) 채집방법

① 박스법

주광색 형광등과 자외선 등이 설치된 아래쪽에 대형 로트부 및 곤충 수납용 박스로 구성된 포충기를 설치하고, 광원을 향해 모여드는 곤충이 대형 로트로 떨어지는 것을 포충기에 수납하여 채집한다(그림 6). 또한, 트랩은 임지에서는 임상이 조망되는 장소에 설치하도록 하고, 초지에서는 가능하면 공개지에 설치하도록 한다.

그리고 박스 속에는 스테인리스 용기 등에 넣은 살충제 등을 100mL(다음날 아침까지 남을 정도의 분량) 정도를 탈지면이나 형짚에 적신 후 넣어두며, 포충기는 저녁에 설치하고 다음날 아침에 회수한다. 이때 살충제 등에는 극약이 많으므로 취급 시에 충분히 주의해야 한다.

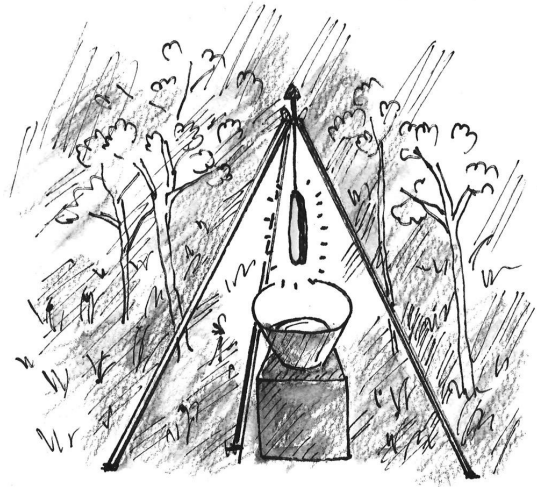


그림 6. 등화채집(박스법)

한편, 기본적으로 동일 조사구역 내에서는 가능하면 같은 날 트랩을 설치한다. 이를 위해서는 야간에 광원을 붙인 상태에 트랩을 설치하고, 다음날 회수해도 된다. 다만, 대규모 사방댐 등과 같이 환경조건이 다양한 조사구역 내에서의 조사날짜가 다른 경우, 반드시 같은 기상조건에서 조사가 이루어지도록 배려한다.

② 커튼법

커튼법은 1m×2m 혹은 1.5m×1.5m 정도의 흰색 스크린(커튼)을 조망이 좋은 장소에 설치하고, 그 앞에 주광색 형광등과 자외선 등(블랙 라이트) 등을 매달아둔다(그림 7). 그리고 일몰 직후로부터 3시간 정도에 스크린을 향해 모여드는 곤충을 흡충용 관, 살충 캔, 포충 네트를 이용하여 채집한다.

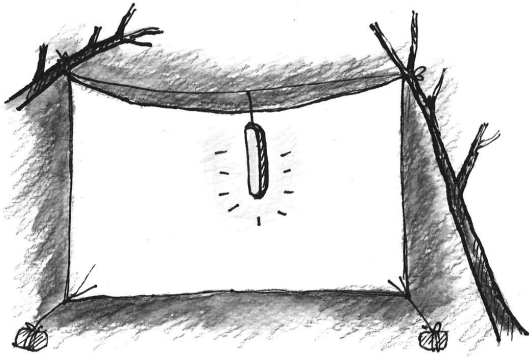


그림 7. 등화채집(커튼법)

3) 작업량 등의 표준

4~6W 정도인 광원(FL 4 BLB, FL 6 BLB), 박스의 직경이 45cm 정도를 표준으로 하고, 트랩은 한 조사지구에 1개소는 설치하도록 한다.

4.1.3. 먹이트랩채집

1) 채집방법의 특징

먹이트랩채집에는 다양한 방법이 있지만, 비트 폴 트랩(beat fall trap)에 먹이를 넣어둔 후, 지상을 기어 다니는 곤충류를 채집하는 방법이 주로 사용되었다. 그러나 곤충을 유인하기 위해 먹이를 사용하면, 먹이의 종류에 따라 채집되는 곤충이 다르기 때문에 먹이를 넣어두는 방법은 사용하지 않고 있다.

즉, 이전에는 썩은 고기(생선, 소고기)와 발효 음료수(맥주, 소주 혹은 이것에 흑설탕이나 유산음료 등을 섞은 것 등)를 사용하였지만, 최근에는 에틸렌글리콜(용기의 1/3), 빙초산을 주로 사용하고 있다(그림 8).



그림 8. 먹이트랩채집

2) 채집방법

지면과 트랩의 입구가 일치하도록 피켈 등을 사용하여 215mL의 종이컵·캔·병 등을 높이 9cm가 되게 매설하고, 하루 밤 정도 경과한 후에 트랩에 포집된 곤충을 회수한다. 이때 먹이트랩은 가능하면 다양한 환경을 고려하여 설치 지점을 선정한다.

3) 작업량 등의 표준

조사구간 내에 나타나는 조사대상 환경구분(주로 식물군락) 중에서 우점하는 3구분에 대해 조사를 실시하도록 한다(예를 들면, 계류의 하류부분에서는 나지, 초지 및 관목림으로 구분하여 설치함). 또한, 1개의 조사구간에 있어서 트랩의 숫자는 1개의 조사대상 환경구분 당 10개씩, 합계 30개를 표준으로 한다.

한편, 사방댐 주변의 계안림은 조사구간과 조사대상 환경구분이 거의 동일하기 때문에 수고, 임내의 밝기, 경사도, 사면의 방위 등을 고려하여 주된 환경을 세 가지로 구별한 후, 각각의 환경에 10개씩 합계 30개의 트랩을 설치한다. 그

리고 면적이 작을지라도 특징적인 환경이 나타난 경우에는 조사대상 환경구분을 늘려도 상관 없지만, 트랩의 개수는 1개의 조사지구 당 30개로 한다.

4.1.4. 목적

잠자리류·나비류·벌류·매미류·메뚜기류·귀뚜라미류 등과 같이 눈에 잘 띄는 대형 곤충이나 울음소리를 내는 곤충은 직접 채집할 수 없어도 목격 혹은 울음소리에 의해 종을 식별할 수 있는 경우가 있다. 특히 포충망으로 채집할 수 없는 높은 곳을 날아다니는 나비류나 교목의 줄기에 붙어있는 매미류는 쌍안경 등을 이용하여 확인하면 된다. 그리고 목격에 의해 확인된 종에 대해서는 참고자료로 기록한다.

4.1.5. 기타 채집방법

전술한 등화채집(박스법), 먹이트랩채집 이외에도 등화채집(커튼법), 장애물을 만나면 위로 올라가는 곤충을 대상으로 한 말레이스트랩채집, 막걸리에 흑설탕을 넣어 끓인 뒤 나무에 바르고 나무진에 모이는 곤충들을 유인하여 채집하는 당밀채집, 노란색 그릇에 물을 담아 색깔에 유인된 곤충을 수집하는 황색수반채집 등이 있다.

4.2. 현지조사의 기록

4.2.1. 현지조사의 상황

현지조사의 상황은 조사대상 환경구분(주로 식물군락)을 매 조사마다 기록한다. 즉, 조사대

표 1. 조사대상 환경구분

구분		내용
개방수역	유수지역	침수식물군락, 부엽식물군락, 추수(抽水)식물군락을 제외한 계류의 유수지역
	물웅덩이	침수식물군락, 부엽식물군락, 추수(抽水)식물군락을 제외한 평상시에도 본류와 연속된 지수(止水)지역이나 계상퇴적지라고 판단되는 폐쇄적인 수역 등과 같이 계류구역 내에서 볼 수 있는 통상의 계류수와 분리된 영역
나지		식생으로 피복되지 않은 모래·자갈·진흙의 땅(조성 중인 나지도 포함됨)
초지	키가 작은 초지	풀의 길이가 1m 미만인 초지
	키가 큰 초지	풀의 길이가 1m 이상인 초지
관목림		약 4m 미만의 목본이 우점하는 영역(조림 침엽수 포함)
활엽수림		약 4m 이상의 활엽수림이 우점하는 영역(죽림은 제외)
침엽수림		약 4m 이상의 침엽수림이 우점하는 영역(조림 침엽수 포함)
죽림		대나무가 우점하는 영역
인공구조물		사방댐, 기슭막이, 임도, 교량 등의 건축·건설물로, 사력층이 그다지 없는 지역
기타		전술한 이외의 구분

상 환경구분은 표 1을 참조하여 조사구간 내에 있어서의 대략적인 면적비율(10% 단위)을 기록하며, 10% 미만의 소규모 구분은 “+”로 기입한다.

4.2.2. 조사 시의 상황

각 조사구간에 있어서 현지조사 시의 상황을 매 조사마다 정리한다.

- ① 조사횟수 : 조사를 실시한 연도에 있어서 몇 번째의 조사인가를 기록한다.
- ② 계절 : 조사를 실시한 계절을 기록한다.
- ③ 날씨 : 임의채집법에 의한 현지조사 개시 시의 날씨를 기록한다.
- ④ 기온 : 임의채집법에 의한 현지조사 개시 시의 기온을 기록한다.
- ⑤ 바람의 상황 : 임의채집법에 의한 현지조사 개시 시의 바람의 상황을 없음·약함·중간·강함으로부터 선택한다.
- ⑥ 조사개시 일시·조사종료 일시 : 실시한 조사방법(임의채집, 먹이트랩채집, 등화채집)별로 조사개시 일시, 조사종료 일시를 기록한다. 그리고 비고란에 조사의 작업량(조사원의 숫자, 시간, 트랩의 규격, 설치 개소수 등)에 대해 기록한다.
- ⑦ 특기사항 : 현지조사 시에 육상곤충류의 서식과 관련이 있다고 생각되는 상황에 대해 특기사항에 기록한다(예 : 하예작업, 자갈채취, 사방공사 등).
- ⑧ 조사담당자 : 현지조사를 실시한 조사담당자의 성명 및 소속을 기록한다.

⑨ 조사지구·조사장소의 위치도 : 조사지구 및 조사장소를 평면도(계류복원사업지의 도면을 사용하는 것이 바람직함)에 다음과 같이 기록한다.

- 현지조사를 실시한 조사지구의 범위를 실선으로 표시한다.
- 스케일, 방위 및 유수의 방향(→)을 기록한다.
- 조사지구의 개황에 대해 촬영을 실시한 위치와 방위를 ●→로 기록한다.
- 임의채집법 및 목격을 실시한 조사장소(답사경로)는 —, 등화채집을 실시한 조사장소는 ●, 먹이트랩채집을 실시한 조사장소는 ■로 표시한다.

4.3. 사진촬영

4.3.1. 사진촬영

현지조사를 실시할 때에는 다음과 같은 사진을 촬영한다.

1) 조사지구의 상황

조사지구 및 그 주변의 개관을 설명할 수 있는 사진을 매 조사마다 촬영한다. 그리고 조사지구의 상황 사진에 대해서는 계절적인 변화 등을 알 수 있도록 가능하면 같은 위치, 각도, 높이에서 촬영하는 것이 바람직하다.

2) 조사실시 상황

임의채집법, 등화채집, 먹이트랩채집 등에 대

한 조사 시의 상황을 설명하는 사진을 실시한 채집방법의 종류별로 촬영한다. 그리고 각 조사 방법의 상황을 설명하는 사진은 조사별로, 조사 방법별로 각 1장 있으면 좋다.

3) 생물종

- ① 중요 종 : 가능하면 동정의 근거가 명확히 나타날 수 있도록 사진을 촬영한다.
- ② 환경을 대표하는 주요 종에 대해 특징을 판단할 수 있는 사진을 필요에 따라 촬영하지만, 조사에서 파악된 모든 육상곤충류 등의 사진을 촬영할 필요는 없다.

4.3.2. 사진의 정리

사진정리의 대상이 되는 사진에 대해 정리한다.

- ① 사진구분 : 촬영한 사진에 대해 「P : 조사 지구 등」, 「C : 조사실시 상황」, 「S : 생물 종」, 「O : 기타」로 구분하고, 그 번호를 기록한다.
- ② 사진표제 : 사진표제를 기록한다(예 : 조사 지구의 상황, ○○잠자리).
- ③ 설명 : 촬영상황, 생물 종에 대한 보충정보 등을 기록한다(예 : ○○다리로부터 하류 방향, 암컷·수컷 등).
- ④ 촬영 연월일 : 사진을 촬영한 연월일을 기록한다.
- ⑤ 지구번호 : 사진을 촬영한 지구번호를 기록한다.
- ⑥ 지구명 : 사진을 촬영한 지구명을 기록한다.
- ⑦ 파일명 : 사진의 파일명을 기록한다. 즉,

파일명의 앞부분에는 사진구분의 알파벳의 첫 번째 문자를 부기하고, 촬영대상을 알 수 있도록 이름을 붙이도록 한다.

4.4. 육상곤충류 입장에서 본 중요한 위치정보의 기록

조사구역 및 그 주변에 있어서 육상곤충류 등의 입장에서 중요한 위치정보(습지, 용출수지 등)가 현지답사 및 현지조사를 실시할 때에 확인될 경우, 그 내용 및 확인된 위치를 기록한다.

그러나 어디까지나 보충적인 기록으로 하고, 별도 조사를 실시할 필요는 없다.

- ① 확인 일자 : 확인된 연월일을 기록한다.
- ② 중요한 위치정보의 내용 : 확인된 중요한 위치정보에 대해 대략적인 위치(지명, 계류명, 좌·우안 등)나 그 내용에 대해 기록한다.
- ③ 확인 위치도 : 중요한 위치정보를 지형도, 식생도 또는 계류복원사업 설계도면 등에 기록한다.

4.5. 기타 생물의 기록

현지조사 시에 새우·게·조개류를 포획한 경우나 양서류의 산란장소, 파충류·포유류의 사체(로드 킬 등) 및 대형 포유류와 박쥐류의 목격, 각종 수중식물의 관찰 등이 이루어진 경우, 그 중요 종과 특정 외래생물 혹은 기타 특별히 기록해야 할 종이면서도 현지에서 동정이 가능하면 「기타 생물」로 기록한다.

그러나 동정의 오류를 피하기 위해 무리한 동

정은 실시하지 말고, 포획·습득한 생물에 대해서는 사진을 촬영하고, 가능하면 표본을 작성한다. 그리고 목격한 생물에 대해서는 사진촬영이 가능하면 바람직하지만, 무리한 경우에는 그 생물의 특징(색, 형태, 크기, 행동 등)을 대신 기록한다.

한편, 기타 생물의 기록은 어디까지나 보충적인 사항이기 때문에 본래의 육상곤충류 등의 조사에 지장을 초래하지 않는 범위에서 실시한다.

- ① 생물항목 : 확인된 생물에 대해 사방조사에서의 조사항목 명칭을 기록한다.
- ② 목명·과명·종명 : 확인된 생물에 대한 목명과 과명, 종명을 기록한다.
- ③ 사진, 표본 : 사진을 촬영하거나 표본을 제작한 경우에는 기록한다.
- ④ 지구번호 : 확인된 지구번호를 기록한다. 그리고 조사지구 외에서 확인된 경우에는 지명 등을 기록한다.
- ⑤ 확인 연월일 : 확인된 연월일을 기록한다.
- ⑥ 확인상황 : 확인방법(목적, 사체 및 알 덩어리 등), 주변의 환경, 개체수 등을 기록한다.
- ⑦ 동정 책임자(소속) : 동정 책임자의 이름 및 소속을 기록한다.

5. 실내분석

5.1. 동정

5.1.1. 동정을 실시할 때의 유의사항

동정을 실시할 때에는 각종 참고문헌 등을 활용하여 과(科)에 속한 종(種)을 가능하면 상세하게 동정한다. 그리고 현지조사 시에 채집한 육상곤충류 등에 대해서는 다음과 같은 사항에 유의하여 가능하면 종 또는 아종(亞種) 수준까지 동정한다.

- ① 채집한 육상곤충류 등에 대해서는 성충을 대상으로 하여 동정한다. 그리고 유충, 알 등에 대해서도 판명된 것에 대해서는 기입한다.
- ② 동정을 실시할 때에는 각종 참고문헌에 제시된 과에 속하는 종 또는 아종만을 동정한다. 다만, 동정이 불가능하거나 어려운 집단에 대해서는 무리하게 종까지 동정하지 않아도 된다.
- ③ 별종인 것으로 판별된 경우에도 종까지 동정할 수 없는 경우에는 sp.1, sp.2와 같이 기호를 붙여 구별하지 말고, sp.로 정리한다.
- ④ 처음으로 확인된 종과 분포 면에서 귀중한 기록이 될 것으로 판단되는 종에 대해서는 동정에 특히 주의한다.

5.1.2. 동정 결과의 정리

각 조사지구에 있어서 확인된 육상곤충류 등에 대해서는 조사시기별로 정리한다.

- ① 조사 연월일 : 현지조사를 실시한 연월일을 기록한다.
- ② 지구번호, 지구명 : 조사지구의 번호 및 명칭을 기록한다.
- ③ 지구명 : 근처의 교량·사방댐 등을 기본으로 하여 조사지구의 특징을 나타내는 명칭을 기록한다.

그리고 각 조사지구에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 다음의 항목을 기록한다.

- ④ No. : 종명에 대한 정리번호를 붙인다.
- ⑤ 목명(目名)·과명(科名)·종명(種名) : 확인된 생물에 대한 목명과 과명, 종명을 기입한다. 한글 명칭이 없는 중에 대해서는 학명을 기록한다.
- ⑥ 개체수 : 개체수를 기록한다.
- ⑦ 채집방법 : 확인된 육상곤충류 등의 채집방법을 임의채집, 등화채집, 먹이트랩채집 및 목적과 같은 채집방법별로 구분한 후, 각각의 개체수를 기록한다.
- ⑧ 비고 : 동정을 실시할 때의 문제점(파손 등) 등, 특기해야 할 사항을 기록한다.
- ⑨ 동정 담당자 : 동정을 실시한 담당자의 이름 및 소속을 기록한다.

5.1.3. 동정문헌의 정리

동정할 때에 사용한 문헌에 대해 다음과 같은 항목을 기록한다.

- ① 문헌 No. : 발행연도 순으로 정리한다.
- ② 분류군·종명 : 동정의 대상이 되는 분류군 또는 종명을 기록한다.
- ③ 해당하는 분류군·종명별로 문헌명칭, 저자명, 발행연도 및 발행처를 기록한다.

5.2. 표본의 제작과 보관

5.2.1. 표본의 제작

현지조사에 의해 파악된 육상곤충류 등은 목격만으로 확인한 종을 제외하고, 모든 확인 종(종 수준까지 동정이 불가능한 것을 포함)에 대해 1종 1개체 이상의 표본을 제작하지만, 암컷과 수컷 모두 또는 다수의 개체를 표본으로 제작할 필요는 없다. 그리고 표본을 제작할 때에는 나중에 재동정할 필요가 생기거나 표본을 기증할 경우에는 대상으로 하는 종을 쉽게 꺼낼 수 있도록 각 분류군(목, 과 등)별로 구분하는 등의 필요성에 맞추는 것이 바람직하다.

한편, 표본을 제작할 때에는 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 표본은 속, 과 및 목 등의 분류군별로 일괄적으로 제작해도 된다. 다만, 조사지구, 조사시기 및 조사방법이 다른 표본에 대해서는 별도로 구분하도록 한다(표본의 작성단위 사례 : 2020.5.18. ○○△1 임의채집 □□목).
- ② 중요 종 및 특별히 기록해야 할 종에 대해서는 개별로 삼각봉투나 사각봉투에 넣어 반드시 종별로 표본을 제작한다.
- ③ 표본제작의 표준은 다음과 같다.

- 진조표본 : 잠자리목, 딱정벌레목, 방귀벌레목 등과 같이 몸통이 단단하거나 나비목과 같이 비늘 모양의 부스러기가 있는 것
- 액침(液浸)표본 : 땅강아지목, 하루살이목, 미소한 파리목 및 곤충 전반의 유충, 번데기 등과 같이 몸통이 부드러운 것

5.2.2. 표본정보의 기록

제작한 표본에 대해 다음과 같은 사항을 기록한다.

- ① 표본 No. : 표본의 라벨에 기재한 표본 No.를 기록한다.
- ② 분류군·종명 : 분류군과 종명을 함께 기록한다. 그리고 한글명이 분명하지 않을 때에는 과명과 목명 등을 기록한다. 다만, 속, 과 및 목 등의 분류군에 따라 일괄적으로 분류한 것에 대해서는 속명, 과명 및 목명 등은 상관이 없다.
- ③ 지구번호 : 조사지구의 번호를 기록한다.
- ④ 지구명 : 조사지구의 명칭을 기록한다.
- ⑤ 채집지의 지명 : 광역자치단체와 기초자치단체의 명칭, 상세 지명 등을 기록한다.
- ⑥ 위도·경도 : 채집한 조사지구에 대한 중심부근의 위도·경도를 기록한다.
- ⑦ 개체수 : 개체수를 기록한다.
- ⑧ 자용 : 중요 종의 표본에 의해 자용을 판별할 수 있는 경우에는 그 내역을 기록하고, 기타 분류군 단위로 정리된 것은 자용을 기록하지 않아도 된다.
- ⑨ 채집자 : 표본 채집자의 이름과 소속을 기

록한다.

- ⑩ 채집 연월일 : 표본이 채집된 연월일을 기록한다.
- ⑪ 동정자 : 표본 동정자의 이름과 소속을 기록한다.
- ⑫ 동정 연월일 : 표본이 동정된 연월일을 기록한다.
- ⑬ 표본의 형식 : 표본을 제작한 형식을 기록한다(예 : 액침표본).
- ⑭ 비고 : 특기사항이 있는 경우에는 기록한다(예 : 표본의 상태(파손 등), 박물관 등록번호 등).

5.2.3. 표본의 보관

표본의 보관기간은 선별에 의한 확인 종의 목록이 확정되기까지(조사실시 연도의 이듬해 말까지)로 한다.

그리고 표본은 방충제나 보존액의 보충 및 교체 등의 관리를 실시하여 확실하게 보관하고, 보관하는 장소는 표본의 백화와 변질을 방지하기 위해 시원하고도 어두운 장소가 바람직하다. 또한, 보관기간이 만료된 후에는 박물관 등과 같은 연구기관의 표본 보관시설을 물색하여 가능한 한 유효하게 활용되도록 하고, 해당 시설이 없는 경우에는 별도 기관을 섭외하도록 한다. 특히, 기증받을 곳이 없는 표본에 대해서는 폐기해도 되지만, 포르말린과 에탄올 등은 「독물 및 극물에 관한 법률(법률 제3332호)」 등의 다양한 법률에 규제항목으로 지정되어 있기 때문에 분해·중화처리하거나 전문 업체에 의한 적

정한 처리를 통해 적절하게 폐기한다.

한편, 보관기간이 만료되기 이전(조사 실시 해당 연도)에 기증받을 각 기관에 표본을 양도해 도 되지만, 재동정이 필요한 경우에 대상이 되는 표본을 양호한 상태에서 신속하게 제출받을 수 있도록 충분히 사전조정을 실시하도록 한다.

5.3. 조사개요의 정리

현지조사를 실시한 조사지구, 조사시기, 조사 방법 및 조사결과의 개요 등에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다.

5.3.1. 조사 실시 상황의 정리

현지조사를 실시한 조사지구, 조사시기 및 조사방법에 대해 다음의 항목을 정리한다.

- ① 조사지구 : 계류복원사업지의 공간구분, 지구번호, 지구명, 지구의 특징, 조사지구의 선정근거를 기록한다. 그리고 이전 조사지구와의 대응, 전체 조사계획과의 대응 및 해당 조사지구에서 실시한 조사방법에 대해서도 기록한다.
- ② 조사시기 : 조사횟수, 계절, 조사 연월일, 조사시기 선정근거, 조사를 실시한 지구 및 해당 조사시기에 실시한 조사방법을 기록한다.
- ③ 조사방법 : 조사방법, 구조·규격·숫자 등, 해당 조사방법을 실시한 조사지구 및 조사 횟수를 기록한다.

5.3.2. 조사지구 위치의 정리

해당 조사지역의 위치를 파악할 수 있도록 지형도나 관내도 등에 계류복원사업지의 공간구분 및 조사지구의 위치를 기록한다. 그리고 축척과 방위를 반드시 기입하도록 한다.

5.3.3. 조사결과의 개요 정리

현지조사 결과의 개요에 대해 문장으로 알기 쉽게 정리한다.

- ① 현지조사 결과의 개요 : 현지조사 결과의 개요를 정리한다(예 : 현지조사에서 확인된 종수, 육상곤충류상의 특징 등).
- ② 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 확인상황 등을 정리한다. 그리고 중요 종의 확인 위치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 중요 종의 보전 면에서 취급에 주의해야 하기 때문에 「현지조사 결과의 개요」와는 구별하여 정리한다.

6. 조사결과의 정리·고찰

6.1. 조사결과의 정리

6.1.1. 중요 종에 대한 경년 확인상황의 정리
기존 및 해당 조사에서 확인된 중요 종에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다. 그리고 현지

조사에서 확인되지 않은 경우에는 현지조사의 란에 ×로 기입하고, 현장상황 등으로부터 판단된 서식 가능성에 대한 조언이나 전문가의 의견 등을 기입한다.

한편, 종명이 변경된 경우에는 변경내용을 별도로 정리한다.

- ① 종명, 지정구분 : 중요 종의 종명과 국가지정 천연기념물 등과 같은 중요 종에 대한 지정구분을 기록한다.
- ② 조사실시 연도 : 중요 종을 확인한 계류 수변의 조사실시 연도를 기록한다.
- ③ 조사자 : 조사를 실시한 사람의 이름 및 소속기관을 기록한다.
- ④ 확인상황 : 확인 시의 상황(주변 환경, 확인시기, 개체수 등)을 기록한다.

6.1.2. 확인상황의 정리

해당 계류 수변조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 조사시기, 조사지구별로 분류체계 순서에 따라 확인상황을 정리한다.

6.1.3. 경년 확인상황의 정리

기존 및 해당 계류 수변조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 조사를 실시한 연도별로 정리한다. 그리고 종명이 변경되었을 때에는 변경내용을 별도로 정리한다.

6.1.4. 종명 변경내용의 정리

문헌조사, 청취조사 및 기존의 계류 수변조사

에서 확인된 육상곤충류 중에서 종명을 변경한 것에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다.

- ① 원래의 종명 : 기존의 계류 수변조사에서 확인된 종명을 기록한다.
- ② 변경종명 : 중요 종의 종명을 기록한다.
- ③ 조사실시 연도 : 확인된 계류 수변조사의 실시 연도를 기록한다.
- ④ 비고 : 종명을 변경할 때에 특별히 기재해야 할 내용이 있으면 기록한다.

6.1.5. 확인 종의 목록 정리

해당 현지조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 다음과 같은 내용을 정리한다.

- ① 표본 No. : 정리번호를 기록한다.
- ② 목명, 과명, 종명 : 해당 현지조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 기록한다.
- ③ 중요 종 : 확인된 육상곤충류 등이 중요 종인 경우에는 그 지정구분을 기록한다.
- ④ 외래종 : 확인된 육상곤충류 등이 외래종인 경우에는 기록한다.
- ⑤ 처음으로 확인된 종 : 육상곤충류 등이 조사구역에서 처음으로 확인된 경우에는 기록한다.
- ⑥ 생물 목록에 게재되지 않은 종 : 확인된 육상곤충류 등이 미게재 종인 경우에는 동정 근거문헌의 No.를 기록한다. 이때 동정 근거문헌의 No.는 별도로 정리한 동정 근거문헌 조사표의 No.를 기록한다.

6.1.6. 해당 조사 전반에 대한 전문가의 소견 정리
해당 조사에 대한 전문가 등의 소견을 정리한다.

⑤ 문헌조사 등에 원래의 종명을 변경하여 기
입할 때에는 「육상곤충류 등 종명 변경 조
서표」에 기입한다.

6.2. 양식집

6.2.1. 양식 기입 시의 유의사항

1) 종명의 기입

종명을 기입할 때에는 다음과 같은 사항에 유
의한다.

- ① 원칙적으로 종·아종으로 동정된 육상곤충
류 등을 대상으로 한다.
- ② 조사결과를 정리할 때에는 종명의 기입,
종명의 배열에 대해서는 「재해 위험성 및
사망 조사방법 정립에 관한 연구(사방협
회, 2017)」등을 참조한다.
- ③ 종명까지 동정할 수 없는 경우에는 속명을
기입하고, 속명도 불분명한 경우는 과명
등으로 기입한다.
- ④ 한글명이 없고 학명만 있을 때에는 한글명
란에 학명을 기입한다.

2) 종수를 집계할 때의 유의사항

종, 아종까지 동정되지 않은 육상곤충류에 대
해서도 동일 분류군에 속하는 종이 목록에 등재
되지 않은 경우에는 계수한다.

3) 종명에 정리번호를 부여하는 방법

각 정리 양식별로 종명에 정리번호를 부여하
고, 정리번호는 전술한 「2) 종수의 집계할 때의
유의사항」에 근거하여 집계대상으로 하는 종명
에 번호를 부여한다. 이때 중복으로 중복되지 않
도록 주의하여 각 정리 양식에 종수가 알 수 있
도록 한다.

