

第十四號

2011

ISSN-1226-8321

山地環境



社團
法人

韓國山地環境調查研究會
KOREAN SOCIETY OF FOREST
ENVIRONMENT RESEARCH

한국산지환경조사연구회 소개

설 립 목 적

산림환경에 관련된 종합적인 조사·연구와 과학적인 산림자원 관리, 산림정책 수립에 필요한 산림자원 통계의 생산 및 정보제공으로 임업발전에 기여.

주요활동 분야

- 적지적수 조림
- 토양 개량
- 시비량 산정
- 환경영향 평가
- 산지재해 방지
- 산지이용계획과 관리
- 산림경영계획
- 입목축적 조사

중 점 사 업

- 산림자원 조사 및 모니터링
- 산림입지 환경 및 산지이용 구분 조사
- 산림자원의 가치 및 지속 가능성 평가
- 산림생태 환경 조사 및 영향 평가
- 산림경영 계획의 작성
- 산지재해 방지 및 수자원 보존을 위한 오염실태 조사
- 산림영상 판독 및 산림측정 기술 개발
- 산림지리 정보시스템 개발 및 DB 구축
- 임업기술 관련 국외기술 협력 및 정보 교환

일 반 현 황

- 연구회명 : 사단법인 한국산지환경조사연구회
- 대표이사 : 안 병 영
- 연 혁
 - 1996. 8. 9 사단법인 설립 산림청장 허가 (115221-0001820)
 - 1996. 9. 9 임업서비스업 사업자 등록 (132-82-03732)
 - 2001. 3. 17 산림사업 법인등록 (영림계획-산림청 2001-5호)
 - 2011. 2. 28 소프트웨어 사업자 신고 (신고번호 B11-39525)
 - 2011. 3. 23 엔지니어링 활동주체 신고 (신고번호 12-000210)
- 주 소 : 경기도 남양주시 진접읍 장현리 627-2층
- 전화번호 : (031)572-1678, 0063, 0127 FAX:572-7387
- E-mail : ipji7387@hanmail.net ○ 홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>

산림임지조사장비



하그로프 수고측정기
Vertex IV-BT-360



하그로프 초음파 레이저 수고측정기
VL-400



하그로프 생장추
20~80cm



썬토 톱파스 · 크리노메타
Tandem



썬토 고도계
Vector



표준토색첩
일제, 406색



토양경도계
山中式



토양pH측정기
토양 직접 삽입식



토양시료캔
100ml, 6개입

 **신일사이언스**

대표전화 : 02-452-0520 www.shin21.co.kr
서울특별시 성북구 길음3동 945-2

주요사업 분야와 성과품

사업 분야	성과품
○조사사업 - 토양조사 ○ 입지환경조사 ○ 토양단면조사(토양시료 분석) ○ 식생조사 - 산림실태조사 ○ 임목생장량조사 ○ 임분밀도조사 - 산사태 위험도 평가 ○ 산복붕괴 우려지 [자연사면 전경사 인공사면] ○ 토석류 위험계류 ○ 땅밀림 우려지	- 정밀산림입지도(1/5,000) - 임지생산능력 급수도 ○ 정밀산림 토양도 ○ 임지생산능력 구분도 - 임상도 ○ 임상도 - 산사태 위험구분도 ○ 산사태 위험구분도 - 산지이용 구분도
○연구용역 사업 ○ 토양관리 ○ 산림실태 ○ 산사태 위험도 평가 ○ 산사태 복구 및 예방 대책	- 각종 수치화도면 및 보고서

사업 실적

- 산림입지구획(항공사진 판독) 1996~2002 : 2,485,000ha
- 산림입지조사(현지조사) 1996~2002 : 1,641,000ha
- 산림입지조사 보완 1999~2002 : 1,040,000ha
- 국유림잡종재산 실태조사 2001~2002 : 2,877필지
- 경영계획 산림조사 2000~2010 : 297,813ha
- 산림입지도 확대제작 1:5,000 2007~2010 : 379,175ha
- 산림정밀 임상도 지도제작 2009~2010 : 275도엽
- 조사연구 용역 2001~2010 : 16건

제15차 정기총회 개최

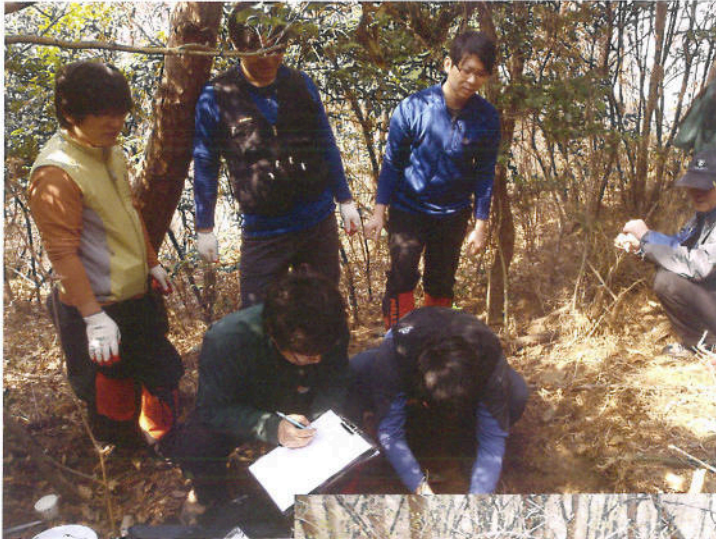
일시 : 2011년 2월 15일

장소 : 본회 회의실



▲ 2011년 시무식

2011 산림입지도 확대 제작사업



◀ 현지조사



▶ 현지교육



◀ IT컨퍼런스 참석

2011 정밀임상도 제작사업



▶ 실연회



◀ 현지조사



▶ 임업기술 컨설팅

차 례

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 외2인 / 87
산림유역 개발로 인한 부유 토사 유출이 습원환경에 미치는 영향(일본쿠시로 습원의 연구사례)	이충화 / 92
우리나라 산림식생의 대립종군에 의한 군락유형 분류	윤충원 / 96
새로운 소득자원 꽃송이 버섯	박 현 / 104
녹색성장과 그린홈 목조주택 혼그린	박문재 / 111
소나무류 주요 병해의 진단 및 방제 I	김경희 / 118
기후변화와 산림생태계	박용목 / 126
암석 풍화에 따른 토양 발달	최 경 / 134
시	
동화	김문억 / 151
부 록	
정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지	/152

題 字 : 石溪 韓昌禹
韓國美協元老作家
表紙寫眞 : 光陵試驗林

머 리 말

한국산지환경조사연구회가 발족한지 15년이라는 세월이 흘렀습니다. 본회는 산림환경에 관련된 종합적인 조사연구와 과학적인 통계분석 및 관리, GIS를 활용한 IT접목이라는 과제를 가지고 착실히 업무를 수행한 결과 모든 임업 관련 조사, 연구 사업도 전산작업이 40~50%의 큰 비중을 차지하게 되었음을 실감나게 합니다.

산림청에서도 국가공간정보시스템 구축이라는 큰 틀에서 산림정밀입지도양도, 산림정밀임상도 작성을 3년~5년에 전국을 조사 완료함으로서 국가공간정보체계를 구축함은 물론 타산업과도 연계하여 더욱 임업 서비스를 발전함과 동시에 저탄소 녹색성장의 기틀을 마련하고 국내 모든 산업을 수행함에 있어 산업구조를 친환경 녹색성장과 저탄소형으로 전환 지구온난화에 의한 이상기후 변화현상에 대처 코저 산림청에서는 특별정책으로 제시한 바 있습니다.

특히 올해에는 2011년 Forest 컴퍼런스가 대전에서 6월 23일 개최되어 임업과 IT접목이라는 큰 틀에서 경진대회 및 Workshop 이 대성황을 이루었으며 유엔이 정한 세계산림의 해이자 유엔 사막화 방지 협약(UNCCD) 당사국 총회개최로 국제사회에서 우리나라의 산림역량을 보여줄 대회가 경남 창원시에서 10월 13일 개최할 예정이며 이번 대회의 큰 성공으로 한국의 산림입지가 더욱 공공히 될 것이라고 확신 합니다.

산지환경지도 벌써 14회째 발간하게 되었습니다.

논단, 특별기고, 조사연구, 기술보급, 산문 등 14년 동안 약 200분의 원고청탁을 받아 산지환경지에 약 300편의 논문을 게재하여 산림청 및 산하단체 임업과 관련된 산학단체 등에 약 2만부이상 배포하여 조금이나마 임업 발전에 초석이 되고자 노력하고 있으며 앞으로도 더욱더 분발하여 좋은 원고를 제공받아 보람 있는 산지환경지로 발전시킬 것을 임업인 여러분에게 약속합니다.

한국산지환경조사연구회는 각자의 높은 기술력과 노하우를 십분 발휘하여 젊은 직원의 학문과 접목하고 IT를 융합함으로서 산림청 산하단체로서 믿음과 신뢰 할 수 있는 단체

로 육성할 것을 다짐합니다.

아울러 기술 보급이라는 과제에 중점을 두고 더욱 노력 할 것을 다시 한 번 약속드립니다.

산지환경지를 위해 옥고를 주신 국민대학교 신만용 교수님, 삼성SDS의 김경호 수석팀장님, 강원대학교 전근우 교수님, 공주대학교 윤충원 교수님, 청주대학교 박용목 교수님과 산림과학원의 김석권 박사님, 김성호 박사님, 정진현 박사님, 이충화 박사님, 박현 박사님, 박문재 박사님, 김경희 박사님, 이창우 박사님, 박기형 박사님, 류주형 박사님과 본회 연구회 필진들에게 진심으로 감사드리면서 이러한 내용들이 임업을 담당 하시고 활용하시는 분들에게 유용하게 활용되기를 기원합니다.

아울러 여러 임업인 들의 아낌없는 협력과 성원을 항상 부탁드리면서 모든 임업인 가정 에 건강하시고 행운이 늘 함께 하시기를 축원 합니다. 감사합니다.

2011년 7월 일

(사)한국산지환경조사연구회

회 장 안 병 영

제29대 이돈구 산림청장 취임사

존경하는 전국의 임업인 여러분,
그리고 산림공직자를 비롯한 산림가족 여러분!

제29대 산림청장으로 여러분들께 인사를 드리게 된 이돈구입니다.

올해는 제가 산림분야와 인연을 맺은지 46년이 되는 해입니다. 산이 좋아 시작한 임학도에서 반평생을 교수로 재직한 제가 산림청장의 중책을 맡게 되어 매우 영광으로 생각합니다. 아울러, 오랜 역사와 전통이 있는 산림청의 첫 번째 교수 출신 청장이라는 점에서 무거운 책임감을 느낍니다.

산림청은 저와 특별한 인연이 있는 곳입니다. 해외에서 공부를 마치고 국내에 돌아와 처음 연구를 시작한 곳이 산림청이었고, 지난 5년간 세계산림연구기관연합회(IUFRO) 회장직을 수행하면서 함께 일한 곳도 산림청과 국립산림과학원이었습니다.

저와 직·간접적으로 함께 하였던 분들을 통해 들었던 능력 있는 여러분을 이 자리에 서서 만나보니 저의 무거웠던 마음이 한결 가벼워지는 것 같습니다.

아울러 지난 2년여 동안 재임하시면서 산림행정을 한 단계 도약시키고 임업인과 산림가족에게 희망을 주는 다양한 산림정책을 추진하신 정광수 청장님은 물론, 역대 청장님들의 노고에 대해서도 이 자리를 빌어 진심으로 감사드리고 존경을 표합니다.

산림청은 올해로 44년의 역사가 되었습니다. 과거 저 역시 다른 사람들과 마찬가지로 독일, 일본 등 선진국의 울창한 산림에 대한 로망이 있었습니다.

하지만, 지금은 치산녹화와 숲가꾸기 등 산림정책을 성공적으로 추진하면서 과거 황폐하였던 우리나라 국토를 아름다운 숲과 푸른 산이 가득한 녹색 국토로 바꾸었고 이제는 세계 많은 나라들이 부러워하는 롤모델이 되었습니다.

이밖에 국민들이 가장 선호하는 레저문화인 등산을 비롯하여 자연휴양림 등 다양한 산림사업들은 국민들의 큰 사랑을 받고 있으며, 정부의 녹색성장과 일자리 창출에도 산림

분야가 크게 기여하여 왔음을 잘 알고 있습니다.

다시 한번, 그동안 여러분의 노고에 깊은 존경을 표하며 저 역시 새로운 시각에서 산림청이 꿈꾸는 녹색미래를 위해 혼신의 노력을 다하겠습니다.

존경하는 산림가족 여러분!

금년은 현 정부 4년차로 그동안 정부에서 추진해온 각종 정책들에 대해 점검이 필요한 시기입니다. 또한, 앞으로 추진할 정책들은 그 어느 때보다도 국민들의 냉정한 검증을 받게 될 것입니다.

특히, 금년은 유엔이 정한 세계 산림의 해이자 유엔사막화방지협약(UNCCD) 당사국 총회 개최로 국제사회에서 우리나라의 산림역량을 보여줄 수 있는 절호의 기회이기도 합니다. 작년 IUFRO를 성공적으로 개최하면서 보여주었던 우리의 역량을 UN 회의를 통해서 보여줄 좋은 기회인 것입니다.

이에, 청장으로 취임하는 이 자리에서 녹색성장을 선도하는 산림강국이라는 산림 비전을 실현하고 오랜 기간 국내 산림정책과 국제 산림동향을 지켜보면서 느꼈던 산림행정의 지향점에 대해 여러분께 말씀드리겠습니다.

첫째, 기후변화 대응과 청년일자리 창출을 통해 녹색성장을 선도하겠습니다.

산림행정의 근간인 산림자원 육성과 산림바이오매스 순환 이용을 통해 산림이 기후변화 문제 해결과 녹색성장의 중심이 될 수 있도록 산림청 역량을 집중시켜 나가겠습니다.

또한, 산림분야 연구개발에 대한 관심과 투자로 실용 가능한 녹색기술을 개발하겠습니다. 개발된 기술은 국내 뿐 아니라 해외에 수출할 수 있도록 자원화하는 한편 녹색성장 정책으로 환류하여 국민에게 제공할 것입니다.

아울러, 산림분야가 가지고 있는 다양한 대국민 서비스를 기반으로 청년일자리 창출 방안을 마련해 보도록 하겠습니다. 지금까지 산림분야는 경제위기 때마다 일자리 제공의 선봉 역할을 해왔습니다. 하지만, 무엇보다 중요한 것은 단기 일자리가 아닌 장기 안정적인 청년일자리 창출이며, 우리 산림 분야는 분명히 그 해답을 가지고 있다고 생각합니다. 함께 고민하여 국민이 원하고 산림 발전에 기여할 수 있는 일자리를 창출합니다.

둘째, 임업인 소득 증진과 국민 삶의 질 제고를 위해 힘쓰겠습니다.

우리나라 산림은 청년기에서 장년기로 접어들고 있습니다. 그만큼 산림 보물들이 차곡 차곡 쌓여가고 있습니다.

저는 임업인이 그 보물의 첫 번째 수혜자가 되어야 한다고 생각합니다. 임산물을 1차 산업에서 가공·식품산업으로 발전시키고 산채, 산양삼 등 임산물의 부가가치를 높여나가겠습니다. 또한, 목재산업을 우리나라 청정산업의 핵심이 되도록 육성하겠습니다.

아울러, 생애주기 산림복지 체계를 구체화하여 국민 여러분께 보다 다양한 산림서비스를 제공할 것입니다. 특히, 아토피 등 환경성 질환과 우울증 등 스트레스 질환에 고통을 받고 있는 국민들이 산림 치유 효과를 체감할 수 있도록 산림치유 연구개발을 강화하고 산림치유 공간을 더욱 많이 만들어 가겠습니다.

셋째, 산림의 건강성을 증진하고 재해에 강한 산림재해 안전망을 구축하겠습니다.

며칠 전 지리산, 양양 산불의 언론 보도를 통해 놀란 가슴을 쓸어내린 적이 있습니다. 오늘 이 순간에도 전국의 산림공무원이 산불에 대비하여 총력을 기울이고 있다는 것을 알고 있습니다.

잘 아시다시피 전 지구가 기후변화로 인한 환경재앙으로 고통받고 있습니다. 이와 함께 산불, 산림병해충, 산사태 등 산림재해 위험 역시 날로 증가하고 있는 실정입니다.

산림의 건강성을 지키는 것이야말로 정부가 주도적으로 해결해야 하는 책무라고 생각합니다. 이를 위해 보다 전문화된 산림재해 방지체계를 구축하고 재해를 사전에 대비할 수 있는 기술개발에 힘쓰겠습니다.

또한 전 세계의 생물자원 전쟁에 대비하여 산림 식물자원이 체계적으로 보존될 수 있도록 종합적인 대책을 마련하여 추진하겠습니다.

넷째, 글로벌 산림 리더 국가가 되도록 산림협력을 강화해 나가겠습니다.

국제산림협력은 제가 오랜 시간 동안 관심을 가지고 참여해 왔던 분야로 발전 가능성과 국제사회에서의 수요가 높은 미래 산림청의 핵심 정책과제이기도 합니다. 한 아세아, 한 러시아, 한 아프리카 등 지역 및 국가간 관계를 더욱 돈독히 하겠습니다.

현재 추진하고 있는 공적개발원조(ODA) 사업의 추진 성과를 재점검하고 더욱 확대 발전시켜 나가겠습니다. 금년 UNCCD 당사국 총회를 기반으로 사막화 문제를 해결하는 주도적인 역할을 수행하는 한편, 아시아산림협력기구(AFOCO)가 되도록 조기에 발족하는데 차질이 없도록 노력하겠습니다.

또한, 통일에 대비하여 우리가 최우선적으로 해결해야 하는 북한 황폐지 복구를 위해서도 조림 수종 선정부터 착실히 기반을 조성하겠습니다.

마지막으로, 소통행정을 통해 대내외 산림역량을 강화하겠습니다.

산림청 외부에 있던 저에게 청장의 자리를 준 것은 관료적인 사고에서 벗어나 국민, 임업인, 기업, 교수, 임학도 등 다양한 계층과 그들의 눈높이에서 소통행정을 펼치라는 의미도 내포하고 있다고 생각합니다. 청장으로서 내·외부를 잇는 가교자와 산림청 대변인 역할을 성실히 수행하겠습니다.

아울러 여러분 한분 한분이 가장 귀한 분들이기게 여러분의 목소리를 산림정책의 발전과 조직운영의 기틀로 생각하겠습니다. 제가 부족한 것은 낮은 자세로 받아들이고 불합리한 것은 반드시 고쳐 나가도록 하겠습니다.

특히, 투명하고 객관적인 인사운영과 신상필벌을 이행할 것을 약속드립니다. 그리고 칭찬을 많이 하겠습니다.

산림 공직자와 임업인, 그리고 산림가족 여러분!

급변하는 시대의 속도가 때로는 쫓아가기 버거울 때가 있습니다. 많은 정책들이 변화의 속도만을 따라가기 위해 급변하고 있습니다.

하지만, 우리의 정책 대상은 변함없이 우리 곁에 서 있는 우리의 산과 숲입니다. 그렇기에 산림정책은 보다 장기적인 비전과 뚜렷한 목표를 가지고 추진하여야 합니다.

더불어, 산림 행정은 보다 진취적이어야 합니다. 우리의 정책고객인 국민들의 요구 수준은 나날이 높아지고 있습니다. 기존 보호 위주의 산림 패러다임으로는 국민들의 신뢰를 얻는데 한계가 있습니다. 현장에서 국가가 할 수 있는 것이 무엇인지를 먼저 파악하여 정책으로 발전시켜야 합니다.

인지위덕(印紙威德), 명래가복(明來家福)이라는 말이 있습니다. 과거 중국 당나라 때 유래한 말로 가족의 평화를 지키기 위해서는 난관을 돌파하고 자기를 희생하면서 참아야 한다는 말에서 유래하였습니다. 대통령께서 강조하신 ‘일하는 정부’, ‘국민에게 희망을 주는 정부’가 되기 위해서 이 자리에 계신 여러분의 노력과 인내가 필요할 것입니다.

모두가 함께 노력하여 산림행정을 한단계 발전시켜 나갑시다. 국민이 바라고 세계가 바라는 선진 산림정책을 펼쳐 나갑시다.

아울러, 묵묵히 일하고 계시는 임업인과 산림공무원이 기쁘고 자긍심을 느낄 수 있는 조직을 만들어 가도록 노력하겠습니다. 사람과 생명을 가장 아끼고 사랑하는 산림청이 됩시다. 저도 여러분과 끝까지 함께 하겠습니다.

마치기전, 한 가지 인용을 하고자 합니다.

Treasure every moment which you/we have,(여러분과 제가 가지고 있는 순간을 가장 소중히 생각하고), yesterday is history(어제는 과거이고 지나갔으며), tomorrow is mystery(내일은 어떤 일이 벌어질지 모르며), today is a free given by God.(오늘은 신이 준 소중한 선물입니다.) That is why it is called “Present is very important.” (현재가 가장 중요하다는 것을 잊지마시길 바랍니다.)

오늘도 어려운 여건 속에서도 맡은 바 소임을 다하고 계신 산림가족 여러분의 노고에 대해 깊은 감사의 말씀을 드리면서, 아낌없는 협력과 성원을 부탁드립니다.

항상 건강하시고 가정에도 행운이 함께 하시기를 기원합니다. 감사합니다.

2011년 2월 9일

산림청장 이 돈 구

논 단

산림 경영을 위한 축적 1/5,000 산림 입지도

류 택 규

한국산지환경조사연구회 자문위원 농학박사

I. 서 론

산림법에서는 산림의 다양화와 임업의 발전을 도모함으로써 국민 전체의 삶의 질 향상과 국민 경제의 꾸준한 발전을 목적으로 하며 이를 위해 국토 환경을 보전하고 임산물을 생산하는 기반으로써 산림 보전과 개발이 조화를 이루어서 지속적이며 합리적인 산림 경영이 실행되어야 한다. 이를 실천하기 위해서는 생태적으로 풍요한 산림 조성 and 유지, 개발로 현재와 미래의 사회적, 경제적, 생태적, 문화적, 정신적인 요구에 충족할 수 있게 산림을 보호하고 경영하는 것이다. 이것이 시대에 부과된 절명과제로 되고 있는 지속적인 산림경영원칙은 산림 자원의 유지, 증진을 통해서 후세대의 사회적, 경제적, 생태적, 문화적, 정신적인 각 분야의 수요에 대응할 수 있는 산림 조성이 이루어져야 한다는 것이 일반적인 견해이다.

그러면 이러한 산림경영 목적을 뒷받침할 수 있는 국가 공간정보체계 구축작업으로써 산림 입지도 제작은 어떤 의미가 있는지 이를 논하고자 한다.

II. 산림 입지도 제작 의의와 배경

산림은 토지를 대상으로 하는 생산업이므로 토지에 대한 정보를 잘 파악하는 것은 성공적인 임산업을 위해서 우선적으로 필수적인 요건이라 할 수 있다. 과거 현상에 맡기고 거기에서 얻어지는 결과물만을 채취해서 이용하던 약탈임업 시절에는 토지에 대한 내용이 관심 밖이었지만 적어도 자연적으로 발생한 어린 나무를 가꾸거나 필요한 나무를 심어서 키우겠다는 의지를 가졌을 때는 그 임목이 서 있는 토지를 파악하는 것은 매우 필요한 사항이 아닐 수 없다. 우리나라의 경우 토지조사가 시작된 것은 1905년 일본 전문가에 의해서 토양조사가 이루어졌고, 농사 집단지인 저수지와 수리조합이 결성된 지역에서 관내지역의 수확고를 높이기 위하여 시비처방을 위한 토지조사로서 주로 농업적인 목적에서 이루어졌으며 산지에서는 1967년 산림청이 발족하고 1970년 간이 산지 이용구분 조사를 실시하여 도면화한 것이 최초의 산지도양 조사였으며, 보다 정밀한 토양조사를 위해서 전국을 14개 단지 산림경영구로 지

정하고 여기에 맞추어 산림생산성 제고를 위해서 14단지 중 3단지에 속해 있던 강원 평창, 정선, 영월 일원의 산림 토양조사를 당시 산림자원조사연구소 토양조사과에서 실시하였으며 1972년에는 13단지인 함양, 산청지구토양조사로 토양도와 임지능력구분도를 작성 현지에 활용하도록 하였고, 1974년 전 산지를 5등급으로 구분한 간이 산림토양도 제작을 위한 산림토양조사가 이루어졌으며 특수지역 솔잎 혹파리 방충 대림 설정을 위해 경북 월성과 충북 단양 지구 토양조사가 실시되었고 고속도로변 산림관리를 위해서 경부고속도로 구간 서울 대구간 도로변 산림의 118,000ha에 대한 조사가 실행되었다. 1977~1979년간을 임상조사에 곁들여 토양조사가 이루어졌다. 1980년부터 1986년까지 전국 정밀토양 조사가 이루어져 1/25,000축척에 지형도에 도면화 작업이 이루어졌다. 그 후 1995년에 시작하여 2002년에 전국 산지에 대한 1/25,000축척 산림 입지도 제작을 완성시켰다. 그러나 대축척의 국토 공간정보요구가 커졌고 사회적 지리정보요구도가 커지고 산림 분야만이 아닌 국가 운영 차원에서 토지정보지형도의 필요성이 인정되어 국토해양부 주관하에 2009년부터 1/5,000 축척의 토지정보지도 제작이 시작되어 현재 진행되고 있다. 이는 산지에 대해서 산림정책 당국인 산림청만이 필요한 것이 아니라 국토해양부를 비롯한 환경부, 행안부, 국방부 등 관계 부처에서 많은 지리 정보

를 요구하고 있기 때문에 이 사업이 종합적으로 실행되게 이른 것이다. 산림을 관장하는 산림청에서 보면 내산의 지형 및 토양정보를 자세히 알 수 있는 좋은 기회를 만났다고 하지 않을 수 없다.

III. 입지도 제작 내용

과거 산림 입지도는 산림 관계 기술자가 항공사진과 현지조사 결과를 가지고 제작되었던 관계로 어디까지나 임업목적을 위해서 이루어졌으므로 다른 분야에 이용에는 한계가 있었다. 그러나 이번에 실시되는 1/5,000 산림 입지도는 국내에 활용할 수 있는 모든 기존 자료가 동원되고 더욱이나 최근에 발달한 전산장비 기계와 최신 기술을 동원하여 함께 이루어지므로 그 자료는 범국가적으로 자료가 정리 보관될 것이기 때문에 어느 부서에서나 쉽게 활용할 수 있는 편의성이 있고 여기에 기록되는 산지정보 내용도 그 어느 때보다 정확하고 세밀하게 조사 기록되어 진다.

그 입지 현지조사에서 산림입지구획조사, 산림입지환경조사로 방위, 경사, 배수상태, 입지환경 인자로는 표고, 경사, 방위, 모암, 기후대, 능선대계곡비, 지형, 경사형태, 붕괴정도, 퇴적양식, 풍노출도, 토양배수, 침식상태, 암석노출도, 토양조사 사항으로는 단면층계, 토심, 유효토심, 토색, 토성, 토양구조, 건습도, 석력함량, 건밀도, 유기물 함량, 토양비옥도를 가늠하기 위해 토양시료

를 채취하여 분석하고 토양형에 대하여는 갈색산림토로서 건조, 약건, 적운 약습으로 구분하고 적색계갈색건토로서 약건으로 구분하며 적황색산림토로는 적색건조, 적색 약건, 황색 건조 암적색토로는 회갈색 건조, 약건 화산회 산림토양은 화산회건조, 약건, 적운, 습운, 화산회성적색건조, 약건, 화산회자갈색산림토 침식 토양에서는 약침식, 강침식, 사방지, 미숙 토양 암쇄토양으로 구분 조사된다. 이렇게 조사된 인자들은 Computer에 입력되어 종합 분석하여 자동으로 그려져 도면이 제작된다. 이러한 자료들은 다시 현지 확인 점검되고 완벽할 때 최종적으로 완성된다. 이와 같이 상세한 내용이 큰 축적상태에서 수치화 되고 도면화 되니 과거에 애매했던 자료들은 정확하게 밝혀져 이용에 편의가 제공될 것이다. 1/5,000 입지도는 과거 1/25,000의 5배 크기로 확대된 지도를 볼 수 있어서 산림 현지에서도 쉽게 확인되고 이용이 가능해진다.

IV. 산림경영과 입지

과거 산림은 임산연료와 목재 그리고 여유있는 사람은 사냥터로서 이용되는 것이 고작이었다. 그러나 우리나라에서는 대부분의 국민이 농촌에서 도시로 이동되었고 그 인구가 전 국민의 90%를 육박하고 있다. 그래서 자연히 높은 빌딩 속에서 나날을 생활하다 보니 건강에 많은 문제가 생

기고 산림과는 멀리 떨어져 있어 자연히 어릴적 시골마을 숲속에서 놀던 그 때가 그리웁고 산림에서 지내면서 살던 쾌적하고 상쾌한 공기와 산속 어디에서나 퍼 마실 수 있는 맑은 물을 잊지 못하여 주말을 이용하여 산으로 달려가고 있다. 이와 같이 주말을 숲에서 보내는 것은 많은 시민의 일상화가 되어 가고 있다. 그러니 과거 산림 가치는 뒷전으로 물러나고 쾌적하고 아름다운 산림환경이 크게 부각되고 있다. 이러한 산림 가치의 변화에 부응하여 산림을 만드는 것은 현대 임업인에게 부과된 새로운 과제가 되고 있다. 여기에 맞는 산림을 조성하여 후세에게 자랑스럽게 넘겨주어야 할 당위가 있다. 이는 산림정책에 있어서 중시되어야 할 사항이고 이에 대한 모두의 지혜를 짜내야 한다. 우리나라는 전 국토의 64%나 되는 산을 가지고 있으면서도 90% 이상의 목재를 외국에서 수입하여 쓰고 있음에 임업인은 자성하여야 하고 현 정부에서 주장하고 있는 녹색성장 시대에는 앞으로 목질에너지를 보다 많이 생산하여 공급하여야 하기 때문에 산림에서 생산성을 높이는데 초점이 맞추어져야 한다. 이것은 현재 작성하고 있는 입지조사 자료를 잘 분석하여 산림 생산성이 높은 확실한 산에는 거기에 맞는 수종을 골라서 조림하고 육립하는 적극적인 계획이 이루어져야 한다. 또 백두대간이나 특이한 생물이 살고 있는 산림에 한해서는 요즈음 세계 각국이 신경쓰고 있는 생물의 다양성

을 지키기 위해서 보호 보존림으로 지정하여 철저하게 운영되어야 하고, 경관이 아름답고 계곡에서 물이 늘 흐르며 진달래 철죽과 같은 꽃들이 있으면 휴양지로 개발하도록 경영계획이 이루어져야 한다. 이 뿐만 아니라, 문화재청, 환경부, 국방부에서 관리하는 산림에서도 그들 목적에 맞게 경영이 되도록 산림입지도가 활용될 수 있게 산림청에서는 권장과 지도가 이루어져야 한다.

