

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

◆ 토양조사(현지조사) 및 시료채취 수수료

종 류	조사항목	수량 (개소)	수수료 (원)	처리 기한 (일)
토양조사 및 진단	· 산림 및 조경수 입지환경 - 모암 및 표고 등 13항목 · 토양단면 조사 - 토양 견밀도 및 토심 등 11항목	1~3	300,000	7
		4~9	600,000	10
		10개소 이상	협의	15
	· 토양시료 분석을 같이 의뢰 시 해당 시료점수별 토양분석 처리기한을 가산합니다.			
	· 편도 50km이내를 기준으로 조사개소수에 따라 숙박료 등 출장여비, 제경비 및 부가세를 가산합니다.			

- 수목식재 및 피해지의 토양진단을 위한 물리·화학성 분석
- 나무의사 제도 시행에 따른 수목 피해원인 진단
- 도시림 유지관리를 위한 토양환경개선방안 제시

분석실



물리분석실



기기분석실

토양 물리성 분석 장비



토양수분보수력측정기(토양pF)



포화수리전도도측정기(토양투수계수)

토양 화학성 분석 장비



탄소질소원소분석기



유도결합플라즈마분광분석기

병해충 약효·약해 및 부숙도측정 장비



생물현미경



부숙도측정기

★ 각종 분석기기 30여종 보유 ★

◆ 분석 항목별 수수료

[시료 1점당 가격, 부가세 별도]

시험구분	분석항목	수수료(원)
토양 물리성 (Soil Physical)	시료건조 및 조제	5,000(10점 이상)/ 10,000(10점 미만)
	입도분석	13,500
	석력함량	5,000
	토양삼상(용적밀도)	11,000
	조공극률 측정(용적수분함량)	35,000
토양 화학성 (Soil Chemical)	포화투수계수	14,000
	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

◆ 시료점수별 처리기간

시료점수	처리기간	수수료(원)
1~10점	7일	30점 이상은 매 5점마다 1일씩 추가함
11~20점	10일	
21~30점	12일	

산지환경

제25호 2022
ISSN-1226-8321



사단법인
한국산지환경연구회

(사)한국산지환경연구회 소개

1

설립목적

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

2

주요활동

- 산림입지토양도(1:5,000) 제작 사업
- 임상도(1:5,000) 제작 및 현행화 구축 사업
- 양묘장 토양조사 및 관리방안 연구
- 임업관련기술 맞춤형 컨설팅 및 교육 서비스
- 산림경영계획(산림조사) 및 임목축적 조사·분석
- 산림수자원 유역시험지 토양조사 및 주제도 작성
- 산림토양 세분류 공동연구 및 연구시험지 토양조사
- 산지전용을 위한 산림 및 토양조사
- 임산물 재배적지 선정 연구 및 산양삼 생산적합성조사
- 산지재해 방지 및 환경영향 평가
- 산림생태환경조사 분석 및 평가
- 국내·외 임업기술 협력 및 정보교환

3

일반현황

- 기관명 : (사)한국산지환경연구회
- 회장 : 변재경
- 연혁
 - 1996. 8. 사단법인설립 산림청장 허가(115221-0001820)
 - 1996. 9. 임업서비스업 사업자등록(132-82-03732)
 - 2001. 3. 산림사업 법인등록(영림계획-산림청2001-5호)
 - 2011. 2. 소프트웨어사업자 신고(신고번호 B18-153360)
 - 2011. 3. 엔지니어링 활동주체 신고(신고번호 E-12-000210)
 - 2018. 7. 시험 검사 및 분석기관 등록
 - 2019. 3. 임업소득분야 전문교육기관 지정(산림청)
 - 2019. 8. 산림형 예비 사회적기업 지정(산림청)
 - 2019. 8. 초경량 비행장치 사용사업등록(서울지방항공청)
 - 2021. 2. 신사옥 이전(경기도 남양주시 별내동 지식산업센터)
 - 2021. 9. 농약 등의 약효·약해 시험연구기관 지정(농촌진흥청)

- 주소 : 경기도 남양주시 순화궁로 272, 동광비즈타워 715호
- 전화번호 : 031)572-1678, 0063, 0127 / 팩스 : 031)572-7387
- 홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>
- E-mail : ipji7387@hanmail.net



주요 사업실적

산림입지도양도(1:5,000) 제작	'08~'21 : 1,962천ha(5,118도엽)
임상도(1:5,000) 현행화 구축 사업	'14~'21 : 자연(4,489도엽), 인위(19,894도엽)
국·사유양묘장 토양조사	'06~'21 : 42지역 (국유 27, 사유 15)
산양삼 종자공급단지 조성사업	'17 : 중부권역(충주)
산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정 확인	'14~'18 : 생산적합성조사(1,633건) 및 생산과정확인(3,491건)
산림수자원 유역시험지 정밀산림입지도양도 제작	'16~'19 : 13개 유역시험지
수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사	'17~'18 : 309개소
산사태 발생 우려지의 토양 및 환경특성 조사	'21 : 1,028개소
소나무재선충병 무인항공기 예찰조사(영상분석)	'21 : 16만ha
임산물소비촉진사업 임산물재배 전문가과정 교육	'21
2050 탄소중립 관련 하천변(강천섬) 숲 조성 자원량 용역	'21 : 24개소
우리나라의 주요 모암 및 해발고도별 산지적응이 강한 산양삼 품종 선발(연구개발과제)	'21
산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련 (토양시료분석)	'18~'19 : 산도(pH) 16,000점, 토성 10,650점
소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰조사	'18 : 경기·강원도
소나무재선충병 무인기 예찰조사 사업 감리 품질평가 용역	'19 : 전국 88,000ha
산림치유자원조사 용역	'19 : 10개소 27개 지점
산지훼손 1차 일제조사 통계 불일치지역 현행화	'19 : 충청북도 673도엽
생활권 수목 생육기반환경 평가를 위한 토양조사	'19 : 서울숲공원
산림입지조사(1:25,000) 및 입지도 제작	'96~'02 : 2,899천ha
산림입지구획(항공사진 판독)	'96~'02 : 1,1162천ha
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, 미얀마 중부지역 산림종합경영 시범사업 및 조림사업 PCM 용역	'00~'07 : 3지역
산림과학원 시험림(광릉, 제주) 토양조사 및 도면제작	'05~'07 : 2지역
DMZ지역 산림토양 및 산지이용실태조사	'05
녹색사업단 숲체험 교육사업	'14
광릉시험림 공간분포 및 산림토양 특성	'14
광릉시험림 정밀산림조사	'15
기타 연구 용역(산림 훼손지 실태 및 건강 모니터링 등)	'09~'12 : 16건

2021 한국산지환경연구회 주요활동

1 국가산림공간정보 조사구축



산림입지토양조사 및 입지토양도 제작



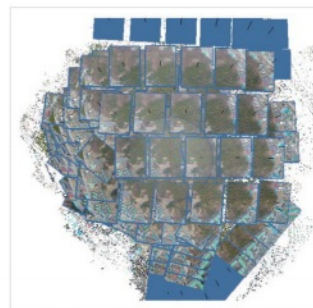
임상도 제작 및 현행화



2 국유양묘장 토양조사(남원,보성)



3 소나무재선충병 무인항공기 예찰조사(영상분석)



2021 한국산지환경연구회 주요활동

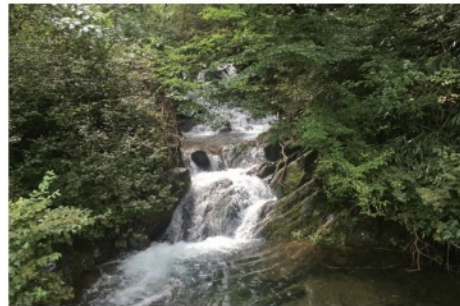
4 임산물 소비촉진 사업



5 2050 탄소중립 관련 하천변(강천섬) 숲 조성 자원량 용역



6 전국산림유역 물순환 모니터링 및 자료수집

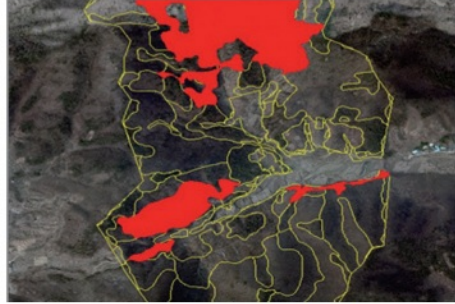


7 우리나라의 주요 모암 및 해발고도별 산지적응이 강한 산양삼 품종 선발 (연구개발과제)



2021 한국산지환경연구회 주요활동

8 공주시 계룡면 화은리 산림현황 정밀조사



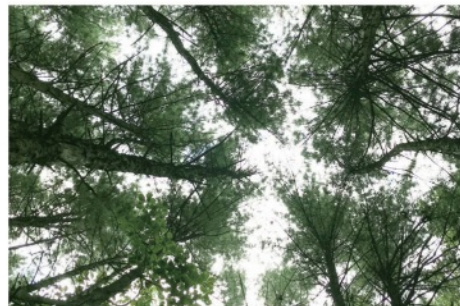
9 조림적지기준개발 시험지 관리 및 조림목 생육특성 조사 (국립산림과학원 연구과제)



10 경기도 의왕시 삼동 산림현황 사전조사 및 정밀조사

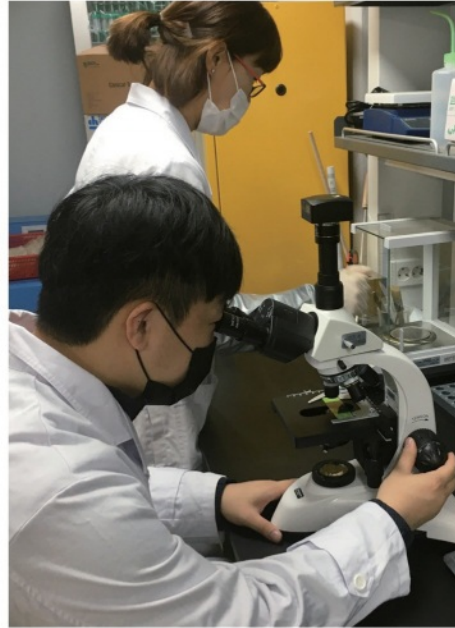
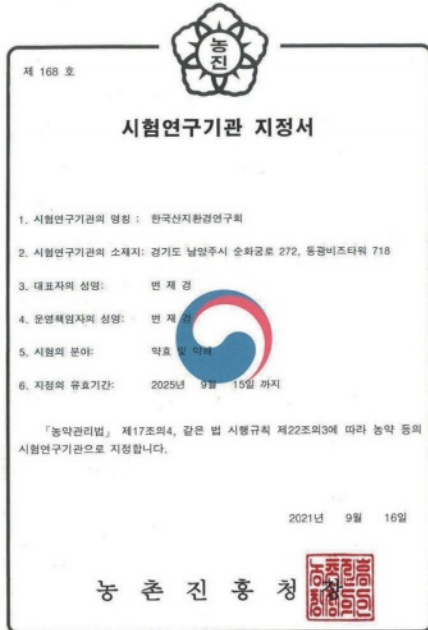


11 광릉숲의 생태 사회 기능 증진을 위한 완충지역 관리모형 제안 용역



수상 및 대외행사

1 농촌진흥청 시험연구기관 지정 - 분석실



2 제17회 대한민국 산림환경 대상 수상



3 국립국어원 정기교육 및 내부 세미나



4 제25차 정기총회



5 학술활동



2022 산림과학공학술대회 포스터발표

심토반전이 묘포토양의 물리화학과 묘목 생장에 미치는 효과
Effect of Soil Inversion on Physio-Chemical Properties in Nursery soil and Growth of Seedlings

제갈상규^{1*}, 변재경¹, 최인규¹, 정양수¹, 정은주²
(¹)한국산지환경연구원, (²)강원대학교 산림환경시스템학과)

Introduction

묘포토양은 수십 년간 연작과 과학적인 시비 처방 없는 복합비료의 지속적 사용으로 인하여 토양의 물리화학적 성질이 악화되고 있다. 토양물리성을 개선하는 기존의 재토법과 효경법은 시간과 비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 토양 개량제를 한나인 심토반전은 다른 방법들에 비해 쉽고 단순하여 농업분야에서는 연구가 활발히 진행되고 있지만 임업분야에서는 묘포토양 개량에 관한 연구사례는 부족한 실정이다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 묘포토양을 1m 깊이까지 심토와 표토를 뒤섞이도록 심토반전 하에 불투수층을 파괴하고 하층에 집적된 비료성분을 고루 섞어주어 토양개량 효과를 구명하고자 하였다.

Materials and methods

(1) 공시재료

- 연구지: 정선국유양묘장
- 연구기간: 2020년 4월 ~ 2021년 11월
- 수종: 일본일갈나무 묘목(1-0), 들메나무 묘목(1-0)

(2) 처리내용

- 일본일갈나무 1년생 묘목을 처리구(심토반전)에 식재
- 일본일갈나무 1년생 묘목을 대조구(무처리)에 식재
- 들메나무 1년생 묘목을 처리구(심토반전)에 식재
- 들메나무 1년생 묘목을 대조구(무처리)에 식재

구분	수종	묘목	조사구	본수
심토반전 묘포 (1m 경운처리)	일본일갈나무	1-0묘	9개	576본
	들메나무		9개	576본
기준 묘포 (대조구)	일본일갈나무		9개	576본
	들메나무		9개	576본
계			36개	2,304본

(3) 수행방법

- 심토반전 처리구와 대조구에 각각 3개의 묘상(10m × 1m)을 동서방향으로 조성
- 묘상 뒤에 1m × 1m 크기의 조사구를 만들고 64본(8본 × 8본)의 묘목을 식재
- 조사구간 50cm 간격을 두어 서로 간섭이 되지 않도록 완충구역 설정
- 조사구는 처리구와 대조구에 고루 분포되도록 임의배치법으로 배법
- 시비처리는 하지 않고 관수만 실시

■ 일본일갈나무
□ 들메나무

처리구(1m 경운처리) 대조구

1m 50cm 10m



연구논문 발표

International Journal of
Molecular Sciences

MDPI

Article

Ginsenoside Re Protects against Serotonergic Behaviors Evoked by 2,5-Dimethoxy-4-iodo-amphetamine in Mice via Inhibition of PKC δ -Mediated Mitochondrial Dysfunction

Eun-Joo Shin ^{1,†}, Ji Hoon Jeong ^{2,†}, Bao-Trong Nguyen ¹, Naveen Sharma ^{1,2}, Seung-Yeol Nah ³, Yoon Hee Chung ⁴, Yi Lee ⁵, Jae Kyung Byun ⁶, Toshitaka Nabeshima ⁷, Sung Kwon Ko ^{8,*} and Hyoung-Chun Kim ^{1,*}

SCI(Science Citation Index)

산양삼 재배용 인삼 품종의 식별을 위한 InDel 마커의 개발
이미선¹⁾, 영호체¹⁾, 김주혁¹⁾, 조남수¹⁾, 변재경²⁾, 김형준³⁾, 고성권⁴⁾, 이이^{1)*}

¹⁾충북대학교 농업생명환경대학 특용식물학과

²⁾한국산지환경연구원

³⁾강원대학교 약학대학 약학과, 정신신경약리독성연구실

⁴⁾세명대학교 바이오식품산업학부

한국산삼학회

제 25호 | 차 례 |

• 발간사	변재경 / 014
• 신년사	최병암 / 016
• 신년사	박 현 / 020
• 신년사	이강오 / 022
• 산림입지토양도의 활용성에 대한 소고	김춘식 / 026
• 계류복원사업을 위한 환경조사(7) -조류조사를 중심으로-	서정일 · 전근우 / 033
• 계류복원사업을 위한 환경조사(8) -서식지조사를 중심으로-	전근우 · 김석우 / 062
• 산림물지도를 이용한 산사태 위험지 판정 고도화	최형태 / 074
• 2050 탄소중립 달성을 위한 산림경영의 도전 과제	한 희 / 086
• 산림용 온실 냉방시스템	조민석 · 한승현 / 094
• 산림유역의 토사유출량 산정을 위한 USLE 모델 적용성 검토	이광연 · 이진호 / 103
• 새로운 수목진료제도의 현황과 과제	이승규 / 114
• 대축척·소축척 산림입지토양도 제작 의의	정진현 / 129
• 4대강 유역의 신규 수변림 조성 적지 분석을 통한 2050 탄소중립 기반마련 연구	최인규 · 정양수 / 139
• 서식지 적합 지수와 네트워크를 통한 도시 생태계 분석	김기남 / 146
• 부 록 정관 및 주요일지	157

발 간 사



존경하는 임업인 가족 여러분! 반갑습니다.

사단법인 한국산지환경연구회장 변재경입니다.

먼저, 현장에서 구슬땀을 흘리며 산림경영에 힘쓰는 임업 종사자와 정책개발과 연구로 밤을 지새우는 산림행정가 및 연구자 여러분의 노고에 감사와 격려의 말씀을 드립니다.

최근 우리나라는 미세먼지를 비롯해 이상기후 현상 발생이 잦아지고 있습니다. 따라서, 지구 환경을 지키는 일이 그 어느 때보다 중요하고 절실해지고 있습니다. 이에 2050 탄소중립 실현을 선언하고 온실가스 배출을 줄이기 위한 전방위적 노력을 하고 있습니다. 그 가운데 산림 분야는 넷-제로(Net-Zero) 실현의 선두에 서 있습니다. 탄소 흡수원으로써 매우 중요한 역할을 할 수 있는 것이 바로 산림이기 때문입니다.

여기에 발맞춰 저희 연구회도 미래 비전인 “ICT에 기반한 산림 R&D기관”으로써 탄소중립이라는 정부정책을 따르고, 산림분야 발전을 위해 최선을 다하고 있습니다.

‘국가산림공간정보 조사구축’, ‘소나무재선충병 무인항공기 예찰조사(영상분석)’, ‘국유양묘장 토양조사’, ‘산림기후대별 산림수문 변화 모니터링’, ‘산사태발생 우려지의 토양 및 환경특성 조사’ 등의 사업을 통해 산림 정보 기술화에 뒷받침 되도록 힘써왔습니다. 또한 “질 좋은 일자리”를 제공하기 위해 산림형 사회적기업으로의 길을 한발씩 내딛고 있으며, ‘임산물소비촉진사업’ 등 산림전문교육사업을 통해 임업인들을 비롯한 다양한 분야의 사람들에게 “삶의 질 향상”에 기여하도록 “사람 중심”의 일도 수행하고 있습니다.

한편, 산림의 공익적 가치 증대를 위해 수원함량 연구와 관련된 산림토양 실험·분석 사업에도 심혈을 기울이고 있습니다. 기존에 있던 실험·분석실 규모를 확장하고 최신 기기를 추가 도입하여, 정확한 데이터 결과 값을 제공할 수 있도록 노력하고 있습니다. 산림토양 분석에 관해서는 우리나라 최고의 민간 분야 기관이 될 수 있도록 열과 성을 다할 예정입니다.

자랑스러운 임업인 가족 여러분!

저희 연구회의 발전과 함께 하며, 우리나라 임업인들의 가교 역할을 해 온 『산지환경지』도 올해 25회차를 맞이했습니다. 저희 기관에 대한 임업 가족들의 관심과 애정이 없었다면 오늘의 전통 있는 『산지환경지』는 없었을 것입니다. 제25호 『산지환경지』가 발간되기까지 마음을 모아 주신 참여 저자를 비롯해 관계자 여러분께 깊은 감사의 인사를 올립니다.

제25호 『산지환경지』 발간을 위해 학계의 풍부한 지식을 아낌없이 나눠 주신 국립강원대학교 전근우 교수님, 김석우 교수님, 국립공주대학교 서정일 교수님, 그리고 경상국립대학교 김춘식 교수님께 감사의 말씀드립니다. 아울러, 바쁜 업무에도 옥고를 전해주신 국립산림과학원 최형태 연구관님, 한희 박사님, 조민석 박사님, 한승현 박사님께도 고마운 마음 전해드립니다. 한국치산기술협회 이진호 실장님, 이광연 실장님, 한국수목보호협회 이승규 박사님, 그리고 정진현 박사님께도 진심으로 감사의 인사 전해 드립니다. 마지막으로 산지환경지 지면에 본인들의 원고로 참여해준 저희 (사)한국산지환경연구회 직원들과 발간을 위해 애써주신 편집위원의 노고에도 고마움을 전합니다.

저희 연구회는 우리나라 임업인을 대표하고 임업발전에 노력을 기울이는 선구적인 단체라 자부하고 있습니다. 저희 기관이 매년 발전과 성장을 거듭하고 있는 이유는 주인의식으로 새로운 분야에 주저하지 않고 도전하는 임직원들을 비롯해, 임업을 천직으로 삼고 산림 분야의 발전을 위해 성원을 보내주시는 임업인 가족 여러분이 있기 때문입니다.

임업인 모두가 탄소중립 시대, 산림의 리더로서 자부심과 사명감을 가지고 우리나라 임업 발전에 앞장설 수 있도록 관심을 부탁드리고 협력을 당부드립니다.

저희 연구회도 아낌없는 응원과 격려 속에 대한민국 임업서비스 최고 전문기관으로 자리 매김할 수 있도록 최선의 노력을 다하겠습니다.

다시 한 번 『산지환경지』 발간에 참여해주신 분들께 진심으로 감사의 인사를 전해드리며, 임업인 가족 여러분의 무궁한 발전과 가정에 건강과 만복이 가득 하시기를 기원합니다.

감사합니다.

2022년 2월

(사)한국산지환경연구회 회장 변재경

신년사



산림을 사랑하는 국민 여러분!
그리고 임업인과 산림공직자 여러분!

2022년 임인년(壬寅年) 새해를 맞이하여 여러분 모두 희망과 기쁨이 가득한 한 해가 되시기를 소망합니다.

돌이켜보면, 지난 2021년은 산림정책의 중장기적 발전에 있어 진일보한 진전을 이룩한 뜻깊은 한 해였습니다.

먼저, 산림이 국가 탄소중립 실현의 한 축으로 자리매김할 수 있도록 사회적 합의를 이루었고, 이를 바탕으로 산림부문 탄소중립 장기전략을 마련하고 임도 확충 등 이행 기반들을 확보하였습니다.

지난 16년간의 논의를 바탕으로 「임업직불제법」을 제정하였고, 목재수확 방법에 대하여는 이를 친자연적으로 정비함으로써 지속가능한 산림경영 활성화의 제도적 기틀을 다졌습니다.

또한, 첨단 과학기술을 활용하는 전략적 산림재해 대응으로 산불, 산사태 피해 면적이 전년대보다 각각 74%, 98% 감소하였고, 산림복지서비스를 강화하여 코로나19로 지친 국민에게 숲을 안전하고 쾌적한 쉼터로 제공하였습니다.

국제적으로는 중앙아시아, 중미 등으로 산림협력의 외연을 확대하였고, 글래스고 기후회의에서 기후변화 대응을 위한 산림협력 논의를 주도하여 산림 선진국으로서의 입지를 공고히 하였습니다.

작년 한 해, 대내외로 어려운 여건 속에서도 유의미한 결실들을 거둘 수 있도록 아낌없는 비판과 격려와 지원을 해주신 국민과 임업인 여러분, 그리고 임업·환경단체 등 여러 관계자분들께 감사의 말씀을 드립니다.

산림청은 올해에도 우리 산림이 기후 위기와 같은 국가적, 세계적 문제 해결의 해법이 되도록 정책적 초석을 다져나가고, 우리 임업의 선순환적 경영 시대를 열어나가기 위한 다양한 정책혁신을 추진하여 국민의 기대와 시대적 흐름에 부응하겠습니다.

첫째, 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 산림관리 전략을 본격적으로 추진하겠습니다.

산림은 탄소중립 실현의 핵심적인 흡수원인 만큼 지난해 마련한 전략에 따라 산림의 탄소흡수력과 저장량을 높여나가 2050 탄소중립 국가계획의 성공적인 이행에 이바지 하도록 하겠습니다.

이를 위해 올해부터 ‘심고, 가꾸고, 이용하는’ 산림 순환 경영을 확대하여 산림의 탄소흡수력과 지속가능성을 제고하고, 수확한 국산목재는 장수명의 고부가 제품으로의 활용을 촉진하여 탄소저장량을 확충하겠습니다.

또한 디지털 트윈 등을 활용하는 디지털 산림경영을 확산하고, 통계와 데이터에 기반을 둔 산림탄소경영을 추진하겠습니다.

둘째, 산림경영을 뒷받침할 법·제도적 기반을 공고히 하여 선진 임업경영 시대를 열어 가겠습니다.

생태·경관·재해를 고려하는 친환경적 목재수확 제도를 정착해 나가고, 임도와 임업기계 등 산림경영 기반들을 조속히 확충하여 지속가능한 산림 순환 경영을 촉진하겠습니다.

임업·산림 공익직접지불제가 올해 10월에 원활히 시행될 수 있도록 하위법령과 협력체계 등을 조속히 마련하여 임업인의 소득이 안정화되도록 함으로써 우리나라의 산림경영이 활성화 되도록 매진하겠습니다.

아울러 임업인의 경영 자율성 확립과 지속가능한 산림경영을 위해 상반기 내에 조림·육림 중심의 「산림자원법」을 경영 중심의 「산림경영법」으로 전면 개정하도록 하겠습니다.

또한 목재, 석재, 단기 임산물 등 산림자원의 원활한 공급체계 구축을 위해 생산·유통 시설 현대화, 목재 통합관리 시스템 구축 등을 추진하고, 목재친화도시 조성 등 신수요 창출과 대국민 캠페인 전개로 시장을 확대해 나가겠습니다.

이와 함께 도시의 재생을 돕고 산촌과 임업에 활력을 심어주며, 지역사회와 청년이 더불어 발전하는 산림일자리 정책을 추진하겠습니다.

특히, 올해부터 「중대재해처벌법」이 시행되는 만큼, 안전보건 관리체계를 구축하여 안정적인 일터를 만들어 가는 데도 노력하겠습니다.

셋째, 산불·산사태 등 산림재해 관리에 만전을 기해 국민과 산림자원을 지키고 일시적 탄소배출을 방지하겠습니다.

갈수록 대형화되는 산불에 대응하여 ICT 플랫폼, 내화수림대 등 예방기반을 구축하고, 산불특수진화대, 진화헬기 등을 확충하고 이를 전략적으로 활용하여 산불의 초기 진화 등 피해를 최소화하겠습니다.

산사태 재해에 대해서는 예측시스템을 고도화하고 인위적 개발지 및 경계부 등에 대한 통합관리를 추진하여 산사태 재해의 사각지대를 해소하겠습니다.

넷째, 세계 각국과 함께 공약하였듯이 산림의 전용과 손실을 방지하고 건강성을 높이는 현실적인 대책을 마련하겠습니다.

멸종위기 고산 침엽수종 보전, 사찰림 보전대책, 자생식물을 활용한 산림복원 확대 등 산림 생물다양성 보전대책을 강화하여 건강한 산림생태계를 가꾸어 나가겠습니다.

인위적 산림훼손 방지를 위한 보호·단속을 강화하고, 무분별한 산지전용을 억제해 나가는 한편 산림을 방치한 산주가 산림을 잘 가꾼 산주보다 막대한 산지 개발이익을 얻는 일이 없도록 산지관리 체계를 개혁해 나가겠습니다.

다섯째, 단계적 일상 회복을 앞당기기 위한 산림복지의 다각화를 기하고, 생활 여건 개선을 위한 도시숲 확충에 역점을 기울이겠습니다.

취약계층을 포함한 모든 국민이 코로나19를 건강하게 극복할 수 있도록 재난 심리회복 산림치유 지원을 확대하고 치유의 숲 조성 등 산림치유 기반을 확대하겠습니다.

또한 도시 바람길 숲, 미세먼지 차단숲, 실내·외 정원 등 생활권 곳곳에 도시숲을 조성하고 학교숲 등 학교녹화를 다변화하여 도시 녹화사업에 박차를 가하겠습니다.

아울러 우리 산림이 가진 문화적·역사적·정신적 가치를 발굴하여 국민의 문화자산으로서의

역할을 높여나가겠습니다.

여섯째, 대한민국이 산림선진국으로서 역할을 다 할 수 있도록 우리의 산림녹화와 관리 철학을 살린 포용적 산림협력을 확대하겠습니다.

먼저, 5월에 있을 제15차 세계산림총회에서 글래스고 선언문의 구체적인 실천방안이 논의되고, 보다 더 진전된 결과물이 도출될 수 있도록 만반의 준비를 기하며, 산림선진국으로서 대한민국의 국격을 높이는 기회로 만들겠습니다.

또한 개발도상국 산림복원과 열대림 보전 등 세계 산림문제 해결에 선도적 역할을 다하고, 한반도 기후변화 공동 대응을 위한 남북산림협력 재개를 위해 노력하겠습니다.

존경하는 국민, 임업인 그리고 산림공직자 여러분!

올해 우리 산림은 세계가 직면한 기후위기, 생태위기, 보건위기를 모두 해결하기 위한 핵심수단으로 부상하며 그 중요성과 역할이 더욱 강조될 것으로 전망됩니다.

그런 만큼 그 어느 때보다 새롭고 많은 도전과 기회에 직면하게 될 올 한해는 우리 산림의 더 먼 미래를 향한 개혁을 반드시 이루어 내겠다는 마음가짐과 소명의식이 더욱 절실하다고 생각합니다. 이에, 올 한해 저와 모든 산림공직자는 전문성과, 진정성과, 포용성을 바탕으로 최선의 노력을 다해 어려움을 이기고 새로운 성공의 역사를 이루어나간다는 극세척도(克世拓道)의 마음가짐으로 국민을 섬기고 업무에 임해 나가겠습니다.

다시 한 번 국민과 임업인, 산림공직자 모두 우리 산림의 미래처럼 밝고 희망이 넘치는 한 해가 되시길 기원합니다.

감사합니다.

2022. 1. 1.
산림청장 최 병 암

신 년 사



임인년(壬寅年) 희망찬 새해가 밝았습니다. 호랑이의 강렬한 눈빛과 포효하는 용맹한 기운이 여러분에게 깃들어 소망하는 바를 모두 성취하는 한 해가 되시길 기원합니다.

지난해는 탄소중립 이슈와 더불어 산림의 중요성이 제대로 인식된 한 해였다고 생각합니다. 피상적인 개념이 아닌 구체적인 정보를 토대로 논의가 활발히 전개되었으며, 산림 전문가만이 아니라, 온 국민이 산·숲에 대하여 제대로 알고 다룰 수 있기를 소망한다는 사실을 확인한 시간이었습니다.

이러한 상황 속에서 올해 산림과학연구 100주년을 맞이하는 국립산림과학원은 더 큰 산림 가치 실현을 위해 힘찬 발걸음을 내딛겠습니다. 국립산림과학원이 이 자리에 있기까지 헌신하며 달려온 선배들께 감사하며 법고창신(法古創新)의 길, 새로운 산림과학 시대를 향해 큰 걸음을 내딛고자 합니다.

기후위기 시대를 맞아 부각된 탄소 흡수원 기능만이 아니라 산림의 다양한 가치를 제대로 인식시키고 발전시켜 산림산업 관계자와 더불어 온 국민이 그 혜택을 누리도록 하겠습니다. 이를 위해서는 정밀임업, 첨단 과학기술을 활용한 정밀 산림경영을 해야 합니다. 국립산림과학원이 그 기틀을 마련하고 선도해야 하며, 또한 해낼 수 있다고 생각합니다. 이러한 여건을 감안하여 2022년에는 저희는 다음 다섯 가지 분야에 역점을 두고자 합니다.

첫째, 제4차 산업혁명 시대를 선도하는 산림과학의 터전을 마련하겠습니다. 미래를 위해 ICT 분야에 최우선 투자를 하고자 하는데, 금년에 산림위성정보활용센터 건물과 조직의 설계를 하고, 그 기초를 놓겠습니다. 자원조사는 물론, 산림관리 및 서비스 분야가 모두 ICT를 활용한 첨단 기술로 무장할 수 있도록 그 솔루션을 제공하는 조직과 연구 확대를 위해 노력하겠습니다.

둘째, 탄소중립 시대의 산림산업이 활로를 찾을 수 있도록 수확을 통한 목재 이용과 산림생태계 서비스의 유지·증진이 조화롭게 이루어지는 산림경영체계를 연구하겠습니다. 현장 수요자와 국민의 목소리를 경청하고 창의적인 방법으로 문제를 해결해 나가겠습니다.

셋째, 산림·임업 공익 직접지불제의 기초이자 환경서비스지불제의 기반이 될 수 있는 산림생태계 서비스의 평가방식을 정교화하고 증진방안을 연구하겠습니다. 다양한 산림생태계 서비스 항목별로 비산림 분야에서도 공감할 수 있는 방식으로 평가하고, 그

기능을 증진하는 방법론도 제시할 수 있도록 하겠습니다.

넷째, 바이오경제 시대에 국토의 63%를 차지하는 산림에 존재하는 생명자원의 가치를 극대화하도록 노력하겠습니다. 약용자원과 생활 소재로 활용될 수 있는 기능을 발굴하고 안정적으로 자원을 공급할 수 있도록 방안을 제시하겠습니다. 특히, 법적으로 허용되는 유전공학 기술을 찾아, 최첨단 생물공학 기법을 적용한 산림 바이오 자원을 만드는 기술을 개발하겠습니다.

다섯째, 목재문화 확산을 위한 다각적인 시도를 하겠습니다. 전통 문화에서 미래 산업에 이르기까지 목재에 가치를 입히는 각종 활동이 확대될 수 있도록 노력하겠습니다. 관련 법규나 생활방식의 변화 필요성이 있는 부분을 밝히고, 목재를 통해 탄소중립과 더불어 인류의 행복에 보탬이 되는 목재문화를 확산시켜 나가겠습니다.

이러한 목표는 몇 명 소수 정예의 능력과 노력으로 이룰 수 있는 것이 아닙니다. 넓고 깊은 전문지식이 요구되고 집단지성이 필요합니다. ① 현장을 찾아 치열하게 토론하고, ② 다른 분야도 기꺼이 포용하며 협력하고, ③ 엉뚱하게 여겨질 정도로 과감하게 도전하되, ④ 성급하지 않게 기초와 논리를 충실히 다지며 나가겠습니다. 특히, 국립산림과학원만으로 새로운 산림 시대를 구축할 수 없습니다. 한국산지환경연구회를 비롯한 관련 기관과 단체의 협력이 절실히 필요합니다. 함께 협력하여 좋은 결실을 이룰 수 있기를 기대합니다.

지난해 신축년(辛丑年)을 보내면서 소처럼 묵묵히 정진해 온 토대 위에 임인년(壬寅年) 검은 호랑이의 기운으로 도약하는 계기를 함께 만들어 갈 수 있기를 소망합니다. 이제 코로나의 여운을 물리치고 건강하고 희망찬 한 해를 만들며, 가정과 일터에서 모두 행복한 모습으로 큰 성과를 거두시길 기원합니다.

감사합니다.

2022년 2월

국립산림과학원 원장 박 현

신년사



존경하는 임업인 그리고 국민 여러분!
2022년 임인(壬寅)년 백두대간의 산과 들을 호령하던 호랑이의
열정을 담은 새해 새아침이 밝았습니다.

우리 진흥원은 올해 개원 10주년을 맞이하게 되었습니다. 지난 10년, 진흥원의 268명 임직원은 “산림을 통한 소득 증대와 임업의 고부가가치 창출”이라는 기관 설립 미션을 달성하기 위해 임업의 경쟁력 강화, 임산업의 성장동력 확대, 산림의 미래가치 증진, ESG기반의 경영혁신을 위하여 열심히 달려왔습니다.

새로운 10년을 시작하는 올 한해, 우리 진흥원은 임업현장의 목소리와 산림정책의 미래 방향을 담은 새로운 목표와 발전전략을 수립하고자 합니다. 우리 산림과 임업은 기후위기와 코로나 위기를 극복하는 수단이자, 탄소중립과 뉴노멀시대를 이끌어가는 미래산업입니다. 미래사회의 대안으로서 산림과 임업의 가치를 새롭게 정립하는 것과 더불어 저희 한국임업 진흥원의 본연의 업무에 최선을 다하고, 다음의 중점 현안 해결에 힘을 모으도록 하겠습니다.

첫째, 우리 청정임산물 브랜드인 K-Forest Food 브랜드 역량 강화를 위해 노력하겠습니다. 전문임업인 양성 단계별·맞춤형 교육·훈련 프로그램을 확대하며, 청정임산물의 종자부터 식탁에 이르는 전주기 안전·품질관리 기반을 조성하겠습니다. 데이터기반의 임업경영 지원도 강화하겠습니다. 이와 더불어, 임업인들의 제품 개발·가공·유통·마케팅·판로개척·수출에 이르는 전과정에 대한 모든 지원을 아끼지 않겠습니다.

둘째, 지역마다 로컬푸드가 있듯이 우리에게도 로컬우드가 있습니다. 지속가능한 숲에서 생산되는 지역목재 이용 활성화 및 K-Wood 브랜드 구축을 위해 노력하겠습니다. 국산목재제품의 공공활용·민간판로를 개척하고, K-Wood기업의 자립성장과 시장확대를 적극 지원하겠습니다. 또한, 인증·품질관리 시스템 개선으로 소비자에게 신뢰받고 사랑받는 우리 목재를 만들기 위해 최선을 다하겠습니다.

셋째, 우리 산에서 나와 생활용품에서 건축재료까지 다양하게 쓰이고 있지만, 아직 그 가치를 인정받지 못하고 있는 K-Stone에 대한 인식전환에 앞장서겠습니다.

석재산업이 친환경·안전산업으로 이미지를 쇄신하기 위해 석재산업시설의 환경피해저감

지원 및 지속적인 모니터링을 추진하겠습니다. 나아가, 석재산업과 시장에 대한 정보통계를 체계적으로 구축하고, 우수기업·전통제품·명인 인증제도를 보완하며, 지역 클러스터 도입 등을 통해 산업기반의 기틀을 다질 수 있도록 하겠습니다.

넷째, 산림과 임업의 미래를 준비하는 스마트 산림정보 및 R&D 기반 구축과 활용 확대를 위해 노력하겠습니다.

디지털트윈·빅데이터 공간정보 기반의 스마트 산림경영 인프라를 마련함과 동시에 현장 활용성 개선을 위한 서비스를 다각화하겠습니다. 또한 문제해결형 산림빅데이터 생태계도 조성하여 혁신기술 기반 지속가능 임업 R&D 투자수요를 발굴하고, 개발기술의 제품화 및 공공활용의 확대를 위해 노력하겠습니다.

다섯째, 산림일자리 확대와 산촌활성화에 기관 역량을 집중하겠습니다.

그루매니저와 그루경영체 발굴 및 성장 단계별 맞춤 지원 확대를 통한 지역특화 산림비즈니스를 실현하겠습니다. 더불어, 문화·예술 등 타분야와의 융합을 통해 청년들의 참여 기회를 넓히고, 산촌이 미래의 삶터와 일터가 될 수 있도록 다양한 지원체계를 구축하겠습니다.

여섯째, 우리 숲이 건강한 생태계를 유지할 수 있도록 스마트한 산림병해충 관리체계를 운영하겠습니다.

주요 산림병해충의 예찰·방제 품질 모니터링 및 신규·돌발 병해충에 대한 긴급 대응체계를 구축하겠습니다. 소나무재선충병 소규모 피해지까지의 촘촘한 관리체계를 확대하겠습니다. 나아가, IoT·AI·드론 기반의 탐지·예측·판독과 모니터링·이력관리 체계를 고도화하겠습니다. 이에 그치지 않고, 나무의사 등 수목진료전문가의 안정적 양성·배출에도 만전을 기울이겠습니다.

일곱째, 개인, 기업, 지자체가 산림과 임업을 통한 탄소중립에 적극 참여할 수 있도록 시스템을 정비하고 발전시키겠습니다.

국내 뿐 아니라 해외 산림투자를 통한 기업의 ESG경영을 지원하도록 노력하겠습니다. 더불어, 이를 이끌어 갈 인재양성을 위해 특성화 고등학교부터 대학, 대학원 과정 지원을 지속 발전시켜나가겠습니다.

마지막으로, 올해는 임업·산림 공익직불제가 처음으로 시행됩니다. 우리 진흥원은 이에 관한 교육과 분석의 역할을 맡고 있습니다. 임업인과 산림청의 지난한 노력으로 성취하게 된 공익직불제 사업이 차질없이 진행되도록 열과 성을 다해 준비하겠습니다.

바야흐로 지역임업, 지역산림경영 시대가 도래하고 있습니다. 지역소멸위기 89개 시군의 대부분이 백두대간 주변의 산림지역입니다. 지역임업을 키우고 체계적인 지역산림경영을 하는 것이 곧 지역을 살리는 길입니다. 위기를 기회로 만들기 위해서는 “끊임없는 자기혁신, 내외부와의 활발한 소통, 그리고 변화에 맞서는 용기”가 필요합니다. 지난 10년의 성과와 한계를 뛰어넘고, 현장 임업인·임산업계와 MZ세대의 목소리에 더욱 귀 기울이며, 거센 풍랑에도 맞설 수 있는 용기 가득한 자세로 임업인과 임산업계의 든든한 동반자가 될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

임업인과 국민 모두가 숲과 함께 더욱 건강하고 풍성한 한 해가 되시길 응원합니다. 감사합니다.

2022년 1월 1일

한국임업진흥원장 이 강 오 올림

- 산림입지토양도의 활용성에 대한 소고
김춘식 / 026

- 계류복원사업을 위한 환경조사(7) -조류조사를 중심으로-
서정일 · 전근우 / 033

- 계류복원사업을 위한 환경조사(8) -서식지조사를 중심으로-
전근우 · 김석우 / 062

- 산림물지도를 이용한 산사태 위험지 판정 고도화
최형태 / 074

- 2050 탄소중립 달성을 위한 산림경영의 도전 과제
한 희 / 086

- 산림용 온실 냉방시스템
조민석 · 한승현 / 094

- 산림유역의 토사유출량 산정을 위한 USLE 모델 적용성 검토
이광연 · 이진호 / 103

- 새로운 수목진료제도의 현황과 과제
이승규 / 114

- 대축척·소축척 산림입지토양도 제작 의의
정진현 / 129

- 4대강 유역의 신규 수변림 조성 적지 분석을 통한
 2050 탄소중립 기반마련 연구
최인규 · 정양수 / 139

- 서식지 적합指數와 네트워크를 통한 도시 생태계 분석
김기남 / 146

산림입지도양도의 활용성에 대한 소고(小考)



김 춘 식

경상국립대학교 환경산림과학부 교수

ckim@gnu.ac.kr

서론

미래의 산림자원관리는 첨단기술을 이용한 산림 생산 및 공공기능 네트워크화와 스마트 임업을 위한 공간정보 구축이 필요하다. 이를 위해서는 원격탐사(RS), 지형정보시스템(GIS), 글로벌항측시스템(GPS), 데이터베이스 관리시스템(data base management system), 자료 융합(data fusion), 의사 결정시스템(decision support system), 변량기술(variable rate technology) 등을 기반으로 자료가 수집되고, 결과의 해석을 통하여 산림정책이나 산림경영의 의사 결정을 지원하게 된다. 2008년 이후 2021년까지 전국 산림지역을 대상으로 현장조사를 통하여 획득된 방대한 양의 산림입지환경 및 토양 단면 자료인 산림입지도양도(1:5,000)는 수요자 중심의 산림공간정보서비스(FGIS)로 구축되었다. 이러한 정보는 산림 정책 및 계획 수립을 위한 의사결정 지원정보와 함께, 다양한 산림공간정보

콘텐츠를 개발하여 행정실무자, 산림경영자, 일반국민 등 정보의 수요자에게 양질의 다양한 산림정보를 제공하고 있다. 산림입지토양도는 첨단 3S 기술(3S: RS, GIS, GPS)과 시간 및 경비가 많이 투입되지만, 항공기, 위성, 드론 등의 원격탐사를 통하여 획득된 디지털 자료와는 달리, 현장조사를 통하여 데이터가 구축되었기 때문에 정확하고 신뢰성 있는 데이터가 수집, 축적되어 있어 수요자에게 양질의 데이터 제공이 가능할 것으로 판단된다(그림 1). 한편, 산림입지토양도 공간정보 자료(예를 들면, 산림토양형 구획, 토양 단면 조사자료, 위치 기반 토양성질 분석 자료)는 raster와 vector 모델로 표현될 수 있으며, 시·공간적 속성을 가지는 산림자원관리를 위한 가장 중요한 기본도면으로 제공되고 있다.

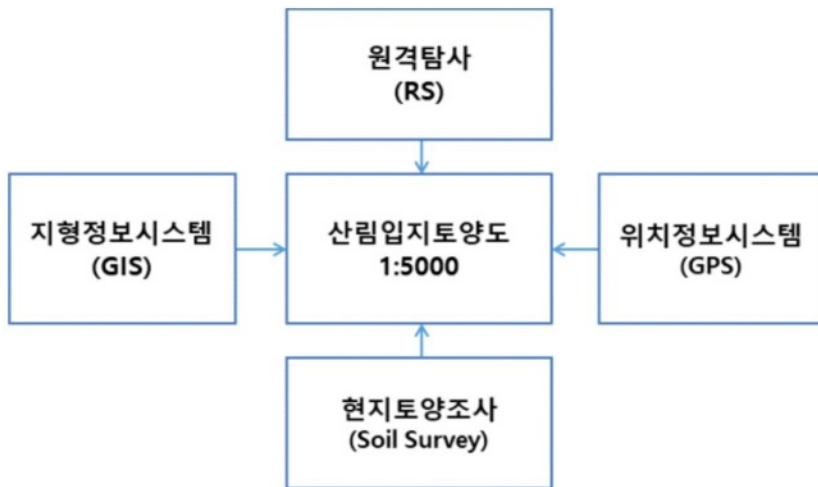


그림 1. 산림입지토양도의 공간정보 구축 과정

산림입지토양도와 국가 공간구축정보의 연계성

산림입지토양도는 제6차 국가 공간정보 정책('18~'22) 비전인 “공간정보 융복합 르네상스로 살기 좋고 풍요로운 스마트 코리아 실현”을 위한 국가공간정보 정책 기본계획 2-3(공간정보의 적극적 활용을 통한 공공부분 정책 혁신 견인)의 취지에 부합한다(그림 2). 산림입지토양도는 산림입지 및 토양환경의 위치 및 속성정보의 데이터를 기반으로 과학적인 산림행정 의사결정, 연구, 교육, 민간 활용 등을 지원하는 기초 자료로 제공 될 수 있다. 한편, 임업 컨설팅이나 산림경영계획 수립 등을 지원함으로써 국가 경쟁력의 확보와 과학적 산림행정 이행 및 U-Forest 인프라 구축에 기여하며, 산림재해 예방을 통한 국민들에게 안전한

생활을 영위할 수 있는 산림정보 서비스 정보제공이 가능하다.

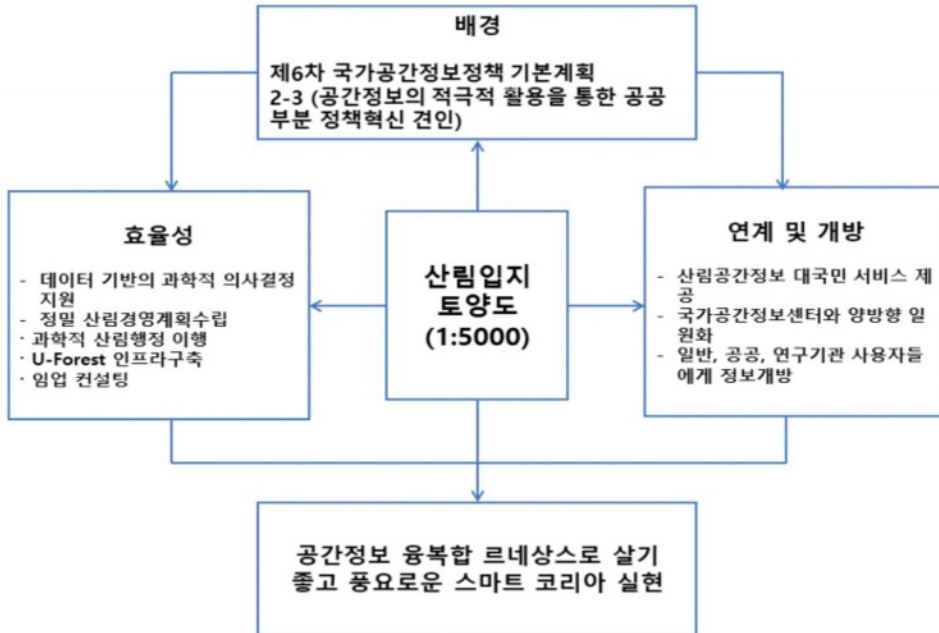


그림 2. 산림입지토양도와 국가 공간정보정책의 연계성

정밀임업과 산림입지토양도

정밀임업(precision forestry)은 고도의 기술과 분석도구를 이용하여 사회적, 경제적 효율의 개선과 지속 가능한 개발에 중요한 역할을 한다. 정밀 임업의 발달에 가장 기본이 되는 것은 정확하고 신뢰성 있는 산림자료의 빅데이터의 획득으로(그림 3), 산림경영이나 관리 과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 해결할 수 있다. 산림 빅데이터의 가장 중요한 과업 중의 하나는 이상적이며 효과적으로 자료를 구성하는 것으로 빅데이터는 5V [크기(volume), 다양성(variety), 속도(velocity), 정확성(veracity), 가치(value)]로 구성된다. 그러나 산림분야 빅데이터는 불규칙성(irregularity), 큰 변이 폭, 자료의 질적 수준이 낮다는 문제점이 있다. 한편, 산림입지토양도의 위치 및 속성정보는 원격탐사 자료로부터 얻어지는 토양 정보와 달리, 현장 조사의 표준화된 조사 방법을 통하여 공간분석 자료가 구축됨으로써 자료의 신뢰성이나 정확성이 매우 높다. 또한 산림입지토양도의 공간정보는 방대한 양의 데이터로 산림자원 관리의 효율성 확보와 수요자에게 맞춤형 정보제공의 역할을 할 수 있다.