6.2.2. 사전조사 양식의 작성

사전조사 양식은 「사전조사」에 의해 파악된
정보, 자료를 표 2와 같이 정리한다.

표 2. 사전조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
육상곤충류 등, 기존 문헌 일람표	사전조사에서 정리된 계류복원사업지 및 그 주변에 있어서의 육상곤충류 등에 관한 기존 문헌의 일람을 작성한다.
육상곤충류 등, 조언·청취 조사표	전문가의 조언 내용이나 「청취조사」에 의해 파악된 정보를 조사한 상대별로 정리 한다.

6.2.3. 현지조사 양식의 작성

결과를 표 3과 같이 정리한다.

현지조사 양식은 「현지조사」에 의해 파악된

표 3. 현지조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
육상곤충류 등, 현지조사표 1	각 조사지구 내의 상황 및 조사방법에 대해 조사시기별로 기록한다.
육상곤충류 등, 현지조사표 2	각 조사지구 내에 설정한 조사장소(조사경로 및 트랩 설치장소)를 평면도에 기입한다. 그리고 각 조사지구에 대해 조사시기별로 작성한다.
육상곤충류 등, 동정 결과 기록표	각 조사지구 내에서 확인된 육상곤충류 등의 동정 결과를 조사시기별로 정리한다.
육상곤충류 등, 동정 문헌 일람표	동정에 사용한 문헌을 일람하여 정리한다.
육상곤충류 등, 사진 일람표	촬영한 사진에 대해 해당 내용을 기입한 일람표를 작성한다.
육상곤충류 등, 사진표	「육상곤충류 등, 사진 정리표」에서 정리한 사진별로 사진표를 작성한다.
육상곤충류 등, 표본관리 일람표	제작된 표본에 대해 모두 기입한다.
육상곤충류 입장에서서의 중요 위치정보 기록표	육상곤충류 입장에서서의 중요 위치정보가 현지답사 및 현지조사 시에 확인된 경우, 기록한다.
육상곤충류 등, 조사실시 상황 일람표	해당 현지조사에 대한 실시 상황을 정리한다.
육상곤충류 등, 조사지구 위치도	해당 현지조사의 조사지구에 대한 위치를 정리한다.
육상곤충류 등, 현지조사 결과 개요	해당 현지조사 결과의 개요를 기술한다.
기타 생물에 대한 확인상황 일람표	새우·게·조개류를 포획하거나 양서류·파충류·포유류 등의 목격, 사체가 발견되었을 경우, 기타 생물 기록으로 정리한다.

6.2.4. 정리 양식의 작성

4와 같은 정리 양식을 작성한다.

사전조사, 현지조사 등의 결과에 근거하여 표

표 4. 정리 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
육상곤충류 등, 중요 종의 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사 및 해당 현지조사에 의해 확인된 중요 종의 상황에 대해 경년적으로 정리한다.
육상곤충류 등, 확인상황 일람표	각 조사지구에서 조사시기별로 확인된 육상곤충류 등에 대해 그 확인상황을 정리한다.
육상곤충류 등, 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사 및 해당 현지조사에 의해 확인된 육상곤충류 등을 경년적으로 정리한다.
육상곤충류 등, 증명 변경상황 일람표	기존의 계류 수변조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 증명의 기재를 변경한 경우, 그 내용을 정리한다.
육상곤충류 등, 확인 종 목록	현지조사에서 확인된 육상곤충류 등에 대해 확인 종의 목록을 작성한다.
해당 조사 전반에 대한 전문가 등의 소견	해당 조사 시에 제시된 전문가 등의 소견을 기입한다.

6.3. 고찰

조사 전체를 통해 파악된 결과가 육상곤충류 등의 양호한 서식환경의 보전을 염두에 둔 계류 복원사업에 활용되어야 한다. 이를 위해서는 먼저 해당 사업의 문제점을 추출하고, 자연환경에 미치는 영향을 분석·평가해야 한다.

그리고 경시적인 비교를 실시할 경우, 계절별로 비교할 것인지, 특정 계절(우화시기 등)에 착안하여 비교할 것인지, 연간 조사결과를 이용하여 비교할 것인지 등에 따라 그 결과가 다르기 때문에 적절한 방법을 선택한다.

한편, 육상곤충류 등과 대상지역과의 관련성

을 고찰할 때에는 전체 조사를 통해 파악된 성과에 대해 전문가의 조언을 받아 다음과 같은 내용을 정리·고찰하도록 한다.

- ① 현지조사에 의해 확인된 육상곤충류 등과 현지조사 지점에 대한 환경의 적당한 분류 및 유형분류를 실시한 후, 그 상관관계를 정리한다.
- ② 대상지역 및 그 주변과 육상곤충류 등의 서식관계를 고찰한다.
- ③ 대상지역과 그 주변의 환경보전·창출을 위한 참고사항을 정리한다.



계류복원사업을 위한 환경조사(6) - 양서류·파충류·포유류조사를 중심으로 -



서 정 일 / 전 군 우

공주대학교 산업과학대학 / 강원대학교 산림환경과학대학

양서류·파충류·포유류조사는 조사대상 구역에 있어서의 생식상황을 파악하여 보전방법에 필요한 기초자료를 얻은 목적으로 해당 수역 및 그 주변을 생활공간으로 하는 양서류·파충류·포유류를 대상으로 실시한다.

1. 조사의 구성

이 조사는 해당 수역 및 그 주변의 양서류·파충류·포유류의 서식상황을 파악하는 것으로, 다음의 그림 1에 따라 현지조사 등을 실시한 후, 분석·정리하는 것으로 구성한다.

2. 사전조사

현지조사를 실시하기 이전에 기존의 문헌을 정리하고, 청취조사를 실시하여 조사구역에 있

어서의 양서류·파충류·포유류에 대한 서식상황을 중심으로 한 각종 정보를 정리한다.

그리고 현지조사를 연초에 실시하는 경우, 사전조사를 현지조사 실시 전년도에 실시하면 현지조사를 원활하게 실시할 수 있다. 또한, 문헌수집 및 청취대상을 선정할 때에는 계류 주변의 전문가에게 조언을 받도록 한다.

한편, 지금까지 계류 주변에서 사방조사가 실시된 지역은 이전 조사 이후의 상황에 대해 특히 주의하여 정리, 파악하도록 한다.

2.1. 문헌조사

문헌조사에서는 기존에 실시된 계류 수변의 사방조사 결과 및 이전 조사 이후에 출판·발행된 문헌 등을 수집하여 양서류·파충류·포유류의 서식상황에 대한 정보를 중심으로 정리한다.

그리고 문헌을 수집할 때에는 조사구역에 한정하지 말고, 가능한 한 해당 계류 전체에 대한 문헌의 원본을 수집하도록 한다. 다만, 이전에

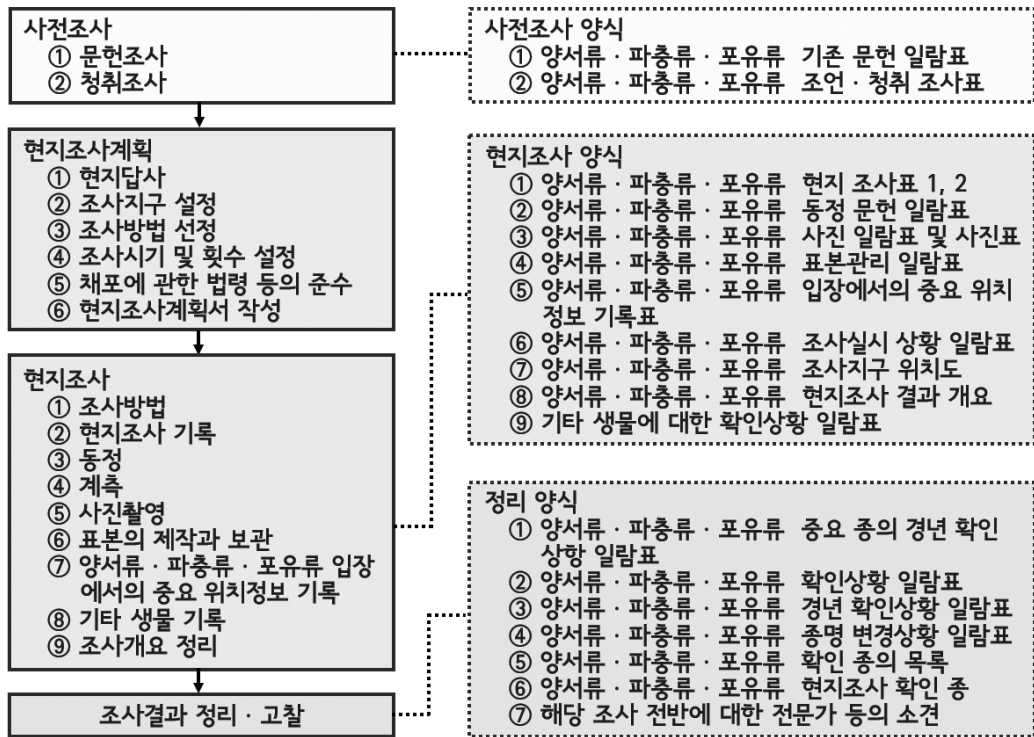


그림 1. 양서류·파충류·포유류조사의 순서

양서류·파충류·포유류를 조사한 경우에는 그 이후의 문헌만을 수집해도 된다. 또한, 인터넷 등의 문헌 서비스를 활용하여 수집·정리하도록 한다.

한편, 수집한 문헌 및 보고서 등에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다. 즉, 수집한 문헌의 명칭, 저자명, 발행연도, 발행처, 입수처(절판 등에 의해 서점 등에서 구입할 수 없는 경우)를 정리한다.

2.2. 청취조사

청취조사에서는 계류 주변의 전문가에게 청취를 실시하여 조사구역 내의 양서류·파충류·

포유류에 대한 서식상황, 중요 종·외래종의 서식상황, 확인하기 쉬운 시기 등의 정보를 중심으로 정리한다.

그리고 청취대상은 기존의 청취대상을 참고로 하여 조사구역 및 그 주변의 실태를 잘 알고 있는 기관이나 개인(박물관, 동물원, 대학, 연구기관, 전문가, 학교 교직원, 동우회, 각종 동아리 등)을 대상으로 하며, 지역의 환경단체 등의 조언을 받아 청취대상을 선정한다.

한편, 전문가 등으로부터 받은 조언이나 청취조사에서 파악된 정보·견해 등에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다.

① 현지조사에 대한 조언 내용 : 기존의 조사

문헌의 유무, 조사지구·시기의 설정, 조사 방법 등에 대한 조언의 내용을 기록한다.

- ② 양서류·파충류·포유류의 서식상황 : 조사 대상 구역 및 그 주변에 있어서 양서류·파충류·포유류의 서식상황, 외래종의 서식상황, 확인하기 쉬운 시기 등에 대해 파악된 정보를 기록한다.
- ③ 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 서식상황에 관해 파악된 정보를 기록한다. 그리고 중요 종의 확인위치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 중요 종의 보전 면에서 취해야 주의해야 할 필요가 있기 때문에 「양서류·파충류·포유류의 서식상황」과는 구별하여 정리한다.

3. 현지조사계획

최신의 전체 조사계획 및 사전조사 결과를 참고로 하여 현지조사, 조사지구의 설정, 조사방법의 선정, 조사시기 및 횟수를 설정하고, 현지조사계획을 책정한다. 그리고 현지조사를 연초에 실시할 경우, 현지조사계획의 책정을 현지조사 실시 전년도에 실시하면 현지조사를 원활하게 실시할 수 있다.

한편, 현지조사계획을 책정할 때에는 필요에 따라 계류 주변의 전문가에게 조언을 받도록 한다.

3.1. 현지답사

현지조사계획을 책정할 때에는 전체 조사계

획 및 사전조사의 결과를 참고로 하여 계류복원 사업지와 그 주변 계류의 상·하류 등에서 현지답사를 실시한다.

그리고 현지조사계획을 책정할 때에는 전체 조사계획서, 계류의 수변자료나 현존식생도를 지참하여 지형이나 식생·토지이용 상황, 계안의 물매, 계류의 상·하류의 유량, 소·여울의 형상, 수변의 식생분포 등을 확인하고, 현지답사 시의 유황·수위, 현지조사 시의 조사경로 등도 고려하여 전체 조사계획에서 책정된 조사지구의 상황을 파악하며, 조사지구별 조사대상 환경구분의 설정, 조사시기·횟수의 설정 및 조사방법을 선정하기 위한 상황을 파악한다. 또한, 조사지구의 특징을 정리하고, 그 개관을 알 수 있는 사진을 수시로 촬영한다.

한편, 전체 조사계획에서 설정된 각 조사지구의 확인은 다음과 같은 관점에서 실시하도록 한다.

- ① 지형이나 토지이용 상황 등의 변화나 공사 등의 영향에 의한 조사지구의 변경 필요성
- ② 조사지구에 접근할 때의 안전성
- ③ 현지조사 시의 안전성

3.2. 조사지구의 설정

조사지구는 기본적으로 전체 조사계획에 따라 설정한다. 다만, 사전조사 및 현지조사 결과를 참고로 하여 전체 조사계획 책정 시에 있어서 조사지구 등의 설정근거와 현저하게 상황이 변화하거나 전체 조사계획 책정 이후에 건설된

사방댐 등에 대해서는 필요에 따라 조사구간을 재설정해도 된다.

한편, 조사구간의 배치사례는 그림 2와 같다.

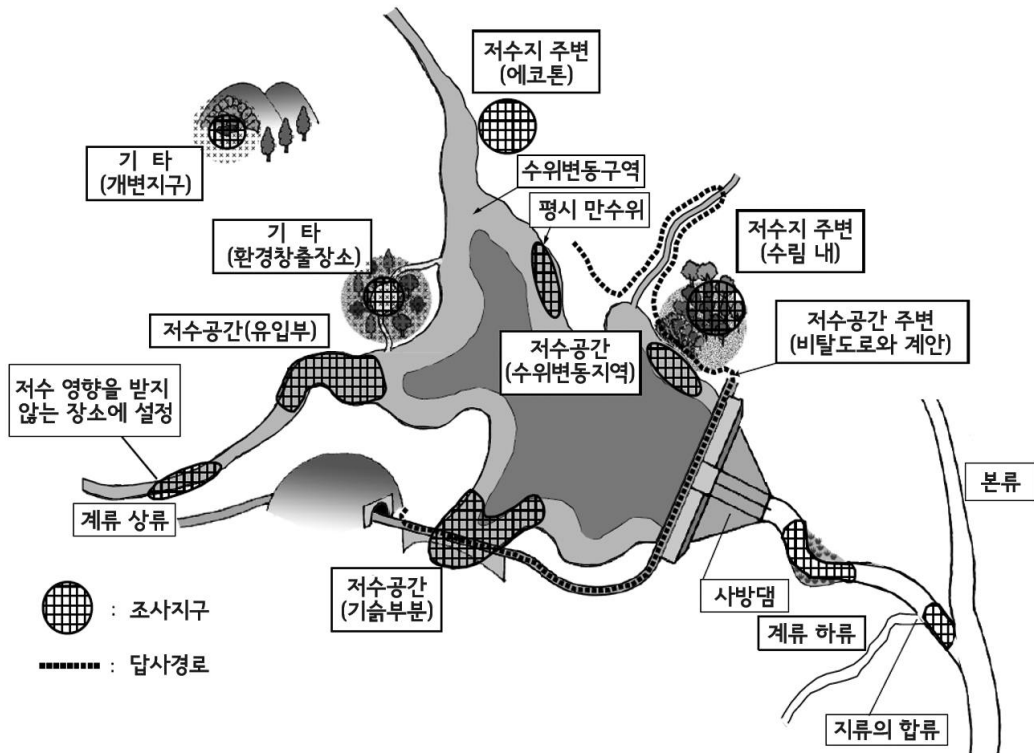


그림 2. 조사지구의 배치사례(양서류·파충류·포유류)

3.3. 조사방법의 선정

각 조사지구에 있어서 조사대상 환경구분별 양서류·파충류·포유류의 서식상황을 효율적으로 파악할 수 있도록 조사방법을 선정한다. 즉, 양서류·파충류·포유류의 현지조사는 목적을 기본적으로 하고, 거북을 대상으로 한 트랩 등을 병행하여 사용한다. 그리고 포유류의 현지조사는 답사에 의한 목적과 필드 사인을 기본으로 하며, 트랩을 병행하여 사용한다.

현지조사에서는 다양한 방법에 의해 가능한

한 많은 종류가 확인될 수 있도록 하며, 각 조사방법의 구체적인 내용에 대해서는 후술하는 「4.1. 조사방법」을 참조한다.

3.4. 조사시기 및 횟수의 설정

조사시기 및 횟수는 기본적으로 전체 조사계획에 따라 설정하고, 봄철에서 초여름까지 2회, 가을에 1회를 포함하여 계 3회 이상 실시한다. 그리고 포유류의 트랩에 의한 방법은 봄철에서 초여름까지 1회, 가을에 1회를 포함하여 계 2

회 이상 실시한다.

다만, 사전조사 및 현지답사 결과, 조사실시 해당 연도의 기상조건 등을 감안하여 적절한 시기를 수정하여 설정해도 된다. 그리고 조사시기를 재설정할 경우에는 조사시기의 설정 근거에 대해 정리해 둔다.

한편, 조사시기를 설정할 때에는 다음과 같은 사항에 유의해야 한다.

1) 양서류

응설기에 해당하는 초봄으로부터 장마가 끝나는 초여름까지는 양서류의 번식기로부터 유생(幼生, 올챙이 등)의 시기에 해당하여 조사에 적합하다. 다만, 양서류의 번식기는 종에 따라 초봄에서 초여름에 걸쳐 폭이 넓기 때문에 조사시기의 간격을 고려할 필요가 있다.

한편, 한여름과 같이 기온이 높은 시기는 응달에 들어가거나 여름잠을 잘 수 있기 때문에 조사시기로는 설정하지 않도록 한다.

2) 파충류

파충류는 기온이 높지 않은 봄이나 가을에는 일광욕을 하는 경우가 많아 확인하기 쉽다. 특히, 가을에는 뱀 종류나 도마뱀 종류의 파충류의 유체가 쉽게 확인되지만, 기온이 지나치게 낮은 시기에 설정하지 않도록 한다.

한편, 한여름과 같이 기온이 높은 시기는 응달에 들어가거나 여름잠을 잘 수 있기 때문에 조사시기로는 설정하지 않도록 한다.

3) 포유류

봄에서 초여름에 걸쳐 많은 포유류의 활동이 활발해 지고, 쥐 종류의 번식기에도 해당하기 때문에 조사에 적합하다. 특히, 가을에는 번식기에 해당하여 활동이 활발해지고, 쥐 종류의 개체수가 증가하여 확인하기 쉽게 되기 때문에 조사에 적합하다.

그리고 적설지역에서는 적설 시에는 눈 위에 발자국 등의 필드 사인을 쉽게 확인할 수 있기 때문에 필요에 따라 조사시기로 설정한다.

3.5. 채집에 관한 법령 등의 준수

천연기념물을 채취할 경우나 포획할 가능성이 있는 경우에는 천연기념물의 현상변경에 대해 「문화재보호법」에 근거하여 국가기관은 문화재청 청장의 동의를, 광역자치단체는 문화재청 청장의 허가를 받을 필요가 있다. 그리고 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(법률 제 16609호)」에서 지정한 국내 희귀야생동식물 종을 포획할 경우 또는 포획할 가능성이 있는 경우에는 사전에 환경부장관과 협의할 필요가 있다. 특히, 포유류에 대해서는 집쥐라고 하는 시궁쥐, 곰쥐, 생쥐를 제외한 모든 포유류를 포획할 때에는 허가가 필요하다. 따라서 사전에 지방환경청, 광역자치단체에 확인하여 포획허가를 취득하는 등, 필요한 조치를 취한다.

한편, 이러한 허가를 얻는 데에는 시간이 걸리므로, 조사시기에 맞춰 신속하게 준비하도록 한다. 그리고 채집에 관련된 허가증은 조사시에 휴대하도록 하고, 각 조사자도 허가증(필요

에 따라 허가증의 사본)을 휴대한다. 또한, 특정 외래생물에 대한 생체의 사양, 운반 등이 규제되고 있으므로, 채집 후에는 법률의 취지에 따라 적절하게 취급하도록 유의한다.

3.6. 현지조사계획서의 작성

「전체 조사계획서」 및 전술한 3.1의 현지답사로부터 3.5의 채집에 관한 법령 등의 준수를 참고로 하여 현지조사가 원만하게 실시될 수 있도록 현지조사계획서를 작성한다. 그리고 현지조사를 실시할 때의 상황에 따라 수시변경·충실을 기하도록 한다.

4. 현지조사

현지조사는 목적 및 포획에 의한 확인을 기본

으로 하여 각 조사지구에서 양서류·파충류·포유류의 서식상황을 파악하도록 한다. 그리고 현지조사를 실시할 때에는 사고방지에 노력해야 하고, 습지나 용출수지 등과 같이 귀중한 환경을 조사할 경우에는 가능하면 영향을 미치지 않도록 충분히 배려해야 한다.

4.1. 조사방법

양서류·파충류의 현지조사는 답사에 의한 포획을 기본적으로 하고, 목적과 울음소리에 의한 확인, 거북을 대상으로 한 트랩을 병행하여 사용한다. 그리고 포유류의 현지조사는 답사에 의한 목적, 필드 사인을 기본으로 하고, 두더지류나 쥐류를 대상으로 한 트랩을 이용하는 방법을 병행하여 사용한다. 또한, 실제로 답사하는 경로나 트랩의 위치는 지도에 기록한다.

한편, 분류군에 따른 조사방법은 표 1과 같다.

표 1. 양서류·파충류·포유류의 조사방법 등

조사방법	대상생물	사용 기자재	표준 작업량	조사 필요성 ¹
목적, 포획, 필드 사인 ²	양서류·파충류·포유류 전반	뜯개 망 등	조사지구 당 2명×2~3시간 정도	◎
트랩	포유류(뒤쥐 등)	추락관 등	설치기간: 이틀 밤 설치개수: 조사지구 당 30개	◎
	포유류(쥐류)	샤면형 트랩 등	설치기간: 이틀 밤 설치개수: 조사지구 당 30개	◎
	파충류(거북류)	카메라 랩, 게 바구니 등	설치기간: 하루 밤 설치개수: 조사지구 당 1개 이상	○
	포유류(두더지류)	몰 트랩 등	적당히 실시함	○
무인촬영	포유류(중대형)	무인촬영장치	설치기간: 이틀 밤 설치개수: 조사지구 당 2대	◎
	포유류(수통성)	무인촬영장치	적당히 실시함	○
기타	포유류(박쥐류)	박쥐탐지기	적당히 실시함	○

※¹: ◎ 기본적으로 모든 조사지구에서 실시, ○ 조사지구의 특성 등에 따라 실시.

※²: 울음소리에 의한 확인을 포함함.

4.1.1. 양서류

양서류에 대한 조사는 답사에 의한 포획을 기본으로 하며, 목격과 울음소리 등에 의해 확인한다. 주요 대상생물별 유의사항은 다음과 같다.

1) 개구리류

개구리류는 초봄부터 초여름에 걸쳐 번식하며, 번식기에는 물웅덩이에 모여들기 때문에 종을 확인하기 쉽다. 또한, 종에 따라 번식기는 다르지만, 알이나 올챙이로도 동정할 수 있다(명확하지 않을 때에는 종을 판별할 수 있을 때까지 사육해도 된다). 또한, 비오는 날의 야간에는 개구리류가 활발하게 활동하기 때문에 확인하기에 적당하다.

따라서 조사지구 내에 연못, 늪, 물웅덩이, 습지, 용출수, 시내, 수제, 풀숲 및 수림지대 안에 낙엽이 쌓인 장소 등, 서식이 예상되는 장소를 답사하여 알, 올챙이, 유체, 성체(成體) 및 사체를 확인한다. 특히, 기생개구리는 상류지역의 돌 위나 물속에, 그리고 붉은개구리는 계류지역의 돌 아래나 구멍 깊은 곳에 서식하는 경우가 많지만, 모두 번식기인 봄부터 초여름에 울음소리로 확인하기 쉽다.

한편, 종은 원칙적으로 포획하여 동정하지만, 포획할 수 없는 경우에는 눈으로 직접 확인하여 기록할 수도 있다. 그리고 개구리류는 울음소리로도 종을 동정할 수 있기 때문에 울음소리를 듣게 되면 종류와 대략적인 위치 및 개체수를 기록한다. 특히 번식기의 야간에는 울음

소리가 활발해지므로 조사를 실시하는 시간대로 유효하다. 다만, 현지조사 시에는 복수의 종류가 동시에 울음소리를 내는 경우가 많아 종의 판별이 어려운 경우가 많기 때문에 개구리의 울음소리의 판별에 뛰어난 사람이 동정하도록 한다. 또한, 울음소리를 녹음하여 나중에 동정해도 된다.

2) 소형 도롱뇽류

소형 도롱뇽류는 일반적으로 초봄에서 봄철에 걸쳐 번식하며, 번식기에는 수변에 모여들기 때문에 확인하기 쉽다. 그리고 번식기는 비교적 짧지만, 알과 올챙이로도 종을 확인할 수 있는 경우가 있다(명확하지 않을 때에는 종을 판별할 수 있을 때까지 사육해도 된다). 또한, 복수의 종이 혼생하고 있는 경우도 있기 때문에 충분히 유의해야 한다.

한편, 도롱뇽의 올챙이는 대부분의 경우 산지나 산지 주변의 계류, 연못, 물웅덩이, 용출수지대, 옆도랑 등의 돌이나 낙엽 아래 서식하는 경우가 많다, 그리고 성체는 숲의 낙엽, 도목, 바위 등의 아래에 서식하는 경우가 있으므로, 주의해서 관찰한다.

3) 꼬리치레도롱뇽

사전조사에서 꼬리치레도롱뇽의 서식이 예상되는 계류의 경우, 번식기인 8월에서 9월의 야간에(경우에 따라서는 주간에 관찰하는 것도 가능), 사전조사에 의해 확인지점을 참고로 설정한 조사경로를 답사하여 눈으로 확인한다.

한편, 꼬리치레도롱뇽은 서울특별시 보호종이므로, 포획하기 위해서는 관련 기관의 허가가 필요하며, 목격해도 포획할 수 없기 때문에 대략적인 크기와 행동 등에 대해서만 기록한다. 또한 야간에 계류를 답사하기 때문에 필요에 따라 사전에 지역 주민 등과 조정해도 된다.

4.1.2. 파충류

파충류의 조사는 답사에 의한 포획을 기본으로 하며, 목격과 탈피 허물에 의한 확인 등에 의해 실시한다. 그리고 주요 대상생물별로 현지조사 시에는 다음의 사항에 유의해야 한다.

1) 뱀·도마뱀류

뱀·도마뱀류는 변온동물이기 때문에 봄·가을철에는 따뜻한 곳, 여름철에는 시원한 곳을 중심으로 탐색한다. 특히 초봄과 같이 아직 초본류가 번무하지 않았거나 비가 내린 다음날의 오전에는 일광욕으로 체온을 상승시키기 위하여 밖으로 나오기 때문에 조사에 적합하다. 또한, 통상적으로 주간에는 숲길 등과 같은 곳에서 일광욕을 하는 경우가 많으므로 그와 같은 곳을 중점적으로 탐색한다. 그리고 바위너설의 바위 아래나 폐기된 함석판의 아래 등에 숨어 있는 경우가 있으므로 그와 같은 장소에서는 돌이나 함석판의 아래쪽을 탐색한다.

한편, 뱀의 종류에는 야행성인 종도 있기 때문에 야간조사를 실시할 때에는 주간에 예비점검을 실시하여 풀숲이나 관목 등과 같이 식생이 발달한 장소나 수변, 뱀의 주요 먹이가 되는 개

구리가 서식하는 곳을 울음소리로 확인한 후, 중점적으로 탐색한다.

그리고 종은 원칙적으로 포획하여 동정하지만, 포획할 수 없는 경우에는 눈으로 직접 확인하여 기록하며, 뱀 껍데기로도 종류를 판정할 수 있다. 특히 독사나 울모기, 반시뱀류 및 산무애뱀 등에는 독이 있기 때문에 조사 시 장화, 헬멧, 철망 바지, 목장갑을 준비하는 등, 안전에 만전을 기해야 하며, 눈으로 직접 확인할 수 있는 경우에는 포획하지 않도록 한다.

2) 도마뱀붙이류

도마뱀붙이류는 습한 지역의 구조물 사이 등에서 서식한다. 특히 봄철부터 가을철에 걸쳐서는 야간에 교량 등의 조명이 있는 곳에 모여드는 벌레 등을 포식하기 때문에 교량 등에 달라붙어 있는 경우가 있으므로 쉽게 발견할 수 있다.