V. 한국 산림조성 계획

우리나라는 지형이 복잡다양하고 4계절이 뚜렷하게 구분되는 온대성 기후이기에 자생 식물의 종류가 무려 3,137종이나 되는 다양한 식물상을 보이고 있다. 이러한 모든 식물은 우리나라 산림에서 계속해서 자생이 가능하도록 보전되고 관리되어야 한다. 이러한 문제는 범 국가적으로 다루어야 할 일이지만 토지의 소유자인 개인 산주나 공공기관 산림청에서만 이 문제를 다루기는 벅찬 과제가 아닐 수 없다. 국립공원에서 다루거나 문화재청 보호림 국립시험림에서 취급할 일이고, 이는 그 조성관리 목적이나 방법도 일반 산림과는 차별화 된 기술과 경영법으로 관리되어야 한다. 이곳에서는 다양한 생물들이 보존되도록 관리되어야 하고 특이한 경관도 유지될 수 있도록 하여야 할 것이다. 그 외의 산림은 산림 생산성으로 소득을 증대시키도록 산림이 조성되어야 하는데 이것은 어디까지

나 산주의 경영의도에 부합하도록 합의하여 지원할 수 있게 법이나 행정제도가 뒷받침 되어져야 한다.

과거에는 산림 부산물은 산림 소득에서 차지하는 비중이 얼마되지 않아서 누구나 채취 이용하도록 개방되었지만 최근에는 장뇌삼을 비롯하여 오갈피, 산수유, 오미자, 더덕, 취나물 등이 소득원이 되고 있어 소면적 산주들은 이를 재배하려는 경향이 높아졌고 고로쇠 수액, 밤, 잣, 호도, 대추 등을 산지에서 재배하려는 산주가 늘어나기 때문에 이에 맞는 입지를 선정하도록 하여 주고, 이들에 대한 특별 지도 관리도 필요하게 되었다. 이와 같이 다양한 산림경영을 시도하는 산주에게는 여기에 적합한 입지를 선택하도록 그 조건을 가려줘야 한다.

또한 최근에는 수목원을 조성하여 국민에게 휴양 공간으로 제공하면서 그 관광객을 유치, 소득을 올리려는 산주들도 적지 않음을 볼 수 있다. 국가에서는 먼 장래를 내다보는 장기 산림 경영계획을 수립하여 실행하여야 하지만 자본주의 경제 체제에서는 사유권을 가지고 있는 산주의 의사를 반영한 산림 경영기반이 이루어져야 하고, 여기에 따른 재해 예방 보험대책도 함께 하여 산주가 안심하고 산림 사업에 임할 수 있도록 되어야 한다. 이것이 국토 공간 배치 및 운영에 합당하는 국가 임무라고 본다. 궁극의 목적은 우리 모두가 잘 가꾸어진 산림을 갖고 산주는 많은 소득을 산에서 찾을 수 있을 때 그 넓은 산은 보물

산이 될 것이고 국가의 위상은 매우 높아질 것이다.

VI. 결 론

이제 국토가 협소한 한국에서는 638만 ha의 산지는 방치할 대상이 아니라 국민 생활과 국가 경제를 위해서 쓸모있는 국토 자원으로 활용되어야 한다. 이제 정부에서는 모처럼 큰 예산을 들여 1/5,000 대축척의 전국 산림 입지도 제작 정보 구축작업을 행하고 있으니 매우 다행한 일이 아닐 수 없으며, 이 사업은 국가 장래를 위해서 잘 활용되도록 모든 지혜를 짜내서 빈틈없

는 토지정보 자료가 수록되어서 후세들이 산지를 관리하는데 손색이 없게 되어 이 사업에 대하여 두고 두고 찬양할 수 있게 되기를 간곡히 바란다.

VII. 참고 문헌

- 산림청 1995 산지이용체계개편 1-368
- 산림청 1996 한국임정 50년사 1-1009
- 산림청 2006 산림관례법령집
- 산림과학원 2006 국유림경영기법 및 임분단위 사업 결정지원시스템 개발 연구보고 06-09, 1-165
- 산림과학원 2009 산림 입지도 제작 표준 매뉴얼 연구 자료 347



논 단

산림의 건강·활력도 진단·평가

김 석 권

국립산림과학원 산림생태 연구과장

건강한 산림이란 무엇일까? 건강한 산림을 한마디로 정의하기는 어렵지만, 일반적으로 <산림생태계에 주어지는 어떠한 교란을 스스로 극복하면서 산림이 가지고 있는 다양한 속성들을 지속적으로 유지할 수 있는 산림>으로 볼 수 있다. 산림 건강상에 대한 국민의 관심은 점차 증가하고 있지만 우리나라의 숲은 최근 지구온난화와 환경오염 등 지구환경 변화에 취약한 실정이다. 특히, 1960년대 이후 속성수 위주의 조림, 황폐지 복구 등을 위한 단순림 조림으로 숲 구조가 산불, 산사태, 병해충에 취약하고 산림생태계의 안정성과 건강성이 낮은 것으로 평가되고 있다.

이러한 우리 산림 건강성의 문제를 해결하고자 산림의 건강·활력도 조사를 실시하게 되었다. 산림의 건강·활력도 조사는 산림의 기능을 증진시키기 위하여 산림생태계가 건강하고 다양하게 유지되고 있는 정도를 주기적으로 조사 및 평가하여 산림생태계의 건강성 유지 및 효율적인 산림정책 수립을 위한 기반 자료를 확보하는 것을 목적으로 한다. 또한, 산림 건강성을 평가하는 것은 산림생태계를 구성하는 요소들의 구조와 기능을 살피는 것으로, 생태학

적 관점에서 보면 산림생태계의 지속성, 생물 요소와 비생물 요소의 건전성을 파악하고 생산성, 다양성, 심미성, 안정성 및 효율성에 대하여 평가하는 것이다.

미국 산림청은 이미 1980년대에 산림건강 모니터링(Forest Health Monitoring, FHM)에 대한 장기적인 접근법을 설계했으며, 국가식생조사(National Vegetation Survey)를 수행하고 있다. 현재 연방 FHM 프로그램은 몬트리올 프로세스의 상위 5가지 기준을 취급하고 있으며, 67개 지표 중 16개를 모니터링 하고 있다. 유럽은 산림건강성을 '대기오염이 산림에 미치는 영향에 관한 평가 및 모니터링에 관한 국제 협력 프로그램(ICP 포레스트, International Cooperation Program on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effect on Forest)'을 통해 모니터링 하고 있다. ICP는 유럽 산림의 현상태와 발달 상황을 평가하고 환경 요인들과 연관시키며 정책입안자, 과학자, 일반 대중에게 그 결과를 정기적으로 보고하는 역할을 수행하고 있다.

우리나라는 한국산지보전협회가 북미에서 개발된 산림건강모니터링 기법과 운용

체계를 우리나라 산림에 맞도록 개발한 『전국산림건강모니터링 프로그램』을 적용하여 총 12개 지표 44개 조사 항목을 2005년부터 2007년도까지 전국 산림을 대상으로 조사했으며, 2008년부터는 국립산림과학원 주관으로 과학적이고 객관적인 조사 및 평가 방법이 연구되고 있는 실정이다. 2011년부터는 산림의 건강성 조사결과와 활용 강화 및 사업의 효율적 추진을 위하여 국가산림자원조사 체계와 일원화되어 추진되고 있다. 산림의 건강 활력도 조사의 법적 근거인 『산림보호법 제19조(산림의 건강 활력도, 2010. 3. 10시행)』에는 “① 산림청장은 산림의 기능을 증진시키기 위하여 산림생태계가 건강하고 다양하게 유지되고 있는 정도(이하 “산림의 건강 활력도”라 한다)를 조사 평가할 수 있다. ② 산림청장은 제1항에 따라 산림의 건강·활력도를 조사·평가한 결과 특별히 보호할 필요가 있다고 인정되는 산림에 대하여는 보전대책을 수립 시행하여야 한다. ③ 산림의 건강·활력도의 조사 기준 평가 방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.”고 명시하고 있다.

2005년도부터 2010년까지 한국산지보전협회와 국립산림과학원은 전국 산림을 대상으로 산림건강성에 대한 많은 지표를 조사하여 데이터베이스화 하였고, 아울러 산림건상 조사 지표에 대한 등급화 방안, 평가 모형 개발 및 평가지표 개발 등에 관한 연구를 수행하여 소기의 실적이 있지만 앞

으로 풀어나가야 할 문제점들은 산재되어 있다. 먼저 2010년 『산림 건강·활력 진단·평가』를 살펴보고자 하자. 이 보고서의 목적은 1) 우리나라 산림생태계의 건강성에 대한 현재 상태와 잠재적 추이에 대한 객관적인 정보를 수집하여 변화 양상을 분석 평가하고, 2) 우리나라 산림생태계 생산자원의 질적 가치 증대를 위한 기본 자료로 활용하고 생태경영관리 및 보전을 위한 산림정책 자료를 제공하고, 3) 진단·평가를 통해 산림정책의 목표와 방향 설정을 통한 산림미래상을 예측하며, 4) 기후변화 및 산림생태계 변화의 장기적인 모니터링과 분석시스템 구축을 통해 변화 예측모형을 개발하고 취약성 평가 및 대응 방안을 모색, 그리고 5) 장기적으로 구체적이고 과학적인 생태경영 관리를 위한 가이드라인을 정립하여 효율적인 산림관리를 도모하는 것이다. 이처럼 보고서에 나타난 산림건강성 조사의 목적이 모호하고 광범위하므로 목표를 구체적이고 명확히 세울 필요가 있다. 둘째로, 많은 조사항목들 중에서 산림건강성 평가에 가장 중요한 수관활력도 측정이 조사자에 따라 차이가 큰 점을 들 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 조사자 교육을 통한 조사자 간의 변이를 줄이고 정량적 평가를 위한 조사항목을 개발해야 한다. 예를 들면, 수목개체 단위의 수목건강성을 평가하기 위해서 잎의 양분을 분석하여 적정범위에서 벗어난 개체는 건강성에 이상이 있다고 평가할 수 있고, 임분

단위의 정량적 평가 방법으로는 토양 화학성이나 토양미생물을 분석하여 이용할 수 있다. 셋째로, 조사항목에 대한 바른 평가 기준을 정립해야 한다. 현재까지 조사된 자료를 체계적으로 분석 정리하여 한국에 적합한 평가항목을 개발해야 한다. 현재 기후 변화, 도시화, 환경오염 등 다양한 환경변화에 의한 산림생태계의 변화를 단순한 현황 모니터링이나 모델식을 이용한 예측을 하고 있는데, 산림건강성에 대한 현실적인 예측을 위해서는 산림 수목의 생리 생태적 기능 변화 및 적응력, 경쟁력 변화에 대한 연구도 수반되어야 한다. 이를 통하여 기후 변화 등에 의한 생물상 및 생물다양성 변화, 이상기온, 산지재해 등의 발생을 예측할 수 있고, 높아지고 있는 산림의 건강성에 대한 국민 욕구를 만족시킬 수 있으며, 종합적인 산림건강성 정보를 제공하기 위

한 대국민 서비스 기반 구축을 앞당길 수 있을 것이다.

위에서 이야기하였듯이 2011년부터 산림건강성 조사가 제6차 국가 산림자원조사와 일원화 되면서 예산이 감소하였지만, 산림건강성이라는 말은 생태와 환경을 이을 새로운 “관심어”로 산림 관계자뿐만 아니라 일반 국민에게도 조만간 다가갈 이슈임을 명심해야 한다. 2011~2015년, 5년 동안 전국 1,000개 지역에서 수집된 산림건강성 자료가 거강한 산림생태계 유지 증진을 위한 효율적인 산림정책 수립, 국제 수준의 산림건강성 정보 확보 및 통계 자료의 생산, 그리고 산림생태계 건강성에 대한 과학적인 평가 및 모니터링 체계 구축을 위한 고귀한 자료가 되기를 소망하면서 이 글을 마치고자 한다.



특 집

산림조사 사업의 품질관리 현황과 과제

신 만 용
국민대학교 교수

1. 서 론

산림조사는 산림의 현황 파악뿐만 아니라 미래의 산림구조를 예측할 수 있는 정보를 제공하며, 이 산림정보는 다양한 의사결정에 유용하게 활용된다. 또한 산림조사 자료는 국가 산림정책 수립에 필요한 기초 자료로 활용될 뿐만 아니라 우리나라가 가입한 국제기구에 보고되는 산림통계 산출에 사용되기 때문에 얻어진 최종 결과의 정확성과 함께 조사 과정의 투명성 확보도 중요한 과제이다. 대부분의 산림조사는 대면적을 대상으로 하기 때문에 표본조사 방법을 채택할 수밖에 없고, 이를 위해서는 표본을 통해 전체 모집단의 특성을 추정하는 통계적 기법의 적용이 필수적이다. 결국 통계적인 관점에서 보면 측정오차의 문제가 산림조사의 성패를 좌우한다고 해도 과언이 아니다.

이러한 관점에서 대부분의 산림조사 사업은 일정한 형태의 품질관리(Quality Control; QC) 방안을 마련하여 오차를 줄이기 위한 노력을 기울이고 있다. 품질관리는 산림조사에서 나타나는 측정오차를 줄이기 위해 수행하는 다양한 교육훈련과 일

련의 평가 조사를 통틀어 말하는 것으로, 품질보증(Quality Assurance; QA)이 산림조사에서 나타나는 측정오차에 대한 평가를 의미하는 것과 구분되는 개념이다. 결국 산림조사 사업을 통해 양질의 조사 자료를 확보하고 이를 통해 합리적인 산림정책을 수립하거나 의사결정에 필요한 효율적인 정보로 활용하기 위해서는 산림조사 사업에서 나타나는 측정오차를 평가하는 품질보증 절차와 함께 이를 기반으로 품질관리를 위한 계획의 수립과 실천이 무엇보다 중요하다. 산림조사 사업은 조사 자료의 수집에 머무르는 것이 아니라 얻어진 자료의 분석을 통해 품질보증 및 품질관리를 위한 절차가 일련의 조사 사업에 포함되는 것이 바람직한 것으로 평가된다. 즉, 산림조사 사업은 과거처럼 조사원이 현장에서 자료를 수집하고 분석하여 결과를 도출하는 것으로 끝나는 것이 아니라, 측정오차를 평가하고 이 오차를 줄이기 위한 다양한 절차를 산림조사 사업의 과정에 포함시키는 것이 현재 산림조사 사업의 추세이다.

본 논설에서는 먼저 체계적인 품질관리 계획을 갖추고 있는 미국의 산림자원조사

사업(FIA)의 내용을 검토한 후, 현재 우리나라에서 수행되고 있는 산림조사 관련 사업 중에서 비교적 규모가 큰 국가산림자원조사, 대축적 임상도 제작사업, 그리고 대축적 산림입지토양도 제작사업자원조사, 대축적을 분석하고 비교함으로써 시사점을 도출하고자 한다. 이를 통해 품질관리의 차원에서 우리나라 산림조사 사업의 과제에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 미국 국가산림자원조사의 품질관리

품질보증은 조사 자료의 측정오차를 평가하는 과정이기 때문에 실제로는 측정오차를 최소화하는 과정인 품질관리와 밀접한 연관성을 갖는다. 미국의 국가산림자원조사인 FIA(Forest Inventory and Analysis)는 체계적인 품질보증 및 품질관리 프로그램을 도입하여 측정오차를 산출하고 이를 최소화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 미국의 산림조사 사업의 품질보증 및 품질관리 체계를 이해한다면 우리나라 산림조사 사업의 경우에 조사 자료의 품질관리를 위해 어떤 계획과 노력이 필요한지에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

가. 목적 및 내용

미국 FIA의 품질보증 및 품질관리는 측정된 산림자원조사 자료의 오차를 산출함과 동시에 조사 자료의 품질 향상을 목적

으로 수행된다. 이를 위해 적용하는 방법으로는 산림자원조사 실행 이전의 측정교육, 핫 체크(hot check), 블라인드/콜드 체크(blind/cold check)와 같은 품질보증 점검, 현장 점검, 그리고 내업 점검으로 구성되어 있다. 이 과정에는 지역감독관과 품질보증 관리자가 지정되어 있는데 이들은 품질보증/관리가 공정하고 정확하게 그리고 외부의 영향이 없이 이행되었는지를 평가하는 역할을 한다. 한편 이들은 야외조사의 전문지식을 갖추고 산림조사원들의 교육훈련 및 지도가 가능한 전문가로 구성되어 있다.

나. 산림자원조사 교육과 인증시험

미국 산림자원조사의 야외 현지조사는 임목조사와 산림건전도 조사로 구분된다. 임목조사는 모든 표본점에 대해 실시하지만 산림건전도 조사는 야외조사를 실시한 표본점의 매 16번째 마다 1개씩에 대해서만 실시하고 있다. 따라서 교육 및 인증도 임목조사 및 산림건전도 조사로 구분하여 실시하고 있는데 야외 임목조사를 위한 교육 및 인증시험은 지역감독관, 품질보증 직원, 그리고 숙련된 산림조사자에 의해 제공된다. 교육 및 인증시험 내용을 보면 산림자원조사 방법, 현장실습, 현장교육 인증시험, 필기시험으로 구성되어 있다. 이 과정에서 품질보증(QA) 직원의 판단에 따라 재교육을 요구할 수 있으며, 야외 산림자원조사 교육은 블라인드/콜드 체크를 통

하여 실시하는데 교육 기간은 최대 8주이다.

산림건전도 조사와 관련된 교육 및 인증 시험은 전체 산림 조사원 중에서 선발된 일부 인원만 참여하도록 규정되어 있다. 교육 내용과 인증시험은 임목자원조사의 경우와 유사한데 산림건전도 조사 방법, 현장 실습, 현장교육 인증시험, 필기시험 등으로 구성되어 있다. 이 교육 프로그램의 관리는 산림건전도 관리 직원이 제공하며, 필기시험은 국가 산림건전도 지표 관리자가 출제하도록 되어 있다. 또한 모든 감독자와 품질관리 직원은 의무적으로 산림건전도 조사교육을 이수해야만 자격을 얻을 수 있다.

다. 조사 자료의 품질관리 체크

조사 자료의 품질관리에는 핫 체크, 콜드 체크, 그리고 블라인드 체크의 3가지 유형이 있는데 최소 4%의 표본점에 대해 실시한다. 일반적으로 핫 체크(Hot Check)는 신입 산림 조사원이 교육훈련을 이수한 이후에 실시하는 것으로 보통 감독자와 조사원의 1:1로 실시한다. 핫 체크는 감독관 혹은 품질보증 직원에 의해 연중 수시로 실시되기도 하며, 경우에 따라서는 산림 조사원의 요구가 있을 때 실시되기도 한다. 심사관은 핫 체크를 실행하는 동안 표준지 내에 위치하며, 조사원에게 즉각적인 피드백과 평가를 제공하도록 규정되어 있다. 핫 체크는 자료 수집 절차의 문제점을 확인하는 것을 목적으로 하는 것이기 때문에 품

질관리에 해당된다. 예를 들어 흉고직경 측정 위치의 점검 등과 같은 것이 이에 포함된다. 반면에 흉고직경 측정 오차의 점검은 일종의 품질보증으로 핫 체크에서 다루는 것이 아니라 블라인드/콜드 체크의 범주에 속한다. 따라서 핫 체크에서 다루는 문제는 블라인드/콜드 체크를 통해서만 확인되지 않는 문제이기도 하다.

블라인드 체크(Blind Check)는 조사원에 의해 표본점의 조사가 완료된 후, 감독관과 품질보증 조사자에 의하여 동일한 표본점에 대해 실시하는 재조사를 말한다. 이 경우 이미 수집된 조사원의 야장을 보지 않고 재조사를 실시하기 때문에 블라인드라는 용어를 사용한다. 한편 콜드 체크(Cold Check)는 조사원의 조사결과와 감독자의 조사결과가 오차의 허용범위 안에 있는지 점검하는 절차를 말한다. 결과적으로 블라인드 체크와 콜드 체크는 일련의 과정에서 함께 이루어지며 일종의 품질보증 절차이다. 이상과 같은 블라인드 및 콜드 체크는 계절의 변화에 따른 오차를 방지하기 위해 최초 산림자원조사가 완료된 후 30일 내에 실시함을 원칙으로 한다.

라. 현장 점검(Field Edits)

현장 점검은 조사원이 각 표본점 조사를 마무리한 후 표본점을 떠나기 전에 최종적으로 실시하는 절차를 말한다. 현장점검에서는 조사 표본점에 대한 사진 촬영, 표본점 정보에 대한 점검, 그리고 차기 조사원

과 심사자를 위해 필요한 주의 사항의 기록 등이 포함된다.

마. 내업 점검(Office Edits)

마지막 단계로 수행되는 내업 점검은 조사원이 표본점 조사를 마무리한 후 사무실에서 행하는 절차를 말한다. 이 절차에는 조사 자료의 입력, 입력된 파일 자료의 출력, 조사야장에 대한 재검토가 포함되어 있다. 또한 이 자료들은 정확성을 담보하기 위해 조사 표본점에서 가까운 지역에 있는 선임조사관에 의해 2차 점검을 받으며, 조사 자료가 완벽하지 않거나 모순된 자료로 판명되면 재조사가 요구되어지고, 특히 중요한 것은 모든 내업 점검의 과정은 기록으로 남겨 보관한다는 사실이다.

3. 우리나라 산림조사 사업의 품질관리 현황

우리나라는 현재 산림조사와 관련된 다양한 사업이 진행 중에 있다. 국가에서 주도하는 산림조사는 대부분 규모가 크기 때문에 주로 전문성을 갖춘 외부기관에 의뢰하여 자료를 수집하고 있는 것이 현실이다. 이는 다양한 산림관련 업무를 담당하는 산림공무원만으로는 많은 인력과 시간을 필요로 하는 산림조사 사업을 효율적으로 감당하기에는 현실적으로 한계가 있기 때문에 전문성을 갖춘 기관에 업무를 위탁하는 것이다.

현재 진행 중에 있는 여러 가지 산림조사 사업 중에서 비교적 규모가 큰 사업으로는 국가산림자원조사, 산림경영계획작성 사업, 대축적 임상도 및 산림입지토양도 제작 사업 등이 이에 포함된다. 이 중에서 어느 정도 산림조사와 관련된 품질관리 체계가 갖추어져 있는 국가산림자원조사, 대축적 임상도 제작사업, 그리고 대축적 산림입지토양도 제작사업에 대한 품질관리 현황을 요약하면 다음과 같다.

가. 국가산림자원조사

우리나라는 항공사진을 이용하여 1973년부터 1975년까지 제1차 전국산림실태조사를 실시한 이후 2차(1978~1980), 제3차(1986~1992), 그리고 제4차 전국산림자원조사를 1996년부터 2005년까지 실시하였다. 특히 제4차 산림자원조사에서는 10년을 주기로 각 기본계획구 단위로 1년 동안 산림자원조사를 실시하여 임목자원 중심의 산림통계를 산출하는 체계를 갖추게 되었다. 하지만 국내외적으로 변화된 산림자원에 대한 요구를 수용하여 산림환경생태 자원을 포함하는 다양한 산림통계를 산출할 수 있도록 조사체계의 전면적인 개편을 단행하였다.

결국 2006년부터 시작된 제5차 국가산림자원조사는 이전과는 달리 5년을 주기로 전국 일제 조사를 실시하고 임목자원뿐만 아니라 환경생태 자원을 평가할 수 있도록 계통적 집락추출법을 채택함으로써 표본설

계 및 표본점 설계에 있어서 선진화를 이루었다. 또한 현지 조사는 산림조합중앙회 산림자원조사본부에 위탁함으로써 산림청이나 국립산림과학원은 이 사업의 계획 및 관리만을 담당하게 되었다. 본 사업을 통해 매년 수집되는 800개 집락표본점 자료는 국가 산림통계와 함께 기후변화협약 등과 같은 국제기구에 보고하는 국가산림통계의 기초자료로 활용되고 있다. 따라서 조사된 자료의 정확성 확보는 조사 자료의 품질관리라는 측면에서 매우 중요한 과제가 되었다.

제5차 국가산림자원조사는 조사된 자료의 정확성 확보를 위해 몇 단계의 품질관리 계획을 포함하고 있다. 우선 산림자원조사본부에서는 매년 4월 이전에 조사원에 대한 직무교육을 실시하여 측정오차를 줄이기 위한 교육을 실시하고 있다. 연례적인 직무교육 이외에도 수시로 하층식생 조사 교육 등 다양한 주제별 교육을 실시하고 있다. 또한 조사가 완료된 표본점을 대상으로 해당 표본점의 조사를 실시하지 않은 다른 조사팀이 재조사하는 자체검수를 전체의 3%인 24개 집락표본점에 대해 실시함으로써 조사팀 상호간에 점검을 통해 연중 실시되는 현지조사의 긴장을 유지하면서 조사 자료의 정확성 확보를 위한 노력을 기울이고 있다.

이와 함께 이 사업을 관리하는 국립산림과학원 산림자원정보과에서는 현지 지도와 함께 해당 연도 조사 표본점의 3%인 24개 집락표본점을 대상으로 현장검수를 실시하

고 있다. 국가산림자원조사 사업에 대한 품질관리와 관련하여 특징적인 제도는 제3의 외부기관을 통해 실시하는 감리이다. 이는 산림조사 분야에서 최초로 도입된 제도로 전체 집락표본점의 3%인 24개 집락표본점을 동일한 방법으로 재조사하여 조사 자료의 정확성을 확인하고 있다. 즉, 각 표본점별 조사 항목에 대한 재조사를 실시하여 측정 결과 및 측정오차를 파악하여 보고서를 작성하고 있다. 이 보고서에는 당해 연도 조사사업에 대한 종합평가뿐만 아니라 문제점, 이 사업의 개선에 필요한 권고사항, 그리고 전년도에 지적된 문제점에 대한 사후 평가가 포함되어 있다. 결과적으로 감리 사업을 통해 지속적으로 측정오차를 줄이기 위한 노력을 기울이고 있다.

나. 임상도 제작사업

우리나라 국가산림자원조사는 현지 표본점 조사와 임상도 제작이라는 2원 체계에 의해 지난 30여 년간 지속되어 왔다. 즉, 항공사진에 근거하여 임상도를 제작한 후 이로부터 얻어지는 산림면적 정보를 현지 표본점 조사 자료에 연계하여 최종적인 산림통계를 산출하여 왔다. 이러한 이유로 임상도의 경우에도 국가산림자원조사 사업의 계획 기간에 따라 제작되었기 때문에 제5차 임상도는 1:25,000의 축척으로 2006년부터 2010년까지 5년 동안 제작하여 사업을 완료한 상태이다.

하지만 국가공간정보 사업의 정책방향이

1:5,000의 대축적으로 변환되면서 임상도 제작사업도 2009년부터 2012년까지 4년 간 약 400억원의 대규모 예산이 투입되는 국책사업에 포함됨으로써 제5차 임상도 제작사업 기간과 일부 중복 시행되었다. 우리나라 전체 산림을 1:5,000의 대축적 도엽으로 제작할 경우 약 16,700도엽이 필요한데, 이러한 대규모 사업을 4년 동안에 마무리하기 위해서는 매년 평균 약 4,000 도엽 이상을 제작해야 하며, 이를 국립산림과학원 자체에서 제작하기에는 현실적으로 불가능한 것이 현실이다. 따라서 대축적 임상도 제작 사업의 경우에도 전문성을 갖춘 외부 기관 및 회사에 외주를 맡기고 국립산림과학원은 이 사업의 관리를 담당하게 되었다. 매년 제작하여야 하는 도엽의 수가 많기 때문에 본 사업에 참여하는 회사는 10개 내외로 상당히 많은 편으로, 회사마다 기술력이나 참여 조사원의 역량이 다르기 때문에 최종 결과물에 대한 적합성에 대한 논란이 있어 온 것이 사실이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 대축적 임상도 제작사업의 경우에도 다양한 품질관리 방안을 수립하여 시행하고 있다. 이를 위해 임상도 제작 관련 교육을 실시하고 있는데, 임상도 제작사업에 참여하는 모든 회사의 조사원들을 대상으로 조사사업을 시작하기 전에 1주일 정도 임상도 제작 및 현지 조사 등과 같은 세부적인 교육을 실시하고 있다. 이 교육훈련은 임상도의 품질관리를 위해 필요한 조치로 평가된다. 이와

함께 품질관리를 위한 또 다른 노력으로는 임상도 제작 사업에 참여하는 각 회사가 자체적으로 실시하는 현장 검수를 들 수 있다. 한편 사업 관리주체인 국립산림과학원에서도 임상도의 논리적 오류를 프로그램 상에서 점검하고 수정하기 위해 제작된 전체 임상도 도엽을 대상으로 자체검수 프로그램을 실행하고 있다. 이를 통해 GIS 위상(topology)의 적합성 여부 점검, DB file의 null 값 존재 여부 확인, 그리고 속성 인자 간의 상관성 문제 등을 파악하고 있다. 임상도 자체검수 프로그램은 입력된 속성정보의 논리적 오류 여부의 확인에는 유용한 도구로 활용되지만, 실제 임상도의 각 폴리곤별 속성정보가 얼마나 정확하게 입력되었는가는 현지 점검을 통해 확인할 수 있다. 따라서 국립산림과학원에서는 당해 연도에 제작된 임상도를 대상으로 현장 검수를 실시하여 정확성을 평가하고 있다. 즉, 당해 연도에 제작된 도엽의 5%를 무작위 추출하여 임상도의 폴리곤별 속성정보의 정확도를 현지에서 점검하고 있다. 하지만 임상도 제작사업의 경우 국가산림자원조사와 같은 외부 기관에서 품질관리를 위해 수행하는 감리제도는 아직 채택하고 있지 않은 것으로 확인되었다.