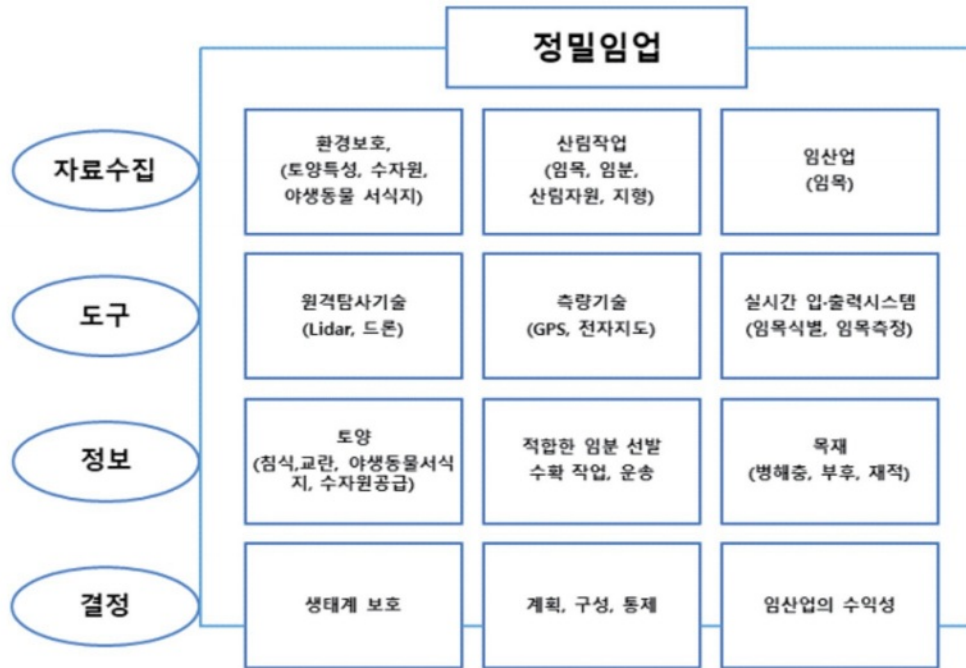


그림 3. 정밀임업의 단계(Kovacsova and Antalova, 2010)

스마트 임업과 산림입지도양도

산림입지도양도의 스마트 임업을 위한 디지털 산림 기본도의 제공은 제6차 산림기본계획 중 “사유림과 함께하는 국유림의 선도 역할 강화의 ICT, 빅데이터 등을 활용한 스마트 국유림 경영 기반 구축”, “4차 산업 기술의 산림분야 적용 보편화의 스마트 임업 플랫폼 구축으로 맞춤형 산림경영서비스 제공 및 ICT의 역기능 대응으로 안전한 미래형 산림행정 환경 구축” 등의 기본자료로 제공될 수 있다(그림 4). 스마트 임업의 개념은 명확하게 정리되지는 않았지만, 클라우드 컴퓨팅(cloud computing), 사물 인터넷(internet things), 이동 인터넷(mobile internet), 빅데이터(big data) 등을 이용하는 디지털 임업에 기반을 둘 것으로 예측된다(Zou et al. 2019). 스마트 임업경영 중의 하나는 산림자원관리와 생태계 구조의 조화로운 개발을 증진하는 것으로 산림입지특성에 기반을 둔 산림경영은 목재 생산물의 질적인 면과 이용성의 개선뿐만 아니라, 산림생태계 서비스 증진에 기여하게 된다. 스마트 임업의 발달에 가장 기본이 되는 것은 정확하고 신뢰성 있는 산림 빅데이터의 획득으로, 이러한 산림경영과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 새롭게 해결할 수 있다.

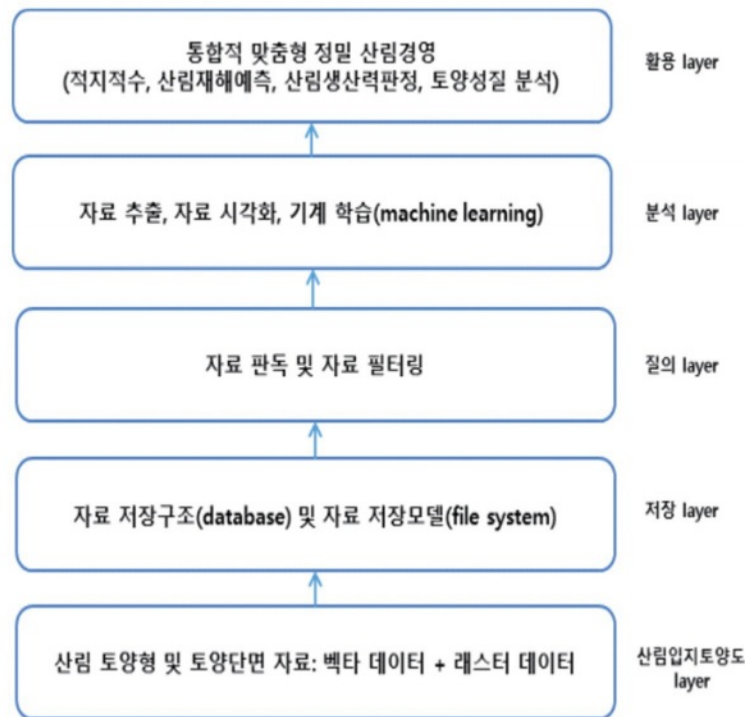


그림 4. 스마트 임업을 위한 산림입지토양도의 플랫폼

산림입지토양도의 활용성

산림입지토양도는 산림경영, 산지관리, 산림환경영향평가 등에 필요한 입지 및 토양환경 정보를 소면적 단위로 구획하여 조사 및 분석한 정보를 대축척 수치지도로 나타낸 산림관리 기본도로서 산림지역의 물리적, 생태적 현상에 대한 시·공간적 정보를 제공한다. 산림입지 환경 및 토양정보가 도형 및 속성정보로 데이터베이스화 되어있으며, 산림입지환경 특성, 토양양분성질, 맞춤형 조림수종 등 산림관리를 위한 다양한 주제도의 제공이 가능하다. 토지이용계획, 토양침식위험지도, 지표면의 수문순환이나 배수, 산사태 위험지 등의 예측 모델을 위한 산림기본도면으로 제공되며, 소면적의 산림소유자에게 필지 단위 입지토양 정보도 제공이 가능하다(그림 5). 산림정책입안자에게는 올바른 의사 결정을 지원함으로써 산림관리에 대한 효율성이 증대되며, 환경부, 농진청, 국토부, 유관기관 등에 협력적 공간정보 체계를 구축 할 수 있다. 한편 일반인에게는 산림공간정보 서비스 개방으로 공공 정보서비스 증진 및 공간정보이용 저변 확대에 기여할 수 있어, 국가정보포털에서 제공되는

산림입지토양도의 공간정보 조회 수는 “산림기능구분도”나 “등산로” 등과 같은 타 산림분야 공간정보 서비스에 비해 가장 많이 조회되었다(그림 6).

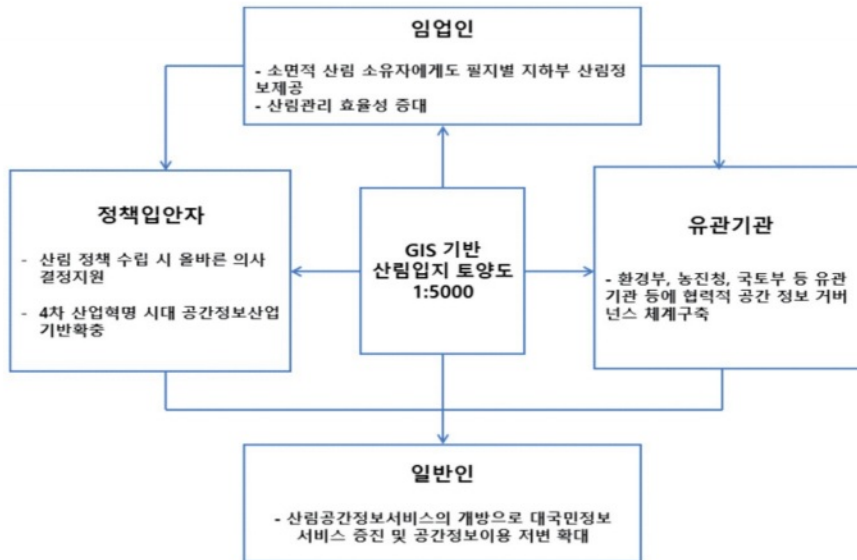


그림 5. 산림입지토양도의 활용성

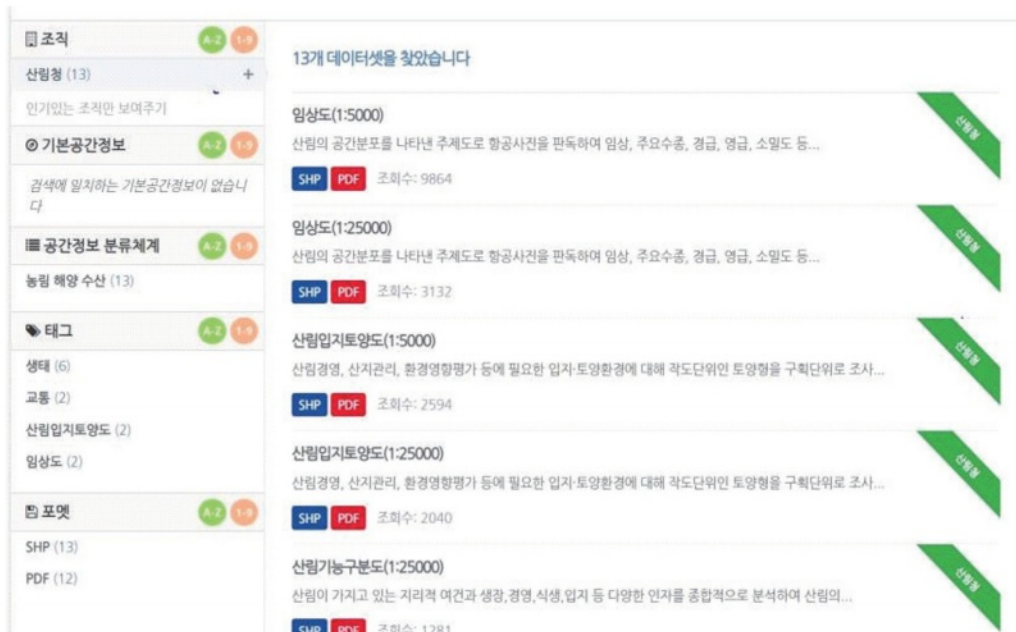


그림 6. 국가공간정보포털의 산림입지토양도 조회수(2022년 1월 21일 현재)

결론

산림자원관리활동은 생태적(ecological), 경제적(economic), 사회적(social)으로 매우 복잡한 시스템(complex system)으로 구성되어 있기 때문에 합리적인 산림자원관리를 위해서는 산림생태계에 포함되는 다양한 시공간적인 정보의 통합이 이루어져야 한다. 2008년 이후 2021년까지 전국 산림지역을 대상으로 현장조사를 통하여 획득된 방대한 양의 산림입지환경 및 토양 단면 자료가 구축되었으며, 데이터의 효율적인 이용을 위해서는 국가산림자원조사, 국유임소반도, 임도망도, 임상도 등과 같은 산림분야 디지털 데이터와 공유가 필요하다. 또한 산림입지토양도의 빅데이터와 공간정보는 조림, 숲가꾸기, 임목생산, 임도, 사방 등의 사업 설계·시공·감리, 산림생태계 취약지 구분, 산림작업기계의 사용 적합성 여부 판정 등 다양한 산림경영활동에 있어서 올바른 의사 결정을 할 수 있는 지원체계를 구축할 수 있다. 그러나 산림입지토양도의 효율적인 활용을 위해서는 산림정책, 산림통계, 지리정보자료, 임상도, 기상 자료 등과 같은 여러 가지 형태의 공간정보 구축과 데이터베이스화가 필수적이다. 한편, 방대한 산림입지토양도의 빅데이터를 추출하고 가공할 수 있는 전문가의 양성과 교육도 요구된다.

감사의 글

본 내용은 “한국임업진흥원”의 지원에 의해 수행된 “산림입지토양도 백서 제작” 중의 일부로 연구비를 지원하여 주신 한국임업진흥원에 감사드립니다.

참고문헌

- 국토교통부. 2019. 2019 국가공간정보정책 시행계획. 119pp.
- 산림청. 2019. 제6차 산림기본계획. 2018년~2037년. 150pp.
- 산림청. 2019. 2018년도 산림과 임업동향에 관한 연차보고서. 웃고문화사. 502pp.
- Kovacsova, P. and Antalova, M. 2010. Precision forestry-definition and technologies. Sumarski list br (11-12): 603-611.
- Zou, W., Jing, W., Chen, G., Lu, Y., and Song, H. 2019. A survey of big data analytics for smart forestry. IEEE Access, 7, 46621-46631.

계류복원사업을 위한 환경조사(7) -조류조사를 중심으로-



서 정 일 / 전 근 우

공주대학교 산업과학대학 부교수 / 강원대학교 산림환경과학대학 명예교수

jungil.seo@kongju.ac.kr / kwchun@kangwon.ac.kr

조류조사는 조류의 서식환경을 보전하는 데에 필요한 수역 및 수변역의 관리방안을 마련하기 위하여 사방시설의 저사공간 및 그 주변에서 발생하고 있는 관리 면에서의 문제점을 추출하고, 사방시설이 자연환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 실시한다.

조류조사의 조사구역은 사방시설의 저사공간 및 그 주변, 상류(유입) 계류, 하류(유출) 계류, 기타 장소(지형개변 장소, 환경창출 장소)로 하며, 조사내용은 현지조사를 중심으로 문헌조사와 청취조사 결과까지를 포함한다. 특히, 현지조사에서는 조류 센서스조사(라인 센서스법, 정점 센서스법, 스폿 센서스법 등) 및 집단 분포지조사를 실시하고, 조사빈도는 원칙적으로 10년에 1회 정도로 한다.

1. 조사의 순서

조류조사는 그림 1에 제시한 순서와 같이 실시한다.

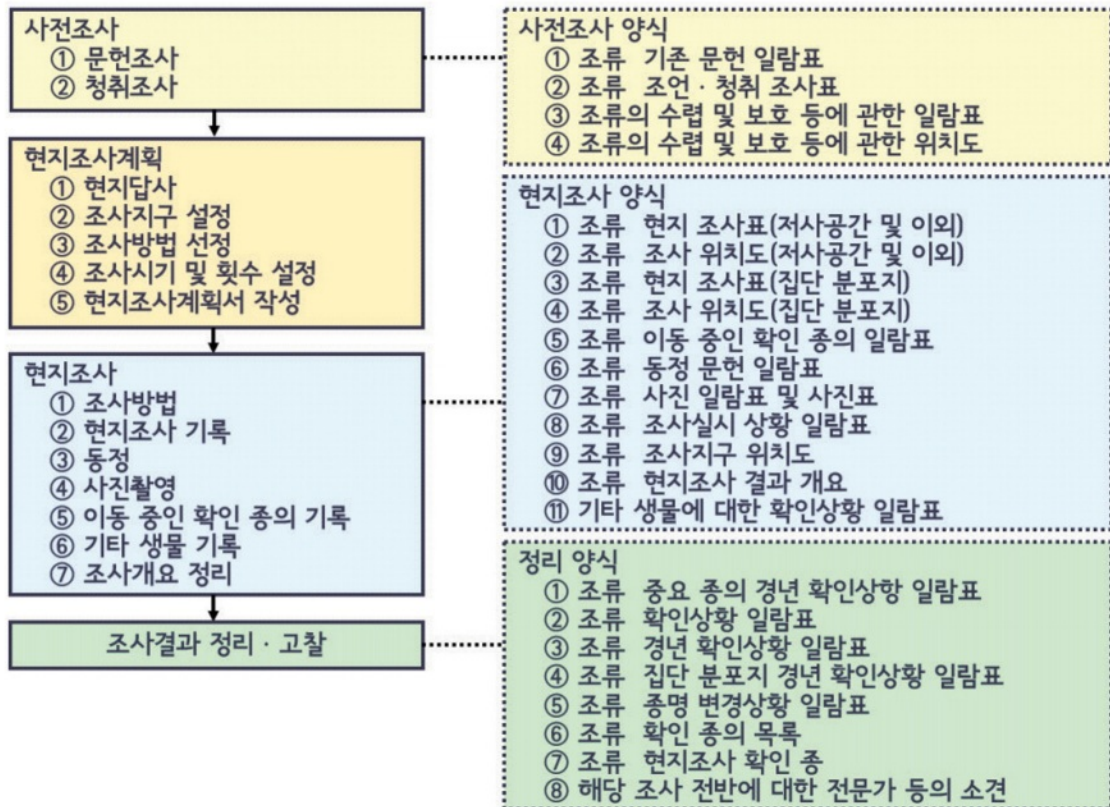


그림 1. 조류조사의 순서

2. 사전조사

현지조사를 실시하기 이전에 문헌조사 및 청취조사를 실시하여 조사구역의 조류 서식 상황을 중심으로 한 각종 정보를 정리하며, 문헌수집 및 청취대상을 선정할 때에는 관련 전문가에게 조언을 받도록 한다.

만일 과거에 계류 조사가 실시된 경우에는 그 이후의 상황에 대하여 특별히 주의하여 정리 및 파악한다.

2.1. 문헌조사

문헌조사에서는 기존에 실시된 계류 주변의 조사결과와 이전 조사 이후에 출판·발행된 문헌 등을 수집하여 조류의 서식상황에 대한 정보를 정리한다.

문헌을 수집할 때에는 조사구역에 한정하지 말고, 가능하면 해당 계류 전체를 대상으로 한 문헌을 수집하도록 한다. 다만, 이전에 조류조사를 실시하였다면 그 이후에 발행된 문헌만을 수집할 수도 있다.

수집한 문헌을 정리할 때에는 문헌의 명칭, 저자명, 발행연도, 발행처, 입수처(절판 등에 의하여 서점 등에서 구입할 수 없는 경우) 등을 기록한다.

2.2. 청취조사

청취조사에서는 관련 전문가에게 조사구역 내 조류의 서식상황, 중요 종 및 외래생물의 서식상황, 확인하기 쉬운 시기 등을 청취하여 정리한다. 청취조사의 대상을 선정할 때에는 기존 청취조사 결과를 참고로 하여 조사구역 및 그 주변의 실태를 파악하고 있는 기관(대학, 연구원, 박물관, 동물원 등)이나 관련 전문가 등의 조언을 받아 선정한다.

청취조사 시에는 직전에 실시한 조사결과, 직전 조사 시에 참고로 한 기존 문헌, 그 후에 파악된 문헌의 일람 등을 지참하여 조사의 효율화를 기하고, 가능하면 직전 조사 이후의 상황 등에 대한 정보를 파악할 뿐만 아니라 조사구역 및 그 주변의 수렵대상 조류, 수렵기간, 수렵구역, (특별)조수보호구역, 수렵 금지구역 등에 대해서도 조사한다. 또한, 조류의 수렵 및 방사 실적이 있다면 해당 조류종, 장소 및 시기 등을 파악한다.

- ① 현지조사에 대한 조언 : 기존 문헌의 유무, 조사지구·시기의 설정, 조사방법 등에 대한 조언 내용을 기록한다.
- ② 조류의 서식상황 : 조사구역 및 그 주변의 조류 서식상황, 외래종 서식상황, 이동방법 및 시기 등에 대하여 파악된 정보를 기록한다.
- ③ 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 서식상황에 관하여 파악된 정보를 기록한다. 중요 종을 확인할 수 있는 위치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 종 보전 측면에서 주의가 필요하므로 「조류의 서식상황」과는 구별하여 정리한다.

3. 현지조사계획

현지조사계획의 수립 시에는 기 수립된 최신의 전체 조사계획 및 사전조사 결과를 참고로 하여 현지답사, 조사지구의 설정, 조사방법의 선정, 조사시기 및 횟수를 설정한다. 만일 현지조사를 연초에 실시하고자 할 경우에는 그 전년도에 현지조사계획을 책정하는 것이 바람직하다.

현지조사계획을 책정할 때에도 필요에 따라 관련 전문가에게 조언을 받도록 한다.

3.1. 현지답사

현지조사계획을 책정할 때에는 전체 조사계획 및 사전조사의 결과를 참고로 하여 사방 시설에 의한 저사공간 및 그 주변, 유입 계류의 상·하류 등을 대상으로 현지답사를 실시한다.

현지답사 시에는 전체 조사계획서, 지형도, 현존식생도, 토지이용도 등을 지참하여 지형이나 식생·토지이용 상황, 계상·안의 물매, 유역면적, 홍수유량 등을 확인 및 추정한다. 이후 현지답사를 통해 유황·수위, 소·여울의 형상, 조사경로 등을 파악하여 전체 조사계획에서 책정된 조사지구의 상황, 조사방법의 선정 및 조사시기·횟수의 설정을 위한 자료로 활용한다. 만일 조사지구 내에 특이사항이 있을 경우에는 그 상황을 자세히 묘사하고, 그와 함께 사진을 촬영하여 보조자료로 활용한다.

한편, 전체 조사계획에서 설정된 각 조사지구는 다음과 같은 사항을 확인한다.

- ① 조류를 관찰할 수 있는 시야의 확보
- ② 지형이나 토지이용 상황 등의 변화 또는 공사 등의 영향에 의한 조사지구의 변경 필요성
- ③ 조사지구로 접근할 때의 안전성
- ④ 현지조사 시의 안전성

3.2. 조사지구의 설정

조사지구는 기본적으로 전체 조사계획에 따라 설정한다. 다만, 사전조사 및 현지조사 결과를 참고로 하여 전체 조사계획을 책정할 당시와 조사지구 상황이 현저하게 변화된 경우 또는 전체 조사계획을 책정한 이후에 사방시설이 건설된 경우에는 필요에 따라 조사구간을 다시 설정하여도 된다. 만일 조사지구를 다시 설정할 때에는 표 1과 표 2를 참고로 하여 새로운 조사지구의 설정근거를 정리하도록 한다.

한편, 지금까지 조사가 실시되어 계속해서 맹금류의 서식상황을 파악하여야 할 필요가 있는 경우에는 광역 정점을 설정하여도 된다(그림 2).

표 1. 조류의 조사지구

구분	조사지구	조사지구의 설정장소
저사공간	평상 시	· 사방댐의 저사공간 전체를 대상으로 함
	홍수 시 변동구역	· 만사상태 이하의 구역으로, 계상변동에 의하여 매물이나 세굴을 반복하는 전체 구간을 대상으로 함
저사공간 주변	에코톤※	· 홍수 시의 변동구역보다 상류 지역으로, 임연부(林緣部)까지의 이행구간에 설정하며, 수립지대는 대상으로 하지 않음 · 수계로부터 임연부까지 연속된 장소가 있으면 1개의 지구를 설정하며, 필요에 따라 복수로 설정할 수 있음
	수립 내	· 저사공간 주변의 대표적인 식생(제1위~제3위 군락 등) 내에 있어서의 조류의 서식상황을 파악하기 위하여 기존의 조사지구 범위 내에서 각각 1개의 지구를 설정함
	광역정점	· 현재 조사가 실시되고 있는 등, 맹금류의 서식상황을 파악하여야 할 경우, 조망이 좋은 장소에 조사지점(광역 정점)을 설정하여도 됨
유입 계류		· 저사공간 환경구역 구분을 설정한 유입 계류, 하류 계류에 기본적으로 250m마다 조사장소(관찰 정점)를 설정하는 스폿 센서스를 실시함
하류 계류		
기타	지형개변 장소	· 대규모 지형개변이 이루어진 장소에 있어서의 식생의 회복 등에 의한 조류의 서식상황의 변화를 파악하기 위하여 대표적인 지형개변장소를 대상으로 1개의 지구를 설정하며, 필요에 따라 복수로 설정할 수 있음
	환경창출 장소	· 환경창출 장소에 있어서의 조류의 서식상황을 파악하기 위하여 대표적인 환경창출 장소를 대상으로 1개의 지구를 설정하며, 필요에 따라 복수로 설정할 수도 있음

※ 원래 다양한 환경 사이의 이행대(移行帶)를 나타내는 말로, 조류조사에서는 수변으로부터 육역(陸域)으로의 이행대를 대상으로 함

표 2. 조사지구의 크기 기준(조류)

구분	조사지구	조사지구의 기준
저사공간	평상 시	· 전 지역을 1개의 지구로 함
	홍수 시 변동구역	
저사공간 주변	에코톤	· 조사지구는 몇 명이 하루에 2개의 조사지구(1지구 당 2~3시간)를 조사할 수 있는 범위로 함
	수립 내	
	광역 정점	· 맹금류를 관찰하는 데에 적합한 범위로 함
유입 계류		· 1개의 스폿(관찰 정점)로부터 반경 100m 정도가 보이는 범위로 함
하류 계류		
기타	지형개변 장소	· 각각의 지형개변 장소 전역을 1개의 지구로 함
	환경창출 장소	· 각각의 환경창출 장소 전역을 1개의 지구로 함

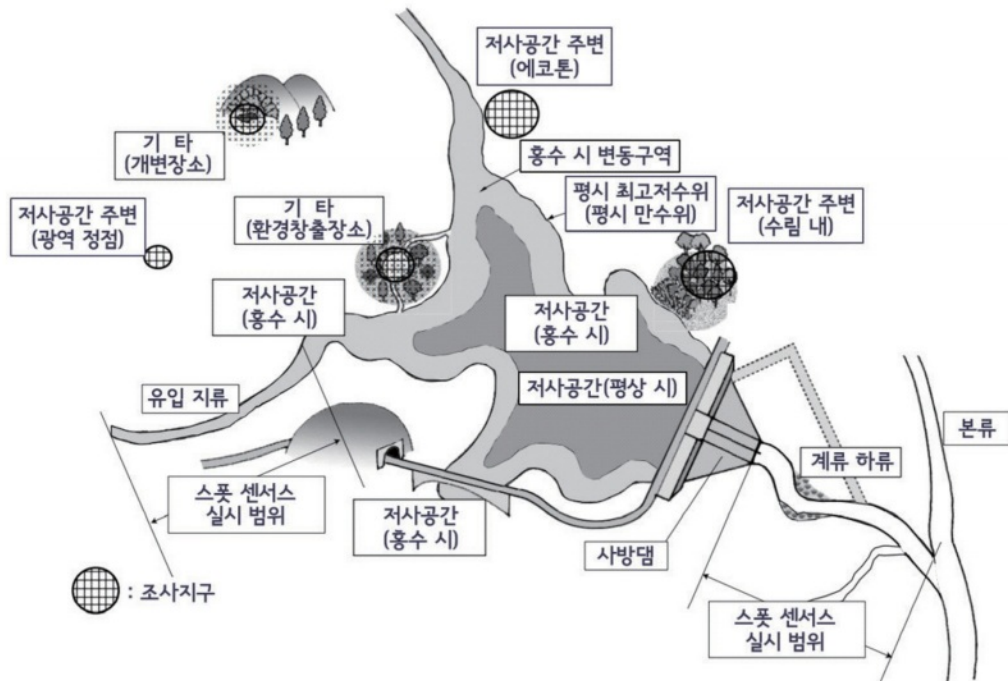


그림 2. 조사지구의 배치사례(조류)

3.3. 조사방법의 선정

조류에 대한 현지조사는 조사지구에 따라 기본적인 조사방법이 정해져 있다. 즉, 저사공간에서는 육상조사, 저사공간 주변에서는 라인 센서스법(일부 스팟 센서스법을 포함함) 또는 정점 센서스법, 상류 계류와 하류 계류에서는 스팟 센서스법 등을 우선적으로 적용한다.

각 조사방법의 구체적인 내용은 후술하는 「4. 현지조사」에 제시하였다.

3.4. 조사시기 및 횟수의 설정

조사를 지속하여 자료를 축적하기 위해서는 기본적으로 전체 조사계획에서 설정한 조사시기를 변경하지 않도록 하고, 번식기와 월동기에는 2회 이상 조사를 실시한다. 다만, 이전 조사에서 도요새·물떼새류가 다수 도래하는 것으로 예상된 지구는 봄철의 도래시기와 가을철의 번식기에도 조사한다.

번식기에는 해당 지구에서 번식하는 조류를, 월동기는 해당 지구에서 월동하는 조류를, 봄철과 가을철의 도래시기에는 도래 중인 도요새·물떼새류를 파악하기 위하여 조사를 실시한다.

한편, 조사시기를 설정할 때에는 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 고지대는 평야부(저지대)보다 보름 정도 번식기조사를 늦게 실시한다.
- ② 장기간에 걸쳐 전면적으로 결빙되는 곳은 전면 결빙기에 월동기조사를 실시한다.
- ③ 단기간만 전면 결빙하는 곳은 전면 결빙기를 피하여 월동기조사를 실시한다.
- ④ 장기 적설지역의 월동기조사는 장기 적설시기에 실시한다.
- ⑤ 계류의 유량이 극단으로 감소하는 경우에는 해당 시기를 피한다.
- ⑥ 수렵이 활발하게 진행되는 지역에서는 수렵기가 월동기와 중복되기 때문에 조사시기를 설정할 때에는 이를 충분히 고려한다. 그리고 수렵기는 전국적으로 다를 수 있기 때문에 관할 부서에 문의하도록 한다.

3.5. 현지조사계획서의 작성

「전체 조사계획서」 및 전술한 3.1로부터 3.4를 참고로 하여 현지조사가 원만하게 실시되도록 현지조사계획서를 작성한다. 그리고 현지조사를 실시할 때의 상황에 따라 수시로 변경하거나 충실을 기하도록 한다.

4. 현지조사

현지조사는 육안점검에 의한 확인을 기본으로 하여 각 조사지구에 있어서의 조류의 서식상황을 파악한다. 그리고 현지조사를 실시할 때에는 사고를 방지하여야 하고, 습지나 용출수지 등과 같이 귀중한 환경을 조사할 경우에는 가능하면 영향을 미치지 않도록 충분히 배려한다.

4.1. 조사방법

4.1.1. 조류 센서스조사

조류 센서스조사는 조사지구의 조류 분포상황을 파악하는 조사로, 자세한 내용은 다음과 같다.

(1) 라인 센서스법

라인 센서스법은 도보하면서 조사 정선(定線, census line) 주변에 출현하는 조류의 모습 또는 울음소리에 따라 종, 개체수 및 위치를 확인하는 방법이다. 즉, 조사 정선은 지형, 식생 등을 고려하여 조사지구를 파악할 수 있도록 1개의 조사지구 당 1km의 라인을 설정하고, 설정된 조사 정선을 아주 느린 속도(시속



그림 3. 라인 센서스법에 의한 조류 관찰

1.5~2.5km 정도)로 도보하면서 약 7~10배의 쌍안경으로 관찰한다. 관찰 폭은 한쪽 편이 25m(계 50m)이 되도록 설정하는 것을 기본으로 하고, 시야가 좋은 곳은 관찰 폭을 조사지구의 범위 한도에서 적당하게 넓혀도 되지만, 기록할 때에는 자료를 구별하도록 한다.

수림 내의 조사지구에서 있어서는 기본적으로 라인 센서스법을 실시하지만, 상류 계류, 하류 계류에서 실시하는 스폿 센서스법과의 자료를 비교하기 위해서는 1km의 조사 정선에서 3개소(약 250m, 500m, 750m 지점)를 선정하여 스폿 센서스법을 실시한다. 다만, 조사지구가 좁고, 1km의 조사 정선을 설정할 수 없는 경우에는 3개소의 스폿 라인법만 실시한다. 또한, 관찰한 범위를 1/2,500 평면도 등에 도시하도록 한다.

(2) 정점 센서스법

정점 센서스법은 조사 정점에 체류하면서 주변의 조류를 확인하는 방법으로, 경계심이 많아 조사자가 기다리지 않으면 관찰할 수 없는 종이나 전망이 넓은 경우에 적합하다.

따라서 에코톤이나 기타(지형개변 장소, 환경창출 장소)의 조사지구에서는 기본적으로 정점 센서스법으로 조사하며, 조사지구의 주요한 환경을 관찰할 수 있도록 1~3개의 조사장소를 설치한다.



그림 4. 라인 센서스법에 의한 조류 관찰

이때 조사지구의 주요한 환경을 관찰할 수 있는 전망장소가 있다면 조사개소를 반드시 조사지구 내에 설정할 필요는 없지만, 관찰반경은 50m를 기본으로 하기 때문에 지나치게 떨어진 장소에 설정하지 않도록 한다.

관찰도구는 약 7~10배의 쌍안경 및 약 20~30배의 망원경(스포츠팅 스코프)으로 관찰하며, 개체수가 많은 경우에는 수취기(카운터)를 함께 사용한다. 조사시간은 1개의 조사장소에서 30분을 기준으로 한다(다만, 상류 계류, 하류 계류에서 실시되는 스폿 센서스법과의 자료를 비교하기 위해서는 10분 이내와 10분 이상으로 구별하여 기록한다).

한편, 넓은 범위를 행동반경으로 하는 대형 종(참매, 뿔매 등의 희소 맹금류나 황새 등)을 중점적으로 파악할 때에는 필요에 따라 「광역 정점조사」 등을 실시한다.

(3) 스폿 센서스법

유입 계류, 하류 계류의 주변 및 저사공간의 주변(수림 내)에 있어서 조사할 경우에는 조사방법을 통일하기 위하여 스폿 센서스법에 따라 조사한다(수림 내에서는 라인 센서스법을 진행하는 도중에 실시한다).

1) 상류(유입) 계류 및 하류(유출) 계류

상류 계류 및 하류 계류의 경우, 약 250m마다 조사원의 조사장소(스폿)를 설정한다. 이때 관찰범위는 조사장소로부터 반지름 약 100m 범위로 한다(다만, 수림 내의 스폿 센서스법과의 자료를 비교하기 위해서는 반지름 50m 이내와 50m 이상으로 기록을 구별하여야 한다). 그리고 조사지구 내(조사장소로부터 거리 반지름 약 100m 또는 50m 이내)일지라고 근처의 수림이나 계류의 굴곡도, 거석, 교량 등이 시야를 방해하여 육안에 의한 동정이 불가능한 곳이 있으므로 이때에는 시야도(視野圖)로 작성하여 육안에 의한 동정이 가능한 범위와 불가능한 범위를 파악하는 자료로 활용한다.

조사장소는 계폭(계상퇴적지를 포함)이 넓은(100m 이상) 경우를 제외하고 기본적으로 기슭의 도보하기 쉬운 장소에 설정한다. 구체적으로는 기슭막이의 독마루나 계류 근처의 임도, 산책로, 보행이 가능한 생태통로, 줄기가 작은 초지, 사력지대 등을 들 수 있으며, 보행이 가능한 복수의 통로가 있는 경우에는 수면에 가까운 쪽을 채택한다.

한편, 1개의 조사지구에 대한 관찰시간은 10분으로 하는 것을 원칙으로 하고, 10분 이내에 그 어떤 개체도 관찰되지 않았을 경우에는 추가로 관찰할 수도 있다. 이 경우, 조사표에 기입하는 종료시각은 실제로 기록이 종료된 시각을 기입한다.

관찰용 도구는 약 7~10배의 쌍안경 및 약 20~30배의 망원경(스포츠팅 스코프)을 이용하고,

개체수가 많은 경우에는 수취기(카운터)도 함께 사용하면 보다 정확하게 파악할 수 있다.

기록이 종료된 후에는 조사표의 기록이 누락된 부분이 있는지를 확인하고, 다음 조사장소로 이동한다.

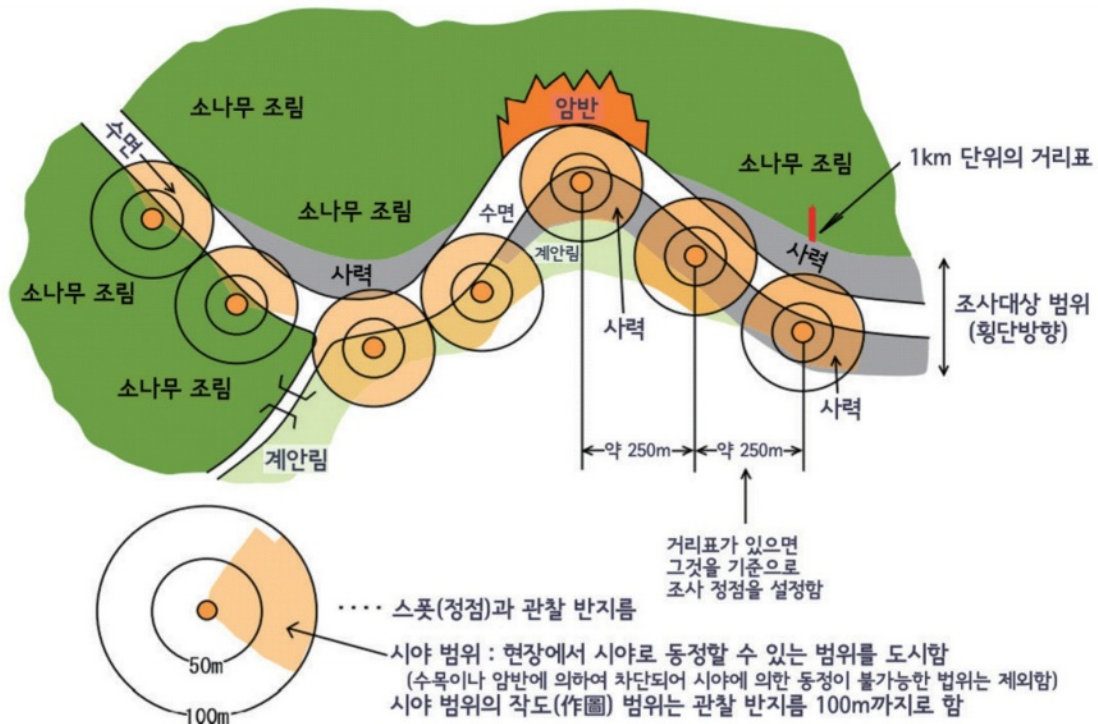


그림 5. 계류에 있어서의 스폿 센서스법의 조사지구(조사장소) 배치 이미지

2) 저사공간 주변(수림 내)

저사공간 주변(수림 내)에서는 라인 센서스법을 원칙으로 하며, 특히 1km의 조사 정선의 경우 3개소(약 250m, 500m, 750m 지점)에서 스폿 센서스법을 실시하고, 관찰범위는 상류 계류 및 하류 계류보다 시야가 나쁘므로 반지름 약 50m의 범위로 한다.

1개의 조사지구에 대한 관찰시간은 10분으로 하는 것을 원칙으로 하고, 10분 이내에 그 어떤 개체도 관찰되지 않았을 경우에는 추가로 관찰할 수도 있다. 이 경우, 조사표에 기입하는 종료시각은 실제로 기록이 종료된 시각을 기입한다.

한편, 관찰도구는 상류 계류 및 하류 계류와 마찬가지로 약 7~10배의 쌍안경 및 약 20~30배의 망원경(스포츠 스킵)을 이용하고, 기록이 종료된 후에는 조사표의 기록이 누락된 여부를 확인한 후에 라인 센서스법을 실시하면서 다음 조사장소로 이동한다.

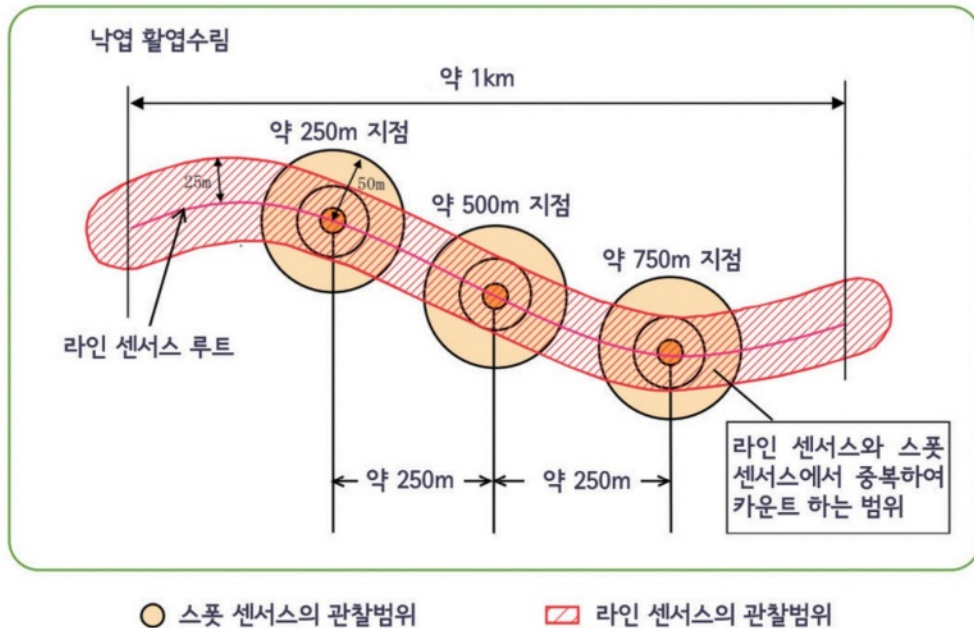


그림 6. 수림 내에 있어서의 스팟 센서스법의 조사지구(장소) 배치 이미지

(4) 조사 시의 유의사항

현지조사를 실시할 때에는 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 조사는 2인 1조로 하고, 1인은 식별, 나머지 1인은 기록하는 체제로 조사한다.
- ② 번식기 조사 등에서 저사공간에 서식하는 조류의 개체수가 적은 경우에는 기록을 생략할 수 있다.
- ③ 기본적으로 종 수준까지의 식별을 육안관찰 및 울음소리에 의하여 실시한다. 또한, 일부 야외에서 아종을 식별할 수 있는 것은 아종 수준까지 식별한다.
- ④ 조사원은 반드시 전문가일 필요는 없지만, 조류의 야외 식별능력이 있는 조사자가 담당할 필요가 있다.
- ⑤ 희귀종뿐만 아니라 출현하는 모든 조류에 대하여 기록한다. 다만, 사육 개체라고 판단되는 조류는 기록하지 않는다.
- ⑥ 조사 시 번식지·산란지 등에 부득이하게 출입하여야 할 경우, 조류가 동지를 떠나지 않도록 떨어진 곳에서 확인하는 등 주의를 기울여야 한다.

표 3. 관찰 시간대의 기준

주요 환경 (주 1)	예상되는 주요 조류	시간대 시기	새 벽	조 기	오전의 이른 시각	오전의 늦은 시각	오 후
초지, 수림	매목, 꿩목, 비둘기 목, 뺨꾸기목, 딱따 구리목, 참새목	번식기	○	○	○	△(구름, 적은 비)	×
		월동기	○	○	○	○	
사력지	할미새과	연중	· 주간(시간대는 불문)				
갯벌	도요새 · 물떼새류, 백로과 등	봄 · 가을 이동기 월동기	· 주간의 적절한 썰물 시 · 동정 및 카운트하기 쉬운 시간대에 조 사하고, 조사지점이 상당히 넓어 조류 를 동정하기 어려운 시간대는 피함				
	백로과 등	번식기	· 주간(시간대는 불문)				
수면	논병아리목, 가마우 지과, 오리목, 갈매 기과, 백로과 등	연중	· 주간(시간대는 불문)				

주 1 : 동일 장소에 주요 환경이 복수인 경우에는 양쪽을 겸한 시간대

주 2 : 날씨가 나쁜 날은 안전 상 문제가 있고, 동정의 정밀도가 떨어지므로 조사하지
않도록 함(날씨가 나쁜 날은 ①강풍 시(약 풍력 4 이상, 황사가 발생하거나 작
은 쓰레기나 낙엽이 휘날릴 때), ②강우 시(이슬비는 제외), ③폭설 시 등)

4.1.2. 집단 분포지조사

집단 분포지조사는 조사구역 내에서 조류의 집단 분포지와 그 조류의 서식상황을
대략적으로 파악하는 조사이다. 조사할 때에는 조사 자체에 의하여 동지를 포기하거나
분포지가 교란되는 것을 방지하기 위하여 가능하면 조류가 놀라지 않도록 노력한다.

(1) 조사대상

조류의 집단 분포지에 있어서 해당 조사대상은 다음의 조건을 만족하는 경우로 한다.

- ① 특정 이용형태(번식지, 동지, 먹이 섭취 등)로 특정 장소(나무, 암석지, 습지, 수면,
사력지, 구조물 등)를 이용하고 있다.
- ② 같은 무리가 같은 장소를 일정기간, 거의 매일, 집단으로 이용하고 있는 것으로
판단된다.

다만, 집단 분포지가 몇 쌍 이상인지를 나타내는 정의는 없으며, 조사효율의 향상 및
조사수준의 통일을 위하여 기록대상 집단과 확인 개체수(한 개의 집단 당)의 기준을 표
4에 제시하였다. 그러나 특정 장소에 대한 의존도(장소의 선택성)가 낮거나 집단성이
낮은(분산되기 쉬운) 집단은 이 조사에서는 제외하였다.

표 4. 조류조사에서 기록하는 집단 분포지의 사례

이용형태	주요 종류(사례)	기록 대상 집단의 확인 기준
집단 번식지 (거주지)	까마귀류, 백로류, 갈매기류(제비갈매기류 포함), 매류(황조롱이 등)	약 5등지 이상(오래된 등지는 제외하지만, 판별이 불가능한 등지는 포함시킴)
	바늘꼬리칼새류, 제비류(흰털발제비, 갈색제비 등), 찌르레기	약 50등지 이상(오래된 등지는 제외하지만, 판별이 불가능한 등지는 포함시킴)
집단 등지	까마귀류, 백로류, 기러기류, 두루미류, 매류(개구리매, 흰꼬리수리, 참수리 등), 올빼미류(철부엉이, 쇠부엉이 등)	약 10마리 이상
	참새목 : 제비류(늦여름~가을), 참새, 찌르레기(늦여름~겨울), 되새류(겨울), 할미새류, 까마귀류 등, 기타	약 100마리 이상
집단 월동지 집단 중계지	기러기류, 백조류, 흑부리오리류, 아비류, 논병아리류, 노랑부리저어새류	약 10마리 이상
	오리류(기러기류, 백조류, 흑부리오리류를 제외함), 갈매기류	약 100마리 이상
	도요새·물떼새류	약 10마리 이상
	제비류 등, 논병아리	약 50마리 이상
집단 섭이지	백로류(먹이를 섭취하기 위하여 댐 등에 모이는 경우), 연어 등과 같은 어류의 소상 시에 모여드는 조류	약 10마리 이상
기타	(조사표에 구체적으로 이용형태와 종명 등을 기입함)	

- ※ 이 표는 조류조사에서 실시하는 현장 확인에 대한 작업효율의 향상과 전국적으로 집계하기 위하여 기록대상으로 하는 집단의 확인 숫자의 기준을 정하였고, 이보다 많은 숫자인 경우에도 집단 분포, 집단 분포지라고 일반적으로 말하는 경우가 있음
- ※ 특정 장소에 대한 의존도가 낮은 무리는 이 조사의 집단 분포지조사에서 제외함
사례 : 박새와 쇠딱따구리가 섞인 무리, 민물가마우지 무리, 상공을 통과하는 무리
- ※ 분산되기 쉬운 무리는 조류조사의 집단 분포지조사에서 제외함
사례 : 쓰레기나 인위적인 사체 등(먹이)에 모여드는 큰부리까마귀나 갈매기류

(2) 조사방법

전체 조사구역을 대상으로 조류의 집단 분포지의 위치와 상황(종명, 개체수, 나이, 등지의 숫자, 이용하는 수종 등)을 기록한다. 이때 해당 분포지가 잘 보이는 수 개의 관찰 정점에서 관찰하는 것이 원칙이지만, 정점에서 잘 보이지 않을 때에는 조사원을 이동시켜 개체수 등을 파악한다. 그리고 번식지·등지에 부주의하게 출입하면 조류가 등지를 떠나는 원인이 되기 때문에 경계심이 많은 종은 멀리 떨어진 장소에서 확인한다.

(3) 조사시기

집단 분포지는 종별·이용형태에 따라 확인하기 쉬운 시기가 다르고, 해마다 장소나 시기가 변하기 때문에 조사시기만으로 분포상황을 파악할 수 없는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 집단 분포지를 조사할 수 있는 적기, 일수, 지구 등을 사전에 설정하고, 기타 조사시기에 함께 파악할 수 있는 집단 분포지가 있으면 같은 시기에 조사한다.