3) 거북류

거북류는 변온동물이기 때문에 봄철과 가을철에는 따뜻한 곳, 여름철에는 시원한 곳을 탐색한다. 또한, 비가 내린 다음날의 오전 등에는 돌이나 수목 위에서 일광욕을 하는 경우가 많아 조사에 적합하다. 특히 거북류는 물이 완전히 마르지 않는 곳 중에서 은신처가 될 수 있는 돌이나 수제에 습생초지가 있고, 산란장이 될 수 있는 독에 주로 서식하기 때문에 그와 같은 장소를 중점적으로 탐색한다. 한편, 거북류는 일반적으로 봄철로부터 가을철에 걸쳐 번식하기 때문에 이 시기에는 육상에서도 종종 발견되기

도 하고, 수제 등에서도 발자국을 확인할 수 있으므로 종의 구분은 포획하거나 쌍안경 등을 사용하여 확인한다. 특히 거북류는 후각이 예민하기 때문에 물고기 등의 먹이를 넣은 소쿠리 모양의 망을 설치하면 쉽게 포획할 수 있다. 이때 소쿠리 모양의 망은 망에 포획된 거북이 호흡할 수 있도록 절반 정도는 표면에 띄워 하룻밤 정도 설치하며, 허가가 필요한 경우는 사전에 포획을 위한 조치를 강구하도록 한다.

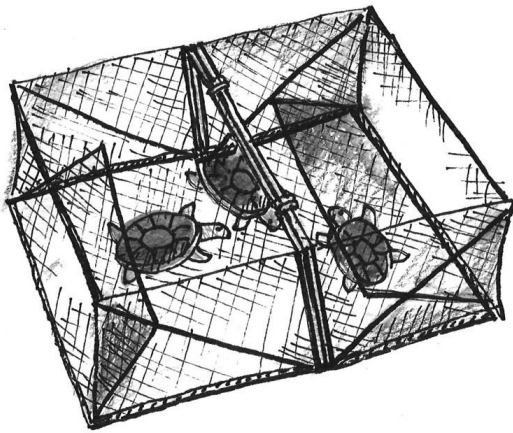


그림 3. 거북 포획용 트랩

4.1.3. 포유류

포유류는 목격, 필드 사인 및 트랩에 의해 조사한다. 그리고 무인촬영장치나 박쥐탐지기 등, 조사대상에 따라 유효한 기자재가 있으므로 적당하게 활용하면 된다.

그리고 주요 포유류 조사 시의 유의사항은 다음과 같다.

1) 뿔쥐 등

뿔쥐 등이 확인될 가능성이 높은 장소에서는

한 개의 조사지구당 30개 정도의 추락관을 설치하여 적극적으로 이들 포유류를 확인할 수 있도록 한다. 그리고 설치기간은 원칙적으로 이틀 밤으로 하지만, 설치한 다음 날에도 포획상황을 확인한다.

한편, 뿔쥐 등과 같이 점프력이 약한 것을 대상으로 하는 경우에는 비교적 작은 통(플라스틱 컵 등)으로도 포획할 수 있다. 그리고 추락관의 설치방법은 낙엽이 두껍게 쌓인 곳이나 토양이 부드러운 장소 중에서 사면의 하단부, 구조물의 기초 벽, 풀로 덮인 도랑 등과 같이 소형 포유류가 통로로 이용할 가능성이 높은 곳에 설치한다.

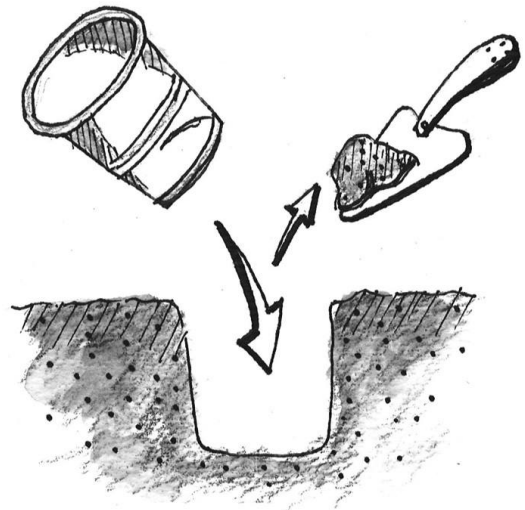


그림 4. 추락관 설치

2) 두더지류

두더지는 동면하지 않기 때문에 기본적으로는 연중 활동하지만, 비교적 두더지 둔덕이 자주 발견되는 계절은 번식시기인 봄 및 두더지

굴을 확장하는 늦가을부터 초겨울까지이다. 그리고 사전조사 결과, 조사구역에 서식하고 있는 두더지류가 한 종류인 것으로 판명될 경우에는 필드 사인에 의한 확인을 기본으로 하고, 반드시 포획할 필요는 없다. 그러나 서식하는 두더지류가 두 종류 이상이라고 판명될 경우에는 트랩 등에 의해 포획하여 종을 확인하는 것이 바람직하다.

한편, 트랩에는 물 트랩이 널리 사용되며, 트랩의 설치장소는 확실하게 두더지가 행동하고 있는 환경(두더지 둔덕이 밀하게 분포하고, 새로운 두더지 둔덕이 다량으로 분포하는 곳)을 선택해야 한다. 그리고 두더지가 빈번하게 이용하고 있는 통로는 붕괴해도 나중에 복원되는 경우가 많으므로, 그와 같은 장소에 트랩을 설치하면 된다.

3) 박쥐류

교량이나 대경목의 숲속에는 박쥐류가 서식하고 있으므로, 이와 같은 경우에는 저녁에 날

라 다니는 것을 목격할 수 있고, 교량의 아래에는 배설물이 쌓여 있는 경우도 있다. 그리고 박쥐탐지기를 사용하면 박쥐류의 서식 유무를 확인할 수 있고, 종까지 동정할 수 없는 경우에도 「박쥐목」, 「애기박쥐과」 등으로 기록한다.

한편, 새그물 등으로 포획하는 경우에는 사전에 포획을 위한 조치를 강구한다.

4) 쥐류

쥐류는 트랩으로 포획하는 것을 기본으로 하며, 쥐잡기용 트랩에는 라이브 트랩(샤먼형 트랩)을 사용하고, 땅콩, 소시지 등을 먹이로 하여 한 개의 조사지구당 30개 정도를 설치한다. 그리고 설치기간은 이틀 밤으로 하고, 설치한 다음 날에도 포획상황을 확인한다.

한편, 트랩의 설치장소는 기본적으로 쥐구멍에 가깝게 하고, 풀 속, 도목의 아래, 관목 덩불 등, 쥐류가 행동하는 장소를 선정한다. 그리고 토양이 잘 발달하여 부드러운 곳이나 어두운 숲 속, 습한 초지 등도 포함하도록 한다.

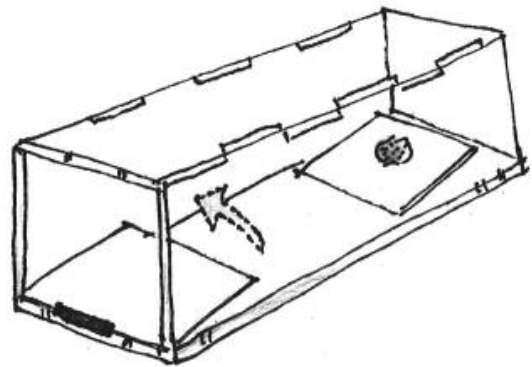
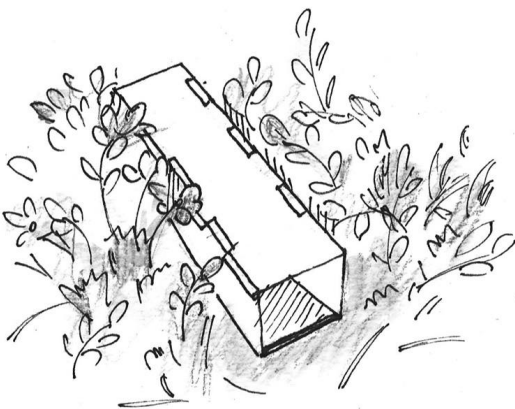


그림 5. 샤먼형 트랩

5) 수통성 포유류(날다람쥐, 하늘다람쥐, 겨울잠쥐 등)

수림지의 대경목 나무구멍 안에서 날다람쥐, 하늘다람쥐, 겨울잠쥐 등의 포유류 수통성(樹洞性) 포유류나 둥지 재료가 발견되는 경우도 있다. 그리고 수림지의 대경목 주변에는 둥지가 발견되는 경우도 있으므로 주의 깊게 관찰한다.

6) 중·대형 포유류(산토끼, 다람쥐, 너구리, 족제비, 담비, 고라니, 멧돼지 등)

① 목격법

목격법은 수제, 풀숲 및 수림지 등과 같이 포유류의 출몰이 예상되는 장소를 조용히 접근하면서 모습을 목격하는 방법이다. 이때 모습이 발견되면 곧바로 정지하여 포유류가 경계하지 않도록 한 후, 쌍안경 등을 이용하여 종류를 식별하고, 목격된 장소의 상황 등을 기록한다. 특히 박쥐류가 출현한 경우, 종까지 확인하지 못할지라도 박쥐류로 기록하도록 한다. 또한, 성숙 임지가 분포할 경우 나무 위에서 서식하는 포유류에도 주의를 기울여야 하며, 출수 시에는 제방 위로 피신하기 때문에 모습을 목격하기 쉽다. 그리고 야간에는 암시경(light scope)으로 각각 확인하도록 한다.

한편, 사체가 발견된 경우에는 심하게 부패되어 그 상태가 나쁠지라도 종을 동정할 수 있기 때문에 사체를 포르말린 용액으로 처리한 후 실내로 운반한다.

② 필드 사인법

필드 사인법은 초본류가 번무하기 이전인 봄철이나 낙엽이 지는 가을철, 또는 적설지역에서는 적설 시에 쉽게 확인할 수 있는 방법이다. 따라서 수제(모래땅, 진흙땅 및 습지 등), 토양이 부드러운 장소, 풀숲 및 수림지 등의 서식지와 출몰이 예상되는 장소를 답사한 후, 발자국, 배설물, 먹이 찌꺼기, 둥지, 발톱자국, 빠진 털 및 땅굴(두더지 굴과 무덤 등) 등을 관찰한다.

그리고 콘크리트나 돌 등의 위에 있는 배설물은 장기간 동안 남아있기 때문에 발견할 수 있는 기회가 많고, 수변의 가는 모래나 진흙이 퇴적된 장소에 남아있는 발자국은 그 종류를 식별하기 용이하다. 따라서 포유류의 이용 빈도가 높다고 판단되는 동물 이동통로에 모래를 깔아 발자국을 남기도록 하고, 필드 사인을 발견하면 사진을 촬영한 후, 필요에 따라서는 발자국과 둥지의 크기를 측정한다.

한편, 주요 유의사항은 다음과 같다.

- 적설지대에서는 발자국에 의한 트래킹이 유효하다.
- 물가나 모래땅, 습지 등은 발자국이 잘 남아 발견하기 쉽다.
- 다리 아래의 콘크리트나 돌 등의 위에 있는 배설물은 장기간 남기 때문에 확인할 수 있는 기회가 많다.
- 과수의 결실기에는 과수 주변에 모여드는 경우가 있기 때문에 필드 사인을 확인하기 쉽다.
- 담비, 족제비 등의 배설물은 임도, 돌, 그루

터기의 위 등과 같이 눈에 잘 띄는 곳에서 발견되는 경우가 많다.

4.2. 현지조사의 기록

4.2.1. 현지조사의 상황

현지조사의 상황은 조사대상 환경구분(주로 식물군락)을 매 조사마다 기록한다. 즉, 조사대상 환경구분은 이전 연구보고(계류복원사업을 위한 환경조사(5) -육상곤충류조사를 중심으로-)를 참조하여 조사구간 내에 있어서의 대략적인 면적비율(10% 단위)을 기록하며, 10% 미만의 소규모 구분은 “+”로 기입한다.

4.2.2. 조사 시의 상황

1) 목적, 필드 사인 등

각 조사구간에 있어서 현지조사 시의 상황을 매 조사마다 정리한다.

- ① 조사횟수 : 조사를 실시한 연도에 있어서 몇 번째의 조사인가를 기록한다.
- ② 계절 : 조사를 실시한 계절을 기록한다.
- ③ 조사 연월일 : 조사 연월일을 기록한다.
- ④ 조사시각 : 조사를 개시한 시각 및 종료 시각(24시간 표시)을 기록한다.
- ⑤ 날씨 : 현지조사 개시 시의 날씨를 기록한다.
- ⑥ 기온 : 현지조사 개시 시의 기온을 기록한다.
- ⑦ 바람의 상황 : 임의채집법에 의한 현지조사 개시 시의 바람의 상황을 없음·약함·중

간·강함으로부터 선택한다.

- ⑧ 조사지구·조사장소의 위치도 : 조사지구 및 조사장소를 평면도(계류복원사업지의 도면을 사용하는 것이 바람직함)에 다음과 같이 기록한다.

- 현지조사를 실시한 조사지구의 범위를 실선으로 표시한다.
- 축척, 방위 및 유수의 방향(→)을 기록한다.
- 조사지구의 개황에 대해 촬영을 실시한 위치와 방향을 ●→로 기록한다.
- 포획, 필드 사인 등을 실시한 조사장소(답사경로)는 —로 표시한다.

2) 트랩

각 조사구간에 있어서 현지조사 시의 상황을 매 조사마다 정리한다.

- ① 설치·순찰일 : 트랩을 설치한 날과 순찰한 날의 연월일을 기록한다.
- ② 시각 : 트랩을 설치한 날과 순찰한 날의 시각을 기록한다.
- ③ 날씨 : 트랩을 설치한 날과 순찰한 날의 날씨를 기록한다.
- ④ 바람의 상황 : 트랩을 설치한 날과 순찰한 날의 바람의 상황을 없음·약함·중간·강함으로부터 선택하여 기록한다.
- ⑤ 기온 : 트랩을 설치한 날과 순찰한 날의 기온을 기록한다.
- ⑥ 설치장소의 No. : 트랩 설치장소의 No.를 기록한다.

- ⑦ 트랩의 종류·명칭 : 설치한 트랩의 종류와 명칭을 기록한다.
- ⑧ 먹이의 종류 : 트랩에 사용한 먹이의 종류를 기록한다.
- ⑨ 설치환경 : 트랩을 설치한 장소의 환경을 기록한다.
- ⑩ 트랩을 설치한 숫자·회수한 숫자 : 설치한 트랩의 숫자 및 회수된 트랩의 숫자를 기록한다.
- ⑪ 조사지구·조사장소의 위치도 : 조사지구 및 조사장소를 평면도(계류복원사업지의 도면을 사용하는 것이 바람직함)에 다음과 같이 기록한다.
- 현지조사를 실시한 조사지구의 범위를 실선으로 표시한다.
 - 축척, 방위 및 유수의 방향(→)을 기록한다.

- 조사지구의 개황에 대해 촬영을 실시한 위치와 방향을 ●→로 기록한다.
- 트랩을 설치한 장소는 ○으로 표시한다.

4.2.3. 조사결과

조사방법별로 확인한 상황에 대해 다음과 같은 항목을 기록한다.

1) 목격, 필드 사인 등

목격, 필드 사인 등에 의해 확인된 양서류·파충류·포유류의 확인상황에 대해 다음의 항목을 기록한다.

- ① No. : 확인한 생물별로 번호를 붙인다.
- ② 확인방법과 확인상태 : 필드 사인, 목격 및 포획한 개체에 대한 관찰내용을 표 2에 의해 선택하여 기록한다.

표 2. 관찰내용

대상생물	관찰내용	
양서류	확인방법	포획/목격/사체/울음소리/기타
	확인상태	알/올챙이/유체/성체/불분명
파충류	확인방법	포획/목격/사체/허물/발톱자국/기타
	확인상태	알/올챙이/유체/성체/불분명
포유류	확인방법	포획/목격/사체/울음소리/발자국/손톱자국/둥지/배설물/빠진 털/파헤침/무인촬영/기타
	확인상태	유체/성체/불분명

- ③ 증명 : 모습·울음소리·필드 사인에 의해 추정되는 종류(알 수 없으면 과명, 목명도 가능)를 기록한다. 특히 포유류의 경우, 종까지의 동정이 곤란한 경우가 많기 때문에

무리해서 종까지 동정하지 않아도 된다. 이와 같은 경우, 조사표에는 조사자가 확인한 상황, 지리적 요인 등을 고려하여 추정 종명을 기록하고, 비고란에 그 이유를

기록한다.

- ④ 관찰숫자 : 관찰숫자는 원칙적으로 개체수를 기입하고, 필드 사인(배설물, 발자국 등)인 경우에는 장소숫자를 기록한다. 그리고 개구리의 올챙이와 같이 다수 출현한 경우에는 개략적인 숫자를 기록한다(다만, 자연수로 기입하고, >500이나 200+ 등의 기록은 하지 않는다).
- ⑤ 관찰환경 : 필드 사인 및 목적, 포획한 개체가 확인된 주변의 환경을 기록한다.
- ⑥ 사진, 표본 : 사진과 표본이 있는 경우에는 기록한다.
- ⑦ 비고 : 관찰 시의 상황이나 관찰한 장소의 식생, 은신처, 물가로부터의 위치 등을 기록한다. 그리고 종명의 란에는 추정종명을 기록한 경우, 그 이유를 기록한다.
- ⑧ 특기사항 : 조사지구의 특징이나 현지조사 시의 양서류·파충류·포유류의 서식과 관계가 있는 것으로 판단되는 상황에 대해 기록한다. 그리고 이전 조사로부터 큰 변화가 있으면 기록한다(예 : 주변 식생과 지형 등의 특징, 하예작업·논두렁 태우기 등이 실시된 경우에는 그 기록, 골재채취, 사방공사 등).
- ⑨ 조사책임자, 담당자 : 현지조사를 실시한 조사책임자, 담당자의 이름과 소속을 기록한다.
- ⑩ 확인위치 : 포획, 목적, 필드 사인에 의해 생물을 확인한 위치를 기록한다.

2) 트랩

트랩에 의해 확인된 양서류·파충류·포유류의 확인상황에 대해 다음의 항목을 기록한다.

- ① No. : 확인한 개체별로 번호를 붙인다.
- ② 종명 : 포획한 개체별로 종명을 기록한다.
- ③ 트랩의 종류 : 포획된 트랩의 종류를 기록한다.
- ④ 설치장소 : 트랩의 설치장소 No.를 기록한다.
- ⑤ 먹이 : 트랩에 사용한 먹이의 종류를 기록한다.
- ⑥ 성별 : 암수가 판별되었을 경우에만 기록한다.
- ⑦ 머리통 길이, 다리 길이, 뒷굽 길이, 귀 길이, 체중, 앞굽의 길이×앞굽의 폭 : 두더지류, 쥐류에 대해서는 각 부위의 길이 및 체중을 측정하고, 길이는 0.5mm, 체중은 0.1g 단위로 기록한다. 그리고 식해(食害) 등에 의한 참고 값을 나타내는 경우에는 () 안의 숫자, 측정이 불가능한 경우에는 “NG”로 기록한다. 또한, 두더지류, 쥐류를 생포한 경우에는 체중만을 측정해도 된다.
- ⑧ 사진, 표본 : 사진과 표본이 있는 경우에는 ○을 기록한다.
- ⑨ 비고 : 유두의 숫자, 임신 유무, 태아의 숫자 등을 알 수 있으면 기록 한다.
- ⑩ 포획일자 : 개체별 포획일자를 기록한다.
- ⑪ 특기사항 : 조사지구의 특징이나 현지조사 시에 양서류·파충류·포유류의 서식과 관련이 있는 것으로 판단되는 상황에 대해 기록

한다. 그리고 이전 조사로부터 큰 변화가 있으면 기록한다(예 : 주변 식생과 지형 등의 특징, 하예작업·논두렁 태우기 등이 실시된 경우에는 그 기록, 골재채취, 사방공사 등).

- ⑫ 조사책임자, 담당자 : 현지조사를 실시한 조사책임자, 담당자의 이름과 소속을 기록한다.
- ⑬ 확인위치 : 포획, 목격, 필드 사인에 의해 생물을 확인한 위치를 기록한다.

4.3. 동정

4.3.1. 동정을 실시할 때의 유의사항

동정을 실시할 때에는 각종 참고문헌이나 유의사항을 활용하여 가능하면 상세하게 동정한다. 과(科)에 속한 종(種)을 가능하면 상세하게 동정한다. 그리고 종까지의 동정이 불가능한 경우에는 ○○속으로 하고, 속보다 상위의 분류군까지만 동정할 수 없는 경우에 대해서도 참고문헌에 따라 가능하면 상세하게 동정한다(예를 들면, △△목, □□과 등으로 한다).

한편, 현장에서 동정을 정확하고도 신속하게 실시하여 살상하는 일 없이 방사하기 위해 양서류·파충류·포유류의 분류에 경험이 많은 자가 조사를 담당한다. 그리고 현장에서의 동정이 곤란한 종에 대해서는 사진촬영과 표본을 확실하게 제작한다.

4.3.2. 동정문헌의 정리

동정할 때에 사용한 문헌에 대해 다음과 같은 항목을 기록한다.

- ① 문헌 No. : 발행연도 순으로 정리한다.
- ② 분류군·종명 : 동정의 대상이 되는 분류군 또는 종명을 기록한다.
- ③ 해당하는 분류군·종명별로 문헌명칭, 저자명, 발행연도 및 발행처를 기록한다.

4.4. 계측

취류를 생포한 경우에는 종명, 성별, 체중을 측정하여 기록하고, 유두의 숫자, 임신 유무도 파악되면 기록한다. 또한, 취류를 포살한 경우에는 종명, 성별을 기입하고, 머리통 길이, 꼬리 길이, 뒷굽 길이(발톱은 포함하지 않음), 귀 길이, 체중을 측정한다.

그리고 두더지류를 생포한 경우에는 종명, 성별(판별할 수 없는 경우), 체중을 기록하고, 성별, 유두의 숫자, 임신 유무도 파악되면 기록한다. 또한, 두더지류를 포살한 경우에는 종명, 성별(판별할 수 없는 경우)을 기입하고, 머리통 길이, 꼬리 길이, 앞굽 길이(발톱은 포함하지 않음), 뒷굽 길이(발톱은 포함하지 않음), 체중을 측정한다.

한편, 머리통의 길이는 등을 아래로 하여 전체 길이를 측정한 후, 그 전체 길이에서 꼬리 길이를 빼서 산출하고, 꼬리 길이는 옆어놓고 꼬리를 수직으로 늘어 측정한다.

4.5 사진촬영

4.5.1. 사진촬영

현지조사를 실시할 때에는 다음과 같은 사진을 촬영한다.

1) 조사지구의 상황

조사지구 및 그 주변의 개관을 설명할 수 있는 사진을 매 조사마다 촬영한다. 그리고 조사지구의 상황 사진에 대해서는 계절적인 변화 등을 알 수 있도록 기능하면 같은 위치, 각도, 높이에서 촬영하는 것이 바람직하다.

2) 조사실시 상황

① 조사실시 상황

필드 사인, 목적, 트랩 등, 조사 시의 상황을 설명할 수 있는 사진을 조사방법별로 촬영한다. 그리고 조사방법별로 각 1장 있으면 된다.

② 사용한 트랩, 먹이의 종류 및 트랩의 설치 상황

트랩으로 사용한 트랩의 종류, 먹이의 종류 및 트랩의 설치상황을 알 수 있는 사진을 트랩의 종류별로 촬영한다. 그리고 사진은 사용한 트랩별, 설치한 조사대상 환경구분별로 1장 있으면 된다.

3) 생물종

① 필드 사인 사진

필드 사인 사진은 서식 증거로서 알기 쉬운 것을 촬영하도록 한다. 그리고 사진은 매 조사마다 각 조사지구별로, 각 생물종의 각 필드 사인에 대해 1장 이상 촬영한다. 또한, 필드 사인의 위치 등을 파악하기 어려운 경우에는 촬영 시에 표시를 하

는 등, 쉽게 알 수 있도록 한다. 특히, 동정면에서 문제가 있는 종에 대해서는 반드시 사진을 촬영하도록 한다.

② 양서류·파충류·포유류의 사진

생체를 확인한 양서류·파충류·포유류는 매 조사마다 조사지구별로 각 생물종에 대해 1장 이상 촬영한다. 특히, 동정면에서 문제가 있는 종에 대해서는 반드시 사진을 촬영하도록 한다.

③ 중요 종의 사진

중요 종의 특징, 확인환경을 알 수 있는 사진을 확인된 종별로 촬영한다. 그리고 한 순간에 은신처로 숨어들어 산진을 촬영할 수 없는 경우에는 확인된 장소나 피신처의 사진을 촬영한다.

4.5.2. 사진의 정리

촬영한 사진에 대해 다음과 같은 항목을 기록한다.

① 사진구분 : 촬영한 사진에 대해 「P : 조사지구 등」, 「C : 조사실시 상황」, 「S : 생물종」, 「O : 기타」로 구분하고, 그 번호를 기록한다.

② 사진표제 : 사진의 표제를 기록한다. 그리고 생물종의 사진인 경우에는 그 종명을 기재한다(예 : 조사지구의 상황, 트랩의 설치환경, 흰넓적다리붉은쥐).

③ 설명 : 촬영상황, 생물 종에 대한 보충정보 등을 기록한다(예 : ○○다리로부터 하류

방향, 갈대군락, 새끼 짐승 등).

- ④ 촬영 연월일 : 사진을 촬영한 연월일을 기록한다.
- ⑤ 지구번호 : 사진을 촬영한 지구번호를 기록한다.
- ⑥ 지구명 : 사진을 촬영한 지구명을 기록한다.
- ⑦ 파일명 : 사진의 파일명을 기록한다. 즉, 파일명의 앞부분에는 사진구분의 알파벳의 첫 번째 문자를 부기하고, 촬영대상을 알 수 있도록 이름을 붙이도록 한다.

4.6. 표본의 제작과 보관

4.6.1. 표본의 제작

표본은 원칙적으로 현장조사에서 포획된 종 중에서 동정이 곤란한 종, 조사과정에서 폐사한 개체를 대상으로 하여 조사지구별로 한 종류 당 수 개체 정도를 표준으로 제작한다. 그리고 표본을 제작할 때에는 나중에 재동정할 필요가 생기거나 표본을 기증할 경우에는 대상으로 하는 종을 쉽게 꺼낼 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

한편, 표본을 제작할 때에 사용하는 포르말린, 에탄올 등은 「독물 및 극물에 관한 법률(법률 제3332호)」 등의 다양한 법률에 규제항목으로 지정되어 있다. 따라서 불필요하게 된 포르말린, 에탄올 등의 폐기물에 대해서는 분해·중화처리하거나 전문 업체에 의한 적정한 처리를 통해 적절하게 폐기한다.

4.6.2. 표본정보의 기록

제작한 표본에 대해 다음과 같은 사항을 기록한다.

- ① 표본 No. : 포획 데이터 라벨 및 동정 라벨에 기재한 표본 No.를 기록한다.
- ② 종명 : 보관된 표본의 종명을 기록한다.
- ③ 지구번호 : 조사지구의 번호를 기록한다.
- ④ 지구명 : 조사지구의 명칭을 기록한다.
- ⑤ 포획지의 지명 : 광역자치단체와 기초자치단체의 명칭, 상세 지명 등을 기록한다.
- ⑥ 위도·경도 : 포획한 조사지구에 대한 중심부근의 위도·경도를 기록한다.
- ⑦ 개체수 : 샘플 병에 넣은 개체수를 기록한다.
- ⑧ 자웅 : 자웅의 판별이 가능한 경우에는 그 내역을 기록한다.
- ⑨ 포획자 : 표본 포획자의 이름과 소속을 기록한다.
- ⑩ 포획 연월일 : 표본이 포획된 연월일을 기록한다.
- ⑪ 동정자 : 표본 동정자의 이름과 소속을 기록한다.
- ⑫ 동정 연월일 : 표본이 동정된 연월일을 기록한다.
- ⑬ 표본의 형식 : 표본을 제작한 형식을 기록한다(예 : 액침표본).
- ⑭ 비고 : 특기사항이 있는 경우에는 기록한다(예 : 포획방법, 표본의 상태(파손 등), 박물관 등록번호 등).

4.6.3. 표본의 보관

표본의 보관기간은 선별에 의한 확인 종의 목록이 확정되기까지(기본적으로는 조사실시 연도의 이듬해 말까지)로 한다. 그리고 표본은 에탄올 용액의 보충 및 교체 등의 관리를 실시하여 확실하게 보관하고, 보관하는 장소는 표본의 백화와 변질을 방지한다는 의미에서 시원하고도 어두운 장소가 바람직하다.

한편, 보관기간이 만료된 후에는 조정을 실시하여 가능하면 박물관이나 연구기관 등의 기증받을 표본 보관시설을 물색하여 유효하게 활용되도록 한다. 그리고 보관기간이 만료되기 이전에 기증받을 각 기관에 표본을 양도해도 되지만, 재동정이 필요한 경우에 대상이 되는 표본을 양호한 상태에서 신속하게 제출받을 수 있도록 충분히 사전조정을 실시하도록 한다.

4.7. 양서류·파충류·포유류 입장에서 본 중요한 위치정보의 기록

조사구역 및 그 주변에 있어서 양서류·파충류·포유류의 입장에서 중요한 위치정보(양서류의 산란장소, 포유류의 급수장, 도하지점, 박쥐가 있는 동굴 등)가 현지답사 및 현지조사를 실시할 때에 확인될 경우, 그 내용 및 확인된 위치를 기록한다.

그러나 어디까지나 보충적인 기록으로 하고, 별도 조사를 실시할 필요는 없다.