다. 산림입지토양도 제작사업

우리나라 산림입지토양도는 1995년부터 2002년까지 1:25,000의 축적으로 제작되어 현장에서 유용하게 사용되어 왔다. 기존의

산림입지도양도는 국유림의 경우에는 국유림 관리소 그리고 공 사유림은 시군구 공무원에 의해 제작된 것으로, 그동안 산림입지도양과 관련된 산림생산력 및 적지적수 등의 정보로 산출하기 위해 활용되어 왔다. 하지만 산림입지도양도의 경우에도 국가 공간통계 사업이 1:5,000의 대축적으로 변환됨에 따라 2008년도의 시범사업을 시작으로 2009년부터 2016년까지 약 400억원의 예산을 투입하여 약 17,600장의 도엽을 제작하고 있다. 이 사업의 경우에도 임상도 제작사업과 마찬가지로 대형 국책사업이기 때문에 전문성을 갖춘 다수의 외부 회사가 참여하여 제작하고 있다. 또한 조사된 자료의 품질관리를 위해 다양한 계획이 수립되어 실행하고 있다.

매년 산림입지도양도의 제작 사업을 시작하기 이전에 이 사업에 참여하는 회사의 모든 조사원이 참여하는 교육 프로그램이 마련되어 1주일 정도 교육을 실시하고 있다. 이 교육에서는 현지 조사와 함께 내업에 필요한 교육을 실시하며, 최종 결과물의 정밀도를 높이기 위해 관련 전문가들에 의한 교육을 제공하고 있다. 이와 함께 산림입지도양도 제작사업에 참여한 회사에서는 각 회사가 제작한 도엽의 정밀도 확인을 위해 제작 도엽의 3%에 대한 자체 검수를 실시하고 있으며, 임상도와 마찬가지로 해당 연도에 제작된 모든 도엽을 대상으로 자체검수 프로그램을 실행하여 웹상에서 논리적 오류를 점검하고 있다. 또한 이 사

업의 관리기관인 국립산림과학원 산림복원연구과에서도 전체 도엽의 3%를 대상으로 현장 검수를 실시하고 있으며, 임상도와는 달리 외부 전문기관에 의뢰하여 감리를 시행하고 있다. 이 감리사업의 경우에도 전체 도엽의 3%를 대상으로 실시함으로써 몇 단계에 걸쳐 자료의 측정오차를 줄이기 위한 노력을 기울이고 있다. 한편 산림입지도양도 제작사업에 참여하는 회사들 중에서 주관 회사의 책임 하에 도면 제작의 공동적업을 통해 결과물의 일관성, 정밀도의 향상, 그리고 기술적인 검토 등 다양한 노력을 기울이고 있다.

4. 우리나라 산림조사 사업의 과제

우리나라 산림조사 사업은 각 사업의 목적에 따라 조사체계를 갖추어 시행되고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 대형 산림조사 사업인 국가산림자원조사나 대축적 임상도 및 산림입지도양도 제작사업의 경우에는 단계별 품질관리 제도를 도입하여 시행하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 이 사업으로부터 얻어진 자료의 정확도를 높이기 위해서는 여전히 보완되어야 할 부분이 있는 것이 사실이다.

모든 산림조사 사업은 현지 자료 수집을 위한 야외 측정이 수반된다. 특히 이러한 야외 현지조사는 조사원에 의해 수행되는데 측정오차를 줄이기 위해서는 조사원의

전문성과 능력에 의존할 수밖에 없다. 따라서 조사 사업의 품질관리를 위해서는 체계적이고 철저한 교육훈련과 점검이 필수적이다. 현재 우리나라에서 시행되고 있는 대형 산림조사 사업은 많은 조사원이 투입되어 자료를 수집하고 있다. 각 사업은 매년 조사를 시작하기 전에 약 1주일 정도의 교육훈련을 실시하고 있어 나름대로 품질관리를 위한 노력을 기울이고 있다. 하지만 조사 업무의 내용을 고려할 때 현재 시행되고 있는 교육훈련은 양적인 측면이나 질적인 측면에서 만족할만한 수준이라고 말하기에는 교육기간이 너무 짧다. 미국 국가 산림자원조사의 경우 조사원의 교육이 최대 8주인 것을 감안하면 상대적으로 적은 양의 교육훈련을 이수하고 있는 것으로 평가된다. 반복적이고 충분한 교육훈련만이 조사원의 전문성을 높일 수 있는 유일한 방법이라는 사실을 인식할 필요가 있다.

이와 함께 조사원의 자격을 평가할 수 있는 제도의 마련이 시급하다. 현실적으로 능력을 갖춘 많은 수의 조사원의 확보가 어려운 것도 사실이지만 산림조사가 상당한 정도의 전문성을 필요로 하는 사업임을 인정한다면 미국과 같이 조사원의 교육 훈련 이후에 적절한 평가시험 제도의 도입을 고려할 필요가 있다. 물론 산림기사를 비롯한 다양한 산림관련 기사 자격증을 보유한 조사원이 있지만 이 보다는 각 조사사업에 적합한 맞춤형 국가 공인 자격증 제도를 도입하여 교육훈련 이후에 필요한 평가시

험으로 대체하는 것이 바람직하다.

앞에서 언급한 바와 같이 우리나라의 산림조사 중에서 예산이 많이 투입되는 대규모 사업은 측정오차를 줄이기 위해 다양한 품질관리 제도를 도입하고 있다. 교육훈련을 제외한 나머지 품질관리를 위한 조치 중에서 조사를 담당하는 주체가 자체적으로 시행하는 자체검수, 사업의 관리기관인 국립산림과학원의 현장검수, 그리고 독립된 외부 기관의 감리조사 등은 각각 나름대로 품질관리에 필요한 적절한 역할을 하고 있는 것으로 평가된다. 이와 같은 절차는 각 사업에 참여하고 있는 각 주체별로 조사된 자료의 품질관리를 위한 노력의 일환으로 이해되지만 이들 간에 연계성이 부족한 것이 현실이다. 따라서 각 주체별로 수행된 검수절차 및 감리 결과를 비교하고 종합적인 평가를 실시함으로써 사업의 개선방안을 모색해야 한다. 이와 함께 각 사업의 품질보증 및 품질관리를 위해 수행된 모든 업무에 대한 문서화(Documentation) 작업이 필수적이다. 감리사업의 경우에는 자체 보고서를 발간하고 있지만, 자체검수, 현장검수, 그리고 감리결과를 종합적으로 평가하여 문서화하고 이를 통해 사업의 개선방안을 제시함으로써 사업의 효율성을 증진시키려는 노력이 필요하다.

우리나라에서 시행되고 있는 산림조사 중에서 비교적 규모가 큰 다른 사업은 산림경영계획작성을 위한 산림조사 사업이 있다. 산림경영계획작성 조사사업은 시행

주체가 국유림은 지방산림청 및 국유림 관리소이고 민유림은 지방자치단체이지만 실제 사업은 외주에 의해 자격을 갖춘 산림조합 또는 산림기술사 사무소에서 대행하고 있는 실정이다. 민유림의 산림경영계획 작성 비율이 40% 내외에 불과하지만 2010년에 계획된 이 사업의 예산은 약 33억원으로 상당히 큰 규모의 사업이다. 하지만 이 사업에 투입되는 ha당 단가는 1만원을 약간 상회하는 수준으로 이 사업에 참여하고자 하는 외부 기관의 입장에서는 예산의 비현실성으로 인해 참여를 꺼리고 있는 것이 현실이다. 결과적으로 낮게 책정된 단가에 의해 수행된 이 조사사업을 통해 얻어진 결과는 단가에 영향을 받아 정확도가 낮을 것으로 예상된다. 이러한 점을 고려하여 이 사업의 경우 조사 자료의 품질관리를 위해 정책적 보완이 필요하다. 또한 산림경영계획작성 조사사업은 앞에서 언급한 다른 산림조사 사업과는 달리 체계적인 품질관리 제도가 도입되어 있지 않다. 특히 산림경영계획 작성율이 높은 국유림에 대해서 우선적으로 조사 자료의 품질관리를 위한 제도의 도입을 고려할 필요가 있다. 이를 효율적으로 수행하기 위해서는 예산의 현실화가 우선적으로 이루어져야 한다.

5. 결 론

산림조사 사업에서 얻어진 자료의 오차

를 평가하는 품질보증과 이러한 측정 오차를 줄이기 위한 일련의 과정인 품질관리는 조사사업의 내용에 반드시 포함되어야 하는 중요한 절차로 인식된다. 이러한 관점에서 보면 우리나라 산림조사 사업 중에서 비교적 규모가 큰 국가산림자원조사, 대축적 임상도 제작사업, 그리고 대축적 산림입지토양도 제작사업은 어느 정도 측정 자료의 오차를 줄이기 위한 품질관리 방안을 마련하여 실행하고 있는 것으로 평가된다. 하지만 효율적인 품질관리를 위해서는 현재 시행되고 있는 제도를 좀 더 체계적으로 보완할 필요가 있다. 특히 현지 조사는 조사원에 의해 이루어지기 때문에 자료 수집에 참여하는 조사원의 자격과 전문성 강화를 위해 현재 약 1주일 정도의 교육과정을 좀 더 체계화하고 기간을 늘려 실제 조사에 도움이 되도록 조치할 필요가 있다. 이와 함께 교육을 이수한 조사원에 대한 평가를 통해 자격증 시험제도를 도입하는 방안도 고려해 볼만한 가치가 있다. 또한 측정 자료의 품질관리를 위해 중요하게 고려해야 할 사항은 현지조사 항목별 허용오차의 범위를 설정하는 것이다. 미국 국가산림자원조사의 경우 조사 항목별로 오차의 허용범위를 설정하고 그 범위 내에서 측정될 수 있도록 교육훈련과 자격시험을 통해 점검하고 있다. 우리나라의 경우에도 각 산림조사 사업의 목적에 맞도록 해당 분야의 전문가들과 협의를 거쳐 조사 항목별 허용오차를 설정하여 조사 자료의 품질

을 관리하여야 할 것이다.

현재 시행되고 있는 각 산림조사 사업은 다양한 품질관리 프로그램을 가지고 있다. 즉, 조사를 주관하는 회사나 감독 및 관리 기관, 그리고 전문성을 갖춘 학계 등이 참여하여 각 주체별로 교육훈련, 자체검수, 현장검수, 그리고 감리 등의 프로그램에 따라 측정오차를 평가하고 관리하기 위한 노력을 기울이고 있다. 하지만 시행중인 품질관리 프로그램의 연계성과 통합성이 부족하여 종합적인 품질관리에는 한계가 있는 것으로 평가된다. 따라서 각 주체별로 수행된 검수 및 감리 결과에 대한 비교와 종합적인 평가를 통해 사업의 개선방안을 모색하려는 노력이 필요하며, 각 사업의 품질보증 및 품질관리를 위해 수행된 모든 업무에 대한 체계적인 문서화 작업이 요구된다. 이를 통해 사업의 개선방안을 모색한다면 사업의 효율성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

이밖에도 우리나라에서 수행되고 있는 산림조사 중에서 비교적 규모가 큰 사업에

는 산림경영계획작성을 위한 산림조사 사업과 산지전용을 위한 임목축적 조사사업이 있다. 이들 사업은 여러 가지 이유로 인해 조사 자료에 대한 품질보증과 품질관리에 필요한 조치가 아직 미흡한 것이 현실이다. 모든 산림조사 사업에서 얻어진 결과는 최종 의사결정에 필요한 정보로 활용되는 가장 기본적인 자료이기 때문에 측정된 자료의 정확성을 담보하기 위해서는 품질보증 및 품질관리가 반드시 필요한 과정으로 이해되어야 한다. 특히 국민의 정보요구가 많은 국가산림통계를 정확하게 산출함으로써 국민의 신뢰를 확보하고 또한 산지전용과 관련하여서는 이해당사자 간의 갈등을 최소화하기 위해 품질보증 및 품질관리와 관련된 절차가 반드시 필요하다. 결국 산림조사 분야의 선진화를 이루기 위해서는 모든 산림조사 과정에서 오차를 최소화하기 위한 노력뿐만 아니라 제도적 보완을 통해 체계적으로 조사 자료의 품질을 관리할 수 있어야 한다.



특 집

국가공간정보통합체계 구축 사업

김 경 호
삼성SDS팀장

1. 국가공간정보체계란?

국가공간정보통합체계(國家空間情報統合體系)는 대한민국 정부에서 추진하는 사업으로서, 다양한 기관에서 공통으로 활용되는 공간정보의 범정부적 통합관리 및 공동활용의 필요성이 대두되면서 시작되었으며, 국가공간정보에관한법률(2009.05.22) 제2조 6항에 ‘기본공간정보 데이터베이스

를 기반으로, 중앙행정기관, 지방자치단체, 공공기관 등에서 구축한 국가공간정보체계를 통합 또는 연계하여 국토해양부장관이 구축·운영하는 공간정보체계’라고 정의하고 있다. 이러한 국가공간정보통합체계는 공간정보의 중복 구축 및 갱신 비용을 절감하고, 각 부처의 토지 이용 및 규제 정보 등 다양한 토지관련 정보를 다양한 사용자가 일목요연하게 볼 수 있도록 하여, 대민

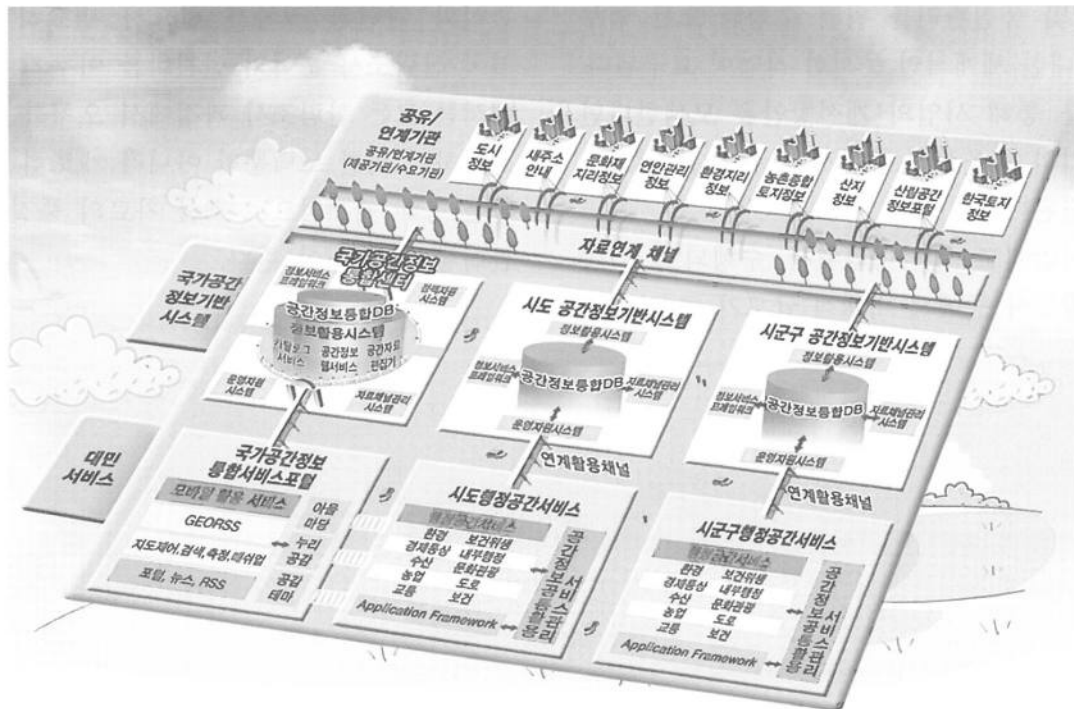


그림 1. 국가공간정보통합체계 개념도

서비스의 개선과 과학적이고 합리적인 정책 수립을 지원하고 있다.

2. 사업 개요

1) 추진배경 및 필요성

국가공간정보통합체계의 추진 배경은 다음과 같다. 정부에서는 법률에 근거하여 1996년부터 3차에 걸쳐 ‘국가지리정보체계 기본계획’을 수립하였고, ‘GIS기반조성’, ‘GIS활용확산’, ‘GIS연계통합’이라는 단계별 목표를 두고 추진하였으나, 중앙부처 및 지자체 기관별 및 업무별로 개별 추진함에 따라, 공간정보생산의 효율성 및 호환성이 부족하여 시스템간 연계 활용이 어렵고, 민간에서 활용할 수 있는 제도적 장치가 미비하여 공간정보산업육성에 장애요인이 되었다. 이를 해결하기 위해, 정부는 기존의 법률을 폐지하고, ‘국가공간정보에 관한 법률’과 ‘공간정보산업진흥법’을 제정하여 그동안 각 기관에서 산발적으로 진행해온 국가공간정보체계 구축사업을 국토해양부 중심으로 체계적으로 관리함으로써, 국가공간정보를 효율적으로 관리하여 공간정보산업 기반 조성과 지원을 원활하게 하게 하였으며, 이 법에 의하여 ‘국가공간정보통합체계 구축 사업’이 진행되었다.

‘국가공간정보통합체계 구축 사업’은 통합·연계·공유·활용의 키워드를 기반으로, 각 기관 내부에서 분산·중복 관리되던 공간정보를 표준화하여 통합관리하고, 시

군구·시도·센터·중앙부처 간 상호 연계함으로써, 최신의 공간정보가 실시간으로 모든 기관에 공유되며, 이렇게 모여진 공간정보를 중앙부처, 지자체, 민간기업 및 대국민이 활용하도록 하는 사업으로, 국토해양부, 행정안전부, 한국정보화진흥원, 농림수산식품부, 산림청, 문화재청, 소방방재청, 국방부, 경찰청 등의 중앙부처와 전국의 지자체를 대상으로, 2008년부터 2012년까지 5년간 계획되었다.

2) 사업 추진 로드맵

국가공간정보통합체계 사업 추진을 위한 로드맵을 보면, 2006년과 2007년은 설계도 작성기로 국토통합정보시스템과 행정업무에 공간정보를 활용하는 2차례의 ISP와 1차례의 시범연구를 수행하였고, 2008년과 2009년에는 도입기로 시범1~2차 사업을 수행하여 기반시스템을 구축하고 일부 행정서비스에 적용하였다. 2010년에서 2012년까지는 확산기로써 1~3차 확산사업인 통합데이터베이스 구축, 시스템 개발, 지자체 확산을 수행하는 시기로, 시범사업을 통해 구축된 시스템을 전국에 확산하고 모든 행정업무에 적용한다. 2013년 이후로는 고도화 시기로 중앙부처, 민간, 국민이 다양한 방법으로 활용하는 것을 목표로 한다.

3) 사업범위

국가공간정보통합체계 사업에서는 실행

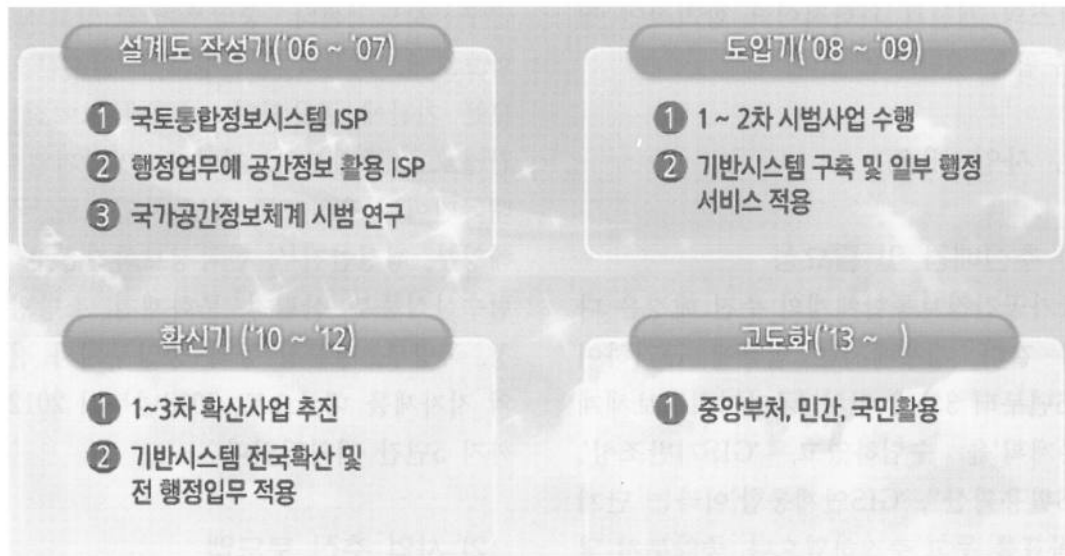


그림 2. 사업 추진 로드맵

과제로서, 첫째, 업무 별로 구축된 다수의 공간정보시스템에서 관리하는 데이터를 표준화하여 모으거나, 필요에 따라 신규로 제작하여 통합DB를 구축한다. 둘째, 이를 지

속적으로 유지·관리하기 위한 연계·공유 체계 및 활용을 위한 기반시스템을 구축한다. 셋째, 이를 운영하기 위한 하드웨어, 소프트웨어 등 인프라를 구축한다. 넷째, 이

		1, 2차 시범사업	2010년 확산사업	2011년 확산사업
시스템개발	자료채널관리시스템	센터-시도-시군구 연계	※ 센터-중앙부처 연계	자료연계체계 통합관리 및 모니터링
	정보서비스 프레임워크	WMS, WFS, CSW, WPS	※ OpenAPI, MashUp	국민참여형 지도마당 시계열정보관리
	활용시스템	국통DB활용서비스	※ 스마트폰서비스	활용편의성 개선 국토주택정책업무활용
	운영지원시스템	운영관리시스템	※ 분배시스템	보안체계구축
	기 타		홈페이지	통합DB 활용화기반 및 중장기 실행방안
통합DB축	기본공간정보	41,003㎢	※ 56,605㎢	
	문화재보존지도	1,171건	※ 893건	
	임상도	5,774㎢ (15%)	※ 13,170㎢ (22.4%)	18,303㎢ (31.1%)
	연안정보도	1,323도엽 (33%)	※ 385도엽 (9.5%)	405도엽 (10%)
대상	시도	8개	2개	4개
	시군구	36개	19개	68개
	중앙부처		11개	40개

그림 3. 시범 및 확산사업 범위



그림 4. 국가공간정보 통합DB 구성도

렇게 구축된 국가공간정보통합체계를 활용하여 기존의 시도, 시군구 행정정보시스템에 공간정보를 활용하는 행정공간서비스 구축을 사업범위로 한다.

2. DB 구축

국가공간정보 통합DB는 토지, 지적, 환경, 농림, 산림, 문화재, 해양, 정사영상 등 다양한 분야의 행정업무 및 대민서비스를 수행하는 공간정보인프라를 말한다. 국가공간정보통합체계 구축 사업의 DB 대상은 기본공간정보, 기타지형지물, 임상도, 연안

정보도, 문화재 배치도 구축과 중앙부처 및 공공기관 연계 자료이다.

1) 기본공간정보/기타지형지물

기본공간정보는 행정경계, 지적, 건물, 도로, 철도, 해안선 등 다양한 분야의 다양한 사용자가 공통으로 사용하고 다른 공간자료 이용에 참조가 되는 공간정보이다. 기타지형지물은 기본공간정보에는 포함하지 않지만 지자체 등의 행정업무에 필요한 정보로서 교통, 건물, 시설물, 식생 등의 공간정보이다. 사업지역은 시범1차에서는 서울, 대전, 강원, 제주 일대 지역을 대상으로

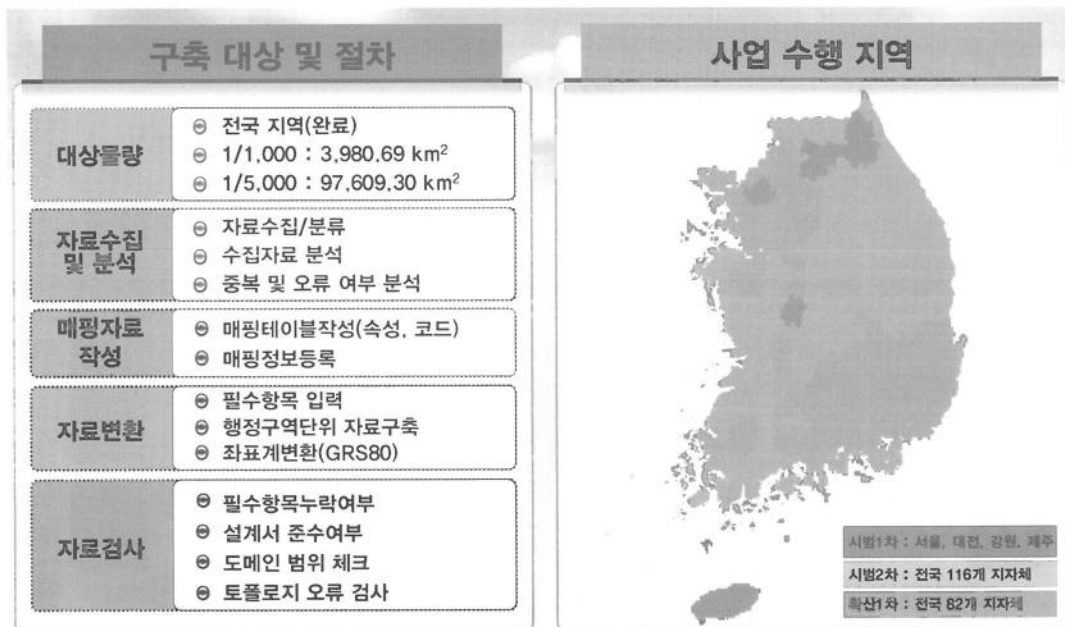


그림 5. 기본공간정보 및 기타지형지물 구축대상 및 사업지역

기본/기타 공간정보를 구축하였고, 시범 2차에서는 전국 116개 지자체, 확산사업에서는 나머지 전국 82개 지자체를 대상으로 구축하였다.

2) 임상도

임상도는 산림의 공간분포를 도면으로 나타낸 주제도로 항공사진에서 임상, 경급, 영급, 소밀도 등을 판독하여 지도로 제작한다. 임상도는 산림행정 및 국토관리를 위한 기본주제도로써 산림자원의 성과물로 산림 분포, 산림자원량, 산림면적 산정에 활용한다. 임상도는 산림청에서 주관하여 구축하는데 기존에 1:25,000 축척으로 제작된 임상도가 있었으나, 국가공간정보통합체계 구축 사업을 통하여 좀 더 세밀한 1:5,

000 축척으로 새로 제작한다. 시범1차는 강원, 대전 인근 지역을 대상으로 임상도를 구축하였고, 시범2차에서는 충남일원과 경주 인근지역을, 확산1차에서는 전남북, 서울, 대구, 제주, 부산, 횡성 인근 지역을 대상으로 구축하였다. 2011년 확산2차에서는 경남북, 충북, 전남, 울산, 대구지역을 구축한다.

3) 연안정보도

연안정보도는 연안의 효율적인 보전과 이용 개발을 통합관리하기 위한 지도이다. 우리나라는 조수간만의 차이로 인하여 바다와 육지의 경계인 연안을 정확히 구분하는 것이 어렵다. 따라서, 연안정보도 구축 시 일정한 기준을 설정하여 해역 및 육역

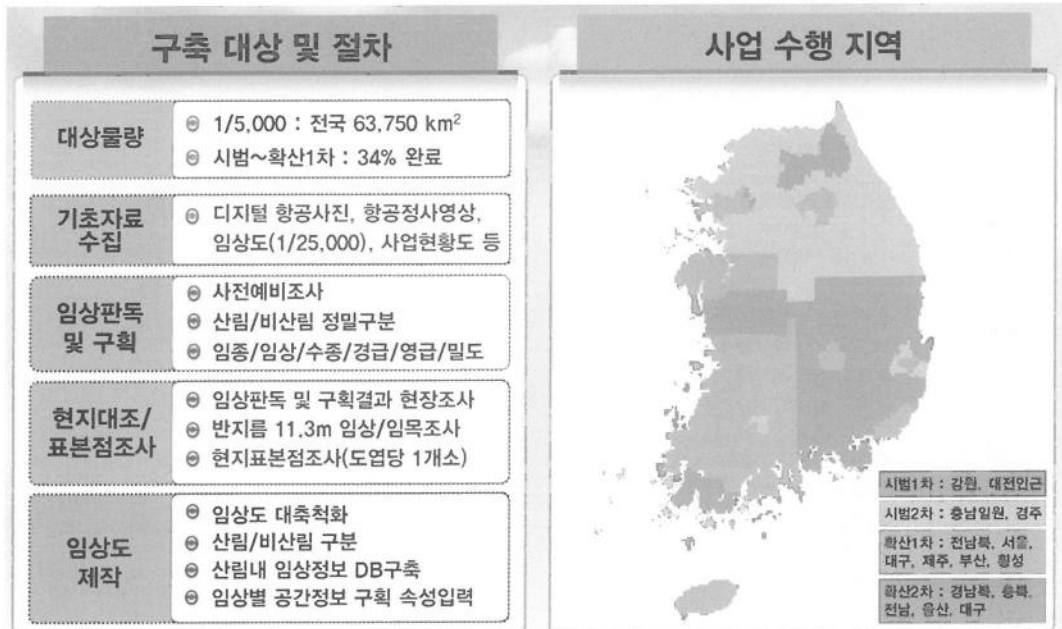


그림 6. 임상도 구축대상 및 사업지역

을 선별하고 연안 관련 주제도를 구축함으로써, 연안을 통합 관리한다. 사업지역은

서해안을 시작으로 남해안까지 구축하였고, 2011년 확산2차에서는 동해안을 구축한다.