(4) 조사시간대

조사시간대는 조사대상의 종류와 이용형태(번식지, 둥지, 월동지, 중계지 등)를 고려하여 관찰하기 쉬운 시간대를 설정한다. 예를 들면, 둥지는 일출이나 일몰 즈음에 조사하는 것이 바람직하며, 도요새·물떼새류는 썰물 시에 조사한다. 그리고 종일 해당 장소를 이용 또는 둥지를 관찰할 수 있는 집단 분포지(쇠제비갈매기의 집단번식지 등)에서는 기록할 수 있다면 시간대는 언제라도 상관없다.

4.2. 현지조사의 기록

4.2.1. 조류 센서스조사

(1) 조사지구의 상황

조사지구의 상황은 조사대상의 환경구분(주로 식물군락)을 매 조사마다 기록한다. 즉, 조사대상 환경구분은 표 4를 참조하여 조사구간의 대략적인 면적비율(10% 단위)을 기록하며, 10% 미만의 소규모 구분은 “+”로 기입한다.

표 5. 조사대상 환경구분

구분		개요
개방수로	유수지역	침수식물 군락, 부엽식물 군락, 추수(抽水)식물 군락을 제외한 계류의 유수지역(유입 지류는 포함)
	웅덩이	침수식물 군락, 부엽식물 군락, 추수식물 군락을 제외한 평상시에 도 분류와 연속된 지수(止水)지역이나 계상퇴적지의 폐쇄적 수역(水域) 등, 계류구역 내에 통상의 물의 흐름과 분리된 수역

침수·부엽식물 군락	침수식물 군락 및 부엽식물 군락이 우점하는 영역
나지	식생으로 덮여 있지 않은 모래·자갈·진흙지대(조성 중인 나지)
초지	낮은 줄기 풀의 길이가 1m 미만인 초지
	높은 줄기 풀의 길이가 1m 이상인 초지
관목림	약 4m 미만의 목본이 우점하는 영역(인공 침엽수 포함)
활엽수림	약 4m 이상인 활엽수림이 우점하는 영역(죽림은 제외)
침엽수림	약 4m 이상인 침엽수림이 우점하는 영역(인공 침엽수는 포함)
죽림	대나무가 우점하는 영역
조릿대밭	약 4m 미만의 대나무나 조릿대가 우점하는 영역
과수원	과수원으로 이용되고 있는 영역(뽕나무밭은 포함)
밭	최근에 경작되고 있는 밭(논·과수원은 포함하지 않음)
논	최근에 경작되고 있는 논
잔디밭	운동장, 운동공원, 골프장 등의 인공 잔디밭
인공구조물	사력토층 등이 거의 없는 도로면, 기슭막이, 교량 등의 지역
기타	전술한 이외의 구분

(2) 조사 시의 상황

각 조사구간에서 현지조사를 실시할 때의 상황을 매 조사마다 정리한다.

- ① 조사횟수 : 조사를 실시한 연도에 있어서 몇 번째 조사인가를 기록한다.
- ② 시기 : 조사를 실시한 시기(번식기, 월동기 등)를 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 : 현지조사 개시 시의 바람 상황을 없음·약·중·강에서 선택한다.
- ⑧ 특기사항 : 현지조사 시에 조류의 서식과 관련이 있다고 판단되는 상황을 기록한다
(사례 : 하예작업, 사리 채취, 계류공사 등).
- ⑨ 조사책임자, 조사담당자 : 현지조사를 실시한 조사책임자, 조사담당자의 이름, 소속을 기록한다.

(3) 조사결과(저사공간 이외)

조사방법별로 확인한 상황에 대하여 다음과 같은 항목을 기록한다.

1) 종명

동일 조사지구 내에서 같은 종이 확인되어도 조사장소, 동정수단, 번식행동 및 관찰시간이 다른 경우에는 별도로 기록한 후, 원칙적으로 종 수준까지 식별·동정한다.

다만, 이동시기 등의 이유로 복수의 아종이 기록될 수 있는 시기이지만 형태, 소리 등으로 야외식별이 가능한 아종은 종명과 아종명을 함께 기록한다. 이때 종명과 아종명이 구분이 어려울 경우에는 이를 혼동하지 않도록 기술하고, 학명을 함께 기록한다.

2) 개체수

통계처리를 위하여 개체수는 자연수로 기록하지만, 정확한 개체수를 파악할 수 없을 때에는 30마리, 200마리 등과 같은 자연수로 기록한다. 단, 약 200마리, ± 200 마리, 200마리 이상, 200마리 미만 등의 개략적 표현은 하지 않는다.

3) 조사장소

저사공간 주변(수림 내) 조사지구에서 라인 센서스법과 스폿 센서스법을 실시하거나 에코톤 및 기타(지형개변 장소·환경창출 장소) 조사지구에서 정점 센서스법을 실시할 경우, 동일 조사지구에서는 조사장소(조사 라인·조사 정점)별로 조사결과를 기록한다.

상류 계류·하류 계류에서 스폿 센서스법을 실시할 경우에는 스폿별로 조사지구의 번호가 다르기 때문에 조사장소에 따라 조사결과를 구별할 필요는 없다.

약자	조사장소
L	라인 센서스법(1.0km)
SP1	스폿 센서스법(약 250m 지점)
SP2	스폿 센서스법(약 500m 지점)
SP3	스폿 센서스법(약 750m 지점)

표 6. 조사장소의 구분

(저사공간 주변 수림 내의 조사지구)

약자	조사장소
L	라인 센서스법(1.0km)
SP1	스폿 센서스법(약 250m 지점)
SP2	스폿 센서스법(약 500m 지점)
SP3	스폿 센서스법(약 750m 지점)

표 7. 조사장소의 구분

(에코톤 및 기타 : 지형개변 장소, 환경창출 장소)

4) 확인위치

관찰한 조류에 대하여 조사장소(조사 라인·조사 정점)로부터의 거리를 표 8에 따라 기록하고, 확인 후에 조류가 이동한 경우에는 확인 시의 거리를 기록한다.

표 8. 확인위치의 구분

조사방법	약자	조사장소로부터의 거리
라인 센서스법	25	25m 이내인 곳
	> 25	25m보다 먼 곳
정점 센서스법 스팟 센서스법	50	50m 이내인 곳
	100	50m보다 멀고, 100m 이내인 곳
	> 100	100m보다 먼 곳

5) 동정수단

관찰한 조류를 동정한 수단을 기록한다. 복수의 수단으로 동정한 경우에는 조사결과를 구별하여 기록한다.

표 9. 동정수단

약자	주요 동정수단	설명
V	육안 Visual	관찰도구를 함께 사용하는 것을 포함함
S	지저귀는 소리 Song	주로 작은 새의 수컷이 내는 특징 있는 소리로, 구애나 영역을 선언하는 기능이 있는 것으로 알려짐
C	울음소리 Call	지저귀는 소리 이외의 소리로, 작은 울음소리(지저귀는 소리와 비슷한 작은 소리)나 지저귀는 소리인지 아닌지가 불분명한 경우를 포함함
O	기타(비고란에 구체적으로 기입)	동정할 수 있는 특징적인 흔적 등(새털이나 사체, 먹이 흔적, 발자국, 제비과의 오래된 둥지 등)

6) 변식행동

변식을 나타내는 행동이 관찰된 경우, 표 10에 제시한 구분방법에 따라 기록한다.

표 10. 번식행동의 구분방법

랭크	주요 대상	약칭	설명
A 번식 확인	어미 새 (번식 가능한 어린 새를 포함)	둥지의 출입	둥지 또는 둥지가 있을 것 같은 곳에 반복 출입함
		포란·포추 추정	알(抱卵)이나 새끼(抱雛)를 품고 있거나 품고 있음
		배설물 운반	어미 새가 새끼의 배설물을 운반하고 있음
		둥지 근처에서의 먹이 운반	어미 새가 둥지에 먹이를 운반하고 있고, 주변에 둥지가 있는 경우에 한함. 먹이를 문 채 사람을 경계하여 이동하는 느낌이 없는 경우를 포함함
		위장 흔적	위장 흔적이 발견됨
	둥지	둥지를 사용한 흔적(알껍데기)	둥지를 사용한 흔적(부근에 알껍데기)이 있는 둥지
		ㄴ (새끼 깃털)	둥지를 사용한 흔적(부근에 새끼 깃털)이 있는 둥지
		ㄴ (배설물)	둥지를 사용한 흔적(부근에 배설물)이 있는 둥지
		ㄴ (먹이 찌꺼기)	둥지를 사용한 흔적(토설물이나 찌꺼기)이 있는 둥지
	알	둥지 내 알	둥지에 알(부화 전)이 확인됨
	둥지 내 어린 새	둥지 내 새 모습	둥지 내의 새끼가 육안으로 확인됨
		둥지 내 새소리	새끼의 소리가 들림
	둥지 떠난 어린 새	이동성이 낮은 둥지를 떠난 새끼	둥지로부터 거의 이동하지 않은 것으로 판단되는 둥지를 떠난 새끼가 발견됨
	-	기타	번식이 확인된 사항을 구체적으로 기입함
B 번식 가능성	어미 새 (번식 가능한 어린 새를 포함)	지저귀는 소리	둥지를 사용할 수 있고, 해당 종의 번식시기에 지저귀는 소리를 들음, 다만, 겨울새나 철새는 제외함
		쪼는 소리	둥지를 사용할 수 있는 환경으로, 번식기에 쪼는 소리(딱따구리류)를 들음. 다만, 겨울새나 철새는 제외함
		구애	구애행동을 보았지만, 겨울새나 철새는 제외함
		교미	교미행동을 보았지만, 겨울새나 철새는 제외함
		경계	위험이나 경계행동에 의하여 부근에 둥지 또는 새끼가 있는 것으로 판단됨
		추정 둥지의 어미 새	둥지는 잘 보이지 않지만, 둥지가 있을 듯한 곳에 어미 새가 나타남. 다만, 그곳이 잠자리일 때는 제외함
		둥지 만들기	둥지를 만드는 행위를 발견함
		둥지 재료 운반	어미 새가 둥지 재료를 운반하고 있음, 다만, 주변에 둥지가 있는 것으로 판단되는 경우에 한함
		둥지는 불분명하지만 먹이 운반	어미 새가 먹이를 운반하고 있지만, 둥지가 주변에 있는지 모름(번식기의 물수리, 물총새 등)
	둥지	둥지뿐	둥지를 발견하였지만, 둥지, 새끼, 어미 새, 둥지를 사용한 흔적 등을 근처에서 발견하지 못함(둥지를 만들다가 포기하였을 수 있음)
	알 껍데기	알껍데기뿐	알껍데기를 발견하였지만, 둥지, 새끼, 어미 새, 둥지를 사용한 흔적 등을 근처에서 발견하지 못함(까마귀 등에 의하여 알이 운반되었을 가능성이 있음)
	둥지 떠난 새끼나 가족 무리	이동성이 높은 둥지를 떠난 새끼	상당히 이동한 것으로 판단되는 둥지를 떠난 새끼를 발견함(먼 곳으로부터 날라 온 가능성이 있음)
		가족 무리	상당히 이동한 것으로 판단되는 가족 무리를 발견함
	-	기타	번식 가능성이 있는 사항을 구체적으로 기입함

7) 관찰시간

정점 센서스법 및 스폿 센서스법을 실시한 경우, 10분 이내와 30분 이내 등과 같이 확인한 시간을 기록하고, 라인 센서스법인 경우에는 빈칸으로 한다. 그리고 조사구역 내에 있어서 현지조사 전후 또는 스폿 사이의 이동 중 등에 확인된 종에 대해서는 「이동 중의 확인 종」으로 기록한다. 다만, 조사시간 내에 확인된 종과 같은 종인 경우에는 기록하지 않아도 된다.

8) 중복 개체

저사공간 주변(수림 내)의 조사지구에 있어서 라인 센서스법 및 스폿 센서스법을 실시한 경우, 각 방법마다 같은 개체에 대하여 중복하여 기록하는 경우가 있다. 이 경우 두 번째 기록한 개체에 대해서는 최초에 확인하였을 때의 No.를 기록한다.

9) 조사지구·조사장소 위치도

조사지구·조사장소를 평면도(식생도를 사용하는 것이 바람직함)에 다음과 같이 기록한다.

- ① 현지조사를 실시한 조사지구의 범위를 실선으로 표시한다.
- ② 스케일, 방위 및 흐름의 방향(→)을 기록한다.
- ③ 조사지구의 개황을 촬영한 위치와 방향을 ●→와 같이 기록한다.
- ④ 라인 센서스법의 조사경로를 ———으로, 정점 센서스법 및 스폿 센서스법의 조사정점을 ■으로 표시한다.

(4) 조사결과(저사공간)

종명, 개체수, 동정수단 및 번식행동에 대해서는 (3)과 같이 기록한다. 그리고 저사공간 및 퇴사변동지역의 범위를 기록하고, 확인된 조류 전체를 대상으로 최초(날아가기 이전)에 조류를 확인한 위치를 약 1/2,500~1/5,000 평면도에 기록한다. 또한, 무리를 이루고 있을 경우에는 중심부의 위치를 기록하지만, 큰 무리가 다른 환경에 중복되었거나 장소가 떨어져 있는 경우에는 적당하게 블록을 나누어 기록한다.

4.2.2. 집단 분포지조사

발견·동정한 조류를 종별로 종명, 나이, 개체수, 번식을 나타내는 행동구분, 보이는 범위의 동지 숫자, 새끼의 숫자, 동정수단 등을 기록하고, 집단의 상황이나 번식상황은 상세하게 기술한다. 그리고 집단 분포지별로 조사일자, 기록개시·종료시각, 날씨, 조사대상 환경구분

등에 대하여 4.2.1을 참고하여 기록한다.

- ① 증명 : 확인된 조류의 우리말을 기록한다.
- ② 나이 : A는 어미 새, I는 젊은 새, J는 어린 새, C는 둥지 내 새끼, U는 불분명 등으로 기록한다. 다만, 어린 새 J는 둥지를 떠난 새끼로부터 당해 연도 12월 31일까지로 하고, 젊은 새 I는 둥지를 떠난 이듬해의 1월 1일 이후로 한다.
- ③ 개체수 : 확인된 개체수를 기록한다.
- ④ 동정수단 : 동정에 기여한 주요 수단을 선택하여 기록한다(표 9 참조).
- ⑤ 번식행동 : 번식을 나타내는 행동을 확인하였을 때 기록한다(표 10 참조).
- ⑥ 둥지의 숫자 : 확인된 둥지의 숫자를 기록한다.
- ⑦ 비고 : 기타, 조사 시에 염려사항을 기록한다.
- ⑧ 특기사항 : 현지조사 시에 조사장소의 특징이나 조류의 서식과 관련된 것으로 판단되는 상황에 대하여 특기사항으로 기록한다.

4.3. 동정

4.3.1. 동정을 실시할 때의 유의사항

동정을 실시할 때에는 각종 참고문헌이나 유의사항을 활용하여 육안관찰(관찰도구를 함께 사용함) 및 울음소리(지저귀는 소리 등) 또는 특징적인 흔적(깃털, 사체, 오래된 둥지, 발자국 등) 등에 의하여 동정한다.

한편, 현지조사 시에 기록이 적은 종이지만 지리적으로 새롭게 분포 또는 번식할 가능성이 높은 곳은 동정근거로서 사진을 촬영하여 기록하는 것이 바람직하며, 관련 학회 등의 학술지에 적극적으로 투고하여 학술적인 기록을 남기도록 한다.

4.3.2. 동정문헌의 정리

동정할 때에 사용한 문헌에 대하여 다음과 같은 항목을 기록한다.

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

4.4. 사진촬영

4.4.1. 사진촬영

(1) 조사지구의 상황

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

집단 분포지가 확인된 경우에는 조류의 상황을 알 수 있는 근경사진(둥지 등), 집단 분포지의 장소에 대한 상황(식생, 계상퇴적지나 수제와의 위치관계) 등을 알 수 있는 원경사진을 집단 분포지별, 조사횟수별로 촬영한다. 다만, 집단 번식지에 대해서는 무리하여 접근하면 둥지를 떠나는 원인이 되기 때문에 세심한 주의를 기하면서 촬영하고, 해당 조류가 경계심이 많아 접근하기 곤란한 경우에는 근경사진을 생략하도록 한다.

(2) 조사실시 상황

라인 센서스법, 정점 센서스법 등의 조사상황이나 조사 기자재를 설명할 수 있는 사진을 촬영한다. 그리고 각 조사방법, 조사 기자재의 상황 등을 설명하는 사진은 각각 1장으로 한다.

(3) 생물종

조류는 이동성이 높고, 쉽게 접근할 수 없기 때문에 조사 중에 조류의 사진을 촬영하는 것은 어렵다. 또한, 조류의 촬영에 적합한 망원렌즈는 비교적 무겁기 때문에 들고 다니면서 조사하기가 곤란하다.

따라서 기본적으로는 조류의 사진촬영은 실시하지 않아도 된다. 다만, 동정 상 의문이 있는 종이나 기록이 없는 종, 국내에 새롭게 출현하여 관찰기록이 거의 없는 경우에는 동정근거로서 종의 특징을 알 수 있게 사진을 촬영하도록 한다.

한편, 둥지가 발견된 경우에는 무리하게 접근하면 둥지를 떠나는 원인이 될 가능성이 있기 때문에 영향을 줄 것으로 염려될 경우에는 촬영하지 않는다.

4.4.2. 사진의 정리

촬영한 사진에 대하여 다음과 같은 항목을 기록한다.

- ① 사진구분 : 촬영한 사진에 대해 「P : 조사지구 등」, 「C : 조사실시 상황」, 「S : 생물 종」, 「O : 기타」로 구분하고, 그 번호를 기록한다.
- ② 사진표제 : 사진의 표제를 기록한다.
- ③ 설명 : 촬영상황, 생물 종에 대한 보충정보 등을 기록한다(예 : ○○다리로부터 하류방향, 수컷 등).
- ④ 촬영 연월일 : 사진을 촬영한 연월일을 기록한다(예 : 조사지구의 상황, 물총새 등).
- 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.

4.5. 이동 중인 확인종의 기록

조사구역 내의 조사지구 사이를 이동하고 있는 중일지라도 중요 종이나 집단 분포지를 확인한 경우에는 종류와 개체수, 위치 등을 기록한다.

우연히 발견된 집단 분포지에 대해서는 시기, 시간대, 관찰장소(조사원으로부터 분포지가 잘 보이는지 여부) 등을 고려하여 필요에 따라서는 미리 집단 분포지조사를 추가하여 실시한다.

4.6. 기타 생물의 기록

현지조사 시 새우·게·조개류, 양서류의 산란장소, 파충류·포유류의 사체(로드 킬 등)이나 대형 포유류, 박쥐류, 수중식물 등, 조류 이외의 관찰 가능한 생물에 대하여 그 중요 종과 특정 외래생물 혹은 기타 특별히 기록하여야 할 종이면서도 현지에서 동정이 가능하면 「기타 생물」로 기록한다.

그러나 동정의 오류를 피하기 위하여 무리하게 동정하지 말고, 포획·습득한 생물에 대해서는 사진을 촬영하며, 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 조류조사에 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, 주변의 환경, 개체수 등을 기록한다.
- ⑦ 동정 책임자(소속) : 동정 책임자의 이름 및 소속을 기록한다.

4.7. 조사개요의 정리

현지조사를 실시한 조사지구, 조사시기, 조사방법 및 조사결과의 개요 등에 대하여 다음과 같은 항목을 정리한다.

4.7.1. 조사실시 상황의 정리

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

- ① 조사지구 : 사업지의 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, 시기(번식기, 월동기 등), 조사 연월일, 조사시기의 선정근거, 조사를 실시한 지구 및 해당 조사시기에 실시한 조사방법을 기록한다.
- ③ 조사방법 : 조사방법, 구조·규격·숫자 등, 해당 조사방법을 실시한 조사지구 및 조사횟수를 기록한다. 또한, 특기사항이 있으면 기록한다.

4.7.2. 조사지구 위치의 정리

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

4.7.3. 조사결과의 개요 정리

현지조사 결과의 개요에 대하여 문장으로 알기 쉽게 정리한다.

- ① 현지조사 결과의 개요 : 현지조사 결과의 개요를 정리한다(예 : 현지조사에 있어서의 확인 종의 숫자 조류상의 특징 등).
- ② 중요 종에 관한 정보 : 중요 종의 확인상황 등을 정리한다. 그리고 중요 종의 확인위치를 특정할 수 있는 정보에 관해서는 중요 종의 보전 면에서 취급에 주의해야 하므로 「현지조사 결과의 개요」와 구별하여 정리한다.

5. 조사결과의 정리·고찰

5.1. 조사결과의 정리

5.1.1. 중요 종에 대한 확인상황의 정리

기존 및 해당 조사에서 확인된 중요 종에 대하여 다음과 같은 항목을 정리한다. 그리고 현지조사에서 확인되지 않은 경우에는 현지조사의 란에 ×로 기입하고, 현장의 상황 등에 의하여 판단한 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 수변조사의 실시연도를 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 계류의 수변조사에서 확인된 조류에 대하여 조사시기, 조사지구별로 분류체계 순서에 따라 확인상황을 정리한다.

5.1.3. 경년 확인상황의 정리

기존 및 해당 계류 수변조사에서 확인된 조류의 집단 분포지에 대하여 조사를 실시한 연도별로 정리하고, 종명이 변경되었을 때에는 변경내용을 별도로 정리한다.

5.1.4. 집단 분포지의 경년 확인상황에 대한 정리

기존 및 해당 계류 수변조사에서 확인된 조류의 집단 분포지에 대하여 확인 시의 상황을 일람표에 기록한다.

5.1.5. 종명 변경내용의 정리

기존의 계류 수변조사에서 확인된 조류 중에서 종명을 변경한 것을 정리한다.

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

5.1.6. 확인 종의 목록 정리

해당 현지조사에서 확인된 조류에 대하여 목록을 정리한다.

- ① No. : 정리번호를 기록한다.
- ② 목명, 과명, 종명 : 해당 현지조사에서 확인된 조류에 대하여 기록한다.
- ③ 중요 종 : 확인된 조류가 중요 종인 경우에는 그 지정구분을 기록한다.
- ④ 외래종 : 확인된 조류가 외래종인 경우에는 기록한다.

- ⑤ 처음으로 확인된 종 : 확인된 조류가 조사구역에서 처음 확인된 종인 경우에는 기록한다.
- ⑥ 생물 목록에 게재되지 않은 종 : 확인된 조류가 미게재 종인 경우에는 동정 근거문헌의 No.를 기록한다. 이때 동정 근거문헌의 No.는 별도로 정리한 조류 동정문헌 일람표의 No.를 기록한다.

5.1.7. 현지조사에서 확인된 종에 대한 정리

해당 현지조사에서 처음으로 확인된 종, 지금까지 분포가 알려졌지만 해당 조사에서 확인되지 않은 종, 중요 종이나 기타 특별히 기술하여야 할 종에 대하여 확인상황과 그 평가내용을 정리한다.

- 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 제17711호)」에 지정된 천연기념물, 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(법률 제16609호)」에서 지정한 희귀야생동식물종 등에 게재된 종
- ④ 특별히 기술하여야 할 종 : 지역 고유종 등과 같은 지리적 분포지역에 대한 특징적인 종이나 새롭게 기록된 종 등

5.1.8. 해당 조사 전반에 대한 전문가의 소견

해당 조사에 대한 전문가 등의 소견을 정리한다.

5.2. 양식집

사전조사 및 현지조사의 결과를 참고로 하여 조사결과를 정리하고, 사전조사 양식, 현지조사 양식 및 정리 양식을 정리한다.

5.2.1. 양식 기입 시의 유의사항

(1) 종명의 기입

종명을 기입할 때에는 다음과 같은 사항에 유의한다.

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

(2) 종수를 집계할 때의 유의사항

종까지 동정되지 않은 조류에 대해서도 동일 분류군에 속하는 종이 목록에 등재되지 않은 경우에는 집계한다(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 기술한다.

5.2.2. 사전조사 양식의 작성

사전조사 양식은 「사전조사」에 의하여 파악된 정보, 자료를 표 11과 같이 정리한다.

표 11. 사전조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
기존 문헌 일람표	문헌조사를 실시한 문헌 및 보고서에 대하여 기본정보를 정리한다.
조언·청취 조사표	전문가의 조언 내용이나 「청취조사」에 의하여 파악된 정보를 조사한 상대별로 정리한다.
조류의 수렵 및 보호 등에 관한 일람표	(특별)조수보호구, 휴렵구, 총렵금지구역, 총렵제한구역, 일반적조수포획금지구역 등에 대하여 일람표로 정리한다.
조류의 수렵 및 보호 등에 관한 위치도	(특별)조수보호구, 휴렵구, 총렵금지구역, 총렵제한구역, 일반적조수포획금지구역 등에 대해서도 도시한다.

5.2.3. 현지조사 양식의 작성

현지조사 양식은 「현지조사」에 의하여 파악된 결과를 기입하며, 정리내용은 다음과 같다.

표 12. 현지조사 양식의 내용

양식의 명칭	정리해야 할 내용
현지조사표 (저사공간 이외)	라인 센서스법, 정점 센서스법, 스폿 센서스법 등에 의하여 확인된 상황을 조사지구마다 조사횟수별로 기록한다.
조사위치도 (저사공간 이외)	라인 센서스법, 정점 센서스법, 스폿 센서스법 등에 의하여 확인된 조사장소를 조사지구마다 조사횟수별로 기록한다.
조사위치도(저사공간)	저사공간의 확인된 상황에 대하여 조사횟수별로 기록한다.
현지조사표(저사공간)	저사공간의 확인된 위치에 대하여 조사횟수별로 기록한다.
현지조사표 (집단 분포지)	조사지구마다 조사횟수별로 조사환경, 조사 시의 상황, 조류의 집단 분포지에 대한 확인상황 등을 기록한다.
조사위치도 (집단 분포지)	각 조사장소의 위치를 조사횟수별로 상세한 평면도에 기록한다.
이동 중인 확인 종의 일람표	조사지구까지의 이동 중에 확인된 개체에 대하여 정리한다.
동정문헌 일람표	동정에 사용한 문헌을 정리한다.
사진 일람표	사진 정리의 대상이 되는 사진에 대하여 정리한다.
사진표	조류 사진 정리표에서 정리된 사진에 대하여 작성한다.
조사상황 일람표	해당 현지조사에 대한 실시 상황을 정리한다.
조사지구 위치도	해당 현지조사의 조사지구에 대한 위치를 정리한다.
현지조사 결과의 개요	해당 현지조사 결과의 개요를 기술한다.
기타 생물에 대한 확인상황 일람표	조류조사에서 확인된 조류 이외의 생물에 대한 확인상황을 정리한다.

5.2.4. 정리 양식

사전조사, 현지조사 등의 결과에 근거하여 표 13과 같은 정리 양식을 작성한다.

표 13. 정리 양식

양식의 명칭	개요
중요 종의 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사 및 해당 현지조사에 의하여 확인된 중요 종의 상황에 대하여 경년적으로 정리한다.
확인상황 일람표	각 조사지구에서 조사시기별로 확인된 조류에 대하여 확인 상황을 정리한다.
경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사와 해당 현지조사에서 확인된 조류를 경년적으로 정리한다.
집단분포지의 경년 확인상황 일람표	기존의 계류 수변조사와 해당 현지조사에서 확인된 집단 분포지에 대하여 정리한다.
종명 변경상황 일람표	기존의 계류 수변조사에서 확인된 조류 중에서 종명이 변 경된 것을 정리한다.
확인 종 목록	현지조사에서 확인된 조류에 대하여 목록을 정리한다.
현지조사 확인 종에 대하여	현지조사에서 확인된 종의 분포는 알려졌지만, 해당 조사에 서 확인되지 않은 종이나 중요 종에 대하여 정리한다.
해당 조사 전반에 대한 전문가 등의 소견	해당 조사에 대한 전문가 등의 소견을 기입한다.

5.3. 고찰

조사 전체에 의하여 파악된 결과가 조류의 양호한 서식환경을 보전하기 위한 수역 및 수변역 관리방안을 마련하기 위한 사방시설의 저사공간 및 그 주변에 있어서의 과제를 추출하고, 사방시설이 자연환경에 미치는 영향을 분석·평가하는 데에 활용될 수 있도록 관련 분야 전문가의 조언을 받아 고찰하도록 한다.

특히, 경시적으로 비교할 경우, 계절별로 비교할 것인지, 연간 조사결과를 이용하여 비교할 것인지, 아니면 복수로 선택할 것인지 등에 따라 그 결과가 다르기 때문에 적절한 방법을 선택하도록 한다.

계류복원사업을 위한 환경조사(8) -서식지조사를 중심으로-



전 군 우 / 김 석 우

강원대학교 산림환경과학대학 명예교수 / 조교수

kwchun@kangwon.ac.kr / kimsw@kangwon.ac.kr

서식지란 「생물이 실제로 서식하는 공간」으로, 계류의 경우 소(沼)나 여울 등이 그 단위가 된다. 예를 들면, 여울은 먹이 생산력이 높기 때문에 섭이(攝餌)장소로서 적당하여 열목어와 산천어를 비롯한 유영성(遊泳性)의 어류가 서식한다. 또한, 계안의 식물대는 계류어(溪流魚)의 중요한 산란장소로, 유영어(遊泳魚)나 어린 물고기의 휴식장소 또는 피난처가 된다. 그리고 계상퇴적지의 교목은 백로 등의 둥지가 되고, 하도 내에 형성된 퇴적지는 물떼새나 제비갈매기의 둥지가 된다.

한편, 생물은 그 생활사의 각 단계에서 섭이, 휴식, 산란 및 피난 등에 특정 서식지를 이용하고 있다. 따라서 하도(河道)와 그 주변 서식지의 분포나 특징을 파악하면 해당 계류에 서식하는 생물종을 예상하거나 자연환경을 보전하여야 할 장소 등을 쉽게 설정할 수 있으며, 계류의 경관관리 측면에서도 유효한 정보를 제공받게 된다(그림 1).

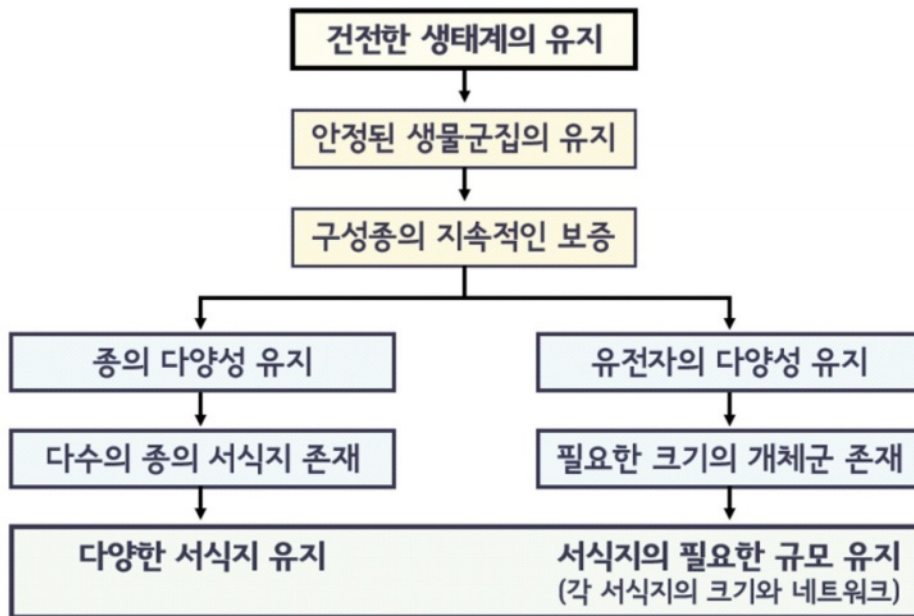


그림 1. 건전한 생태계의 유지와 서식지의 보전

1. 서식지의 계층구조

모든 생물은 진화 과정에서 획득한 유전적인 특징에 따라 “종”별로 서로 다른 생활(생존) 공간을 필요로 한다. 즉, 개개의 종의 입장에서는 “서식지”란 해당 종의 개체 및 개체군이 필요에 근거하여 먹이 또는 영양분을 섭취하고, 대사·성장하며, 경우에 따라서는 피난, 휴식, 이동, 번식에 필요한 공간 또는 환경을 말한다.

그러나 야생생물은 하나의 종이 단독으로 존재하는 것이 아니라 해당 서식지에 필연적으로 성립된 생물군집 속에서 다른 많은 종과 직접, 간접적으로 상호 의존하면서 살아가고 있다. 따라서 종과 군집의 서식지는 불가분 일체적이면서도 개개의 종에 따라 서로 다르게 이용하는 계층구조를 이루고 있다. 특히, 생활사 속에서 이동을 필요로 하는 종의 생존과 이에 필요한 개체군의 분산과 교류를 위해서는 서식지가 일정 규모를 유지하여야 하고, 다수의 서식지가 연계되어 개체의 왕래가 가능한 상태로 존재하여야 한다.

일반적으로 서식지를 「비오톱」이라고 하지만, 서식지의 계층으로 사용할 경우에는 표 1과 같이 해비탯, 비오톱이란 각각의 계층을 나타내는 말로 사용되기 때문에 전체를 가리키는 「서식지」라는 의미의 비오톱과는 구별하여 사용하여야 한다.

표 1. 야생생물의 “서식지”에 대한 계층구분

크기	계층
대 ↓ 소	· super-microhabitat
	· microhabitat
	· habitat
	· biotope
	· biotope system
	· biotope network
	- local network
	- global network
	초미(超微)서식지
	미(微)서식지
	소(小)서식지
	서식지
	대(大)서식지
	비오톱 네트워크
	지역적인 비오톱 네트워크
	지구 규모의 비오톱 네트워크

한편, 이와 같은 서식지의 존재양식을 개념적으로 나타내면 그림 2와 같다. 즉, 그림 2는 서식지의 계층구조를 현미경적인 것으로부터 글로벌한 것의 관계를 그림으로 나타낸 것으로, 비오톱 네트워크에 대해서는 생물에 따라 표현방법이 다양할 수 있다.

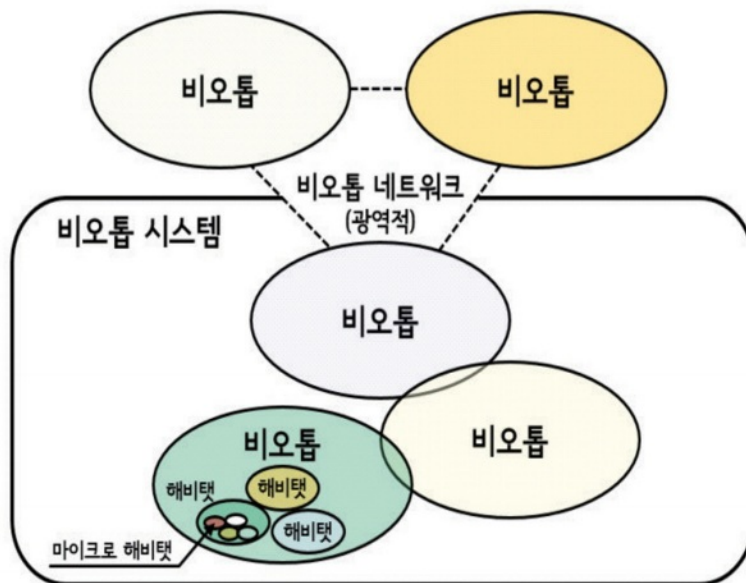


그림 2. 서식지의 계층구조와 네트워크를 나타내는 모식도

이상과 같이 생물의 행동권과 생활권이 확대되면 다양한 서식지를 복합적으로 이용하게 된다. 그리고 각 계층의 서식지는 생물의 군집이 생활하고 있는 장소에 일체적으로 존재하기 때문에 이를 「서식지의 계층구조」라고 하며, 계류(하천)와 호수의 연안대에 대한

슈퍼마이크로 해비탯으로부터 비오톱 네트워크까지의 서식지의 계층을 간단히 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 계류(하천)와 호수의 연안대에 나타나는 서식지의 계층에 대한 개요

서식지의 계층	계류(하천)	호소
슈퍼마이크로 해비탯	계상퇴적물의 표면에 착생하고 있는 생물막(膜)이나 계상재료 속의 간극과 같은 현미경적인 공간을 의미함	수생생물체의 착생 생물막이나 사력의 간극과 같은 현미경적인 미세한 공간을 의미함
마이크로 해비탯	계상의 석력이나 수제·침상 등과 같은 간극, 수생식물이나 수중 도목(倒木) 등이 만드는 복잡한 작은 공간 등을 의미함	수생생물 군락의 줄기나 잎, 자연 또는 인공 돌구조물이나 말뚝의 재료 등이 만드는 복잡한 작은 공간을 의미함
해비탯	급여울, 평여울, 소(沼), 수제나 수중 식물군락과 구조물 등이 만드는 어느 정도의 균일성과 넓이를 갖는 공간으로, 천변의 석력들판, 줄기가 낮은 초본군락, 관목군락, 버드나무림 등	추수(抽水)식물, 부엽식물, 침수식물, 습생식물, 버드나무 등과 같이 어느 정도의 크기를 갖는 군락, 식물이 분포하지 않는 천수대(淺水帶), 갯벌 등
비오톱	다양한 해비탯의 유기적인 집합에 의하여 형성되고 있는 유형화 할 수 있는 상당히 큰 서식지로, 여울-소 비오톱, 천변 비오톱 등을 의미함	예를 들면, 추수, 부엽, 침수식물 군락으로 이루어진 수초군락 비오톱, 습지 비오톱 혹은 양쪽을 합친 연안대 비오톱 등을 의미함
비오톱 시스템	계류(하천)나 호수의 다양한 비오톱과 그 주변의 야생생물에 의하여 일체적으로 이용되고 있는 습지, 초지, 산림, 농경지, 수로, 주택·시가지 등을 포함하는 넓은 서식지를 의미함	
비오톱 네트워크	메타(meta) 개체군의 형성과 존속을 지탱하는 같은 종류의 비오톱 혹은 비오톱 시스템이 일정 범위로 연계되어 존속하는 상태 및 그것들을 연결하는 생태적 통로로, 계절에 따라 이동하면서 생활사를 영위하는 생물의 각 계절, 각 성장단계에 필요한 서식지가 연관되어 존재하는 상태를 의미함	

2. 하도관리와 서식지

서식지를 계층적으로 파악한다는 것은 단순히 이론적인 것이 아니라 실제로 어느 정도의 수준에서 주요한 대상으로 설정할 것인가를 정리하는 데에 도움이 되어야 하므로, 대상으로 하는 장소에 서식하고 있는 생물의 서식지를 계층적으로 정리한 정보가 실제의 계류복원사업에 어떻게 유효하게 사용될 것인가를 그림 3과 같이 정리하였다.

이전에는 생태적인 측면에서 사업의 대상이 되는 장소에 서식하고 있는 동식물의 목록이 중요하게 간주되었지만, 그 목록이 실제의 계류관리 측면에서 해당 정보가 충분히 활용되지 못하였다. 따라서 해당 생물이 서식지를 어떻게 이용하고 있는지를 파악하기 위해서는 생태학적인 입장에서의 면적, 구조, 기능, 질, 계절로 대표되는 내용이 구체적으로 정리되어야 한다. 물론, 계류복원사업도 이와 유사한 범주의 정보를 갖고 있기 때문에 각각의 정보를 중첩시키면 비로소 그 영향에 따른 대비책을 마련할 수 있게 된다. 즉, 계층구조제도를 채택하여 해석·정리한 서식지의 정보는 서식지 보전을 위한 계류복원에도 크게 도움이 될 수 있을 것이다.

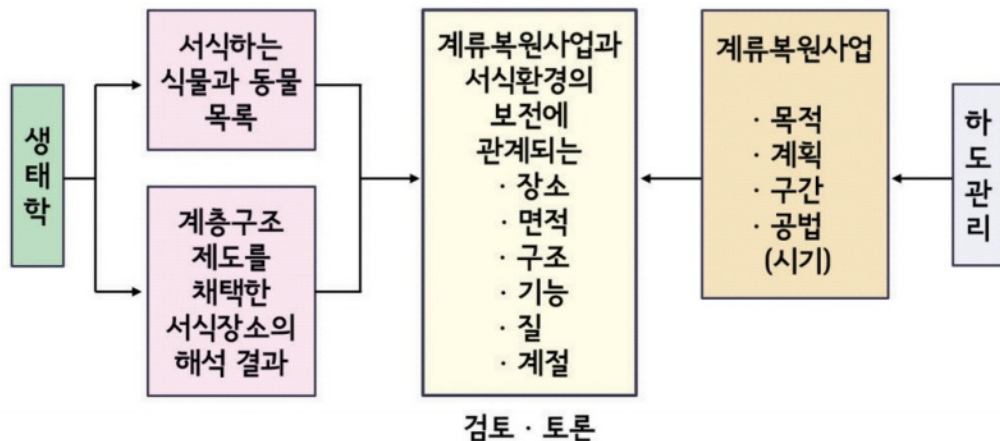


그림 3. 계류의 서식지 환경을 보전하기 위한 “계류복원”과 “생태”의 관계

한편, 이상과 같은 과정에서 무엇보다 중요한 것은 생태학적인 측면에서의 「서식지 지도」를 작성 하는 것이라고 할 수 있다(그림 4). 즉, 서식지를 해비택 수준 혹은 비오톱 수준으로 구분한 후, 사업을 진행하는 장소의 「서식지 지도」를 작성하여 각각의 서식지를 어떠한 생물 종 혹은 군집이 언제, 어떻게 이용하고 있는지에 대하여 정리하는 것이다. 이와 같은 일련의

과정이 체계적으로 진행될 때 비로소 생물의 서식조건을 보전하는 데에 생태적인 정보가 종합적으로 도움을 줄 수 있게 될 것으로 판단된다.

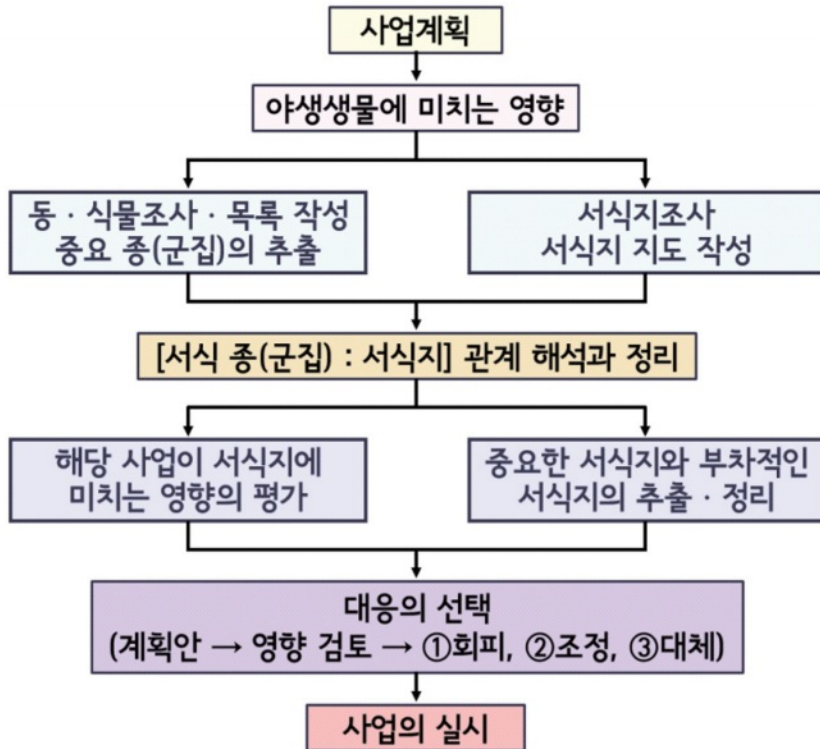


그림 4. 서식지의 조사와 평가의 필요성

3. 범용적인 서식지조사

서식지 지도는 「해비탯 지도」나 「비오톱 지도」로 구분할 수 있지만, 그림 5는 범용적인 서식지를 조사하고 평가하는 흐름도이다.

그림 5에서 알 수 있듯이 우선 조사범위를 수역과 육역으로 구분하여 설정하고, 서식기반은 평면도에 해당 장소의 서식기반이 되는 요소를 정리하기 위하여 구체적으로는 평면도에 의한 파악(면적, 분포), 경관사진에 의한 파악(서식기반의 입체구조), 단면도에 의한 파악(횡단방향의 변화), 대상 사방댐 주변 지역에 있어서의 서식기반의 분포(배치) 상황을 정리한다. 그리고 중요한 서식기반과 서식생물의 관련성을 정리하여 대상이 되는 장소에

서식지가 어떻게 분포하여 있으며, 그것을 생물이 어떻게 이용하고 있는지를 정리한다.

이를 위해서는 현지조사와 문헌조사 등이 필요하다. 즉, 전체 생물 혹은 중요한 생물에 대한 현지조사만으로는 자료를 완전하게 정비할 수 없기 때문에 학술적인 논문뿐만이 아니라 넓은 의미에서의 문헌정보를 수집하여 분석하도록 한다. 구체적으로는 서식기반에 관한 자료, 계류의 수변조사 자료, 도감·문헌 등의 서식생물에 대한 생태적 소견 등이 수집되어야 하며, 이를 위하여 관련 자료를 폭 넓게 수집하거나, 아니면 그 소유자를 적극적으로 참가시키도록 한다.

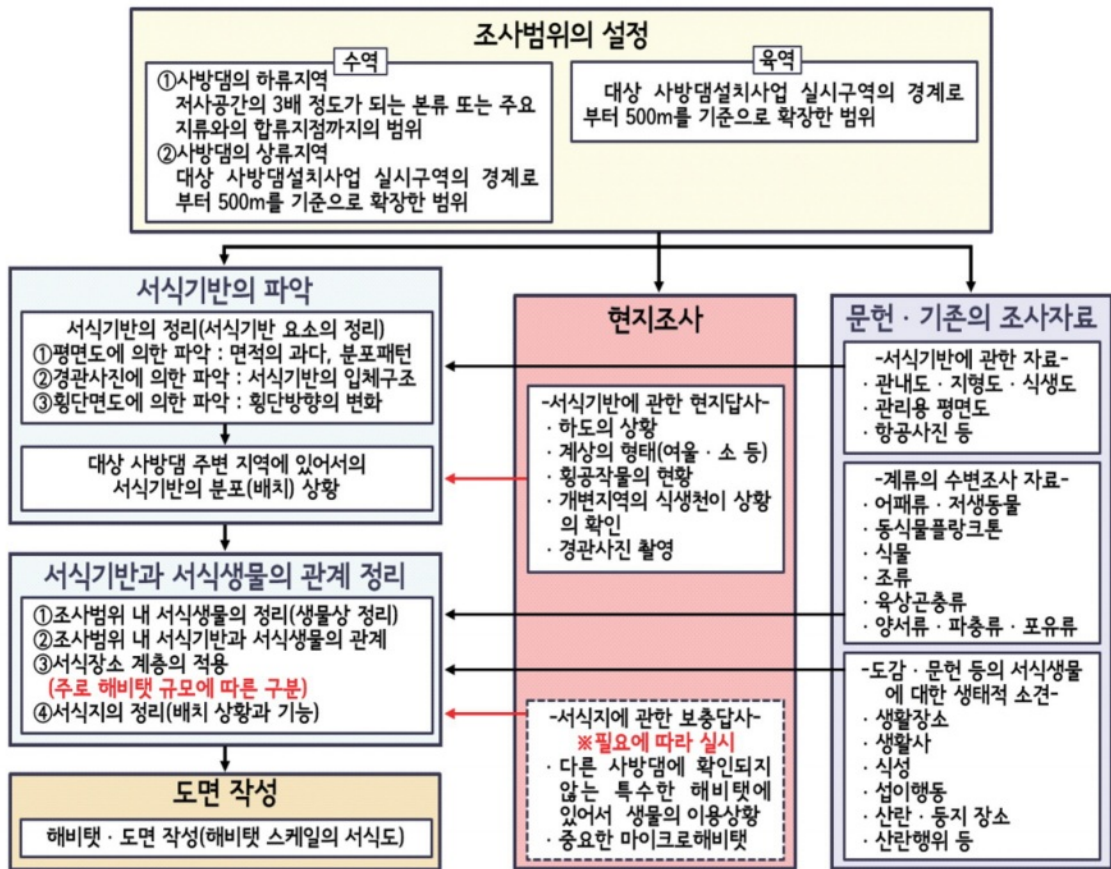


그림 5. 범용적인 서식지조사의 흐름도

3.1. 조사의 목적

서식지조사에서는 필요에 따라 대상 생물종의 선정, 조사대상 구역의 설정, 조사시기 및 빈도의 설정, 조사방법의 설정 및 정리 등을 구체적으로 검토하여 조사를 진행한다. 또한, 서식지의 종류나 분포를 고려할 때 계류를 수역, 천이역 및 육역으로 구분하여 조사한다. 즉, 수역~천이역에는 어류를 비롯한 수생생물의 서식지, 천이역~육역에는 조류나 육생생물의 서식지가 중심이 된다. 이와 같은 서식지의 분류방법은 한 가지가 아니라 대상으로 하는 생물종에 따라 달라지거나 보다 상세해지는 경우도 있다.

한편, 표 3은 대표적인 서식지의 분류방법으로, 실제로는 이를 기준으로 각종 문헌을 참고로 하여 조사지의 서식지를 분류하도록 한다.