- ① 확인 일자 : 확인된 연월일을 기록한다.
- ② 중요한 위치정보의 내용 : 확인된 중요한 위치정보에 대해 대략적인 위치(지명, 계

류명, 좌·우안 등)나 그 내용에 대해 기록한다.

- ③ 확인 위치도 : 중요한 위치정보를 지형도, 식생도 또는 계류복원사업 설계도면 등에 기록한다.

4.8. 기타 생물의 기록

현지조사 시에 거북 트랩이나 자라 포획용인 주낙으로 뱀장어·메기·쏘가리 등의 어류 등이 포획된 경우, 수중식물의 관찰 등이 가능한 경우 등, 양서류·파충류·포유류 이외의 생물에 대해 그 중요 종과 특정 외래생물 혹은 기타 특별히 기록해야 할 종이면서도 현지에서 동정이 가능하면 「기타 생물」로 기록한다.

그러나 동정의 오류를 피하기 위해 무리한 동정은 실시하지 말고, 포획·습득한 생물에 대해서는 사진을 촬영하고, 가능하면 표본을 작성한다. 그리고 목격한 생물에 대해서는 사진촬영이 가능하면 바람직하지만, 무리한 경우에는 그 생물의 특징(색, 형태, 크기, 행동 등)을 대신 기록한다.

한편, 기타 생물의 기록은 어디까지나 보충적인 사항이기 때문에 본래의 양서류·파충류·포유류의 조사에 지장을 초래하지 않는 범위에서 실시한다.

- ① 생물항목 : 확인된 생물에 대해 사방조사에서의 조사항목 명칭을 기록한다.
- ② 목명·과명·종명 : 확인된 생물에 대한 목명과 과명, 종명을 기록한다.
- ③ 사진, 표본 : 사진을 촬영하거나 표본을 제

작한 경우에는 기록한다.

- ④ 지구번호 : 확인된 지구번호를 기록한다.
그리고 조사지구 외에서 확인된 경우에는
지명 등을 기록한다.
- ⑤ 확인 연월일 : 확인된 연월일을 기록한다.
- ⑥ 확인상황 : 확인방법(목적, 사체 및 알 덩
어리 등), 주변의 환경, 개체수 등을 기록
한다.
- ⑦ 동정 책임자(소속) : 동정 책임자의 이름
및 소속을 기록한다.

4.9. 조사개요의 정리

현지조사를 실시한 조사지구, 조사시기, 조사
방법 및 조사결과의 개요 등에 대해 다음과 같
은 항목을 정리한다.

4.9.1. 조사실시 상황의 정리

현지조사를 실시한 조사지구, 조사시기 및 조
사방법에 대해 다음의 항목을 정리한다.

- ① 조사지구 : 계류복원사업지의 공간구분,
지구번호, 지구명, 지구의 특징, 조사지구
의 선정근거를 기록한다. 그리고 이전 조
사지구와의 대응, 전체 조사계획과의 대응
및 해당 조사지구에서 실시한 조사방법에
대해서도 기록한다.
- ② 조사시기 : 조사횟수, 계절, 조사 연월일,
조사시기 선정근거, 조사를 실시한 지구
및 해당 조사시기에 실시한 조사방법을 기
록한다.
- ③ 조사방법 : 조사방법, 구조·규격·숫자 등,

해당 조사방법을 실시한 조사지구 및 조사
횟수를 기록한다. 그리고 특기사항이 있으
면 기록한다.

4.9.2. 조사지구 위치의 정리

해당 조사지역의 위치를 파악할 수 있도록 지
형도나 관내도 등에 계류복원사업지의 공간구
분 및 조사지구의 위치를 기록한다. 그리고 축
척과 방위를 반드시 기입하도록 한다.

4.9.3. 조사결과의 개요 정리

현지조사 결과의 개요에 대해 문장으로 알기
쉽게 정리한다.

- ① 현지조사 결과의 개요 : 현지조사 결과의
개요를 정리한다(예 : 확인종의 특징, 분포
상황 등).
- ② 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 확인상황
등을 정리한다. 그리고 중요 종의 확인위
치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 중
요 종의 보전 면에서 취급에 주의해야 하
기 때문에 「현지조사 결과의 개요」와를 구
별하여 정리한다.

5. 조사결과의 정리·고찰

5.1. 조사결과의 정리

5.1.1. 중요 종에 대한 경년 확인상황의 정리

기존 및 해당 조사에서 확인된 중요 종에 대

해 다음과 같은 항목을 정리한다. 그리고 현지 조사에서 확인되지 않은 경우에는 현지조사의 란에 ×로 기입하고, 현장상황 등으로부터 판단된 서식 가능성에 대한 조언이나 전문가의 의견 등을 기입한다.

한편, 종명이 변경된 경우에는 변경내용을 별도로 정리한다.

- ① 증명, 지정구분 : 중요 종의 증명과 국가지정 천연기념물 등과 같은 중요 종에 대한 지정구분을 기록한다.
- ② 조사실시 연도 : 중요 종을 확인한 계류 수변의 조사실시 연도를 기록한다.
- ③ 조사자 : 조사를 실시한 사람의 이름 및 소속기관을 기록한다.
- ④ 확인상황 : 확인 시의 상황(주변 환경, 확인시기, 개체수 등)을 기록한다.

5.1.2. 확인상황의 정리

해당 계류 수변조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 조사시기, 조사지구별로 분류체계 순서에 따라 확인상황을 정리한다.

5.1.3. 경년 확인상황의 정리

기존 및 해당 계류 수변조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 조사를 실시한 연도별로 정리하고, 종명이 변경되었을 때에는 변경내용을 별도로 정리한다.

5.1.4. 증명 변경내용의 정리

문헌조사, 청취조사 및 기존의 계류 수변조사

에서 확인된 육상곤충류 중에서 종명을 변경한 것에 대해 다음과 같은 항목을 정리한다.

- ① 원래의 증명 : 기존의 계류 수변조사에서 확인된 종명을 기록한다.
- ② 변경종명 : 중요 종의 종명을 기록한다.
- ③ 조사실시 연도 : 확인된 계류 수변조사의 실시 연도를 기록한다.
- ④ 비고 : 종명을 변경할 때에 특별히 기재해야 할 내용이 있으면 기록한다.

5.1.5. 확인 종의 목록 정리

해당 현지조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 다음과 같은 내용을 정리한다.

- ① 표본 No. : 정리번호를 기록한다.
- ② 목명, 과명, 증명 : 해당 현지조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 기록한다.
- ③ 중요 종 : 확인된 양서류·파충류·포유류가 중요 종인 경우에는 그 지정구분을 기록한다.
- ④ 외래종 : 확인된 양서류·파충류·포유류가 외래종인 경우에는 기록한다.
- ⑤ 처음으로 확인된 종 : 양서류·파충류·포유류가 조사구역에서 처음으로 확인된 경우에는 기록한다.
- ⑥ 생물 목록에 게재되지 않은 종 : 확인된 양서류·파충류·포유류가 미게재 종인 경우에는 동정 근거문헌의 No.를 기록한다. 이때 동정 근거문헌의 No.는 별도로 정리한 동정 근거문헌 조사표의 No.를 기록한다.

5.1.6. 현지조사에서 확인된 종에 대한 정리

해당 현지조사에서 처음으로 확인된 종, 지금까지 분포가 알려졌지만 해당 조사에서 확인되지 않는 종, 중요 종, 기타 특별히 기술해야 할 종에 대해 확인상황과 그 평가를 정리한다.

그리고 각각의 종에 대한 상세한 내용은 다음과 같다.

- ① 처음으로 확인된 종 : 해당 현지조사에서 처음 확인된 종
- ② 지금까지 분포가 알려졌지만, 해당 조사에서 확인되지 않는 종 : 기존 조사에서 확인되었지만, 해당 조사에서는 확인되지 않은 종
- ③ 중요 종 : 「문화재보호법(법률 제 17711호)」에 지정된 천연기념물, 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(법률 제 16609호)」에서 지정한 희귀야생동식물종 등에 기재된 종
- ④ 특별히 기술해야 할 종 : 지역고유종 등과 같은 지리적 분포지역에 대한 특징적인 종이나 새롭게 기록된 종 등

5.1.7. 해당 조사 전반에 대한 전문가의 소견 정리

해당 조사에 대한 전문가 등의 소견을 정리한다.

5.2. 양식집

5.2.1. 양식 기입 시의 유의사항

1) 종명의 기입

종명을 기입할 때에는 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 원칙적으로 종·아종으로 동정된 양서류·파충류·포유류를 대상으로 한다.
- ② 조사결과를 정리할 때에는 종명의 기입, 종명의 배열에 대해서는 「재해 위험성 및 사방 조사방법 정립에 관한 연구(사방협회, 2017)」등을 참조한다.
- ③ 종명까지 동정할 수 없는 경우에는 「○○속」(속명도 불분명한 경우에는 「○○과」)로 한다.

2) 종수를 집계할 때의 유의사항

종까지 동정되지 않은 양서류·파충류·포유류에 대해서도 동일 분류군에 속하는 종이 목록에 등재되지 않은 경우에는 계수한다(종수가 혼잡한 경우도 같다.).

3) 종명에 정리번호를 부여하는 방법

각 정리 양식별로 종명에 정리번호를 부여하고, 정리번호는 전술한 「2) 종수의 집계할 때의 유의사항」에 근거하여 집계대상으로 하는 종명에 번호를 부여한다. 이때 종별로 중복되지 않도록 주의하여 각 정리 양식에 종수가 알 수 있도록 한다.

5.2.2. 사전조사 양식의 작성

사전조사 양식은 「사전조사」에 의해 파악된 정보, 자료를 표 3과 같이 정리한다.

표 3. 사전조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
양서류·파충류·포유류, 기존 문헌 일람표	사전조사에서 정리된 계류복원사업지와 그 주변의 양서류·파충류·포유류에 관한 기존 문헌의 일람을 작성한다.
양서류·파충류·포유류, 조언·청취 조사표	전문가의 조언 내용이나 「청취조사」에 의해 파악된 정보를 조사한 상대별로 정리한다.

5.2.3. 현지조사 양식의 작성

현지조사 양식은 「현지조사」에 의해 파악된 결과를 표 4와 같이 정리한다.

표 4. 현지조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
양서류·파충류·포유류, 현지조사표 1-1(목적, 필드 사인)	목적, 필드 사인 등에 의해 확인된 양서류·파충류·포유류를 조사지구마다 조사횟수별로 기록한다.
양서류·파충류·포유류, 현지조사표 1-2(목적, 필드 사인)	목적, 필드 사인 등에 의해 확인된 양서류·파충류·포유류의 확인위치를 조사지구마다 조사횟수별로 도면에 기록한다.
양서류·파충류·포유류, 현지조사표 2-1(트랩)	트랩에 의해 포획한 파충류·포유류를 조사지구마다 조사횟수별로 기록한다.
양서류·파충류·포유류, 현지조사표 2-2(트랩)	트랩의 설치 위치나 종류를 조사지구마다 조사횟수별로 도면에 기록한다.
양서류·파충류·포유류, 동정문헌 일람표	동정에 사용한 문헌을 일람하여 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 사진 일람표	촬영한 사진에 대해 해당 내용을 기입한 일람표를 작성한다.
양서류·파충류·포유류, 사진표	「양서류·파충류·포유류, 사진 일람표」에서 정리한 사진별로 사진표를 작성한다.
양서류·파충류·포유류, 표본관리 일람표	제작된 표본에 대해 모두 기입한다.
양서류·파충류·포유류 입장에서 중요 위치정보 기록표	양서류·파충류·포유류 입장에서 중요 위치정보가 현지답사나 현지조사에서 확인된 경우, 기록한다.
양서류·파충류·포유류, 조사실시 상황 일람표	해당 현지조사에 대한 실시 상황을 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 조사지구 위치도	해당 현지조사의 조사지구에 대한 위치를 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 현지조사 결과 개요	해당 현지조사 결과의 개요를 기술한다.
기타 생물에 대한 확인상황 일람표	새우·게·조개류를 포획하거나 조류의 목격, 사체가 발견되었을 경우, 기타 생물 기록으로 정리한다.

5.2.4. 정리 양식의 작성

사전조사, 현지조사 등의 결과에 근거하여 표 5와 같은 정리 양식을 작성한다.

표 5. 정리 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
양서류·파충류·포유류, 중요 종의 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사 및 해당 현지조사에 의해 확인된 중요 종의 상황에 대해 경년적으로 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 확인상황 일람표	각 조사지구에서 조사시기별로 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 그 확인상황을 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사와 해당 현지조사에 의해 확인된 양서류· 파충류·포유류를 경년적으로 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 종명 변경상황 일람표	기존의 계류 수변조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류의 종명을 변경한 경우, 그 내용을 정리한다.
양서류·파충류·포유류, 확인 종 목록	현지조사에서 확인된 양서류·파충류·포유류에 대해 확인 종의 목록 을 작성한다.
양서류·파충류·포유류, 현지조사 확인 종	현지조사에서 확인된 종에 대해 지금까지 분포가 알려졌지만, 해당 조사에서 확인되지 않은 종이나 중요 종에 대해 정리한다.
해당 조사 전반에 대한 전문가 등의 소견	해당 조사 시에 제시된 전문가 등의 소견을 기입한다.

5.3. 고찰

조사 전체를 통해 파악된 결과가 양서류·파충류·포유류의 양호한 서식환경의 보전을 염두에 둔 계류복원사업에 활용되어야 한다. 이를 위해서는 먼저 해당 사업의 문제점을 추출하고, 자연 환경에 미치는 영향을 분석·평가해야 할 것이다.

특히, 경시적인 비교를 실시할 경우, 계절별로 비교할 것인지, 특정 계절(우화시기 등)에 착안하여 비교할 것인지, 연간 조사결과를 이용하여 비교할 것인지 등에 따라 그 결과가 다르기 때문에 적절한 방법을 선택하도록 한다.



산림용 묘목 저온저장 기술

(묘목 포장·저장·해동·식재)



조 민 석

국립산림과학원 산림기술경영연구소

1. 묘목 저온저장은 왜 필요할까?

최근 기후변화에 따른 기상이변과 지구온난화는 전지구적으로 우리의 생활 전반에 영향을 미치고 있다. 과거와는 달리 나무를 키우며, 숲을 조성하는 임업 현장에서도 많은 어려움에 직면해 있다.

지구온난화의 영향에 의해 봄철 묘목 생산지(양묘장)와 조림지의 기온 차이로 조림지 토양은 녹지 않았지만, 묘목은 조림되기 이전 묘목 생산지에서 생육활동을 시작하고 굴취, 검사, 포장, 식재 과정을 거치면서 스트레스가 가중되어 불량한 품질의 묘목이 발생하고 있는 실정이다.

결과적으로, 애써 키운 묘목들이 조림 이후에도 기상조건에 대한 저항성이 약해져서 조림목 활착과 생장에 영향을 미쳐 현장에서 문제가 발생하고 있는 상황이다. 또한, 겨울철 월동과정

에서도 돌발성 한파, 한건풍 등 기상이변에 의한 묘목의 동해 피해가 빈번히 발생하고 있다.

이러한 기후변화 영향으로 발생하는 양묘 및 조림 현장의 문제를 해결하기 위해 묘목의 저장 관련 포장, 해동, 식재 등의 묘목 수확 후 관리 기술을 소개하고자 한다.

2. 산림용 묘목 저온저장이란?

우량 묘목을 원하는 시기에 조림하기 위해 봄 또는 가을에 생장이 정지된 묘목을 포장하여 저온 저장시설에서 수종별 저장 기간 및 온도 설정에 따라 조림 전까지 저장하는 것을 말한다.

산림용 묘목 저온저장의 장점은 1) 조림 시기 확대 및 조림 성과 향상, 2) 포지 및 온실 이용의 효율성 향상, 3) 월동과정에서 기후변화에

따른 돌발성 묘목 피해 방지, 4) 봄철 양묘장 집중 작업시(묘목 굴취, 검사, 파종 등) 인력 분산

가능, 5) 묘목 포장의 규격화 및 운반의 용이성 향상 등이 있다.



그림 1. 산림용 묘목 저온저장의 장점

3. 산림용 묘목 저장 및 식재

양묘장에서 묘목 생산, 포장, 저장, 해동 과정 후, 산에 식재된다.



그림 2. 산림용 묘목 식재 단계

4. 저온 저장시설

산림용 묘목을 저온저장하기 위해서는 우선 냉장 및 냉동이 가능한 저장 시설이 구축되어야 한다. 저장 기간에 따라 묘목을 냉장과 냉동으로 구분하여 저장할 수 있도록 각각 온도 조절이 가능한 저온 저장고(Refrigerator)를 설치하

는 것이 바람직하다.

일반적으로는 냉각팬을 이용한 강제대류식 저온 저장고가 이용된다. 최근 저장고 천장과 지붕 사이에 냉각팬을 설치하여 직접적인 바람에 따른 묘목 건조 피해를 방지하고 천장에서 온도와 습도를 조절하는 자연대류식 저온 저장고도 이용되고 있다.



그림 3. 강제대류식(좌) 및 자연대류식(우) 저온 저장고

5. 식재 시기에 맞는 저장 계획 수립

묘목 생산 차년도 식재 시기에 따라 저장 계획을 수립해야 한다. 저장 시기(묘목 생산 당년

11~12월, 차년 2~5월) 및 식재 시기(차년 춘기 3~5월, 하기 6~8월) 등에 따라 총 4가지 유형으로 계획을 수립할 수 있다.

표 1. 저장 시기 및 식재 시기에 따른 묘목 저장 계획 수립

식재 시기 (차년)	저장 시기			
	당년 11~12월		차년 2~5월	
춘기(3~5월) 식재	①	4~6개월 냉동(-2~-4℃) 저장	③	~2개월 미만 냉장(1~2℃) 저장
하기(6~8월) 식재	②	~8개월 미만 냉동(-2~-4℃) 저장	④	2~5개월 냉동(-2~-4℃) 저장

하기 식재는 8월까지 가능하나, 7월까지 식재 완료를 권장한다. 후기 식재는 저온저장 묘목을 이용하면 안되며, 반드시 양묘장에서 봄부터 생육이 진행되고 있는 묘목을 식재해야 한

다. 동아(겨울눈)가 형성되어 생육이 정지된 묘목(저장 묘목 등)은 후기 식재하면 안되며, 식재 후 월동을 준비할 수 있는 생육기간(4개월 이상)이 보장되어야 하는 것이다.

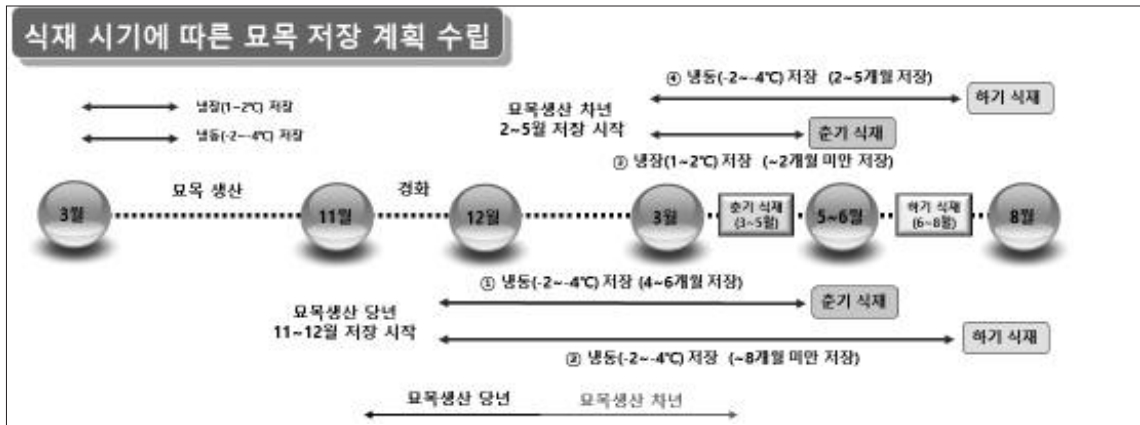


그림 4. 식재 시기에 따른 묘목 저장 계획 수립

5. 묘목 포장

포장 전 묘목은 생육이 반드시 정지되어야 한다. 겨울 저장 시 동아(겨울눈) 형성 완료 후 저장되어야 하며, 봄 저장 시 동아 성장 활동이 시작되기 전 저장되어야 한다.

포장용 상자를 이용하여 내부에 비닐로 이중포장을 실시하며, 묘목 종류, 뿌리분 크기 등에 따라 보호필름으로 소포장이 가능하다. 또한, 포장 상자 표면에 수종, 묘령, 저장 및 출하 일시 등 이력 표기를 한다. 포장 시 묘목이 저온저장고에서 토출되는 찬 바람을 직접 맞지 않도록

록 포장하는 것이 가장 중요하며, 저장 과정 중 곰팡이 피해 방지를 위해 살균제 처리 실시하는 것이 좋다.

6. 묘목 저장

묘목 저장은 기간에 따라 단기 저장(~2개월)은 냉장(1~2℃), 장기 저장(2~8개월)은 냉동(-2~-4℃)으로 구분한다. 산림용 묘목은 8개월까지 저장할 수 있지만, 6개월 이하 저장을 권장한다.

표 2. 저장 시기에 따른 저장 온도 설정

저장 방식	저장 기간	저장 온도
냉장	~2개월 미만	1~2℃
냉동	2~8개월	-2~-4℃

7. 묘목 해동

묘목 해동은 일반적으로 단기 해동 방법을 많이 이용한다. 묘목 해동은 조림 전 1~3일, 상온에서 실시한다. 해동은 3일 이내가 적정, 최대 6일 이내로 해동 후 식재되어야 한다. 묘목 해동은 반드시 조림지 인근 직사광선을 피할 수 있는 그늘에서 이루어져야 하며, 해동 시 포장 상자를 개방하여 묘목이 통풍이 가능하도록 해

주어야 한다. 또한, 저장 기간 동안 눅혀있던 소포장(묶음) 묘목을 위로 세워준다.

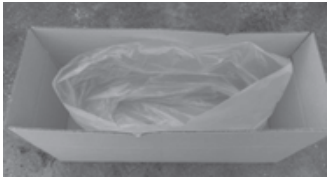
조림 시기별 저장 기간 및 온도 기준 구명, 수종별 묘목 포장 및 해동 방법 제시, 저온저장 시설(냉장, 냉동) 구축 등의 통한 주요 산림용 묘목 저온저장 체계 확립으로 기후변화 대응 묘목 품질 향상 및 조림성과 제고를 기대할 수 있을 것이다.

표 3. 산림용 묘목 저장 및 식재 기준

구분	시기	산림용 묘목 저장 및 식재 기준											
묘목생산	3~11월	묘목 생산지(포지, 온실)에서 조림목 생산											
경화	11~12월	겨울 묘목 저장 전 경화 처리를 1개월 실시 ※ 봄 묘목 저장 시 경화 단계 생략 가능											
계획 수립 (저장·식재)	12월~	- 저장 시기 : 묘목생산 당년 11~12월, 차년 2~5월 저장 구분 - 식재 시기 : 차년도 춘기(3~5월), 하기(6~8월) 식재 구분 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">식재 시기 (차년)</th><th colspan="2">12월~</th></tr> <tr> <th>당년 11~12월</th><th>차년 2~5월</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>춘기(3~5월) 식재</td><td>① 4~6개월 냉동(-2~-4℃) 저장</td><td>③ ~2개월 미만 냉장(1~2℃) 저장</td></tr> <tr> <td>하기(6~8월) 식재</td><td>② ~8개월 미만 냉동(-2~-4℃) 저장</td><td>④ 2~5개월 냉동(-2~-4℃) 저장</td></tr> </tbody> </table> - 하기 식재는 8월까지 가능하나, 7월까지 식재 완료 권장 - 추기 식재는 양묘장에서 봄부터 생육이 진행되고 있는 묘목을 식재 - 동아가 형성되어 생육이 정지된 묘목(저장 묘목 등)은 추기 식재 불가 ※ 식재 후 월동을 준비할 수 있는 생육기간(4개월 이상)이 보장되어야 함	식재 시기 (차년)	12월~		당년 11~12월	차년 2~5월	춘기(3~5월) 식재	① 4~6개월 냉동(-2~-4℃) 저장	③ ~2개월 미만 냉장(1~2℃) 저장	하기(6~8월) 식재	② ~8개월 미만 냉동(-2~-4℃) 저장	④ 2~5개월 냉동(-2~-4℃) 저장
식재 시기 (차년)	12월~												
	당년 11~12월	차년 2~5월											
춘기(3~5월) 식재	① 4~6개월 냉동(-2~-4℃) 저장	③ ~2개월 미만 냉장(1~2℃) 저장											
하기(6~8월) 식재	② ~8개월 미만 냉동(-2~-4℃) 저장	④ 2~5개월 냉동(-2~-4℃) 저장											
포장	저장 전	- 포장 전 묘목 생육이 반드시 정지되어야 함. ※ 겨울 저장 시 동아(겨울눈) 형성 완료 후 저장 ※ 봄 저장 시 동아 생장 활동이 시작되기 전 저장 - 포장용 상자를 이용하여 내부에 비닐로 이중 포장 - 묘목 종류, 뿌리분 크기 등에 따라 보호필름으로 소포장 가능 - 포장 상자 표면에 수종, 묘령, 저장 및 출하 일시 등 이력 표기 ※ 포장 시 묘목이 저온저장고에서 토출되는 찬 바람을 직접 맞지 않도록 포장 ※ 저장 과정 중 곰팡이 피해 방지를 위해 살균제 처리 실시											

구분	시기	산림용 묘목 저장 및 식재 기준		
저장	12~8월	● 저장은 기간에 따라 냉장(1~2℃)과 냉동(-2~-4℃)으로 구분		
		저장 방식	저장 온도	저장 기간
		냉장	1~2℃	~2개월 미만
		냉동	-2~-4℃	2~8개월
		※산림용 묘목은 8개월까지 저장할 수 있지만, 6개월 이하 권장		
		● 저온저장고를 이용하여 저장 실시		
해동	3~8월	● 조립 전 1~3일, 상온에서 해동 실시 ※해동은 3일 이내가 적정, 최대 6일 이내로 해동 후 조립 실시 ● 조립지 인근 그늘, 포장 상자 개봉, 소포장 묘목은 세워춤 ※ 직사광선은 피하며, 상자가 통풍 가능하도록 개봉		
식재	3~8월	● 식재 계획에 따라 춘기(3~5월), 하기(6~8월) 식재 실시		

표 4. 묘목 포장 요령

구분	요령	관련 사진
포장 재료 준비	- 상자, 이중 포장 비닐, 보호필름 등 ※ 코팅된 상자는 비닐 이중 포장 생략 가능	
소포장	- 보호필름을 이용하여 뿌리분 부분 결속 ※ 묘목 종류, 뿌리분 크기 등에 따라 생략 가능	
상자 포장 (용기묘)	- 포장 상자 내부에 이중 포장 비닐 설치 - 묘목의 뿌리분을 박스 양쪽으로 향하게, 묘목 또는 소포장(묶음)을 쌓아서 포장 ※ 비닐은 환풍이 가능하게 밀봉하지 않음 ※ 저장 과정 중 곰팡이 피해 방지를 위해 살균제 처리 실시	
종이 포장 (노지묘)	- 포장용 종이를 이용하여 포장 ※ 뿌리 부패 억제, 적정 수분 유지를 위해 보습제(hydrogel) 처리 가능 ※ 저장 과정 중 곰팡이 피해 방지를 위해 살균제 처리 실시	

※ 묘목이 저온저장고에서 토출되는 찬 바람을 직접 맞지 않도록 포장을 반드시 실시

※ 포장 재료는 상자(종이, 플라스틱 등), 종이, 부직포 등을 사용할 수 있으며, 재료의 코팅(불투수성) 처리의 경우 이중포장을 생략할 수 있음.

표 5. 묘목 해동 요령

올바른 해동 방법	잘못된 해동 방법
	
• 조림지 인근 그늘 밑 장소 • 통풍이 가능하게 포장을 개방	• 조림지 인근 직사광선 장소 • 포장을 개방하지 않음

※ 해동 시 고려 사항

- 해동 장소는 직사광선을 피할 수 있는 그늘로 선정
- 해동 시 박스 개방(통풍 가능하도록)
- 저장기간 동안 눕혀있던 소포장을 위로 세움(묘목을 세워줌)



「산림빅데이터 플랫폼」 성과와 향후 발전방안



조 현 국

한국임업진흥원 산림정보·통계서비스 본부

한국임업진흥원에서는 2019년부터 「빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업」에 참여하여 산림분야의 데이터를 수집·생산·분석·활용·거래하는 한편, 데이터 경제 활성화를 위한 D.N.A(Data-Network-AI)기반의 데이터 생태계 조성사업을 추진하고 있다. 본고에서는 산림 빅데이터 플랫폼의 지난 2년간의 활동을 소개하고, 지금까지의 성과와 향후 계획에 대하여 살펴본다.

1. 빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업의 개요

「빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업」은 데이터 경제 활성화를 위한 디지털 뉴딜 정책의 핵심 사업으로 공공과 민간이 협력하여 양질의 데이터를 수집·생산·가공·분석·활용·유통하고 지능화된 서비스를 창출하는 것을 목표로 한다.