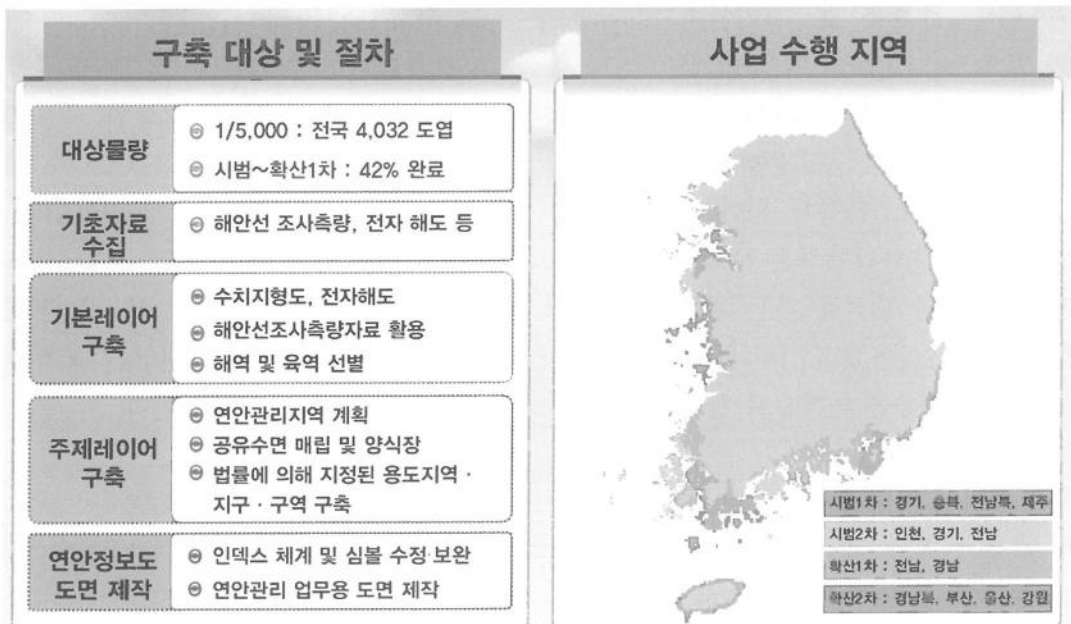


그림 7. 연안정보도 구축대상 및 사업지역

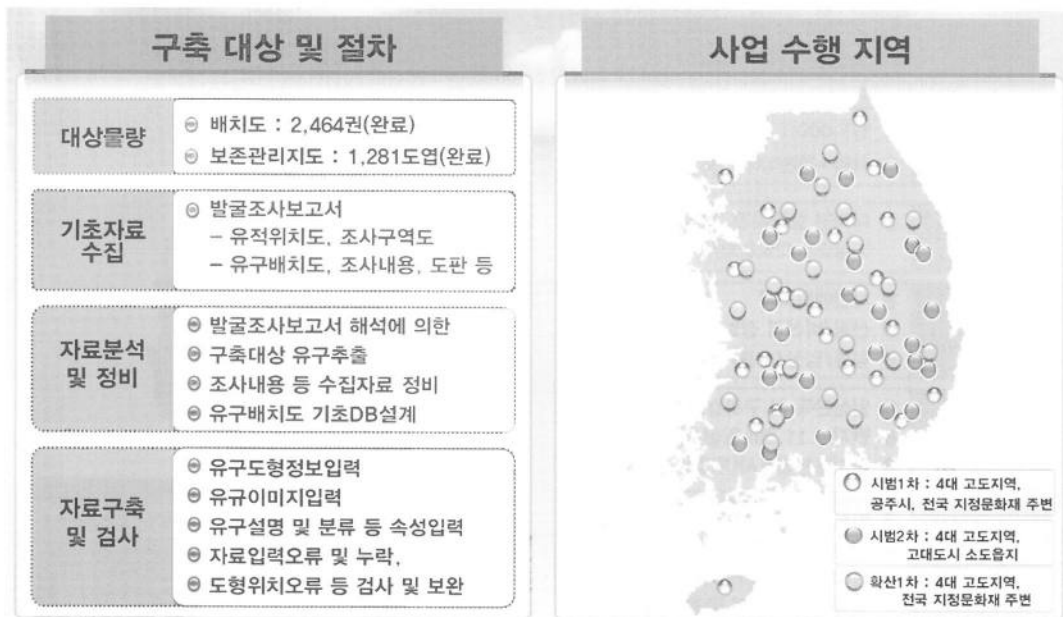


그림 8. 문화재 배치도 구축대상 및 사업지역

4) 문화재 배치도

문화재 분야는 문화재 배치도, 문화재 보존관리분석, 문화재 보존관리지도 구축의 3가지 분야로 나눈어진다. 문화재배치도는 지형 및 지적도 기반의 발굴유적 유구배치를 구축하는 것으로 목조문화재, 근대건축물, 전통가옥, 석조문화재 등이 대상이 된다. 문화재 보존관리분석은 문화재 개발행위 및 형상변경 분석을 하는 것으로 국가 지정문화재, 주변·고도지역에 대한 공간구조해석 및 활용을 목적으로 한다. 문화재 보존관리지도는 매장 문화재 등 종합적 문화재 영향지역 관리를 목적으로 한다. 문화재가 주로 분포한 경주, 공주, 부여, 익산 4대 고도지역을 중심으로 구축하였다.

3. 시스템 개발

1) 자료채널관리 시스템

자료채널관리시스템은 국가GIS사업을 통해 구축된 기관 내부의 다양한 시스템에서 관리하는 공간정보를 통합DB로 모으고, 이를 국가적으로 통합하는 시스템이다. 지자체의 개별 GIS 데이터를 시도/시군구 국가공간정보통합체계로 수평 연계하고, 시군구와 시도간, 시도와 센터간 국가공간정보통합체계는 수직 연계한다.

2) 정보서비스 프레임워크

자료채널관리시스템의 수평/수직 연계 기능을 활용하여 통합된 공간정보를 국제 표준의 방법으로 국가공간정보통합체계 외

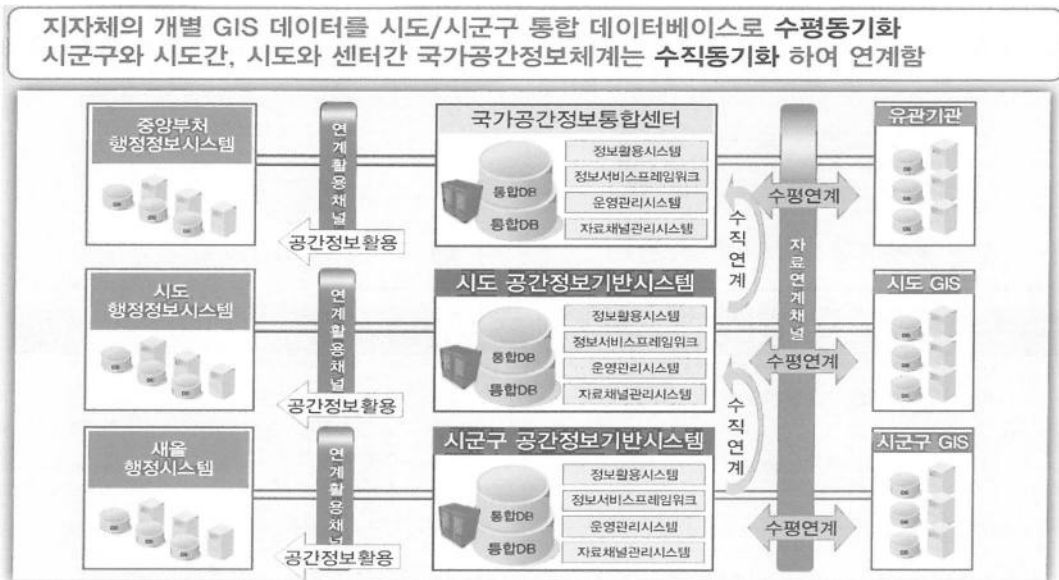


그림 9. 자료채널관리 시스템

부 시스템에 제공한다. 따라서 국제표준을 준수하기만 한다면 공간정보를 손쉽게 사

용할 수 있고, 행정업무에서는 정보서비스 프레임워크를 활용하여 위치조회, 통계지

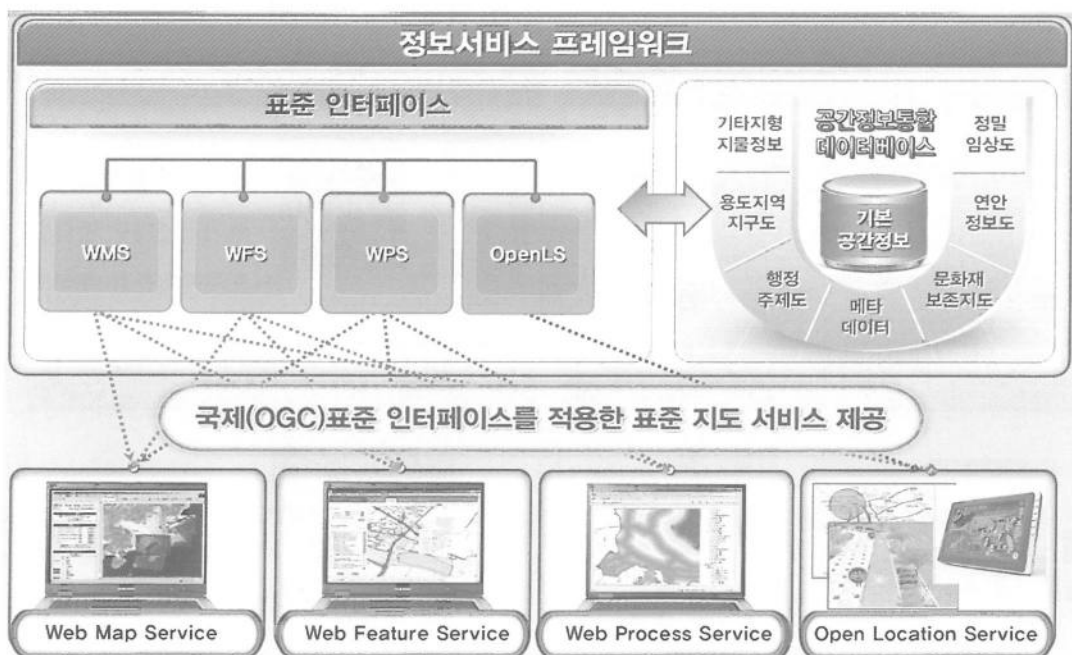


그림 10. 정보서비스 프레임워크



그림 11. 정보활용시스템

도, 분포조회, 적합지 사전진단 등 공간정보를 활용한 업무를 개발할 수 있다.

3) 정보활용 시스템

통합DB의 공간정보를 지자체 및 중앙부처 직원에게 인트라넷으로 제공하는 시스템



그림 12. 정보서비스 프레임워크

템으로 항공영상과 용도지역지구 중첩 조회, 지도검색, 공간검색, 임상도 조회 등의 기능을 제공한다.

4) 국가공간정책지원 시스템

자료채널관리시스템의 수평/수직연계 기능을 활용해 국토해양부 센터에 모아진 공간정보 및 영상정보를 기반으로 영상기반 토지정보제공, 토지정책분석도 서비스, 정책통계서비스, 영상분석 서비스 등 영상기반의 다양한 토지정보 및 토지정책 의사결정 기능을 제공한다.

5) OpenAPI 마법사 및 매쉬업 저작도구

국가공간정보통합체계의 공간정보를 누구나 쉽게 활용하기 위해 미리 정의된 유형별 기능 버튼을 클릭하여 원하는 지도를 표현할 수 있는 소스를 생성한다. 현재 국

가공간정보통합체계 홈페이지에 OpenAPI를 활용한 국가공간정보통합체계 지도서비스와 표준화된 XML 형태의 공간정보를 제공한다. 또한, 네이버, 다음, 야후, 구글, 국토해양부 등에서 제공하는 다양한 OpenAPI 기능을 매쉬업하여 새로운 서비스를 제작하는 기능을 제공한다.

6) 스마트폰용 지도 활용 제공

아이폰을 비롯하여 윈도 모바일, 안드로이드용 스마트폰에서 홈페이지를 통해 국가공간정보통합체계에서 제공하는 지도서비스를 받아볼 수 있다. 스마트폰에 제공되는 서비스는 지도를 불러오거나 지도를 확대, 축소, 이동할 수 있는 지도조작 서비스와 건물명이나 지번 검색, 인접 검색, 환경 검색도 가능하다. 그 외 기능으로 내 위치 측위, 내 위치 표시, 좌표변환, GPS 설정, 인덱스표시, 위치기록 및 조회, 경로등

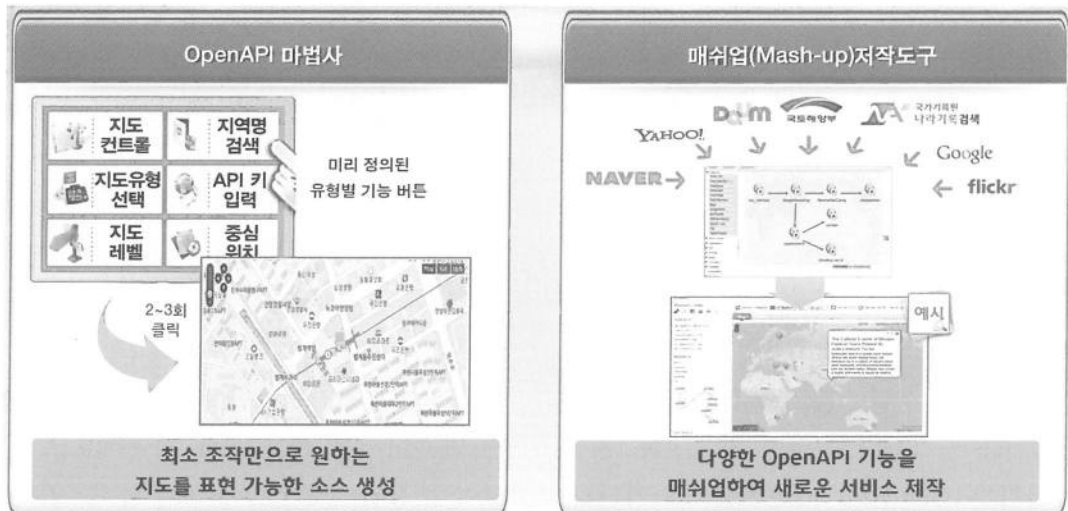


그림 13. OpenAPI 마법사 및 매쉬업 저작도구



그림 14. 스마트폰용 지도 활용

록, 거리계산, 사진 등록 및 조회 기능을 제공한다.

4. 기대 효과

국가공간정보통합체계를 통한 기대효과는 첫째, 통합인프라의 공동활용과 공간정보 서비스의 신속한 구현이 가능하다. 기존에는 공간정보 서비스를 위해서는 하드웨어 장비와 GIS 소프트웨어 도입 비용과 시스템 개발에서 서비스 개시까지 오랜 기간이 필요했다. 그러나 국가공간정보통합체계가 도입되면, 웹 서비스 및 OpenAPI를 활용하여 개별 장비와 GIS 소프트웨어 도입 없이 손쉽게 공간정보 서비스를 구현할 수 있다. 둘째, 이기종 시스템간 온라인 자료교환 체계 자동화가 이루어진다. 기존에는 타 기관의 공간정보가 필요할 때에는 GIS 시스템간에

연계가 어려워 사람이 직접 방문해서 협조 요청을 해야하므로 시간도 오래 걸리고 번거로웠다. 그러나, 국가공간정보통합체계가 도입되면, 공간자료에 대한 연계채널이 형성되어 온라인으로 공간정보를 제공받을 수 있다. 셋째, 변화정보의 실시간 갱신체계를 마련할 수 있다. 예를 들어, 한국토지정보시스템에서 지적정보가 변경되고, 도로관리시스템에서 도로정보가 변경되면 기존에는 변동된 공간정보를 비정기적으로 확보하여 갱신해야 했다. 그러나, 국가공간정보통합체계가 도입되면서, 변동된 정보를 온라인 연계채널을 통하여 실시간으로 갱신하여 최신의 공간정보를 확보할 수 있게 되었다. 넷째, 산재된 기본공간정보를 통합하여 단일 창구가 만들어지고 이를 통해 지속적으로 최신성이 보장된 공간정보를 활용할 수 있다.

특 집

산림자원조사 40년에 즈음하여

김 성 호

국립산림과학원 산림자원정보과장

들어가며

산림부국의 백년대계인 나라의 산림정책은 산림에 대한 정확한 정보를 바탕으로 수립된다. 국가의 산림자원을 과학적인 방법으로 조사·분석하여 국가산림기본통계를 생산하는 것이 국가산림자원조사의 가장 기본적인 역할인 만큼, 올바른 산림정책과 산림경영계획 수립에 필수적인 산림자원정보의 산실이라 할 수 있다.

우리나라의 산림조사는 1960년대 초부터 시작되었지만 전국 규모의 근대적 산림조사인 제1차 전국산림자원조사(1972-1975)를 기준으로 하면 올해(2011년)가 산림자원조사의 40년이 되는 셈이다. 그동안 대내외적으로 산림과 임업에 대한 인식에 많은 변화와 함께 산림자원조사 분야도 시대변화의 조류를 타고 우여곡절을 겪으면서 오늘에 이르렀다.

필자는 1982년 산림조사과(임업시험장 자원조사부)에 입사하였으니 산림조사 업무를 수행한지 올해로 30년이 된다. 산림자원조사연구소가 임업시험장에 흡수 통합된 직후지만, 당시 만해도 산림조사과와 토양조사과에 약 50여명의 직원이 있었고,



나름 제대로 된 산림조사를 했었다. 하지만 이런 저런 사유로 대부분의 현지조사 업무를 아웃소싱하고, 조직과 인력의 감축을 강제하면서 지금은 10명의 직원으로 산림자원정보과 명맥을 유지하고 있다. 게다가 최근 국립산림과학원의 법인화 방안이 검토되면서 법인화 대상 영순위로 거론되고 있다.

지난 30년을 되돌아보면 감회가 새롭다. 새내기 시절 고참 선배님들로부터 현장조사를 통하여 기술을 익히며 경험을 쌓았다. 연중 5개월 이상 현지조사 출장을 다니면서 산림조사 보조 역할을 하면서 항공사진 판독과 임목측정 기술을 몸으로 체득하였다. 한편으론 해외연수를 통하여 이론적 근간을 튼튼히 하였다. 이때 배운 산림조사 경험과 이론은 훗날 2000년대 들어 새

로운 산림조사체계 개편에 밑거름이 되었다.

산림조사 분야를 시대 또는 세대(사람 기준)별로 구분한다면(이것은 1982년부터 산림조사를 수행한 필자의 주관적인 구분이다), UNDP사업 이전(1세대), 제1~2차 전국산림자원조사(2세대), 제3~4차 전국산림자원조사(3세대), 제5차 국가산림자원조사 이후(4세대) 등으로 구분할 수 있다. 산림조사 3세대로서 30년 산림조사에 종사하면서 우여곡절을 겪었고, 이제 공직생활 마감을 준비해야하는 시점에서 내가 해야 할 일은 산림조사의 역사를 정리하여 기록으로 남기는 일이라 생각한다. 더 늦기 전에 사라져가는 자료를 모으고, 평소 지나쳐 버린 구전으로만 전해오는 주옥같은 현장 일화를 모아서 정리해두어야 산림조사의 역사가 길이 보전되리라. 이러한 취지에서 우선 우리나라 산림자원조사의 역사를 간단하게나마 정리해보았다.

산림자원조사의 첫걸음

정부수립 후 산림통계는 행정통계를 취합하여 추정하는 정도여서 자료의 신뢰도는 매우 낮았다고 볼 수 있다. 그 후 황폐화된 산림의 복구계획과 산림자원의 조성 계획 수립을 위하여 산림통계의 정비가 필요해짐에 따라 1960-1963년 농림부 산림국 주관 하에 영림서 소관 국유림의 실태조사를 실시하였고, 1962-1964년 산림조합연합

회 주관으로 민유림 실태조사를 실시하여, 1964년 말 전국 산림통계(산림면적 668만 ha, 임목축적 9m³/ha)를 산출하였다. 우리나라 산림조사의 실질적인 효시이며, 현지조사 자료를 바탕으로 최초로 산림자원통계를 생산하였으나 불행히도 당시의 조사사업에 대하여 남아 있는 기록이 거의 없다.

UNDP 산림조사 프로젝트

1964년 6월 당시 농림부는 UNDP-FAO와 산림조사사업을 위한 운영계획서에 합의함으로써 UN한국산림조사사업기구가 발족(1964.11.9)되었고, 1973년까지 여러 가지 산림조사를 수행하게 된다 ; 강원도, 경북 일원 120만 ha 산림조사(1964-1969), 낙동강 유역 240만ha 조사(1969-1971), 3대강(경기 안성천, 전북 동진강, 경북 상주천) 유역 27만ha 조사(1968-1973). 본 사업을 통하여 선진국의 산림자원조사 기술을 도입하게 되었고, 우리의 실정에 맞는 산림조사 방법을 개발하는 토대를 마련하였다. 1차 UNDP 사업(1964-1968.11)



이 종료되면서 당시의 일부 인력과 장비를 승계하여 산림자원조사소(1969)를 설립함으로써 독자적인 전국산림자원조사 수행의 기틀을 마련하였다. 비록 국제기구의 지원 하에 실시한 산림조사사업이지만 선진 외국의 기술을 도입할 수 있었다는 점에서 의의가 크다고 할 수 있다.

산림자원조사의 홀로서기

경제적 여건이 먹고 살기에도 빠듯했던 1960년대. 흑백 아날로그 시대에 FAO/UNDP 지원으로 산림조사사업을 시작하여 1970년대 독자적인 행보를 시작하였다. 산림조사는 전국 산야 방방곡곡을 누비고 다니면서 표본점 위치를 찾아 조사하여야 한다. 연중 6개월은 현지조사 출장이라 대부분의 젊은 조사요원은 수개월간 가족과 생이별을 해야 했다. 교통수단도 매우 열악하여 지방 군청 산림과에서 오토바이를 빌려타고 조사하였지만, 걸어 다니는 것이 다반사. 조사장비에다 항공사진까지 지참하고

땀으로 뒤범벅되어 산에서 내려오다 간첩으로 오인 신고 되어 경찰서에 가서야 해명을 하고 풀려나는 해프닝도 자주 있었다. 이러한 고초를 겪으면서도 당시 UNDP 조사사업과 1·2차 조사 기간 동안 습득한 통계적 산림조사, 산림측정, 항공사진 판독, 임상도 제작 등에 대한 Know-how는 후진에게 전수되었다. 문자 그대로 몸으로 때워가며 배운 기술로 우리나라 산림자원조사의 초석을 세운 것이다.

제1차 전국산림실태조사(1972-1974)

우리나라 최초의 근대적 산림조사인 제1차 전국산림조사의 배경은 1960년대 추진하였던 조림 및 사방사업의 성과 분석과 향후의 계획 수립이 필요했기 때문이다. 전국 산림에 7,051개의 표본점을 계통추출 배치하였고, 표본점은 0.01ha의 원형표본점이었다. 조사에 필요한 항공사진을 촬영





(1971-1974)하여 산림조사와 간이산림토양조사에 활용하였다. 현지조사를 위하여 시·도·영림서 산림공무원 100여명을 교육 훈련하여 현지조사에 투입하였다. 임상도(1/25,000) 832매를 최초로 제작하고, 임야원도 65,303매를 micro-film에 수록하여 활용하였다. 당시에 표본점 1%(65개소)를 재측정하여 조사자료의 품질관리를 실시하였다. 조사결과에 의하면 1974년말 우리나라의 총 산림면적 664만ha, 임목축적은 15.43 /ha로서, 목재자원이 10년 전보다 71% 증가한 것으로 나타났다.

제2차 전국산림실태조사(1978-1981)

제2차 조사의 배경은 제1차 치산녹화 10개년계획의 조기 달성에 따른 성과 분석 및 제2차 계획수립과 산림시책 추진방향 설정이 필요했기 때문이다. 전국에 4,838개의 표본점을 계통추출 배치하여 제1차 조사와 같은 방법으로 조사하였다. 현지조사를 위하여 예산, 순천, 진주, 상주 농전의 재학생을 동계방학 기간에 보조 인력으로 활용하였다. 항공사진을 촬영(1978-1980)하



고, 전국산림에 대한 임상도(1/25,000) 749매를 제작하였다. 조사결과 산림면적 657만ha, 임목축적 22.2m³/ha를 추정하였다.

산지이용구분조사(1982-1985)

산림조사 인력은 제2차 조사를 마치고 4년간 산지이용구분조사에 투입된다. 우리나라 산지의 부분별한 개발을 막고 계획적인 산지이용계획의 수립을 위해서다. 산지의 임황(지형, 경사도 등)과 임상을 고려하여 전국 산림을 생산임지, 보전임지, 준보전임지로 구분하였다. 이때 작성된 산지이용구분도(1/25,000)는 현재 대축척(1/5,000) 산림이용구분도의 바탕이 되었다.



산림자원조사의 부침(浮沈)

산림자원조사는 1964년 태동하여 수차례 조직 개편을 겪는다 ; UN한국산림조사사업기구 발족(1964.6) → 임업시험장 산하 산림자원조사소(1969.1) → 산림청 산림자원조사연구소로 독립(1972.6) → 임업시험장 자원조사부(1981). 이 와중에도 초창기부터 산림조사과와 토양조사과는 직원이 약 50여명에 달했고, 산림조사의 양 축을 형성하며 동반자의 길을 걸었다. 조직은 시류의 파도를 타고 잦은 변화가 있었지만 산림조사과와 토양조사과의 인력과 조직은 그대로 유지되어 비교적 체계적인 조사사업을 수행하여오다가, 1987년 토양조사과는 육림부 산림토양과와 통합하면서 차츰 여러 부서로 흩어지게 되고, 산림조사과도 1990년대 중반부터 점진적으로 축소되었지만 현재까지 산림자원정보과로 남아 있다.

제3차 전국산림자원조사(1986~1992)

산림조사 기술이 어느 정도 체계화된 제3차 조사에서 새로운 산림조사가 시도된다. 고정표본점(Permanent sample plot)을 설치하여 주기적으로 재측정한다는 계획이다. 1990년대 국제적 산림조사의 기본개념인 모니터링조사를 이미 도입한 것이다. 전국 산림에 1km×1km 간격의 격자점을 배치하고 산림에 위치한 격자점 중 매 10번째 격자점을 선정하는 계통추출방법으로 약 3,500개의 고정표본점을 배치하였다. 표



본점 구조는 0.05 ha 크기의 원형표본점 4개로 구성된 집락표본점(Cluster plot)으로서, 중앙에 위치한 고정표본점을 기준으로 북·동·남 방향 50m 지점에 3개의 임시표본점이 있다. 표본점의 중앙에 알루미늄 지주를 설치하고 원형표지판을 주변의 3개 나무에 못질하여 차기 조사 시 찾기 쉽도록 위치를 표시하였다. 물론 당시에는 항공사진과 지형도에 의존하여 아날로그식 방식으로 위치를 선정하고 표시하다보니 실패로 귀결되고 말았지만, 이러한 시도는 GIS(지리정보시스템)와 GPS(지구위치정보시스템)의 신기술 개발에 힘입어 제5차 조사에서 비로소 실현되기에 이른다.

활엽수자원조사(1993-1995)

1990년대 초 국제적으로 산림환경보전과 생물다양성에 대한 관심이 고조되면서, 우리나라 활엽수 자원에 대한 현황 파악이 제기됨에 따라 활엽수자원조사가 별도로 시행되었다. 도(道)를 기본계획구로 하여 총 1,620개의 표준지를 배치하고, 1993년 전남, 경남, 제주도, 1994년 충남, 전북, 경북, 1995년 경기, 강원, 충북 지역을 순차적으로 조사하였다. 우리나라 주요 활엽수 자원의 분포 및 입지 환경을 규명하였다는 점에서 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

제4차 전국산림자원조사(1996-2005)

산림자원조사의 역사상 가장 불안정한 시대이다. 1980년대 초 정부조직의 축소개편 정책 추진이라는 명분 하에 산림자원조사소가 해체되고, 1990년대 들어 다시금 산림조사에 대한 인식 부족으로 인력과 예산이 대폭 감축되면서 어려움에 직면하게 되었다. 부득이 최소한의 표본점을 조사하는 매우 불완전한 산림조사를 실시할 수밖에 없었고, 이는 산림자원통계의 신뢰도를 저하시키는 결정적인 요인으로 작용하게 되었다. 제3차 조사에서 설치하였던 표본점 중 약 1/3 정도(1,350plot)만 조사하였다. 궁여지책으로 III~IV영급의 표본점을 위주로 선정하고, I~II영급에 대해서는 경급별로 표준목을 선정하여 5년간 생장량(656plot)만 측정하였다. 전례 없는 생장량

표본점이라는 용어가 탄생한 것이다.

산림자원조사의 새로운 전환기

1960년대부터 쌓아온 경험과 지식을 기반으로 체계적인 산림조사 기반을 구축하고, 제3차 조사부터 고정표본점을 설치하여 주기적으로 모니터링하는 개념을 과감히 도입한 것은 미래를 정확하게 예측한 의미 있는 시도였다. 당시 선배님들의 선견지명에 경의를 표하지 않을 수 없다. 반면, 제4차 조사는 산림조사 역사상 최악의 쇠퇴기였다. 바로 눈앞에 다가올 정보화 시대를 예견치 못하고 산림자원정보의 산과 역할을 하는 국가산림자원조사의 두 손을 묶어버리는 우를 범했다. 그러나 제4차 조사가 끝나갈 무렵 이미 외부로부터 산림자원조사의 변화의 바람은 서서히 일고 있었다.

지속가능한 산림경영(SFM)이라는 임업의 새로운 패러다임이 등장한 것이다. 1990년대 유엔환경개발회의(UNCED) 이후 지구환경보전을 위한 노력이 국제협약

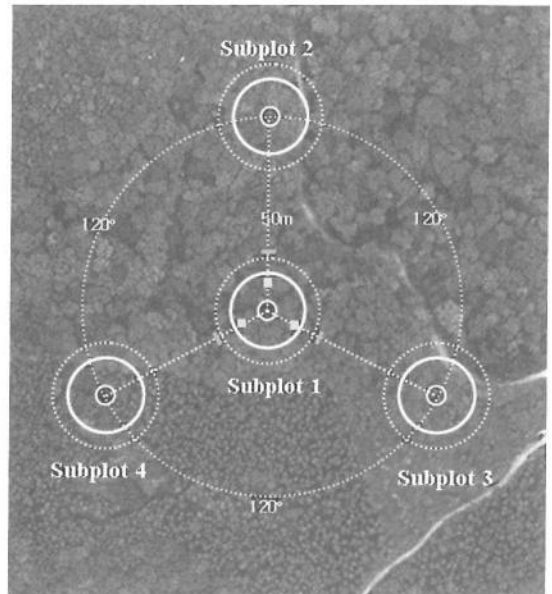


으로 구체화되면서 세계 각국은 자국의 산림을 지속 가능하도록 경영하고 그 결과를 평가받아야하는 상황에 처하게 된다. 신뢰할 수 있는 통계자료로서 국가보고서를 제출해야하기 때문이다. 특히 기후변화협약 관련 온실가스통계 보고는 회원국 모두에게 초미의 관심사가 되었다. 이러한 국제적 임업환경의 변화는 산림조사 분야에 새로운 도약의 기회를 마련해 주었다. 전국 규모의 국가산림자원조사만이 이러한 요구에 대응할 수 있는 실질적인 대안이기 때문이다.