표 3. 서식지의 분류방법

Thomas A. Wesche	미국 오하이오 주 EPA	일본 토목연구소
· Flood Producing Area (식물생산 장소) · 급여울(riffle)이 가장 중요함	· riffle(급여울) 유속이 빠르고 수심이 얇은 유역으로, 수면이 물결치고 있음 · run(평여울) 수심이 깊고 riffle의 하류에 위치하며, 계상은 평탄한 곳이 많아 수면은 거의 물결치지 않음 · pool(소) 유속이 느리고 수심이 깊으며, 수면물매는 매우 완만함 · glide(활주) 소나 급여울이 발견되지 않는 직선 형태의 개수구간에서 나타나며, 수면물매는 비교적 완만함	· 수역 - 유수지역 - 급여울 - 평여울 - 소 - 물웅덩이 - 계상 - 가라앉은 돌 - 뜬돌 - 침수식물 - 모래진흙(砂泥)
· Spawning-EGG, Incubation Area (산란, 부화 장소) - 유속 0.15~0.9m/s - 수심 ~0.15m · 계상재료의 입경 - 0.6~7.36cm	· Instream cover - 오버행 형태의 계안 - 오버행 식물대 - 물웅덩이 - 추수(抽水)식물대 - 침수식물대 - 유목의 퇴적 - 근경군(根莖群) - 대규모 소 (수심 70cm 이상) - 거석	· 천이역 - 계안 - 계안식물 - 계안림 - 침식계안, 퇴적계안 - 계안단구
· cover(커버) · overhang cover (오버행 형태의 커버) - 오버행 형태의 계안 - 계안림 · submerged cover (수몰형 커버) - 침수식물대 - 다공질의 계상재료		· 육역 - 초본지대(키 작은 풀) - 수림지대(교목, 관목) - 나지(습성, 모래, 사력)

1) 이용 생물종

계류 및 그 주변의 서식지를 이용하는 생물종의 성질을 나타내는 지표로, 대부분의 경우 하나의 서식지를 다수의 생물종이 이용하고 있다. 또한, 각 생물종이 서식지를 이용하고 있는 시기를 파악하면 계류환경조사나 공사시기 등을 검토할 때에 참고가 된다.

2) 서식지의 구성요소

수역의 서식지는 수질이나 수량, 상·하류구간의 연속성 등에 의하여 수생생물의 서식에 관계하고 있다. 따라서 서식지를 보전하기 위해서는 이들 요소를 모두 검토하여야 하지만, 계류복원사업 등에서는 공간의 형상이나 소재가 조작되는 경우가 많기 때문에 결과로서의 서식지 보전은 공간의 보전과 같아지는 경우가 대부분이다

3) 서식지의 생성과 소멸

통상적으로 서식지는 장기간에 걸쳐 생성과 소멸을 반복하기 때문에 생성과 소멸기간을 인위적으로 보존하는 데에는 막대한 노력이 소요된다. 따라서 해당 서식지의 생성과 토사의 퇴적 및 홍수 시의 외력 등에 따른 생성과 소멸기간을 사전에 충분히 검토하여야 한다.

4) 서식지의 복원성

복원성이란 서식지의 재생에 소요되는 시간 혹은 인공적인 노력의 필요성에 대한 특성으로, 복원성이 높은 계안식물대나 물웅덩이 등은 인위적 혹은 자연의 힘에 의하여 복원되지만, 복원성이 낮은 벼랑이나 수림지 등은 재생이 어렵거나 재생되는 데에 많은 시간이 소요된다. 따라서 계류를 개발할 때에는 사전에 서식지의 복원성을 검토하여 복원이 가능한 것은 복원계획을 수립하고, 복원이 불가능한 것은 원상태를 잘 보전할 수 있는 방안을 강구하여야 한다.

3.2. 서식지의 표현방법

대부분의 서식지는 유속, 수심 등과 같이 간단한 물리량으로 표현할 수 없으므로 그 형태적인 특징을 기술하여 표현하며, 일반적으로 측정된 물리량은 서식지를 더욱 한정하는 경우에 사용된다. 즉, 중요성과 희소성이 높은 서식지 등을 한정할 경우에는 「수심 2m 이상인 소」, 「표고 8m인 교목」 등과 같이 표현한다.

3.3. 서식지조사의 대상 생물종

서식지의 조사대상 생물은 기본적으로 어류와 조류 등과 같은 상위 포식자이다. 이는 이들 생물의 서식지가 일정 크기의 공간을 확보하고 있을 뿐만이 아니라 그 형태적인 특징이 명확하여 조사가 비교적 용이하고, 광범위에 걸친 서식지의 분포를 파악할 수 있기 때문이다.

한편, 해당 계류에 있어서 보호종이나 희귀종 등과 같은 특정 생물은 별도의 서식지조사를 통하여 보전방안을 마련하여야 한다.

3.4. 서식지조사의 대상 구역

서식지조사는 평상시에 실시하며, 조사범위는 계상퇴적지나 모래톱 등의 육역, 평상시에 수위가 변동하는 천이역, 그리고 갈수기 이외에는 유수가 상시 존재하는 수역 등이다. 특히 육역~천이역에서는 조류를, 천이역~수역에서는 어류를 대상으로 조사를 실시한다.

한편, 계류와 그 주변의 녹지, 즉 산림이나 논 등과의 네트워크가 형성되어 있는 경우에는 이들 구역을 포함하여 조사하는 것이 바람직하다. 다만, 조사구역이 광범위한 경우에는 계류와의 네트워크가 중요한 생물종에 한정하여 주변 지역을 조사한다.

3.5. 서식지조사의 시기

서식지조사는 연중 실시하여 서식지의 형태나 이용 생물종의 시기적인 변화를 파악하여야 한다. 그러나 사계절을 통한 조사에는 막대한 노력이 필요하기 때문에 조사대상 생물종과 조사시기를 한정하여 조사한다.

따라서 조사시기는 조사가 용이하고 서식지를 명확하게 파악할 수 있는지와 대상 생물종이 해당 서식지를 이용하고 있는 시기인지에 대한 두 가지 관점을 종합적으로 감안하여 결정한다. 특히 조사대상 구역에서 처음으로 서식지조사를 실시할 때에는 연중 서식지조사를 실시하여 서식지의 형태나 이용 생물종의 시기적인 변화에 대하여 개략적으로 파악하도록 한다.

3.6. 서식지조사의 빈도에 대한 기준

서식지는 식물의 성장이나 식물군락의 천이, 자연이나 인위에 의한 요인에 따라 변화한다. 즉, 식물의 성장이나 식물군락의 천이에 동반된 요인은 수 년~수 십년에 걸쳐 변화하지만, 홍수나 갈수라고 하는 자연적 요인과 계류공사와 같은 인위적 요인에 동반되는 서식지 변화는 상대적으로 짧은 시간에 발생한다.

따라서 서식지조사는 원칙적으로 5년에 한번 정도 실시하여 완만한 서식지의 변화를 파악한다. 그러나 홍수나 계류공사 등에 의하여 서식지가 변화할 것으로 예상될 경우 혹은 앞으로 변화할 것으로 예상되는 경우에는 필요에 따라 수시조사를 실시하도록 한다.

3.7. 서식지조사의 방법

계류의 규모가 클수록 서식지 분포를 파악하기 어렵다. 특히 하도 내에 초본이나 목본류가 번무한 경우에는 조망이 나쁘기 때문에 현지답사만으로는 서식지의 분포를 파악하는 데에는 한계가 있다. 따라서 해당 구간의 항공사진이나 현존 식생도를 구할 수 있는 경우에는 이와 같은 면적 정보를 활용하여 조사의 효율화를 꾀하는 것이 바람직하다.

그리고 현지답사에서는 대상으로 하는 생물의 전문가와 동행하여 서식지조사를 실시한다. 특히 회유어나 철새와 같이 생활사의 각 단계별로 서식지가 다를 때에는 서식지를 조사하기 어렵기 때문에 전문가를 동행하도록 한다.

한편, 항공사진은 촬영한 시기나 계절에 따라 그 이용도가 다르지만, 육역의 식생 번무상황이나 수역의 여울 또는 소의 상황을 대략적으로 파악하는 데에는 적합하다. 또한, 항공사진을 입체화하면 식생의 높이를 파악할 수 있기 때문에 관목과 교목을 어느 정도 추측할 수 있다. 그리고 판독작업은 색구분이 거의 동일하다고 판단되는 영역으로 분류한 후, 그 결과와 현지답사의 결과를 비교하여 영역별 서식지의 종류를 구별하도록 한다. 특히 현존 식생도가 있는 경우에는 군락·군집단위로 정리하여 특정 영역을 서식지라고 하는 관점(나지, 초본, 관목 등)에서 재분류하여 서식지 분포를 규정하도록 한다.

4. 고찰

국내외적으로 하천과 호소 수변의 자연환경을 보전하는 데에 필요한 이론과 방법에 대한

조사·연구가 진행되어 정부나 지방자치단체의 위원회나 전문가 집단 및 시민과의 교류를 통하여 그 성과가 실제로 활용되고 있다.

이와 같이 하천과 호소를 관리한다는 측면에서의 자연환경의 보전, 즉 야생동식물의 생육·서식환경의 보전과 재생, 자연환경의 개변에 관련된 분야의 사업에 비하여 계류복원사업에서는 야생동물의 생존기반인 서식지의 존재양식을 파악하고, 생물의 서식지를 계층구조 이론에 근거하여 정리한 정보가 사업현장에 적용되지 못하고 있다. 따라서 산림분야에서도 생물의 서식장소가 자연 속에서 어떠한 시스템을 갖고 있는지를 확인할 수 있는 이론과 방법 및 기술의 개선이 앞으로도 지속되어 현장에 실용화되어야 할 것이다.

산림물지도를 이용한 산사태 위험지 판정 고도화



최 형 태

국립산림과학원 도시숲연구과 연구관

choiht@korea.kr

1. 서론

산림은 홍수를 완화하고, 수자원을 저류하고 수질을 정화하는 등 물 환경과 깊이 관련되어 있다. 이러한 기능을 통칭하여 산림의 「수원함양기능」이라고 하며, 이는 예로부터 홍수나 가뭄피해와 같은 각종 재해를 방지하기 위한 국가 통치의 기본 이념인 「치산치수」의 근간이 되어왔다.

최근,물관리일원화에 따른 상·하류 유역통합관리체계의 국가적 추진에 따라 산림유역 관리의 중요도가 더욱 커지고 있다. 또한, 산림이 가지고 있는 공익적 기능의 서비스적 특성에 입각한 산림생태계서비스의 중요도와 역할도 더욱 강조되고 있다. 특히, 산림의 수원함양기능은 맑은 물을 지속적으로 공급하고 홍수를 조절하는 산림생태계서비스의 대표적인 기능으로써, 물 부족 심화에 대한 생태적·친환경적 대안이 될 뿐만 아니라 산사태와 같은 산지 내 물 관련 재해의 예방과 국민 안전 증진을 위해서도 많은 역할을 할 수 있을

것으로 기대되고 있다.

이러한 필요성에 입각하여 산림청에서는 산림토양의 물리적 특성과 산림공간 빅데이터를 기반으로 임지별 산림토양의 수분보유 특성을 공간단위로 세밀하게 지도화하여 보여주는 ‘산림물지도’ 인공지능 모델의 개발을 완료하고, 올해부터 ‘전국 산림물지도 제작사업’을 본격 추진한다.

‘산림물지도’는 빅데이터, 인공지능 등 4차산업혁명 지능정보기술과 산림공간정보의 융·복합 활용을 통한 새로운 응용정보 서비스로서, 적지적수 및 기능별 산림관리 고도화, 공익형 임업직불제 기반정보 제공, 산사태위험지 판정 고도화 등 다양한 현장 수요에 대응한 맞춤형 산림정보 및 정책지원 서비스를 제공할 수 있다.

이 원고에서는 산림물지도의 다양한 활용 분야 중, 국민안전과 직결되는 산사태 분야에 대한 활용사례를 정리·설명하고자 한다.

2. 산림물지도의 정의와 구조

산림물지도는 “수자원을 공급하는 산림의 수원함양기능을 나타낸 지도”라고 할 수 있다. 그러나 보다 자세히 설명하자면, “산림공간 빅데이터와 산림토양의 물리적 특성을 이용하여 개발된 인공지능 모델을 통해 산림토양의 수분보유특성의 분포를 공간적으로 수치화하여 나타내는 동적(動的) 지도 시스템”이라고 정의할 수 있다.

즉, 산림물지도는 임의 지점의 산림토양이 가지는 토양수분 보유특성을 나타내는 인공지능 모델이다. 이때 토양수분 보유특성은 “토양수분 보유곡선(Soil Water Retention Curve; SWRC)”으로 표현되기 때문에, 궁극적으로 산림물지도 인공지능 모델은 산림공간 빅데이터와 산림토양 물리성으로부터 각 임지의 토양수분 보유곡선식을 만들기 위한 파라미터들을 생산한다.

산림물지도는 산림토양의 지점별 수분보유 특성을 평가하기 위하여 산림청에서 산림정보화 사업으로 구축한 산림공간 빅데이터를 기반정보로 활용하고 있으며, 이와 더불어 현장조사 및 실내분석을 통해 얻은 현장 정보와 산림토양의 수분보유 특성, 물리적 특성 등에 기반하고 있다.

산림물지도 개발과정의 핵심은 “산림토양의 수분보유 특성과 산림토양의 물리적 특성, 그리고 산림공간 빅데이터, 이렇게 3개의 중요한 정보 덩어리를 어떻게 서로 연계하여 그 관계를 설명할 수 있는가”이다. 즉, 어떤 임지의 산림 내 한 지점(포인트)의 산림토양이

가지는 수분보유 특성과 물리적 특성, 그리고 이 지점(포인트)이 가지는 산림공간 데이터(입지토양, 임상, 지질, 지형) 간의 관계를 수학적으로 규정짓는 것이 연구를 수행하는데 있어서 가장 중요한 요소이다.

산림물지도는 이를 위해 Random Forest 인공지능 기법을 사용하였다. 그림 1은 산림물지도의 모델 구조를 보여주고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 산림물지도 모델은 3개의 학습된 인공지능 모델을 이용하여 산림 공간정보와 산림토양의 물리성 정보로부터 입지별 토양수분 보유곡선식을 도출한다. 이렇게 해당 산림지역의 모든 지점에 대하여 토양수분 보유곡선식을 도출하고, 이를 공간분포 지도로 작성한다. 이때 이용되는 공간정보의 단위가 $10 \times 10\text{m}$ 격자 크기의 raster 형식이기 때문에 산림물지도의 산출물 역시 $10 \times 10\text{m}$ 격자 크기의 raster 형식으로 생산된다.

각 공간격자별로 토양수분 보유곡선식이 생산되면, 이를 바탕으로 토양의 총공극량, 중력수량, 포장용수량, 위조점 등에 관한 정보를 직접 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 수원함양기능, 산림토양의 유효수분량 등 토양수분 보유곡선식으로부터 파생되는 다양한 물 관련 정보를 도출할 수 있다. 아울러, 최종 토양수분 보유곡선식의 산출 과정에서 얻어지는 포화투수계수, 입도분포, 토양가밀도 등 다양한 예측결과를 활용할 수 있다.

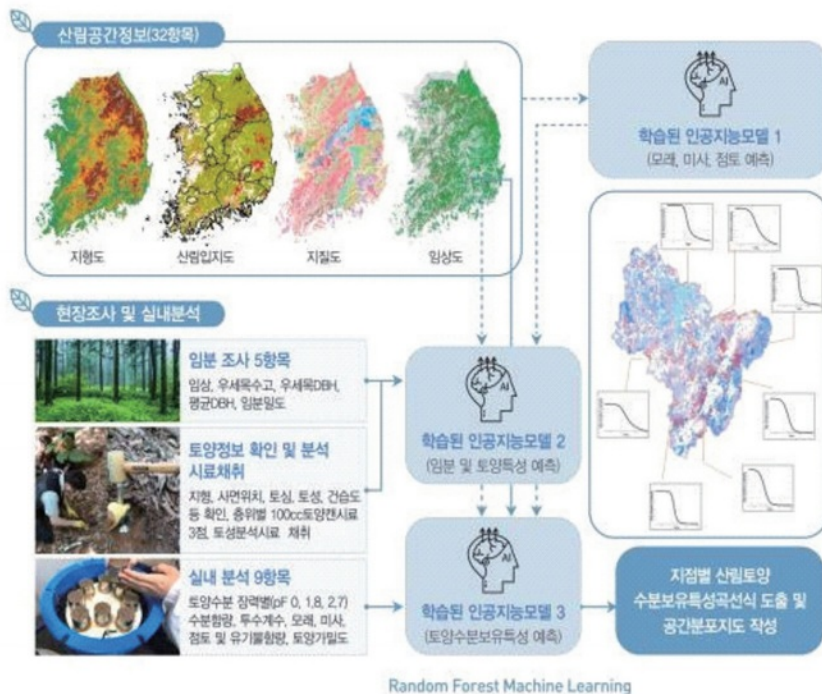


그림 1. 산림물지도 모델 구조

3. 산사태위험지도 고도화를 위한 산림물지도 활용

3.1. 산사태 발생지의 수원함양기능 평가

산사태 예측 고도화를 위한 산림물지도의 활용성 분석을 위하여 최근 4년간(2016~2019) 전국에서 발생한 산사태 피해지 2,604개소 중 항공사진을 통해 확인 가능한 발생지에서 계류 및 임도 피해지 등을 제외한 자연 임지 115개소를 분석 대상으로 선정하였다(그림 2). 그리고, 산림물지도 인공지능 모델을 이용하여 선정된 산사태 발생지를 중심으로 반경 5km의 원형 산림물지도를 제작한 후, 산사태 발생지와 주변 산림의 수원함양기능을 비교 분석하였다(그림 3).

이때 주변 산림으로는 산사태 발생지로부터 5km 이내에 있으며 능선으로부터의 집수 길이가 산사태 발생지와 유사한 임지를 선정하였다. 능선으로부터의 집수길이를 기준으로 이용한 것은 산사태 위험지 판정인자 중 하나로써, 집수길이가 유사한 경우, 동일한 강우량이 발생하였을 시, 지형에 의한 집수효과에 큰 차이를 보이지않을 것으로 가정할 수 있기 때문이다.

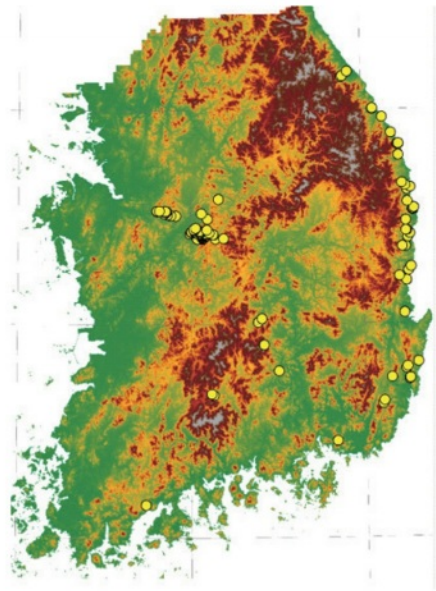


그림 2. 분석대상 산사태 발생지 위치(총115개소)

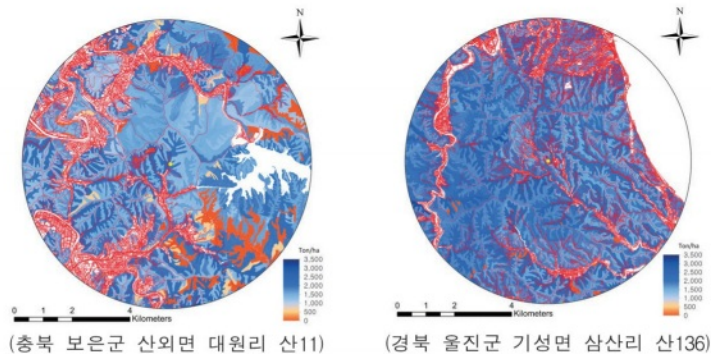


그림 3. 산사태 발생지 주변 산림물지도
(● 산사태발생지, □ 지적경계)

한편, 산림토양의 수원함양기능 지도는 산림물지도 인공지능 모델에 의해 산정된 산림지역 10×10m raster 공간 격자별 토양수분 보유곡선에서 토양수분장력 pF0의 토양수분함량 예측치에서 토양수분장력 pF2.7의 토양수분함량 예측치를 제한 값, 즉, 각 공간 격자별 산림토양의 조공극률을 이용하여 제작하였다.

각 산사태 발생지를 중심으로 제작한 산림물지도를 이용하여 산사태 발생지와 주변 산림의 평균 수원함양기능을 비교한 결과, 산사태 발생지의 수원함양기능은 주변 산림에 비해 열악하였던 것으로 분석되었다(표 1 및 그림 4). 특히, 산사태 발생지의 수원함양기능이 1,000톤/ha 이하인 경우에는 주변 산림이 가지는 평균적인 수원함양기능의 64.8%에 불과하였으며, 산사태 발생지의 수원함양기능이 1,000~1,500톤/ha의 범위에 있을 때에는 주변 산림에 비해 평균 82.1% 수준, 1,500~2,000톤/ha의 범위에서는 평균 97.2% 수준이었던 것으로 분석되었다. 즉, 산사태 발생지의 수원함양기능이 열악할수록 주변 산림이 가지는 수원함양기능과의 차이가 더욱 컸던 것으로 나타났다. 평균적으로 산사태지의 수원함양기능이 2,000톤/ha 이하일 경우에는, 주변 산림의 수원함양기능에 비해 65~97% 수준으로 열악하였던 것으로 나타났다.

표 1. 산사태 발생지 수원함양기능 등급별 주변 산림과의 평균 수원함양기능 비교

구분	산사태 발생지의 수원함양기능 구분(톤/ha)				
	1,000 이하	1,000~ 1,500	1,500~ 2,000	2,000 이상	전체
산사태 발생지의 평균 수원함양기능(톤/ha)	832.6	1,350.3	1,769.8	2,197.9	1,709.7
주변 산림의 평균 수원함양기능(톤/ha)	1,285.5	1,644.1	1,821.3	1,811.3	1,754.6
비율(%)	64.8	82.1	97.2	121.3	97.4

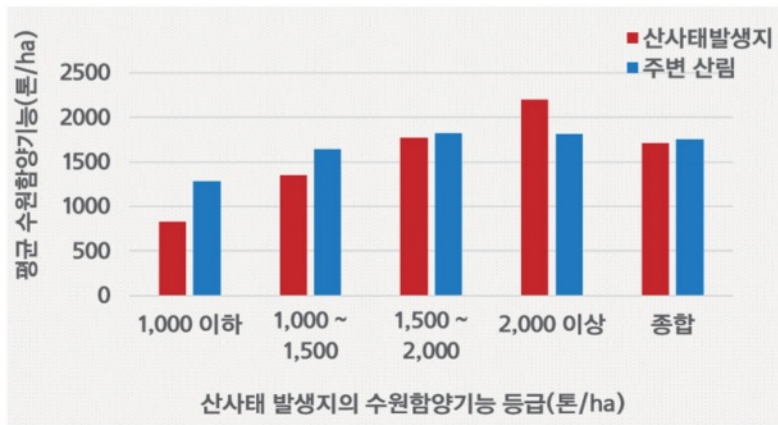


그림 4. 산사태 발생지와 주변 산림의 평균 수원함양기능 비교

또한, 산림의 수원함양기능이 낮을수록 산사태 발생이 집중하는 것으로 나타났다. 즉, 115개 분석대상 산사태 중에서 수원함양기능이 1,500톤/ha 이하의 임지에서 발생한 산사태 26건은 모두 주변 산림에 비해 수원함양기능이 열악하였으며, 1,500~2,000톤/ha의 수원함양기능을 가지는 임지에서 발생한 산사태 70건 중 45건(64%)이 주변 수원함양기능이 낮은 곳에서 산사태가 발생하였던 것으로 분석되었다(표 2). 따라서 수원함양기능이 낮을수록 강우 시 토양이 쉽게 포화되어 산사태 발생 위험이 증대될 수 있는 것으로 판단된다.

표 2. 산사태 발생지 수원함양기능 등급별 산사태 발생지 중
주변 산림에 비해 수원함양기능이 열악한 개소수

구분	산사태 발생지의 수원함양기능 구분(톤/ha)				
	1,000 이하	1,000~1,500	1,500~2,000	2,000 이상	전체
산사태 발생지 개소수	8	18	70	19	115
산사태 발생지 중 주변 산림에 비해 수원함양기능이 열악한 개소수	8	18	45	0	71
비율(%)	100.0	100.0	64.3	0.0	61.7

한편, 전술한 바와 같이 산사태 발생지의 수원함양기능은 주변 산림에 비해 일반적으로 낮았으나, 약 수원함양기능 1,600톤/ha를 분기점으로 그 추세에 변화가 나타났다. 즉,

수원함양기능이 열악하지 않은 임지에서는 상대적으로 산사태 발생지의 수원함양기능이 주변 산림에 비해 낮더라도 이것이 산사태 발생에 유의한 영향을 초래하지 않는 것으로 분석되었다. 따라서, 수원함양기능이 열악하지 않은 임지에서는 수원함양기능 보다는 강우량, 강우강도 등 외부적 기상 인자의 영향이 산사태 발생에 더 크게 작용하는 것으로 판단된다. 특히, 일강우량 200mm이상의 집중호우 발생 시에는 수원함양기능과 산사태 발생과는 거의 관계가 없는 것으로 보여 강우강도가 산사태 발생에 절대적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(그림 5).

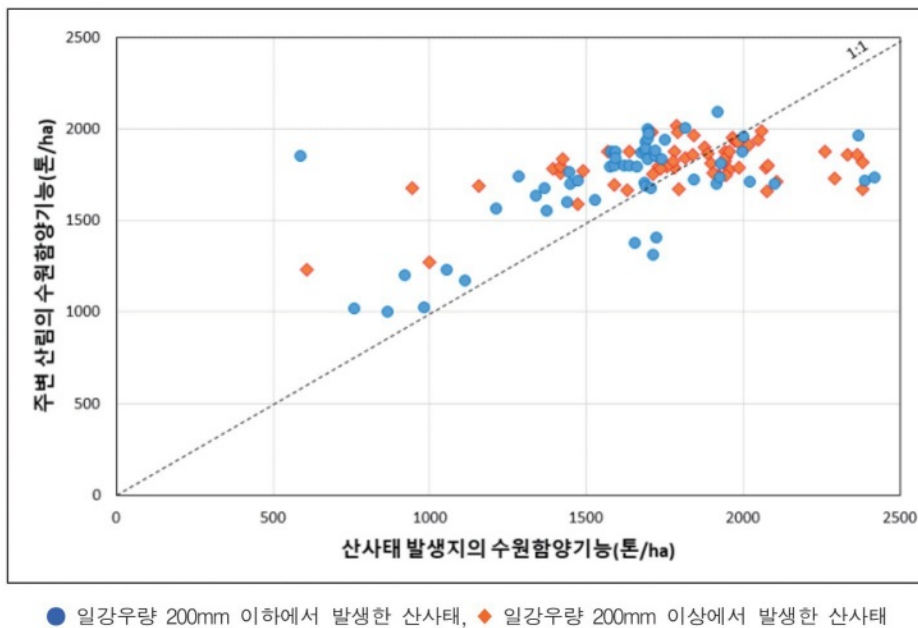


그림 5. 산사태 발생지와 주변 산림의 수원함양기능 관계에 대한 일강수량 효과

3.2. 산림물지도를 활용한 산사태 위험지 평가

경북 영주댐유역을 대상으로 산사태 위험지 평가에 대한 산림물지도의 활용성을 분석하였다. 영주댐유역은 경북 영주시 및 봉화군, 안동시에 걸쳐 있으며, 유역 면적은 49,670ha, 산림면적은 백두대간 소백산 지역을 포함하여 약 35,000ha로서 산림율이 70%이다.

영주댐유역의 산림물지도를 제작하기 위하여 유역 내 200개 지점에 대한 산림입지·토양·임상조사를 실시하였으며, 현장에서 채취한 토양시료를 이용하여 산림토양의 물리성 및

토양수분 보유특성과 투수성을 분석하였다. 수집·분석한 산림공간정보와 물리성 자료를 바탕으로 영주댐 유역에 적합한 산림물지도 인공지능 모델을 개발하였으며, 이를 토대로 산정된 각 10×10m raster 공간격자별 토양수분 보유곡선을 이용하여 영주댐유역 산림의 수원함양기능 분포도를 제작하였다(그림 6).

그림 7은 현재 영주댐유역의 산사태위험 1등급지의 분포도이다. 영주댐유역의 경우 산사태 위험 1등급에 해당하는 유역 면적은 5,343.9ha로 전체 산림면적의 16.3%에 해당하였다.

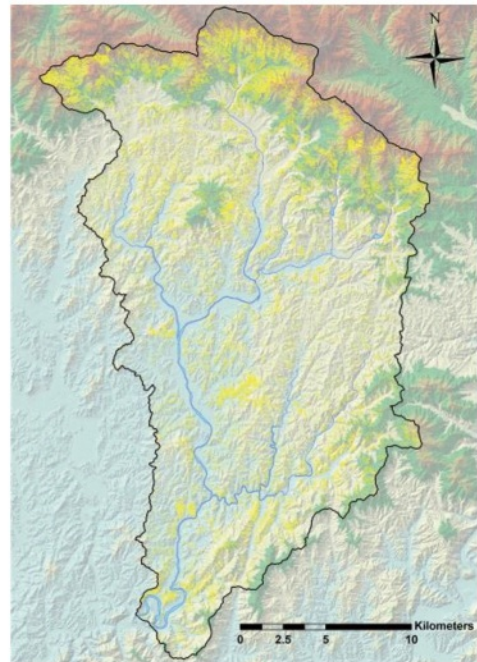
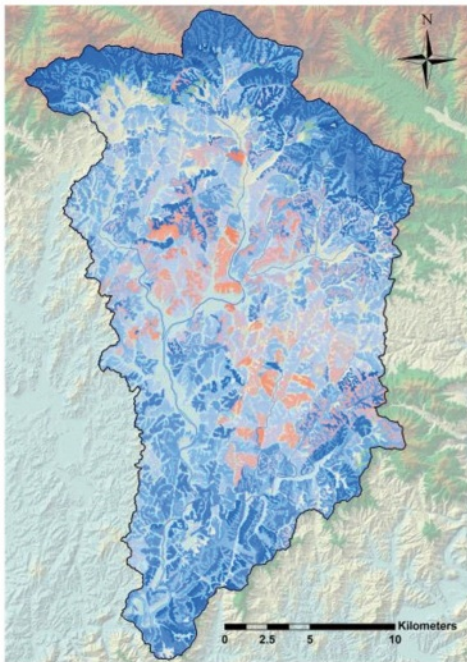


그림 6. 영주댐유역 산림의 수원함양기능 분포 그림 7. 영주댐 유역의 산사태위험 1등급지 분포

수원함양기능을 고려한 산사태 위험지 판정은 산사태 위험 1등급지 중에서 상대적으로 산림토양의 수원함양기능이 열악한 임지를 선별하는 과정으로 진행하였다. 이는 전술한 바와 같이, 산림토양의 수원함양기능이 열악할수록 동일한 양의 강우가 발생하였을 때에 주변 임지에 비해 더 쉽고 빠르게 사면 토양이 포화상태에 도달하여 불안정해질 수 있기 때문이다. 이때 산사태 위험이 높은 수원함양기능의 기준으로는 3.1절의 표 2에서 제시한 바와 같이 산림토양의 수원함양기능 1,500톤/ha 이하를 선정하였다.

그림 8은 영주댐유역의 산사태 위험 1등급지 중, 산림토양의 수원함양기능이 1,500톤/ha 이하인 임지의 분포를 보여주고 있다(그림 8의 적색 지역). 분석 결과, 영주댐유역 산사태

위험 1등급지 5,343.9ha 중 수원함양기능이 1,500톤/ha 이하인 임지는 1,668.8ha인 것으로 나타났다. 이는 산사태 위험 1등급지의 31.2%에 해당한다.

즉, 산림토양의 수원함양기능에 기반하여 산림토양의 포화 취약성을 반영하면, 현 산사태 위험 등급의 세분화 및 예방·방재 대책의 집중력을 둘 수 있다. 앞으로 현장자료의 보완 및 집중적인 검증을 통하여 산사태 위험 평가에 대한 산림물지도 활용성을 강화하는 연구가 필요하다.

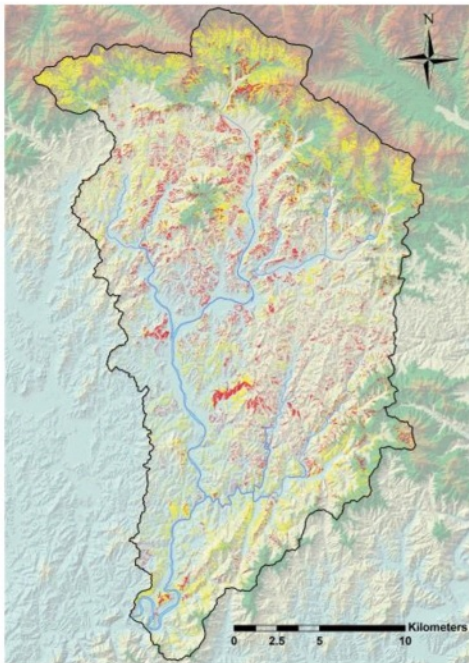


그림 8. 영주댐유역 산사태위험 1등급지 중 수원함양기능 열악지(1,500톤/ha 이하)의 분포

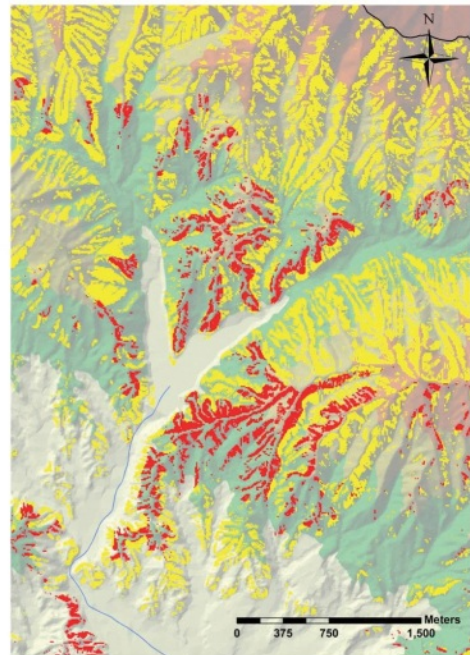


그림 9. 영주댐유역 산사태위험 1등급지 중 수원함양기능 열악지(1,500톤/ha 이하)의 분포(확대)

4. 산사태 예측 물리기반 모델 개발을 위한 산림물지도 활용

산사태 예측에 많이 사용되는 SINMAP 등 5개 물리기반 모델에 대한 산림물지도 제공 정보의 활용성을 검토한 결과, 5개 물리기반 모델에서 모두 토양수분 보유곡선식 및 포화투수계수 등 산림물지도의 주요 제공정보가 필수적으로 사용되고 있는 것으로 나타나, 산사태 예측을 위한 물리기반 모델 개발에 산림물지도 정보가 유용하게 활용될 수 있는 것으로 분석되었다.

4.1. SINMAP

SINMAP(Stability INdex MAPing)은 GIS 확장 프로그램 형태로 미국 유타주립대에서 개발된 모델로서, 산사태 예측을 위한 사면안정 해석에 많이 사용되는 모델이다. 기본 가정으로서 지하수 흐름은 사면 경사를 따르며, 주요 입력변수로는 수치표고자료(DEM), 토양의 안식각, 점착력, 포화투수계수, 지하수 재충진율의 비 등이 있다.

SINMAP에서는 사면안정을 해석하는 주요 수식에 토양의 투과율을 사용하는데, 이 투과율은 수리전도도와 토심의 곱으로 표현된다. 이때 수리전도도는 산림물지도에서 제공하는 각 공간 격자의 포화투수계수와 토양수분 보유곡선식으로부터 도출할 수 있다.

4.2. SHALSTAB

SHALSTAB(SHallow Landsliding STABiliy model)은 상대적으로 열악한 사면 불안정성을 공간적으로 지도화하기 위한 물리적 기반의 디지털 모델이다. 이 모델은 상대적인 사면 안정성을 위험 등급으로 제시하는데, 이때 특정한 토지이용 변화를 등급 결정에 반영할 수 있다. 개발된 프로그램 코드 중에는 일정한 토양 깊이를 이용한 뿌리 점착력을 포함하고 있어서, 이를 통해 산림 작업에 의해 영향을 받는 뿌리 강도에 대한 현장 데이터를 사용하여 사면 불안정성의 변화를 설명할 수 있다.

이 모델에서는 SINMAP에서와 같이 주요 수식 중 토양의 토과율을 결정하는데 있어서 산림물지도가 제공하는 포화투수계수와 토양수분 보유곡선식을 중요 인자로 활용할 수 있다.

4.3. SLIP

SLIP(Shallow Landslides Instability Prediction)은 1994년 11월 이탈리아 북부 지방에서 수백명의 희생자와 상당한 피해를 입힌 피에몬트 홍수 이후 처음 개발된 모델로서, 매우 얇은 토심(최대 토심 1~1.5m)에서 발생하는 사면 붕괴를 예측하는데 사용된다. 이 모델은 두 개의 토양 영역, 즉 부분적으로 포화된 영역과 완전히 포화된 영역에 한계평형방법을 적용하여 사면 안정성을 분석한다.

산림물지도에서 각 공간 격자별로 제공하는 토양수분 보유곡선식을 이용하여 모관흡수력에 따른 흙 속 물의 양인 체적함수비를 산출하여 이 모델에 적용할 수 있다.

4.4. TRIGRS

TRIGRS(The Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model)는 강우에 의한 얇은 산사태의 발생 시간과 분포를 모델링하기 위해 설계된 프로그램으로 강우 침투로 인한 일시적인 간극 수압 변화와 이에 수반되는 안전계수의 변화를 계산한다. 또한, 포화 또는 불포화 조건에 대해 등방성, 균질 재료의 1차원 수직 흐름을 나타내는 편미분 방정식에 대한 분석해를 사용하여 몇 시간에서 며칠까지 지속되는 강우의 침투를 모델링할 수 있다.

SLIP의 경우와 같이, TRIGRS에서도 산림물지도에서 각 공간 격자별로 제공하는 토양수분 보유곡선식을 이용하여 모관흡수력에 따른 흙 속 물의 양인 체적함수비를 산출하여 이 모델에 적용할 수 있다.

4.5. YS-SLOPE

YS-SLOPE는 연세대학교에서 개발한 사면안정 해석 모델로서, 강우 침투 후 지하수 거동 해석을 위해 지하수 침투 모델과 수문 모델, 무한사면 모델을 결합한 것이다. 이 모델에서 지하수 흐름의 영향 해석에는 2차원 Darcy 법칙이 사용되었고, 침투 흐름은 1차원의 수정 Green-Ampt 모델이 사용되었다. YS-SLOPE를 구성하는 강우 침투 모델에서 지하수위의 계산을 위해서는 토양의 모관흡수력과 체적함수비 변화 정보가 필요한데, SLIP 및 TRIGRS에서와 같이 YS-SLOPE에서도 산림물지도에서 각 공간 격자별로 제공하는 토양수분 보유곡선식을 이용하여 모관흡수력에 따른 흙 속 물의 양인 체적함수비를 산출하여 이 모델에 적용할 수 있다.

표 3. 물리기반 모델에 대한 산림물지도 활용인자 검토 결과

모델명	모델 내용	산림물지도 제공정보
SINMAP	A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping	T(토양수분 투과율) 산정을 위한 포화투수계수 (SINMAP manual, Utah State University, 2005)
	얕은 전이형 산사태에 적용할 수 있음 (미국 유타대).	
	$FS = \frac{C + \cos\theta \left[1 - \min\left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin}, 1\right) \right] \tan\phi}{\sin\theta}$	
SHALSTAB	Shallow Landsliding Stability Model	T(토양수분 투과율) 산정을 위한 포화투수계수 (calm.geo.berkeley.edu/geomorph/shalstab/index.htm)
	Mohr-Coulomb 파괴이론과 수문모델의 결합했음 (미국 캘리포니아대).	
	$\frac{q}{T} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan\theta}{\tan\phi} \right) \frac{b}{a} \sin\theta$	
SLIP	Shallow Landslides Instability Prediction	Γ (모관흡수력) 산정을 위한 토양수분 보유곡선식 (Montrasio and Valentino, 2016)
	넓은 지역을 대상으로 신속한 계산에 최적화된 사면안정해석 모형임.	
	$F_s = \frac{\cot\beta \times \tan\phi' \times [\Gamma + m(n_w - 1)] + C' \times \Omega}{\Gamma + m \cdot n_w}$	
TRIGRS	The Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope Stability Model	Ψ (토양수분장력) 산정을 위한 포화투수계수 및 토양수분 보유곡선식 (TRIGRS manual, 2008)
	부정류 강우침투 및 격자기반 광역지역 사면의 안정해석이 가능함(미국 지질조사국).	
	$F_s = \frac{\tan\phi'}{\tan\delta} + \frac{c' - \Psi(Z, t) \gamma_w \tan\phi'}{\gamma_s Z \sin\delta \cos\delta}$	
YS-SLOPE	Two-Dimensional Hydro-Mechanical Coupled Infiltration Model	D_w (강우침투로 인한 포화대 깊이) 산정을 위한 토양수분 보유곡선식 (Kim et al, 2016)
	GIS 기반의 지반수문학적인 강우, 침투, 지하수 흐름 모델을 포함했음(연세대학교).	
	$FS = \frac{(c'_s + c'_r) + \gamma_t D_s + q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) D_w \cos^2\beta \tan\phi'}{(\gamma_t D_s + \gamma_{sat} D_w + q_0) \sin\beta \cos\beta}$	

2050 탄소중립 달성을 위한 산림경영의 도전 과제

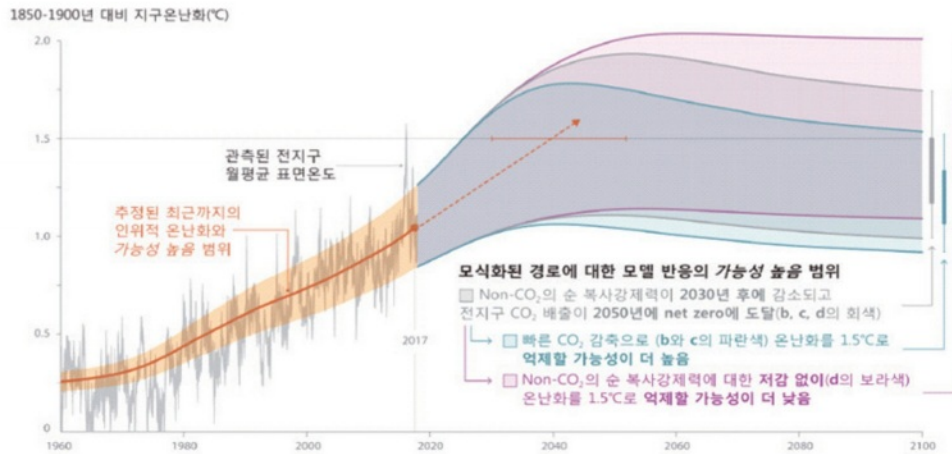


한 희

국립산림과학원 산림정책연구과 연구사

heehan@korea.kr

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 2018년 『지구온난화 1.5℃ 특별보고서』를 통해 산업화 이전 대비 지구 평균 온도가 2℃ 상승하게 되면 1.5℃ 이하로 상승을 억제했을 때에 비해 기후변화로 인한 위험이 크게 늘어난다는 연구 결과를 발표하였다. IPCC는 같은 보고서에서 온도 상승을 2100년까지 산업화 이전 대비 1.5℃ 이하로 억제할 것을 제안하면서 이 목표를 달성하기 위해 2050년 전 지구적인 탄소중립(Carbon Neutrality)이 이루어져야 한다고 권고하였다.



〈그림 1〉 관측된 전 지구 평균 온도 변화와 미래 온도 예측 범위

출처 : IPCC, 2018. 『지구온난화 1.5°C 특별보고서』

2019년 UN 안토니우 구테흐스 사무총장은 ‘기후행동 정상회의(UN Climate Action Summit)’를 개최하고 세계 각국의 적극적인 온실가스 감축 목표 설정을 독려했다. 칠레는 이 회의에서 탄소중립을 지향하는 국가, 기업 등으로 구성된 ‘기후목표 상향동맹(Climate Ambition Alliance)’ 발족을 선언하였다. 이 동맹에는 2021년 10월 기준 전 세계 120개 국가, 1,101개 기업, 549개 연구·교육기관, 452개 도시 등이 참여하고 있다¹⁾.

이러한 흐름에 발맞추어 세계 주요 선진국들은 2050년 탄소중립을 선언하기 시작하였다. 영국의 경우 2019년 G7 국가들 가운데 최초로 2050 탄소중립을 선언하고 법제화했으며 같은 해 EU, 2020년 일본과 중국²⁾, 2021년 미국 등이 각각 2050년 탄소중립을 선언하였다.

바야흐로 전 세계적으로 심각한 기후위기에 적극적으로 대응하는 탄소중립이 화두이다. 탄소중립은 온실가스 순배출량이 ‘0’이 되는 상태를 말한다. 탄소중립을 이루려면 현재 배출하는 양만큼 탄소를 줄이거나 흡수해야 한다. 우리 정부도 2020년 10월 2050년 탄소중립을 선언하고 전 세계적 기후위기 대응 노력에 동참하고 있다.

1) UNEP, 2022. Climate Abition Alliance: Net Zero 2050 (<https://climateinitiativesplatform.org>)

2) 중국의 목표연도는 2060년이다.

탄소중립 선언 후 1년이 지난 2021년 10월, 정부는 「2050 탄소중립 시나리오」³⁾를 발표하였다. 2050 탄소중립 시나리오는 탄소중립이 실현되었을 때 우리 사회의 미래상과 부문별 전환내용을 전망한 것으로, 총 100여회의 사회 각계각층의 의견수렴을 통해 만들어졌다. 발표된 시나리오는 두 개의 시나리오(A안, B안)로 구성되어 있다. 모두 2050년 국내 순배출량이 '0'이 되는 것을 목표로 한다. 이 두 시나리오에서 흡수원 부문은 산림과 임업, 해양 등 기타를 모두 합쳐 25.3백만 톤 흡수가 목표이다(표 1).

표 1. 2018년 대비 2050년 온실가스 배출량 총괄표

출처: 2050 탄소중립위원회. 2021. 「2050 탄소중립 시나리오」

(단위: 백만 톤CO₂eq)

구분	부문	기준연도('18)	A안	B안	비고
순배출량		686.3	0	0	
배출	전환	269.6	0	20.7	A안은 화력발전 전면중단 B안은 LNG 일부 잔존 가정
	산업	260.5	51.1	51.1	
	건물	52.1	6.2	6.2	
	수송	98.1	2.8	9.2	A안은 무공해차로의 전면적 전환 B안은 내연기관차의 대체연료 사용 가정
	농축수산	24.7	15.4	15.4	
	폐기물	17.1	4.4	4.4	
	수소	-	0	9	A안은 그린 수소 B안은 부생추출수소 일부 생산 가정
	탈루	5.6	0.5	1.3	
	흡수원	-41.3	-25.3	-25.3	
흡수 및 제거	이산화탄소 포집 및 저장·활용 (CCUS)	-	-55.1	-84.6	
	직접공기포집 (DAC)	-	-	-7.4	포집탄소는 차량용 대체연료로 활용 가정

흡수원 부문에서 산림과 임업의 감축(흡수)목표는 23.6백만 톤으로 흡수원 전체 목표량의 93%를 차지한다. 이는 2050년 우리가 감축해야 하는 723백만 톤의 약 3.2%에 해당하는 양이다. 산림과 임업은 우리나라 탄소중립 달성에 필요한 직접적이고 중요한 감축수단 중 하나로 자리매김하였다.

‘산림’은 이산화탄소를 흡수하고 저장하는 핵심적인 탄소흡수원이다. 산림을 잘 가꾸고

3) 2050 탄소 중립위원회. 2021. 「2050 탄소중립 시나리오」

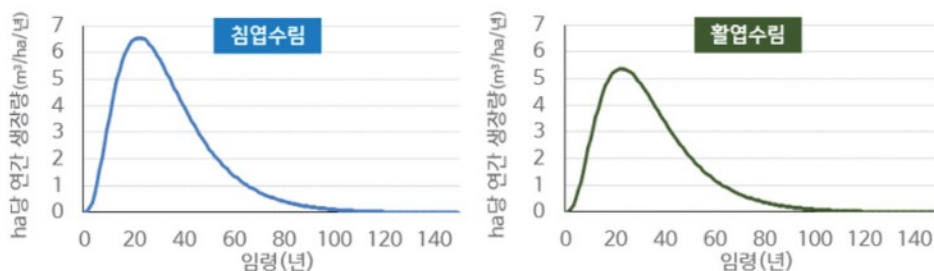
관리하면 대기 중 온실가스를 더 많이 저장할 수 있다. 우리나라 산림의 임목축적은 2050년까지 지속적으로 증가하며 산림의 탄소 저장량 역시 늘어난다.