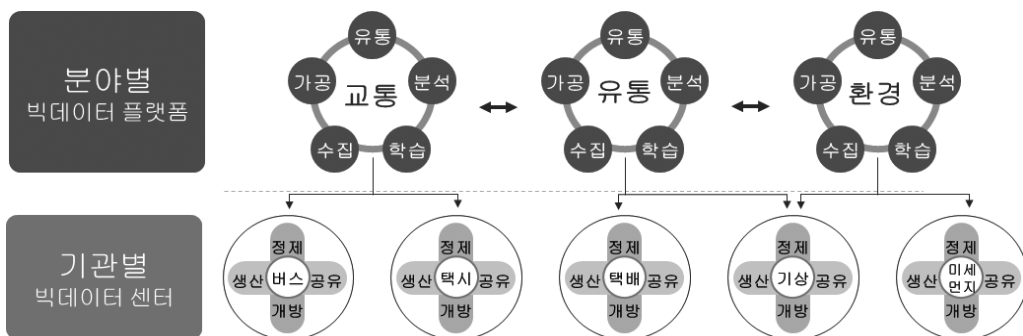


그림 1. 빅데이터 플랫폼·센터 개념도

이 사업에서 빅데이터 플랫폼은 개별 산업 또는 특정 목적을 위해 복수의 빅데이터 센터로부터 데이터셋을 구축하고 유통기반을 제공하는 역할을 하며, 데이터의 구축·개방·활용이 가능한 개별 기관을 빅데이터 센터로 지정하여 데이터 가공 및 생산을 지원한다. 또한 빅데이터 네트워크를 통하여 서로 다른 분야의 빅데이터 플랫폼을 연계하여 이중 데이터의 원활한 유통 및 결합을 지원하는 체제로 되어있다.

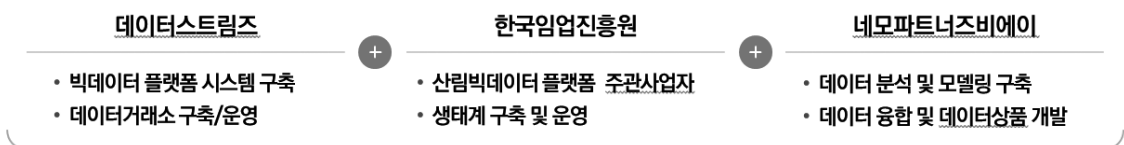
2019년도에 산림분야를 포함한 금융, 환경, 문화, 교통, 헬스케어, 유통, 통신, 중소기업, 지역경제분야 등 10개의 플랫폼과 100개의 센터 구축을 완료하였으며, 이용자가 한 곳에서 10개 플랫폼의 데이터를 쉽게 검색하고 활용할 수 있는 통합 데이터지도(bigdata-map.kr) 서비스를 개시하였다. 2020년에는 추경으로 농식품, 해양수산, 라이프로그, 스마트치안, 소방안전, 디지털산업혁신분야의 6개 플랫폼과 50개

센터를 구축하였다. 2021년도에는 빅데이터 센터 30개를 추가 선정하며, 향후 2025년도까지 약 30여개 플랫폼 구축을 목표로 하고 있다.

2. 산림빅데이터 플랫폼의 구성

산림빅데이터 플랫폼은 “산림 빅데이터를 활용한 혁신서비스 창출로 국민행복 실현”이라는 비전으로 설정하고, 산림 빅데이터 플랫폼 구축을 통한 혁신서비스 사업 발굴을 통하여 산림 분야혁신성장과 일자리 창출이라는 목표를 달성할 수 있도록 참여자를 구성하였다. 이를 위하여 산림분야를 산림자원관리 혁신, 산림휴양·복지 시장 창출, 산림재해안전 강화의 세 개 분야로 구분하고 분야별로 최적의 시너지를 낼 수 있도록 플랫폼을 구성하였다. 그 결과 한 국임업진흥원이 플랫폼 주관사업자의 역할을

빅데이터 플랫폼



빅데이터 센터



그림 2. 산림빅데이터 플랫폼 구성도

하고, 빅데이터 플랫폼 시스템 구축과 데이터저
래소 구축·운영, 데이터 분석 및 모델링, 데이
터 융합 및 데이터상품 개발을 위한 전문기관이
플랫폼 사업자로 참여하였다. 또한 산림자원,
휴양, 산림재해 분야의 전문기업 11개 기관이
센터로 참여하게 되었다.

3. 산림빅데이터 플랫폼의 주요 활동

빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업의 내용은
크게 데이터 수집·분석체계 구축, 데이터 가공
·융합, 데이터 유통·거래체계 운영, 데이터 혁
신 생태계 조성, 네트워크 구축 활성화 등 다섯
가지로 구성되어 있다.

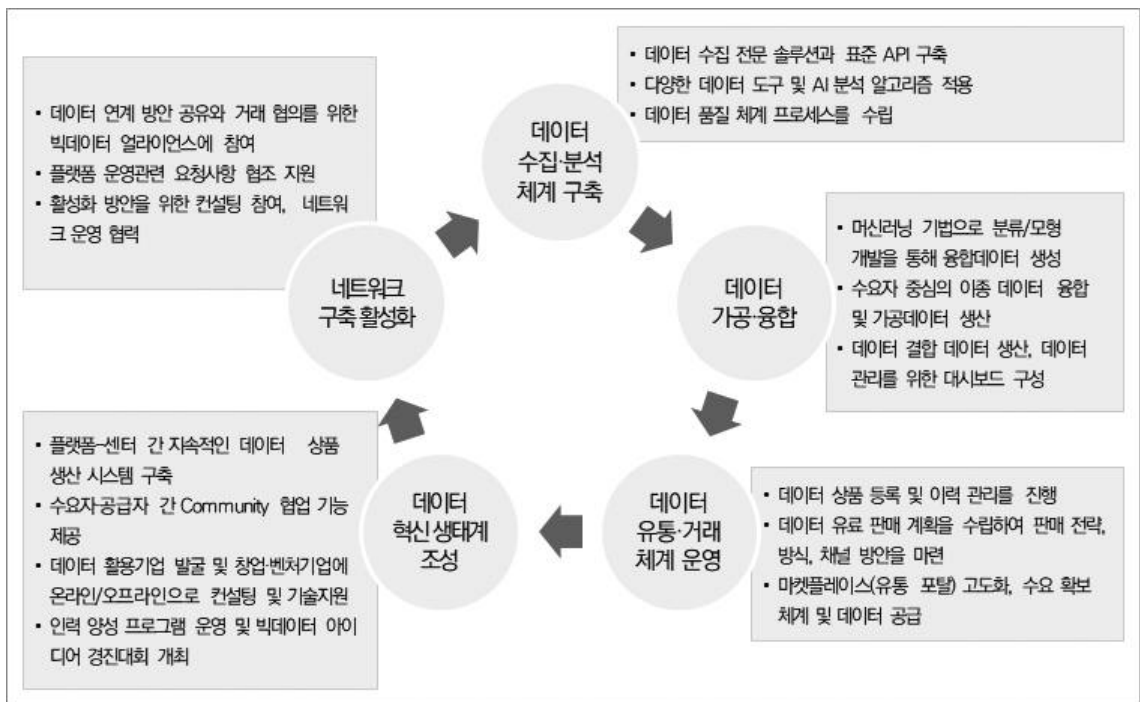


그림 3. 빅데이터 플랫폼의 주요 내용

이러한 내용을 바탕으로 민간에서 제공하는 클라우드를 기반으로 플랫폼을 구축하였다. 10개 센터 및 1개 전문센터에서 수집되는 전체 데이터에 대하여 사전에 구축된 프로세스를 적용하여 단계별로 수집·저장, 분석, 유통에 활용할 수 있도록 구축하였으며, 산림청, 기상청 등 연계기관에서 필요한 자료를 확보하여 산림빅

데이터 플랫폼에 필요한 데이터 및 혁신서비스 제공할 수 있도록 하였다(그림 4).

3.1. 데이터 수집·분석체계 구축

3.1.1. 데이터 수집·저장 및 분석

양질의 데이터를 생산, 구축하고 데이터 융합,



그림 4. 산림빅데이터 플랫폼 시스템 구성 체계도

활용 및 확산을 효율적으로 지원할 수 있도록 데이터 표준화 및 품질확보를 위한 모니터링 체계를 추진하였다. 데이터 수집·저장을 위하여 센터 및 플랫폼 참여기관, 개방데이터 등을 안정적으로 수집하고 저장 운영할 수 있도록 연계환경 및 저장방식 등의 표준체계를 구축하였다. ESB(Enterprise Service Bus) 연계 기술을 활용하여 센터 및 플랫폼 간 메타데이터 및 로우데이터를 자동 수집되게 하였다. 이를 통하여 다양한 형태의 정형, 비정형, 반정형 등의 데이터를 수집가능하게 하였으며, 수집된 데이터는 하둡 또는 정형 DB 등의 저장 인프라를 활용하여 적재 관리하였다.

데이터 수집 연계 모니터링을 위하여 시간 모니터링 도구(IMC)를 제공하여 데이터의 최초 전송 순간부터 수신상태, 연계구간 상태정보 등

전 과정을 모니터링 하였다.

정형·비정형·반정형 데이터와 같은 다양한 형태의 데이터를 분석할 수 있도록 R, Python, Spark, Pig/Hive 등의 분석도구를 플랫폼에서 제공하였으며, 내외부 사용자에게 접근권한을 달리하여 분석환경을 제공하였다. 센터 및 플랫폼에 소속된 내부 사용자를 위하여 데이터 가공·분석 및 서비스 개발 등에 활용할 분석환경 제공하였다. 사용자가 빅데이터 분석환경을 신청하면 관리자에 의해 자원과 데이터 접근 권한에 따라 해당 데이터를 생성하여 제공한다.

스타트업, 대학, 개발자 등 외부 사용자가 플랫폼에서 제공하는 데이터를 시험 분석하여 데이터의 활용성 등을 확인할 수 있도록 공개용 분석환경 제공하였다. 원천 데이터의 보안을 확보하기 위해 망 분리를 통해 DMZ 구간에 분

석환경 마련하고 지원하였다. 외부 사용자는 DMZ 구간의 분석환경을 활용하여 제공된 샘플 데이터셋 및 구매데이터에 대해서만 분석 권한을 부여하였다.

3.1.2. 데이터 표준화 및 품질관리 체계

양질의 데이터를 생산구축하고 데이터 융합 및 활용 확산을 효율적으로 지원할 수 있도록 데이터 표준화 및 품질관리체계를 구축하였다. 데이터를 체계적으로 수집·관리·활용 할 수 있도록 메타데이터, 데이터 카탈로그, 연계관련 키 등 표준화 요구사항을 발굴하여 적용하였다. 메타데이터 분류체계 및 메타항목(데이터 속성), 표현규격(속성), 메타 항목에 대한 설명 등을 제시하였다. DCAT v2를 이용하여 센터-플랫폼, 플랫폼-플랫폼 간 메타데이터 연계를 위한 데이터 카탈로그 표준화 하고, 센터에서 수집되는 데이터의 연계 융합을 위하여 연계키(좌표, 주소 등)에 대한 표준을 마련하였다.

데이터 품질 개선활동을 통한 품질수준 향상을 위해 4회에 걸쳐 진단을 실시하고 데이터품질지표 DQI (완전성, 유효성, 정확성, 유일성, 일관성 등)을 관리하였다. 또한 업무규칙(Business Rule)을 정의하고 SQL을 통한 업무규칙을 설정하였으며, 데이터 프로파일링(패턴분석, 컬럼분석, 날짜분석 등)을 통한 데이터의 값, 구조 등에 대한 데이터 품질을 측정하였다. 품질 검증과정에서 발생한 오류데이터를 분석하여 그 원인을 파악한 후, 개선계획을 수립하여 실천하는 일련의 과정을 관리하여 데이터의 품질

수준을 확보 할 수 있었다.

3.2. 데이터 가공·융합

플랫폼으로 수집되는 원본데이터들을 개방하거나 상품으로 판매하기 위해서는 연계·가공 과정이 필요하다. 데이터 수요 기업들은 데이터 처리 인프라 및 인력이 없는 경우가 많으므로 데이터를 가공하여 사용자가 활용 목적에 맞게 바로 사용할 수 있는 형태로 제공할 필요가 있다. 서로 다른 형태로 정의된 두 데이터를 결합할 때, 예를 들어 한 데이터는 주소 단위로 다른 단위는 좌표단위로 구성된 경우 동일한 단위(주소 혹은 좌표)로 데이터 변환 후 통합이 필요한 것이다.

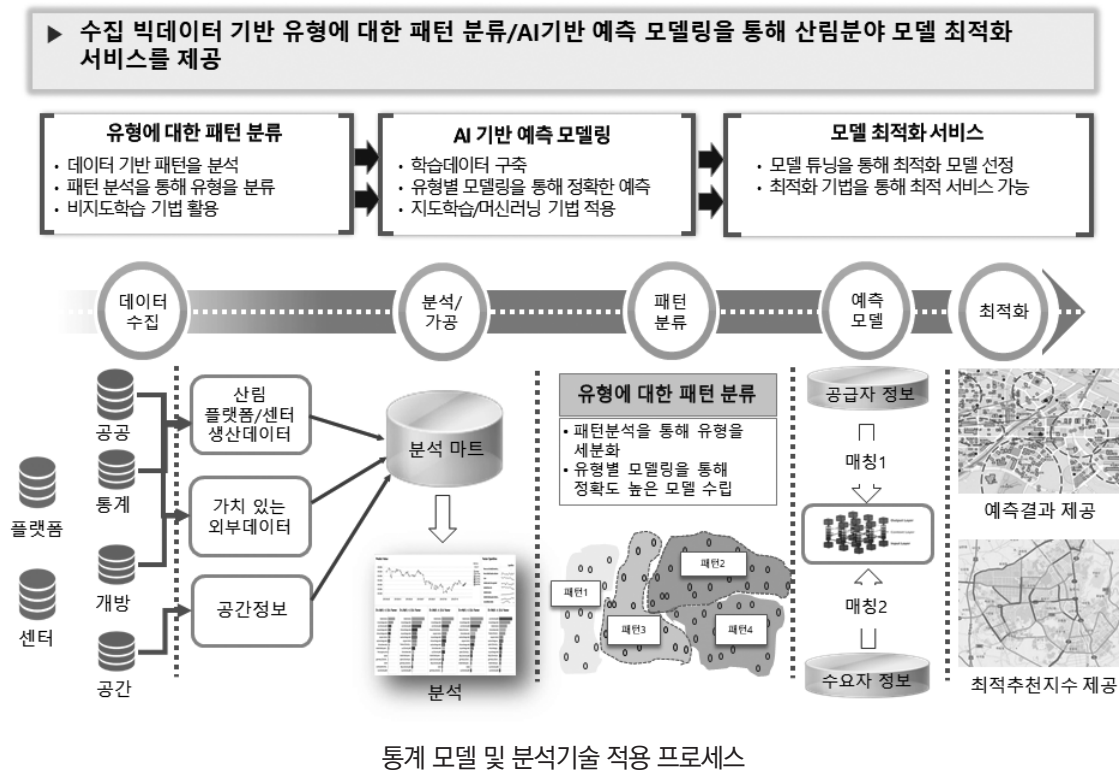
수집된 데이터가 서비스나 분석에 활용할 수 있기 위해서는 일정수준 이상의 품질이 보장되어야 한다. 만약 데이터에 오류가 있거나 불완전 할 경우 이를 보완하여 사용하여야 한다. 데이터 보완 작업에는 통계적 기법이나 데이터 가공기법이 활용된다.

융합데이터를 정의하기 위해 데이터 측면(귀납접근)에서 출발하는 방법과 비즈니스 측면(연역접근)에서 출발하는 방법을 융합함으로써 최대 가치(수요자 판매 포인트)를 발굴하였다. 데이터의 원천·특성·유형을 정의하여 연계 구축하였으며, 비즈니스 측면과 데이터 측면으로의 접근으로 니즈 발견하고 데이터 융합을 통해 새로운 가치를 창출하였다.

융합데이터셋의 사례로는 임업진흥원이 보유

한 임산물 재배적지 정보, 경영 및 생산정보, 유통 및 시장정보와 외부데이터인 임산물 수출입 정보, 웹/SNS 언급정보를 융합하여 임산물 재배 최적 지수 및 출하시기 지원 서비스를 개발하여 서비스함으로써 임업인들의 소득증대, 귀산촌인 의사결정지원, 임산물의 고부가가치 창출, 지역시장 활성화, 임산물의 소비활성화에 기여하였다.

또한 수집된 빅데이터를 이용하여 통계 모델 및 유형에 대한 패턴 분류, AI기반 예측 모델링을 통해 산림분야 모델 최적화 서비스를 제공하였다. 이 과정은 산림 플랫폼 데이터와 가치 있는 외부데이터, 공간정보 등을 융합한 후 분석 가공하여 패턴분류, 예측모델, 최적화 순으로 진행되었다.



3.3. 데이터 유통·거래 체계 구축

수요자 중심으로 연관검색 기술 등을 활용하여 데이터를 쉽게 검색하고 맞춤형 데이터를 찾아 활용 할 수 있도록 하기 위하여 산림데이터 유통거래 활성화 지원하였다. 양질의 상품 데이

터 제공, 유통거래 편의성 강화, 데이터 품질 및 투명성 확보를 목표로 각 부문별 구현 요건을 도출하여 적용하였다. 수요자가 원하는 데이터 상품을 쉽게 구매하고 활용하는데 필요한 상품 정보, 판매방식, 기술지원, 이용약관 등 유통거

래 지원 체계를 마련하였다.

3.3.1. 데이터 상품 유형 구분

데이터 상품을 원천 데이터, 가공·융합 데이터, 분석 데이터, 서비스를 위한 API 데이터로 구분하여 관리하였다. 원천 데이터는 각각의 데이터 수집 시스템을 통해 생성되어 새로운 형태의 데이터로 전환되거나 가공되지 않은 원래의 원시데이터(raw-data)를 말하며, 가공·융합 데이터는 수집된 원천 데이터를 데이터 클리닝, 머지, 필터링 등의 가공·융합기술을 사용하여 1차 가공, 재가공, 융합된 데이터를 의미한다. 분석 데이터는 가공·융합 데이터를 분석 도구(R, Python, SaS 등)를 활용하여 분석된 결과 데이터를 의미한다.

3.3.2. 유통망 확대

유통데이터 판매 전략으로 기존 플랫폼과의 연계 판매, 외부 유통채널을 활용한 판매 등 전방위적 채널을 구축 추진하였다. 1차로 빅데이터 플랫폼과 상호연동을 통하여 산림 데이터를 필요로 하는 플랫폼, 센터 등에 공급하였으며, 2차로 K-DATA, SK텔레콤(데이터스토어), 민간 거래소(검색 포탈 포함) 등 외부 유통채널의 주관기관과의 업무제휴를 추진하였다.

3.3.3. 데이터 판매전략 및 가격정책

데이터 수요 대상 (공공, 스타트업, 일반, 학술 등), 사용목적(영리, 비영리 등) 등을 고려하여 수립된 데이터 유·무상 제공 정책으로 적용

하였다. 공공 및 연구소·대학 등 학술연구, 통계 등의 연구목적인 경우 사업 범위 내에서 생성된 데이터는 조건부 무상으로 제공하였으며, 민간기업의 수익을 목적으로 하는 경우 유상으로 제공하였다. 단, 스타트업의 경우 사업화 안정화 전 또는 일정기간 까지 무상으로 제공하였다. 유상으로 데이터를 제공 할 경우 가격 산출식을 공개하여 가격의 투명성을 제고하였다.

$$\text{상품가격} = \frac{(\text{원가} + \text{가공비용} + \text{이익} + \text{제경비} + \text{수수료}) \times \text{데이터가치}}{\text{목표판매건수}}$$

※ 단, 각 원가 및 가공비용은 데이터 생산기업의 영업비밀이므로 비공개

3.3.4. 데이터 유통 거래 적정성 평가 위원회

데이터의 가치평가 및 데이터 원가를 기반으로 데이터상품 가격 및 수익배분 정책 등 결정하기 위하여 데이터 유통 거래 적정성 평가 위원회를 운영하였다. 평가단의 구성은 한국임업진흥원, 빅데이터 플랫폼 사업자, 거래소 사업자, 데이터 공급 센터별 담당자로 구성하고 사안별로 빅데이터 관련 협단체 등 전문가로 구성하였다.

3.3.5. 유통·거래 시스템 구축

데이터 유통거래 전 단계를 지원하는 원스탑 서비스를 목표로 상품데이터 관리, 데이터 검색, 조회, 계약, 구매, 결제, A/S, 교환, 사용자 관리 등 절차 마련하고, 산림빅데이터 거래소 (<https://www.bigdata-forest.kr/>) 및 산림

빅데이터 시각화 포털(<https://gis.forestdata.kr/>)을 통하여 손쉽게 데이터를 활용할 수 있게 하였다. 특히 데이터 맵을 통한 시각화 기능 제공하여 사용자가 상품데이터를 카테고리별 검색할 수 있도록 데이터 분류체계를 정의하고 설

계하였다. 만약 수요자가 필요로 하는 데이터가 없을 경우, 시스템에 등록 요청하여 공급업체에게 제공할 수 있는 기능 추가하였다. 거래 이력 관리를 통하여 투명한 거래 및 추적 관리가 가능하도록 하였다.

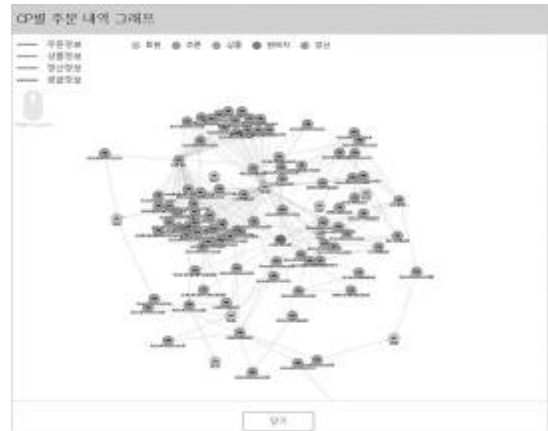


그림 2. 산림빅데이터 거래소 및 산림빅데이터 시각화 포털

3.3.6. 유통촉진 프로모션

산림빅데이터 플랫폼에서 구축된 데이터의 활용을 촉진하여 신시장을 창출하기 위하여 단계적으로 시장형성 전략을 추진하였다.

먼저 산림빅데이터 플랫폼 인식도 제고 및 데이터 수요계층을 사전에 파악하기 위하여 공무원, 공공기관, 학계, 민간기업 등 관심 있는 모든 사람들을 대상으로 설명회를 개최하였다. 설명회에서는 산림빅데이터 플랫폼 및 센터를 소개하고, 보유하고 있는 데이터에 대하여 설명하여 산림빅데이터 플랫폼의 인식도 제고 및 수요계층 사전 파악할 수 있는 성과를 얻었다(116명 참석·홍보).

이어서 데이터 수요기업 발굴 및 수요자의구

체적인 요구사항 파악하기 위하여 설명회를 통해 발굴된 산림빅데이터에 관심이 많은 기업을 대상으로 데이터 로드쇼를 개최하였다. 로드쇼에서는 수요기업과 공급기업의 1대1 맞춤형 상담과 수요자 맞춤형 홍보가 이루어 졌으며, 수요자의 구체적 요구사항을 파악하여 48개사의 수요기업 발굴할 수 있었다.

또한, 데이터 시장 및 생태계조성에 공동 대응하기 위하여 산림, 환경, 교통, 유통소비 등 4개 분야의 빅데이터 플랫폼이 연합체를 구성하여 각 플랫폼의 생산데이터 및 수요기업을 공유하고 플랫폼간 협업사항을 도출하는 등 기업네트워킹을 실시하였다. 이를 통하여 70개의 협력업체를 발굴하여 데이터 시장 및 생태계 조성

공동 대응하였다.

데이터 거래·유통 활성화를 위하여 기업네트워킹을 통하여 구성된 기업들과 공동으로 구매상담회를 개최하여 데이터 구매의향이 있는 수요기업과 공급기업사이에 1대1 구매상담을 실시하고 데이터 홍보 및 판매를 실시하는 등 구매계약을 지원하였다(상담 30회, 계약11社, 매출 89백만원).

3.4. 데이터 혁신 생태계 조성

빅데이터의 활용을 위한 저변확대를 위하여 빅데이터 활용 교육, 과제발굴 및 실무역량 강화를 위한 해커톤 개최 및 사업화 아이디어 발굴을 위한 아이디어 경진대회 등을 개최하였다.

빅데이터 활용 교육은 기초반과 심화반으로 구분하여 기초반 이수자를 대상으로 심화반을 운영함으로써 내실 있는 교육성과가 창출되도록 하였다.

이를 통하여 빅데이터 활용 전문인력 111명 신규양성할 수 있었다.

해커톤은 빅데이터 활용 교육 이수자의 과제 발굴 및 실무역량 강화를 위하여 빅데이터 및 창업관련 전문가의 참여하에 과제도출, 멘토링 및 기술지원, 우수사례 발굴, 의견수렴 등의 순서로 진행되었다. 이를 통하여 문제해결 우수사례 7건을 발굴하여 시상하였다.

사업화 아이디어를 발굴하는 경진대회를 개최하여 산림 및 타 분야 융합데이터 기반 창업·사업화 아이디어 5건 발굴하였다. 대상을 수상한 팀에게 NIA가 주관하는 전체 플랫폼 통합 아이디어 경진대회에 진출 할 수 있는 기회를 부여하고 전문가를 통하여 사후 컨설팅을 실시하여 10대 분야 빅데이터 플랫폼 통합 아이디어 경진대회에서 대상을 수상하는 성과를 얻었다.

산림빅데이터 유통촉진 프로모션 추진

☑ 산림빅데이터 신시장 창출을 위한 단계적 시장형성 전략 추진

1	설명회	2	로드쇼	3	기업네트워킹	4	구매상담회
목적	산림빅데이터 플랫폼인식도 제고 및 데이터 수요계층 사전 파악	데이터 수요기업 발굴 및 수요자의 구체적인 요구사항 파악	데이터 시장 및 생태계 조성 공동 대응	데이터 거래·유통 활성화			
대상	공무원, 공공기관, 학계, 민간기업 등 관심 있는 모든 사람	설명회를 통해 발굴된 산림빅데이터에 관심이 많은 기업	4개 빅데이터 플랫폼을 연계(산림, 환경, 교통, 유통·수해)	데이터 구매의향이 있는 수요기업			
내용	① 산림빅데이터 플랫폼 소개 ② 보유데이터 설명	① 수요기업-공급기업 1대1 맞춤형 상담 ② 수요자 맞춤형 홍보	① 데이터 수요기업 교류 ② 생산 데이터 공유 ③ 협업 시장 도출	① 수요기업-공급기업 1대1 구매상담 ② 데이터 홍보 및 판매			
효과	인식도 제고 및 수요계층 사전 파악 (11개관 참석·홍보)	수요기업 발굴 및 수요자의 구체적인 요구사항 파악(44사 발굴)	데이터 시장 및 생태계 조성 공동 대응(7개 컨설팅)	구매계약 체결 (5건 30회, 계약11사, 매출 89백만원)			

3.5 네트워크 구축 활성화

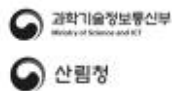
효율적인 플랫폼 운영과 의미있는 성과를 창출하기 위하여 플랫폼 내외부와 협력하는 네트워크를 구축하여 운영하였다. 플랫폼 내부 네트워크로는 산림빅데이터 플랫폼 분과위원회를 구성하여 합리적이고 효율적인 의사결정 체계 구축하였다. 데이터 발굴 및 가격산정, 유통 촉진 및 수익배분, 스타트업 및 혁신서비스 개발, 플랫폼 운영 등과 관련된 문제들을 플랫폼 및 센터에 참여한 기업 및 외부 전문가 등의 토론과 협의를 통해 제기된 현안별 맞춤자문 확보할 수 있었다.

외부적으로는 산림, 유통소비, 환경, 교통플랫폼의 플랫폼 연합체(빅스퀘어 유니온)을 구성하여 보유자원 공유 및 사업협업 추진을 통한 생산데이터 공유, 유통 활성화 촉진 및 각종 행

사를 공동으로 추진하였다. 이를 통하여 유관기관과의 협력체계 구축을 통한 보유자원 공동 활용기반을 마련하고 빅데이터 생태계 조기 정착을 위한 효율적인 협업 추진할 수 있었다.

또한 10개의 빅데이터 플랫폼의 협력 네트워크 참여 및 공동 추진 사항 대응을 위한 연합체인 빅데이터 플랫폼 얼라이언스에 참여하여 데이터 얼라이언스 및 실무협의회에 참여 등 분과별 주요 안건 협의 및 발전 방안 수립하였다. 빅데이터 플랫폼 얼라이언스의 분과위원회를 통하여 성과관리, 품질표준화, 정책제도 등에 관한 분과별 주요 안건 논의하여 효율적이고 통일된 빅데이터 플랫폼사업이 진행 될 수 있도록 지원하였다.