선진 임업국에서는 이러한 산림정보의 수요에 대응하기 위하여 1990년대 후반부터 산림자원 및 환경의 변화 동태를 주기적으로 파악할 수 있는 산림자원 모니터링 조사체제로 전환하기 시작하였다. 우리나라도 2000년대에 들어서야 기존 조사체계로는 다양한 산림정보를 요구하는 국제적 수요에 대처할 수 없다는 사실을 직시하고 새로운 조사체계로의 개선에 대한 논의를 시작하게 되었다. 대내외 여건 변화에 따른 산림자원조사 체계 개편 연구가 산림청 용역연구로 수행되었고(2002-2005), 용역연구 결과를 바탕으로 국가산림자원조사를 국제 수준의 산림자원 및 산림환경통계 생산이 가능한 조사체제로 개편하였다.

제5차 국가산림자원조사(2011-2010)

과거 산림조사는 단순히 산림자원 현황을 파악하는 차원이었다면 이제는 산림자



원의 평가뿐만 아니라 산림환경의 변화 동태를 지속적으로 모니터링 해야 한다. 새로운 조사체계의 개요는 다음과 같다 ; 1) 조사주기 : 과거 10년 주기의 지역별 정기순환조사체계를 5년 주기의 매년조사 체계로 전환, 매년 고정표본점의 20%씩 조사. 2) 표본설계 : 전국 산림에 4km×4km 간격의 격자점을 기준으로 고정표본점(Permanent sample plot) 약 4,000개를 계통적으로 배치. 3) 표본점 구조 : 0.04 ha 크기의 원형, subplot 4개로 구성되는 집락표본점(Cluster plot). 4) 조사항목 : 임목자원 조사 외에 바이오매스, 산림식생, 토양탄소/낙엽낙지, 고사목, 벌근 등과 같은 산림생태 및 환경인자 추가. 산림식생과 토양탄소조사(낙엽낙지 포함)는 1,000 plot에서만 조사. 5) 자료분석 : 국가산림자원통계 및 국제 수준의 산림통계 지표



(Indicator)를 분석. 6) 참여기관 : 산림청(총괄), 국립산림과학원(주관), 산림조합중앙회 산림자원조사본부(실행)의 유기적 협력체제로 추진.

제5차 조사의 계획수립단계에서 제3차 조사에서 설치하였던 고정표본점의 이용을 검토하였지만, 오래전 아날로그 방식으로 설치한 표본점의 위치확인이 어렵다는 문제와 GPS를 이용하여 보다 정확한 표본점

설치가 차후의 재측정을 위해 효율적 이라는 판단 하에 표본설계를 다시하게 되었다. 최신 산림조사 장비의 개발로 표본점 현지 조사도 더욱 편리해지고 정확성도 높아졌다고 할 수 있다.

과거의 지역별 정기순환조사(Periodic inventory)에서는 매년 1개 道씩 조사하므로 전국을 조사하는데 대략 10년이 소요되었다. 하지만 새로운 매년조사체계(Annual inventory)에서는 전국 4,000개 고정표본점을 일정 간격으로 선정하여 5개 panel로 나누고, 매년 1panel(800개)씩 5년에 걸쳐 조사한다. 조사해야할 표본점이 전국에 골고루 퍼져 있으므로 매년 전국을 한바퀴 순회하여야 한다. 이러한 조사체계의 변화로 산림조사 업무가 대폭적으로 늘어남에 따라 고정표본점 조사는 산림조합중앙회에 아웃소싱되어 산림자원조사본부라는 조직이 신설되었다.

새로운 조사체계를 정착시켜 산림변화의 주기적 모니터링 기반을 확고히 조성하는 것이 제5차 조사의 최우선 목표라고 할 수 있다. 연간 약 25억의 예산을 투입하여 5년간 약 4,000개의 고정표본점을 전국에

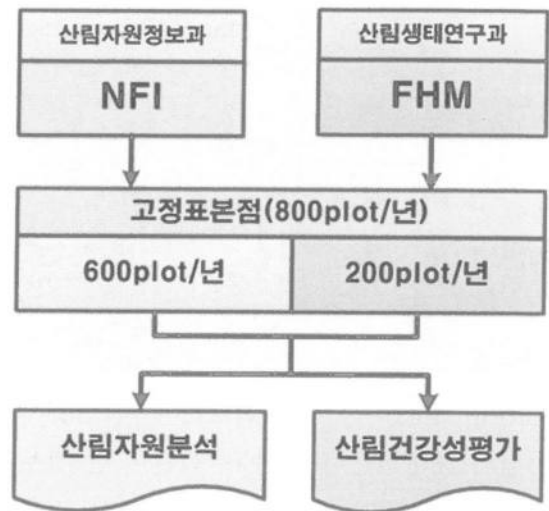


배치하여 현지조사를 완료하였다. 국가산림자원정보시스템에 방대한 조사 자료의 데이터베이스를 구축하였으며, 우리나라의 산림자원에 대한 분석이 진행 중이다. 잠정 분석결과에 의하면 2010년 우리나라 ha당 평균임목축적은 약 125.6m^3 (2010임업통계 연보 : $109.4\text{m}^3/\text{ha}$)으로서 우리나라 산림자원을 재평가 하였다는데 큰 의미가 있다고 할 수 있다. 최종 분석 결과는 6월말 새로운 산림통계로서 공표될 예정이다.

제6차 국가산림자원조사(2011-2015)

새로운 조사체계로 전국 산림에 배치된 고정표본점(약 4,000개)을 재측정하여 5년간의 변화를 모니터링하는 것이 제6차 조사의 중점 추진사항이다. 올해는 2011년에 조사한 고정표본점 약 800개를 다시 조사하는 산림자원 모니터링의 원년이 되는 셈이다. 물론 5년전 현장에 설치한 표본점의 정확한 위치를 찾아서 조사하는 것이 쉽지는 않을 것으로 예상된다.

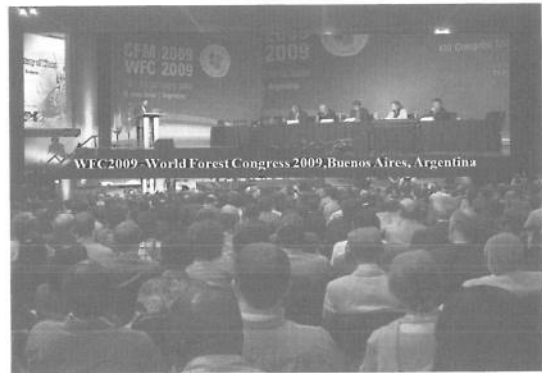
특히 제6차 조사에서는 국가산림자원조사(NFI)와 산림건강모니터링(Forest Health Monitoring)을 통합 실시하는 체계를 갖추었다는데 큰 의미가 있다고 할 수 있다. 전체 고정표본점 중 20%(약 1,000개, 연간 800개)에 해당하는 식생 및 토양탄소 조사 표본점을 산림건강모니터링 조사 표본점으로 통합 활용하게 된 것이다. 표본점 구조와 조사항목을 통합 조정함으로써 조사의 중복성을 최소화하고, 현지조



사의 효율성을 높임으로서 예산을 절감하는 한편 조사자료 활용의 시너지 효과를 극대화 하였다.

FAO가 주목한 한국의 산림자원조사

1972년 시작한 우리나라 산림자원조사는 시대의 조류를 타고 부침을 거듭하였지만 선배들이 이루어 놓은 기반을 바탕으로 제5차 조사부터는 산림의 변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 체계적인 조사체계를 갖추었고, 이러한 노력의 결과는 국제적으로도 모범 사례로 인정받기에 이르렀다. FAO는 개발도상국가의 산림조사 능력을 강화시키기 위하여 NFMA(National Forest Monitoring & Assessment) 프로젝트를 추진하고 있으며, 현재 약 20여 개국이 이 사업의 지원하여 자국의 산림자원조사 체계를 갖추었다. 유럽은 COST



Action E43라는 프로젝트하에 산림조사 방법의 표준화를 도모하고, 회원국 간 정보 교류를 활성화하는 동시에 산림조사 전문가 네트워크를 구축함으로써 날로 증가하는 국제산림통계 보고 수요에 대응하고 있다.

아시아에서는 FAO의 MAR on SFM(Monitoring Assessment and Reporting on Sustainable Forest Management) 프로젝트에서 아시아 개발도상국을 대상으로 산림조사 지원사업을 추진하고, 워크숍 개최, 전문가 네트워크 구축 등 여러 가지 활동을 전개하고 있다. 우리나라도 FAO에서 주관하는 산림조사 국제 워크숍에 참가하여 한국의 새로운 조사체계를 대외적으로 알리게 되었고, 아시아 국가 중 비교적 체계적인 조사체계를 가지고 수준 높은 국가산림자원조사를 하고 있다는 평가를 받는 계기가 되었다. 그 결과 FAO에서 주관하는 라틴아메리카 산림조사 워크숍(2008, 칠레), 세계산림대회(2009, 아르헨티나)에 초빙되어 한국의 산림조사를 발표함으로써 우리 NFI의 국제적 위상을 드높이기도 하였다.

마감하며

1970년대 독자적인 산림자원조사를 시작하여 40년간 산림자원정보의 산실로서 역할을 해온 산림자원조사는 1980년대 조직 축소라는 시련을 겪어야 했고, 임업연구기관 속에서 단순한 조사사업이라는 이유로 홀대 받던 시절이 있었지만 이제 상황은 달라지고 있다. 기후변화협약(UNFCCC)과 관련하여 산림부문에서 광범위한 정보가 필요해지면서 국가 차원 산림정보의 유일한 공급원인 국가산림자원조사가 다시금 주목을 받고 있다.

외부로부터 불어온 기후변화의 바람 덕분에 조사체계도 새롭게 갖추었고, 5년 주기의 산림자원모니터링 기반을 구축하였다. 하지만 새로운 조사체계의 근간에는 40여년간 선배들로부터 현장에서 배운 산림조사 경험과 Know-how가 고스란히 녹아있다고 할 수 있다. 과거 선배들이 이룩한 성과와 오늘의 신기술을 융합하여 대내외적으로 모범적인 사례로 인정받는 과학적인



조사체계를 갖추었다.

산림자원조사 40년에 즈음하여 국립산림과학원 산림자원정보과에서는 「한국의 산림자원조사 40년사」 발간을 준비하고 있다. 온고이지신(溫故而知新)의 자세로 우리나라 산림자원조사의 역사를 바로 세우고자 하는 취지에서다. 다소 늦은 감은 있지만 더 늦기 전에 지금부터라도 과거 무심코 지나쳐 버린 소중한 자료들을 한데 모아야 한다.

한갑준 초대 산림조사과장님께서 이러한 취지에 공감하시고 컴퓨터 앞에 앉아 원고

를 작성하시고 자료를 정리하시느라 밤낮으로 동분서주 하신다. 하지만 과거 1960-70년대 자료들이 별로 남아있지 않아 애석해 하신다. 사실 그동안 사무실 이사를 할 때 마다 보관하기 어렵다는 이유로 무심코 버려진 자료들이 수없이 많다. 철 없던 시절 무지의 소치임을 반성하며 산림조사 뿌

리를 찾는 자세로 여기 저기 흩어져 있는 자료들을 모으고자 한다. 보고서, 문서, 사진, 등등은 물론이고 웃지 못 할 사연, 술한 현장 일화, 희미해져 가는 기억의 한 자락이라도 모두 소중하다. 동료들은 물론이고 이미 은퇴한 선배님들이 한국 산림자원조사의 40년사 자료집 발간에 적극 동참하여 주시길 간곡히 부탁드립니다.

기록되지 않은 역사는 쉬이 사라진다. 우리가 걸어온 발자취는 훗날 누군가의 길잡이가 될 것이다.



새로운 임업 창출을 위한 일본의 산림정보사 자격제도

정 진 현

국립산림과학원 산림자원복원과장

최근 일본 임야청에서는 산림·임업재생 계획을 수립하여 콘크리트 사회에서 목재 사회로라는 스로건 아래 새로운 산림·임업정책의 기본인식을 강구하는 방안을 모색하고 있다.

세계적인 목재수요의 증가, 자국의 자원 보호정책으로 외국산 목재 수입은 점점 더 어려워지고 있는 실정이다. 또한 목재를 화석자원의 대체제로 에너지화하여 지구온난화 방지에 기여하는 등 저탄소 사회 만들기 운동이 활발히 전개되고 있다. 이를 위하여 임야청에서는 목재 수요의 안정적 공급 방안으로 향후 10년간 도로망 정비, 산림사업의 집약화, 산림전문가를 양성함으로써 효율적이고 안정적인 임업 경영의 기반을 구축함과 동시에 목재의 안정적 공급과 이용에 필요한 체제를 정비하여 임업을 빠른 시일 내에 재생할 수 있는 지침을 마련 중에 있다.

그 중 산림분야의 전문인력 양성을 위한 제도로, 2005년도부터 '산림정보사 자격제도'를 마련하여 현재 대학 등 양성기관을 통하여 산림 전문가를 배출하고 있다. 이 제도는 산림정보를 다루는 지자체 산림공무원의 필수요건으로 부각되고 있을 뿐만

아니라, 각종 산림사업을 위한 조사·전문 기술자로 인정받을 수 있는 자격증으로 활용되고 있다.

최근 우리나라에서도 국가 산림조사, 대축적 산림임상도 제작, 산림입지도양도 제작사업, 국유림 경영실태조사 등 수 많은 산림조사사업이 국책사업으로 수행 중에 있다. 이러한 국가 산림조사 사업 등을 보다 효율적이고 정확하게 수행해 나가기 위해서는 일본의 산림정보사 자격제도와 같은 제도적 장치가 시급히 마련되어야 할 것으로 판단되어 일본 산림기술협회에서 시행중인 산림정보사 2급에 관한 대학 등 양성기관인정 요령을 소개하고자 한다.

산림정보사 2급에 관한 대학 등 양성기관인정 요령

사단법인 일본산림기술협회

(목적)

제1조 사단법인 일본산림기술협회(이하 「본회」라고 한다)인정 부문별 산림정보사 2급 자격(이하 「산림정보사2급 자격」이라한다.)에 관한 본회 산림정보사양성

사업실시 요강 부칙 2항에 근거하여, 산림정보사2급에 관한 대학 등 양성기관 인정 및 동자격자의 인정등록 등을 하기위해 정한다.

(산림정보사 2급 자격 양성기관 신청)

제2조 산림정보사2급자격자의 양성기관(이하 「양성기관」이라한다.) 이 되는 것을 희망하는 대학[대학원(학교교육법 62조)을 제외한다.] 및 단기대학(학교교육법 제5장), 고등전문대학(학교교육법 제5장의 2), 전수학교(학교교육법 제7장의 2), 독립행정법인농업대학교 및 그에 상당하는 시구동(군읍면)의 농학계대학교(이하 「대학 등」이라한다.)의 장은 별표1의 A군 산림학 일반군 과목 내용표(이하 「A군」이라한다.) 및 별표2의 B군 산림정보사부문별 관계군 과목 내용표 (이하 「B군」이라 한다.)를 작성하여, 사단법인 일본산림기술협회 이사장(이하 「이사장」이라한다.)에 신청한다.

(과목 내용 기재)

제3조 A군 및 B군의 과목내용표의 기재는 다음과 같이 정한대로 한다. 또한 강의내용 등이 판명되는 강의안내(syllabus)를 첨부할 것.

가. A군은 분야구분에 동일한 과목명의 기재는 할 수 없다. 보다 비중이 높아 보이는 분야에 기재할 것.

나. B군은 부문구분에 완전히 동일한 과

목명의 기재는 무방하나, 그 경우 단위수를 이수시간으로 배분 기재할 것.

(양성기관 등록위원회)

제4조 이사장은 제2조의 신청에 대해 원칙적으로 산림정보사2급 자격양성기관등록위원회(이하 「양성기관등록위원회」라고 한다.)를 설치 심사한다.

2 양성기관 등록위원회 위원은 7명 이내로 하고 이사장이 지명한다.

3 양성기관 등록위원회는 신청한 내용이 적정한지 판단해야 한다.

4 양성기관 등록위원회의 심사결과는 산림계 기술자운영위원회의 승인을 얻는다.

(양성기관의 등록)

제5조 이사장은 양성기관등록위원회의 심사결과에 근거해, 신청대학에 그 적부를 통지하고, 적당하다고 심사된 대학 등을 산림계기술자 양성사업운영위원회의 승인을 얻고 다음의 양성기관을 인정교 또는 준인정교로 등록하도록 한다.

① 인정교

제6조 “가”에 기재한 단위취득이 가능한 기관으로 인정된 양성기관

②준인정교

제6조 “나”에 기재한 단위취득이 가능한 기관으로 인정된 양성기관.

2 양성기관의 등록 유효기간은 5년간으

로 한다.

- 3 양성기관은 제2조의 「A군 및 B군의 과목내용표」의 내용을 변경한 경우에는 신속히 신고서를 제출하도록 한다.
- 4 양성기관이 신청한 제2조의 「A군 및 B군별 과목내용표」에 대해 중요한 변경을 해야 할 경우에는 제6조의 심사를 받도록 한다.

(산림정보사 2급 자격)

제6조 다음에 해당하는 자는 산림정보사 2급이 되는 자격을 가진다.

- 가. 양성기관의 경우 A군의 분야 구분 중 2분야 이상에서 강의과목 8단위 이상, 실습과목 4단위 이상을 취득하고, 또한 B군의 부문별 강의과목 2단위 이상, 실습과목 1단위 이상을 취득한 자.
- 나. 전호인 A군의 요건을 충족하는 자가 B군을 만족하지 않는 경우에는 B군의 합계단위에서 1.5단위 상당이상을 취득하고, 또한 다음의 어느 한 가지를 취득한 자.
 - ① 양성기관의 대학 등 졸업 후 5년 이내에 본회가 주최하는 사전학습 및 2일간의 산림정보사 2급 실습 세미나에 수강해 합격한 자.
 - ② 양성기관인 대학 등 졸업 후 5년 이내에 당해 산림정보사 부문 관계에 직접 관련된 실무를 1년 이상 경험하고, 본회주체의 사전학습, 리포트 시

험심사에 합격한 자.

- ③ 산림정보사 부문에 관한 졸업논문에서 필요한 단위를 취득한 자.

(양성기관의 요건과 책무)

제7조 대학 등의 장은 전 조항의 조건을 만족한 유자격자인 자를 신청할 수 있다.

- 2 양성기관은 산림정보사2급 자격취득에 대해 강의안내(syllabus)의 설명 등에 명기함과 동시에 자격내용 등에 대해서 적절한 지도를 행한다.
- 3 양성기관은 산림정보사2급의 자격요건을 만족하는 자에 대해 본인에게 통지함과 동시에 자격등록방법 등에 대한 적절한 지도를 하는 것으로 한다. 또한 전조항의 나에 해당하는 자에 대해서도 적절한 지도를 행한다.

(산림정보사2급 인정등록)

제8조 제6조에 의한 유자격자는, 양식 제1호, 산림정보사 2급인정신청서 외 양성기관이 발행하는 이수과목명·취득단위수를 명기한 성적증명서를 본회에 제출하고, 제11조 인정등록수수료를 납부한 후, 인정등록심사를 받아야 한다.

- 2 인정등록심사는 「본회 산림계 기술자 자격 인정심사회」(이하 「인정심사회」라고 한다.)에서 행한다.
- 3 본회는 제1항의 심사에 합격한 자를 산림정보사2급으로 인정하고, 양식 제2호 산림정보사2급 등록증을 교부한다.

4 본회에 제4항의 규정에 의해 산림정보사2급을 인정받은 자의 명부(이하 「산림정보사2급인정자명부」라고 한다.)를 비치해, 인정자의 성명 기타 필요한 사항을 기재하여 보존한다.

5 산림정보사 2급자격의 유효기한은 5년으로 한다.

(산림정보사 2급 인정 취소)

제9조 이사장은 산림정보사2급을 인정받은 자가 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그 인정을 취소하는 것으로 한다.
가. 허위 또는 부정의 사실이 인정될 경우
다. 본인의 신청이 있는 경우
라. 유효기한이 지난 경우

(산림정보사 2급 칭호 부여)

제10조 제8조 제4항에 의해 인정 등록된 자에 대해 「산림정보사2급」의 칭호를 부여한다.

(산림정보사2급 인정등록수수료)

제11조 제8조 제1항에 의한 산림정보사2급 인정신청을 하는 자에게 별도로 정해진 가격의 인정등록수수료를 징수한다.

2 납부된 인정등록수수료는 일체 반환하지 않는다.

(양성기관의 등록수수료)

제12조 양성기관의 등록 및 갱신에 있어서 등록수수료는 무료로 한다.

신청서 양식

사단법인 일본산림기술협회
이사장 귀하

주소
신청대학명
대표자 성 이름

주소
신청대학명
대표자 이름 (인)

산림정보사2급 자격양성기관의 등록 신청에 관한
관계서류를 첨부 신청합니다.

관계서류 1 A군 (산림학 일반론 과목내용 표)
2 B군 (산림정보사 부문군 과목내용 표)
3 상기의목의 강의안내
(특히, B군에 대한 강의내용, 수업계획에 관한 강의안내 등을 첨부한다.)

신청대학의 담당
소속
이름
Tel
Fax
Email

결정서양식

번호
년 월 일

주소
신청대학명
대표자 성 이름

사단법인 일본산림기술협회
이사장 (인)

산림정보사 2급 자격 양성기관 등록에 관하여

귀 대학에서 신청 (년 월 일자 번호)한 것에 대하여 귀교를
산림정보사2급 자격양성기관으로 등록했습니다. (귀교는 산림정보사2급 자격
양성기관으로서의 요건을 만족하지 않습니다.)그러므로 이에 통지합니다.

기

인정고
등록 부문 명
과목
단위 수 ()

준인정고
등록 부문 명
과목
단위 수 ()

* 주 : 단위 수는 등록 인정된 단위 수 (괄호는 강의안내 상의 단위 수)

양식 제1호 (인정교용)

산림정보사2급 자격 인정 신청서
산림정보사2급 등록을 신청합니다.

신청일 년 월 일

이름	인(납 예)	주말번호	※
성년월일	년 월 일 (연령 세)	지(군) 구(읍) 동(면)	※
본격지	지(군) 구(읍) 동(면)	연주소	※
연주소	TEL - - FAX - - Email	학력	※
학력	최종종업(예정) 학교명	경력기간	년 월 ~ 년 월
4월 이후 장기 합류자가 변경되는 분은 우측에 기입해 주세요	TEL - - FAX - - Email	경력	※
경력	TEL - - FAX - - Email	군무직	※
군무직	TEL - - FAX - - Email	등록년월일	※ 년 월 일

(주)는 기입하지 않는 란

사단법인 일본산림기술협회
이사장 귀하

양식 제2호 (준인정교 용)

산림정보사2급 자격 인정 신청서

산림정보사2급 등록을 신청합니다.

신청일자 년 월 일

이름	지(군) 구(읍) 동(면)	주말번호	※
성년월일	년 월 일 (연령 세)	지(군) 구(읍) 동(면)	※
본격지	지(군) 구(읍) 동(면)	연주소	※
연주소	TEL - - FAX - - Email	학력	※
학력	최종종업(예정) 학교명	경력기간	년 월 ~ 년 월
4월 이후 장기 합류자가 변경되는 분은 우측에 기입해 주세요	TEL - - FAX - - Email	경력	※
경력	TEL - - FAX - - Email	군무직	※
군무직	TEL - - FAX - - Email	등록년월일	※ 년 월 일

(주)는 기입하지 않는 란

사단법인 일본산림기술협회
이사장 귀하

양식 제3호

등록번호 제 호

산림정보사등록증

산림정보사자격인정심사에 합격하였음을 인정함

년 월 일

산림계 기술자양성 사업운영위원회

위원장

산림정보사 명부에 등록하였음을 증명하며
산림정보사 칭호를 부여함

등록부본

등록년월일 년 월 일

등록유�효기한 년 월 일

년 월 일

사단법인 일본산림기술협회

이사장

발표 1의 기입 예

A군 (산림학 일반과 과목내용 표)

분야	내용	강의과목	강의과목	강의과목	비고
		과목(예시)	단위수	과목(예시)	단위수
관리 경영	임정, 산림계획, 재목, 축산, 산림경영, 평가, 산림통치, 조림, 보전, 휴양, 생활환경 등	임정학	2	산림경영학	2
		산림통치학	2	산림재정학	2
		산림계획학	2	산림경영학	2
		산림통치학	2	산림재정학	2
육성 교육	조림, 시업, 경산, 산림작업, 황해, 민중, 판매 등	조림학	4	조림학 실습	2
		산림작업학	2	산림작업 실습	2
		산림통치학	2	산림통치 실습	2
		산림재정학	2	산림재정 실습	2
경제 보호	산림통치학, 경제, 산림보호 등	산림통치학	2	산림통치 실습	2
		산림재정학	2	산림재정 실습	2
		산림계획학	2	산림계획 실습	2
		산림통치학	2	산림통치 실습	2
수호보전	지형, 지진, 지주, 보인력 등	지형학	2	지형학 실습	2
		지진학	2	지진학 실습	2
		지주학	2	지주학 실습	2
		보인력학	2	보인력학 실습	2

• 2분야 이상에서 강의과목 8단위 이상, 실습과목 4단위 이상 이수단위 취득이 가능한 것

별표2의 기입 예 1

가령 B군 산림정보사 부문별 관계군 과목단위가 아래와 같은 경우

과목	단위수
산림 활용학	2.0
산림 리모트 센싱(remote sensing)개론학	2.0
산림 리모트 센싱 연습	1.0
산림 GIS실습	1.0

* 상기과목 인정요령 제3조 나 의 이수시간에 대응하여 단위 배분
(산림정보사 부문별 관계군 과목 내용표)에 나타내었음.

별표2의 기입 예 2

B군 <산림정보사부문별 관계군 과목 내용표>

부문	내용	강의과목 과목(예시)	강의 단위 수	실습과목 과목(예시)	실습 단위 수	비고
산림 활용학	중추사건의 기초지식	산림활용학	0.5		0.5	
	산림리모트 센싱(remote sensing)개론학	산림리모트 센싱	0.5		0.5	
	산림리모트 센싱(remote sensing)개론학	산림리모트 센싱	0.5		0.5	
	산림리모트 센싱(remote sensing)개론학	산림리모트 센싱	0.5		0.5	
산림 리모트 센싱(remote sensing)개론학	리모트의 기초지식	산림활용학	0.5	산림리모트 센싱	1.0	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
산림 리모트 센싱(remote sensing)연습	리모트의 기초지식	산림활용학	0.5	산림리모트 센싱	1.0	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
	리모트 센싱의 기초지식	산림리모트 센싱	1.2		1.5	
산림 GIS실습	산림GIS의 기초지식과 기본조각	산림활용학	0.5	산림리모트 센싱	0.5	
	산림GIS의 기초지식과 기본조각	산림리모트 센싱	0.5		0.5	
	산림GIS의 기초지식과 기본조각	산림리모트 센싱	0.5		0.5	
	산림GIS의 기초지식과 기본조각	산림리모트 센싱	0.5		0.5	

가령, 상기의 강의 실습과목의 경우라면 아래와 같이 설명.

1. 산림활용학부문은 강의 및 실습과목이 계1.0 단위로, 산림정보사 산림활용학부문 2급자격을 취득하지는 못한다.
2. 산림 리모트 센싱(remote sensing)부문은 강의과목이 계 2단위, 실습과목이 1.5단위이며, 산림리모트 센싱(remote sensing)부문 2급의 자격이 생긴다.
3. 산림GIS부문은 강의과목이 1.0단위, 실습과목이 1단위인 계2.0단위로, 타 분야 1.5단위 이상을 추가 이수하여야 한다.



기술정보(해외)

일본의 산지계류내 거석의 입경조사법

-토석의 최대입경에 관한 타당성 검증-

전 근 우

강원대학교 교수

1. 배 경

투과형 사방댐은 석력의 입경조사에 의해 구한 최대입경의 D_{95} 를 기본으로 하여 부재의 간격을 설정하고 있다. 이 최대입경의 D_{95} 를 구하기 위한 석력의 입경조사는 측정자의 판단에 의존하기 때문에 객관성이 결여될 수 있으므로 계상물매, 유역면적 등을 지표로 몇 개소에서 석력의 입경조사를 실시하여 조사방법 및 최대입경의 타당성에 대해 검증하였다.

2. 현행의 사력 입경조사방법의 문제점

1) 사력의 측정개수

석력의 최대입경은 사방댐 계획지점의 상류 및 하류 각각 200m 사이에 존재하는 200개 이상의 거석의 입경을 측정하여 작성한 빈도분포에 근거하여 누적치의 95%에 상당하는 입경(D_{95})으로 한다.

2) 사력의 선정지표

측정대상이 되는 거석은 토석류의 선단부가 퇴적되었다고 판단되는 개소의 계상

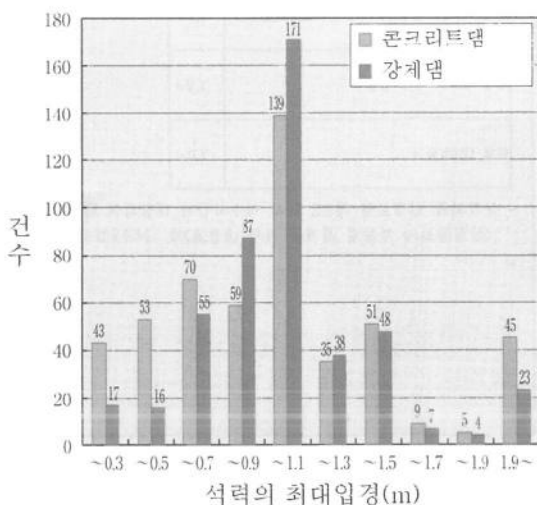


그림 1. 최대입경과 건수

에 퇴적해 있는 거석들로 간주하고, 사방댐 계획지점 주변의 석력의 입경분포를 대표하는 최대입경을 설정하도록 유의해야 한다. 또한, 모나거나 재질이 달라 분명히 산복에서 유입되었다고 생각되는 거석은 대상에서 제외한다.