하지만 국립산림과학원의 최신 전망에 따르면 2020년 기준으로 약 6% 수준인 51년생 이상 산림면적이 약 30년 뒤인 2050년에는 70% 이상으로 늘어난다(그림 2). 온대지역에 속하는 우리나라 산림은 나이가 20~30년생일 때 생장이 가장 왕성하고 그 이후로 점차 감소한다(그림 3). 따라서 현재 많은 면적이 31년생 이상에 분포되어 있는 우리 산림은 이미 생장량이 감소하는 시기에 접어들었다고 할 수 있다. 이에 따라 산림 1ha에서 자라나는 나무의 평균 생장량도 같은 기간 4.3m³에서 1.9m³으로 반 이상 줄어든다.



〈그림 2〉 우리나라 산림의 영급구조 변화 추이와 전망

출처 : 국립산림과학원, 2021. 『산림탄소경영모델 사업의 효과와 정책적 활용 방안』



〈그림 3〉 임상별 임령에 따른 ha당 연간 생장량

출처 : 국립산림과학원, 2021. 『산림탄소경영모델 사업의 효과와 정책적 활용 방안』

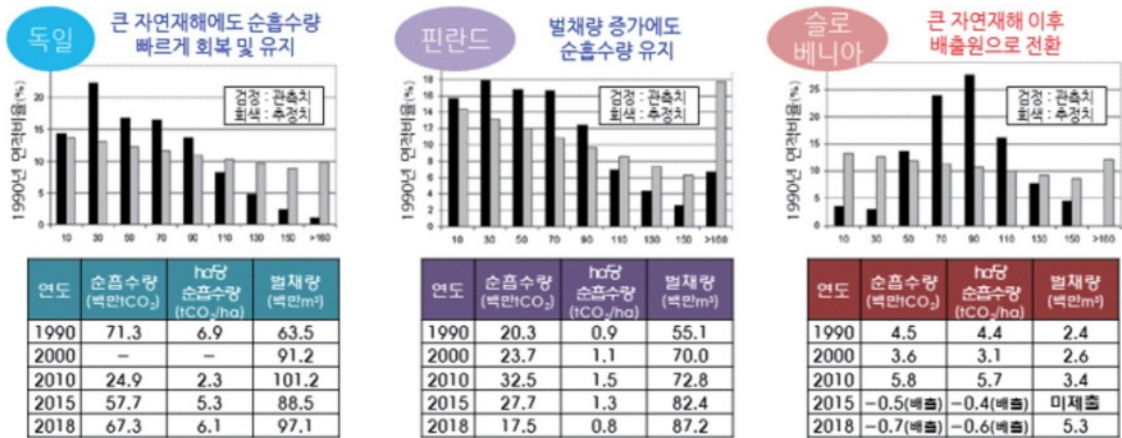
나무의 생장량 감소는 이산화탄소의 흡수량 감소로 이어진다. 2019년 기준으로 약 43백만 톤에 달하는 산림의 온실가스 흡수량은 2030년 24백만 톤, 2050년 14백만 톤으로 감소할 것으로 전망된다. 우리 산림은 과거 성공적인 녹화사업을 통해 양적으로 꾸준히 성장했다.

하지만 매년 나무가 자라 온실가스를 흡수하고 저장하는 능력은 점차 줄어들고 있다. 결국 2050년 탄소중립을 실현하는 데 산림의 역할을 높이기 위해서는 줄어드는 나무의 성장량 감소를 막고 산림의 지속성을 잘 관리하는 것이 중요한 과제이다.

산림의 지속성을 높이기 위해서는 무엇을 해야 할까? 우선적으로 불균형한 산림의 영급구조를 개선해야 한다. 영급이란 나무의 나이를 10년 단위로 나눈 것을 말한다. 우리 산림은 1970~80년대 집중된 녹화사업으로 2020년 기준 31~50년생 산림면적이 전체 산림의 66%를 차지한다. 반면 10년생 이하와 11~20년생 산림면적은 각각 3%에 불과하다. 최근 20년간 우리 숲이 평균적으로 전체 면적의 0.3%만 갱신되었다는 뜻이다. 이러한 불균형한 구조의 원인은 우리가 산림의 전체 면적 대비 상대적으로 적은 면적만을 매년 갱신하고 있기 때문이다.

갱신면적이 줄어 어린 숲의 비율이 지나치게 줄어드는 것은 생태적인 측면은 물론 지속가능한 탄소흡수 측면에서도 바람직하지 않다. 영급마다 산림이 어느 정도 고르게 분포해야 한다. <그림 4>는 산림의 영급구조가 온실가스 흡수량의 지속성 측면에서 어떠한 영향을 미치는지를 잘 보여준다. Böttcher 등(2008)⁴⁾에 따르면 1990년 당시 독일, 핀란드와 같이 안정된 영급 구조를 가진 국가에서는 30년이 지난 현재 태풍피해가 발생하고 벌채량이 증가하여도 산림이 지속적으로 흡수원의 역할을 하는 것으로 나타났다. 반면 우리나라와 같이 불균형한 영급구조를 가졌던 슬로베니아는 성장량 감소와 태풍피해 등의 영향으로 산림이 배출원으로 전환된 것으로 나타났다.

4) Böttcher, H., Kurz, W.A., Freibauer, A. 2008. Accounting of forest carbon sinks and sources under a future climate protocol-factoring out past disturbance and management effects on age-class structure. Environmental Science & Policy II: 669-686.



〈그림 4〉 EU 주요국의 1990년 영급분포 및 온실가스 흡수량 추이

출처 : Böttcher H., Kurz, W.A., Freibauer, A. 2008. Accounting of forest carbon sinks and sources under a future climate protocol-factoring out past disturbance and management effects on age-class structure. Environ Sci Pol II: 669-686; UNFCCC. 2020. 『각 국가별 온실가스 인벤토리 보고서』

따라서 탄소흡수량의 지속성을 확보하기 위해서는 독일, 핀란드의 사례처럼 안정적인 영급구조를 갖기 위한 체계적인 산림관리가 필요하다. 즉, 특정 연령대에 집중된 불균형한 영급분포를 개선하여 어린 숲에서부터 나이 든 숲까지 함께 어울려 자랄 수 있도록 관리하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 산림생태계의 장기적인 건강성을 유지하면서 산림이 꾸준히 갱신되어 다시 산림이 조성되고 가꿔지고 이용되는 ‘순환 구조’를 만드는 것이 매우 중요하다.

이러한 관점에서 일본의 ‘순환형 임업’ 사례를 살펴볼 필요가 있다. 일본은 지금까지의 산림·임업 정책이 지속가능한 산림경영 체계 구축을 위한 구체적인 목표와 실효성 있는 실행 체계를 확립하지 않은 채 산림 조성에만 집중해왔다는 문제의식을 바탕으로 ‘베고, 사용하고, 심고, 기르는’ 순환형 임업을 적극적으로 추진하고 있다. 일례로 아이치현의 경우 산림자원의 순환 이용을 확립시켜 탄소흡수를 포함한 다양한 기능을 가진 산림을 유지·보전하고 지역임업의 활성화와 일자리 창출을 도모하고 있다(그림 5). 이를 위해 효율적인 새로운 목재 생산시스템의 도입, 임도(작업로) 정비, 기능인력 육성 등을 함께 추진 중이다.



〈그림 5〉 일본 아이치현의 순환형 임업 모델 개념도

출처 : 일본 아이치현 홈페이지(www.pref.aichi.jp)

산림자원의 조성과 육성, 생산, 이용을 지속가능하게 선순환시키는 새로운 임업체계의 도입은 우리나라 산림과 임업의 지속성은 물론 탄소흡수원으로서의 기능을 유지·증진하는 측면에서도 반드시 필요하다. 산림자원의 지속가능한 순환이용체계를 잘 갖춰놓으면 산림의 지속성 확대는 물론 저탄소사회로의 전환도 보다 쉽게 이루어낼 수 있다.

그렇다면 산림의 지속가능한 순환경영을 이루어내기 위해서는 무엇이 필요할까? 첫째, 가치 있는 산림자원 육성을 위한 선택과 집중이 필요하다. 생태적 가치가 높은 지역은 적극적으로 보전하되 경제림육성단지 등 집약적 산림경영이 가능한 지역에는 목재생산을 위한 기반시설을 집중 투자하는 것이 필요하다.

둘째, 임업 인프라를 확충하여 목재생산의 효율성을 높여야 한다. 목재를 보다 효율적으로 생산하기 위해서는 기계화 작업시스템을 도입하는 것이 중요하다. 기계화작업이 가능하도록 임도를 지속적으로 확충하고 기존 임도의 품질을 높이는 한편, 현장조건에 맞는 기계화 작업이 이루어질 수 있도록 시스템화 기술도 개발해야 한다.

셋째, 국산목재의 새로운 수요를 창출하고 유통구조를 개선하여야 한다. 국산목재의 새로운 수요를 발굴하고 소비자들이 원하는 목재제품을 제공할 수 있도록 맞춤형 가공기술을 개발하는 것이 필요하다. 생산자와 소비자를 연결하는 목재제품의 유통시스템도 보다 체계적으로 운영할 필요가 있다. 또한 공공건축물 등 대규모 수요처를 발굴하여 국산목재의 안정적 공급 기반을 마련하는 것 역시 중요하다.

넷째, ‘산림바이오경제’로의 전환과 연계한 경영 기반 구축이 필요하다. 산림으로부터 생산되는 목재와 산림바이오매스는 대표적인 재생가능한 바이오자원이다. 이를 알뜰하게 이용하여 우리 사회에 필요한 식량과 원자재, 에너지 등을 공급할 경우 탄소중립사회에 한 발짝 더 다가갈 수 있다. 이를 위해서는 화석연료 기반의 가치사슬에서 산림기반의 가치사슬로의 전환을 목표로 산림자원의 최적이용체계에 기반을 둔 목재제품과 산림바이오에너지의 활용을 확대하기 위한 노력이 필요하다. 더불어 목재를 활용한 플라스틱이나 섬유제품의 제작과 같이 친환경적 관점에서 산림자원을 효율적으로 이용하기 위한 혁신적인 경로와 새로운 시장 기회의 적극적인 모색도 필요하다.

마지막으로 국가 단위에서 산림경영의 이력 정보를 통합적으로 관리하는 시스템을 구축해야 한다. 산림의 온실가스 흡수량을 국가 온실가스 감축목표 달성에 활용하기 위해서는 산림자원과 산림경영 활동에 대한 통계를 체계적으로 작성하고 관리하는 것이 무엇보다 중요하다. 우리나라의 기존 산림자원 통계들은 주로 국가 수준의 기초적인 통계로서 지역 수준의 산림자원 관리에 필요한 정보를 제공하는 데 한계가 있다. 따라서 지역 수준의 산림자원 관리에 필요한 다양한 이력 정보를 제공할 수 있도록 산림자원 통계를 보다 정밀화하는 기술 개발이 필요하다.

2050 탄소중립은 국민의 삶과 우리 사회의 경제구조를 바꾸는 매우 큰 도전이며 각 부문별로 혁신적인 대안의 마련과 실천이 필요한 목표이다. 바로 이러한 점에서 산림의 순환경영은 2050 탄소중립 달성에 매우 중요한 산림과 임업부문의 이행 수단이다. 산림은 다양한 공익적 가치를 우리에게 제공하는 자연의 보고(寶庫)이므로 산림의 보전과 지속가능한 순환경영이 현장에서 균형있게 이루어질 수 있도록 산림을 관리하는 것이 무엇보다 중요하다. 이러한 산림경영의 기본에 충실하는 것이 기후위기와 2050 탄소중립에 대응하는 최선의 지름길이다.

산림용 온실 냉방시스템



조민석 / 한승현

국립산림과학원 산림기술경영연구소 연구사

mscho1143@korea.kr / foresthsh@korea.kr

1. 온실 냉방시스템의 필요성

최근 지구온난화, 폭염, 폭우, 가뭄 등 기후변화로 인해 나무를 키우는 양묘 현장에서는 많은 어려움에 직면해 있다. 특히, 여름철 폭염과 장기간의 집중 호우로 인한 고온·다습 온실 생육환경에 의해 용기묘 생산과정에서 묘목 피해가 증가되고 있는 실정이다.

일반적으로 산림용 묘목은 35℃ 이상에서 고온 스트레스가 시작되며, 여름철 온실 내 냉방시스템이 구축되어 있지 않으면 40℃ 이상으로 온도가 상승하기 때문에 냉방시설 구축이 필수적이다.

이러한 기후변화 영향으로 발생하는 양묘장 온실의 문제를 해결하기 위해 온실 냉방시스템 적용 기술을 소개하고자 한다.

2. 냉방시스템 종류

산림용 온실에 적용 가능한 냉방시스템으로는 기화식 냉방기, 전기 냉방기, 수냉식 팬코일 유닛 냉방기, 지열 펌프 등이 있으며, 이외 온실 내 천창, 측창, 유동팬, 차광커튼, 기능성 피복재, 피복 도포재 등을 추가적으로 적용할 수 있다.

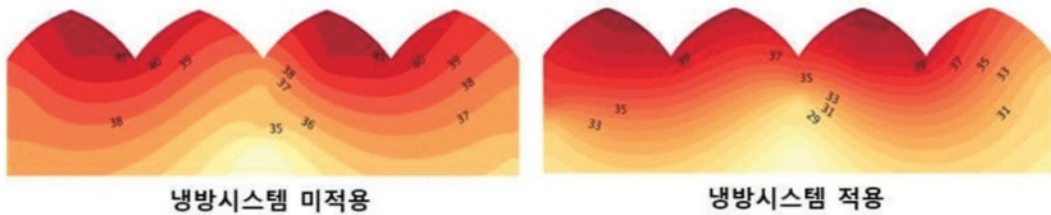


그림 1. 온실 냉방시스템 효과 모델링

3. 기화식 냉방시스템

국내 기화식 냉방시스템은 대부분이 패드 앤 팬 시스템을 응용한 제품이 대부분이었으며, 일반적인 기화식 냉방시스템의 냉방효율은 80~85%로 알려져 있다.

$$\text{냉방효율(\%)} = \{(\text{건구온도} - \text{냉각된 온도}) / (\text{건구온도} - \text{습구온도})\} \times 100$$

표 1. 유입공기의 온도 및 상대습도에 따른 토출공기 온도

온도(℃)	습도(%)					
	15	30	40	50	60	70
30	17	20	22	24	25	26
35	21	24	26	28	30	31
40	25	28	31	33	34	35

기화식 냉방장치로 유입되는 공기의 온도와 상대습도에 따라 토출공기의 온도가 상이하며, 특히 습도의 영향을 많이 받는다. 또한, 토출공기의 상대습도가 낮을수록 냉방효과가 뛰어나다. 따라서 기화식 냉방법은 건구온도와 습구온도 차이가 큰 건조지대에서 매우 유효한 방법이며, 상대습도가 높은 지역에서는 그 효과가 상대적으로 낮다.

표 2. 유입공기의 온도, 상대습도에 따른 토출공기의 상대습도

온도(℃)	습도(%)										
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
15	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
20	47	52	57	62	67	72	76	81	86	91	96
25	50	54	59	64	69	74	79	82	87	92	97
30	54	59	64	69	74	79	84	88	93	98	99
35	58	63	68	73	78	83	88	92	98	99	99
40	60	65	70	75	80	85	89	94	99	99	99

온실 냉방시스템 설치비용이 가장 저렴한 방식은 포그 시스템, 패드 앤 팬 시스템이다. 따라서, 양묘 생산 온실에 적용 가능한 냉방 방법은 포그 또는 패드 앤 팬 시스템 등의 기화(증발) 냉방법인 것으로 판단된다.



그림 2. 기화실 냉방시스템 및 송풍 덕트

가. 냉방방식

현재까지 개발된 온실의 냉방 방법 중에서 가장 경제적인 것은 증발냉각법으로 보고되고 있으며, 증발냉각이란 비포화 상태의 공기가 물과 접촉하면 물을 증발시키는데 필요한 잠열량 만큼 공기가 냉각되는 것을 지칭한다. 온실에서 많이 사용되는 증발냉각시스템에는 패드시스템과 포그시스템이 있으며, 패드시스템은 반드시 강제 환기팬이 필요해서 패드 앤 팬 시스템이라고 부르며 실내기온의 편차가 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 독립형 시스템화로, 덕트를 이용한 증발냉각시스템 등이 출시되고 있다. 그리고 포그시스템은 환기팬이 없는 자연환기 온실에서도 사용이 가능하고, 포그노즐을 실내에 고르게 배치하여 균일한 온도분포를 실현할 수 있어 보급이 늘어나고 있는 추세이다.

나. 냉방방식의 선정기준

산림용 온실의 냉방방식은 증발냉각시스템을 기본으로 하며, 냉방설비의 선정 기준은 냉방부하로부터 구한 증발냉각기를 통하여 증발시켜야 할 물의 양과 필요 환기량을 이용하여 결정해야한다.

◦ 포그 시스템

포그시스템은 노즐의 구경과 사용 압력에 따라 고압 포그시스템과 저압 포그시스템으로 구분하고, 저압이지만 압축공기를 이용하여 고압과 비슷한 효과를 보이는 이류체 포그시스템이 있다. 저압시스템은 300~400kPa의 압력에서 작동하며 50~100 μ m의 입경으로 분무되고, 고압시스템은 3.5~7.0MPa의 높은 압력에서 작동하며 분무입자의 입경은 2~60 μ m의 범위에 있다. 그리고 이류체 포그시스템의 경우 360kPa의 압력에서 압축공기로 분사하면 20~40 μ m의 입경을 나타낸다. 각각의 방식은 증발효율이 다를 뿐 시스템에 관계없이 설계방법은 동일하며, 포그시스템의 증발효율은 대체로 환기율에 비례하며 자연환기 온실에서 저압시스템은 0.1~0.8(평균 0.4), 고압시스템은 0.4~1.0(평균 0.7) 정도로 나타나고 있다. 그리고, 이류체 포그시스템도 고압시스템과 비슷한 0.30~0.94(평균 0.67)로 보고되고 있다. 저압시스템의 경우 증발효율이 낮기 때문에 고압시스템보다 분무시간과 정지시간의 간격을 더 짧게 하는 것이 바람직하다. 포그노즐의 개수는 냉방부하로부터 구한 총 분무수량과 노즐 1개당 분무수량을 이용하여 구하며, 노즐 설치간격은 온실의 양측에 등간격으로 설치할 수 있도록 한다. 노즐의 설치높이는 측고(처마높이)에 설치하되 가능한 작물의 군락 높이보다 높게 설치하여 작물의 상단에서 분사되도록 하며, 측고가 너무 낮은 경우에는 적당한 높이의 가로대에 설치한다.

포그시스템에서 노즐의 개수(N_n)와 설치간격(D)은 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$N_n = \frac{1000E_{fog}}{G_w} \quad D = \frac{2 \cdot L_g N_s}{N}$$

E_{fog} 는 총 분무수량(l/s), G_w 는 노즐 1개당 분무수량(ml/s), D 는 노즐 설치간격(m), L_g 는 온실의 길이(m), N_s 는 온실의 연동수

◦ 패드 시스템

환기팬의 용량은 필요 환기율과 같아야 하며, 환기팬은 30Pa의 정압력 하에서의 환풍용량을 기준으로 선택해야 하며, 팬의 설치간격은 팬이 설치될 벽의 길이를 설치대수로 나누어 구한다. 소요되는 패드면적은 환기팬의 용량을 패드면적당 적정 공기유량으로 나누어 구하며, 냉각용 패드는 주름진 셀룰로오스 제품을 주로 사용한다. 패드면적당 공기유량은 100mm 두께의 패드에서 $75m^3/min/m^2$, 150mm 두께의 패드에서는 $105m^3/min/m^2$ 이 적당하다. 패드의 두께는 100mm인 것이 가장 일반적으로 사용되고 있으나 설치할 벽면의 크기가 부족한 경우에는 150mm 두께의 패드를 사용한다. 패드는 모든 작물이 찬 공기를 받을 수 있도록 벽의 폭 전체에 설치해야 하므로 패드의 높이는 소요 패드면적을 설치할 벽의 길이로 나누어 결정한다. 패드와 팬 사이의 거리는 30~45m 정도가 적당하며, 길이가 긴 온실에서는 중앙에 벽을 만들어 여기에 패드를 설치하고 양끝 벽에 팬을 설치한다. 수직으로 설치된 증발냉각패드에 흘러줘야 할 패드 단위 길이당 최소 유량과 패드 단위면적당 물탱크 용량은 표 5와 같으며, 이 최소 유량은 패드를 통과하는 공기의 유속이 적당할 때 패드의 상단부터 바닥까지 전체를 젖은 상태로 유지하기 위해서 필요한 유량이다. 패드를 통과하는 공기의 적정 유속은 100mm 두께의 패드에서 1.27m/s, 150mm 두께의 패드에서는 1.78m/s이다. 공기의 유속이 너무 빠르면 패드의 냉각효율이 떨어지므로 주의하여야 한다. 급수는 패드의 상단에서 물 분산 파이프를 사용하여 실시하고, 파이프에는 구멍을 골고루 뚫어서 패드 전체가 흠뻑 젖도록 하여야 하며, 보통 급수파이프에 76mm의 간격으로 직경 3mm의 구멍을 뚫는다.

표 3. 수직으로 설치된 냉각 패드에 흘러야 할 최소 유량 및 물탱크 용량

패드의 종류	패드 두께 (mm)	최소 유량 ($L/min/m$)	최소 물탱크용량 (L/m^2)
Aspen fiber	50~100	3.7	20
Corrugated cellulose	100	6.2	33
Corrugated cellulose	150	9.9	40

4. 수냉식 팬코일 유닛 냉방시스템

물을 냉각수로 이용하여 유니트쿨러기에서 순환되어 차가운 바람이 공급되는 방식이다. 기존 냉방시스템과 같이 차가운 바람은 용기받침대 밑에 설치된 덕트에서 도출되어 공기단근(air pruning) 효과를 증진시키는 것이다.

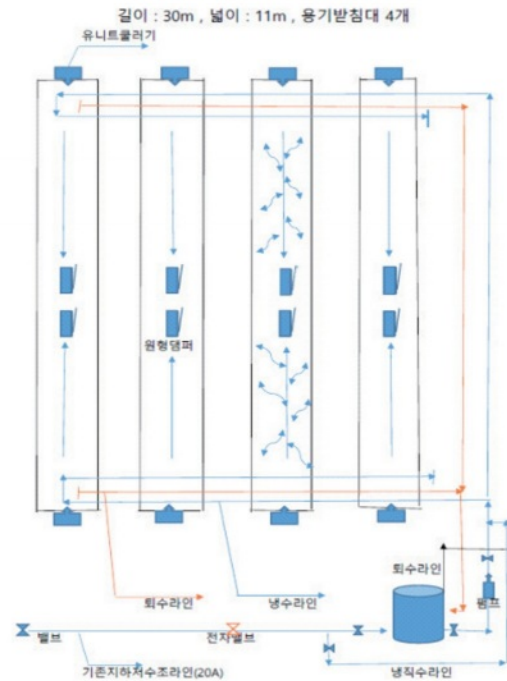


그림 3. 수냉식 팬코일 유닛 방식 냉방시스템 설계 도면 및 설치 사진

국립산림과학원 산림기술경영연구소 온실 364㎡ 면적에 4개의 용기받침대에 8개의 유니트쿨러기와 4개의 덕트를 설치하였으며, 설치 도면은 그림 3과 같다. 기존 기화식 냉방 및 전기 냉방 시스템보다 설치 비용이 약 30~50% 저렴하나, 물이 소비되는 문제점이 있었다(약 1,000L/h). 이러한 문제점을 해결하기 위해 소비되는 물을 다시 저수조에 수집하여 다음날 기존 온실에 관수에 활용하는 방식으로 개선하였다. 수냉식 팬코일 유닛 방식 냉방시스템은 27℃의 바람(냉풍)이 3,600CMH(Cubic Meter Hour, m³/h) 풍량으로 토출되며, 구축 비용은 약 8,000천원이었다.

5. 용기묘 생산 적용

산림용 온실의 냉방시스템의 핵심기술은 묘목 뿌리 성장점 위주의 냉방 적용이다. 온실 내 온도 하강 효과뿐만 아니라 용기받침대 아래에 위치한 냉방 장치의 덕트에서 토출되는 찬바람으로 묘목 뿌리를 공기단근(Root Air Pruning)하여 품질을 향상하는 것이다. 냉방시스템을 적용하면 냉방 효과, 묘목품질 향상뿐만 아니라, 여름 장마철 대기 습도 조절, 병해충과 이끼류 억제 등의 온실 환경도 개선도 가능하다.

※ 공기단근 : 나무뿌리가 차가운 공기에 접촉하면서 뿌리가 잘리고, 그 잘린 부분에 다시 뿌리가 자라면서 가는 뿌리와 뿌리 성장점 발달을 유도하여 나무 성장을 촉진하는 기술

표 4. 온실 냉방시스템 처리 시험구 조성

냉방 처리	온실	온도 (℃)	냉방 가동 시간		시간 (h)	냉방 온도 및 풍량	설치 비용 (원/m ²)
			가동 (ON)	정지 (OFF)			
①	기화식 냉방기 (자동제어)	32.0	10:00	16:00	6	27℃의 바람 (냉풍) 16,000CMH (Cubic Meter Hour, m ³ /h)	125,000
②	전기 냉방기 (밸브제어)	34.1	10:00	16:00	6	외기 센서 대비 10℃ 낮은바람 (냉풍) 5,400CMH (Cubic Meter Hour, m ³ /h)	67,000
③	팬코일 유닛 냉방기 (밸브제어)	34.8	10:00	16:00	6	26℃의 바람 (냉풍) 3,600CMH (Cubic Meter Hour, m ³ /h)	27,000
④	미가동	37.4	미가동			-	-

※ 대기온도 : 외부 35.1℃, 냉방시스템 미구축 온실 40.2℃ <2021년 7월 21일 15시 기준>

국립산림과학원 산림기술경영연구소 온실에 냉방시스템을 구축하고 소나무, 낙엽송, 굴참나무, 거제수나무 용기묘를 생산하였다. 냉방시스템 처리는 온실 냉방 구성요소에 따라 표 4와 같이 4가지 처리를 실시하였으며, 2021년 7월 21일 15시 기준 냉방시스템 미구축 온실 약 5℃ 상승, 기화식냉방시스템 구축 온실 약 3℃ 하강, 냉방기 시스템 적용 약 6~8℃ 냉방 효과 등의 냉방시스템 적용에 따른 온실 내 온도 차이를 확인할 수 있었다.

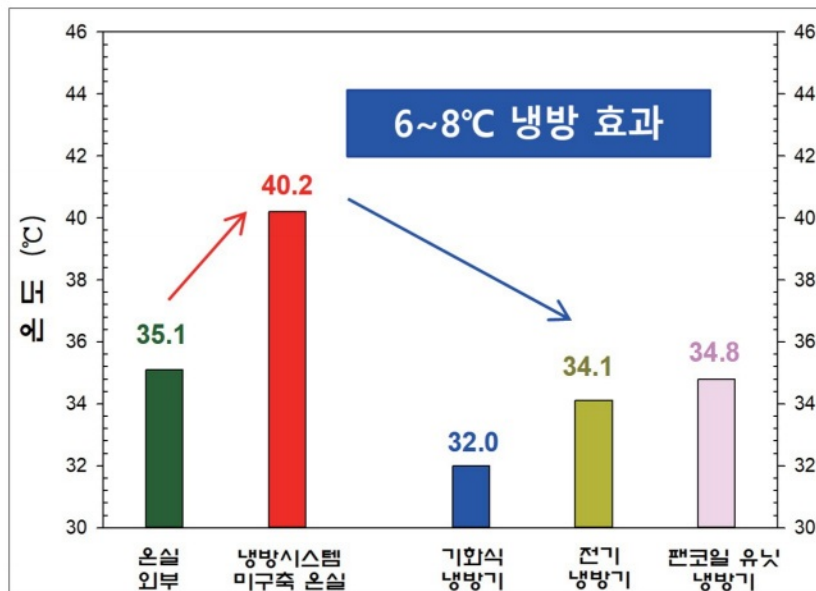


그림 4. 온실 내 냉방시스템 적용에 따른 온도 차이 변화

냉방시스템 적용에 따라 용기묘 4수종 대부분 90% 이상의 생존율을 보였다. 그러나 낙엽송과 거제수나무는 냉방 미가동 처리구인 ④ 처리에서 90% 미만의 생존율을 보였으며, 고온에 따른 피해로 판단된다. 따라서 고온 및 과습 스트레스 저항성이 낮은 수종은 온실 냉방시스템이 필수적으로 적용되어야 할 것이다.

표 5. 온실 냉방시스템 처리에 따른 용기묘 생존율

냉방 처리	생존율(%)			
	소나무	낙엽송	굴참나무	거제수나무
①	100.0±0.0 a	94.4±4.8 a	100.0±0.0 a	95.8±4.2 a
②	100.0±0.0 a	91.3±6.4 a	100.0±0.0 a	94.4±2.4 a
③	100.0±0.0 a	90.9±2.4 a	98.6±2.4 b	94.4±6.4 a
④	100.0±0.0 a	81.9±2.4 b	100.0±0.0 a	87.3±2.4 b

※ 평균±표준편차. Duncan의 다중검정법.

수종별 통계적 차이는 있지만 4수종 모두 냉방시스템이 미가동된 ④ 처리구에서 근원경, 간장 및 묘목 건중량이 낮게 나타났다. 그러나 냉방시스템이 미가동된 처리구를 포함하여

모든 처리구에서 규격묘 생산이 가능하였다. 생존율과 생장을 동시에 고려하였을 시, 고온과 과습에 약한 낙엽송과 거제수나무는 냉방시스템 적용에 따라 묘목 생산성이 향상되었으며, 상대적으로 고온과 과습 저항성이 높은 소나무와 굴참나무는 묘목품질이 낮아지기는 하지만 묘목 생산성 차이는 보이지 않았다.

표 6. 온실 냉방시스템 처리에 따른 용기묘 성장 특성

수종	처리	근원경 (mm)	간장 (cm)	묘목 건중량 (g)
소나무	①	3.0±0.0 a	21.3±1.0 ab	3.1±0.4 a
	②	2.8±0.1 a	24.8±2.8 a	2.8±0.1 a
	③	2.6±0.1 b	18.7±2.1 b	2.4±0.2 b
	④	2.3±0.1 c	14.7±1.2 c	2.2±0.2 b
낙엽송	①	2.6±0.3 a	31.8±0.5 a	2.2±0.2 a
	②	2.2±0.2 ab	31.4±3.8 a	2.2±0.4 a
	③	2.2±0.1 ab	21.0±0.8 b	2.2±0.3 a
	④	2.0±0.2 b	21.1±1.7 b	1.5±0.2 b
굴참나무	①	4.8±0.3 a	41.2±5.3 a	12.6±1.4 a
	②	4.1±0.4 b	43.7±4.7 a	10.2±1.2 ab
	③	3.9±0.3 b	35.3±5.7 ab	8.5±2.2 b
	④	3.7±0.2 b	28.9±1.7 b	9.2±0.7 b
거제수나무	①	5.7±0.2 a	94.9±8.7 a	6.4±0.4 a
	②	4.7±0.3 b	73.3±6.0 b	5.7±0.5 ab
	③	4.3±0.4 b	70.7±4.8 b	5.4±0.4 b
	④	4.4±0.3 b	54.3±5.2 c	3.9±0.5 c

※ 평균±표준편차, Duncan의 다중검정법.

최근 기후변화로 인해 양묘 현장에서 낙엽송과 같은 고온과 과습에 저항성이 낮은 수종, 거제수나무와 같은 한대성 수종은 묘목 피해가 다수 발생하고 있으며, 고온·다습 기상환경에 실시간 대응하지 못하는 온실 시설에서는 묘목 피해를 예상할 수 있다. 수종별 온도와 습도 저항성 및 민감도 반응 특성을 파악하고, 기후변화로 인한 온도 상승에 대응하기 위해서는 생산 수종에 따라 냉방 관련 온실 구성 시설의 구축과 생산 적용이 필요할 것으로 판단된다. 특히, 냉방장치가 부족한 민간 양묘장 온실에서 묘목을 안정적으로 생산하고 공급하기 위해 꼭 필요한 시설로 판단된다.

국립산림과학원 산림기술경영연구소에서는 산림용 스마트 양묘 연구와 연계하여 향후 재생에너지를 활용한 온실 냉방 적용 기술 개발을 연구를 추진할 계획이다.

산림유역의 유출토사량 산정을 위한 범용토사유실공식의 적용성 검토



이 광 연 / 이 진 호

한국치산기술협회 치산기술연구소 공간분석실장 / 산사태연구실장

lky@kafet.or.kr / white8324@kafet.or.kr

I. 들어가면서

사방댐은 일반적으로 ① 계상물매 완화, ② 종·횡침식 방지, ③ 산각의 고정과 산복붕괴 방지, ④ 계상퇴적물 유출 억제 ⑤ 하류지역의 인명 및 재산보호 등을 목적으로 계류를 횡단하여 설치한다(전근우, 2011). 이와 같이 국민안전 및 국토보전을 위해 설치되는 사방댐은 설치 시 고비용이 소요되고, 설치 이후 장기간 그 기능을 유지해야 하므로 설치장소 및 기본계획 설정 등에 신중을 기해야 한다(배현석 등, 2020). 산림청에서는 사방댐을 비롯한 사방사업의 효율적·체계적 추진을 위해 5년마다 법정 계획인 사방사업 기본계획을 수립하고 있으며, 수립된 사방사업 기본계획에 근거하여 관할 구역의 특성이 고려된 지역사방사업계획을 수립·시행하고 있다. 지난 2019년 수립된 제2차 사방사업 기본계획에 따르면 산림청은 2023년까지 연평균 약 550여개소의 사방댐을 설치하여 전국 2,776개소를

추가 설치할 계획을 가지고 있다(산림청, 2019). 하지만 계획된 연간 약 550여개소 사방댐 설치 계획량의 지역별 배치 우선순위 및 필요 적정 물량에 대한 정량적 근거 등이 명확하지 않은 실정으로 일각에서는 사방댐의 과다 혹은 과소 배치에 따른 사방댐의 기능성, 효율성 저하와 관련한 다양한 문제를 제기하고 있다(김종연, 2009; 최현, 2016).

한편, 시·도지사 또는 지방산림청장은 사방사업 기본계획에 반영된 황폐계류와 산림보호법 제45조의8에 따라 지정된 산사태취약지역을 고려하여 사방사업 대상지 목록을 작성 및 관리토록 규정되어 있다. 즉, 사방댐은 ① 국토보전을 목적으로 현재 황폐되어 지속적으로 평시 토사가 침식 및 유출되고 있는 황폐계류와 ② 재해예방을 목적으로 극한강우 시 일시적으로 발생하는 산사태 및 토석류에 따른 재난발생 우려지역에 설치될 수 있도록 계획을 수립해야 하는 것이다(그림 1). 그러나 현재 일선에서는 산사태 취약지역만을 고려하여 사방댐을 적극 설치하고 있다. 즉, 최근 국가에서는 인명 및 재산보호 등의 재해예방을 사방댐 설치의 최우선 목적으로 설정하고 이를 계획하고 있는 것이다. 이에 따라 상대적으로 평시에 토사가 침식·유출되는 황폐계류에 설치되는 사방댐이 줄어들고 있는 실정이다. 사방댐은 인명 및 재산보호를 위한 방재시설(防災施設)로의 역할을 하지만 동시에 침식 및 붕괴 등 황폐의 확대를 제어하고 국토보전을 위한 사방시설(砂防施設)로의 역할도 수행한다. 따라서 재해예방을 목적으로 하는 산사태취약지역에서의 사방댐 설치와 국토보전을 목적으로 하는 황폐지에서의 사방댐 설치의 균형을 이루어야 한다(산림청, 2021).

여기서, 산림에서 평시에 지속적으로 생산·퇴적되고 있는 유출토사의 정확한 예측은 국토보전을 위한 효율적·체계적 사방댐 배치 및 물량계획의 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있다(김종연, 2009; 권혁재, 2011). 하지만, 산림 내 침식 및 토사유출은 강우, 토양, 임분 및 지형특성, 토지이용 등 여러 인자의 복합적인 상호작용으로 발생하므로 잠재적 유출토사량을 정확하게 예측하는 것은 쉽지 않은 일이다(서정일 등, 2010; 마호섭 등, 2012). 우리나라에서는 잠재적 유출토사량을 산출하기 위해 범용토사유실공식, 수정범용토사유실공식, SWAT, GeoWEPP 등을 활용하는 연구가 진행되었으나, 산림에서의 이를 적용하고 평가하는 연구는 다소 미진하였다(이규성, 1994; 정유경 등, 2014; 정종철, 2016; 지용근 등, 2017). 특히, 환경 및 농업분야에서 수행된 유출토사량 예측 관련 연구는 대하천 위주의 유출량 산정으로 산림유역 산림유역에 즉시 적용이 어려운 한계를 가지고 있어, 산림환경여건에 맞는 잠재적 유출토사량 산정방안의 모색이 필요한 시점이다.

따라서, 이 연구는 평시 산림유역에서 발생할 수 있는 잠재적 토사유출량을 보다 정확

하게 산정하기 위해 범용토양유실공식(USLE)과 사방댐 준설자료를 비교·분석하여 산림유역의 표준 유사전달률(SDR)을 산정하고, 이를 전국 산림유역을 대상으로 적용성 평가를 실시하였다. 또한, 그 결과를 바탕으로 전국 산림유역 사방댐 배치 계획수립을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.



① 사방댐의 토사유출 조절 효과(국토보전)

② 사방댐의 재해방지 효과(재해예방)

〈그림 1〉 사방댐 효과

II. 범용토사유실공식(USLE)의 적용 방법

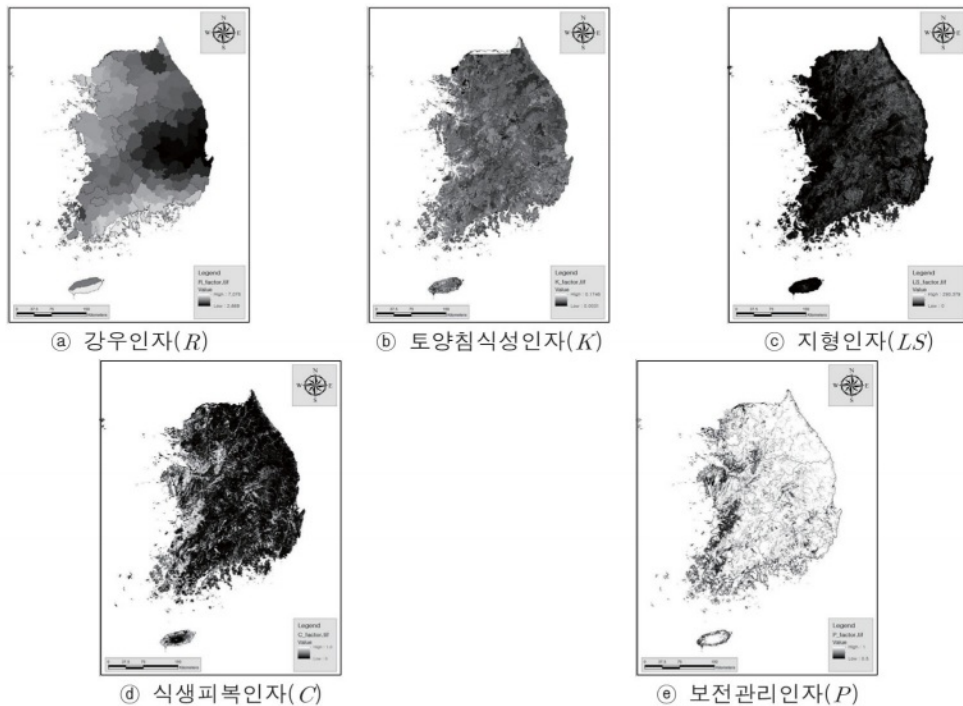
2.1 범용토사유실공식(USLE)

범용토사유실공식은 미국 농무부에서 제시한 모델로 1930년대부터 수집한 토양 침식 데이터를 기반으로 미국에서 개발된 식으로 최근까지 그 활용도가 매우 높은 것으로 알려져 있다. 범용토사유실공식은 Wischmeier and Smith(1978)가 제안하였으며, 그 식은 다음과 같다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad - (\text{식 } 1)$$

여기서, A : 연평균 토양유실량($\text{ton/ha}\cdot\text{yr}$), R : 강우인자($\text{MJ}\cdot\text{mm/ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{hr}$), K : 토양침식성인자($\text{Mg}\cdot\text{hr/MJ}\cdot\text{mm}$), LS : 경사인자(무차원), C : 식생피복인자(무차원), P : 보전관리인자(무차원)

한편, 환경부에서는 토양환경보전법 및 같은 법 시행규칙에 근거하여, 표토의 침식으로 인한 토양환경 실태를 파악하기 위한 조사에 필요에 사항을 정하기 위해 「표토의 침식 현황 조사에 관한 고시」를 개정하였다. 「표토의 침식 현황 조사에 관한 고시」는 범용토사유실공식에 필요한 각 인자별 자료 조사 방안을 세부적으로 제시하고 있다. 이에 따라, 이 연구에서는 지침상 현장조사가 필요한 지형인자를 제외하고, 강우, 토양침식성, 식생피복, 보전관리 등의 인자를 「표토의 침식 현황 조사에 관한 고시」에 근거하여 구축하였다(그림 2).



〈그림 2〉 우리나라 범용토사유실공식 인자 구축 결과

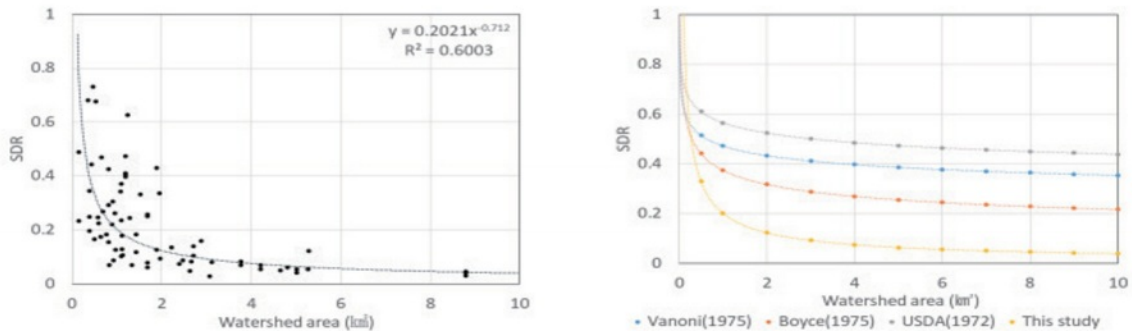
2.2 유사전달률

산림의 한 지점에서 침식된 토립자는 하부로 이동하지만 사면 및 경사에 따른 지형적 요인이나, 식생 및 기타 요인에 의해 일정 지점에 퇴적되게 된다. 이렇게 원지점에서 침식된 토립자 중 하류의 일정 지점까지 유하되는 입자들의 비를 유사전달률이라 한다(고재욱 등, 2013). 여기서, 범용토양유실공식은 유출토사 이동 중 퇴적현상을 고려하지 못하기 때문에 하부지역에 최종적으로 도달하는 유출토사량을 추정하는데 한계가 있다(Kinnell and Risse, 1998; 임경재 등, 2003). 따라서 하부까지 도달할 잠재적 유출토사량을 추정하기 위해서는 토양유실량을 산정한 이후 유사전달률이 고려되어야 한다. 여기서, 유사전달률은 유역의 유출구 혹은 임의 지점에서의 유사량을 유역의 총 토사유실량으로 나눈 비율로 산정된다. 이 연구에서는 산림유역의 유출토사량을 산정하기 위해 2021년 한국치산기술협회에서 수행한 한국임업진흥원의 산림과학기술 실용화 지원사업에서 도출된 유사전달률 산정식을 활용하였다. 한국치산기술협회에서 제시한 전국 56개소 사방댐의 76개 준설자료를 활용하여 도출하였으며, 그 식은 다음과 같다(이광연 등, 2021).

$$SDR = 0.2021 \times Area^{-0.712} \quad - \text{(식-2)}$$

여기서, SDR : 유사전달률(%), $Area$: 유역면적(km^2)

실측 및 예측 토사량을 검증한 결과, 한국치산기술협회에서 제시한 유사전달률은 결정계수 (R^2)가 0.6 수준으로 산림유역의 잠재적 토사유출량 산정하는데 일정 부분 신뢰성이 있을 것으로 판단된다. 한편, 이 식의 경우 0.1km^2 보다 작은 산림유역에서 기존 선행연구보다 크게 산출되고, 0.3km^2 이상의 산림유역에서는 작게 산출되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 이는 대하천 유역에서 산정되는 선행연구의 유사전달률 산정식이 국내 산림유역의 특성을 충분히 반영하지 못하고 있어 나타난 현상으로 판단된다(권혁재, 2011). 즉, 국내 산림유역의 경우 산정부에 위치하고, 대하천 유역에 비해 상대적으로 집수면적이 작고 평균경사가 급한 특징을 보이는데, 이러한 경우 토사가 관측지점까지의 이동이 상대적으로 쉬우므로 0.1km^2 내외 소규모 산림유역에서의 유사전달률이 상대적으로 높게 나타난 것으로 사료된다(그림 3).



〈그림 3〉 한국치산기술협회에서 도출한 유사전달률 산정식

2.3. 산림유역의 구획 및 USLE 적용

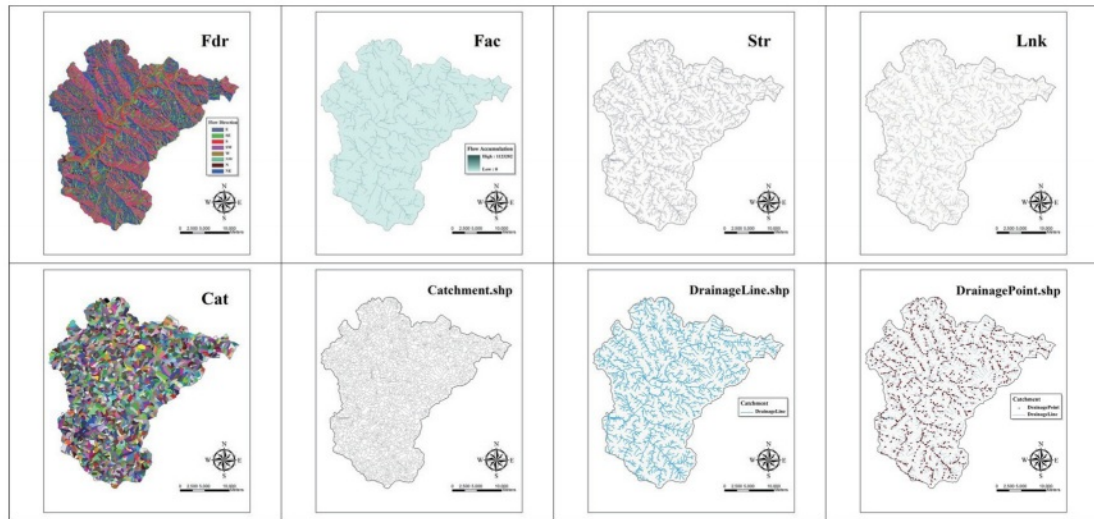
산림 내 잠재적 유출토사량을 정확하게 파악하고, 효율적·체계적 사방댐 배치 및 물량계획을 수립하기 위해서는 산림유역의 면적 및 구획 등의 기준에 대한 고려가 필요하다. 산림유역은 산림에서 유수가 단일지역으로 집수되는 전반적인 공간을 의미하며, 하나의 단일 수계로 흐르게 하는 분수선을 기반으로 그 경계가 나뉜다. 또한, 산림유역의 산림환경여건에 따라 토양의 침식 및 퇴적에 영향을 미치게 되므로 산림유역의 명확한 구분이 필수적이다. 이 연구에서 산림유역은 국토지리정보원에서 제공하는 2019년 연속수치지형도 등고선 자료를 활용하여, ArcGIS Pro(ESRI, 2020)를 기반으로 격자 크기 10m의 수치표고모델(DEM)을 제작하고, 이후 ArcHydro Tool을 활용하여 산림유역을 구축하였다.

산림유역의 구획절차는 DEM Sink 채우기 → 흐름방향(Flow Direction) 산정 → 흐름누적 산정(Flow Accumulation) → 수계망 정의(Stream Definition) → 유역 구분의 순으로 진행하였으며, 산림유역의 최소 면적은 10ha 이상으로 설정하였다. 또한, 산림유역의 유출구는 임상도와 수계망이 교차하는 지점으로 설정하였으며, 전수 육안 판독하여 그 상부만 산림유역으로 정의하였다(그림 4).