NIA 한국정보화진흥원



한국임업진흥원



BigSquare Union
Beyond innovation

- 산림빅데이터 플랫폼 (한국임업진흥원)
- 환경빅데이터 플랫폼 (한국수자원공사)
- 유통소비빅데이터 플랫폼 (매일경제신문)
- 교통빅데이터 플랫폼 (한국교통연구원)

4. 주요 성과와 평가

산림빅데이터 플랫폼은 「빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업」 전체 플랫폼 사업지를 대상으로 기관 유형에 따라 설정된 성과평가지표를 반영하여 실시되었다. 빅데이터 플랫폼의 성과평가체계는 정량지표 3개와 정성지표 6개로 구성

되어 있으며, 평가의 객관성 확보를 위해 그룹별 외부전문가 7명으로 평가위원회를 구성하고 기관별 보고서, 발표 및 주요 서비스 시연을 진행하여 평가하였다. 정량평가 지표는 데이터 이용 기업, 유통거래 매출액, 이용자 만족도 등으로 이루어져 있으며, 정성평가 지표는 활용 우수사례, 플랫폼 구축 및 기능 개선, 데이터 품질

제고, 플랫폼 발전전략, 혁신서비스 개발, 네트워크 활성화 기여 등으로 구성되었다. 정량평가는 사업 수행 기간 종료 후 확정된 기관별 실적을 기준으로 성과평가지표에 정의된 산식에 따라 점수를 산출하였다. 정량평가 점수와 평가위원의 정성평가 점수를 합계하여 최종결과에 반영되었으며, 그 결과를 점수에 따라 최우수-우수-양호-보통-미흡-불성실 실패의 단계로 평가하였다. 우수등급을 획득하였다.

1차년도는 구축 년도로 플랫폼 별 성과평가 결과분포가 양호에 집중되었으나, 2차년도는 사업운영 측면에서 성과 차이가 발생하여 성과평가결과 분포가 다양해진 특성을 보인다. 산림빅데이터 플랫폼은 '19년 양호등급에서 '20년 우수등급으로 상향되었으며, 우수등급을 받은 플랫폼은 '21년도 사업에서 정부 지원 예산 증액이 가능한 자격을 획득하였다. 2020년 산림빅데이터 플랫폼의 주요 성과는 아래와 같다.



5. 「산림빅데이터 플랫폼」의 향후 발전방안

「빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 사업은 데이

터경제 활성화를 위한 마중물 역할을 기대하며 3년간 정부예산을 지원하는 것으로 계획되었다. 따라서 2021년인 올해가 마지막 해이며, 2022년부터는 별도의 예산지원 대책이 확정되

지 않고 있다. 따라서 현재 떠오르고 있는 최대의 현안 이슈는 “지속가능한 플랫폼 운영을 위한 자생력 확보”이며, 산림플랫폼의 자생력 확보를 위한 발전전략의 구체화가 필요한 시점이라고 할 수 있다.

빅데이터 플랫폼은 주관사업자를 기준으로 공공과 민간유형으로 구분 할 수 있다. 해당 플랫폼이 민간 대상 비즈니스 성격이 높은 경우인 민간유형의 플랫폼은 소상공인이나 기업의 비즈니스 목적의 유료데이터가 상대적으로 많으며, 수요자의 니즈에 따라 해당 데이터를 융합하여 맞춤형 데이터를 제공하고 있다. 그러나 공공유형의 플랫폼은 공공의 이익을 우선시 하는 기관의 특성상 공공재적 성격의 데이터들이 다수 존재하며 무료 데이터가 유료 데이터보다 상대적으로 많은 실정이므로 지체적으로 자생력을 갖추기에는 여러 가지로 어려움이 많다.

산림빅데이터 플랫폼의 경우에도 공공유형의 플랫폼으로 분류될 수 있으므로 자생력을 확보하기에는 여러 가지 제약이 존재하나, 자생력 확보를 위하여 다양한 노력을 하고 있다. 우선 주무부처인 과학기술정보통신부와 산림청 등과 협의하여 후속조치를 마련 할 수 있도록 노력하고 있으며, 동시에 산림빅데이터 플랫폼 자체적으로도 할 수 있는 방안의 모색이 필요하다.

우선 2020년 7월 발표된 「한국판 뉴딜 종합계획」과 연계하여 사업을 발굴할 필요가 있다. 한국판 뉴딜은 경제 전반의 디지털 혁신과 역동성을 확산하기 위한 ‘디지털 뉴딜’과 친환경 경

제로 전환하기 위한 ‘그린 뉴딜’을 두 축으로 하고, 취약계층을 두텁게 보호하기 위한 ‘안전망 강화’로 구성되어 있다. 빅데이터 플랫폼 사업도 디지털 뉴딜의 핵심적인 내용에 포함되어 있으며, 디지털 전환을 위한 다양한 사업들이 추진되고 있다. 뿐만 아니라 그린 뉴딜과 관련하여 탄소중립과 관련된 여러 가지 사업들도 추진된다. 따라서 산림빅데이터 플랫폼의 경우 ‘디지털 뉴딜’과 ‘그린 뉴딜’을 아우르는 동시에 산림청의 정책을 지원하기 위한 추진과제를 도출하고자 노력하고 있다.

내부적으로는 산림빅데이터 플랫폼 발전전략의 구체화가 필요하다고 하겠다. 단순 데이터 매출 및 일자리 창출 실적 외에 산림빅데이터 플랫폼의 직·간접 파급효과를 분석하여 새로운 사업 발굴에 대처 할 필요가 있다. 또한 산림빅데이터 플랫폼과 타 플랫폼과의 차별성을 강화하여 산림빅데이터 플랫폼의 정체성과 효용성을 강화하고, 다른 한편으로는 플랫폼과의 협업을 강화하여 시너지를 창출하는 방안을 강구하여야 한다.

마지막으로 산림청 정책을 효과적으로 지원하고 산림빅데이터 플랫폼의 차별화 및 시너지 창출을 위해 흩어져 있는 데이터를 결합 가공하여 정보생산 및 가치창출을 할 수 있는 자체 데이터 분석전문가를 육성하고, 임진원 내부직원의 Data 활용역량 강화하여 개인 및 조직의 경쟁력 강화가 필요하다고 하겠다.



스마트 기술 기반 산림물지도 구축으로 2050 탄소중립 실현 앞당겨야



최 형 태

국립산림과학원 산림육성·복원연구과

1. 탄소중립 시대의 도래

새해 벽두부터 ‘탄소중립’이 사회·경제 전반 및 주요 국정운영 방향으로 크게 주목받고 있다. 탄소중립이란, 인간의 활동에 의한 온실가스 배출을 최대한 줄이고, 남은 온실가스는 흡수, 제거하여 실질적인 배출량이 0(Zero)이 되게 하자는 개념이다. 즉, 배출되는 탄소와 흡수되는 탄소량을 같게 해 탄소 ‘순 배출이 0’이 되게 하는 것으로, 이에 탄소 중립을 ‘넷-제로(Net-Zero)’라 부른다.

지난 2020년 12월 10일 문 대통령이 대국민 생중계 연설을 통해 ‘2050 탄소중립 비전’을 선언한 이래, 새해 벽두 첫 현장 일정을 ‘탄소중립’ KTX 시승으로 시작하며 한국판 뉴딜을 강조하는 등, ‘탄소중립’은 이제 국제사회뿐만 아니라 한국사회를 변혁시키는 커다란 추진력이

되고 있다.

산림청도 2021년 청장 신년사를 통해 ‘2050 탄소중립’ 실현에 앞장설 것을 천명한 바 있다. ‘베고-심고-가꾸는’ 산림자원의 선순환 구조 확립으로 산림의 탄소흡수력을 극대화하고, 산림생태계 보호강화로 탄소배출을 최소화하고자 하는 것이다. 아울러 ‘목재친화도시’, ‘미이용 산림바이오매스 활용’ 등 국산목재의 지속가능한 이용을 촉진하여 탄소저장 효과도 높이고, 국제사회와는 평화산림이니셔티브(PFI), REDD+ 등 산림협력을 강화하여 탄소중립을 위한 범지구적 연대에 동참하고자 하는 것이다. 이렇듯, 2050 탄소중립 실현을 위한 국가적, 사회적 공동 노력이 본격화되고 있으며, 산림분야 역시 선도적인 역할 수행의 사명이 더욱 커지고 있다.

2. 탄소중립을 위한 산림관리 혁신 필요

식물의 광합성 기능은 현재까지 개발된 어떠한 인위적 이산화탄소 제거 기술보다 환경적이며, 비용 대비 이산화탄소 제거 효과가 높은 방법이다. 따라서, 우리나라 국토 면적의 약 64%를 차지하고 있는 산림은 전통적으로 탄소 순 흡수원의 역할을 유지하는데 크게 이바지하였다.

그러나 우리나라 산림은 녹화사업이 본격 진행된 1970년대 이후로 이산화탄소 흡수량이 지속적으로 증가하여 2000년에 정점을 기록한 이래로, 산림의 노령화와 산지 전용으로 인해 이산화탄소 흡수량이 점차 감소하고 있다.

이는 현재 우리나라 산림이 1970~1980년대 집중적인 대규모 조림으로 형성되어 대부분 순생장량이 가장 큰 3~4영급으로 구성되어 있으나, 향후 점차 노령화되어 순생장량이 급격히 떨어지는 6영급 이상의 산림면적 비율이 크게 증가할 것이기 때문이다. 이러한 감소 추세를 전환하기 위해서는 높은 영급의 산림에서 목재 생산을 확대하여 갱신되는 산림면적을 지속적으로 늘려야 하나, 국산목재의 수요가 현재보다 크게 증가하지 않는 한 산림의 불균형한 영급 구조와 연간 생산량은 쉽게 개선되지 않을 것으로 보인다. 현 산림의 상태와 목재생산 계획을 고려하면, 2050년에는 현재 탄소 흡수량의 약 30% 수준까지 줄어들 것으로 전망된다.

따라서, 산림관리의 혁신을 통해 산림의 노령화 문제를 개선하고 목재제품의 이용률을 제고

하여 탄소저장량을 높일 필요가 있다. 이를 위해 도시숲·정원 등 생활권 녹지조성, 훼손지·주요생태축의 산림복원, 유휴토지 조림 등을 통해 탄소흡수원을 확대하고, 수종갱신, 숲 가꾸기 활동 등 산림의 흡수능력이 최대가 되는 상태를 지속적으로 유지하도록 하는 산림관리의 혁신이 필요한 시점이다.

3. 스마트 기술 기반 산림물지도

산림물지도는 “수자원을 공급하는 산림의 수원함양기능을 나타낸 지도”이다. 즉, 산림공간 빅데이터와 산림토양의 물리적 특성을 이용하여 개발된 인공지능 모델을 통해 산림의 수원함양기능과 토양수분 보유특성의 분포를 공간적으로 수치화하여 나타내는 동적(動的) 지도 시스템이다.

산림물지도는 산림토양의 지점별 수분보유 특성을 평가하기 위하여 산림청에서 산림정보화사업으로 구축한 산림공간 빅데이터를 기반정보로 활용하고 있으며, 이와 더불어 현장조사 및 실내분석을 통해 얻은 현장 정보와 산림토양의 수분보유 특성, 물리적 특성 등에 기반하고 있다(표 1 및 표 2).

표 1에서와 같이 산림물지도에서 활용하고 있는 산림공간정보는 지형도 및 산림입지토양도, 지질도, 임상도 등에서 추출한 총 32개 항목이며, 입분정보 4개 항목과 토양 물리성 정보 9개 항목은 현장조사 및 실내 시료분석을 통해 얻어

진다.

그림 1은 산림물지도의 모델 구조를 보여주고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 산림물지도 모델은 3개의 학습된 인공지능 모델을 이용하여 산림 공간정보와 산림토양의 물리성 정보로

부터 임지별 토양수분 보유곡선식을 도출한다. 이렇게 해당 산림지역의 모든 지점에 대하여 토양수분 보유곡선식을 도출하고, 이를 공간분포 지도로 작성한다.

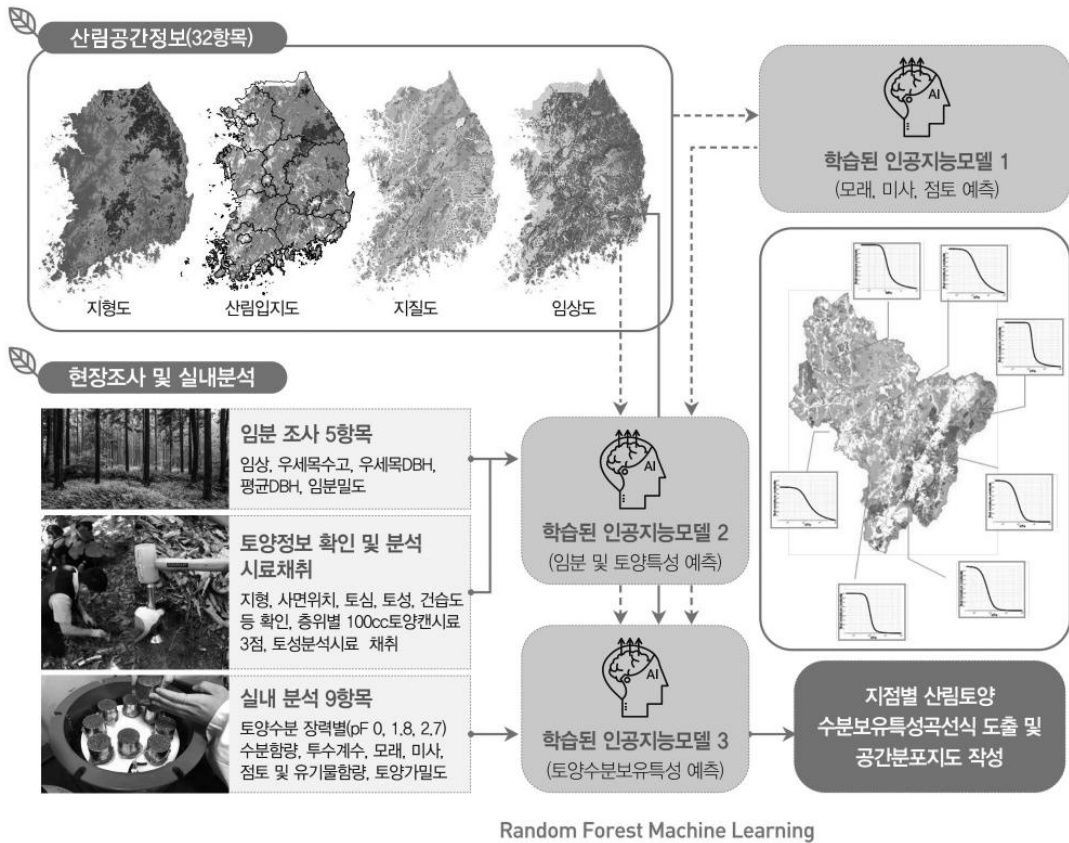


그림 1. 산림물지도 모델 구조

표 1. 산림물지도 인공지능 모델 입력인자 : 공간정보 32종

구분	인자
수치지형도(11)	고도, 경사, 방위, 상부집수면적, 상부집수거리, 지형지수, TPI, 곡률도(수평, 수직, 평균), 지형 형상
산림입지토양도(15)	토성, 토양형, 토심, 전토심, 습윤도, 석력함량, 견밀도, 지형, 경사형태, 퇴적양식, 풍노출도, 암석노출도, 풍화정도, 토양구조, 층위구분
수치지질도(2)	모암(대분류), 모암(중분류)
수치임상도(4)	임상, 수관밀도, 경급, 영급

표 2. 산림물지도 인공지능 모델 입력인자 : 현장조사 및 실내 시료분석자료 12종

구분	인자
임분특성(4)	우세목 수고, 우세목 직경, 평균 직경, 임분 밀도
토양물리성(5)	포화투수계수, 토양가밀도, 토성(입도), 유기물함량, 토양수분장력(pF)별 수분함량(pF0, pF1.8, pF2.7)
토양수분보유곡선 파라미터(3)	van Genuchten 모델 파라미터(SSW, α , m)

4. 산림물지도를 이용한 산림관리 혁신

산림물지도는 산림토양 내 수분장력에 따른 수분함량의 분포를 공간적으로 나타내기 때문에, 특정 수분장력에 대한 산출결과를 도면으로 표출할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 조건에서의 현상을 수치화하여 도면의 형태로 제공할 수 있다.

이렇게 산림물지도를 통해 임지별로 정밀하게 제공되는 산림토양의 수분보유특성은 산림 수원함양기능의 정량적 평가에 필수적일 뿐만 아니라 수목의 생육환경을 결정짓는 중요한 환경인자의 파악 및 수종별 조림적지를 선정하기

위한 기본자료로 활용될 수 있다.

특히, 적지적수는 효과적인 산림자원 육성 및 기능별 산림관리 강화를 위해 필수적인 요소로서, 조림과 육림, 수확, 갱신의 산림자원 순환체계에서 가장 기본적인 시작점이라고 할 수 있다. 현재까지 적지적수 선정을 위해서는 주로 지형, 기후, 입지토양 정보 등을 활용하여 수종별 지위지수 추정식을 개발한 후, 이를 바탕으로 해당 임지에 적합한 수종들을 선별하는 작업을 거치고 있으나, 실질적으로 수종의 생육과 직접적으로 관련되는 토양수분 조건에 대한 고려는 하지 못하고 있다. 따라서, 토양수분의 보유특성을 알려주는 산림물지도 정보를 이용하

여 적지적수 선정을 보완할 수 있다.

그림 2는 전북 장수군을 대상으로 제작한 산림물지도를 이용하여 임상도에 따른 조림수종별 분포 임지의 산림토양 유효수분 분포와 맞춤형조림지도에 따른 조림수종별 1순위 적지의 산림토양 유효수분 분포를 비교한 결과이다. 산

림토양의 유효수분은 식물이 생장할 수 있는 토양수분의 범위를 나타내는 것으로서 포장용수량(토양수분장력 pF1.8일 때의 토양수분함량)에서 성장저해수분점(토양수분장력 pF3.0일 때의 토양수분함량)까지의 토양수분함량을 뺀 값으로 계산된다.

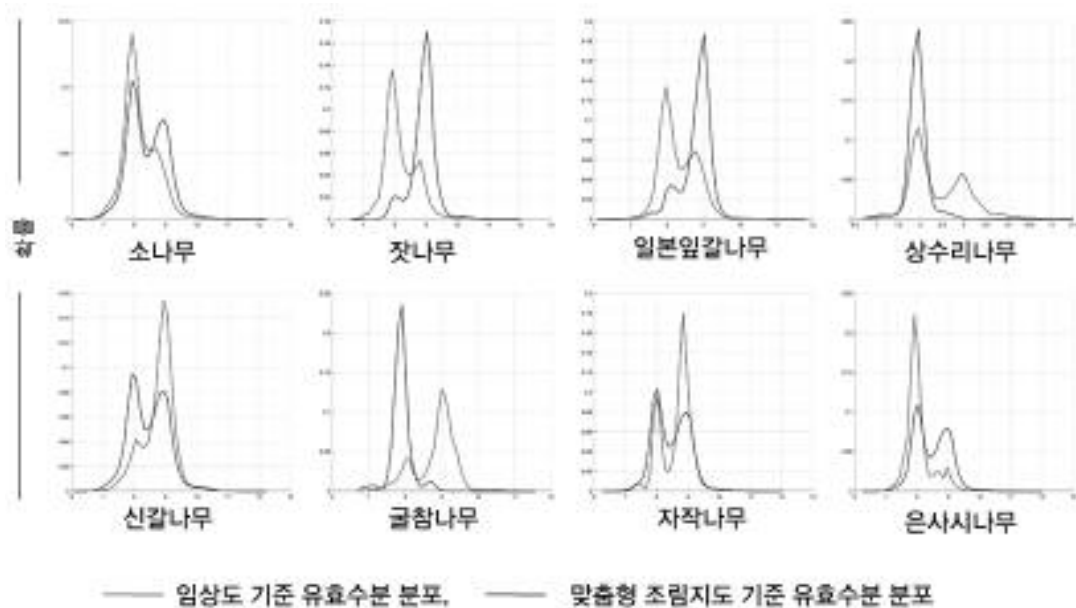


그림 2. 임상도에 따른 조림수종별 분포 임지의 산림토양 유효수분 분포와 맞춤형조림지도에 따른 조림수종별 1순위 적지의 산림토양 유효수분 분포 비교(전북 장수군)

조림수종별 적정 유효수분 분포는 수종별 생리적인 특성에 따라 결정되어야 하는 값이나, 조림수종별로 적절한 유효수분 범위에 대한 연구사례가 극히 부족하여 문헌을 통해 이용가능한 기준이 전무한 상황이다. 따라서 조림수종별 적정 유효수분의 범위를 결정하기 위하여 현존 식생 분포를 보여주는 임상도를 기준으로 산림물지도에서 조림수종별 분포지역에 대한 산림

토양 유효수분의 분포를 도출하였다. 아울러 맞춤형조림지도에서 제시하고 있는 조림수종별 1순위 적지를 대상으로 산림물지도에서 유효수분 분포를 산출하여 이를 비교하였다.

전북 장수군을 대상으로 임상도 분포지역 및 맞춤형조림지도를 토대로 산림물지도에서 도출한 조림수종별 유효수분 분포는 그림 1에서 보는 바와 같이 수종 간에 다소 차이를 보이는

것으로 분석되었다. 소나무와 자작나무, 신갈나무 등은 임상도 분포지역과 맞춤형조림지도 적지의 유효수분 분포가 유사한 것으로 나타났으나, 잣나무, 일본잎갈나무, 상수리나무, 굴참나무 등은 유효수분 분포에 차이를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 맞춤형조림지도에서 제시하는 수종별 적지와 현존식생 분포에 따른 임상도의 수종별 분포지 산림토양의 유효수분 분포에는 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다.

그림 3은 전북 장수군을 대상으로 맞춤형조

림지도에서 제시한 수종별 1순위 적지 중 임상도 기준 유효수분 분포와 일치하는 지역을 보여주고 있다. 그림 3에서와 같이 유효수분으로 평가한 결과, 맞춤형조림지도의 수종별 1순위 적지의 50% 이내로 임상도의 현존식생분포지 유효수분 범위와 해당하는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 산림물지도에서 제시하는 임지별 산림토양의 유효수분 정보를 이용하여 적지적수 선정방법을 개선, 고도화하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

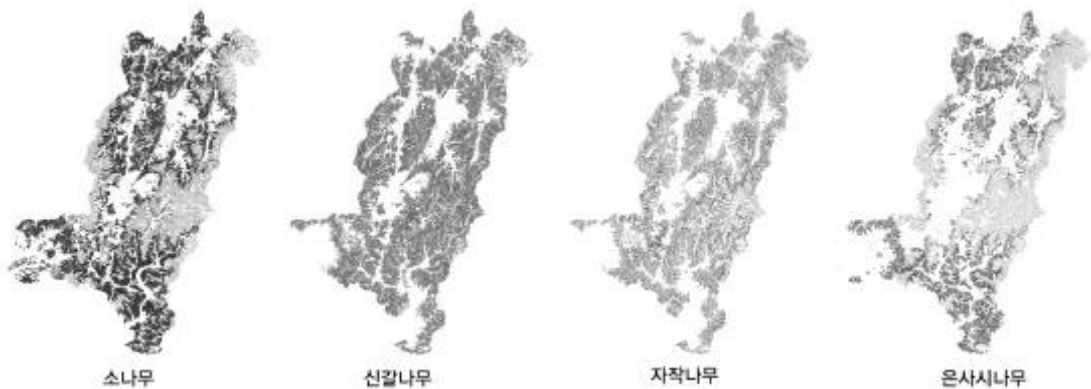


그림 3. 산림물지도의 산림토양 유효수분 정보를 이용한 수종별 조림 적합지역 분포도(전북 장수군)

5. 결론

현재 우리나라는 2050 탄소중립을 목표로 국가 전반의 녹색 전환을 위한 정책·사회·기술 혁신을 추진하고 있다. 이를 위해 한국판 뉴딜에 그린과 디지털 기술을 접목하여 시너지 효과를 발휘하고 기후기술 혁신을 위한 과감한 투자

와 지원을 계획하고 있다.

산림은 탄소 흡수 수단으로서 매우 중요하고 효과적이나, 이를 지속적으로 유지, 강화하기 위해서는 한국판 뉴딜에 발맞춘 산림관리 정책 및 기술 전반의 혁신적인 전환이 필요하다.

따라서, 산림관리에 있어서 빅데이터와 인공지능 등 스마트·디지털 기술의 적극적인 도입과

활용이 필수적이며, 이러한 측면에서 산림물지도의 제작과 활용은 모범적인 선진적 사례가 될 수 있다.

향후, 산림물지도의 전국적 구축에 발맞춰 산림물지도가 제공하는 산림의 물 디지털 정보를

적극적으로 산림관리와 경영에 활용함으로써, 효과적인 산림자원 육성 및 생태계 보호 강화로 2050 탄소중립 실현에 기여해야 하겠다.



2050 탄소중립과 산림부분의 기여¹⁾



한 희

국립산림과학원 산림산업연구과

우리나라는 「2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC: Nationally Determined Contribution) 개정안」을 2020년 12월 30일에 유엔기후변화협약에 제출하였다. 이번 정부안은 2015년에 제출하였던 INDC를 갱신한 것으로 2018년에 통과된 「2030 국가 온실가스 감축 수정 로드맵」의 변경 사항을 반영하고 있다.

NDC 개정안에서 주목할 내용 중 하나는 국외 감축의 비중을 줄이고 산림흡수원을 포함한 것이다. 이것은 산림을 활용한 국내 감축 부분의 기여를 강화함으로써 감축 목표 이행의 확실성을 줄이려는 목적이다. 구체적으로 정부는 과거 96백만 톤에 달했던 국외 감축분을 16백만 톤으로 줄이고 산림흡수원 22백만 톤을 추가하였다. 이로써 산림은 우리나라 NDC 달

성에 필요한 직접적이고 중요한 감축 수단이 되었다.

산림은 잘 가꾸고 관리하면 대기 중 온실가스를 더 많이 저장하는 흡수원(sink) 역할을 한다²⁾. 우리나라 산림의 임목축적은 2050년까지 지속적으로 증가하며 산림의 탄소 저장량 역시 꾸준히 늘어난다.

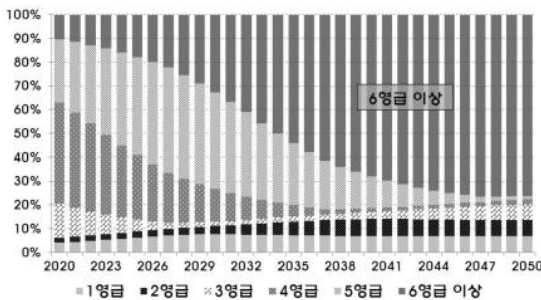
하지만 국립산림과학원의 전망에 따르면 우리 산림은 노령화가 빠르게 진행되어 현재 약 10% 수준인 51년생 이상 산림면적이 30년 뒤인 2050년에는 70% 이상으로 늘어난다. 이에 따라 산림 1ha당 연간 자라나는 임목의 평균 생장량도 같은 기간 4.3m³에서 1.9m³으로 50% 이상 줄어든다(그림 1).

1) 이 글의 앞부분은 「2021 산림·임업 전망」 제1편에 실린 한희 외 5인의 원고 '산림경영률 제고로 NDC 기여'(pp.38-61)의 일부를 발췌하여 요약하였다.

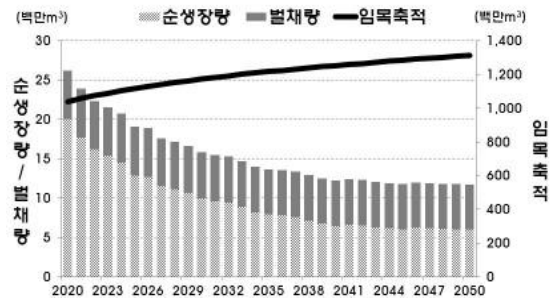
2) 배재수, 설아라. 2019. 산림흡수원의 국가온실가스감축목표(NDC) 기여와 산림경영의 새로운 기회. 2019 산림·임업 전망 pp.141-166.

임목의 성장량 감소는 이산화탄소의 흡수량 감소로 이어진다. 2018년 기준으로 약 46백만 톤에 달하는 산림의 온실가스 흡수량은 연간 성장량 감소로 인하여 2030년 24백만 톤, 2050년 14백만 톤으로 감소할 것으로 전망된다. 우리 산림은 과거 성공적인 산림녹화 사업을 통해 양적으로 꾸준히 성장했지만 매년 나무가 자라

온실가스를 흡수하고 저장하는 능력은 점차 줄어들고 있다. 2030년 NDC를 포함하여 앞으로 ‘저탄소 사회 구현과 지속가능한 사회’에 기여할 수 있는 산림부문의 역할을 높이기 위해서는 산림의 지속성을 잘 관리하는 것이 중요한 과제이다.



(a) 영급구조 변화



(b) 순생장량 변화

그림 1. 우리나라 산림의 미래 전망

출처: 한희 외 5인, 2021. 산림경영을 제고로 NDC 기여. 2021 산림·임업 전망 제1편. pp36~59.

문재인 대통령은 2020년 10월 국회 시정연설에서 “국제사회와 함께 기후변화에 적극 대응하여 2050년 탄소중립을 목표로 나아가겠다”고 밝혔다. 탄소중립(Carbon Neutrality)은 온실가스 순배출량이 ‘0’이 되는 상태로 일명 넷제로(Net-Zero)라 불린다. 탄소중립을 실현하려면 현재 배출하는 양만큼 탄소를 줄이거나 흡수해야 한다. 2017년 우리나라에서 배출된 온실가스 총량은 7억 914만 톤으로, 한국은 전 세계에서 일곱 번째로 온실가스를 많이 배출한 국가이다. 산업계에선 제조업 의존도가 높은 한국이 다른 국가보다 탄소중립에 더 많은 비용

과 노력을 쏟아야 할 것으로 전망한다.