한편, 지침에 근거해서 조사하면 석력의 선정에 주관이 들어가기 쉽다. 결국, 측정자가 바뀌면 최대입경의 값 자체가 변할 가능성이 있다. 그림 1은 투과형 사방댐에 있어서 석력의 최대입경에 대한 분포상황 샘플이다. 그림에 나타난 바와 같이 강제 투과형댐은 콘크리트슬릿댐에 비해 D_{95}

=1m의 비율이 높다. 이는 강제투과형댐에 따라서는 $D_{95}=1\text{m}$ 가 돌출하고 있으며, 이는 측정자의 주관에 좌우된 것으로 추정된다.

따라서 현행 기준대로 석력을 랜덤으로 선정하였을 경우와 선격자법을 사용하여 석력을 선정했을 경우에 최대입경에 대한 설정방법에 차이가 생기는지를 검토하였다.

많은 지역을 조사대상으로 하였으며, 유역면적, 계상물매가 편중되지 않도록 조사대상 계류를 추출하였다. 각 댐 사이트의 조사대상구간은 댐으로부터 퇴사물매선과 원 계상물매까지의 교점으로 하였고, 석력의 개수가 적은 경우에는 조사대상구간을 연장하였다.

1) 랜덤법(현행 측정방법)

현행의 사력입경에 대한 조사는 계상에 눈에 띄는 거석을 랜덤으로 선정하였으며, 사력의 선정은 측정자에게 일임하였다. 또

3. 조사대상 장소 및 측정방법

조사장소는 강제투과형댐의 설치기수가

표 1. 조사대상 계류의 제원

댐의 명칭	유역면적 (km^2)	계상물매 (1/n)	댐의높이 (m)	댐의길이 (m)	강제높이 (m)	구조물의 형식
浦田川 사방댐	0.100	1/5.0	10.0	37.5	8.0	격자2000C
第2針原川 제2호댐	0.200	1/3.5	13.0	90.2	11.0	격자2000C
八郷川 2호강제사방댐	0.460	1/4.5	9.5	56.5	7.5	격자2000C
-	1.770	1/12.0	13.0	68.0	11.0	격자2000C
江良川 제1호댐	3.410	1/15.0	10.5	77.0	8.5	격자2000C
平良川2호 사방댐	5.580	1/18.0	7.0	70.0	5.0	B형
山田山川	0.600	1/9.0	8.0	66.0	6.0	B형
大山川 滑り川댐	1.670	1/10.0	12.0	70.9	10.0	격자형
清浦川	0.260	1/5.0	14.5	74.9	12.5	격자2000C
山之神川	0.890	1/9.0	14.5	83.0	12.5	격자2000C
泊野川 사방댐	7.200	1/12.0	11.0	66.0	9.0	격자형
龍石川 사방댐	0.150	1/4.0	11.0	84.0	9.0	격자형
神宮川 사방댐	0.350	1/7.5	11.0	35.0	9.0	격자형
神宮川 사방댐	0.350	1/7.5	11.0	35.0	9.0	격자형
화산사방 木浦川	0.120	1/7.0	10.0	64.5	8.0	격자형
仮屋川댐	1.900	1/9.0	13.0	44.0	11.0	격자형
화산사방공사 牛尾川	1.250	1/6.0	11.0	57.5	9.0	격자형
平出水中川 1호댐	0.270	1/7.0	11.0	78.7	9.0	격자2000C
-	0.170	1/6.5	13.0	65.0	11.0	격자2000C
湯之谷川	1.120	1/9.1	11.0	73.0	9.0	격자2000C
立和名谷川 사방댐	0.490	1/6.0	12.5	83.0	10.5	격자2000C

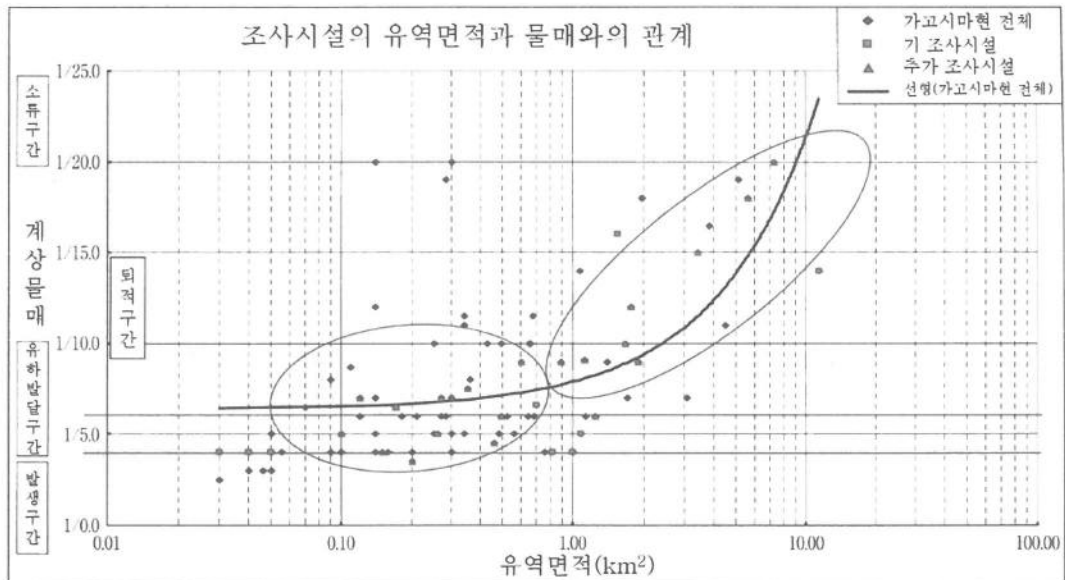


그림 2. 조사대상 계류의 유역면적과 계상물매

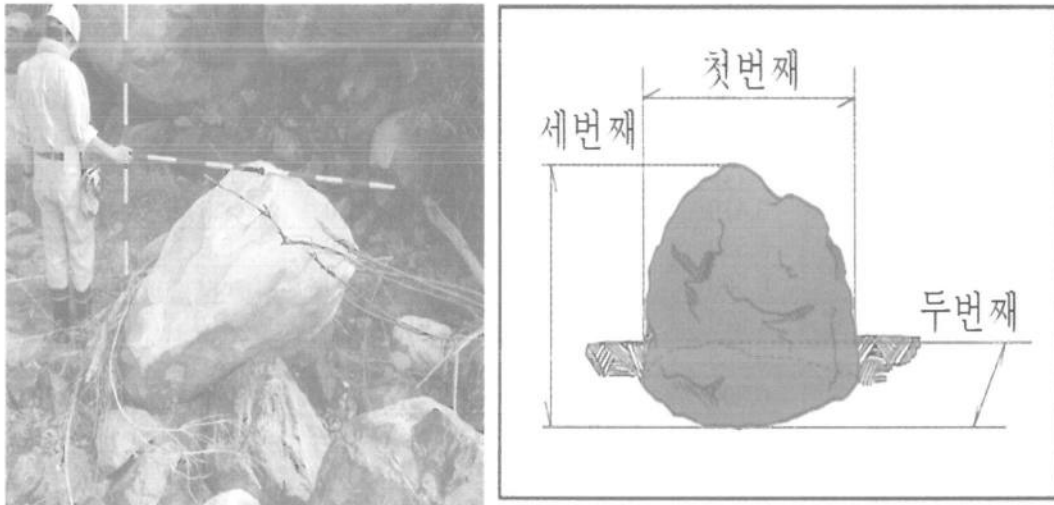


그림 3. 랜덤법

한, 랜덤법과 선격자법으로 실시한 입경의 조사결과를 사용하여 두 변과 세 변의 평균값을 비교하였다. 또한, 두 변은 그림 3의 「첫 번째·두 번째의 평균」, 세 변은 「첫 번째~세 번째의 평균」의 수치이다.

2) 선격자법

선격자법은 그림 4와 같이 ① 테이프(권척)를 직선으로 펴운 후, ② 측선 상의 석력의 최대입경을 구분하고, ③ 그 직하부에 있는 사력의 크기를 계측하였다. 측선은

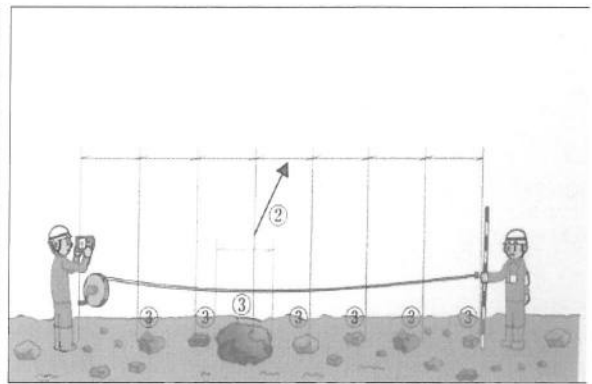
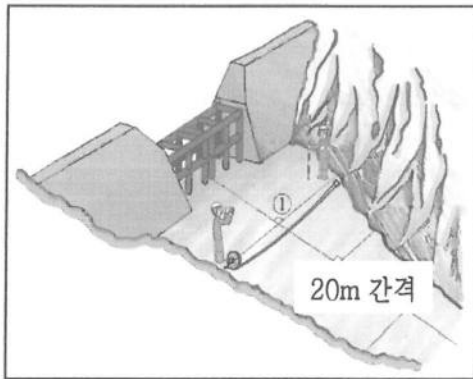


그림 4. 선격자법

종단방향으로 20m 간격으로 설정하였다. 다만, 댐 높이가 낮아 측선이 적은 경우에는 10m 간격으로 적당하게 변경하였다.

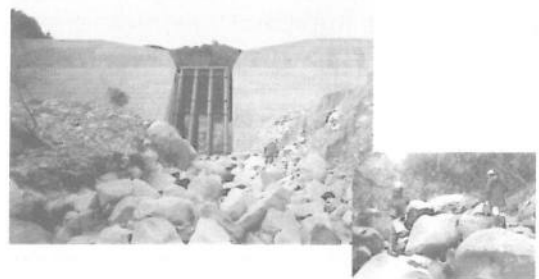
4. 조사결과 및 고찰

① 유역면적이 좁은 경우



석력의 개수가 적어 현행 기준과 같이 200개를 샘플링 할 수 없는 경우가 있다. 따라서 랜덤법, 선격자법 모두 누가곡선이 규칙적이지 못하고, D_{95} 근처의 석력에 의해 최대 입경의 값이 크게 좌우되는 경우가 있다.

② 유역면적이 넓은 경우



조사샘플의 숫자가 많기 때문에 랜덤법의 전체 분포와 선격자법의 분포는 비교적 경향이 유사하다. 결국, 측정자의 개인차는 작다.

③ 토석류 포착 후에 준설한 경우



준설하므로 조사대상구간에는 석력이 존재하지 않으므로 퇴사의 영향범위 이외의 것을 조사하였다. 준설 후에는 석력의 개수나 분포상황이 달라지기 때문에 설계 시에 예상했던 포착효과가 발휘될 수 있는가에 대한 과제가 남는다.

랜덤법과 선격자법을 비교하면, 랜덤법의 D_{95} 는 측정 개수가 많을수록 작아진다. 결국, 100개를 대상으로 하였을 때의 D_{95} 는 큰 쪽으로부터 6번째이며, 200개를 대상으로 하였을 때의 D_{95} 는 큰 쪽으로부터 11번째이다. 또한, 선격자법의 경우 협착부에서는 횡단방향의 석력의 개수가 적기 때문에

200개를 선정할 수 없고, 석력의 최대입경을 놓칠 가능성이 있다.

조사를 실시한 투과형댐의 설계 시에 있어서 석력의 최대입경 D_{95} 는 대부분이 1m이었다. 또한, 석력의 최대입경 D_{95} 의 평균값은 대충 설계 시와 같이 $D_{95}=1.0\text{m}$ 이었지만, $D_{95}=1\text{m}$ 자체는 적었다. 따라서 측정자는 사전에 최대입경을 1m라고 이미지를 갖고 계측한 것으로 추측된다.

5. 최대입경(D_{95})의 타당성

동일 장소에 있어서의 랜덤법과 선격자법의 누계곡선그래프 사례를 그림 5에 제

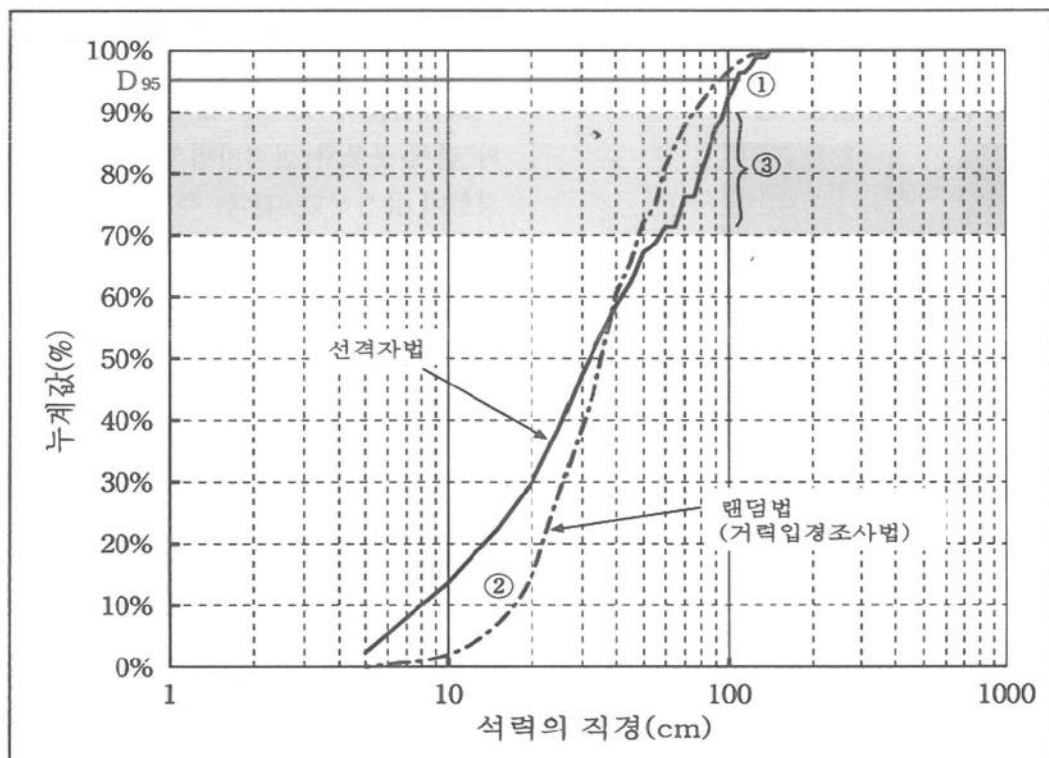


그림 5. 랜덤법과 선격자법에 의한 석력의 입경분포곡선 사례

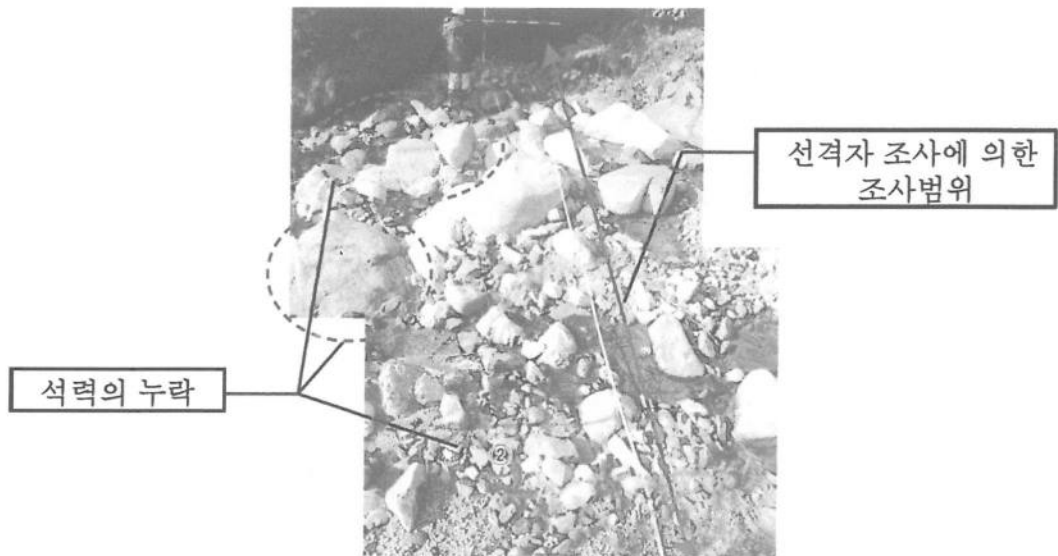


사진 1. 선격자 조사에 의한 석력의 누락 사례

시하였다(유역면적 : 0.82km^2 , 계상물매 : $1/4.0$, 조사개수 : 랜덤법 464개, 선격자법 80개).

이 사례에서 양자를 비교한 결과, 다음과 같은 차이가 발견되었다.

- ① D95는 선격자법 쪽이 커진다(랜덤법 : $D_{95}=93\text{cm}$, 선격자법 : $D_{95}=110\text{cm}$).
- ② 석력의 평균입경(D_{50}) 이하에서는 선격자법 쪽이 랜덤법보다도 작아진다.
- ③ 선격자법 쪽이 투과부의 폐색에 기여하는 아치액션을 발생시키는 석력(D_{80} 부근)의 분포가 일정하지는 않다.

①은 두 조사결과의 샘플 수의 차이에 의한 것이며, ②와③은 조사방법의 차이에 따른 석력의 「누락」에 의한 것이라고 생각된다. 특히 ③은 「누락」에 의해 편차가 생긴 것이라고 생각된다. 결국, 토석류위험계류는 유역면적이 좁은 경우가 많아 석력의

개수 자체가 적은 경우에는 선격자법에서는 최대입경을 놓칠 가능성이 있다. 따라서 이를 피하기 위해서는 랜덤법에 의해 측정자가 현지의 상황을 감안하여 석력을 선정할 수밖에 없다. 즉, 측정자의 경험에 좌우되므로 경험을 쌓는 것이 정밀도 향상에 이어진다고 생각된다.

6. 두 변의 평균값과 세 변의 평균값의 비교

두 변과 세 변의 평균값을 비교하면, 두 변 쪽이 크게 나타났다(그림 6). 이러한 경향은 랜덤법과 선격자법 모두 같다. 이는 세 변 중, 깊이 방향이 작고, 측정하기 어렵기 때문에 두 변의 평균에서는 깊이 방향이 생략되기 때문이다.

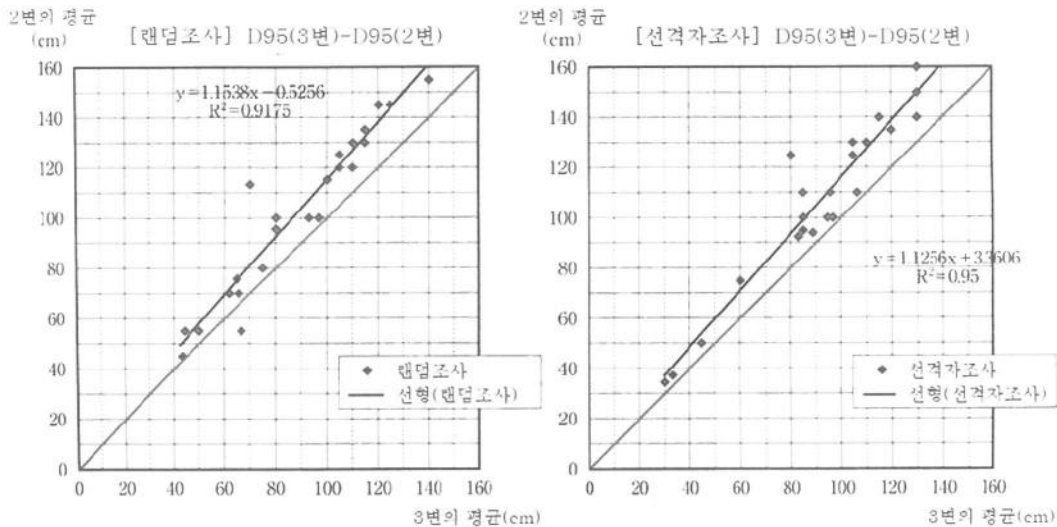


그림 6. 두 번의 평균값과 세 번의 평균값에 따른 석력의 입경 차이

7. 정 리

선격자법에 있어서 「누락」을 없애는 방법은 선격자의 간격을 좁게 해서 계측하는 것이다. 그러나 선격자법은 랜덤법에 비해 단위시간 내의 취득샘플 수가 적으므로 선격자의 간격을 좁게 하면 작업능률이 더욱 떨어지게 된다. 또한, 선격자법은 투과부의 폐색에 기여하는 D_{80} 대의 석력의 입경샘플의 취득분포가 나빠지는 경향이 있다. 투과형 사방댐은 사력보다 개구부가 석력에 의해 막히는 것이 중요하다.

결국, 개구면적이 아치액을 일으키는 석력으로 채워질 수 있는지가 하나의 기준이 되므로 샘플의 취득분포가 나빠지면 사력의 분포상황을 파악할 수 없기 때문에

검증을 실시하기 어렵다. 따라서 강제투과형 사방댐의 설계에 사용하는 조사방법으로는 측정자의 주관이 들어가기는 하지만, 종전대로 랜덤법이 적합하다고 생각된다. 이 자료는 산림청 「산림과학기술개발사업(과제번호: S210810L010110)」의 지원에 의하여 수행되었다.

8. 참고논문

- 1) 鈴木崇, 吉田圭佐, 嶋丈示, 筒井智照. 2008. 巨礫粒徑調査法 現状 一考察, 平成20年度砂防學會研究發表會概要集 : 218-219.
- 2) 財團法人砂防・地すべり技術センター. 2009. 鋼製砂防構造物設計便覧. 254pp.

기술정보(해외)

중국의 봄철 황사 발생 특징(2000~2008년)

박 기 형

국립산림과학원 산림방재연구과

I. 서 론

모래 폭풍을 뜻하는 사진폭(沙塵暴, Sand-Dust Storm)은 사폭(沙暴, Sand Storm)과 진폭(塵暴, Dust Storm)의 두 가지 뜻을 모두 함축하고 있는 단어이다. 사진폭은 연평균 강수량 400mm 이하의 건조 또는 반건조 지역의 나지(Open Land) 지면의 모래먼지가 바람에 날려 대기를 혼탁하게 만들고 가시거리는 1km 이하가 되는, 심한 모래 바람을 일으키는 기상 현상이다. 사진폭이 발생하기 위해서는 강한 바람, 강하고 불안정한 수직상승기류, 풍부한 모래 등의 3가지 조건이 동시에 갖추어져야 한다. 그 중에서도 모래는 황사 발생에 반드시 필요한 조건이다. 모래 발원지에 강한 바람이 불어 불안정한 대기와 만나면 작은 모래 입자의 황사가 발생하고, 바람을 타고 날아가 다른 지역까지 영향을 미친다. 전 세계적으로 황사가 발생하는 조건을 갖춘 지역은 많지 않지만, 이러한 지역에서 발생한 황사는 매우 광범위한 지역에 영향을 미친다(馮, 2002; 慈 et al, 2005; 曾 et al, 2006).

중국의 주요 모래 발원지인 사막(沙漠

또는 砂漠), 사지(沙地), 고비(戈壁)는 주로 중국의 시베이 지역과 화베이 지역에 분포되어 있다. 사막은 사질황막(沙質荒漠)의 준말로, 대부분 사주(沙洲)와 사구(沙丘)로 이루어져 있으며, 강수량은 적고 증발량은 많아 식생은 물론 생물체가 살기 어려운 곳이다. 사지는 사화토지(沙化土地)의 준말로, 반습윤, 반건조 지역에 주로 분포하고 있으며 자연적 또는 인위적 간섭을 받아 형성된 사막의 한 종류를 말한다. 사지는 식생 율폐도에 따라 유동사지(율폐도 10% 이하), 반고정사지(율폐도 10~29%), 고정사지(율폐도 30% 이상)로 나뉜다. 고비(戈壁, Gobi)는 몽골어와 만주어 '사막'의 음역으로, 원래 의미는 '초목이 살기 어려운 토지'이다. 고비는 주로 입자가 큰 자갈이나 돌로 이루어진 사막이며, 크게 암막(岩漠, Rocky Desert)과 역막(礫漠, Gravel Desert)의 두 종류로 나뉜다(杜, 1962; 趙, 1962; 王 et al, 1995). 고비의 주요 자연적 특징은 강수량이 200mm 이하이며, 한서(寒暑)의 변화가 크다. 연평균 온도 차이는 40 이상이며, 여름과 가을의 일교차는 30에 달하기도 한다. 암막의 경우 지표면 토양 입자가 큰 역암(礫岩) 또

는 기암(基岩) 위주로 이루어져 있다. 지표의 기암이 그대로 노출되어 있고, 지면의 기복이 심하다. 또한 수분이 매우 부족하여 식생 율폐도가 10% 이하로, 식생이 생장하기 매우 어렵다. 암막의 표면은 검은 빛을 발하는 짙은 갈색의 철분 화합물이 다량 함유되어, 멀리서 보면 검은 색으로 보여 '흑고비(黑戈壁)'라고 불린다. 역막은 산록의 하류에 비교적 많이 형성되기 때문에 수분 조건은 비교적 양호하며, 식생 율폐도는 10~30%에 달한다. 역막의 표면은 회백색을 띄기 때문에 '백고비(白戈壁)'라고 불리기도 한다(王 and 陳, 2008).

사구와 풍식(風蝕) 토지를 포함한 중국의 사막 총 면적은 71.29만km² 고비 면적은 56.95만km²으로 중국 면적의 13.36%를 차지하고 있다. 그 중 신장(新疆) 웨이우얼 자치구의 사막, 사지 면적은 42.0만km², 고비 면적은 29.3만km²으로 중국에서 가장 넓은 사막, 사지, 고비 면적을 차지하고 있으며, 중국 총 토지면적의 7.4%에 달하는 면적이다. 네이멍구(內蒙古) 자치구의 사막, 사지 면적은 21.3만km², 고비 면적은 18.8만km²으로 두 번째로 넓은 면적을 차지하고 있으며, 이는 중국 토지 면적의 4.2%에 이른다(慈 et al, 2005).

중국 황사 다발 지역은 사막의 분포와 밀접한 관계가 있다. 신장 북부의 준가얼 분지(Dzungarian Basin), 남부의 타림 분지(Tarim Basin), 간쑤성(甘肅省)의 허시(河西) 지역, 네이멍구 동부의 훈산다커(渾

善達克) 사지, 중부의 마우수(毛烏素) 사지, 서부의 바단지린(巴丹吉林) 사막 등이 대표적인 예이다. 이처럼 황사 다발 지역은 대부분 신장과 네이멍구 지역으로 모래 발원지와 거의 일치한다. 또한 몽골, 카자흐스탄 등지에서 발생한 황사는 중국의 모래 발원지를 거치면서 중국뿐만 아니라, 한국, 북한, 일본 멀리서 미대륙까지 영향을 미친다(李 and 王, 2002; 曾 et al, 2006; 中國气象局編, 2009a; 中國气象局編, 2009b).

2000년 이후 중국은 국가임업국을 중심으로 본격적으로 외국 국가 기관과 NGO, 기업과 합작으로 사막화 지역에 조림사업을 실시하고 있다. 하지만 많은 자금과 인력의 투자에도 불구하고 사막화 속도를 줄이지는 못하고 있으며, 이로 인해 매년 봄철 황사가 발생하여 우리나라에도 큰 문제를 일으키고 있다. 우리나라의 경우, 1980년대 연간 황사 발생 일수가 3.8회였으나, 1990년대 7.7일, 2000년 이후 평균 12.8일로 급격히 증가하였고, 그 강도 역시 강해지고 있는 추세이다(Kim, 2008). 더 큰 문제는 황사가 중국의 산업, 공업 지역을 지나면서 배출된 대기 중의 중금속 등 유해물질과 흡착하여 대기 중 오염농도를 높이고 있으며, 이러한 유해물질간의 화학반응으로 인해 오염물질의 양이 증가될 수 있다는 것이다. 특히, 2002년 3월 21~23일에는 강한 황사로 인하여 초 중 고등학교의 휴교, 호흡기질환 환자의 증가, 첨단정밀 산업 공장의 가동중지, 항공기 결항 등

사회, 경제적으로 큰 문제를 일으켰다.

국내에서는 황사의 중금속 및 대기 오염 물질에 대한 연구(손과 김, 2009; 윤 등, 2010), 우리나라에 영향을 끼친 황사에 대한 연구(김과 이, 2006; 최, 2008; 김과 정, 2009; 김 등, 2010), 황사 발원지에 대한 연구(피 등, 2009), 황사 출현 요인(김과 이, 2009), 황사 감시 및 예측에 대한 연구(국립기상연구소, 2005; 국립기상연구소, 2007; 기상청, 2007; 차, 2009; 황 등, 2009) 등 다양한 연구가 진행되었다. 하지만 중국에서 발생한 황사의 특징에 대한 연구는 많지 않다. 본 연구는 2000년부터 2008년까지 중국에서의 각 연도별 가장 강하게 발생한 황사를 중심으로 중국 내 자료를 수집하여 각 연도별 3월부터 5월까지 봄철 발생한 황사의 발생 강도, 범위, 이동 경로를 정리하였다.

II. 황사 종류 및 경로

1. 황사 종류 분류

중국에서는 기상학적으로 황사 발생시 풍속 및 대기 상황, 특히 가시거리를 고려하여 사진폭, 양사(揚沙), 부진(浮塵)으로 나눈다(慈 et al, 2005; 曾 et al, 2006; 張, 2006; 劉 and 周, 2007). 하지만 황사의 발생은 지역, 기후대, 지표 유형 등 현지 상황에 따라 표현 방식이 다르기 때문에 중국 기상학계에서도 통일된 황사 구분 표준은 아직 정해져 있지 않다.

사진폭(Sand-Dust Storm)은 강한 바람으로 인해 지면의 먼지가 날아올라 대기가 혼탁해져 가시거리가 1km 이하인 황사를 말한다. 사진폭은 다시 풍속과 가시거리에 따라 강사진폭(強沙塵暴, Strong Sand-Dust Storm)과 특강사진폭(特強沙塵暴, Very Strong Sand-Dust Storm)으로 나눈다. 강사진폭은 풍속이 20m/s 이상(신강 남부 지역의 경우, 17.2m/s 이상), 가시거리가 200m 이하인 황사를 말하며, 특강사진폭은 풍속이 25m/s 이상(신강 남부 지역의 경우, 20.8m/s 이상), 가시거리가 50m 이하인 황사를 말한다. 사진폭은 지표 상황과 대기 조건이 밀접한 상관관계를 가지고 있으며, 중국의 경우 지역별로 현지 상황에 맞춰 사진폭 등급을 경(輕), 중(中), 강(強)으로 분류하고 있다(표 1).