최종적으로 산림유역 내 잠재적 유출토사량은 구획된 산림유역을 대상으로 범용토사유실 공식 값을 Zonal statistics를 활용하여 유역별 연평균 토양유실량을 산정한 이후, 유역면적에 따른 유사전달률을 반영하여 최종적으로 산림유역별 잠재적 유출토사량을 추정하였다.

$$PQ = A \times SDR \quad \text{-(식-5)}$$

여기서, PQ : 잠재적 유출토사량($ton/ha \cdot yr$), A : 연평균 토양유실량($ton/ha \cdot yr$), SDR : 유사전달률(%)



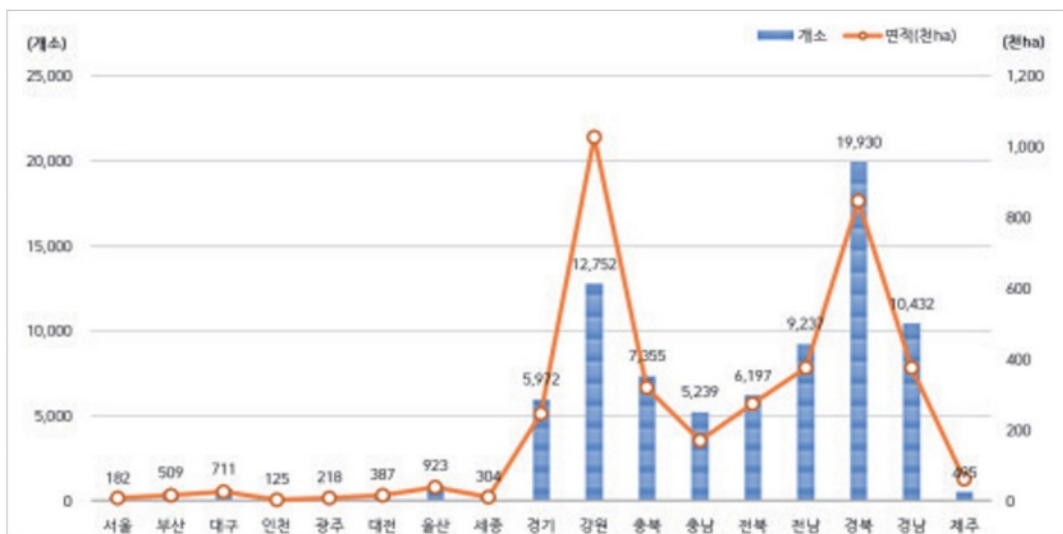
〈그림 4〉 산림유역 구획 절차

III. 전국 산림유역의 유출토사량 산정 결과

전국 10ha 이상의 산림유역을 구획한 결과 총 80,968개소의 산림유역이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 그 면적은 3,824천ha에 이르는 것으로 분석되었다. 산림유역은 경북이 19,930개소(847천ha)로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음으로는 강원 12,752개소(1,027천ha), 경남 10,432개소(375천ha), 전남 9,237개소(375천ha)의 순이었다. 반면, 인천, 서울, 광주, 세종 등의 산림유역은 각각 125(3천ha), 182(7천ha) 218(10천ha)개소로 비교적 작게 구획되었다.

여기서, 전국 10ha 이상 산림유역을 대상으로 잠재적 유출토사량을 산정한 결과, 전국 10ha 이상 산림유역에서 연간 23,393,420.3 m^3 토사가 유출될 것으로 추정되었다. 이를 시·별로 보면, 강원도가 4,082,750.9 m^3/year 로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 경상북도 3,881,946.0 m^3/year , 경상남도 3,852,352.5 m^3/year , 전라남도 3,181,206 m^3/year , 충청북도 2,143,681.2 m^3/year 등의 순이었다. 반면, 서울특별시, 인천광역시, 세종특별자치시 등의 10ha 이상 산림유역의 잠재적 유출토사량은 각각 33,498.1 m^3/year , 38,088.8 m^3/year , 66,224.2 m^3/year 등으로 비교적 적은 잠재적 유출토사량을 나타냈다(표 1).

한편, 사방댐은 평균 길이 약 30m 내외, 높이 3m 내외의 규모로 설치되며, 개소 당 약 2,550㎡의 유출토사를 저감하는 것으로 알려져 있다(산림청, 2012a). 이 연구에서는 잠재적 유출토사량을 기반으로 약 2,550㎡의 유출 토사를 저감하기 위한 사방댐의 필요 개수를 선정하고자 하였다. 이에 따라 범용토사유실공식으로 산출된 잠재적 유출토사량을 기반으로 산출한 사방댐 필요개수는 9,174개소이었다, 이를 시·도별로 보면, 강원도가 1,602개소로 가장 많이 필요한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 경북 1,523개소, 경남, 1,511개소 전남 1,248개소, 충북 841개소의 순이었다.



〈그림 5〉 전국 10ha 이상의 산림유역 개소 및 면적

〈표 1〉 범용토사유실공식으로 산정한 전국 10ha 이상 산림유역의 잠재적 유출토사량

구분	산림유역 개소	산림유역 면적(ha)	잠재적 유출토사량 (m ³ /year)	사방댐 필요 개소
서울특별시	182.0	7,405.1	33,498.1	14
부산광역시	509.0	15,997.7	198,043.0	78
대구광역시	711.0	27,275.2	151,044.3	60
인천광역시	125.0	3,334.4	38,088.8	15
광주광역시	218.0	9,132.2	72,559.5	29
대전광역시	387.0	15,343.5	92,798.6	37
울산광역시	923.0	38,749.6	321,515.2	127
세종특별자치시	304.0	10,044.8	66,224.2	26
경기도	5,972.0	247,378.3	1,809,127.4	710
강원도	12,752.0	1,027,302.7	4,082,750.9	1,602
충청북도	7,355.0	321,013.5	2,143,681.2	841
충청남도	5,239.0	170,031.1	1,514,797.6	595
전라북도	6,197.0	273,709.8	1,829,443.6	718
전라남도	9,237.0	374,756.3	3,181,206.8	1,248
경상북도	19,930.0	847,165.6	3,881,946.0	1,523
경상남도	10,432.0	374,756.1	3,852,352.5	1,511
제주특별자치도	495.0	60,922.3	124,342.5	49
총합계	80,968.0	3,824,318.1	23,393,420.3	9,174

VI. 맺음말

이 연구에서는 산림의 잠재적 토사유출량을 산정하기 위해 범용토사유실공식을 활용성을 검토하였다. 특히, 이 연구에서는 한국치산기술협회에서 사방댐 준설량을 근거로 도출한 유사전달률($SDR=2.021 \times \text{Area}-0.712$)을 적용함으로써 전국 산림유역의 잠재적 유출토사량의 정확도를 향상시키고자 하였다. 한편, 전국 10ha 이상의 산림유역을 구획한 결과 총 80,968개소의 산림유역이 나타났으며, 그 면적은 3,824천ha에 이르는 것으로 분석되었다.

최종적으로 전국 산림유역의 잠재적 토사유출량을 산정한 결과 연간 23,393,420.3m³ 토사가 유출될 것으로 추정되었고, 이를 시·도별로 보면 강원도가 4,082,750.9m³/year로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 경상북도 3,881,946.0m³/year, 경상남도 3,852,352.5m³/year, 전라남도 3,181,206m³/year, 충청북도 2,143,681.2m³/year 등의 순이었다. 여기서, 2,550m³의 저사공간을 갖는 사방댐의 필요 개수를 선정한 결과 전국에 필요한 사방댐 개수는 9,174개소로 산출되었다(산림청, 2012). 이 연구의 결과는 향후 수립 예정인 제3차 사방사업 기본계획 수립의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

다만, 이 연구의 결과가 사방사업 기본계획 수립에 반영되기 위해서는 기설 사방댐의 위치 및 시공연도 등의 추가적인 분석으로 보다 객관적인 자료도출이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2021292C10-2121-AD01)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

인용문헌

- 권혁재. 2011. 강원도 산간지역의 토사유출량 산정. 한국방재학회논문집 11(3): 127~132.
- 김종연. 2009. 우리나라의 사방댐 정책과 현황에 대한 연구 : 강원도를 사례로. 한국지형학회지 16(4): 131~144.
- 마호섭, 강원석, 강은민. 2012. 산지소유역에서 임지이용이 토사유출에 미치는 영향. 한국산림과학회지 101(2): 220~225.
- 배현석, 이광연, 최영진, 이진호, 우충식, 전근우. 2020. 사방댐 대상지 선정 기준마련을 위한 AHP 분석기법의 적용. 한국산림과학회지 109(4): 446~453.
- 산림청. 2012a. 2012~2017 사방(砂防)기본계획: 44.
- 산림청. 2019. 2019~2023 사방사업 기본계획: 21.
- 산림청. 2021. 2020 산사태백서.
- 서정일, 전근우, 김석우, 김민식. 2010. 산불피해지에 있어서 강우패턴에 따른 침식토사량의 변화. 한국산림과학회지 99(4): 534~545.
- 이규성. 1994. 산림유역의 토양유실량 예측을 위한 지리정시스템의 범용토양유실식(USLE)에의 적용. 한국산림과학회지 83(3): 322~330.
- 이광연, 김지수, 이진호, 강민정, 우충식, 김민석. 2021. USLE를 활용한 경상북도 산림유역의 잠재토사유출량 산정. 한국위기관리논집 17(10): 103-114.
- 임경재, 김기성, 최중대, 사공명, 버나드앵겔. 2003. 소유역의 효과적인 침식조절을 위한 유사평가 툴(SATEEC)의 개발. 한국농공학회논문집 45(5): 85~96.
- 전근우. 2011. 신고사방공학. 향문사: 426.

- 정유경, 이상원, 이기환, 박기영, 이현호. 2014. 산지유역의 토사유실량 예측을 위한 RUSLE와 MUSLE 모형의 적용성 평가. 한국산림과학회지 103(1): 98~104.
- 정종철. 2016. USLE와 국가토지피복지도를 이용한 토양유실 추정. 환경영향평가 25(6): 525~531.
- 지용근, 박인찬, 김병식. 2017. RUSLE기법을 활용한 사방댐 유역의 토사유출량 산정 및 유역특성 분석. 한국방재학회논문집 17(1): 123~130.
- Wischmeier, W. H., Smith D. D.. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. 537. Department of Agriculture, Science and Education Administration.
- Kinnell, P. I. A., and L. M. Risse. 1998. USLE M: Empirical modeling rainfall erosion through runoff and sediment concentration. Soil Science Society of America Journal, 62(6): 1667-1672.

새로운 수목진료제도의 현황과 과제



농학박사 이 승 규
(사)한국수목보호협회 상임이사
lskhib@naver.com

I. 머리말

2016년 12월 27일에 산림보호법 일부 개정 법률이 공포되었고, 그 후 약 1년 6개월의 많은 논의와 검토를 거쳐 2018년 12월 27일에 법의 시행에 필요한 자세한 내용을 담은 시행령과 시행규칙이 완성되면서 전국의 많은 수목진료 관계자와 나무병원 업계 종사자들의 기대와 희망을 안고 우리나라에서 새로운 수목진료제도가 시작되었다. 이 새로운 수목진료제도의 큰 틀은 1) 새로운 국가기술전문자격인 나무의사와 수목치료기술자를 도입하고, 2) 이들 전문가를 양성하기 위하여 나무의사 및 수목치료기술자 양성교육기관을 설치하며, 3) 나무의사 및 수목치료기술자가 되고자 하는 사람들은 교육기관에서 교육이수 후 자격시험에 합격해야 하며, 4) 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 의해 나무병원업을 하고 있는 수목치료기술자와 식물보호기사 및 식물보호산업기사 등 기술자격을 산림보호법에서

규정하고 있는 나무의사와 같은 자격으로 인정하는 경과조항을 두며, 5) (사)한국나무의사 협회를 설립할 수 있다는 것 등이다.

새로운 수목진료제도가 시행되고 3년 6개월이 지나고 있으며, 도시 가로수, 근린공원 등 국민의 생활공간 내외의 수목진료현장에서 한 단계 높은 수준의 지식과 경험을 갖춘 전문가가 새로운 제도 시행 전보다 더 수목을 건강하게 잘 유지·관리하여 국민의 건강한 녹지이용과 풍요로운 삶에 기여를 하고 있는지, 다시 말하면 법 제정의 목적과 그에 따른 효과가 나타나고 있는지에 대한 평가가 이제 정책과 수목진료현장에서도 관계자들 사이에서 제기되고 있는 것도 사실이다.

산림청이 발표한 2022년도 주요업무 추진계획 중 수목진료 관련 시책의 내용은 1) 수목진료전문가 체계적 양성, 2) 수목진료 산업 활성화의 두 가지로 요약할 수 있으며, 현재의 시점에서 이 두 개의 정책 방향은 매우 적절하다고 평가할 수 있다. 이 글에서는 수목진료제도의 현황과 앞으로 해야 할 과제가 무엇인지 살펴보고자 한다.

II. 수목진료제도의 현황과 과제

1. 수목진료산업

수목진료제도의 성공적 정착에 있어 가장 중요한 축의 하나는 수목진료산업의 지속적 발전이며, 이는 나무의사와 수목치료기술자의 일터(산업의 규모)를 제도적으로 확장, 발전하는 것이기도 하다. 수목진료산업의 확대와 안정적 정착은 이제 시작 단계인 수목진료제도가 꼭 지향해야 하는 정책 방향이며, 현장 기술자들은 물론 이 새로운 제도에 관심이 있는 사람들, 특히 농학계열 학문을 전공한 청년들은 물론 수목진료산업에 관심이 있는 모든 사람들에게도 미래에 대한 희망을 줄 수 있는 매우 중요한 일이 아닐 수 없다.

이러한 일의 첫 번째는 수목진료산업의 현황과 규모를 파악하는 것이며, 다행히도 산림청은 2021년 우리나라 수목진료산업의 현재 상황을 파악하고자 전문조사업체에 의뢰하여 관련 연구용역을 수행한 바 있다. 수목진료산업의 현황과 규모의 파악은 2021년 이전까지 한 번도 실시된 바 없었으므로 현재 시점에서 매우 중요하고도 의미 있는 조사 결과가 아닐 수 없다. 이 글에서 중요한 부분을 발췌해서 소개하면서 여기서 나타난 문제점을 살펴보고자 한다.

※ 내용 전체는 (사)한국수목보호에서 발간한 『수목보호 통권 27호』에 게재되어 있음

1. 수목진료산업 산업 구조

1) 사업분야별 현황

수목진료산업의 구조적 현황(그림 1)을 살펴보면, 수목진료업(나무병원업)에만 전념하는 업체는 138개로 전체 사업체 중 13.0%를 차지하고 있으며, 대부분 수목진료업 외에 조경업 및 소독업 등 다른 업종과 함께 사업체를 운영하고 있었다. 특히 수목진료업과 조경업을 함께 영위하는 경우가 714개(67.3%)로 가장 많았다.

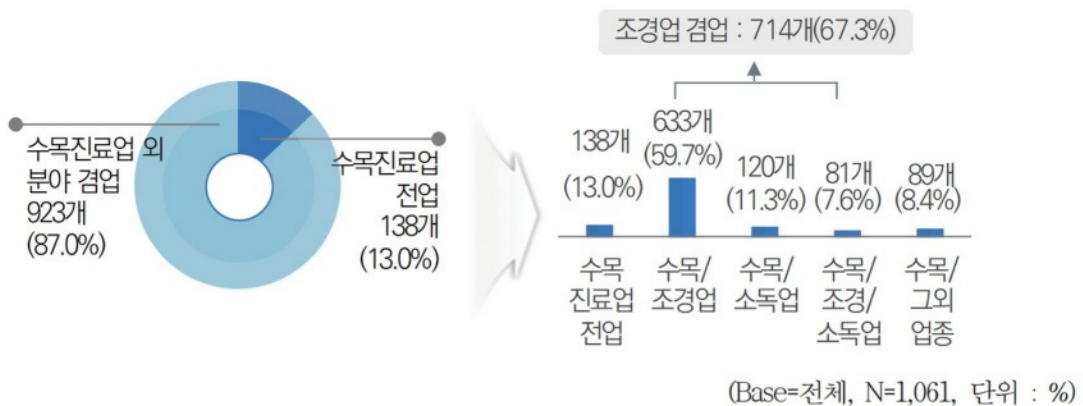


그림 1. 사업분야별 현황

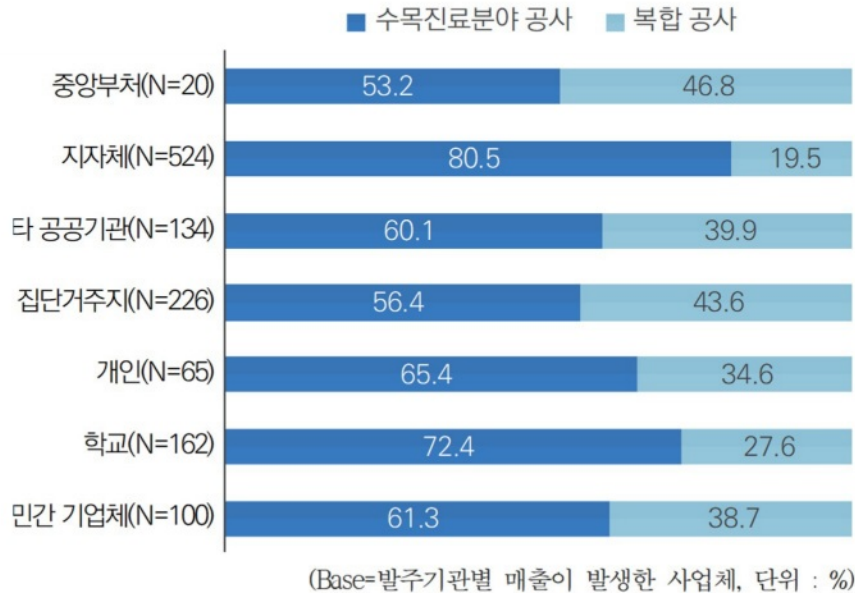
주요 업종 유형에 따라 수목진료의 분야가 나뉘는 경향이 나타나고 있으며, 수목진료업 전업의 경우 주로 보호수를 관리하고 있고, 수목/조경업의 경우 가로수, 공원 등, 소독업은 공동주택(아파트 포함)을 주로 영위하고 있었다.

구 분	1순위 응답						1+2+3순위 응답					
	공동주택	가로수	공원	보호수	녹지(공원이외)	교육시설	녹지(공원이외)	공원	가로수	공동주택	보호수	교육시설
전 체	21.2	20.6	17.5	15.8	15.1	2.6	62.3	61.4	60.0	31.1	24.0	23.6
수목진료업 전업	1.1	18.7	5.4	63.9	4.7	1.2	61.9	52.2	67.8	2.7	79.5	12.0
수목/조경업	12.4	24.7	25.7	6.2	21.6	2.2	73.2	74.3	70.7	22.1	12.1	17.1
수목/소독업	85.7	1.3	1.4	2.2	1.7	4.6	26.9	18.6	9.6	96.8	11.0	68.0
수목/조경/소독업	40.3	20.1	11.1	8.1	10.7	5.5	60.8	47.5	52.2	58.8	14.2	32.0
수목/그 외 업종	10.8	21.4	6.0	34.8	6.8	2.2	34.8	54.2	47.0	25.3	49.0	20.3

(1순위 응답 및 복수응답, Base=전체, 단위 : %)

그림 2. 주로 관리하는 수목 분야

발주처별 발주유형을 살펴보면, 지자체 및 학교를 제외한 나머지 발주기관에서 복합 공사의 비율이 40% 내외 수준으로 나타났고, 특히 중앙부처(46.8%)와 집단거주지(43.6%)에서 복합 공사 비율이 다소 비교적 높았다(그림 3).



※ 수목진료업분야 공사 : 수목진료업(나무병원) 사업체만 참여할 수 있도록 발주된 유형

※ 복합공사 : 수목진료 외 조경, 산림사업 등 다른 분야와 복합하여 과업이 발주된 유형

그림 3. 발주처 발주유형별 비중

수목진료업은 소재지별로 서울 및 수도권에 분포가 집중되어 있으며, 수목진료업은 서울 및 수도권에서 사업체 수가 가장 많고, 매출 규모도 가장 높게 나타났으며, 반면에 호남권에서는 사업체 수 및 매출 규모가 가장 작은 것으로 조사되었다(표 1).

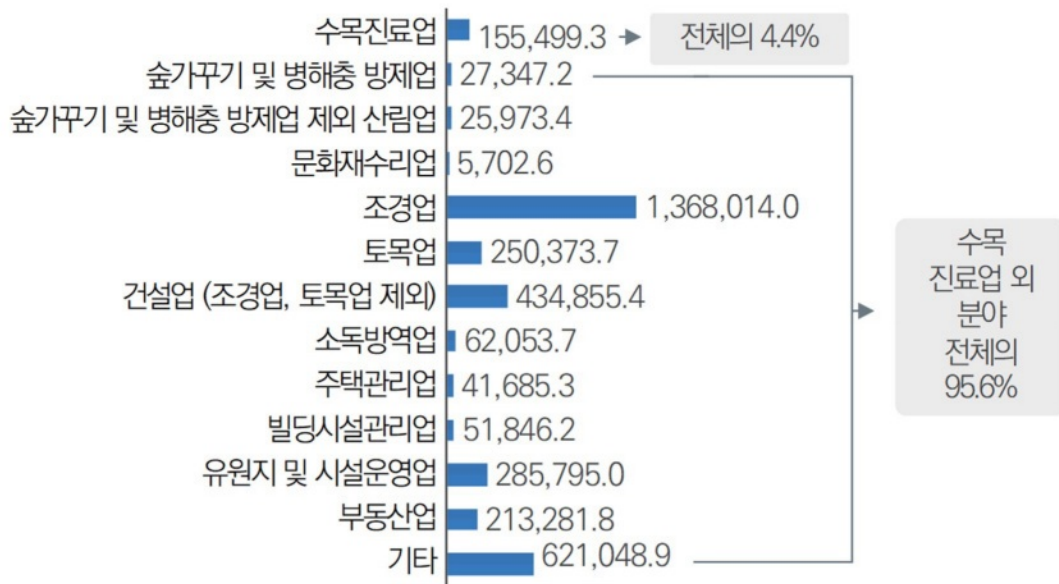
표 1. 수목진료분야 사업체 수 및 매출액

구 분	서울	수도권	충청권(강원포함)	호남권(제주포함)	경상권
사업체 수(개)	106	421	179	94	161
매출액(백만원)	53,669.6	51,157.6	18,529.3	12,981.0	19,161.8

(N=1,061, Base=전체, 단위 : %)

2) 사업 운영 구조

수목진료업을 영위하는 사업체의 전체 사업 분야의 매출 비중을 살펴보면, 수목진료업을 통해 발생하는 매출은 4.4%로 비교적 낮은 편이며, 그 외 분야의 매출 비중은 95.6%이었다(그림 4).



(Base=전체, 단위 : 백만원)

그림 4. 사업 분야별 매출액

3) 전체 종사자 중 수목진료분야 종사자 현황

나무병원을 등록한 사업체의 전체 종사자 수는 22,809명으로 나타났고, 그 중 15.6%인 3,551명이 수목진료업에 종사하고 있었으며, 수목진료업에 종사하는 종사자의 고용 형태별 현황을 살펴보면, 상근근로자가 총 1,744명으로 가장 많고, 다음으로 임시 및 일용근로자(1,090명), 사업체대표자(634명) 등의 순으로 나타났다. 고용형태별 평균 종사자 수도 상근근로자가 1.64명으로 가장 많고, 다음으로 임시 및 일용근로자(1.03명), 사업체 대표자(0.60명) 등의 순서이었다(표 2).

표 2. 고용형태별 종사자 현황

구 분		사례수 (명)	전체 종사자 수	수목 진료업 종사자 수	사업체 대표자	무급 가족 종사자	상근 근로자	임시 및 일용 근로자	기타 종사자
전 체		(1,061)	22,809	3,551	634	23	1,744	1,090	59
사업 분야	수목진료업 전업	(138)	420	291	93	1	192	2	3
	수목/조경업	(633)	10,537	2,433	351	11	1,034	1,013	25
	수목/소독업	(120)	4,525	299	73	4	193	21	8
	수목/조경/소독업	(81)	6,076	292	49	7	174	43	20
	수목/그 외 업종	(89)	1,251	236	69	0	152	11	3
등록 기준	1종 나무병원	(441)	13,348	2,318	303	15	1,025	957	18
	2종 나무병원	(620)	9,461	1,233	332	8	719	133	40

(Base=전체, 단위 : 명)

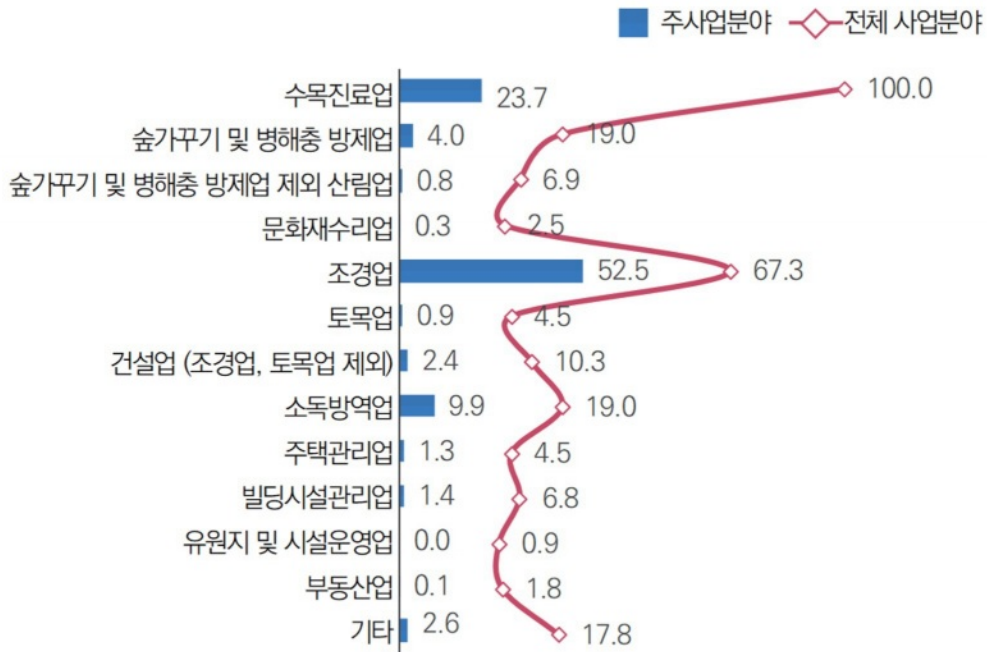
4) 수목진료업 임금 현황

‘나무의사’와 ‘나무의사 인정’을 포함한 경력별 나무의사 월 평균 임금을 살펴보면, 5년 미만(47.8%)과 5~10년 미만(54.5%)의 경우 200~300만원 미만이 가장 많게 나타났고, 10~15년 미만(35.3%)과 15년 이상(27.8%)은 300~400만원 미만이 가장 많았다. 수목치료기술자 월 평균 임금의 경우, 200~300만원 미만이 49.3%로 가장 많게 나타났고, 다음으로 200만원 미만(29.7%), 300~400만원 미만(13.8%), 400~500만원 미만(4.0%) 등의 순서이었다.

2. 사업체 일반 현황

1) 사업 분야

먼저 나무병원을 등록한 사업체의 사업 분야를 살펴보면, 주 사업분야는 조경업이 52.5%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 수목진료업(23.7%), 소독방역업(9.9%) 등의 순서였으며, 전체 사업 분야별로도 수목진료업을 제외하면, 조경업이 67.3%의 비율이 가장 높고, 다음으로 숲가꾸기 및 병해충 방제업, 소독방역업(19.0%), 건설업(조경업, 토목업 제외)(10.3%) 등이었다(그림 5).



(Base=전체, N=1,061, 단위 : %)

그림 5. 나무병원을 등록한 사업체의 사업 분야

2) 주요 업종별 사업 분야

주요 업종별 분야별로 살펴보면, 수목진료업과 조경업을 함께 운영하는 업체의 비율이 59.6%로 가장 높고, 다음으로 수목진료업 전업(13.0%), 수목/소독업(11.3%) 등이었다(그림 6).



(Base=전체, N=1,061, 단위 : %)

※ 주 : 사업체 구분

- 수목/조경업 : 수목/조경업 외 다른 업종을 함께 영위하는 경우도 포함.
- 수목/소독업 : 수목/소독업 외 다른 업종을 함께 영위하는 경우도 포함.
- 수목/조경/소독업 : 수목/조경/소독업 외 다른 업종을 함께 영위하는 경우도 포함.

그림 6. 주요 업종별 사업분야

3) 매출 현황

나무병원을 등록한 사업체의 전체 매출액은 2018년 4조 2,916억 2,110만원, 2019년 3조 8,222억 6,550만원, 2020년 3조 5,435억 3,640만원으로 나타났으며, 수목진료업 매출액을 살펴보면, 2018년 1,374억 1,260만원, 2019년 1,343억 8,580만원, 2020년 1,554억 9,930만원으로 파악되었다(그림 7).

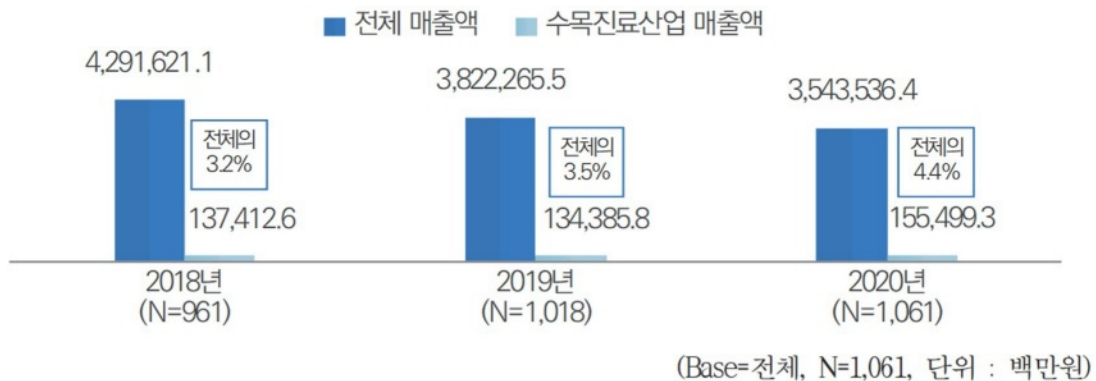
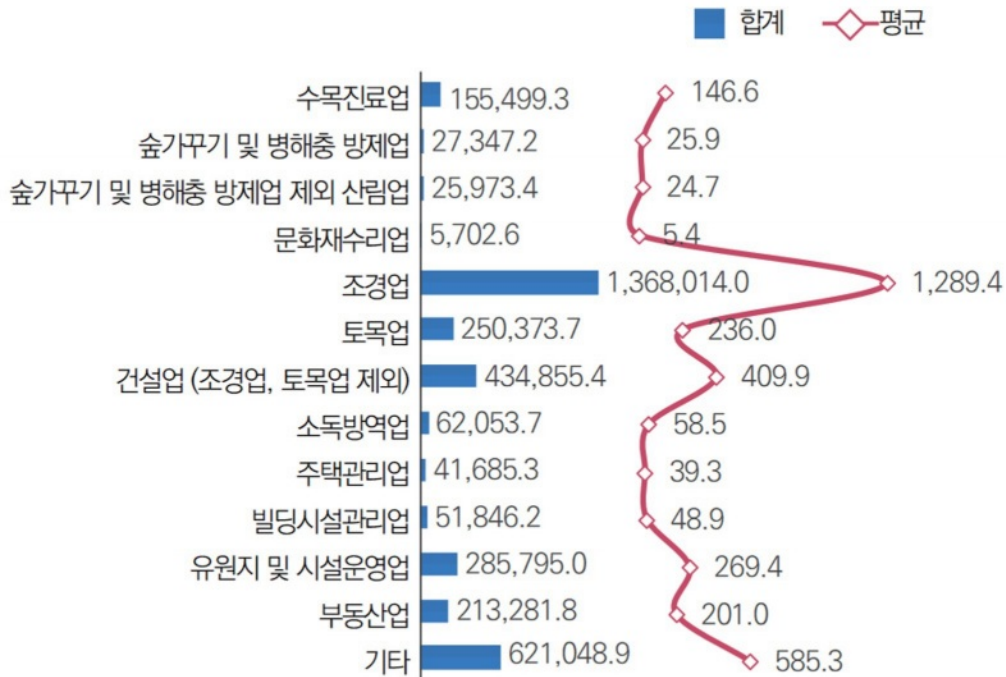


그림 7. 연도별 매출 현황

2020년 수목진료업의 매출액 현황은 그림 8에서 보는 바와 같으며, 사업 분야별로 살펴보면 수목진료업을 영위하는 사업체의 2020년 전체 매출액은 3조 5,435억 3,640만원이었으며, 2020년 사업 분야별 매출액은 조경업이 1조 3,680억 140만원으로 가장 높고, 다음으로 건설업(조경업, 토목업 제외)(4,348억 5,540만원)이 뒤를 이었다. 수목진료업을 영위하는 사업체의 매출액 중 수목진료업이 차지하는 비중은 4.4% 수준으로 나타났다. 사업 분야별로 수목진료업 전업의 경우 수목진료업(2,313억 100만원)에서 매출이 가장 많이 발생하고 있는 반면에, 수목/조경업은 조경업(1,248억 1,420만원)에서 매출이 가장 많이 발생하였다. 등록 기준에 관계없이 조경업에서 매출이 가장 많이 발생하고 있었으며, 1종 나무병원(평균 2억 5,140만원)이 2종 나무병원(평균 7,200만원)에 비해 수목진료업에서 발생하는 평균 매출액이 비교적 높게 나타났다. 충청 지역을 제외한 모든 지역에서 전체 매출 중 조경업에서 발생하는 매출액이 가장 많은 것으로 조사되었다. 수목진료업 매출액의 67.4%인 1,048억 2,720만원이 서울 및 수도권에서 발생하고 있었다.



(Base=전체, N=1,061, 단위 : 백만원)

※ 평균은 사업체당 각 사업 분야에서 발생하는 매출액 평균임.

그림 8. 사업 분야별 매출 현황

발주기관 유형별 매출액 현황(그림 9)을 보면, 지자체가 802억 750만원으로 가장 많고, 다음으로 민간 기업체(438억 3,570만원), 집단거주지(214억 6,530만원) 등의 순으로 나타났다. 발주처별 평균 매출액은 지자체가 1억 2,210만원으로 가장 많고, 다음으로 민간 기업체(6,680만원), 집단거주지(3,270만원) 등의 순서로 조사되었다. 사업 분야별로는 수목진료업 전업(221억 8,960만원)과 수목/그 외 업종(219억 4,830만원)은 지자체에서 매출이 가장 많이 발생하는 것으로 조사되었다. 수목/조경업(431억 1,610만원)은 민간 기업체, 수목/소독업(61억 1,390만원)과 수목/조경/소독업(30억 1,610만원)은 집단 거주지에서 매출이 가장 많이 발생하였다. 전체적으로 보면 등록기준에 관계없이 지자체에서 매출이 가장 많이 발생하였으며, 소재지별로는 대부분의 지역이 지자체에서 매출이 가장 많이 발생한 나타난 반면, 서울(383억 5,780만원)은 민간 기업체에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다.

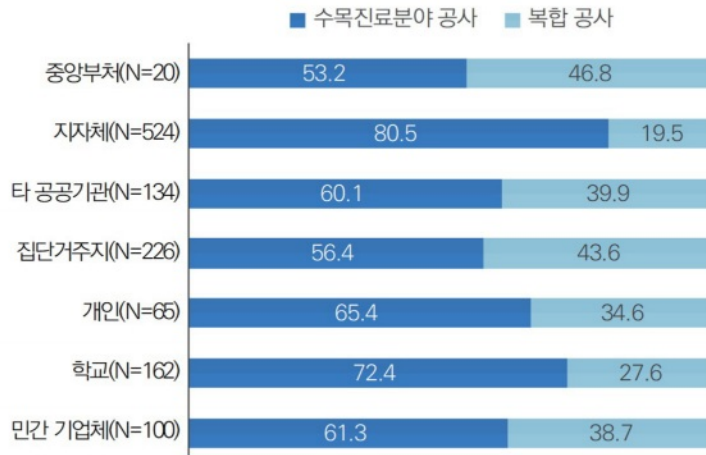


(Base=수목진료업 매출이 발생한 사업체, N=657, 단위 : 백만원)

※ 평균은 사업체당 각 발주기관에서 발생하는 매출액 평균임.

그림 9. 발주기관 유형별 매출 현황

발주처별 발주유형의 비중(그림 10)을 살펴보면, 모든 발주처 유형에서 수목진료분야 공사의 비율이 과반수 이상으로 나타났고, 그 중 지자체에서 수목진료분야 공사의 비율이 80.5%로 가장 많았다. 수목진료분야 공사의 비율은 지자체(80.5%), 학교(72.4%), 개인(65.4%), 민간 기업체(61.3%) 등이었다. 반면, 복합 공사의 비율은 중앙부처(46.8%), 집단거주지(43.6%), 기타 공공기관(39.9%) 등의 순서로 나타났다.



(Base=발주기관별 매출이 발생한 사업체, 단위 : %)

※ 주 : 공사 구분

1. 수목진료업분야 공사 : 수목진료업(나무병원) 사업체만 참여할 수 있도록 발주된 유형
2. 복합공사 : 수목진료 외 조경, 산림사업 등 다른 분야와 복합하여 과업이 발주된 유형

그림 10. 발주처별 발주유형의 비중

이 외에 수목진료업 운영 시 애로사항은 1순위 응답 기준 ‘공사(사업) 발주 수가 적음’ 응답이 40.4%로 가장 높고, 다음으로 나무의사 구인이 어려움(28.1%), 복합공사(사업) 발주가 많아 유사 분야 사업체간 경쟁이 심함(11.3%) 등 이었다. 아울러 ‘나무병원이 아닌 업체의 수목진료 행위 단속’ 응답도 비교적 높게 나타났다. 이 글에서 제시하지 않았으나 1인 사업체도 운영되고 있었다.

위에서 살펴본 바와 같이 2021년 현재 우리나라 수목진료산업의 가장 큰 문제는 매출 규모가 1종 나무병원의 경우 평균 2억 5,140만원으로 매우 영세하다는 점이며, 이는 기본적으로 우리나라의 수목진료산업의 규모 자체가 매우 작기 때문으로 생각된다. 수목진료업에 대한 향후 경기 전망을 살펴보면, ‘긍정적’ 평가가 51.5%(매우 좋아질 것이다 11.1%+조금 좋아질 것이다 40.4%)로 나타났다.

이 조사 결과를 한마디로 요약한다면, 2021년 현재 우리나라 수목진료 산업은 매우 영세하여 경영에 많은 애로사항이 있음에도 수목진료업계 종사자들은 앞으로는 나아질 것이라는 희망의 끈을 놓지 않고 있다고 할 수 있다.

그렇다면 이 제도를 관리하는 정책 당국의 정책 방향으로 가장 중요한 것은 수목진료산업의 규모 자체를 확대시키는 노력과 함께, 특히 수목진료 산업 자체의 영세성을 감안한다면, 수목진료 산업체에 대해 제도적으로, 그리고 재정적으로도 지원해야 한다는 것이다. 필자가 생각하는 시급히 해야 할 일의 예로는 첫째) 학교숲, 근린공원 등 다양한 형태의 도시 녹지공간 내 수목의 관리 전체를 새로운 제도 안으로 편입하고, 이를 뒷받침하기 위해 중앙정부 및 지자체의 도시수목 관리 예산을 증액하기 위한 노력, 둘째) 중앙정부 및 지자체가 관리하고 있는 도시숲과 나무 등에 대한 소유 개념을 수정하여 소유자가 누구든 불문하고 모든 도시 녹지 공간의 숲과 나무의 피해 진단 및 관리는 나무의사와 수목치료기술자 만이 할 수 있게 하는 나무병원업에 대한 제도적 지원(법률 개정 필요), 셋째) 최근 논란이 있는 가로수 등 관련 나무병원법인과 산림사업법인 간의 사업 영역의 재조정(산림청 내 수목진료 관련 부서 간의 이견(異見) 조정 포함, 넷째) 나무병원이 아닌 업체의 수목진료 행위에 대한 엄격한 단속 및 지속적인 홍보 등이 그것이다. 그러기 위해서는 지난한 논의와 검토가 있어야 하는데 필자가 보기에는 시작도 하지 않고 있어 업계의 불만이 가중되고 있다.

2. 수목진료 전문가 양성교육

수목진료제도를 견인하는 또 하나의 축은 수목진료 전문가 양성을 위한 교육체계이다.

2018년 6월에 제정된 산림보호법 시행령과 시행규칙에 따라 나무의사와 수목치료기술자 자격을 취득하고자 하는 사람들에 대하여 교육이 진행되고 있다. 2019년 양성교육 시작 초기부터 지금까지도 대학생에서부터 정년퇴직자들 포함하여 폭넓은 연령대의 많은 사람들이 나무의사 등 관련 기술자격을 취득하고자 교육을 신청하고 있다. 최근 대학에서 비농학계열 전공학과 대학 졸업자를 포함하여 나무의사 응시자격이 주어지는 식물보호기사·식물보호산업기사에 응시하는 사람이 늘어나고 있다고 하며, 나무의사 등 자격을 취득하고자 하는 흐름은 당분간 지속될 것으로 보인다. 그리고 2021년부터는 중소·중견기업이 50세 이상의 나무의사를 채용하면 정부가 연간 최대 960만원의 인건비의 일부를 최대 1년간 지급하는 '신중년 적합 직무 고용장려금'의 지원 대상이 되기도 하는 등 정책적으로도 나무의사제도 정착에 도움이 되는 환경이 조성되고 있기도 하다.

법 시행 3년 6개월이 지나고 있는 2022년 1월 말 현재 나무의사 국가자격 취득자는 539명, 수목치료기술자 국가지격 취득자는 2,962명이다. 전국 양성교육기관에 나무의사 등 자격을 취득하고자 교육을 신청하는 사람이 줄지 않고 있다는 점은 수목진료제도와 수목진료산업의 미래를 밝게 보기 때문일 것이나 현행 교육체계에는 반드시 해결되어야 할 여러 문제점이 있어 교육 현장 종사자의 한사람으로서 불안한 마음을 숨길 수 없다.

필자가 생각하는 가장 큰 첫 번째 문제는 나무의사 등 자격 취득을 희망하여 교육을 신청하는 사람들의 수가 많아 현재의 교육기관이 감당할 수 없었다는 점이며, 이는 수목진료산업의 현황에 대한 조사에서 나무의사 및 수목치료기술자 자격증 취득 시 어려웠던 점에 대한 응답 중에서 '나무의사 및 수목치료기술자 양성교육 선발되기도 어렵다는 응답율이 21.7%'에 달하는 점에서도 잘 나타나고 있다. 이 문제의 해결을 위해 산림청은 나무의사 등 양성기관의 운영 매뉴얼을 새로 만들면서 여러 번 교육을 신청하였음에도 교육 기회를 얻지 못한 사람들에게 교육 기회를 우선적으로 배정하는 지침을 만들었다. 아울러 산림청은 산림보호법 시행 초기 (사)한국수목보호협회, 서울대학교 식물병원 등 전국에 지정된 10개소 외에 2020년 7월에 순천대학교 산학협력단과 동아대학교 융합디자인연구소 2개소가 추가하였고 2022년에도 국립대학 1개소를 추가로 지정할 계획이므로 새로운 운영지침이 잘 정착되고 양성교육기관이 추가로 지정되면 어느 정도는 불만이 해소될 수 있을 것으로 보인다.

두 번째는 교육 후 나무의사 등 자격 취득자가 수목진료현장에서 바로 활동할 수 있는지에 대한 문제이며, 정책과 현장 전문가들은 물론 자격 취득 당사자 또한 자격 취득

후 현장적응능력에 대해 문제가 있다고 생각하고 있다. 이 점은 두 가지로 나누어 해결책을 찾아야 할 것이다. 나무의사의 경우 법에서 정하고 있는 보수교육을 내실 있게 진행하고, 실무강화 교육, 이를테면 실무능력 강화를 위한 인턴교육제도 등을 양성교육관 중심으로 도입할 필요가 있다. 「산림보호법」제 21조의 13에 의해 나무의사는 보수교육을 정기적으로 받아야 하며, 동법 시행령 제19조의 9에 의해 나무병원에 종사하는 나무의사는 보수교육을 3년간 20시간 이상으로 규정하고 있으나 상세한 시행 내용이 마련되어 있지 않고 있다. 따라서 산림청은 2021년에 (사)한국나무의사협회에 의뢰하여 그 기본 틀을 마련하였으며, 그 중요한 내용은 1) 산림청은 양질의 교육을 제공할 수 있는 다양한 보수교육프로그램 실시기관을 지정하고, 2)지정된 보수교육기관은 나무의사에게 필요한 교육을 강의로 개설하고, 3) 나무의사는 자신에게 꼭 필요한 교육을 스스로 신청해서 교육을 이수하며, 4) (사)한국나무의사협회에 나무의사 보수교육플랫폼을 두고 회원들의 보수교육을 관리하는 것 등이다. 이 부분에 대하여는 세밀한 검토를 거친 후 시행되면 나무의사의 실무능력향상 및 유지에 크게 기여하게 될 것으로 생각한다. 실무능력 강화를 위한 인턴교육제도 도입 문제는 관계자들 사이에서 그 필요성에 대해 공감은 하고 있으나 어떻게 할 것인가에 대한 실행방안을 아직 찾지 못하고 있다. 나무병원업을 하면서 나무의사 자격을 취득한 사람은 별개로 현장실무 경험이 없이 나무의사 등 자격을 취득한 사람의 경우 인턴교육제도는 매우 현실적인 대안이 될 수 있으므로 이른 시일 내에 도입되어 현장 실무 경험이 없는 나무의사와 수목치료기술자 자격 신규 취득자의 실무능력이 향상될 수 있기를 바란다.

세 번째는 수목치료기술자 교육과 자체시험의 제도개선이다. 현행법에서 수목치료기술자는 나무의사 등의 양성기관에서 교육을 이수하고 양성기관에서 자체 평가를 하여 평균 60점 이상이면 수료증을 발급하고 이를 근거로 국가(임업진흥원 대행)에서 수목치료기술자 자격증을 발급하고 있다. 그러나 교육 내용과 평가시험 체계, 문항 수, 시험방법 문제의 난이도 등에 대한 통일된 기준이 없어 양성기관마다 각기 다른 방식으로 운영되고 있다. 이는 수목치료기술자의 기술능력에 대한 의문과 함께 국가전문기술자격으로서의 신뢰성에도 문제가 제기되고 있다. 따라서 수목치료기술자의 교육은 현재와 같이 양성기관에서 하되 교재·실습 등 교과 내용을 통일하고, 평가시험 및 자격증 발급은 나무의사 시험과 같이 공공기관인 한국임업진흥원 주관으로 하는 것이 바람직하다고 생각된다. 이 방안에 대하여는 전국양성교육기관협의회에서 공통의견으로 수차례 산림청에 건의한 바 있으나 예산, 인력 등 문제 등으로 전혀 진척되고 있지 않으므로 이른 시일 내에 이 문제가 해결되기를 바란다.

네 번째는 우리나라에서 나무의사 등 양성교육의 본질적 문제이다. 나무의사는 수목의 피해를 진단하고 처방을 하며, 수목치료기술자는 현장에서 그 처방 내용, 특히 농약살포를 주된 업무내용으로 산림보호법에 명시되어 있다. 양성교육기관에서의 160시간과 190시간 교육만으로 수목진료 현장에서 적용할 수 있는 능력이 배양되었다고 할 수는 없을 것이다. 그리고 우리나라의 현행 대학 교육체계 내에서 수목의 생물적 및 비생물적 피해를 통합하여 연구하고 교육할 수 있는 학과는 없다. 수목진료 분야의 선진국에서는 대학 내에서 수목진료 관련 학과 또는 과목이 개설되어 대학 졸업자 중심으로 수목진료 전문가가 양성되고 그들이 현장에서 활동하는 체계를 갖고 있다. 그러나 우리나라 대학의 여건상 전국 12개 양성교육기관에서 수목생리, 수목 병해충, 도시 토양 등 가장 기본적인 과목조차도 강의할 수 있는 전문 인력(교수) 자체도 매우 부족한 실정이다. 산림청의 나무의사, 문화재청의 문화재수리기술자, 국토부의 조경 기술자 등은 도시 발전과 함께 우리나라의 도시와 그 인근 지역 녹지와 수목의 관리를 담당하고 있으며, 또한 일정 부분 학문적, 기술적 공통분모도 갖고 있다. 그러므로 관련 업계는 물론 정부 부처가 함께 이 분야를 통합하여 연구와 교육을 담당하는 대학 내 교육과정의 설치의 필요성에 공감하여 도시수목 관련 생리, 토양, 병해충, 특히 비생물적 피해의 관리 등 관련 분야의 연구자를 양성하고 또 연구하여 수목진료제도, 더 나아가 도시수목관리 분야를 학문적으로, 그리고 실무적으로 지원할 수 있는 대학 내 교육체계가 도입되기를 희망한다. 이 또한 장기적 로드맵 설정과 관련 부처 및 관련 업계와의 지난한 논의가 필요한 과제일 것이며, 전국양성교육기관협의회에서 그 필요성과 시급성을 수차례 건의한 바도 있다. 산림청이 전국 9개 국립대학에 설치하고 운영과 연구 예산을 지원하고 있는 수목진단센터는 이러한 논의의 출발점이 될 수 있다고 생각한다.