넷제로, 이른바 탄소중립사회로 이행하려면 화석에너지의 투입을 최소화하고 재활용·재사용을 최대화하는 ‘순환경제’로의 전환이 필요하다(그림 2). 이러한 전환의 핵심은 화석연료의 사용을 줄이고 재생에너지와 재생가능한 자원의 활용을 확대하는 것이다.

산림으로부터 생산되는 목재와 산림바이오매스는 재생가능한 친환경 자원이다. 목재와 산림바이오매스는 나무를 원료로 하는 ‘탄소중립 자원’으로서 화석연료를 기반으로 생산되는 플



그림 2. 선형경제와 순환경제의 개념

라스틱이나 석유 등 석유화학제품에 비해 온실가스 배출량이 적다. 또한 석탄이나 석유와 달리 에너지원으로 사용될 때 온실가스를 추가적으로 배출하지 않는다. 유해물질의 배출도 기존 화석연료보다 적다. 국립산림과학원의 분석결과에 따르면 우리나라에서 생산되는 대표적인 목질계 바이오연료 중 하나인 목재펠릿의 경우 석탄연소 대비 대기오염물질의 발생 정도가 20분의 1에 불과하다. 목재펠릿 1톤을 사용하면 원유 0.45톤의 대체효과가 발생하고 이산화탄소 1.37톤을 줄일 수 있다.

특히 목재의 생산이나 숲가꾸기 이후에 산림에 방치되는 ‘미이용 산림바이오매스’는 재생에너지 원료로써 잠재력이 크다. 우리나라에서는 연간 400만³ 이상의 미이용 산림바이오매스가 발생한다. 그동안 우리나라는 굵은 나무, 지름이 작은 원목, 잔가지 등 상품성이 없는 목재는 베어낸 후 특별히 이용하지 않았다. 좋은 목재에 비해 수집 비용은 더 드는데, 특별한 수요처가 없었기 때문에 산림에 그대로 방치되었다. 하지만 앞으로 재생에너지 확대 정책과 맞물려

미이용 산림바이오매스의 수요가 높아질 전망이다. 쓸모없이 버려졌던 미이용 산림바이오매스를 재생에너지 원료로 활용하는 것은 에너지원의 확대와 자원의 알뜰한 이용 측면에서 가치가 높다.

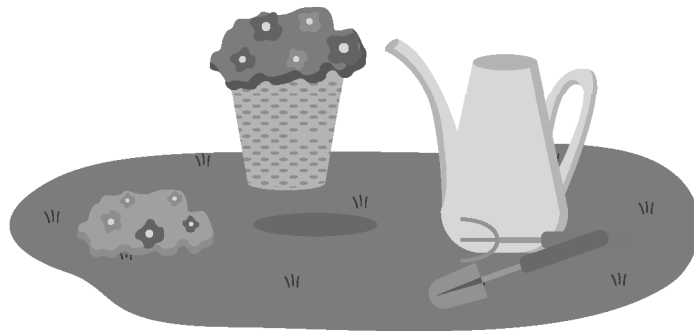
최근 유럽은 산림기반의 바이오경제(bio-economy) 구조로 재편하기 위한 정책을 활발히 추진 중이다. 유럽 의회는 2020년 10월 EU 바이오경제 구현에 기여하는 산림부문의 역할을 강조하며 ‘EU 신산림전략’을 결의하였다. 이 전략은 화석연료 기반의 가치사슬에서 산림기반의 가치사슬로의 전환을 목표로 목재제품과 산림바이오에너지의 활용 확대, 지속가능한 바이오 원료 공급 등을 위한 EU 회원국의 노력을 촉구하고 있다. 일례로 목재를 활용한 플라스틱이나 섬유제품의 제작과 같이 친환경적 관점에서 산림자원을 효율적으로 이용하기 위한 혁신적인 경로와 새로운 시장 기회를 적극적으로 모색하고 있다.

산림청은 지난 1월 20일 「2050 탄소중립을 위한 산림부문 추진전략」을 발표하였다. 이는

정부의 ‘2050 탄소중립’ 선언에 선제적으로 대응하기 위한 것으로 30억 그루 나무 심기, 목재와 산림바이오매스의 이용 활성화 등의 목표를 담고 있다. 산림청은 이러한 목표 달성을 위하여 앞으로 관계부처 협의, 지자체 등 현장과의 소통, 전문가 의견 수렴 등을 거쳐 산림부문의 탄소중립 이행이 신산업과 일자리 창출까지 연계될 수 있도록 구체적인 실행계획을 올 하반기까지 확정할 계획이다.

2050 탄소중립은 기존 산업과 에너지 구조를 바꾸는 매우 담대한 도전이며 혁신적인 대안의 마련과 실천이 필요한 목표이다. 바로 이러

한 점에서 목재와 산림바이오매스의 효율적 활용은 2050 탄소중립 달성에 핵심적인 역할을 수행할 수 있다. 과거 우리나라가 산림녹화를 바탕으로 경제성장의 기틀을 마련했듯이, 산림자원의 지속가능한 순환이용체계를 잘 갖추놓으면 산림의 지속성의 확대는 물론 저탄소사회로의 전환도 보다 쉽게 이뤄낼 수 있다. 산림은 나무를 심는 것만이 중요한 것이 아니라 ‘가꾸고 베고 다시 심는’ 순환체계를 만드는 것이 더욱 중요하기 때문이다.



소나무재선충병 영상분석을 위한 감염목 발생위치의 공간정보 분석



박 성 범
(사)한국산지환경연구회

1. 서론

한국임업진흥원 소나무재선충병 모니터링센터에서 주관하는 ‘소나무재선충병 무인항공기 예찰사업’은 무인항공기(드론)를 활용하여 넓은 산림면적에 대하여 신속하게 소나무재선충병 감염의심목(이하 감염의심목)을 예찰하고 지자체에서 방제에 활용할 수 있도록 공간정보 서비스를 제공하는 사업이다.

사업의 추진체계는 무인항공기로 예찰대상지를 촬영하여 정사영상을 제작하고 제작된 정사영상을 육안분석하여 감염의심목을 예찰한다. 분석된 감염의심목 중 일부 약 2 ~ 5%는 현장조사를 통해 실제 소나무재선충병에 감염되는 수종인 소나무, 해송, 잣나무인지 확인하고 감염 대상목일 경우 목편시료를 채취하여 한국임

업진흥원에 검경의뢰한다. 마지막으로 영상분석 결과에 현장조사 결과를 반영하여 주제도면을 제작한다.

우리 사단법인 한국산지환경연구회(이하 연구회)에서는 지난 2018년부터 2020년까지 한국임업진흥원에서 발주한 ‘소나무재선충병 무인항공기 예찰사업’에 참여하여 사업을 수행해왔다. 2019년까지는 현장조사 위주의 업무를 수행하였으나 2020년에는 컨소시엄을 구성하여 무인항공기 촬영에서부터 정사영상 제작 및 영상분석을 수행하였다. 영상분석을 통한 감염의심목 파악은 작업자에 따라 오류차이가 상대적으로 많으며 기술증진에 많은 노력이 필요하다.

따라서 영상분석에 소요되는 시간을 줄이고

분석 정확도를 제고하기 위한 연구가 필요하여 한국임업진흥원에서 제공하는 소나무재선충병 발생위치 공간정보를 바탕으로 표고 및 도로로부터의 거리를 분석함으로써 재선충병 발생위치의 공간적 특성을 파악하고자 한다.

2. 분석 방법

가. 분석 기초자료 수집

(1) 소나무재선충병 감염목 위치정보 데이터
소나무재선충병 감염목(이하 감염목) 위치정보는 한국임업진흥원 산림빅데이터거래소에서 다운로드하였다. 2014년부터 2019년까지 전국의 시군별 소나무재선충병이 발생한 위치정보가 shp파일 형태로 저장되어있으며, 좌표계는 UTM-K(EPSSG : 5179)이다.

(2) 기타 분석 데이터

소나무재선충병 발생위치의 공간적 특성을 분석하기 위한 표고 및 도로 정보는 국가공간

정보포털에서 제공하는 2018년 기반 1:5,000 수치지형도를 이용하였다. 수치지형도에는 등고선을 'F001'이라는 코드번호로 표시하고 도로 및 임도는 'A002'라는 코드번호로 표시한다. 이번 분석에는 수치지형도 코드번호 F001과 A002를 활용하였다. 파일형식은 shp파일이고 좌표계는 감염목 위치정보 데이터와 마찬가지로 UTM-K(EPSSG : 5179)이다.

나. 대상지 선정

감염목 위치정보는 2014년부터 2019년까지 전국에 대하여 구축되어 있으나, 전국을 대상으로 감염목의 위치정보를 분석하기에는 많은 시간이 소요되어 4개의 대상지를 선정하여 분석을 실시하였다. 또한 전국을 대상으로 감염목의 표고를 분석할 경우 지역간 해발고도 차이로 인해 데이터 오류가 발생하기 때문에 대상지를 선정할 때 비슷한 해발고도를 가진 지역을 한 개의 대상지로 묶어 분석하였다.

이번 연구에서 설정한 대상지는 서천, 익산, 순창1, 순창2 4개 지역이며, 대상지의 위치 및 정보는 표 1과 같다.

표 1. 분석 대상지 소나무재선충병 발생 현황

지역	감염목 발생 본 수(본)	면적(ha)	감염목 발생 밀도(본/ha)
서천	34	2,617	0.013
익산	143	6,257	0.023
순창1	1,937	2,832	0.684
순창2	189	659	0.287

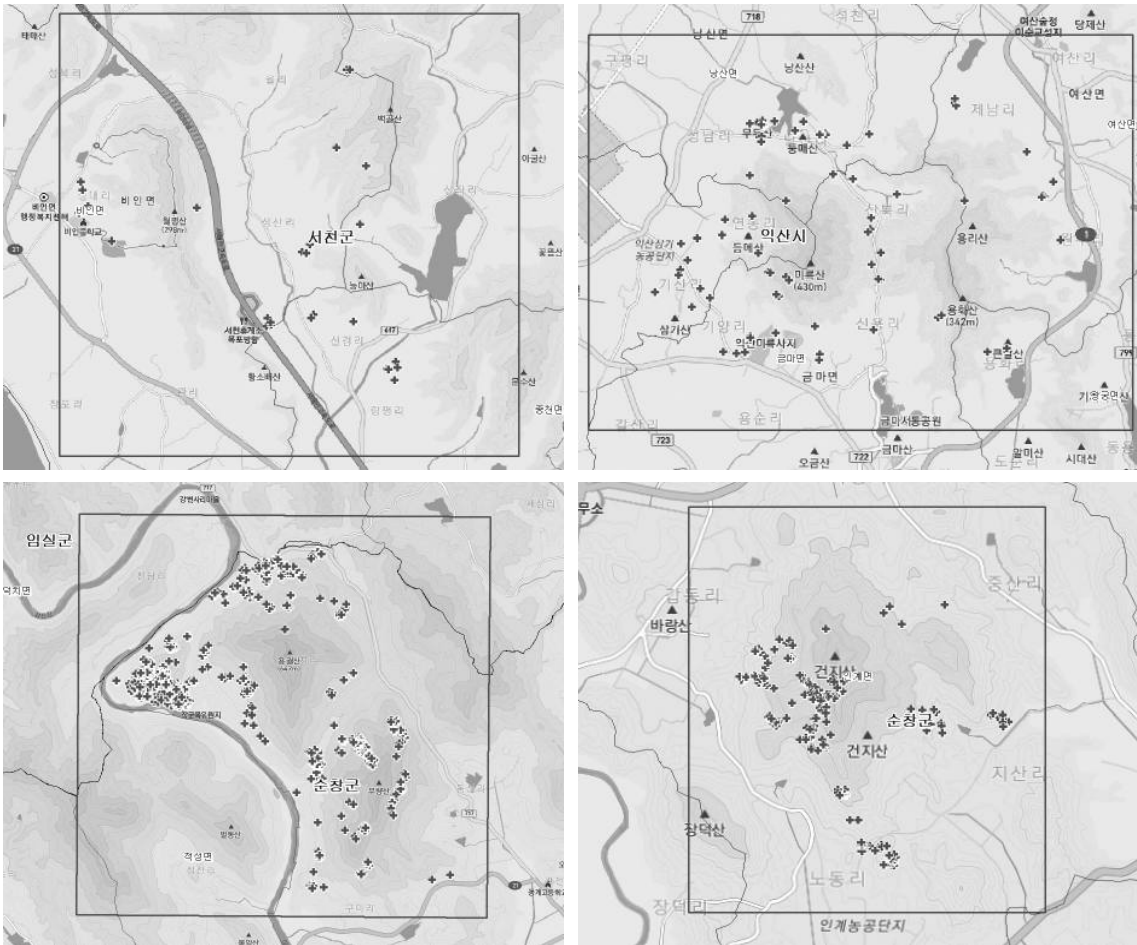


그림 1. 분석 대상지 위치도

다. 대상지 분석 방법

감염목 발생 위치에 대한 표고 및 도로로부터의 거리를 분석하기 위해서 ESRI(Environmental Systems Research Institute)사의 Arcmap 10.1을 사용하였다. 수치지형도의 등고선(line.shp)을 셀크기(cell size) 5m의 레스터 파일로 변환하여 감염목 위치파일(point.shp)에 표고 값을 부여하였다. 또한 수치지형도의 도로(line.shp)와 감염목 발생위치 간의

거리는 Near Tool을 활용하여 분석을 하였다.

3. 분석 결과

가. 표고 분석

4개 지역에서 감염목이 발생한 위치와 표고를 50m 구간별로 분석한 결과는 아래 표 2와 같다.

표 2. 표고별 감염목 발생 현황

표고 구간	서천	익산	순창1	순창2	합계
50m미만	14본	51본			65본
50m이상 100m미만	14본	63본			77본
100m이상 150m미만	1본	14본	458본	30본	503본
150m이상 200m미만	5본	8본	638본	46본	697본
200m이상 250m미만			308본	55본	363본
250m이상 300m미만		7본	244본	42본	293본
300m이상 350m미만			124본	9본	133본
350m이상 400m미만			66본	7본	73본
400m이상 450m미만			67본		67본
450m이상 500m미만			32본		32본
합계	34본	143본	1,937본	189본	2,303본

(1) 서천 지역

‘서천’ 지역의 표고는 5m에서 325m까지 분포한다. ‘서천’에서 발생한 감염목의 최소표고는 31m이고 최대표고는 185m까지만 발생하였다. 표고에 따른 감염목의 분포는 전체 34

본 중 50m미만에서 14본(41%)이 발생하였고, 50m이상 100m미만에서 14본(41%)이 발생하여 전체 감염목의 82%가 표고 100m미만에서 발생하였다. 200m이상의 표고에서는 감염목이 발생하지 않았다.

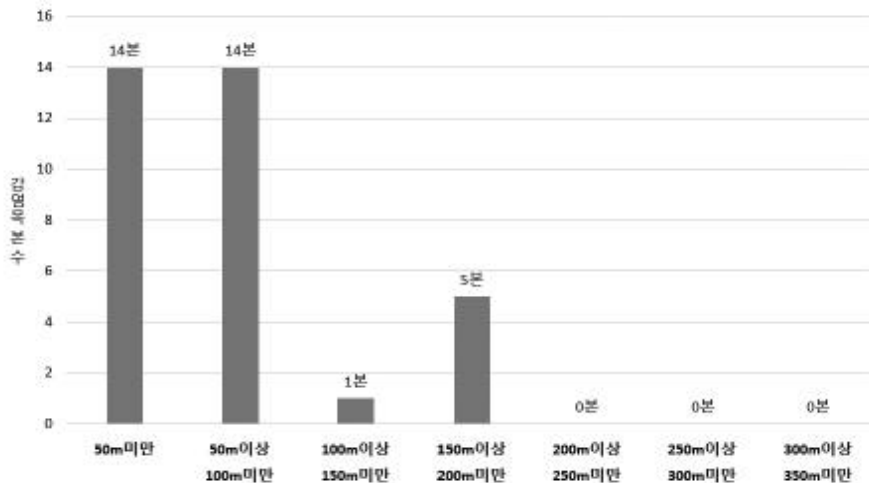


그림 2. ‘서천’ 지역 표고 분석 그래프

(2) 익산 지역

‘익산’ 지역의 표고는 0m에서 425m까지 분포한다. ‘익산’에서 발생한 감염목의 최소표고는 20m이고 최대표고는 291m까지만 발생하였다. 표고에 따른 감염목의 분포는 전체 143

본 중 50m미만에서 51본(36%)이 발생하였고, 50m이상 100m미만에서 63본(44%)이 발생하여 전체 감염목 중 80%가 표고 100m미만에서 발생하였다. 300m이상의 표고에서는 감염목이 발생하지 않았다.

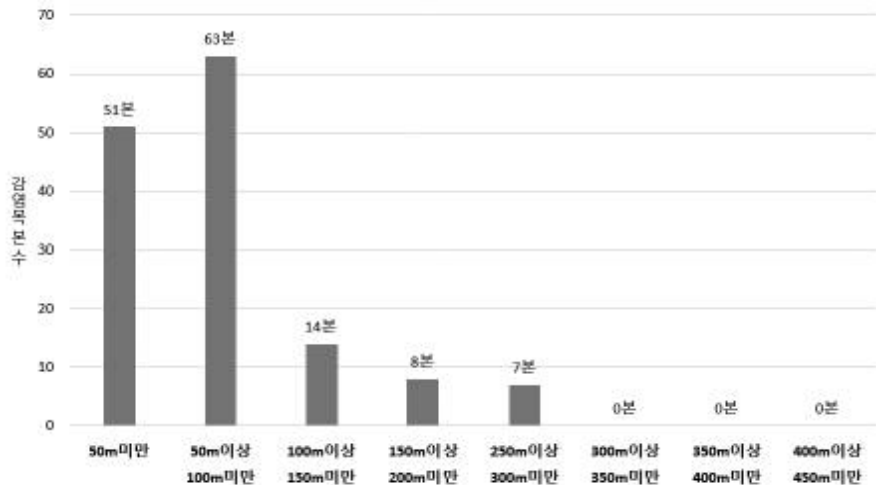


그림 3. ‘익산’ 지역 표고 분석 그래프

(3) 순창1 지역

‘순창1’ 지역의 표고는 82m에서 645m까지 분포한다. ‘순창1’에서 발생한 감염목의 최소표고는 104m이고 최대표고는 472m까지만 발생하였다. 표고에 따른 감염목의 분포는 전체 1,937본 중 150m미만에서 458본(24%) 이었고, 150m이상 200m미만에서 638본(33%)

으로 가장 많은 감염목이 발생하였으며, 500m 이상의 표고에서는 감염목이 발생하지 않았다. ‘서천’, ‘익산’ 지역과 비교하였을 때 비교적 높은 고도에서도 감염목이 나타난 이유는 이미 소나무재선충병이 만연하여 매개충의 이동 능력만으로 높은 표고까지 확산된 것으로 보인다.

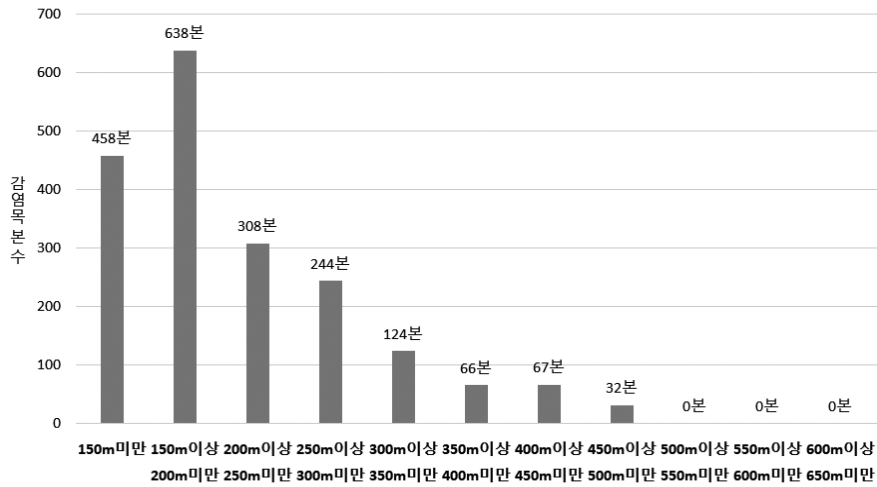


그림 4. '순창1' 지역 표고 분석 그래프

(4) 순창2 지역

'순창2' 지역의 표고는 95m에서 410m까지 분포한다. '순창2'에서 발생한 감염목의 최소표고는 111m이고 최대표고는 399m로 거의 산 정상 까지 발생하였다. 표고에 따른 감염목의 분포는 전체 189본 중 150m 미만에서 30본 (16%)이 발생하였으며, 200m이상 250m미만

에서 55본(29%)으로 가장 많은 감염목이 발생하였다. 다른 지역과 비교하여 표고의 높낮이와는 무관하게 감염목이 발생한 이유는 표고가 높은 곳에도 임도 및 등산로가 설치되어 있어 소나무재선충병이 쉽게 확산될 수 있었던 것으로 보인다.

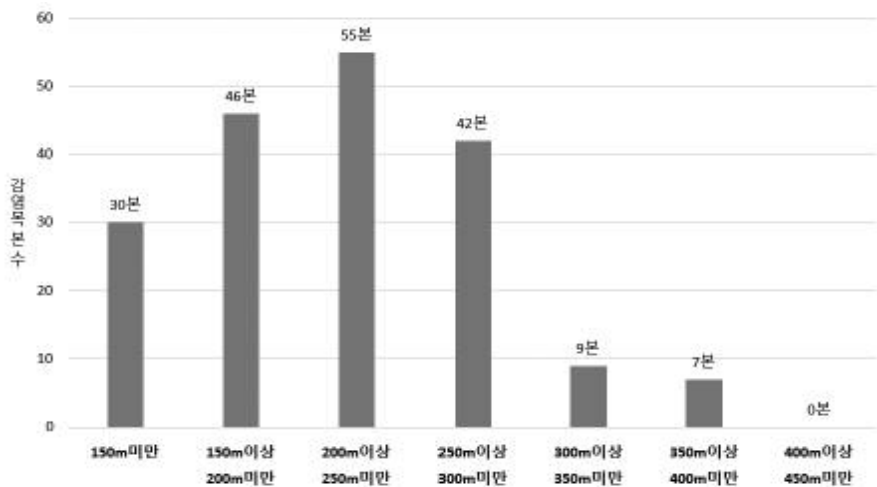


그림 5. '순창2' 지역 표고 분석 그래프

나. 도로로부터의 거리 분석

4개 지역에서 감염목이 발생한 위치와 임도

및 등산로 등의 도로로부터 거리를 50m 구간 별로 분석한 결과는 아래 표 3과 같다.

표 3. 분석 대상지 도로로부터 거리별 감염목 발생 현황

단위 : 본

거리 구간	서천	익산	순창1	순창2	합계
50m미만	19	96	865	37	1,017
50m이상 100m미만	13	37	524	61	635
100m이상 150m미만	1	9	212	35	257
150m이상 200m미만	1	1	116	31	149
200m이상 250m미만			19	23	42
250m이상 300m미만			10	2	12
300m이상 350m미만			37		37
350m이상 400m미만			27		27
400m이상 450m미만			20		20
450m이상 500m미만			22		22
500m이상 550m미만			45		45
550m이상 600m미만			35		35
600m이상 650m미만			5		5
합계	34	143	1,937	189	2,303

(1) 서천 지역

‘서천’ 지역에서 발생한 감염목과 도로와의 거리를 분석한 결과, 도로에서 50m 이내에 19

본(56%)으로 가장 많은 감염목이 발생하였고, 도로와 가장 멀리 떨어져있는 감염목은 1본으로 도로로부터 192m 떨어진 것으로 나타났다.

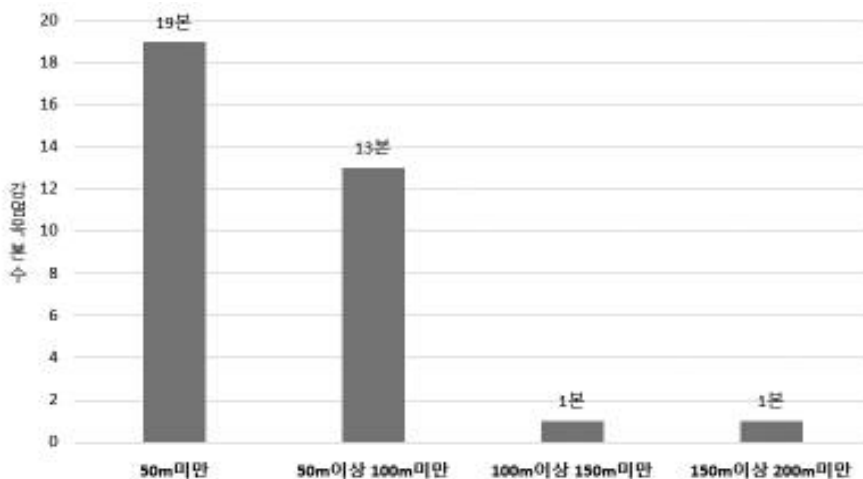


그림 6. ‘서천’ 지역 도로로부터 거리 분석 그래프

(2) 익산 지역

‘익산’ 지역에서 발생한 감염목과 도로와의 거리를 분석한 결과, 도로에서 50m 이내에 96본(67%)으로 가장 많은 감염목이 발생하였고,

도로와 가장 멀리 떨어져있는 감염목은 서천지역과 마찬가지로 1본이며 도로로부터 167m 떨어진 것으로 나타났다.

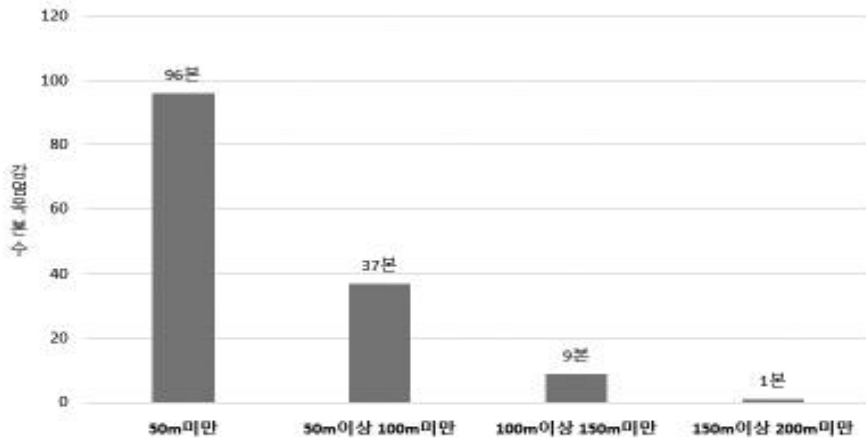


그림 7. ‘익산’ 지역 도로로부터 거리 분석 그래프

(3) 순창1 지역

‘순창1’ 지역에서 발생한 감염목과 도로와의 거리를 분석한 결과, 도로에서 50m 이내에 865본(45%)으로 가장 많은 감염목이 발생하였고, 도로와 가장 멀리 떨어져있는 감염목은 도로로

부터 626m 떨어진 것으로 나타났다. 다른 지역과 비교하여 도로로부터 거리가 멀리 떨어져있어도 감염목이 발생한 이유는 이미 소나무재선충병이 만연하여 매개충의 이동 능력만으로 확산된 것으로 보인다.

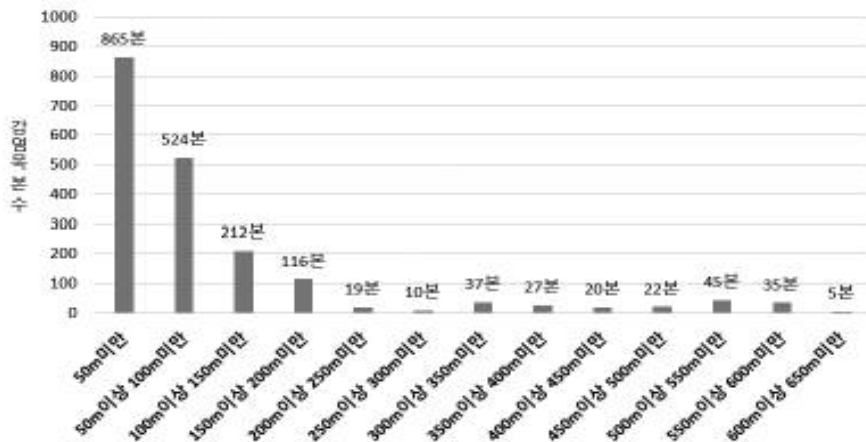


그림 8. ‘순창1’ 지역 도로로부터 거리 분석 그래프

(4) 순창2 지역

‘순창2’ 지역에서 발생한 감염목과 도로와의 거리를 분석한 결과, 도로에서 50m미만 100m

이내에 61본(32%)으로 가장 많은 감염목이 발생하였고, 도로와 가장 멀리 떨어져있는 감염목은 도로로부터의 265m 떨어진 것으로 나타났다.