양사(Blowing Sand) 역시 사진폭과 마찬가지로 강한 바람으로 인해 지면의 먼지가 날아올라 대기가 혼탁해지면서 발생하며, 가시거리는 1~10km인 황사이다. 양사와 사진폭은 중국 북방 지역에서 봄철에 쉽게 발생하며, 현지 또는 부근 지역의 모래 먼지가 날아올라 발생한다. 이 두 가지 날씨의 가장 큰 특징은 가시거리가 짧아지며, 대기가 모래 먼지로 인해 혼탁해져 회색 또는 황색으로 변한다는 것이다. 또한 냉공기가 지나가거나 뇌우(雷雨), 풍력 12급(32.7~36.9m/s) 이상의 바람이 불 때 발생한다.

부진(Floating Dust or Aerial Dust)은

표 1. 중국 및 중국 북쪽 지역의 황사 등급 분류

지역	경(輕)	중(中)	강(強)
중국	가시거리 1km 이상	가시거리 500~1,000m	· 가시거리 500m 이하
간수성	가시거리 1km 이상	가시거리 500~1,000m	· 최대풍속 25m/s이상 · 가시거리 50m 이하
간수성 무웨이(武威)	가시거리 1km 이상	가시거리 500~1,000m	· 최대풍속 22m/s이상 · 가시거리 50m 이하
닝샤 후이족 자치구	가시거리 1km 이상	가시거리 500~1,000m	· 하이위안현(海原縣) 북쪽 기상 관측점의 1/3 이상에서 최대 풍속 25m/s이상 · 가시거리 200m 이하

흙먼지, 세사(細沙)가 대기 중에 떠다니는 것으로, 가시거리가 10km 이하인 황사이
다. 부진의 대부분은 멀리서 발생한 사진폭
이 상층 기류를 타고 전파되거나 사진폭,
양사 발생 후 가라앉지 않은 세립(細粒)의
부유 물질이 대기 중에 남아있을 때 형성
된다. 부진 발생 시 원거리의 대기는 황갈

색 또는 회황색으로 보이며 하늘은 회백색
또는 미황색을 띤다.

2. 황사 경로 분류

중국에서 발생하는 황사 경로는 황사 발
생 지점 및 그 경로에 따라 다음과 같이
크게 6가지로 구분한다(표 2). 2006년까지

표 2. 황사 경로별 주요 특징 및 발생 지역

발생 경로	이동 특징	주요 발생 지역
편북 경로형	몽골 또는 중국 동베이(東北) 지역 서부에서 발생하며 편북 기류에 의해 북쪽에서 남쪽으로 이동	중국 시베이(西北) 지역의 동부, 화베이 (華北) 대부분 지역, 동베이 지역 남부 및 황회이(黃淮) 등지
편서 경로형	몽골, 중국 네이멍구 서부 또는 신강 남부에서 발생하며, 편서 기류에 의해 동쪽으로 이동	중국 시베이, 화베이 및 동베이 지역의 서부와 남부 지역
서북 경로형	몽골 및 중국 네이멍구 서부에서 발 생하며, 북서 기류에 의해 북서쪽에서 남동쪽으로 이동, 또는 남동쪽으로 이 동한 뒤 남쪽에서 북상하는 기류를 만나 북동쪽으로 이동	중국 시베이, 화베이, 황회이, 지양회이 (江淮) 등지
남강 분지형	신강 남부에서 발생	신강 지역
혼합 경로형	황사가 두 곳 또는 두 곳 이상의 발 원지에서 발생하거나, 이동 중 그 경 로가 크게 변하는 황사	중국 시베이 지역 동부, 화베이 및 동베 이 지역
국지형	국부적으로 발생하는 황사	이동 경로 불분명

는 황사 발생 경로를 편북 경로형(偏北徑路型), 편서 경로형(偏西徑路型), 서북 경로형(西北徑路型), 남강분지형(南疆盆地型), 국지형(局地型)의 5가지 경로로 분류했다(曾 et al, 2006; 中國氣象局編, 2004a; 中國氣象局編, 2004b; 中國氣象局編, 2004c; 中國氣象局編, 2005; 中國氣象局編, 2007; 中國氣象局編, 2008). 하지만 이 5가지 경로 유형으로는 중국 및 동북아지역에 발생하는 황사 발생 지점 및 경로의 특징을 묘사하기 어렵기 때문에 2007년부터 혼합 경로형(混合徑路型)이 추가되어 현재 6가지 유형으로 구분하고 있다(劉 and 周, 2007).

III. 2000년부터 2008년까지의 중국 내 봄철 황사 발생 특징

1. 2000년 황사 특징

2000년 중국에서는 모두 19차례의 황사가 발생했으며, 그 중 강사진폭 2회, 사진폭 7회, 양사 10회였으며, 서북 경로가 11회, 편북 경로가 5회였다. 2000년 봄철(3~5월) 중국 북방 지역에서 발생한 사진폭은 평년보다 빨리 발생했으며, 발생 빈도가 높았고 넓은 범위에서 발생했다. 평년 같은 기간보다 강한 사진폭이 발생했으며, 다량의 황사 먼지가 남쪽으로 이동하여 창장(長江) 중하류 이북 대부분 지역에 영향을 미쳤다. 모래 바람이 자주 불어 가시거리가 짧았으며

철도와 고속도로 등 교통운송 및 일상생활에 큰 불편함을 끼쳤다(張 et al, 2002; 中國氣象局編, 2004a). 최초 관측된 황사는 1월 1~2일 발생한 양사였으며, 마지막으로 발생한 황사는 10월 17~18일 발생한 양사였다. 강도가 가장 강했던 황사는 4월 18~21일 발생한 강사진폭으로 난장(南疆) 분지, 네이멍구 중서부, 시베이(西北) 지역의 동부, 화베이(華北) 지역 서부, 황회이(黃淮) 서부, 쓰촨(四川) 분지 동부에서 발생하였다. 그 중에서도 신장, 네이멍구, 칭하이성(青海省), 간쑤성, 닝샤(寧夏) 후이족 자치구, 샤안시성(陝西省), 산시성(山西省) 등 7개 성(省)의 29개 관측점에서 사진폭 및 강사진폭이 관측되었으며 10개 지점에서 강사진폭이 관측되었다(楊 et al, 2001; 張 et al, 2003; 中國氣象局編, 2004a; 郭 et al, 2005; 任 and 壽, 2007).

1) 황사 발생 시기 집중

2000년 1년간 발생한 19회의 황사 중 16회의 황사가 봄철에 집중되었다. 중국 전역에 있는 사진폭 관측점에서 관측한 봄철 황사 누적 관측일수는 1,883일이었으며, 그 중 양사 976일, 사진폭 205일, 강사진폭 46일이었다. 2000년 봄철 발생한 황사는 주로 4월(8회)에 집중되어 있었고, 그 중 사진폭이 5회, 강사진폭이 1회였다.

2) 황사의 강도 증대

2000년 봄철 발생한 황사는 16회였으며,

그 중 사진폭 및 강사진폭은 9회로 황사의 강도가 높아졌다. 가장 강력했던 황사는 4월 18~21일 발생한 강사진폭이었다. 조금 앞서 발생한 4월 12~14일의 사진폭 역시 비교적 높은 강도의 황사였으며, 간쑤성에서는 '흑풍(黑風)'이 발생했고, 최대풍속 25m/s, 가시거리는 0m에 가까웠다(任 and 壽, 2007). 칭하이성의 하이시(海西)에 있는 관측점에서는 4월 13일 평균풍속 30m/s의 강풍이 4시간이나 지속되기도 했다.

3) 황사의 영향 범위 증가

2000년 3~5월 황사 발생 범위는 시베이, 화베이, 동베이(東北), 황하이, 강하이(江淮), 한수(漢水) 유역, 장난(江南), 쓰촨 분지, 귀저우성(貴州省) 북부와 칭장고원(青藏高原, Tsinghai-Tibet Plateau)의 국부 지역 등지로 넓은 범위에 영향을 미쳤다.

2. 2001년 황사 특징

2001년 중국에서는 모두 22차례의 황사가 발생했다. 그 중 강사진폭 5회, 사진폭 11회, 양사 6회였으며, 편서 경로가 10회, 서북 경로가 9회였다. 2001년의 황사는 예년보다 일찍 시작해서 늦게 끝나는 특징을 보였다. 가장 빨리 발생한 황사는 2000년 12월 31일~2001년 1월 1일 발생한 강사진폭이었으며, 가장 마지막으로 발생한 황사는 12월 11~13일 발생한 사진폭이었다. 4월 5~8일과 4월 7~10일 두 차례 연속으로 발생한 강사진폭은 2001년 발생한 황사

중 가장 강하고, 가장 넓은 범위에서 발생했다. 4월 5~8일 발생한 강사진폭은 몽골 기단과 한랭 전선의 영향으로 난장 서부, 베이장(北疆)과 동장(東疆)의 국부 지역, 간쑤성 대부분 지역, 네이멍구 자치구, 닝샤 후이족 자치구, 헤이룽장성(黑龍江省), 지린성(吉林省)의 중서부, 랴오닝성(遼寧省) 북부 등 56개 관측점에서 사진폭을 관측했으며, 그 중 32개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(康 et al, 2003; 中國氣象局編, 2004b).

1) 발생시기 집중, 발생 빈도 증가

2001년 봄철 황사의 발생 빈도는 매우 높았으며, 그 시기 또한 매우 집중되어 있었다. 3~4월 관측된 황사는 5월에 관측된 황사보다 많았다. 3~4월에 발생한 황사 누적 관측일수는 2,469일, 그 중 양사 1,217일, 사진폭 322일, 강사진폭 120일이었 다. 강사진폭의 경우 4월 1개월간 109일로 1년 관측일수의 72.2%를 차지하여 그 발생시기가 매우 집중되어 있었다.

2) 황사의 광범위한 발생

2001년 봄철 황사는 중국 창장 이북 대부분 지역, 시장(西藏) 및 장난 북부와 동부 지역까지 영향을 미쳤다. 사진폭은 주로 남장 분지, 칭하이성 중부와 북부, 간쑤성의 허시 지역, 랴저우(蘭州) 부근 지역 및 동부 지역, 샤안시성 북부, 닝샤 후이족 자치구, 네이멍구 대부분 지역, 산시성 북

부, 허베이성(河北省) 북부, 지린성 북서부와 헤이룽장성 남서부 지역에 발생했다. 특히 지린성 북서부와 헤이룽장성 남서부 지역에서는 예년에는 볼 수 없었던 강사진폭이 발생했다.

3) 봄철 사진폭과 강사진폭의 연속 발생

2001년 1년간 강사진폭이 5회, 사진폭이 11회 발생했으며, 특히 봄철 발생한 사진폭은 10회, 강사진폭은 3회였다. 3회의 강사진폭 모두 4월에 발생했고, 4월 2일부터 13일까지 강사진폭과 사진폭이 4차례 연속으로 발생했다. 특히 4월 5~8일과 4월 7~10일 두 차례에 걸쳐 발생한 강사진폭은 그 위력이 아주 강력했으며 피해 또한 심각했다(康 et al, 2003).

3. 2002년도 황사 특징

2002년, 중국에 발생한 황사는 총 17회로, 강사진폭 5회, 사진폭 7회, 양사 5회였으며, 주요 발생 경로는 서북 경로(8회)와 편서 경로(4회)였다. 봄철 발생한 황사는 총 12회로, 3월과 4월 각 6회였다. 최초 발생한 황사는 2월 9~10일 발생한 양사였고, 가장 마지막으로 발생한 황사는 11월 10~11일 발생한 강사진폭이었다. 가장 강력하고 넓게 발생한 황사는 3월 18~22일 발생한 강사진폭으로, 시베이 지역, 화베이 지역, 동베이 지역, 황회이, 강회이, 한쉬 유역 및 쓰촨 분지, 후난성(湖南省) 등지까지 영향을 미쳤다 그 중 신장, 네이멍구, 간쑤

성, 닝샤 후이족 자치구, 샤안시성, 산시성, 허베이성, 헤이룽장성, 랴오닝성, 지린성 등 11개 성(省)의 72개 관측점에서 사진폭을 관측하였으며, 24개 관측점에서 강사진폭을 관측하였다(紀 et al, 2004). 두 번째로 강력했던 황사는 4월 6~8일 발생한 강사진폭이었다. 그 주요 영향 범위는 신장 남부, 칭하이성 북서부, 간쑤성 북부, 네이멍구 대부분 지역, 닝샤 후이족 자치구 북부, 샤안시성 북부, 허베이성 북부, 경진(京津) 지역, 헤이룽장성, 지린성, 랴오닝성 대부분 지역 및 산둥성(山東省) 동부와 장쑤성(江蘇省) 북부 등지까지 영향을 미쳤다. 총 33개 관측점에서 사진폭을 관측했으며, 그 중 16개 관측점에서 강사진폭을 관측했다(牛 and 薛, 2003; 郭 et al, 2005).

1) 출현시기 집중

2002년 봄철, 중국에서 발생한 황사 다발기간은 초봄에 집중되어 있다. 3~4월 황사 누적 관측일수는 2,264일이었으며, 이는 2002년 황사 총 발생일수의 61%였다. 그 중 양사가 1,076일, 사진폭이 297일, 강사진폭이 90일이었으며, 양사 총 발생일수의 64%, 사진폭 총 발생일수의 76%, 강사진폭 총 발생일수의 79%에 해당하는 수치였다. 특히 3~4월 황사는 3월 15일부터 4월 24일 사이에 집중되어 관측되었으며, 이 41일간 발생한 황사는 3~4월 황사 발생일수의 86~98%를 차지했다.

2) 강사진폭 발생 증가

2002년 3월 18~22일과 4월 6~8일 발생한 두 차례의 황사 강도는 매우 강력했다. 3월 18~22일 발생한 강사진폭은 2002년 가장 장시간 지속되었고 광범위하게 발생하였으며, 근 십 수 년간 볼 수 없었던 아주 거대한 황사였다. 2002년 봄철 발생한 12회의 황사 중 사진폭과 강사진폭은 모두 11회였으며, 강사진폭 발생 횟수는 근 3년 이래 가장 많았다.

3) 황사의 광범위한 발생

2002년 3~5월 황사 발생 범위는 시베이 지역, 화베이 지역, 동베이 지역, 황하이, 강하이, 한쉬 유역 및 쓰촨 분지, 후난성 등지였다.

4. 2003년도 황사 특징

2003년 중국에서 발생한 황사 총 10회로, 그 중 사진폭이 2회, 양사 8회였으며, 서북 경로가 4회, 편서 경로 3회였다. 최초 발생한 황사는 1월 20~21일 발생한 양사이었으며, 가장 마지막으로 발생한 황사는 5월 7일 국지적으로 발생한 양사이었다. 강도가 가장 강했고, 가장 넓게 발생했던 황사는 4월 8~11일 발생한 사진폭으로, 신장, 칭하이성, 간쑤성, 네이멍구, 닝샤 후이족 자치구, 샤안시성, 산시성, 지린성, 랴오닝성, 헤이룽장성까지 영향을 미쳤다. 29개 관측점에서 사진폭이 관측되었으며 그 중 9개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다. 4월 15~17일 몽골

기단과 냉공기가 만나 발생한 사진폭은 신장, 칭하이성, 간쑤성, 네이멍구, 닝샤 후이족 자치구, 샤안시성, 지린성, 랴오닝성 및 헤이룽장성까지 영향을 미쳤다. 이 때 총 20개 관측점에서 사진폭이 관측되었으며 그 중 7개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(中國气象局編, 2004c).

1) 황사 발생 빈도 감소 및 강도 약화

2003년 봄, 중국 황사는 예년에 비해 크게 줄었으며, 그 강도 역시 예년만큼 강하지 않았다. 7회의 황사 중 오직 2회만이 사진폭이었으며, 강사진폭에 해당하는 황사는 없었다. 2000년, 2001년, 2002년 봄철 발생한 황사는 각각 16회, 18회, 12회로 강사진폭은 2~4회 발생했다. 특히 훈산다커(渾善達克) 사지 및 그 주변 지역의 황사는 앞선 3년과 비교해 크게 감소했다.

2) 황사 출현 시기 집중, 황사 다발기간이 낮고 짧았음

매년 3월이면 중국의 황사는 눈에 띄게 증가한다. 2000년부터 2002년까지 3월 중국 북방 지역에 발생한 황사 발생 횟수는 각각 3회, 7회, 6회였다. 하지만 2003년 3월에는 단 한 차례의 황사도 발생하지 않았으며, 4월 상순에 들어서면서 황사 다발기간이 시작되었다.

3) 황사 발생 범위 감소

2003년 봄철, 황사는 주로 시베이 지역,

화베이 지역의 북부와 서부, 동베이 지역의 서부 및 칭장고원 서부 등지에서만 발생했으며, 예년에 비해 발생 범위가 크게 감소했다.

5. 2004년도 황사 특징

2004년 중국에서는 모두 18회의 황사가 발생했으며, 그 중 양사가 12회, 사진폭이 5회, 강사진폭이 1회였다. 주요 발생 경로는 서북 경로가 11회로 가장 많았고, 편서 경로가 3회였다. 최초 발생한 황사는 2월 3일 발생한 양사이며, 가장 마지막으로 발생한 황사는 5월20~21일 발생한 양사였다. 가장 강력했던 황사는 3월 26~28일 발생한 강사진폭이었으며, 난장 분지 동부, 칭하이성 북서부, 간쑤성 북서부, 네이멍구 중서부 등지에서 사진폭과 강사진폭이 발생했다. 이들 지역의 22개 관측점에서 사진폭을 관측하였으며, 그 중 11곳에서 강사진폭을 관측했다. 3월 9~11일 발생한 사진폭은 중국 북방 대부분 지역 및 창장 중 하류 지역까지 영향을 미쳐 2004년 발생한 황사 중 가장 광범위하게 발생했다(中國气象局編, 2005; 王 et al, 2009).

1) 황사 총 발생 횟수 최근 5년간 평균치와 비슷

2000년 이래, 중국에서 봄철 발생한 황사는 총 68회로, 연평균 13.6회였다. 2004년 봄철 중국에서 발생한 황사는 총 15회로 최근 5년간 평균 발생횟수와 비슷

한 수치를 보였다.

2) 황사 범위, 강도 및 빈도 2000년 이후 최저치

2004년 봄철 발생한 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 관측점 총합계는 277곳, 207곳, 65곳, 26곳이었다. 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 누적 관측일수는 각각 1410일, 768일, 140일, 38일이었다. 상대적으로 비교하면 2004년 봄철 발생한 황사는 범위, 강도, 빈도에서 최근 5년간 평균치보다 낮았다. 2004년 봄철 사진폭과 강사진폭은 총 6회로, 2000년 이래 최저치였다. 근 5년간 봄철 사진폭과 강사진폭 발생횟수를 보면, 2001년이 13회로 가장 많았으며, 2002년 11회, 2000년이 9회였다.

3) 월별 황사 발생 횟수 변화 뚜렷

월별 황사를 살펴보면, 2004년 3월 발생한 황사는 총 7회로, 근 5년간 같은 기간과 비교했을 때 2001년과 함께 가장 높은 황사 발생 수치를 기록했다. 반면 4월 발생한 황사는 4회로, 2000년 이후 가장 낮은 수치를 기록했다.

4) 비교적 짧았던 황사 다발기간

2004년의 황사는 3월 상순, 3월 하순, 4월 하순에만 황사 관측일수가 100일을 넘었으며, 황사 다발기 지속기간이 비교적 짧았다. 근 5년간 황사 다발기 지속기간이 가장 길었던 해는 2001년으로 3월 상순

부터 5월 하순까지 모두 황사 관측일수가 100일을 넘었다.

5) 심각한 피해

2004년 3월 26~28일 발생한 강사진폭은 2004년 가장 강력했던 황사였다. 이 강사진폭으로 인해 네이멍구 자치구의 시린귀러(錫林郭勒) 명(盟)에서는 5,000마리가 넘는 가축이 실종되거나 죽었으며, 동우(東烏)치(旗) 지역에서는 진도 5.9의 지진이 발생한 후 삼 일째 되는 날 강사진폭의 피해를 받아 피해가 더 가중되었다. 또한 전국적으로 1,200여대의 비행기의 출발이 지연되거나 연착하는 사태가 발생했다. 특히 3월 28일 밤부터 29일까지 베이징 수도공항의 비행기 130여대가 연착했으며, 그 중 20여대는 근처 텐진(天津), 정저우(鄭州), 타이위안(太原), 다롄(大連) 공항에 착륙하기도 했다.

6. 2005년도 황사 특징

2005년 중국에서 발생한 황사가 총 11회이며, 그 중 양사가 6회, 사진폭이 4회, 강사진폭이 1회였다. 황사의 주요 발생 경로는 서북 경로와 편서 경로가 각 4회씩이었으며, 편북 경로가 3회였다. 최초 발생한 황사는 2월 21~22일 발생한 사진폭이었으며, 가장 마지막으로 발생한 황사는 11월 5~6일 발생한 양사였다. 2005년 가장 광범위하게 발생한 황사는 5월 2~5일 발생한 양사였으며, 중국 서부의 신장, 네이멍

구, 칭하이성, 간쑤성, 닝샤 후이족 자치구, 사안시성, 산시성, 쓰촨 등지까지 영향을 미쳤다. 2005년 가장 강력했던 황사는 4월 27~28일 발생한 강사진폭이었으며, 네이멍구 중부 지역에서 사진폭과 강사진폭이 발생했고, 7개 관측점에서 사진폭을 관측했고, 그 중 4개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(李 et al, 2006; 牛 et al, 2007; 中國气象局編, 2007). 2005년 봄철 황사는 그 발생 범위가 작았고, 발생 일수와 발생 횟수가 적었으며, 강도 역시 약했다. 또한 황사 다발기간이 예년에 비해 늦었고 집중되어 발생한 특징이 있었다.

1) 황사의 발생 횟수 감소와 강도 약화

2005년 봄철 황사 발생 횟수는 8회로, 2000년 이후 평균 발생 횟수인 12.7회에 비해 크게 감소했으며, 강도 또한 많이 약했다. 그 중에서도 사진폭과 강사진폭의 총 발생횟수는 오직 3회로, 2000년(9회), 2001년(13회), 2002년(11회), 2004년(6회)보다 크게 적었으며, 2003년 이후 두 번째로 적은 수치를 기록했다.

2) 황사 발생 일수 감소

2005년 봄철 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 누적 관측일수는 948일, 497일, 74일, 15일이었으며, 2000~2005년 같은 기간 종류별 황사 발생 누적 관측일수보다 40~70% 적었다. 이는 2000년 이후 같은 기간 최저 발생 수치이다. 2000년대 황사가 가

장 강력했던 해는 2001년으로, 황사, 양사 누적 관측일수는 각각 2,977일과 1,489일이었고, 2005년 같은 기간에 비해 2~3배 많았다. 사진폭, 강사진폭 누적 관측일수는 389일, 130일로 2005년의 5~8배 수준이었다.

3) 황사 발생 범위 감소

2005년 봄철 중국에 발생한 황사는 주로 화베이 지역, 동베이 지역 남부, 황하이, 장난 동부 및 시장(西疆)과 쓰촨 분지의 부분 지역에 영향을 미쳤으며, 종류별 황사의 관측점 총 관측일수는 2000년 이후 같은 기간 최저치를 기록했다.

4) 예년보다 늦고 집중된 황사 다발기간

2005년 봄철 황사는 주로 4월 상순에서 5월 상순에 집중되었으며, 봄철 발생한 8회의 황사 중 7회가 이 시기에 발생했다. 이 시기 각 순(旬)별 황사 관측일수는 70~90일이었다.

7. 2006년도 황사 특징

2006년 중국에서는 모두 17회의 황사가 발생했으며, 그 중 양사와 사진폭이 각각 6회씩, 강사진폭이 5회였으며, 발생 경로는 서북 경로가 11회로 가장 많았고, 편서 경로가 3회, 편북 경로 1회, 난장 분지형이 2회였다. 2006년 최초로 발생한 황사는 3월 9~12일 발생한 강사진폭이었으며, 가장 마지막 발생한 황사는 5월 29~30일 발

생한 사진폭이었다. 3월 9~12일 발생한 강사진폭은 2006년 황사 중 가장 광범위하게 발생했으며, 신장 북서부와 난장 분지, 칭하이성 북서부, 네이멍구 중서부와 남동부, 간쑤성의 허시 지역 서부와 룡중(隴中), 닝샤 후이족 자치구 북부와 동부, 샤안시성 북부, 산시성 대부분 지역, 허베이성 북부, 베이징, 랴오닝성 서부와 북부 등 모두 19개 성(省)에서 양사와 사진폭이 발생했다. 38개 관측점에서 사진폭이 관측되었으며, 그 중 16개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다. 4월 9~11일의 강사진폭은 2006년 황사 중 가장 강력했으며, 산시성 대부분 지역, 네이멍구 중서부, 화베이 지역 서부 및 랴오닝성 중부, 하남성 북서부 등지에 발생하였다. 사진폭과 강사진폭이 주로 발생한 곳은 난장 분지, 칭하이성 북부, 간쑤성의 허시 지역과 룡중, 네이멍구 중서부, 닝샤 후이족 자치구 북부, 샤안시성 북부 지역이었으며 51개 관측점에서 사진폭이 관측되었으며, 그 중 21개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(張, 2006; 趙 et al, 2007; 張 and 劉, 2008; 中國氣象局編, 2008).

1) 2000년대 이후 두 번째로 많은 봄철 황사 발생

2006년, 중국에서는 총 17회의 황사가 발생했으며, 그 중 강사진폭 5회, 사진폭 6회, 양사 6회였다. 이는 2000년부터 2006년까지 연평균 황사 발생횟수 13.3회

보다 많은 수치였으며, 2005년 같은 기간에 비해 9회 많은 수치였다.

2) 사진폭과 강사진폭의 발생횟수 증가

2006년 봄철 황사 발생 범위는 작았고, 관측점에서 관측된 양사 발생 횟수 역시 2000~2006년 평균치보다 낮았다. 하지만 사진폭과 강사진폭의 발생횟수는 2001년과 2002년에 이어 세 번째로 높았다. 특히 강사진폭이 5회나 발생하여, 2000년 이래 가장 많이 발생한 한 해였다.

3) 3~5월 황사 발생 횟수 예년 평균 이상으로 발생

2006년 3월 발생한 황사는 5회로 2000~2006년 평균치 4.1회보다 조금 많았으며, 4월 발생한 황사는 7회로 2000년과 2001년(각 8회)보다 1회 적게 발생했다. 5월 황사는 5회로 2000년 이후 최다 발생 횟수를 기록했다.

4) 두 차례의 다발적 발생

2006년 봄철 발생한 황사는 3월 하순부터 4월 하순까지 관측점에서 관측된 황사 관측일수가 100일을 넘었으며, 5월 중순 역시 관측일수가 100일을 넘었다.

5) 재산, 인명 피해 심각

3월 9~12일, 한파의 영향으로 중국 시베이 및 중북부의 대부분 지역에서는 풍속 5~7급(약 8~17m/s)의 편북풍이 불었고,

일시적 풍속이 8~9급(약 17~24 m/s)에 달하기도 했다. 강풍의 영향으로 신장 북서부와 난장 분지, 칭하이성 북서부, 네이멍구 중서부와 남동부, 간쑤성의 허시 지역 서부와 룡중, 닝샤 후이족 자치구 북부와 동부, 샤안시성 북부, 산시성 대부분 지역, 허베이성 북부, 베이징, 랴오닝성 서부와 북부 등지에서 양사와 사진폭이 발생했다. 특히 난장 분지와 네이멍구 중서부 등지에서는 가시거리 100~500m의 강사진폭이 발생했으며, 3월 9일 네이멍구의 시린귀러(錫林郭勒)명(盟)에서는 가시거리가 50m 이하였다. 기상위성 관측결과에 의하면, 당시 사진폭이 피해를 입힌 범위는 250.5만km²이었으며, 그 중 중국 내륙 피해 면적이 190.1만km², 황해 북부 해역 면적이 9.4만km², 몽골의 피해 면적이 31만km² 이었다.

4월 9~11일 발생한 강사진폭은 2006년 가장 강력한 황사였다. 영향 범위는 시베이 지역 대부분, 네이멍구 중서부, 화베이 서부 및 랴오닝성 중부, 하남성 북서부 등 11개성(省)이었으며, 그 중 난장 분지, 칭하이성 북부, 간쑤성의 허시 지역과 룡중, 네이멍구 중서부, 닝샤 후이족 자치구 북부와 샤안시성 서부 등지에서는 가시거리 500m 이하의 강사진폭이 발생했다(趙 et al, 2007; 張 and 劉, 2008). 신장의 투르판(吐魯番) 지역에서는 22년 이래 가장 강력한 사진폭이 발생하여 3만 4천여 가구, 13.9만 명이 피해를 입었으며 1명이 사망했다. 이로 인한 직접적 경제적 손실은 1.

39억 위안이었다. 란신(蘭新) 철도 투르판 구간에서는 36대의 열차가 바람을 피해 정차하였으며, 4월 9일 저녁 우루무치(烏魯木齊)를 출발해 베이징으로 향하던 T70 열차는 강사진폭의 피해를 받아 200여 개의 객실 유리창이 깨졌으며, 예정 도착시간보다 33시간이나 연착되었다.

4월 9일, 간쑤성 지우촨(酒泉) 지역에서는 철로를 수리 중이던 6명의 작업인부가 강사진폭을 피하지 못하고 방향을 잃어, 그 중 2명이 사망했다. 4월 10일, 네이멍구 바오터우(包頭) 지역의 단라(丹拉)고속도로에서는 짧은 가시거리로 인해 11건의 교통사고가 발생하였으며, 6명이 사망하였다. 베이징에서는 4월 8~10일 발생한 부진(浮塵)으로 심각한 대기오염이 3일 연속 발생했다.