III. 맺음말

앞에서 언급한 수목진료산업의 영세성과 양성교육 관련 제반 문제 등은 2022년도 산림청 수목진료제도 관련하여 발표된 산림청 주요업무추진계획에서도 『수목진료전문가 체계적 양성 및 수목진료 산업 활성화』로 잘 명정되어 있다. 정책과 관련하여 매우 아쉬운 점은 수목진료업계의 영세성 극복을 위해서 수목진료의 수요처 확대가 필요한 상황이라는 진단에도 불구하고 산림청이 제시하고 있는 1) 중장기적인 산업 수요에 부응하는 적정 규모의 수목진료 전문가 양성, 2) 나무의사 보수교육 등 수목진료 전문성 배양을 위한 기반 마련, 3) 위법행위 근절 활동 강화로 나무병원 제도의 안정적 정착 등의 3개 정책 기본방향을 추진하기

위한 세부추진계획 어디에도 수목진료산업에 대한 실질적인 지원 또는 구체적인 실행 방안이 제시되어 있지 않다는 점이다.

2018년 6월 새로운 수목진료제도가 시행된 후 벌써 3년 6개월이 지나고 있다. 내년 6월이면 수목진료업을 할 수 있는 기술자격에 대한 경과 조항도 사라지고 나무의사와 수목치료기술자 자격만이 국가기술전문자격으로서 수목진료업을 영위할 수 있게 된다. 여기서 강조하고 싶은 것은 미국, 유럽 및 일본 등의 수목진료제도는 민간제도이나 우리는 법이 뒷받침하는 체계를 출범시켰다는 점이다. 멈출 수 없는 새로운 정책과 제도가 시작되었고 이 큰 틀에 많은 국민들이 참여하고 있고 불만과 함께 희망 또한 갖고 있다. 무엇을 어떻게 해야 하나 ?! 위에서 필자가 언급한 몇 가지 외에도 현 제도에 또 다른 문제가 있을 수 있으며, 정부와 관련 업계 종사자 등이 같이 문제를 찾아내고 논의하고, 함께 해결해 가야 한다.

관련 단체들의 건의 받아 정부, 업계, 대학, 관련 단체 등이 함께 참여하고 있는 수목진료 발전협의회가 명목상의 유명무실한 협의체로 남아 있다. 많은 관계자들이 분야별로 참여하고 있는 이 협의체의 기능이 활성화되어 제반 문제를 논의하고 결정하여 실행에 옮길 수 있는 실질적인 의사결정기구로 강화되기를 제안한다. 법 제정 및 시행 이후 여러 문제점들이 교육과 산업 현장에서 표출되고 있는 지금, 내년 6월 전에 하나라도 해결되고 실행에 옮겨져야 하는데 참으로 답답하고 안타까운 시간이 흐르고 있다. 지금도 양성교육기관에서 수업을 듣는 많은 사람들이 눈앞이 있는데....

대축척·소축척 산림입지토양도 제작 의의



농학박사 정 진 현

jinheon123@naver.com

산림자원의 효율적 관리를 위해서는 산림의 입지환경 및 토양정보에 대한 종합 데이터베이스의 기반이 되는 산림입지토양도가 필요하다. 국내에서 그동안 1:25,000 산림 입지도가 제작되어 사용되어왔으나 보다 높은 정밀도와 개별 목적에 맞는 산림입지환경 정보를 갖춘 대축척 산림입지토양도의 필요성이 대두되었다.

이에 따라 2008년도에 1/5,000 대축척 산림입지토양도 시범제작 사업을 시작한 이래 14년 만인 2021년도에 전국의 산지를 대상으로 하는 국가단위의 대축척 산림토양도가 세계 최초로 제작 완료되었다. 이는 국가단위산림사업의 기본 정책의 의사결정 및 현장에서 활용할 수 있는 응용주제도로써 세계 어느 나라에서도 시도조차 할 수 없는 산림사업의 크나큰 성과로 자리매김 하리라 자부한다.

대축척 산림입지토양도 제작이 완료됨에 따라 그 제작 과정과 주요 결과를 2003년도에 제작완료 된 소축척 산림토양도와의 차이점 등을 비교해 보고, 보다 정도 높고 활용가능성을

향상시키기 위한 금후 과제를 제언하고자 한다.

1. 대축척 산림입지도양도 (1/5,000) 제작

정부는 1995년부터 2003년까지 제1차 국가 GIS 기본계획 중 5개 공공 GIS 활용체계 개발사업의 일환으로 전국 산지를 대상으로 정밀 수치산림입지도양도를(1:25,000) 구축하였다.

기존의 정밀 산림입지도양도가 1:25,000축척으로 제공되고 있으나 개별 산주 등의 요구도에 맞춘 필지별 정보제공이 곤란하므로 1:5,000의 상세 도면으로 제작할 필요가 있으며, 개발 관련 토지정보에 비해 산지 보전 관련 정보가 상대적으로 미흡하므로 이에 대한 대응책으로 정확도 높은 산림입지도양 정보 구축이 요구되었다. 뿐만 아니라, 산림 입지도양 정보를 통한 산지의 효율적 이용을 향상시키는데 기여하는 맞춤형조림지도, 임지생산능력 급수도 등 응용지도의 정확도를 높이기 위해서도 산림입지도양도 대축척화의 필요성이 요구되었다.

본 사업은 산림공간정보, 통계정보, 정책 정보 등을 융합한 국가공간정보시스템(NGIS)에 연계하여 부처 간 공용화 체제에 부응한 타 주제도와와의 일괄 서비스를 제공하고, 산림공간정보서비스(FGIS)를 구축하여 수요자 중심의 다양한 산림공간 정보를 제공하여 이용자 만족도 향상 및 국가 경쟁력 제고를 목적으로 수행되었다.

연도별 사업지역은 (그림1)에서 보는 바와 같이, 충청남도를 시작으로 전라도, 경상도, 강원도 순으로 조사계획을 수립하였으나, 2011년 집중호우로 인한 우면산 산사태 발생으로 자연재해 발생을 대비하여 인구밀도가 높은 시군을 우선 조사한다는

조사계획의 수정으로 2012년부터 특별시, 광역시 중심으로 조사를 수행하고, 2013년에는 인구 50만 이상의 시군이 많은 경기도를, 2014년부터는 전라남도, 경상남도, 경상북도,



(그림 1) 사업 연도 별 조사 대상지역

강원도 순으로 조사사업을 수행하였다.

산림입지도양도 제작은 산림입지도양도(1:5,000) 제작 표준매뉴얼에 따라 기초자료수집 및 분석, 개황조사, 잠정 산림토양경계구획, 현지조사 및 확인, 산림입지도양도 제작 등 5개 공정으로 이루어져 있다(그림 2).



(그림 2) 1/5,000 산림입지도양도 제작 흐름도

□ 주요 결과

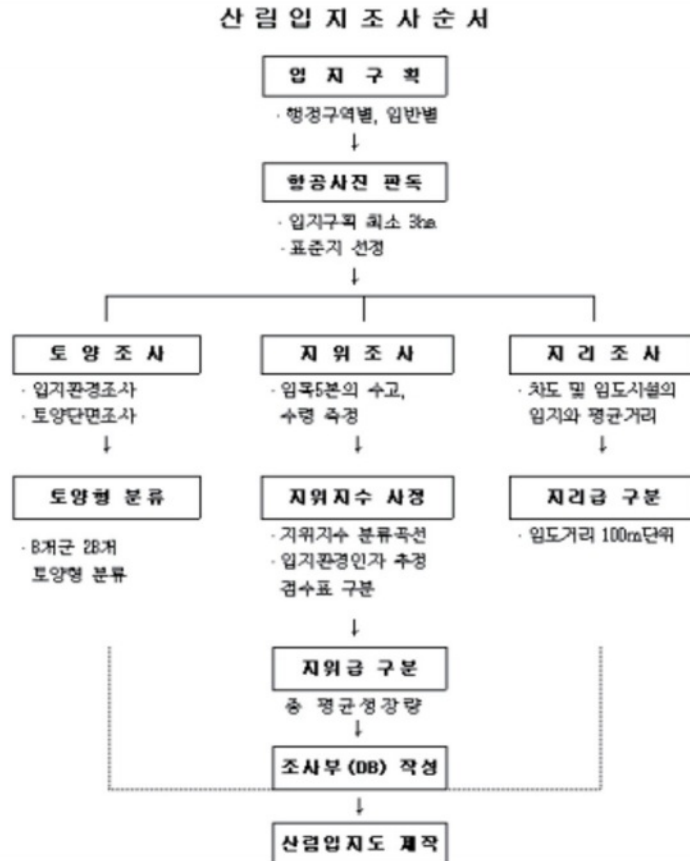
제1차 국가 GIS 기본계획으로 제작된 1:25,000 축척의 산림입지도가 제공되고 있지만, 해당 입지도로는 개별 산주 등의 요구도에 맞춘 필지별 정보 제공에 한계가 있었으며, 개발 관련 일반 토지 정보에 비해 산지보전 관련 정보가 상대적으로 미흡했다.

산림입지도양도의 대축척화를 통해 필지 단위의 상세 토양정보를 제공하여 산림보전과 이용에 대한 대국민 서비스를 제고할 수 있으며, 맞춤형 서비스 구현을 위한 기반확보 및 환경을 조성하고 신속, 정확한 산지 관련 정보 제공 및 자료의 현재성을 확보할 수 있다.

또한 산림입지도양도를 이용한 새로운 응용정보 발굴 및 서비스 방안을 마련하고 임상도, 맞춤형조림지도, 산사태위험지도 등과의 연계를 통한 사업효율화 방안도 기대된다.

아울러 정부 3.0 가치실현을 위한 능동형 산림 융합 콘텐츠 체계 마련을 위해 단순 지도 서비스의 한계를 탈피하고 산림공간정보, 통계정보, 정책정보 등을 융합하여 수요자 중심의

일환으로 건설부교통부를 비롯한 5개 관련부처에서 1995년부터 1999년까지 5년간 해당 부처 자료를 수집·조사하여 국가지리정보망 시스템을 구축하기 위하여 재정경제원 주관으로 추진된 사업이다. 산림입지 토양조사 순서는 (그림4)와 같다.



(그림 4) 1/25,000 산림입지토양도 제작을 위한 산림입지조사 순서

○ 산림입지 토양도 제작

전 국토의 산지를 대상으로 국가 단위의 수치산림토양도를 제작한 사례는 세계적으로 그 사례를 찾아볼 수 없다. 독일, 핀란드를 위시한 임업선진국에서도 필요에 따라, 해당 영국국 또는 지방자치기관에서 시업지역을 대상으로 장기간에 걸쳐 소축척 또는 대축척 입지도 및 토양도를 제작하여 사용해 오고 있다.

이 사업을 위해 전국 임업공무원을 대상으로 토양조사 방법 및 토양도 작성을 위한 교육을 시행 후, 전국 산지 6,400,000ha를 대상으로 산림시업의 기본이 되는 산림의 입지환경조건,

토양 성질, 주요 수종의 생장량을 조사하고, 조사 시 채취한 토양시료를 분석하여 한국 산림토양의 이화학성을 구명하였다(정 등, 2002).

전국 산림입지토양조사는 GIS, GPS 등 과학적인 조사방법과 장비를 이용하여 시·도 산림공무원 중심으로 수행하였지만, 전국을 대상으로 하는 방대한 사업이다 보니 조사 예정보다 4년 늦은 2003년에야 완료되었다.

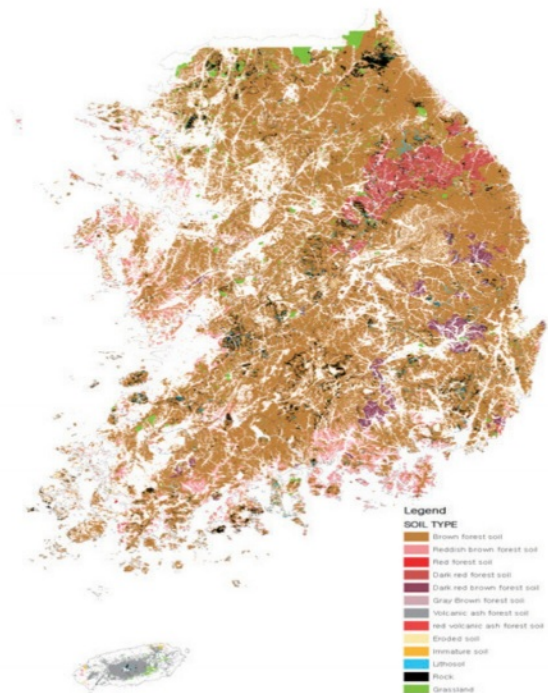
국토면적의 2/3를 차지하고 있는 산림 정보를 수집·분석하여 체계화하는 일은 국토를 관리하기 위한 첫 단계작업이라 할 수 있으며, 이러한 점에서 수치산림입지토양도의 구축은 매우 큰 의미를 가지고 있다.

전국 산림입지토양조사 결과 구축된 수치산림입지도는 산림입지환경, 토양단면, 지위지수 등으로 대별되며 총 50개 이상의 속성정보가 포함된 전자지도이다.

산림입지환경인자는 모암, 표고, 경사, 지형, 기후대, 방위, 경사형태, 풍화정도, 퇴적양식, 능선대 계곡비, 토양배수, 풍노출도, 침식상태, 암석노출도 등 14개 인자, 지위지수조사는 수종, 수고, 수령, 지위지수, 지위급을 조사하여 지위지수 분류곡선과 입지환경인자에 의한 지위지수를 판정하였으며, 지리급도 조사하였다.

그리고 토양단면 조사는 토양 층위의 층계, 표층과 심층의 깊이, 유효토심, 토색, 유기물 함량, 토성, 토색, 토양구조, 자갈함량, 건습도, 전밀도, 균사 및 균근 유무, 식물근 등을 조사하여 이들 조사를 종합 판단하여 토양형을 판정하고, 토양의 이화학성을 분석하기 위하여 토양형의 대표지점에서 토양시료를 채취하였다. 또한, 이들 조사인자들을 산림토양도의 Polygon 별로 DB 화하기 위하여 조사야장을 수치화하여 조사하고, 이를 바탕으로 전국 813 도엽을 수치화하였다.

이에 관한 상세한 내용은 한국의 산림 입지에 상세히 기술되어 있으므로 참고 바라며, 조사결과 제작된 전국 수치산림 토양도는 (그림5)와 같다.



(그림 5) 1:25,000 산림입지 토양도

전국 산림입지토양조사의 주요 결과를 요약하면, 우리나라 산림토양의 토심은 31~60cm로 중 정도이며, 평균 토심은 55cm로 나타났다.

토성은 사양토가 48%, 전습도는 약건산림토양이 52%, 그리고 토양구조는 건조한 조건에서 발달하는 입상구조와 견과상 구조가 대부분 출현하였다.

산림입지토양도는 산지의 정보를 필지별, Polygon 별로 입지환경조건, 토양환경 요인, 주요 수종의 임목 성장량에 관한 정보를 포함하고 있어 국토 공간 정보기반으로 환경영향평가, 풍수해 저감 계획, 도시림 조성·관리 계획 등 과학적인 국토관리를 위한 의사 결정 시 기초자료로 활용될 뿐만 아니라, 산림의 공익적 기능인 수원함양기능, 산사태 방지, 산지 재해방지 기능 구분, 산림건강도 평가 또한, 내 땅에 어느 나무를 심을 것인지 적지적수 선정 시 기본도로 활용되고 있다.

3. 대축척·소축척 산림입지토양도 비교

2021년에 제작 완료된 대축척 산림토양도와 2003년에 제작 완료된 소축척 산림토양도의 주요 사항들을 비교한 결과는 (표1)과 같다.

대축척 산림토양도는 지번단위별로 현장에서 사용가능할 수 있도록 최소구획면적이 0.1ha로 정밀하게 조사되어 전국산림면적 590만ha를 대상으로 16,000여 도엽으로 제작되었다. 또한 도엽당 polygon의 수도 100여 개에 이르며, polygon 별로 산림입지환경, 토양정보 등 속성정보를 구축하여 과학적이고 체계적인 산지이용을 위한 방대한 정보를 가지고 있다.

소축척 산림입지토양도는 국토관리를 위한 산지의 기초정보를 활용하여 국가 및 산림정책을 위한 의사결정 자료로 유용하게 사용되어지고 있다.

소축척 산림토양도 구축을 위하여, 중앙정부에서는 조사방법, 교육 및 수시 기술지도 교육을 담당하였으며, 일선 시군 임업공무원은 입지환경, 토양조사 및 토양시료 채취 업무를 담당하였다.

또한, 산지에 분포하고 있는 주요 수종을 대상으로 임목 성장량을 지위지수로 추정하여 적지적수 선정 등 산지의 합리적 경영을 위한 기초자료를 구축하였고, 토양 시료를 채취·분석하여 한국 산림토양의 물리·화학적 성질을 구명하였다.

대축척·소축척 산림토양도의 조사방법과 속성정보 인자 구축방법에는 큰 차이는 없으나, 소축척 산림토양도 제작을 위한 조사 시에는 Polygon 별로 주요수종의 임목성장량을

조사하여 토양조건별로 수종별 지위지수화 하였고, 조림 및 벌채 시 경제성 분석을 위한 임도에서의 접근 거리 100m 단위로 지리급 구분조사를 행하였다.

(표1) 대축척·소축척 산림입지도양도 비교

구분	1/5,000	1/25,000	비 고
축척	대 축척	소 축척	
사업 기간	2008~2021	1995~2003	
사업비	≒ 500억 이상	≒ 105억	추정
조사 주체	민간사업체	공무원	
조사 지역	전국 (590만ha)	전국 (604만ha)	DMZ, 낙도제외, 타용도 전환 등으로 산림면적 감소
조사 방법	1/5,000 산림입지 토양조사 요령	1/25,000 산림입지 토양조사 요령	
도엽 수	16,327	813	
도엽 당 Polygon 수	111	367	
도엽 당 작도 단위	2ha	5ha	
최소 구획 면적	0.1ha	3ha	
속성 정보	산림입지환경인자 등 30개 정보	산림입지환경인자 등 50개 정보	
임목 생장량 (지위지수)	-	주요 수종 조사	소나무, 참나무 등
지리급	-	지리급 구분	
토양이화학성 시료 채취	도엽 당 1개소	도엽 당 2개소	
용도	지번 단위 현장 활용	정책 의사결정 활용	

□ 제언

산림입지도양도는 한국의 산지에 관한 산림입지환경 및 산림토양정보를 제공하는 기초 자료로써, 국가단위로는 세계 최초의 산림입지·토양에 관한 정보를 제공하는 주제도이다.

산림입지도양도는 국가 산림기본계획 목표 달성을 위한 다양한 정보 제공, 산림 빅 데이터 구축, 국내외 산림정보의 교환 및 연구 자료로 활용될 것이며, 국가 발전 계획에 상응하는

지속가능한 산림경영의 실현에 기여할 것으로 확신한다.

산림입지도양도의 과학적이고 합리적인 활용을 위해서는 무엇보다도, 공간정보상의 데이터 정확성이 생명이라 할 수 있다.

구슬이 서말이라도 꿰어야 보배라 하였다.

이제 주워 모은 구슬들을 어떻게 꿰어야 할 것인가를 고민해야할 시점이다.

대축척 산림입지도양도 제작을 위하여, 15년의 시간과 막대한 국가예산 및 투입인력 등을 감안해볼 때, 이제 겨우 도면제작과 기본 통계 구축 사업을 마친 시점에서, 사업을 종료하게 됨은 매우 안타까운 생각을 지울 수 없다.

조사기간이 십여 년이 경과하면서 조사기관의 변경에 따른, 도면 및 조사야장에 대한 일관성 있는 전체적 보완 수정이 필요할 뿐 만 아니라, 수집된 방대한 기초통계자료의 분석 및 활용도 검토, 토양시료의 분석 및 통계처리, 대축척 토양도 작성을 위한 현지조사 시 새롭게 발견된 토양형 추가 분류, 낙도 및 DMZ지역의 활용을 위한 추가조사 등 실로 해야 할 일들은 태산보다 큰데, 이러한 일들에 대한 후속 방안이 보이질 않는다.

현 시점에서 무엇보다 선행되어야 할 일은 사업 주무기관은 그동안 조사된 조사결과를 하나도 빠뜨림 없이 수집·보존하는 일이다. 이는 금후 수정보완 작업 시 매우 귀중한 기초 자료가 되기 때문이며, 이에 관한 기록들을 분실하는 우를 범해서는 안 될 것이다.

조선의 지리학자인 김정호는 1861년에 국가의 명을 받아, 비변사와 규장각에 소장된 그간 발간된 우리나라 지도를 재편집하여 대동여지도를 제작하였다.

보다 정확한 지도를 만들기 위하여, 기존 도면을 바탕으로 수 십년 간 현지답사를 통하여 보완 수정해가면서 22첩의 지도를 완성한 후에도, 평생 동안의 수정보완을 거듭해가면서 조선의 지도발달에 정점을 찍고, 전무후무할 정도의 정확성을 평가받으며, 현재까지도 한국 과학사에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

어떠한 형태 또는 기회가 주어질 시, 막대한 예산과 수많은 인력이 투입된 대축척 산림입지도양도가 수정보완작업을 거쳐 합리적이고 과학적인 정확한 데이터를 제공함으로써 세계 최초의 산림대동여지도로 평가받을 날을 기대해 본다.

□ 인용문헌

1. 산림청. 2001. 산림입지조사 요령 (1/25,000). pp91.
2. 국립산림과학원. 2011. 산림입지토양도 제작 매뉴얼(1/5,000) pp82.
3. 산림청·국립산림과학원. 2004. 한국의 산림입지 : pp620.
4. 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 지역별 한국산림토양의 이화학적 성질.
한국임학회지. 91: 694-670.
5. 정진현, 김춘식, 구교상, 이충화, 원형규, 변재경. 2003. 모암별 한국산림토양의
이화학적 성질. 한국임학회지. 92: 254-262.

4대강 유역의 신규 수변림 조성 적지분석을 통한 2050 탄소중립 기반마련 연구



최 인 규 / 정 양 수
(사)한국산지환경연구회 이사 / 과장
ipji7387@hanmail.net

최근 지구 온난화로 이상기후가 증가하고 있다. 온난화를 방지하기 위하여 2050 탄소중립 정책을 수행하고 있지만 주요 탄소흡수원인 나무를 심을 곳이 부족하다. 이에 4대강 사업지 주변의 항공영상 판독과 시계열 분석을 통해 신규 수변림 조성가능 적지를 분석해 보았다.

지구 온난화로 인해 폭우, 폭염, 폭설, 태풍, 산불 등 이상기후 현상이 세계적으로 증가하고 있다. 화석연료의 비중이 높은 제조업 중심의 산업구조를 가진 우리나라에서도 최근 30년 동안 평균 기온이 1.4℃ 상승하며 온난화 경향이 심화되고 있다(대한민국).

국제사회는 이러한 심각성을 인식하고, 교토의정서 채택 및 파리협정을 비준하였다. 파리협정의 목표는 산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 2℃보다 낮게 유지하고, 1.5℃보다 상승되지 않도록 노력한다는 의지가 담겨 있다.

지구 온도상승을 1.5℃ 이내로 억제하기 위해서는 2050년까지 탄소 순배출량이 0이 되는 탄소중립(Net-zero)의 사회로 전환이 필요하다.

탄소중립 사회로 나아가기 위해 2021년, 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에 참석한 197개 국가가 ‘글래스고 기후협약’을 채택하였다. 글래스고 기후협약은 기존에 언급되지 않았던 석탄발전 등의 화석연료에 대한 보조금을 줄이는 것을 포함한 보다 현실성 있는 대책이 논의되었다.

이러한 국제적인 협약을 통해 지구 온난화의 원인으로 작용하는 온실가스 배출을 줄이는 활동이 지속되고 있지만 지속가능한 경제발전을 위해서는 배출되는 탄소를 흡수하는 탄소흡수원의 보다 많은 확충이 필요하다.

이에따라 대표적 탄소흡수원인 산림의 면적을 늘리기 위해서 산림청에서는 ‘2050 탄소중립을 위한 30억 그루 나무심기’를 정책적으로 선도하고 있다.

하지만 우리나라는 성공적인 녹화정책에 따라 이미 국토의 64%가 산림으로 이루어진 산림 선진국이다. 이에 30억 그루의 나무를 어디에 심을 것인가에 대한 구체적인 방안이 필요하다.

4대강 사업지 인근의 하천부지는 4대강 사업시 나온 토양을 준설했던 부지가 많이 존재한다. 이러한 준설했던 부지를 새로운 수변림 조성지로 활용한다면 탄소중립을 위해 한걸음 더 나아갈 수 있을 것으로 생각된다.

이에따라 본 연구에서는 4대강 사업지 중 한강유역(양평군 일원)을 대상으로 선정하여 수변림 조성가능 적지를 항공영상판독과 시계열 분석을 통해 알아보았다.

I. 서론

2018년 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 ‘지구온난화 1.5℃ 특별보고서’에 따르면 지구 평균 온도 상승을 1.5℃ 이내로 유지하기 위해서는 온실가스 배출량을 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 이상 감축하여야 하고, 2050년 까지 탄소 순 배출량이 “0”이 되는 탄소 중립을 달성하여야 한다고 제시하고 있다.

이렇듯 지구온난화를 방지하기 위해서는 온실가스의 배출량을 줄임과 동시에 흡수량을 늘리는 두가지 전략이 필요하다. 산림은 이러한 전략 속에서 흡수량을 늘리는 전략에 속해 있으며, 이에따라 산림청에서는 30억 그루의 나무심기를 추진하고 있다.

이러한 국가차원의 전략과 함께 탄소배출권 거래제도의 도입을 통해서 기업의 참여를 유도하고 있다.

탄소배출권으로 인정되는 활동 중 신규 조림과 재조림은 산림이 아닌 지역에 산림을 조성하는 것에 한하여 인정을 받기 때문에 기존의 산림이 아니었던 곳을 찾아 조림하는 것이 필요하다.

하지만 우리나라는 이미 성공적인 녹화 정책을 통해 국토의 64%가 산림으로 이루어져 있다. 때문에 새롭게 산림을 조성할 토지를 찾는 것이 쉽지 않다.

기존의 산림이 아니었던 곳이며 새롭게 나무를 심는 과정에서 국민의 재산권을 침해하지 않고, 대면적을 조림할 수 있는 곳이 어디에 있을까. 고민한 결과로 얻은 결론은 4대강 사업지 주변의 하천 부지이다.

4대강 사업지 주변은 4대강 사업시 나온 토사의 준설로 유수의 흐름을 방해하지 않도록 지반고가 상승하였다. 또한 지목상 하천부지(천)로 국가 소유의 토지로 되어 있어 국민의 재산권을 침해하지도 않는다. 더불어 준설 후 오랜기간이 흘러 토양의 성질 또한 수목 생육에 적합하도록 순화되었다. 이미 본 연구회에서는 2021년에 여주시로부터 ‘2050 탄소중립 관련 하천변 숲 조성 자원량 조사’ 용역을 수행하여 여주시 남한강 일원의 수변림 조성 가능 적지에 대한 가능성을 입증하였다. 이에 본 연구에서는 여주시와 인접한 양평군 일원의 남한강 하천변 수변림 조성 가능적지를 분석함으로써 탄소중립 실현을 위한 신규 조림 가능 적지에 대해 다시 한번 분석하고자 하였다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구 대상지

연구 대상지는 경기도 양평군으로 선정하였다. 양평군은 한반도의 중서부에 있는 경기도의 북동부에 위치한 지역이다(양평군청). 양평군의 면적은 878㎢로 서울시의 약 1.5배이다. 산림면적은 경기도에서 가장 많은 약 641㎢이다. 행정구역상 1읍 11면으로 구성되어 있다. 양평군 내의 남한강의 길이는 약 46km이며 면적은 약 1,900ha이다. 남한강은 서종면부터 개군면까지 이어져 있다(그림1).



그림 1. 양평군 행정구역도(양평군청)

2. 연구 자료

본 연구에 이용한 RS(Remote Sensing)자료는 국토지리정보원에서 제공받은 2개년의 (2009년, 2020년) 항공영상(해상도 51cm급)자료를 사용하였다. 항공영상은 항공기, 비행선 등에 탑재된 측량용 사진기로 촬영된 영상으로 넓은 지역에서 다량의 정보획득이 가능하며, 판독을 통한 자원 및 환경, 형상해석 등에 주로 이용된다(국토환경정보센터, 2019). 영상 판독과 분석에는 ESRI사의 ArcGIS Pro를 이용하였다.

3. 연구방법

본 연구는 양평군 남한강 유역내의 토지 분류를 위하여 객체기반 분류기법을 이용하였다. 객체기반 분류기법(OBIA)은 공간·분광요소의 분석을 통해 균일하다고 판단되는 영상을 분할하여 객체(Image Object)로 생성하는 분류 기법이다.

객체기반 분류에 이용한 영상은 국토지리정보원의 항공영상을 이용하였다. 항공 영상은 4대강 사업 이전인 2009년 촬영영상과 사업 이후 10년이 지난 2019년의 항공영상을 이용하였다. 항공영상은 효율적인 분석을 위하여 전처리를 수행하였다.

지목상 하천(천)을 대상으로 분석하기 위하여 남한강 유역의 지목 천을 추출한 뒤 영상가공에 이용하였다(그림2).

추출된 영상을 기반으로 Test Site를 선정하고 Arcgis Pro를 이용하여 객체기반 분류를 수행하였다. 분류된 결과는 육안 영상판독을 통해 세밀히 구획을 조정하였다. 전체적인 연구 프로세스는 아래 그림 3과 같다.



그림 2. 항공영상 전처리 결과



그림 3. 연구모식도

시계열 항공영상의 전처리를 시작으로 분류항목과 Test Site선정 후 트레이닝 샘플을 추출하여 영상을 분석하였고, 분석된 자료는 다시 시계열 육안 영상판독을 통하여 세밀히 구획을 수정하였다.

III. 결과 및 고찰

양평군 남한강 일원의 지목상 하천(천)으로 되어 있는 지역을 분석한 결과 전체 면적은 약 682ha로 나타났다.

객체기반 분류기법을 통해 실제 하천이거나 나무가 자라고 있는 지역을 제외한 순수 무입 목지(공원부지 포함)를 추출한 결과 양평군 내의 수변림 조성가능 면적은 약 73.9ha로 분석 되었다.

효율적인 분석을 위하여 수변림 조성 가능 적지를 두 개 지역으로 구분하여 분석 하였다. 분석결과는 아래와 같다.

1. A site

양평군청의 좌상단에 위치한 A site의 분석결과, 수변림 조성가능적지는 38.7ha로 나타났다. 행정구역별로는 운심리가 11.2ha로 A site 전체 면적의 약 29%를 차지하였고, 도곡리가 8.2ha, 전수리가 5.2ha 순으로 나타났다.

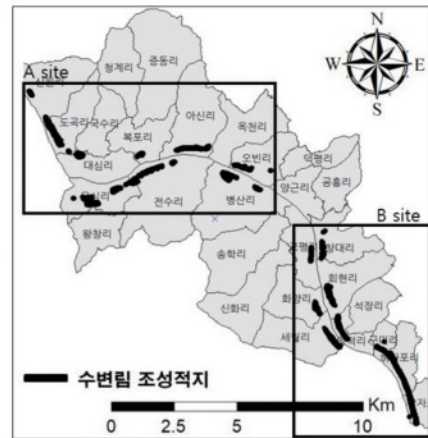


그림 4. 수변림 조성적지 분석결과

표 1. 행정구역(리)별 수변림 조성가능 면적

행정명	면적(ha)
대심리	2.6
도곡리	8.2
병산리	3.9
북포리	0.9
신원리	1.6
아신리	3.5
오빈리	1.7
운심리	11.2
전수리	5.2
총합계	38.7

경기 양평군 강하면 운심리 318-1(그림5) 일원은 과거 논으로 사용되었다가 4대강 사업 후公園으로 이용되고 있다. 현재 일부 수목이 생육하고 있으며, 국소적으로 추가 식재 가능지역이 분포하고 있다.

경기 양평군 옥천면 아신리 461 인근의 영상판독 결과 나타난 수변림 조성가능 적지를 카카오 맵의 로드뷰(Road view)를 통해 확인한 결과 아래 그림과 같이 무립목지를 확인하였다.

2. B site

양평군청의 우하단에 위치한 B site의 분석결과, 수변림 조성가능적지는 35.2ha로 나타났다. 행정구역별로는 하자포리가 8.9ha로 B site 전체 면적의 약 23%를 차지하였고, 회현리가 5.1ha, 세월리가 4.9ha 순으로 나타났다.

경기 양평군 양평읍 창대리 277-3 인근의 영상판독 결과 나타난 수변림 조성가능 적지를 카카오 맵의 로드뷰(Road view)를 통해 확인한 결과 아래 그림과 같이 현재 공원부지로 조성되어 있으나 수목이 식재되어 있지 않은 것을 확인하였다.

경기 양평군 강상면 세월리 286-3 인근은 앞선 지역과 다른 특징이 나타났다. 앞선 지역이



준설전(2009년)

준설후(2019년)

그림 5 . 시계열 영상판독(운심리 318-1)



그림 6 . 아신리 461 로드뷰(Kakao map)

표 1. 행정구역(리)별 수변림 조성가능 면적

행정명	면적(ha)
교평리	0.8
구미리	2.4
상자포리	4.0
세월리	4.9
양덕리	3.7
전북리	0.0
창대리	2.8
하자포리	8.9
화양리	2.5
회현리	5.1
총합계	35.2



그림 6 . 아신리 461 로드뷰(Kakao map)

대부분 공원부지로 활용되었다고 한다면, 아래 지점은 현재 공원 부지로 활용되지 않는 무임목지의 특성을 나타내고 있다. 하층을 갈대류가 점유하고 있으며 버드나무류가 일부 생육하고 있지만 대부분 수목이 분포하고 있지 않은 무임목지이다.



그림 8 . 세월리 286-3 일원

IV. 결론

본 연구를 통해 4대강 사업지 인근의 신규 수변림 조성가능 적지에 대한 가능성을 살펴 보았다.

하지만 현지조사를 수행하지 않고 원격탐사 방식만으로 결론을 도출했다는 점과 수목 생육의 근간인 토양분석을 하지 않았다는 점은 여전히 한계로 남는다.

하지만 이러한 한계에도 불구하고 지구온난화를 막기 위해서는 다양한 시각을 갖고 대비할 때라고 생각한다.

폭넓은 시야를 갖고, 지구온도 상승의 임계치인 2℃가 오르기 전에 국가적 해결과제인 탄소중립을 실현해야 한다. 이를위해 신규 조림적지의 탐색은 계속되어야 할 것이다.

최근 나무를 심는 대상을 도시에도 확대하기 위하여 도시숲 조성에 힘쓰고 있다. 위와 같은 관점에서 기존의 산지에만 국한할 것이 아니라 지구온난화 현상에 대처하는 임업인의 폭넓은 시야가 필요할 것이다.

서식지 적합 지수와 네트워크를 통한 도시 생태계 분석



김 기 남

(사)한국산지환경연구회 대리

ipji7387@hanmail.net

1. 서론

도시 생태공원은 인간의 요구에 따라 의도적으로 만들어진 환경으로, 삶의 질을 높이는 중추적인 역할을 한다. (김은미, 2018)

또한 각종 개발로 서식지 훼손 및 파괴당한 야생동물에게도 생태공원은 새로운 서식지의 역할을 대처한다.

따라서 도심 내 생태계 분석을 통해, 인간과 자연이 공존할 수 있도록 생태공원의 녹지 정책과 관리 방향을 모색하는 것은 중요하다.

전 세계적으로 멸종위기 동물이지만 한반도의 고유종으로 알려진 고라니에 대한 서식지 적합 지수 평가와 네트워크 분석을 통해 도시 생태공원 중 중요지역을 도출하고 모니터링 하는 자료에 기반이 되고자 한다.

2. 방법

가. 서식지 적합 지수와 네트워크 분석

서식지 적합 지수(Habitat Suitability Index, 이하 HSI)는 특정한 종에서 주어진 서식지가 서식하기에 적합한지에 대한 능력을 나타내는 수치 지수이다.

종-서식지 관계를 기반으로 하는 이 모델은 미국 어류 및 야생동물관리국(U.S. Fish and Wildlife Service, 1980)에서 개발한 것으로, 특정 종이 서식을 위한 요구 지수를 제시한다.

특정 종에 대한 HSI는 서식지 변수별 적합성 지수(Suitability Index, 이하 SI)를 제시하며 이를 조합하여 0 ~ 1까지의 값을 나타낸다, 1에 가까울수록 특정 종이 살아가기 적합한 서식지를 의미한다.

네트워크는 노드(node)와 링크(link)로 구성되는데, 이는 경관 또는 생태환경의 연구에 있어 효율적으로 적용된다(Bunn et al. 2000; McRae et al. 2008). 네트워크 모형(혹은 분석)에서 서식지는 노드가 되고 링크는 서식지 간의 연결성 혹은 이동과 전파로 정의된다.

연결성은 개체의 이동과 전파에 큰 영향을 미치며, 파편화된 경관에서 특히 연결성에 의해 생태계 안정성이 정해진다(Soulé, 1986; Donnelly and Marzluff, 2006)

이러한 각각의 연구를 병합하면, 특정 종이 특정한 장소에서 적합한 서식지를 패치의 형태로 추출할 수 있고, 추출된 패치(노드) 간 연결성을 분석하고 패치의 가상 추가 배치를 통해 연결성이 높아지는 지점을 산출할 수 있다.

나. 지표종 및 대상지 선정

HSI 분석을 위해서는 특정한 종을 선정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 전 세계적으로는 멸종위기 생물이지만, 한반도에 전역에 걸쳐 서식하는 고라니를 선정하였다.

고라니는 대부분 산지와 평지의 접경지대에서 생존하지만, 일부 도시 생태공원에서 목격된 적이 있을 정도로 생존 환경이 넓고, 우리나라의 고유종인 만큼 고라니의 HSI 분석 및 네트워크 분석을 통해 도시 생태공원의 중요지역을 도출할 수 있을 것으로 보인다.



그림 1. 연구대상지

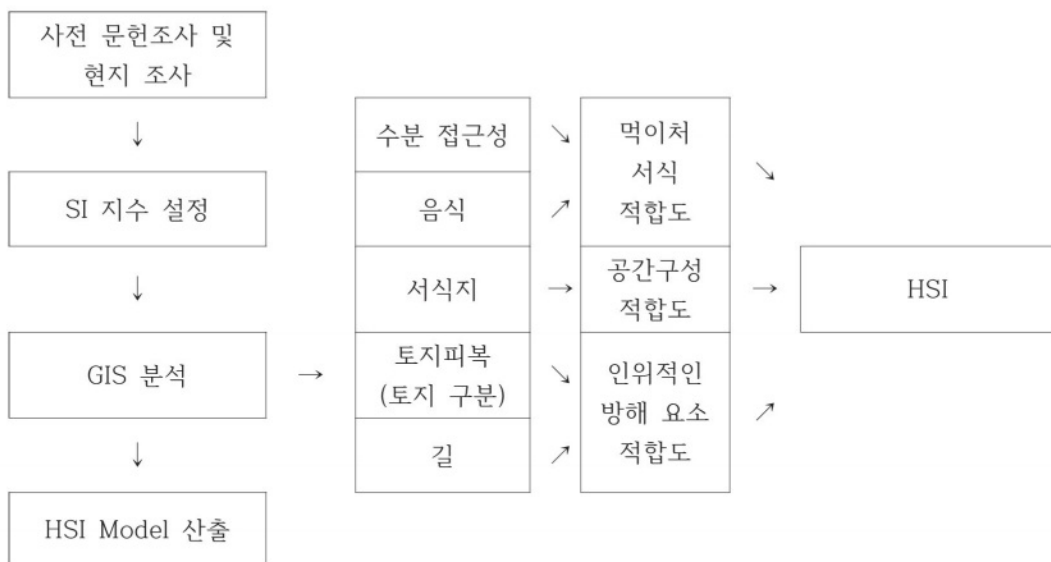
대상지는 선행 논문에서 연구된 강동구 일원을 포함한 중랑구, 동대문구 등을 중심으로 분석하였다. 강동구는 전체 면적 중 주거지역이 53%, 녹지지역이 44%를 차지하는 자연과 인간이 조화롭게 공존하는 생태환경 도시이다.

다. 연구 방법(HSI)

고라니의 서식변수별 서식지 적합 지수(SI) 구축에는 ESRI(Environmental Systems Research Institute)사의 Arcmap 10.1을 사용하여 공간 분석하였으며, 1:25,000 중분류 토지피복도, 식생도, DEM, 하천도, 도로 현황자료를 사용하였다.

HSI는 고라니의 특성에 맞게 서식지 적합 변수를 선정하고, 그에 따른 SI를 지수화한다. 또한 이러한 지수에 맞추어 GIS 분석을 시행하고, 최종 HSI 값을 도출하는 방식으로 진행된다.

표 1. HSI 모델 프로세스



여러 서식 변수를 각각 먹이처, 공간구성, 인위적인 방해 요소로 구분하여 적합 지수를 먼저 구하고, 세 가지 적합 지수를 종합하여 최종 HSI를 산출한다.

변수에 따른 기준은 사전 연구된 문헌을 참고하여 따랐으며 그에 따른 기준값은 표2와 같다.

표 2. 서식 변수 설정 기준

구분		서식 변수	비고
수분 접근성		2km 이내 수분이 얼마나 가까이 있는가?	고라니는 최대 2km에서 수분을 섭취
음식		식생 분포가 어떻게 나타나 있는가?	고라니는 씨앗, 곡식 등 식물로 먹이를 섭취
서식지	은신처	수관밀도에 따라 구분	고라니는 숲을 피난처로 동서남북을 다양하게 휴식처로 사용
	휴식처	해당 위치의 향을 이용하여 구분	
토지피복		개발지에 대한 분포	고라니는 개발지로부터 멀어질수록 적합한 서식지를 가짐
길		길로부터의 거리	고라니는 길에서부터 멀어질수록 안정적인 서식지를 가짐

수분 접근성 지수의 경우 고라니는 영문명 water deer이라고 불릴 정도로 하천을 따라 이동하는 습성이 있기 때문에 수계에서 멀어질수록 자연스럽게 서식지 적합지 수가 낮아지며 최대 2km를 수분 섭취 가능 거리로 판단하여 2km 이상은 0으로 판단하였다. (김은미, 2018)

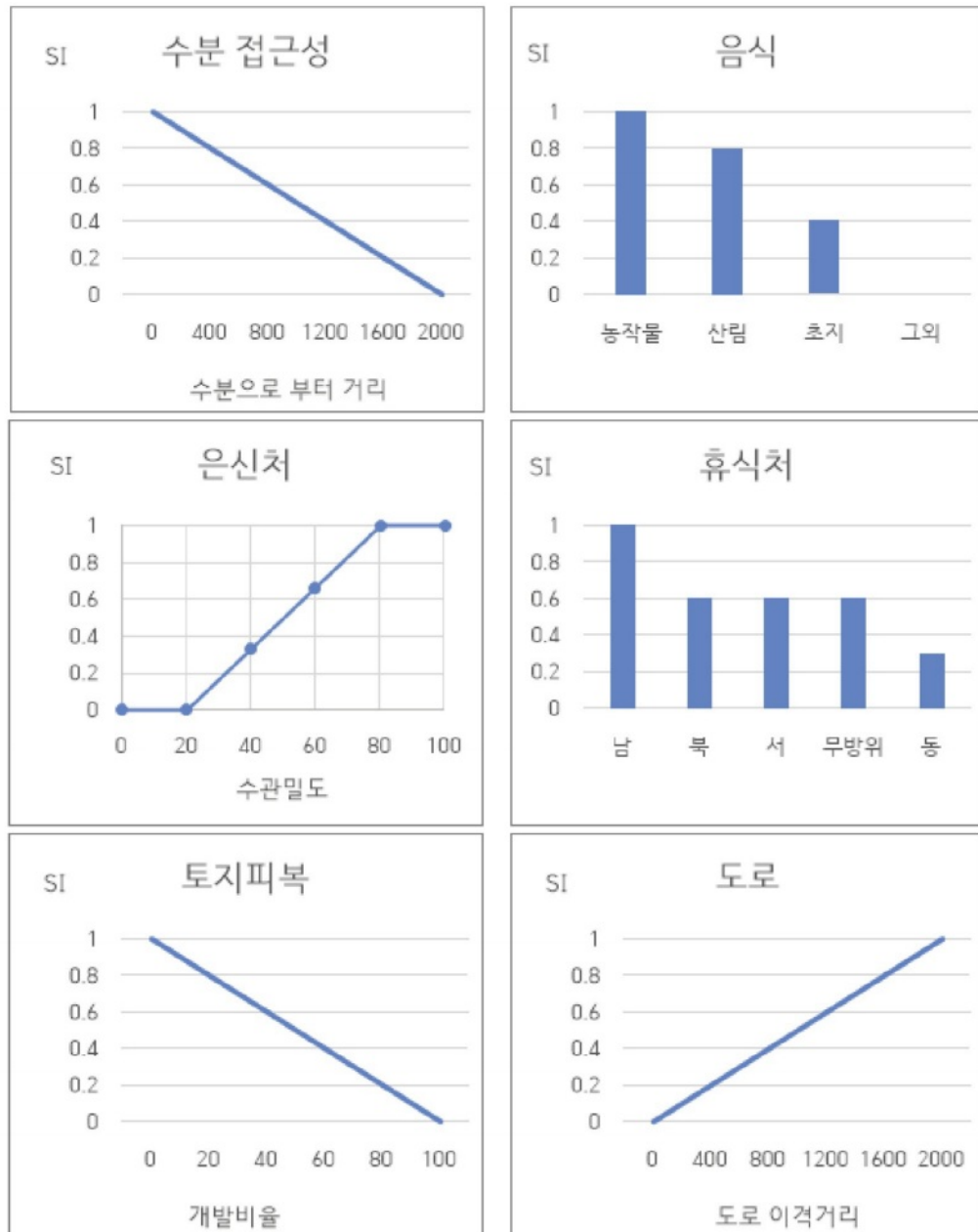
음식 지수는 고라니의 경우 식생, 토지피복도를 중심으로 농경지역, 산림, 초지를 먹이로 사용하며 그 외 지역은 먹이로 사용하지 못하기 때문에 가장 많이 피해를 입고 활발히 활동하는 농경지역을 1, 산림은 0.8, 초지는 0.4, 기타지역은 0의 값을 부여하였다. (김은미, 2018)

서식지의 경우 수관밀도가 높을수록 은신처로 자주 활용하는 경향이 있으며, 식생이 있는 곳은 1, 식생이 없는 곳은 0으로 하여 피도율을 산출하여 서식지 분석에 적용하였다(김은미, 2018). 휴식지는 향을 대상으로 남향의 경우 최고점수인 1인 값을 부여하고, 각 향에는 이용 비율을 비례하여 값을 부여하였다. (최서운, 2003)

토지피복의 경우 개발지역으로 판단되는 시가화 건조지역 및 나지지역을 추출하여 개발 비율에 SI를 부여하였다. (개발 0% → SI = 1)

길의 경우 고라니가 주로 ‘로드킬’을 당하는 만큼 도로와 거리가 멀어질수록 안정적인 서식지를 가진다고 판단하였다. (최서운, 2003)

표 3. 서식지 적합 지수



HSI 모형은 먹이처 서식 적합도, 공간구성 적합도, 인위적인 방해 요소 적합도로 나누어 구성되며, HSI 모형은 지수를 구성하는 요소들에 대해 SI 값이 차이가 적으면 산술평균을 적용하고, 서식 변수의 값이 큰 경우 기하평균을 적용하여 산출한다.

표 4. HSI 모델과 서식 변수

구분	서식 변수	비고
먹이처 서식 적합도	(수분 접근성 지수 + 음식 지수) / 2	산술평균
공간구성 적합도	(은신처 지수 + 휴식지 지수) / 2	산술평균
인위적인 방해 요소 적합도	$\sqrt{(\text{토지피복 지수}) * (\text{도로 지수})}$	기하평균
HSI	(먹이처 서식 적합도 + 공간구성 적합도 + 인위적 방해 요소 적합도) / 3	산술평균

라. 연구 방법(네트워크 분석)

고라니의 HSI 모형에서 0.8 이상인 지역을 패치로 구획화하고 Graphab-2.4를 이용하여 패치 간 연결성을 분석하며, PC(Probability of Connectivity) 값을 기준으로 하여 신규 패치 생성 때 연결성 강화지역을 도출한다.

3. 결과

가. 서식 변수별 SI 결과

(1) 수분 접근성

수분 접근성의 경우 SI 값은 0.0 ~ 1.0의 값을 가지며, 평균 0.76으로 양호한 상태를 보인다.

(2) 음식 지수

음식 지수의 경우 SI 값은 0.0 ~ 1.0의 값을 가지나, 평균 0.15의 빈약한 상태를 보인다. 이는 도시 생태공원 특성상 산림, 근린공원의 녹지 부를 제외한 나머지 지역에서 낮은 SI 지수를 나타내기 때문이며 이러한 한계 범위는 행동반경에 영향을 준다.

(3) 은신처 지수

은신처 지수 또한 SI의 값이 평균 0.11로 빈약한 상태를 보이며 이러한 값은 은신처로 야생동물(고라니)가 서식하기 부적합한 수준에 머물러있는 것으로 확인된다.

(4) 휴식지 지수

은신처 지수는 최소 0.3 ~ 최대 1.0, 평균 0.61로 양호한 상태로 나타났으며 대상지

대부분의 높은 산이 없고 낮은 지대라는 특성을 고려하면 다른 변수에 비하여 미치는 영향이 적을 것으로 판단된다.