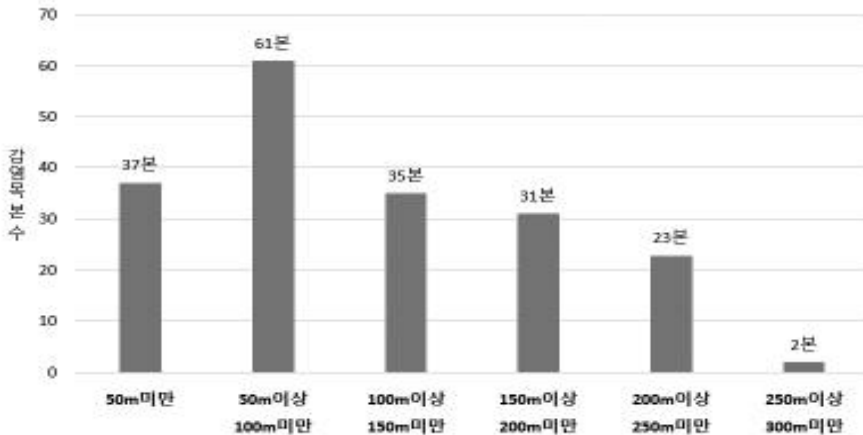


그림 9. ‘순창2’ 지역 도로로부터 거리 분석 그래프

3. 결론

전체적으로 표고가 낮고 도로로부터의 거리가 가까울수록 소나무재선충병 감염목의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. 특히 표고보다는 도로로부터의 거리가 발생빈도와 더 밀접한 관계가 있는 것으로 보여진다. 그 이유는 높은 표고에도 임도나 등산로가 설치되어 있는 곳은 소나무재선충병이 표고와 무관하게 확산될 수 있는 것으로 판단된다.

또한 비교적 감염목 발생 밀도가 낮은 서천, 익산 지역의 경우 표고가 높을수록 감염목의 발생빈도가 현저하게 낮아지고 도로로부터 거리가 200m 이상에서는 감염목이 발생하지 않았

지만, 이미 소나무재선충병이 많이 확산된 순천 1, 순천2 지역의 경우 표고가 높고 도로로부터 거리가 멀리 떨어져 있어도 감염목이 발생하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 소나무재선충병이 이미 확산된 지역의 경우 표고나 도로로부터 거리와는 무관하게 매개충의 이동 능력으로만 소나무재선충병이 점차 확산된 것으로 보여진다.

따라서 소나무재선충병 선단지를 정사영상으로 분석할 경우 표고와 임도 및 도로를 고려한다면 보다 더 정확하고 효율적으로 감염의심목을 분류할 수 있을 것으로 판단된다.



심토반전에 따른 묘포토양의 물리화학적 변화와 묘목생장 효과



제 갈 상 규
(사)한국산지환경연구회

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

최근 노지양묘는 지속적인 연작과 토양분석을 통한 과학적 시비처방의 부재로 인하여 토양의 이화학적 성질이 악화되고 있다. 객토를 통해 토양의 이화학적 성질을 개선할 수 있지만 묘포에 알맞은 토양을 구하기는 쉽지 않다. 또한 토양 구입과 운반에 많은 비용이 소요되어 객토 수행에 어려움이 있다. 심토반전은 객토효과를 대체할 수 있는 토양개량 방법으로 객토에 비해 상대적으로 적은 비용이 소요된다. 불투수층을 파괴하는 토양물리성 개량과 함께 관수와 강우로 인해 하층에 집적된 비료성분과 미량원소를 활용하는 친환경적 개량방법이다.

2. 연구목적

본 연구는 장기간 연작으로 토양의 이화학적 성질이 악화된 묘포를 개량하고자 할 때, 1m 깊이의 심토와 표토의 위치를 바꾸어 잘 섞는 심토반전을 실시한 후 토양단면조사 및 토양시료 분석을 통해 심토반전 효과를 구명하고, 이러한 심토반전이 묘목생장에 어떠한 영향을 주는지 알아보려고 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 심토반전 처리 및 시험구 조성

본 연구는 강원도 정선군 임계면에 위치한 정선양묘장에서 수행하였다. 시험구 조성은 장기간 묘목 생산이 이루어진 제 3포지를 대상으로 하였다.

공시수종은 정선양묘장에서 생산된 낙엽송(1-0)과 들메나무(1-0)로 선정하였고, 묘고와 근원경이 균일한 것을 선별하여 단근처리 후 이

식하였다. 시험구는 굴삭기를 이용하여 토심 1m 깊이로 경운한 처리구와 무처리 대조구로 구분하였다.

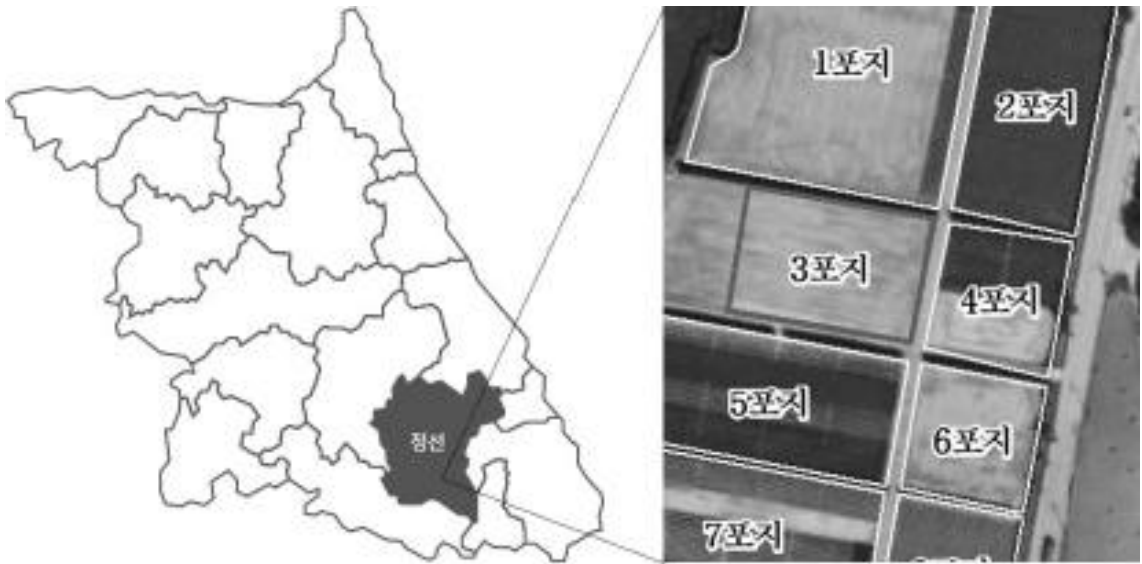
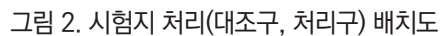


그림 1. 정선양묘장 위치도

시험구별 3개의 묘상(10m×1m)을 동서방향으로 조성하였고, 1개의 묘상에는 6개의 조사구(1m×1m)를 설치하였다. 조사구는 완전임의배치법을 통해 두 수종이 고루 분포되도록 배치하였다. 또한 수종간 간섭을 최소화 하기 위해 조사구간 50cm 이격을 두었다.

조사구당 식재본수는 산림청 종묘사업실시요령에 따라 64본씩(묘목간 간격 12.5cm) 식재하였다. 총 2,304본(64본×36조사구)의 묘목을 식재하고 시험지 조성 후 시비처리는 하지 않았다. 묘목식재 후 활착시까지 스프링클러를 사용하여 충분히 관수하였다.



3. 생장량조사

묘목의 성장량을 측정하기 위하여 간장(묘고)과 근원경을 전수 조사 하였다(2020년 04월 08일). 간장은 지면에서부터 묘목의 초두부까지 측정하였고, 근원경은 지면에서부터 1cm 높이를 디지털 캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 이후 2020년 11월 17일(32주 경과) 동일한 방법으로 연간 성장량을 측정하였다. 측정된 데이터를 활용하여 성장량 비교 및 H/D율을 분석하였다.



그림 4. 생장량 측정

III. 결과 및 고찰

1. 심토반전 처리에 따른 토양특성 변화

토양단면조사 결과 토색과 토양성질이 다른 4개의 층위가 분포하고 있었다.

토양수분 및 양분이 단절되는 불투수층이 토심 60cm 부근(Ⅲ층 상단)에 존재하였다. 불투수층의 토양시료분석 결과 다량의 염류가 집적되어 있는 것을 확인하였다. 심토반전 처리를 통해 토양성질의 악화요인인 불투수층의 제거

를 확인하였다.

가. 토양물리성 변화

입도분석 결과 모래함량은 65.1%에서 67.7%로 2.6%p 증가 하였고, 미사함량은 22.0%에서 22.6%로 0.6%p 증가하였으며, 점토함량은 12.8%에서 9.6%로 3.2%p 감소하였다. 모래와 미사의 함량이 높아지고 점토의 함량은 낮아져 토양배수가 용이하도록 개선된 것으로 보인다.

표 1. 심토반전 처리 물리성 분석결과

구분	입도분석			토성
	모래(%)	미사(%)	점토(%)	
처리 전	65.1	22.0	12.8	SL
처리 후	67.7	22.6	9.6	SL

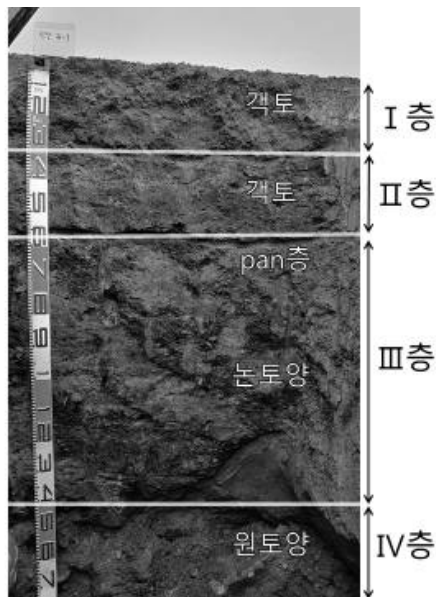


그림 5. 토양단면조사

나. 토양화학성 변화

토양 화학성 분석 결과 토양산도(pH)는 pH7.1에서 pH6.8로 0.3 감소하였고, 유효인산은 $306.0\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에서 $262.4\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $43.6\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 감소하였다. 토양의 비옥한 정도를 가늠할 수 있는 양이온치환용량은 $10.23\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에서 $10.67\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $0.44\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 증가 하였고, 염기포화도가 106.0%에서 95.3%로 10.7% 낮아지는 개량 효과가 있었다.

이와 같은 효과는 불투수층(pan층)에 집적된 성분들이 심토반전 처리를 통해 표토층과 심토층에 고루 분산되어 나온 결과로 보여진다. 한편 유기물, 전질소, Mg^{2+} 는 개량 효과가 미미하

여 기존 묘포토양과 비슷한 수치를 보였다. 이는 심토반전 처리 전에도 적정범위에 못 미치는

함량을 나타냈던 항목들로 개량효과가 적었던 것으로 보여진다.

표 2. 심토반전 처리구 화학성 분석결과

구분	pH	유기물 (%)	전질소 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	유효인산 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
처리 전	7.1	3.12	0.17	306.0
처리 후	6.8	2.37	0.14	262.4

구분	CEC ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	치환성 양이온(cmol/kg^{-1})				EC (dS/m)	염기포화도 (%)
		K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
처리 전	10.23	1.52	0.10	7.78	1.44	0.32	106.0
처리 후	10.67	1.30	0.11	6.29	1.28	0.33	95.3

2. 심토반전 처리에 따른 묘목생장 변화

간장과 근원경의 측정은 묘목의 형태적 특성을 조사하는데 가장 손쉬운 요소(Thompson, 1985)이며, 묘목의 식재 후 활착과 성장상태를 판단하는 중요한 지표이다.

H/D율은 간장을 근원경으로 나눈 값이다. H/D율이 작으면 비옥한 토양에서 지하부 생장이 발달한 다부진(stocky) 유형의 건강한 묘목으로 평가된다. 반대로 그 값이 크면 높은 밀도나 낮은 광조건에서 수고생장이 발달한 가늘고 약한(spindly) 유형으로 평가된다(Thompson, 1985; Haase, 2007). 따라서 수종별 성장과 형질을 모두 고려한 적절한 H/D율을 가진 묘목의 생산이 요구된다.

본 연구에서는 낙엽송과 들메나무 묘목에 대하여 간장, 근원경, H/D율을 측정하고 변화를 관찰하였다. 처리구별 고사율의 큰 차이는 없었

으나 성장률에 유의적인 차이가 있었다.

가. 낙엽송

(1) 간장 생장

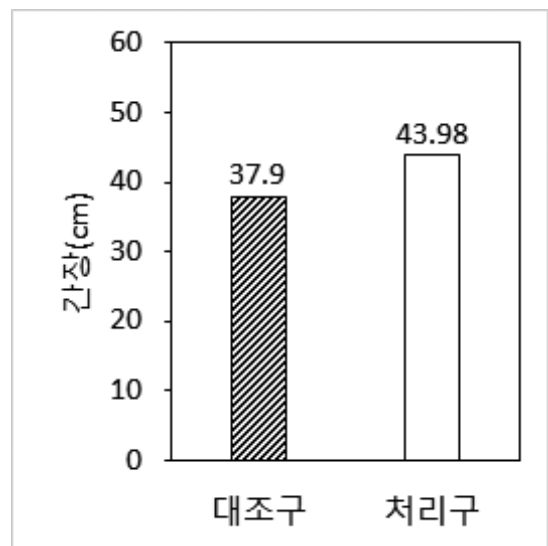


그림 6. 낙엽송 간장 생장비교

낙엽송의 처리구별 간장은 대조구에서 37.90cm 성장하였고 심토반전 처리구에서 43.98cm로 나타나 대조구보다 16.0% 더 좋은 성장을 보였다.

(2) 근원경 성장

낙엽송의 처리구별 근원경은 대조구에서 5.50mm 성장하였고 심토반전 처리구에서 6.69mm로 나타나 대조구보다 21.6% 더 좋은 성장을 보였다.

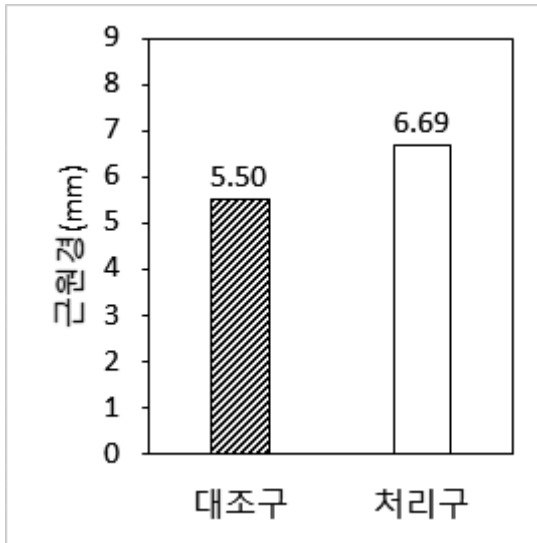


그림 7. 낙엽송 근원경 성장비교

(3) H/D 율

낙엽송의 처리구별 H/D율은 대조구에서 6.91이었고 심토반전 처리구에서 6.67로 대조구보다 낮은 값이 나타나 건강한 묘목으로 성장하였다.

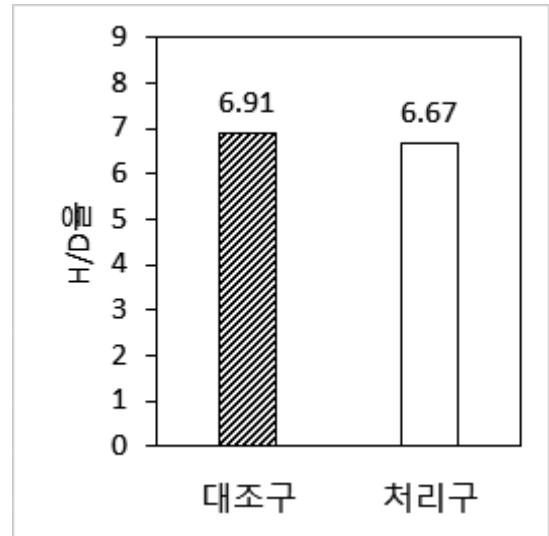


그림 8. 낙엽송 H/D율 비교

나. 들메나무

(1) 간장 성장

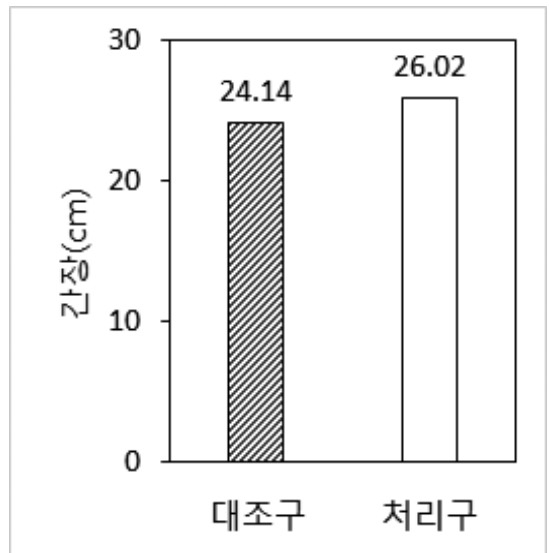


그림 9. 들메나무 간장 성장비교

들메나무의 처리구별 간장은 대조구에서

24.14cm 성장하였고 심토반전 처리구에서 26.02cm로 나타나 대조구보다 7.8% 더 좋은 성장을 보였다.

(2) 근원경 생장

들메나무의 처리구별 근원경은 대조구에서 7.57mm 성장하였고 심토반전 처리구에서 7.66mm로 나타나 대조구보다 1.2% 더 좋은 성장을 보였다.

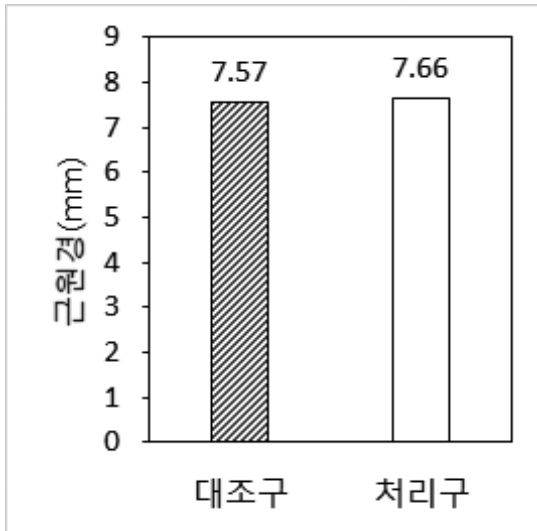


그림 10. 들메나무 근원경 생장비교

(3) H/D 율

들메나무의 처리구별 H/D율은 대조구에서 3.46 이었고 심토반전 처리구에서 3.18로 대조구보다 낮은 값이 나타나 건강한 묘목으로 생장하였다.

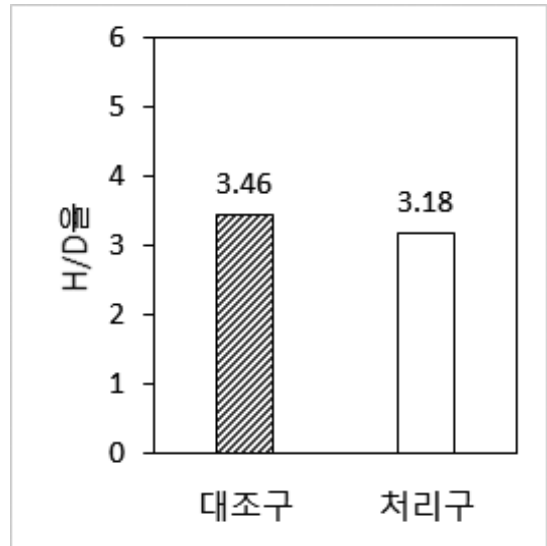


그림 11. 들메나무 H/D율 비교

IV. 결론

본 연구는 토양단면조사 및 토양시료분석을 통해 심토반전 효과를 구명하고, 이러한 심토반전이 묘목생장에 어떠한 영향을 주는지 구명하고자 실시하였다.

연구에 사용된 묘목은 낙엽송(1-0)과 들메나무(1-0)이며, 시험지는 토심 1m 경운처리한 처리구와 대조구로 구분하였다.

낙엽송(1,152본)과 들메나무(1,152본) 총 2,304본의 묘목을 임의배치된 묘상에 식재하였다. 묘목식재 후 간장과 근원경을 측정하였으며, 심토반전 처리 32주 후인 2020년 11월 17일에 전체 묘목에 대한 연간 성장을 측정 후 비교하였다.

심토반전 처리구의 토양분석 결과 모래와 미

사의 함량이 높아지고 점토의 함량은 감소하여 토양배수 증진효과가 나타났다. 비료성분과 점토가 단단하게 결합되어 토양 내 수분이동을 차단하는 pan층이 파쇄되었다.

표토층에 집적된 유효인산의 농도가 완화되었고, 토양의 비옥한 정도를 가늠할 수 있는 양이온치환용량은 증가하였다.

토양 하층에 집적되어 있는 비료성분과 미량원소의 순환과 함께 토양의 물리성이 개량되어 그림 12와 같이 육안으로도 확연히 양호한 생장을 보이는 것을 확인하였다.

두 수종 모두 심토반전 처리구에서 더 좋은 생장을 보였으며, 더 낮은 H/D율을 나타냈다.

이는 상대적으로 묘목품질이 우수한 양질의 형태로 자란것으로 보인다.

그림 12와 같이 대조구는 누렇게 황화현상이 나타나 생장을 멈추었으나 처리구에서는 엽록소 함량이 푸른색으로 높게 나타나고 광합성 활동을 하여 묘목이 보다 오랜기간 생육활동을 지속함으로써 생육이 왕성하게 자라는것이 관찰되었다.

본 연구는 향후 2021년까지 1년간 추가로 묘목의 성장변화와 토양조사를 통한 물리화학성을 관찰할 예정이다.



낙엽송 대조구



낙엽송 처리구



들메나무 대조구



들메나무 처리구

그림 12. 처리구별 생장비교 (2020년 10월 11일 촬영)

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
 2020. 3. 31 개정
 2020. 11. 23 개정

제 1장 총 칙

제 1조 (명칭) 본 회는 사단법인 한국산지환경연구회(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 남양주시에 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. 산림경영계획의 작성

6. 산림재해 방지 및 수자원 보존을 위한 오염실태조사
 7. 원격탐사기법 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

제 7조 (회원의 가입) 본 회의 회원으로 가입하고자 하는 자는 소정의 가입신청서를 제출하고 이사회 승인을 얻어야 한다.

제 8조 (회원의 권리)

- ① 정회원은 임원에 대한 선거권, 피선거권(단체회원 제외) 및 총회에서 발언권과 의결권을 가진다.
- ② 일반회원은 발언권만 가진다.

제 9조 (회원의 의무) 본 회의 회원은 정관규정을 준수하고 이에 따른 규정과 총회 및 제반업무 수행에 적극 협조 하여야 한다.

제 10조 (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 이사회의 의결에 의하여 제명할 수 있다.

제 3장 임원 및 조직

제 11조 (임원의 구성) 본 회의는 다음의 임원을 둔다.

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

제 12조 (임원의 자격 및 선출)

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

제 13조 (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 이사회의 의결을 거쳐 선임하고 총회에 보고한다.
- ⑥ 감사의 임기는 2년으로 하고 연임할 수 있으며 최대 4년으로 한다.
- ⑦ 등기이사 임기는 3년으로 한다.

제 14조 (임원의 직무) 임원은 다음의 직무를 행한다.

- ① 회장은 본 회를 대표하여 업무를 총괄하고 총회와 이사회의 의장이 된다.
- ② 부회장은 회장을 보좌하며 회장 유고시에는 부회장 중에서 연장자순으로 그 직무를 대행한다.
- ③ 상임이사는 회장의 명을 받아 이 조사연구회의 업무를 집행한다.
- ④ 이사는 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.

제 15조 (임원의 보수)

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

제 16조 (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

제 17조 (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.

제 18조(조직) 본 회의 업무를 원활하게 수행하기 위하여 필요한 조직 및 업무분장 등에 관한 사항은 내규로 정한다.

제 4장 회 의

제 19조 (회의 종류) 본 회의 회의는 총회 및 이사회로 한다.

제 20조 (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.

제 21조 (이사회) 본 회의는 회장, 부회장, 이사, 상임이사로 구성되는 이사회를 둔다.

제 22조 (이사회 개최)

- ① 이사회는 회장이 필요하다고 인정하거나 재적이사 과반수이상의 요구가 있을 때에는 회장이 이를 소집하여야 한다.
- ② 회장이 이사회를 개최하고자 할 때 예는 회의개최 7일 이전에 목적, 일시, 장소를 정하여 이사에게 통지하여야 한다.

제 23조 (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

제 24조 (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

제 25조 (재산 및 재정) 본 회의 재산과 재정은 다음 수입으로 충당한다.

- ① 사업수익금
- ② 찬조금, 기부금
- ③ 기타 수입금

제 26조 (회계연도) 본 회의 회계연도는 정부의 회계연도에 준한다.

제 27조 (예산의 편성) 회장은 사업연도 초에 사업계획서와 예산을 편성하여 이사회의 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제 28조 (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.

제 29조 (잉여금의 처분) 회계연도 말에 잉여금이 생긴 때에는 총회의 결의에 따라 그 전부 또는 일부를 재산으로 적립하거나 다음 회계연도에 이월시켜야 한다.

제 6장 지 회

제 30조 (설치) 본 회는 제3조의 규정에 의하여 필요한 지역에 지회를 둘 수 있다.

제 31조 (운영) 각 지회는 본회의 정관에 준하여 운영한다.

제 32조 (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

제 33조 (감사) 본 회의 감사는 정관 제14조 제5항의 규정에 따라 회의 업무 및 재무에 관한 사항을 연 1회 이상 감사하여 총회에 보고해야 한다.

제 34조 (해산) 본 회의 해산은 이사회 의결을 거쳐 총회에서 회원의 3분의 2이상의 출석과 3분의 2이상의 찬성으로 의결하여 산림청장에게 신고하여야 한다.

제 35조 (청산 재산의 처리) 본 회의 청산 잔여재산은 산림청장이 지정하는 국가, 지방단자치단체 또는 유사목적 가진 다른 비영리 법인에 귀속한다.

제 36조 (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 날로 부터 효력을 발생한다.

- ② (경과조치) 허가당시 창립총회에서 선출된 임원은 본 정관에 의하여 선출된 것으로 본다.
- ③ 본 정관에 없는 사항은 법령 및 관례에 따른다.

부 칙 (1998. 4. 28)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (1999. 11. 13)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2001. 3. 26)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2005. 12. 6.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (준용) 이 정관에 규정되지 아니한 사항은 민법의 규정에 의한다.
- ③ (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.

산지환경

제24호

2021년 2월 인쇄
2021년 2월 발행

발 행 인 : 변재경
편집위원 : 김정환, 정양수, 강동우

발 행 처 : (사)한국산지환경연구회
경기도 남양주시 순화궁로 272, 동광비즈타워 715호
TEL. 031-572-1678, 0063, 0127
FAX. 031-572-7387
E-mail : ipji7387@hanmail.net
홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>

인 쇄 처 : 경희문화사 (02)966-2636

「한국산지환경연구회」에서는 토양의 물리성 및 화학성 분석을 통해 신뢰도 높은 분석검정 서비스를 제공하고 있습니다.

- ▶ 수목식재지의 토양진단을 위한 물리·화학성 분석
- ▶ 나무의사 제도 시행에 따른 수목 피해원인 진단
- ▶ 도시림 유지관리를 위한 토양환경개선방안 제시

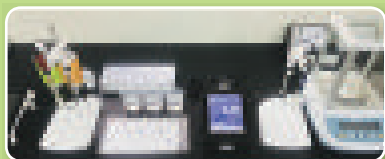
토양 분석장비



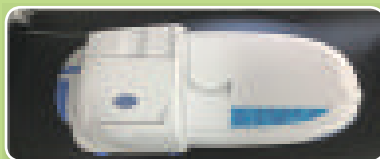
토양분석실



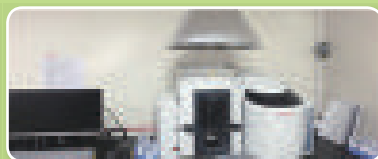
입도분석



산도(pH), 양이온치환용량,
전기전도도 측정



UV-spectrophotometer
(UV-비색측정기)



치환성염기 측정(AA)

시험규격

시험구분	분석항목	수수료(원)
물리성	시료건조 및 조제	10점 미만 5,000원 / 10점 이상 3,000원
	입도분석	13,500
	석력함량	5,000
	토양삼상 (용적밀도)	11,000
화학성	산도	10,000
	유기물	21,000
	전질소	21,000
	유효인산	10,000
	양이온치환용량	30,000
	칼륨	10,000
	나트륨	10,000
	칼슘	10,000
	마그네슘	10,000
	전기전도도	10,000
	중금속	11,500

※ 모든 시험 수수료는 시료 1점당 가격이며, 부가세는 별도입니다.
※ 신청 및 시료발송 전 연구회에 문의하시기 바랍니다(전화:031-572-1678).