(5) 토지피복 지수

토지피복 지수는 0.0 ~ 1.0의 값을 보이며, 평균 0.28이라는 빈약한 상태를 보인다. 은신처 지수와 비슷하게 도시 생태공원의 특성상 대부분 지역이 상업지역과 시가화건조지역으로 다수 차지한 결과로 판단된다.

(6) 도로 지수

도로 지수는 0.0 ~ 0.5의 값을 보이며 평균 0.03으로 빈약한 상태로 나타났다. 도시 생태공원 특성상 대부분 도로에 인접한 지역이 다수 위치하기 때문에 다음과 같은 상태로 나타났으며 이는 도로에 의하여 부정적인 영향이 크게 작용하는 것을 알 수 있다.

나. 종합 HSI 결과

HSI의 구성요소는 위에 설명한 다양한 지수를 병합하여 세 가지로 구분되며, 각각 먹이처, 서식지, 인위적인 교란에 의한 적합도로 나타난다.

그 결과는 다음 표5와 같다.

표 5. 종합 HSI 결과

구분	SI 값	cell 수	면적(m ²)	퍼센트
먹이처 서식 적합도	$0.0 \leq SI \leq 0.3$	62,760	25,104,000	16.4%
	$0.3 < SI \leq 0.5$	247,672	99,068,800	64.7%
	$0.5 < SI \leq 0.8$	23,860	9,544,000	6.2%
	$0.8 < SI \leq 1.0$	48,796	19,518,400	12.7%
	MIN = 0.0 , MAX = 1.0, MEAN = 0.46, SD =0.21			
공간구성 적합도	$0.0 \leq SI \leq 0.3$	56,030	22,412,000	14.6%
	$0.3 < SI \leq 0.5$	281,653	112,661,200	73.5%
	$0.5 < SI \leq 0.8$	22,451	8,980,400	5.9%
	$0.8 < SI \leq 1.0$	22,942	9,176,800	6.0%
	MIN = 0.15 , MAX = 1.0, MEAN = 0.36, SD =0.18			
인위적인 방해 요소 적합도	$0.0 \leq SI \leq 0.3$	339,804	135,921,600	88.6%
	$0.3 < SI \leq 0.5$	35,776	14,310,400	9.3%
	$0.5 < SI \leq 0.8$	8,003	3,201,200	2.1%
	$0.8 < SI \leq 1.0$	-	-	-
	MIN = 0.0 , MAX = 0.72, MEAN = 0.08, SD =0.14			

※SI 값이 0.0~0.3 : 빈곤, 0.3~0.5 : 보통, 0.5~0.8 : 양호, 0.8~1.0 : 좋음으로 판단

(1) 먹이처 서식 적합도

먹이처 서식 적합지수는 0.0 ~ 1.0의 값을 보이며, 평균 0.46의 보통 수준으로 분석되었다.

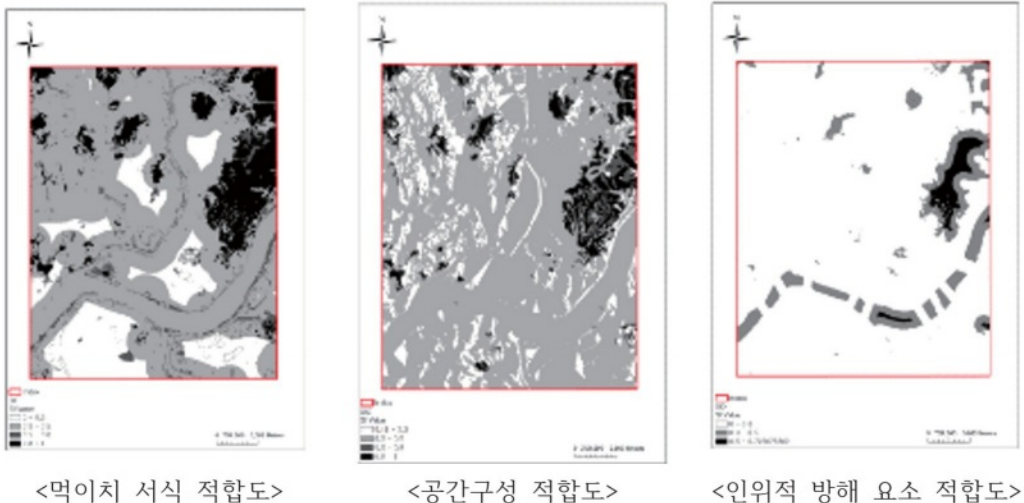
(2) 공간구성 적합도

공간구성 적합도는 0.15 ~ 1.0의 값을 보이며, 평균 0.36의 보통 수준으로 분석되었다.

(3) 인위적 방해 요소 적합도

인위적 방해 요소 적합도는 0.0 ~ 0.72의 값을 보이며, 평균 0.08의 빈곤 수준으로 분석되었다.

그림 2. 대상지의 적합도 별 SI 값



※검은색에 가까울수록 높은 지수값

(4) 종합

고라니의 HSI 모형 분석 결과 대상지의 서식 적합성 지수는 최소 0.05, 최대 0.90의 값을 가지며, 평균 0.3인 보통의 환경을 보인다.

빈곤 수준(SI 값이 0.3 이하인 지역)이 전체의 65.7%로 높은 비율을 차지하며 종합적으로 대상지가 양호한 환경은 아니나 일부 도시생태공원과 산림지역은 높은 서식 적합도를 보인다.

표 6. HSI 결과

구분	SI 값	수준	cell 수	면적(m ²)	퍼센트
HSI	$0.0 \leq SI \leq 0.3$	빈곤	251,726	100,690,400	65.7%
	$0.3 < SI \leq 0.5$	보통	82,912	34,364,800	22.4%
	$0.5 < SI \leq 0.8$	양호	43,449	17,379,600	11.3%
	$0.8 < SI \leq 1.0$	좋음	1,988	795,200	0.5%
	MIN = 0.05 , MAX = 0.90, MEAN = 0.30, SD =0.15				



그림 3. HSI 등급도

다. 주요 지역 도출과 네트워크 분석 결과

고라니의 HSI 모형 결과값 중 좋음에 해당하는 정도인 SI 값 0.8 이상인 지역을 패치로 구획하였다. 그 결과 49개의 패치가 형성되었으며, PC(연결 가능성)값을 기준으로 패치 간 중요도를 평가하였을 때 PC값 0.35 이상인 패치는 2개로 나타났다.

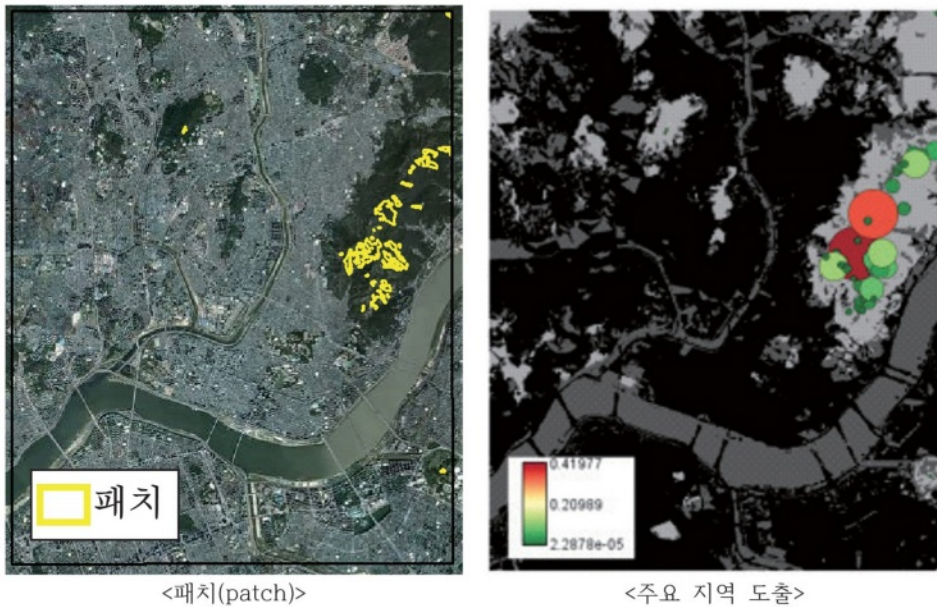


그림 4. 패치 및 HOT-SPOT 추출

또한 Graphab-2.4의 Add patches 기능을 이용하여 한 개의 패치를 추가했을 때 연결 가능성 값이 급격히 증가하는 것을 확인하였고, 두 개의 패치를 추가하였을 경우 이격거리가 있는 패치 간 연결성이 강화되는 것을 확인하였다.

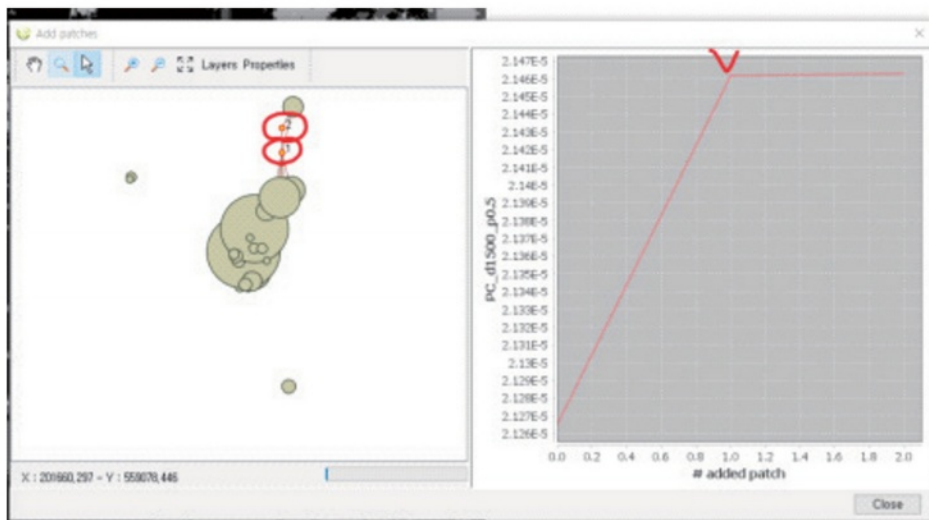


그림 5. 가상 패치 추가지점 및 연결성 데이터

4. 결론

도시 생태공원을 대상으로 고라니의 적합 지수 평가와 네트워크 분석 결과, SI 수준인 빈곤인 지역이 65.7%로 차지하는 것으로 나타났으며 서식이 적합한 곳은 도시 생태공원, 근린공원, 산간 지역으로 나타났다.

서식 적합지 중 망우산, 아차산의 일부 지역이 중요지역으로 도출되었다. 또한 네트워크 분석 결과 대상지 내에 한 개의 패치를 신규 생성 시 패치 간 연결성이 가장 높아지는 것을 확인하였다.

본 연구를 바탕으로 생태네트워크를 구축하는 기반 자료로 활용하고, 중요지역 지속 모니터링을 통해 생태 보전 계획수립의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

| 부 록 |

• 정 관

158

• 회원명단

167

• 주요일지

168

• 연도별 회지 목록

171

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
2021. 4. 9 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 이화학적 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 이사회의 승인을 얻어야 한다.

제 8조 (회원의 권리)

- ① 정회원은 임원에 대한 선거권, 피선거권(단체회원 제외) 및 총회에서의 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 이사회 의결에 의하여 제명할 수 있다.

제 3장 임원 및 조직

제 11조 (임원의 구성) 본 회의 다음 임원을 둔다.

- ① 회 장 : 1인
- ② 부 회 장 : 1인
- ③ 등기이사 : 7인이내(근로자대표 1인 포함)
- ④ 상임이사 : 1인
- ⑤ 감 사 : 1인

제 12조 (임원의 자격 및 선출)

- ① 임원은 이사회 제청으로 총회에서 선출한다.
- ② 상임임원은 3인 이내로 하되 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 이사회 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 연장자순 으로 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 발견 할 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 유사목적에 가진 다른 비영리 법인에 귀속한다.

제 36조 (정관의 개정)

- ① 정관의 개정은 재적회원의 과반 수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2이상의 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.

일반회원 (43명) | 구창덕, 김경하, 김규현, 김석권, 김선경, 김성식, 김용석,
 김재원, 김철수, 김춘식, 류주형, 류택규, 박관수, 박병배,
 박승종, 박재순, 박종해, 서수안, 서호석, 성주한, 손요환,
 송장호, 안병영, 연정수, 오종환, 윤호중, 이동섭, 이대섭,
 이승우, 이창우, 장영기, 전현선, 조병훈, 조재형, 조현국,
 지동훈, 지성구, 최 경, 최명섭, 최형태, 홍인표, 홍의기,
 황효태

주요 일지

설립약사

- 1995. 10. 29 창립총회
- 1996. 8. 9 사단법인 설립허가(산림청장)
- 1996. 8. 31 법인등기(등록번호 115221-0001820)
- 1996. 9. 9 사업자등록(등록번호 132-82-03732)
- 1998. 4. 28 제1차 정관개정 승인
- 1999. 11. 13 제2차 정관개정 승인
- 2001. 3. 17 산림사업을 목적으로 설립된 법인등록(산림청 제2001-5)
- 2001. 3. 26 제3차 정관개정 승인
- 2005. 12. 6 제4차 정관개정(전문개정)승인
- 2009. 10. 1 제5차 정관개정 승인
- 2011. 2. 28 소프트웨어 사업자 신고(신고번호 B11-39525)
- 2011. 3. 23 엔지니어링 활동주체 신고(신고번호 12-000210)
- 2017. 8. 14 제6차 정관 중 일부개정 승인
- 2018. 7. 29 시험검사 및 분석기관 등록
- 2019. 3. 11 임업소득분야 전문교육기관 지정
- 2019. 3. 29 제7차 정관개정 승인
- 2019. 8. 13 산림형 예비 사회적기업 지정
- 2019. 8. 26 초경량비행장치 사용사업 등록
- 2021. 9. 16 농약 등의 약효·약해 시험연구기관 지정
- 1997. 2. 21 제1차 정기총회 이후 2021년까지 제25차 정기총회 개최

주요 사업실적(1996년~2021년)

- 산림입지조사 및 1:25,000 산림입지도 제작
 - 산림입지조사(1996~2000년) : 1,640,975ha
 - 산림입지조사 보완(1999~2002년) : 1,040,494ha
 - 산림입지구획을 위한 항공사진 판독(1996~2000년) : 2,485,014ha
- 국유림경영계획 작성을 위한 산림조사
 - 산림조사면적(2000~2011년) : 298,987ha

- 조사 경영계획구 : 27개 경영계획구
- 조사 경영구명 : 철원, 인천, 원통, 영해, 보은(보완), 단양(보완), 성산, 울릉, 단양, 진안, 무주(보완), 진부, 교가, 옥천, 화천, 화성, 순천, 기린, 보은, 순천, 포항, 곡성, 창춘, 대전, 횡성, 국립수목원, 공주(보완)
- 국유림 잡종재산 실태 조사 : 2,877필지
- 산림정밀지도 제작 및 활용시스템 구축
 - 사업기간 : 2007 ~ 2009 (3년간)
 - 조사지역 : 단양(64,219ha), 경주(34,683ha), 달성(26,079ha)
- 공원지역 토양조사
 - 서울숲 및 부산 경남경마공원 토양조사 : 2009년 2건
 - 인천 송도지구 삼성바이오로직스 조경공사지 토양조사 : 2012년 1건
- 연구용역
 - 사방댐 및 황폐지 복구등 사방 관련 시험연구 4건
 - 민통선지역의 산림토양 및 산지이용실태 조사연구 1건
 - 산림훼손실태 및 건강모니터링 1건
 - 광릉, 제주시험림의 입지환경조사 및 토양도 작성 2건
 - 국·사유양묘장 토양조사(2006~2021) : 국유양묘장 27, 사유양묘장 15
 - 임지생산 능력급수도 현행화 및 임상·토양정보 활용모델개발 : 2012년 1건
 - 광릉숲 토양속성 및 공간분포 특성조사 1건
 - 광릉시험림 정밀 산림조사(산림기술경영연구소) 1건
 - 녹색자금 숲체험 교육사업 1건
 - 산림수자원 유역시험지 정밀산림입지토양도 제작 3건
 - 산림물지도 제작을 위한 현장 토양조사 및 토양분석 1건
 - 수원함양림 임분 및 토양환경 실태조사 1건
 - 소나무 재선충병 선단지 무인기 예찰조사 1건
 - 전국 땅밀림 우려지 추출 및 조사기법 개발 연구 1건
 - 산림공간정보 구축 효율화 및 개선방안 마련 1건
- 외국 관련 용역
 - 중국 서부지역(5개지역) 조림사업 PMC용역 1건
 - 미얀마 중부지역 녹화시험단지 조성사업 1건
 - 중국 북경지구 산림종합경영 시범사업 PMC용역 1건
- 산림공간정보 구축사업
 - 1:5,000 산림입지토양도 제작 : 2008년~2021년까지 5,118도엽(1,962,000ha)

- 1:5,000 임상도 현행화 : 2009년~2021년까지 자연적변화 4,489도엽, 인위적변화 19,894도엽
- 접경지역 임상도 감리 : 2013년 670도엽의 12%(81도엽)
- '산지환경' 회지 발간 : 24회
- 산림토양 세분류 조사 : 3년
- 산양삼 생산적합성조사 시료채취 및 생산과정 확인 : 적합성조사 1,513건, 생산과정확인 3,491건

2021년 수행사업

- 2021년 산림공간정보 조사구축 [한국임업진흥원]
 - 1:5,000 산림입지토양도 제작 436도엽(201,539ha)
 - 1:5,000 임상도현행화 : 자연적변화지 519도엽, 인위적변화지 4,442도엽
- 2021년 국유양묘장 토양조사 [산림청]
- 공주시 계룡면 화은리 산림현황 정밀조사 [계룡건설산업(주)]
- 산사태 발생 우려지의 토양 및 환경특성 조사 [한국치산기술협회]
- 조림적지기준개발 시험지 관리 및 조림목 생육특성 조사 [국립산림과학원]
- 전국 산림유역 물순환 모니터링 및 자료수집 [국립산림과학원]
- 산림기후대별 산림수문 변화 모니터링 [국립산림과학원]
- 2050 탄소중립 관련 하천변(강천섬) 숲 조성 자원량 조사 용역 [여주시청]
- 청평양수 스위치야드 인근사면 산림현황조사 [한국수자원공사]
- 소나무재선충병 무인항공기 예찰조사(영상분석) [한국임업진흥원]
- 광릉숲의 생태·사회 기능 증진을 위한 완충지역 관리모형 제안 [국립수목원]
- 경기도 의왕시 삼동 산림현황 사전·정밀조사 [(주)현대로템]
- 임산물 소비촉진사업 [산림청]
- 우리나라의 주요 모암 및 해발고도별 산지적응이 강한 산양삼 품종 선발(연구개발과제) [산림청]

연도별 회지 목록

창간호 1998

창간사	김태옥
축 사	
산지환경 창간호 발간을 축하하며	이보식
격려사	
전문회지로 발전하기를 기원하며	이여하
산지환경지 창간을 축하하며	김사일
산림경영과 산지환경	
산지환경과 산지활용	류택규 / 9
특별기고	
산림청에서는 이런일을 하고 있다	산림청 공보실 / 16
논 단	
자연친화적 산지개발을 위한 생태학적 고찰	이창석 · 유영한 / 19
숲의 중요성	전영우 / 39
생물다양성과 산림 생태계	조현제 / 50
입지환경	
산림토양조사 약사	정진현 / 63
우리나라의 산림입지조사	안병영 / 76
제 언	
효과적인 산림입지조사 추진방향	김시민 / 104
산림종합 정보망 구축에 의한 우리의 미래상	이광섭 / 106
국내외 기술정보	
독일의 산림입지조사	배상원 / 108
미국의 토양 분류체계	박관수 / 119
국가지리정보 체계의 구축과 산림입지환경조사	마호섭 / 123
부 록	
정관, 회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 129

제 2호 1999

머리말

김태옥

논 단

산림기능평가와 산림관리	김현식 / 5
산림과 水 환경	손희만 / 13
산림토양분야연구의 발전과 전망	손요한 / 16
지역개발과 산림	안상남 / 24

특 집

1998산사태 발생특성과 21세기를 대비한 방재대책	최 경 / 31
물 순환과정 조절을 통한 친환경적 산원수자원증대방안	정용호 / 51

입지환경

바람직한 산지 구릉지 개발의 추진방향에 관한 소고	최영국 / 64
지구환경오염을 말한다(I)	이충화 / 84
산림생산력과 임지양분유효도 향상	김춘식 / 88
석회암지역의 임지관리	안병영·김정환 / 92

제 언

산지환경개선을 위한 산림경영방안	이병기 / 98
21세기를 향한 산지환경정책	김동수 / 100

국내외 기술 정보

뉴질랜드 토지이용의 지속가능성의 문제	구창덕 / 102
독일 헛센주의 산림입지조사	배상원 / 113

부 록

회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 124
---------------------	-------

제 3호 2000

머리말

김태옥

논 단

산지 관리제도(요약) 해설	전범권 / 5
풍요로운 새 천년을 위한 임업 설계	이원규 / 11
대기오염(산성비)에 의한 산림피해 현상과 대책	유정환 / 17
도시산림, 녹지의 중요성과 식생관리계획	조현제 / 26
토양 중 탄소축적에 대한 산림경영의 영향	박관수 / 32
기후변화와 산림내 탄소	김춘식 / 39

특 집

21세기 임업과학의 전망	심종섭 / 44
영월댐이 하류 수질환경에 미치는 영향	김범철 / 46

입지환경

생태띠숲 조성과 관리(I)	구교상 / 54
송이 증산을 위한 입지환경	김재수 · 구창덕 / 60
자생식물을 이용한 임도비탈면 복원	박완근 / 65
지구환경오염을 말한다(II)	이충화 / 73

국내외 기술 정보

산림입지도의 활용	배상원 / 76
산사태 유형	최 경 / 81
수량 수질확보를 위한 수원함양보안림 확충 및 관리	정용호 / 94

부 록

정관, 회원 명단 및 임원 주소록	/ 108
--------------------	-------

제 4호 2001

머리말

김태옥

논 단

임업경영과 환경보전과의 관계해명	김사일 / 5
제3종 수원함양보안림 실태 및 대책	정용호 / 9
생태학을 응용하는 개념과 경관임업	구창덕 / 16
산림은 깨끗한 에너지의 보고	박순조 / 22

특 집

국토생태통합 네트워크의 구축과 관리방향	김선희 / 24
지속가능한 산림경영을 위한 활용 방안	정진현 /

39입지환경

산불발생임지의 토양특성 변화	김춘식 / 47
폐탄광지 현황과 복구공법	최 경 / 56
지구환경 오염을 말한다(III)	이충화 / 81

국내외 기술 정보

일본의 환경친화적 계류사방	전근우 / 87
식물을 이용한 오염물질 정화	유정환 / 94
산림유역의 물 순환과 유역시험 결과	김경하 / 102
국내의 흰개미 분포 및 피해	강창호 / 116

제 언

임업계를 대변할 비정부기구(N.G.O)육성	박순조 / 121
-------------------------	-----------

부 록

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 124
--------------------------	-------

제 5호 2002

머리말	류택규
논 단	
21세기 국유림 관리 기본방향	김용하 / 5
지속가능한 생태를 향한 조림	구창덕 / 20
소나무재선충의 피해와 방제방안	신상철 / 26
특 집	
일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(I)	전근우 / 34
백록담 분화구의 수리 수문학적 특성	정용호 / 43
수변구역 산림의 수원함양 및 수질정화기능 증진을 위한 몇 가지 방안	박재현 / 51
입지환경	
황사현상과 발원지의 황사방지 방법	이천용 / 92
중국의 방호림대와 모래막이 울타리의 사막화 방지기능	최 경 / 99
밤 재배지의 토양특성 변화 및 재배적지	구교상 / 113
기 술	
산불의 대형화와 위험지역 구분	이시영 / 120
국립공원 자연자원조사	송인순 / 131
자연 친화적 산지기계류 복원기법(I)	김경하 / 138
묘포 토양의 특성 및 관리방안	변재경 · 정진현 / 153
제 언	
광릉숲 보존에 관하여	김도경 / 174
부 록	
정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 178

제 6호 2003

머리말

류택규

특별기고

산지환경조사연구회에 바란다

조정무 / 5

전국토 완전녹화 기념관 건립을 촉구함

김사일 / 7

논 단

사유림 경영 활성화를 위한 대안

김의경 / 11

새로운 산림조사의 체계 및 방향

이승호 / 16

특 집

일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(II)

전근우 / 33

계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능에 관한 고찰

박재현 / 42

입지환경

임지 산성화의 생태적 의미와 회복을 위한 토양개량

이승우 / 61

전국 산림입지조사 및 수치산림입지도 구축 활용 방안

원형규 · 정진현 / 70

국내외 기술 정보

자연 친화적 산지계류 복원기법(II)

김경하 / 82

일본의 오존, 산성비 및 토양산성화에 대한 연구동향

이충화 / 95

중국 서부지역 사방조림 지원사업 현장 정밀조사

안병영 / 105

제 언

우리나라 국유림 경영관리에 대한 제언

최정기 / 123

북한의 식량사정과 사방조림을 통한 지원 필요성

이태수 / 127

부 록

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 132

제 7호 2004

머리말	류택규
산림정책	
2004년도 산림정책 방향	김남균 / 5
논 단	
우리나라 수원함량 보안림제도에 대한 고찰	김사일 / 14
지구규모의 환경파괴와 토양	이원규 / 23
특 집	
일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(III)	전근우 / 28
계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 관리전략	박재현 / 35
입지환경	
산림사업관리가 산림토양에 미치는 영향	김춘식 / 68
국내외 기술정보	
뉴질랜드 라디아타소나무의 지속가능한 조림	구창덕 / 73
산림경관 보전을 위한 철강재 사방댐의 경관향상 기법개발	안병영 · 최경 · 오종환 · 홍한표 / 89
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진방향	최 경 / 119
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 132

제 8호 2005

머리말

류택규

산림정책

숲다운 숲을 가꾸어 산림복지 국가를 이룩합시다

조연환 / 3

특별기고

백두대간 보호에 관한 법률의 허와 실

김사일 / 8

경기도 산지전용 현황과 관리대책

황인표 / 12

산불피해지 수토보전기능 실태 및 조기회복 방안

정용호 / 19

전국산림입지조사 성과와 수치산림입지도 구축

정진현 / 31

수치산림입지도의 효율적인 활용방안 제시

안병영 / 42

논 단

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(IV)

전근우 / 44

중국의 산림피해 및 대기오염 실태

이충화 / 49

중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과(I)

최 경 · 안병영 / 54

북한의 산림황폐 실태 및 복구 전략

박재현 / 84

연구논문

산사태의 지질학적 원인

박 경 · 임주훈 · 이명보 / 102

산불로 인한 산림토양의 변화

이계한 / 114

해외정보

산림경영을 위한 입지와 임분형 구분

배상원 / 122

제 안

임도시설시 고려하여야 할 사항

윤하공 / 130

부 록

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 135

제 9호 2006

머리말	류택규
축 사	서승진
축 사	김성훈
산림정책	
우리나라 산림정책 현안과 과제	김사일 / 7
논 단	
수목을 이용한 환경 오염지 정화기술	이충화 / 14
조사연구	
2005년 중부지역 산림건강 모니터링 조사연구	오종환 / 18
동해광산 복구지역의 생태환경조사연구	최 경 외 / 31
비무장지대에 인접한 민통선지역의 유존군락 및 산림이용실태 조사연구	홍인표 / 47
광릉시험림의 천연림소나무 보존대책	안병영 외 3 / 62
산림경관 보전을 위한 철강재사방댐의 경관향상 기법개발	안병영 외 8 / 73
제주시시험림 서귀포 상호지역 산림입지환경 조사연구	안병영 외 3 / 83
조사용역사업	
전국산림입지조사	한국산지환경조사연구회 / 91
국유림 영림계획 산림조사	한국산지환경조사연구회 / 92
수도권 잡종재산 실태조사	한국산지환경조사연구회 / 94
전국 선사유적지 토양조사	한국산지환경조사연구회 / 95
해외사업	
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과	최 경 외 6 / 103
미얀마중부지역 산림녹화시범단지 조성사업	류택규 외 3 / 118
중국북경지구 산림종합경영 시범사업	최 경 외 2 / 131
부 록	
정관, 회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 138

제 10호 2007

머리말	김규현 / 3
특별기고	
몽골사막지역에 녹화성공신화 다시 쓴다	윤영균 / 5
지구온난화 방지를 위한 지속가능한 바이오 에너지 개발	김사일 / 8
논 단	
국유림경영과 산림경영인증	백을선 / 13
산림경영 인증의 이해와 과제	정세경 / 18
논 문	
수변림의 효과적 이용방안	박재현 / 22
대기오염 및 산성비에 의한 산림생태계 변화	이충화 / 44
국유 묘포의 현황 및 토양조사 추진계획	변재경 / 50
조사연구	
임진강유역 황폐지 복구방안에 대하여	김경하 외 4인 / 55
2006년 중부지역 산림건강모니터링 조사연구	오종환 외 10인 / 67
비무장지대 인접한 민통선지역의 야생식물 유존자원과 산지이용실태조사연구	홍인표 외 7인 / 87
기술정보	
건강한 숲을 만들어가는 국유림 산림조사	장관웅 / 103
합리적인 산림경영을 위한 맞춤형 적지적수프로그램개발	원형규 / 116
세계측지계의 이해와 좌표변환	김철민 / 121
부 록	
정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 130

제 11호 2008

머리말	김규현 / 3
제27대 하영제 산림청장 취임사	산림청 / 5
특별기고	
새 정부에 대한 임업계의 기대감	김사일 / 9
산림정책	
도시숲 정책 현황과 추진전략	김경목 / 15
논 단	
우리 임업 발전 방향설정에 대한 소고	박순조 / 31
21세기를 바라본 산림의 기능별 발전방안	이춘택 / 35
산림보전을 위한 산림환경 서비스 지불제의 도입	박경석 / 40
논 문	
탄소 흡수원으로서 산림의 역할	손영모 / 45
조사연구	
2007년 산림건강 모니터링 조사연구	안병영외 6명 / 52
중국북경지구 산림종합경영 시범사업 추진현황	최 경 · 이시영 / 64
기술정보	
국가 재해예방사업으로서의 산림유역관리	정용호 / 81
산불발생 억제를 위한 산불원인 감식 및 산불위험 정보활용	구교상 / 93
부 록	
정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 104

제 12호 2009

머리말	김규현 / 3
제28대 정광수 산림청장 취임사	산림청 / 5
산림정책	
녹색성장과 산림의 역할	이창재 / 9
산림입지도의 의의 및 활용	황효태 / 12
논 단	
비정부 측면에서 본 산림청 등록단체 소고	박순조 / 16
녹색뉴딜 4대강 살리기 프로젝트와 산림분야 사업	이춘택 / 18
새만금 매립토 확보가 어렵다면 준설토를 활용해야	정용호 / 24
논 문	
과학적인 감식을 통한 산불원인을 밝힌다	구교상 / 32
서울숲 입지환경과 토양관리	안병영 외 5명 / 38
기술정보	
산림기본공간정보로서의 1:5,000 산림입지도	이승우 / 45
1:5,000 입상도 제작사업 소개	조현국 / 60
항공사진 DB구축 및 디지털 영상자료의 활용	류주형 / 67
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 71

제 13호 2010

머리말	김규현 / 3
산림정책	
청정녹색연료, 목재펠릿의 가치와 전망	진선필 / 5
논 단	
저탄소 녹색성장 과제	류택규 / 11
특 집	
해외산림자원 개발 현황 및 가능성	박종호 / 17
지구환경 보전과 목조건축	박문재 / 24
산림의 인간 건강증진 및 질병 치유효과	유리화 / 34
조사연구	
국립수목원 소관 광릉숲 산림조사	안병영 외 6명 / 43
기술정보	
21세기 녹색성장을 위한 산림과학 연구	정진현 / 52
토양조사	최 경 / 60
목재펠릿 현황과 전망	이수민 / 65
기후변화에 따른 수목병 발생동향	김경희 / 81
유비쿼터스와 산림	김경민 / 93
산림토양 산성화가 낙엽분해에 어떤 영향을 미치는가?	이충화 / 104
지속가능한 산림경영을 위한 합리적인 산림토양질 평가 체계	이승우 / 107
기행문	
미국 서부지역 여행에서 받은 인상과 소견	김사일 / 112
칼 럼	
중 심(中心), 중도(中道), 중용(中庸)	박순조 / 119
시	
밀림	박순조 / 42
안개꽃	김청광 / 111
체험수기	
산림입지도 제작사업 조사자로서 우리의 역할	조성철 / 122
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 125
연도별 회지 발간 목록	/ 136

제 14호 2011

머리말	안병영 / 3
산림청장 취임사	이돈구 / 5
논 단	
산림경영을 위한 축적1/5,000 산림입지도	류택규 / 10
산림의 건강 활력도 진단 평가	김석권 / 15
특 집	
산림조사 사업의 품질관리 현황과 과제	신만용 / 18
국가공간정보통합체계구축사업	김경호 / 28
산림자원조사 40년에 즈음하여	김성호 / 39
새로운 임업창출을 위한 일본의 산림정보사 자격제도	정진현 / 50
기술정보(해외)	
일본의 산지계류내 거석의 입경조사법(토석의 최대입경에 관한 타당성 검증)	전근우 / 56
중국의 봄철 황사 발생 특징(2000년~2008년)	박기형 / 63
기술정보(국내)	
항공사진 영상자료의 인터넷 검색 웹서비스 실시	류주형 / 82
산불피해지의 토사재해 대비 사방댐 설치	이창우 외 2인 / 87
산림유역 개발로 인한 부유 토사 유출이 습원환경에 미치는 영향(일본쿠시로 습원의 연구사례)	이충화 / 92
우리나라 산림식생의 대립종군에 의한 군락유형 분류	윤충원 / 96
새로운 소득자원 꽃송이 버섯	박 현 / 104
녹색성장과 그린홈 목조주택 혼그린	박문재 / 111
소나무류 주요 병해의 진단 및 방제 I	김경희 / 118
기후변화와 산림생태계	박용목 / 126
암석 풍화에 따른 토양 발달	최 경 / 134
시	
동화	김문역 / 151
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 152

제 15호 2012

머리말	안병영 / 3
산림정책	
산림청의 산림공간정보 정책 소개	김성택 / 5
논 단	
국토녹화와 임업발전에 기여한 공적(향산 현신규 박사)	김사일 / 12
미래지향적 산림생산기술분야의 전망	김석권 / 18
특 집	
우면산 산사태 발생 원인과 대책	최 경 / 22
평창 동계올림픽 사이언스 오벌을 목조건축물로	박문재 / 48
기술정보	
산림청 활용 프로그램 소개	김찬희 / 56
도시산록 그린벨트지역의 정비공사에 관한 소고(小考)	전근우 / 64
식생(식물군락) 조사방법	유영한 / 72
산림욕 피톤치드의 효능 및 활용	이성숙 / 84
소나무류 주요 병해의 진단 및 방제 II	김경희 / 93
소나무류 주요해충의 생태 및 방제	고상현 / 99
	최 경 / 134
시	
두물머리 연가	김청광 / 104
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 105

제 16호 2013

머리말	안병영 / 3
산림청장 취임식	신원섭 / 5
산림정책	
산림정책 여건 변화와 제5차 산림기본계획 변경	박은식 / 11
특 집	
생물다양성과 산림유전자원보호구역 관리	배관호 / 20
기후변화와 목재 이용	최돈하 / 28
생물 분포 정보는 우리나라 생물자원을 지키고 활용하기 위한 필수자료	양종철 · 이유미 / 36
조사 · 연구	
산림입지토양도(1:5,000)DB자료를 이용한 지역별 주요 산림입지 및 토양환경 분포특성	원형규 / 38
숲 치유센타의 주변시설 조성 연구	이현규 · 박흥수 · 김완석 / 47
산림 내 사찰문화재의 산불피해 특성 분석	이시영 / 65
경상남도 함양군 산양삼재배지 입지환경 특성	김춘식 / 75
기술정보(해외)	
일본의 환경보전 사방사업(1) - 고향사방사업을 중심으로	전근우 / 89
일본의 환경보전 사방사업(2) -safety, Community 모델사업을 중심으로-	서정일 · 전근우 / 99
해외의 Community Forest - 인도네시아를 중심으로-	박관수 / 111
기술정보(국내)	
산림토양 모놀리스의 의의와 작성법 기초	이명종 / 115
독일과 한국의 산림입지조사 방법 비교	배상원 / 121
간벌재를 이용한 생태하천 조성	이동흡 / 128
숲속의 식용버섯	가강현 / 135
산림문화	
파도 속으로 묻고 싶은 것들(시)	권순성 / 147
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 148

제 17호 2014

발간사	안병영 / 3
산지환경 발간 17주년 축하메세지	윤영균 / 5
산림정책	
ICT 기반의 국유림통합관리체계 기반 완성	김찬희 / 7
지속가능한 수자원 확보를 위한 사림유역관리 정책	최형태 / 21
특별기고	
아시아 최고 수목원! 백두대간 수목원 소개	황효태 / 30
논 단	
산사태와 토석류를 알면 피할 수 있다	김경하 / 37
지구촌 물 전쟁, 숲에서 해답을 찾자!	김수진 / 46
기술정보(해외)	
일본의 환경보전사방사업(3) -물과 숲이 울창한 계류사방사업 -	전근우 · 김석우 / 53
일본의 환경보전사방사업(4) - 사방랜드스페이스창출사업 및 사방학습구역모델사업-	
	서정일 · 전근우 / 62
주요 국가별 토양분류체계 특성	김용석 · 구남인 / 72
미국의 토양분류 체계와 토양 특성	최 경 / 82
기술정보(국내)	
개인 산주 맞춤형 서비스 「산림정보 다드림(林)」 시스템	이승우 / 99
동해안 산불피해지 경관조림	임주훈 / 107
대축척 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보 서비스 고도화사업	
	원형규 · 김용민 · 손민호 / 115
조사 · 연구	
사유 양묘장 토양환경 및 관리 방안 - 강릉시 사천면 미노리 -	안병영 · 최인규 / 128
제 언	
소외계층을 위한 나눔 숲 조성과 체험교육 지원 -2015년 녹색자금 공모사업 안내 -	
	고연섭 / 136
꽃내기 회원의 단상, 한국임우회의 어제와 오늘	박승수 / 138
산림문화	
야호!	박재현 / 141
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	

제 18호 2015

머리말	안병영 / 7
「산지환경」 발간 18주년 축하 메세지	남성현 / 9
특별기고	
북한의 심각한 황폐지 복구 전략에 대한 소고	박재현 / 11
상수원 보호를 위한 세계 주요도시의 산림관리 현황	최형태 / 20
변화하는 환경과 광릉 숲 생물다양성 보전	조용찬 / 31
논 단	
우리나라의 숲과 군락 유형	윤충원 / 48
산림복지 서비스사업의 맞춤형 숲 체험교육	원형규 · 안병영 · 김용민 / 56
기후변화 적응, 위험성 관리를 염두에 둔 산림관리	임종환 / 70
우리나라의 산림건강성 모니터링 현황	성주한 / 74
산림토양과 식생을 연계한 산림입지토양도 제작 필요성	임주훈 · 김용석 / 78
기술정보(일본)	
일본 북해도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성 사업(1)	김석우 · 전근우 / 85
일본 북해도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성 사업(2)	전근우 · 서정일 / 95
기술정보(국내)	
소나무 천연림 관리방안	이정재 / 110
산양삼 재배를 위한 입지토양 정보 활용	이승우 / 121
산양삼 재배지의 산림토양형별 토양이화학 특성	김춘식 / 136
암석의 분류와 풍화산물에 대한 고찰	최 경 / 145
조사 · 연구	
산지은행 제도의 도입방안 연구결과 소개	김종호 / 167
광릉 숲 시험림의 토양속성 및 공간분포 특성	원형규 · 김정환 · 김용민 / 172
낙엽송 노지양묘 활성화를 위한 토양관	안병영 · 최인규 / 185
임산물가격정보 서비스 소개	서수안 / 193
산림문학	
질경이	김청광 / 195
부 록	
정관, 회원명단 및 임 원주소록, 주요일지	/ 196

제 19호 2016

발간사	안병영 / 13
격려사/축하메시지	류광수 · 남성현 · 김남균 / 14
산림정책	
산림공간정보 기반의 산림재해 · 생태 통합관리체계 구축	김찬희 / 17
특별기고	
산지토사재해 연구동향	이창우 / 27
남북 산림자원조사 협력의 필요성과 향후 과제	박경석 / 33
한국의 땅밀림 산사태의 실태와 관리	박재현 / 40
국민행복 실현을 위한 산림복지 - 「산림복지 진흥에 관한 법률」 시행 원년, 현황과 과제	유리화 / 51
기술정보(일본)	
일본 홋카이도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성사업(3)	
-계류정비의 기본방침과 유의사항	전근우 · 김석우 / 57
일본 홋카이도에 있어서 어류가 서식할 수 있는 계류조성사업(4)	
-각 생활환경의 개요, 배려사항 및 정비사례	서정일 · 전근우 / 69
기술정보(국외)	
인도네시아 열대우림에서 희망을 심다	정양수 / 84
기술정보(국내)	
지반침하(地盤沈下)	최 경 / 90
전남 · 경남지역의 주요 산림입지환경 및 산림토양분포 특성	원형규 · 이상수 / 103
1:5,000 임상도 구축 Process 소개	심우범 · 최인규 / 108
사시나무로부터 살리신을 포함한 페놀성 화합물의 대사체 분석	박성범 · 천주현 · 한정연 · 김종윤 · 최용의 / 114
인삼 PgDDS와 CYP716A47가 도입된 담배 형질전환체에서 인삼	
사포닌 전구체인 dammarenediol-II 및 protopanaxdiol 생산	박성범 · 천주현 · 한정연 · 김종윤 · 최용의 / 119
조사 · 연구	
2015 산양삼 생산적합성 조사 시료채취 및 생산과정 확인	안병영 · 원현기 · 김준섭 · 김용민 · 이종민 / 122
노지양묘 활성화를 위한 토양관리 - 정선 · 연곡 국유양묘장	안병영 · 최인규 / 130
광릉시험림 연구시험지 관리를 위한 정밀산림자원 조사	심우범 · 최인규 / 137
산림문학	
숲의 영웅(시)	박재현 / 144
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 145

제 20호 2017

발간사	변재경 / 11
취임사	김재현 / 13
취임사	이창재 / 17
격려사	김남균 / 20
기술정보(국외)	
일본의 산촌정책과 6차 산업에 의한 산촌진흥의 복해도 사례	안기완 / 22
인도네시아 산림과 탄소배출권	김성환 / 36
기술정보(국내)	
사방시설의 환경대응에 관한 소고(小考)	전근우 · 서정일 / 43
땅밀림 산사태지에 대한 예견 및 대응	박재현 / 53
지진이 산지토사재해에 미치는 영향	김석우 · 전근우 / 68
새로운 땅, 간척지 숲 만들기	권진오 · 임주훈 / 78
산림경영계획 수립을 위한 표준지 조사방법	원현규 / 85
임지생산력을 판단하는 척도, 지위지수의 활용	손영모 / 90
산림토양 층위 발달과 유기물 분해	임주훈 / 96
국내 주요 주제도 특징 및 FGIS의 발전방향	최인규 / 102
산림 GIS투영법과 주요 좌표계	도미령 / 111
국내 산양삼과 삼척 장뇌삼 현황 분석	김용민 · 이종민 · 박성범 / 119
조사 · 연구	
양평 산림수자원 구역의 임분별 산림토양특성 및 하층식생	원현규 · 김문겸 / 131
산양삼 종자공급단지 조성사업(중부권역)	변재경 · 김용민 / 149
인삼 CYP716A53y2 유전자의 과발현과 발현 억제를 통한 ginsenoside 조성조절	박성범 · 천주현 · 반용욱 · 한정연 · 최용의 / 154
기행문	
한탄강 구역의 산림입지환경 및 산림토양단면 특성	이종명 / 161
가자! 가야로	지성구 / 168
소 개	
(주)신일사이언스 양묘용기공장 소개	최종우 / 175
산림문학(시)	
너에게 전화를 걸고 싶을때가 있다(시)	박재현 / 181
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	

제 21호 2018

발간사	변재경 / 11
격려사	구길본 / 13

기술정보(국내)

위성영상을 이용한 임진강 유역의 산림황폐지 분석	김경하 · 조현국 / 15
수원함양보호구역 지정 제도 개선을 위한 제언	최형태 / 36
도서산림 현황과 관리방안 소고(小考).	전현선 / 58
한반도 생태계연결을 위한 남북 산림협력방안	오정수 / 64
성공적인 남북산림협력을 위한 제언	김석권 / 91
땅밀림에 대해서 알아보겠습니다	박재현 / 96
한국의 땅밀림지와 지질	최 경 / 108
산양삼 재배적지 토양환경 특성	변재경 · 김용민 · 박성범 / 118
심적산림습원의 강-유출에 따른 소형목재사방댐의 토사유출 억제효과	제갈상규 / 127

기술정보(국외)

일본의 땅밀림방지공사에 있어서 계획의 책정	전근우 · 서정일 / 138
일본의 땅밀림방지사업을 위한 실태조사와 기구조사	김석우 · 전근우 / 148

조사 · 연구

진주 · 안동 산림수자원 유역시험지의 산림입지환경 및 토양단면특성	원형규 · 김정환 · 김문겸 / 166
낙엽송 생육환경에 따른 생장변화 연구	최인규 · 정양수 / 182
산양삼 재배지에서 입지 및 토양환경과 생장간의 상관관계 분석	변재경 · 김용민 · 박성범 / 191

부 록

정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/ 196
------------------------	-------

제 22호 2019

발간사	변재경 / 11
신년사	김재현 / 13
격려사	구길본 / 17
취임사	전범권 / 19
남북 공유하천인 임진강의 수해방지를 위한 산림복구계획 수립	김경하 / 23
미국 북서부 워싱턴 주의 산림유역 계안관리기법	최형태 / 52
무인기(드론)의 산림분야 활용방안	우충식 / 73
생활권 수목 생육기반으로서의 토양 관리 정책 동향 - 국내 사례 -	김용석 / 84
계류복원사업을 위한 환경조사(I) - 식물조사를 중심으로 -	김석우 · 전근우 / 93
계류복원사업을 위한 환경조사(II) - 동 · 식물플랑크톤조사를 중심으로 -	서정일 · 전근우 / 102
경제림 육성의 과학적 접근을 위한 장기 모니터링의 필요성	이대성 · 최정기 / 111
산림 빅데이터 플랫폼 및 네트워크 구축	조현국 / 118
암반사면과 지질 위험성	최 경 / 128
시설-노지 연계양묘를 활용한 일본잎갈나무 묘목의 생산효과 시험	정양수 / 145
GIS를 이용한 산림분포와 미세먼지 상관성에 관한 연구	최인규 / 153
부 록	
정관 및 주요일지	/ 161

제 23호 2020

발간사	변재경 / 13
신년사	박종호 / 15
신년사	전범권 / 20
신년사	구길본 / 22

산림토양분류와 Soil Taxonomy 및 World Reference Base for

Soil Resources 분류 연계방안 김춘식 / 24

산림토양탄소모델 김형섭 · 손요환 / 37

세계 혼농임업의 동향과 북한의 임농복합경영 김경하 / 45

생활권 도시숲 토양 관리 지침서 국외 사례 박관수 / 54

땅밀림이 발생하기 용이한 지역에 대한 공부 I 박재현 / 74

독일 바덴 부르템베르크주 산림발달형에 따른 산림사업 배상원 / 87

드론을 활용한 소나무재선충병 관리 선주남 / 98

소나무재선충병의 발생 현황과 주요 방제정책 이승규 / 106

계류복원사업을 위한 환경조사(3) - 저생생물조사를 중심으로- 전근우 · 김석우 / 117

계류복원사업을 위한 환경조사(4) - 어류조사를 중심으로 - 서정일 · 전근우 / 125

산림용 스마트 양묘 시스템 조민석 / 137

내 산에 어떤 나무를? - 맞춤형 조림지도 활용하기 - 조현국 / 148

수원함양 증진 및 산림유역관리를 위한 산림물지도 제작 및 활용 최형태 / 159

부 록

정관 및 주요일지 / 171

제 24호 2021

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	선주남 / 46
산림일자리, 산촌 지역불균형 바로잡는 무게추	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
부 록	
정관 및 주요일지	/ 187

산지환경

제25호

2022년 2월 인쇄
2022년 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 : 세광 (02)2117-0700

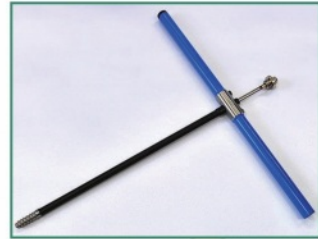
산림토양·임상 조사장비



하그로프 Vertex 5 측고기



하그로프 VL-GEO 측고기



생장추



순토 콤파스/크리노메타



표준도색칩



山中式 토양경도계

양묘용기 생산라인



양묘용기(24구)-낙엽송용



양묘용기(40구)-소나무용



양묘용기 사출기



전자동 로봇



양묘용기 금형



전동식 지게차