8. 2007년도 황사 특징

2007년 중국에서 발생한 황사는 총 18회였으며, 그 중 양사가 9회, 사진폭이 8회, 강사진폭이 1회다. 발생 경로는 편서 경로가 9회로 가장 많았고, 서북 경로가 4회, 국지형이 3회, 편북 경로가 2회였다. 최초 발생한 황사는 2007년 1월 25~26일 발생한 양사였으며, 가장 마지막에 발생한 황사는 12월 27~29일 발생한 양사였다. 2007년 가장 강력하고 광범위하게 발생한 황사는 3월 30~31일 발생한 강사진폭으로, 난장 분지, 네이멍구 중부와 남동부, 닝샤 후이족 자치구 동부와 남부, 샤안시성 북부,

산시성 북부와 남서부, 허베이성 북서부, 지린성 중남부, 랴오닝성 대부분 지역, 산둥성 남부, 장쑤성 북부 등 10개 성(省)에 영향을 미쳤다. 사진폭과 강사진폭이 주로 발생한 지역은 네이멍구 서부의 동쪽 지역과 중부였고, 18개 관측점에서 사진폭이 관측되었으며, 9개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(劉 and 周, 2007; 中國气象局編, 2009a). 2007년 봄철 황사는 발생 횟수가 적었고 영향 범위가 작았으며, 강도가 약했다. 또한 늦봄 황사가 비교적 많았고, 황사 다발기간도 늦게 끝난 특징이 있었다.

1) 황사 발생 횟수가 2000년 이후 평균치보다 많았지만, 강도는 약했음

2007년 봄철 중국에서 발생한 황사는 총 14회로, 양사, 사진폭, 강사진폭이 각각 5회, 8회, 1회였다. 2007년 봄철 황사는 2000~2007년 연평균 황사 발생횟수인 13.4회보다 조금 많았다. 하지만 그 강도 면에서는 많이 약했다. 14회의 황사 중 강사진폭은 1회뿐이었고, 2006년 같은 기간 발생한 강사진폭(5회)보다 크게 줄어들었으며, 2000년 이후 강사진폭 발생 평균치인 2.1회보다 적었다.

2) 황사 발생 빈도 감소

2007년 봄철 중국에서 발생한 황사 발생 범위는 비교적 작았다. 주요 황사 발생 지역은 시베이 지역, 화베이 서부와 북부 및 동베이 지역 중남부였다. 황사, 양사, 사진

폭, 강사진폭의 총 관측점수는 239곳, 160곳, 67곳, 23곳이었으며, 2000~2007년 같은 기간 평균치인 277곳, 195곳, 78곳, 31곳보다 14~28% 적었다. 2007년은 황사 발생 범위가 2003년과 2005년에 이어 세 번째로 작은 해였다.

2007년 봄철의 황사는 발생 범위가 작았을 뿐만 아니라 발생 빈도도 낮았고, 강도 역시 많이 약했다. 2007년 봄철 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 누적 관측일수는 각각 1,494일, 633일, 171일, 35일이었으며, 2000년 이후 같은 기간 종류별 황사 누적 관측일수 평균치인 1,784일, 844일, 210일, 58일보다 20~40% 적었다.

3) 늦봄 황사 발생 횟수 증가 및 늦게 끝난 황사 다발기간

2007년 황사는 주로 봄철 발생했다. 그 중에서도 양사, 사진폭, 강사진폭 발생 관측일수는 3월부터 5월까지 점점 증가하는 추세를 보였다. 5월 발생한 황사는 최근 8년 같은 기간과 비교했을 때 가장 많은 수치를 기록했다. 2007년 봄철에는 3월 하순, 4월 중순과 5월 등 세 번의 황사 다발기간이 있었다. 이 시기 양사 관측일수는 70~140일이었고, 봄철 14회의 황사 중 12회의 황사가 이 세 번의 다발기간에 발생했다. 이 세 번의 다발기간 중에서도 3월 하순의 양사 관측일수가 141일로 가장 많았다. 특히 3월 24일부터 4월 3일까지 총 11일간 4회의 황사가 연속으로 평균 2~

3일에 한 번씩 발생했다. 2000년부터 2007년까지 5월과 5월 하순 발생한 황사 관측일수를 비교해보면, 2007년 5월 양사 관측일수는 272일로 2001년과 더불어 황사가 가장 많이 발생한 한 해였다. 5월 하순의 황사 발생 관측일수는 69일로, 2000년 이후 가장 많이 발생했다.

4) 황사 발생 범위 감소

2007년 봄철 황사 발생 횟수는 최근 8년 같은 기간 평균치보다 많았지만, 종류별 황사 발생 범위 및 빈도는 최근 8년 같은 기간 평균치보다 작았다. 때문에 2007년 황사에 의한 피해는 상대적으로 매우 작았다. 3월 30~31일 발생한 강사진폭은 2007년 가장 강력했던 황사로 10개 성(省)에서 사진폭 또는 강사진폭이 관측되었다. 하지만 예년과 비교해 강도나 범위가 크지 않아 큰 피해는 없었다.

9. 2008년도 황사 특징

2008년 중국에서 발생한 황사는 총 13회였으며, 그 중 양사가 4회, 사진폭이 8회, 강사진폭이 1회다. 발생 경로는 편서 경로와 편북 경로가 각 4회씩이었고, 서북 경로가 3회, 국지형이 2회였다. 2008년 최초로 발생한 황사는 2월 11일 발생한 양사였으며, 가장 마지막에 발생한 황사는 12월 7일 발생한 양사였다. 2008년 가장 강력했던 양사는 5월 26~28일 발생한 강사진폭이었으며, 주요 영향범위는 네이멍구, 화베이

이 지역, 동베이 지역 중남부 및 산둥 반도 등지였다. 이 때 사진폭과 강사진폭이 주로 출현한 지역은 네이멍구 중남부였으며, 17개 관측점에서 사진폭을 관측했고, 그 중 8개 관측점에서 강사진폭이 관측되었다(中國氣象局編, 2009b). 2008년 봄철 황사의 주요 특징은 발생 범위가 작았고, 발생 일수가 적었다. 또한 황사 종류별 발생 횟수에 큰 차이가 있었으며, 월별 황사 발생 횟수 변화가 큰 특징이 있었다.

1) 황사 발생 횟수 감소, 황사 종류별 발생횟수 큰 차이

2008년 봄철 중국에서는 10회의 황사가 발생했으며, 2000~2007년 연평균 발생 횟수 13회보다 적었다. 하지만 종류별 발생 횟수 큰 차이가 있어서, 사진폭의 경우 8회가 발생하여, 2000년 이후 연평균 발생횟수인 6.1회보다 많았으며, 2001년(10회)에 이어 사진폭이 두 번째로 많이 발생한 한 해였다. 양사는 1회 발생하여, 최근 9년 연평균 발생횟수인 4.9회보다 크게 적었으며, 2002년과 함께 2000년 이후 양사 발생이 최소였던 한 해였다. 강사진폭 역시 1회 발생했다.

2) 황사 발생 일수 크게 감소

2008년 봄철 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 누적 관측일수는 각각 1,264일, 567일, 133일, 43일이었으며, 최근 9년간 같은 기간 종류별 황사 평균 관측일수보다 30%가

량 낮았다. 그 중, 양사 누적 관측일수는 2005년에 이어 두 번째로 낮은 수치를 보였다.

3) 황사 발생 범위 감소

2008년 봄철, 황사 발생 범위는 예년보다 감소했다. 황사, 양사, 사진폭, 강사진폭의 총 관측점수는 최근 9년 평균치보다 20% 가량 적었다. 그 중 양사와 사진폭 관측점수는 151곳, 55곳으로 2005년의 150곳, 45곳보다 조금 많았고, 2000년 이후 같은 기간과 비교했을 때, 최저치를 기록했다.

4) 황사의 월별 변화 뚜렷, 늦은 황사다발기간

2008년 봄철 발생한 황사 발생횟수는 3월(4회), 4월(1회), 5월(5회)로, 예년 평균 발생횟수와 비교한 결과, 발생횟수는 2000년 이후 평균 발생횟수와 같았고, 4월 발생횟수는 예년에 비해 크게 적었으며, 5월 발생횟수는 조금 많은 편이었다. 또한 5월 하순에 2차례의 사진폭과 1차례의 강사진폭이 집중되어 발생해 황사 월별 변화가 눈에 띄었고, 황사 다발기간이 많이 늦어졌다는 특징을 보였다.

IV. 결 론

2000년부터 2008년 발생한 황사의 주요 특징을 종합해보면, 2000년부터 2002년까지

지 봄철 황사 발생 횟수는 각각 16회, 18회, 12회로 발생 빈도가 높고 그 강도 또한 매우 강했다. 특히 2002년에는 중국 뿐만 아니라 한국, 북한, 일본에까지 큰 피해를 입힐 정도로 그 강도가 매우 강했다. 2003년부터 2005년까지 봄철 발생 횟수는 각각 7회, 15회, 9회로 2004년에만 10회 이상 발생했지만, 대체적으로 예년에 비해 강도가 많이 약했고, 영향 범위도 작았다. 2006년부터 2008년까지 봄철 황사 발생 횟수는 각각 17회, 14회, 10회였으며, 2006년에는 황사의 영향으로 중국 전역에서 교통이 마비되거나 대기 오염이 심각해져 커다란 경제적 피해를 입었다. 2007년과 2008년의 발생 빈도는 해를 거듭할수록 점점 줄어들고, 강도 역시 약해지는 추세를 보이고 있다.

황사 발생 빈도 및 강도, 영향 범위는 전

년도의 강수량과 당년 봄철의 강수량 및 기온에 의해 가장 크게 좌우되며, 그 외에 봄철 대기 순환과 엘니뇨, 라니냐 등 이상 기상 변화의 영향을 받았다. 중국 및 한국, 북한, 일본에도 큰 영향을 미친 2002년과 2006년 황사가 그 대표적인 예로, 전년도 겨울부터 가뭄이 지속되었고, 당년 봄철에는 고온까지 더해져 황사가 쉽게 자주 발생했고, 그 강도 또한 매우 강했다.

1954년부터 2008년까지 황사 종류별 영향 범위를 살펴보면 모래 폭풍의 경우, 중국 북방지역의 사막이나 사막화 토지와 직접적으로 연관이 되는 극건조 지역, 건조 및 반건조 지역에서 주로 발생했으며; 양사와 부진은 사진폭 발생 지역을 제외한 중국 대부분 지역에서 발생했다. 양사는 사진폭 발생 지역보다 북동쪽과 남동쪽의 황회이하이 평원(黃淮海平原) 및 그 이남

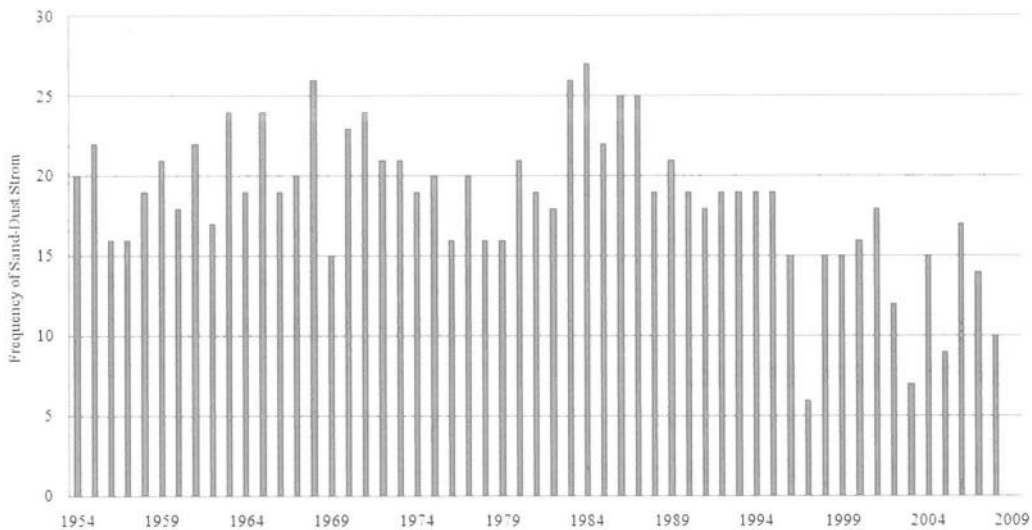


그림 1. 1954~2008년 중국에서의 봄철 황사 발생 횟수

지역까지 영향을 미쳤고, 부진은 주로 남동쪽으로 퍼져나가 황회이하이과 창장 중 하류 지역까지 영향을 미쳤다(中國氣象局編, 2009a; 中國氣象局編, 2009b).

그림 1에서 볼 수 있듯이, 1954년 이래, 중국 북방 지역에서 봄철(3~5월) 발생한 황사 발생 횟수를 보면, 1950년대 후반에서 1970년대 초반까지 발생 횟수는 비교적 많은 편이었으며, 1970년대 중반에서 1980년 초반까지 발생 횟수가 다소 줄어드는 경향을 보이다가, 1980년대 초반에서 1990년대 초반에는 황사 발생 횟수가 다시 증가하는 추세를 보였다. 1990년 중반부터 2008년까지 황사 발생 횟수는 예년에 비해 크게 감소했으며, 해를 거듭할수록 감소하고 있는 추세이다(王 and 周, 2003; 中國氣象局編, 2009a; 中國氣象局編, 2009b). 그 중에서도 강사진폭의 발생이 급속히 증가하는 추세를 보이고 있다. 100년 전까지만 해도 평균 100년에 1회 정도 발생했던 것이, 1950~60년대 평균 2년에 1회씩 발생했으며, 1990년대 들어서면서 매년 1회 이상 발생하고 있다. 중국 시베이 5개성 지역에서 1952년부터 2000년까지 매년 5월에 발생한 강사진폭과 특강사진폭은 모두 63회로, 연평균 1.3회 발생했다. 특히 1995년부터 2000년까지 발생한 시베이 지역의 강사진폭은 모두 16회로 연평균 2.6회였으며 발생 횟수뿐만 아니라 강도 역시 점점 강해지고 있는 추세이다(王 and 董, 1996; 王 and 楊, 1999; 王 and 董,

2000; 叶, 2000; 楊 et al, 2001; 丁 et al, 2003; 王 and 周, 2003; 吳 et al, 2004; 尹 and 王, 2007).

우리나라는 매년 봄철 중앙아시아, 몽골, 중국 등지에서 발생하는 황사의 직, 간접 피해를 받고 있지만, 피해를 받는 시기에만 잠깐 관심을 가질 뿐이다. 황사는 사막화와 직접 관련된 것으로 장기적인 안목으로 대책을 마련해야 한다. 2000년대 이후 우리나라의 공공기관과 민간단체에서 사막화에 관심을 가지면서 중국과 몽골 사막 지역에 조림사업을 실시하고는 있지만 대부분 단기적 이벤트에 그치고 있다. 일본의 경우, 개인 또는 기업이 사막 지역의 땅을 임대하여 조림 사업과 함께 조사를 실시하여, 사막과 사막화에 대한 기초 지식과 지역 주민들에게 좋은 인상을 심어주고 있다. 앞으로 우리나라도 이벤트성이 아닌 장기적인 목표를 가지고 사막화 방지에 힘써야 할 것이며, 사막화 전문가 육성에도 투자를 해야 할 때이다.

인용문헌

- 慈龍駿 等. 2005. 中國的荒漠化及其防治. 高等教育出版社: 北京. 256-285.
- 杜榕桓. 1962. 河西走廊西北部戈壁地貌的特征. 1960年全國地理學術會議論文選集(地貌). 科學出版社: 北京. 256-268.
- 馮道. 2002. 防沙治沙与生態環境建設實全書 - 揚塵, 揚沙, 沙塵暴防治指南.

- 吉林科學技術出版社:長春. 26-78.
- 郭慧, 王式功, 李棟梁, 馮建英, 陸登榮, 張存杰. 2005. 甘肅春季(3~5月) 沙塵暴成因分析. 中國沙漠. 25(3): 412-416.
 - 康鳳琴, 李耀輝, 呂世華. 2003. 2001年4月8日強沙塵暴天氣的數值模擬研究. 中國沙漠. 23(6): 681-685.
 - 李岩瑛, 王式功. 2002. 河西走廊東部近50a沙塵暴成因 危害及防禦對策. 中國沙漠. 22(3): 283-287.
 - 劉洪利, 周春紅 主編. 2007. 2007年春季的東北亞沙塵暴. 氣象出版社:北京. 1-36.
 - 牛若芸, 薛建軍. 2003. 2002 年春季我國沙塵天氣特征及成因分析. 氣象. 29(7): 43-48.
 - 任余龍, 壽紹文. 2007. 甘肅中西部近年沙塵天氣氣候特征及典型. 南京氣象學院學報. 30(2): 266-273
 - 商務文庫. 2009. 風力的等級. <http://www.35wl.com/tools/fengli.htm> (2009. 01. 19)
 - 天氣在線. 2008. 蒲福風力等級表. <http://www.t7online.com/feature/beaufort.htm> (2009. 01. 19)
 - 王貴勇 董光榮 李森 陳惠忠 王躍. 1995. 試論戈壁面及指相意義. 中國沙漠. 15(2): 124-130.
 - 王金艷, 王式功, 馬艷, 劉洪芝, 張良. 2007. 我國北方春季沙塵暴氣候因子之關係. 中國沙漠. 27(2): 296-300.
 - 王遂纘, 李棟梁. 2003. 北方氣旋變化及其對西氣候的影響. 冰川凍土. 25(5): 526-532.
 - 王壽, 陳廣庭 編著. 2008. 西部地標-中國的沙漠 戈壁. 上海科學技術文獻出版社:上海. 2-120
 - 楊民, 蔡玉琴, 王式功, 李文莉, 尚可政, 董光榮. 2001. 2000年春季中國北方沙塵暴天氣氣候成因研究. 中國沙漠. 21(Z1): 6-11.
 - 曾慶存, 董超華, 彭公炳, 趙思雄, 方宗義等. 2006. 千里黃云-東亞沙塵暴研究. 科學出版社:北京. 1-99,156-201.
 - 趙松喬. 1962. 河西走廊西北部戈壁類型及其改造利用的初步探討. 治沙研究(第三號). 科學出版社:北京. 78-89.
 - 張平, 楊德保, 尚可政, 王式功. 2003. 2002年春季中國沙塵天氣物理量場的相關分析. 中國沙漠. 23(6): 675-680.
 - 張仁健, 韓志偉, 王明星, 張小曳. 2002. 中國沙塵暴天氣的新特征及成因分析. 第四紀研究. 22(4): 374-380.
 - 張小曳 主編. 2006. 2006年春季的東北亞沙塵暴. 氣象出版社:北京. 1-26, 41-55.
 - 中國氣象局編. 2004a. 沙塵天氣年鑒 2000年. 氣象出版社:北京.1-78.
 - 中國氣象局編. 2004b. 沙塵天氣年鑒? 2001年. 氣象出版社:北京.1-91.
 - 中國氣象局編. 2004c. 沙塵天氣年鑒 2003年. 氣象出版社:北京.1-61.
 - 中國氣象局編. 2005. 沙塵天氣年鑒

- 2004年. 气象出版社:北京.1-83.
- 中國气象局編. 2007. 沙塵天气年鑒? 2005年. 气象出版社:北京.1-62.
 - 中國气象局編. 2008. 沙塵天气年鑒 2006年. 气象出版社:北京.1-78.
 - 中國气象局編. 2009a. 沙塵天气年鑒 2007年. 气象出版社:北京.1-82.
 - 中國气象局編. 2009b. 沙塵天气年鑒 2008年. 气象出版社:北京.1-65.
 - 기상청. 2007. 동북아 황사 조기경보체 제 구축을 위한 선행 연구. pp.203.
 - 국립기상연구소. 2005. 황사감시 및 예측기술개발(I). 기상지진기술개발사업. pp.208.
 - 국립기상연구소. 2007. 황사 발원지와 한반도 황사농도 감시 및 단기예측기술 향상. pp.152.
 - 김학성, 정용승. 2009. 2005년 동아시아 지역에서 발생한 모래폭풍과 먼지침전 (황사)의 관측. 한국지구과학회. 30(2): 196-209.
 - 김선영, 이승호. 2009. 한국의 황사 출현에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 대한지리학회. 44(6):675-690.
 - 김선영, 이승호. 2006. 한국의 황사 발생 빈도 분포와 변화 분석. 환경영향평가. 15(3):207-215.
 - 김수민, 전영신, 김승범. 2010. 만주에서 발원한 황사현상: 2001년 이후 사례를 중심으로. 한국기상학회. 20(3):273-286.
 - 손혜영, 김철희. 2009. 황사 발원지 기후 자료의 시계열 특성과 부산지역 먼지 농도의 연관성 분석. 한국지구과학회. 30(5):734-743.
 - 윤순옥, 박충선, 황상일. 2010. 봄철 서울 지역에 발생한 황사의 입도 특성과 퇴스와 관련성. 한국지형학회. 17(3): 77-88.
 - 차미정. 2009. 봄철 황사출현일수 예측을 위한 통계적 모형 연구. 부산대학교 석사학위논문. pp.50.
 - 피경진, 한경주, 박수재. 2009. 동아시아의 황사발원지들에 대한 토지피복도 비교연구: 고비사막과 만주. 대한원격탐사학회. 25(2):175-184
 - 황의현, 김창환, 최재익. 2009. 황사현상의 장래변화 예측에 관한 기초 연구. 한국도시환경학회지. 9(1):47-54.
 - 최경숙. 2008. 군산지방의 황사특성 분석. 조선대학교 석사학위논문. pp.83.
 - Kim, J. Y. 2008. Transport routes and sources regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965-20th). Atmospheric Environment. 42:4779-4789.



기술정보(국내)

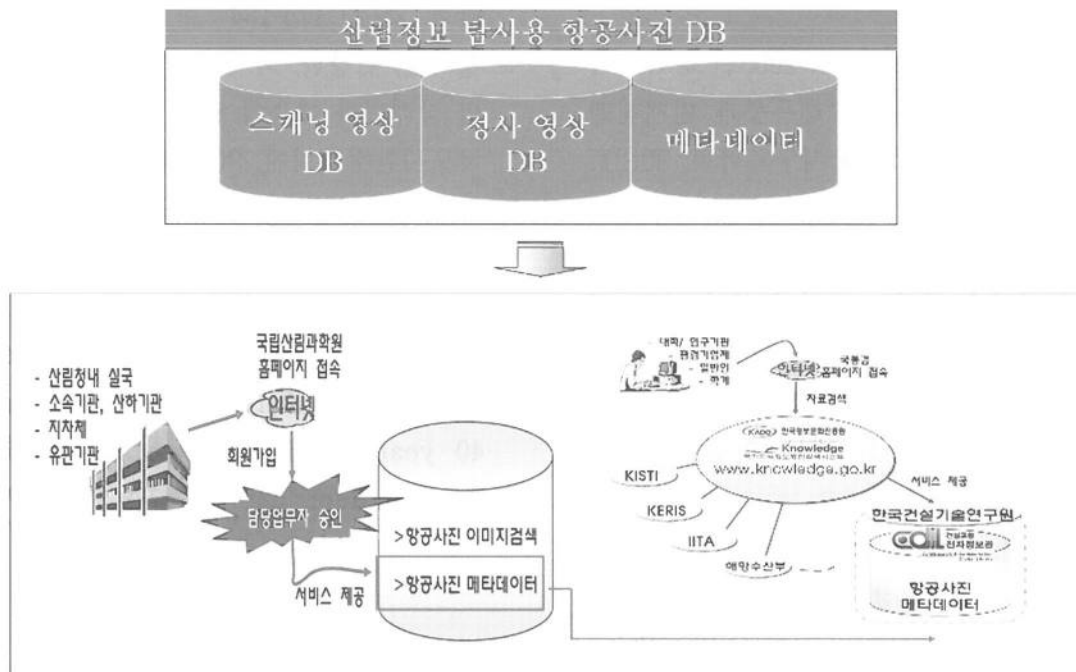
항공사진 영상자료의 인터넷 검색 웹 서비스 실시

류 주 형
국립산림과학원

1. 서 언

최근 정보화 기술의 발달로 디지털 항공사진의 활용 및 수요가 급증하고 있을 뿐만 아니라 국가 및 지자체, 공공기관, 대학에 이르기까지 다양한 분야에서 사용되고 있으며 매년 증가하는 추세에 있다. 항공사진은 그동안 군사시설물 등의 지상물체가 그대로 노출됨에 따라 보안성이 요구되는 대외비성 자료로 분류됨으로서 일반인에

대한 자료 접근이 제한되었다. 그러나 산림에 대한 국민적 관심이 높아짐에 따라 항공사진을 통한 산림정보의 제공 필요성 및 일반인이 항공사진에 쉽게 접근할 수 있도록 함과 동시에 사용자가 자료를 사용함에 있어서 불편함이 없고 또한 자료 활용도를 높일 수 있는 방안을 모색하게 되었다. 이에 따라 국립산림과학원은 자체 보유하고 있는 항공사진 자료 중 제4차기에 촬영(1996~2005년)한 항공사진(흑백)



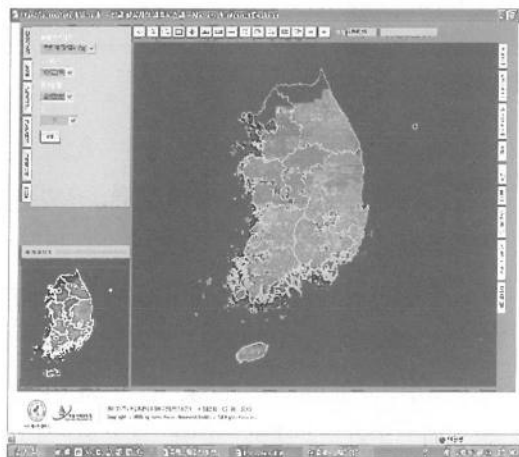
〈산림항공사진검색시스템 구성도〉

약 37천여 매를 디지털화 및 보안(위장)처리를 실시하여 자체 구축한 「산림항공사진 검색시스템」을 통한 대국민 인터넷 검색 웹 서비스를 실시하고 있다.

2. 산림항공사진검색시스템 구축 및 주요 기능

국립산림과학원에서 운영하고 있는 「산림항공사진검색시스템」은 인터넷 및 인트

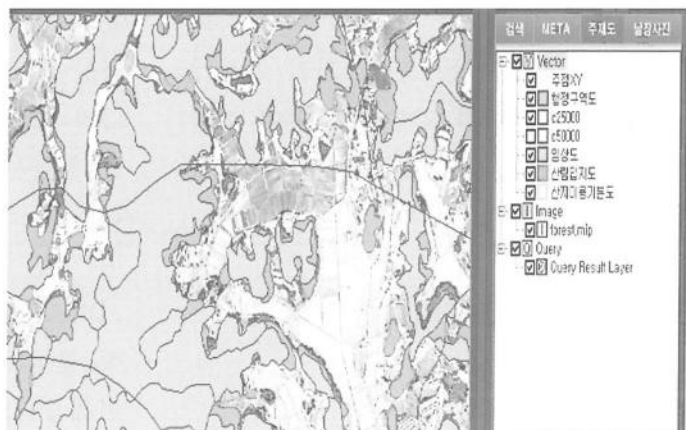
라넷 환경에 기반한 웹 지리정보시스템으로 개발하였으며, 본 시스템을 통하여 국민을 대상으로 기 구축한 디지털 항공사진의 산림영상과 메타데이터 및 임상도 검색 서비스를 실시하고 있다. 임상도 검색자료는 제4차기 전국산림자원조사(1996~2005)기간에 제작한 수치화 임상도(산림의 수종, 나이, 밀도 등 속성정보를 표기한 도면)로서, 항공사진영상은 물론 수치지형도 등의 산림관련 백터주제도와 중첩검색을 할 수



〈항공사진 DB구축 / 산림확대 영상〉



항공사진	구분	항공사진	구분
1. 항공사진	구분	항공사진	구분
2. 항공사진	구분	항공사진	구분
3. 항공사진	구분	항공사진	구분
4. 항공사진	구분	항공사진	구분
5. 항공사진	구분	항공사진	구분
6. 항공사진	구분	항공사진	구분
7. 항공사진	구분	항공사진	구분
8. 항공사진	구분	항공사진	구분
9. 항공사진	구분	항공사진	구분
10. 항공사진	구분	항공사진	구분
11. 항공사진	구분	항공사진	구분
12. 항공사진	구분	항공사진	구분
13. 항공사진	구분	항공사진	구분
14. 항공사진	구분	항공사진	구분
15. 항공사진	구분	항공사진	구분
16. 항공사진	구분	항공사진	구분
17. 항공사진	구분	항공사진	구분
18. 항공사진	구분	항공사진	구분
19. 항공사진	구분	항공사진	구분
20. 항공사진	구분	항공사진	구분
21. 항공사진	구분	항공사진	구분
22. 항공사진	구분	항공사진	구분
23. 항공사진	구분	항공사진	구분
24. 항공사진	구분	항공사진	구분
25. 항공사진	구분	항공사진	구분
26. 항공사진	구분	항공사진	구분
27. 항공사진	구분	항공사진	구분
28. 항공사진	구분	항공사진	구분
29. 항공사진	구분	항공사진	구분
30. 항공사진	구분	항공사진	구분
31. 항공사진	구분	항공사진	구분
32. 항공사진	구분	항공사진	구분
33. 항공사진	구분	항공사진	구분
34. 항공사진	구분	항공사진	구분
35. 항공사진	구분	항공사진	구분
36. 항공사진	구분	항공사진	구분
37. 항공사진	구분	항공사진	구분
38. 항공사진	구분	항공사진	구분
39. 항공사진	구분	항공사진	구분
40. 항공사진	구분	항공사진	구분
41. 항공사진	구분	항공사진	구분
42. 항공사진	구분	항공사진	구분
43. 항공사진	구분	항공사진	구분
44. 항공사진	구분	항공사진	구분
45. 항공사진	구분	항공사진	구분
46. 항공사진	구분	항공사진	구분
47. 항공사진	구분	항공사진	구분
48. 항공사진	구분	항공사진	구분
49. 항공사진	구분	항공사진	구분
50. 항공사진	구분	항공사진	구분
51. 항공사진	구분	항공사진	구분
52. 항공사진	구분	항공사진	구분
53. 항공사진	구분	항공사진	구분
54. 항공사진	구분	항공사진	구분
55. 항공사진	구분	항공사진	구분
56. 항공사진	구분	항공사진	구분
57. 항공사진	구분	항공사진	구분
58. 항공사진	구분	항공사진	구분
59. 항공사진	구분	항공사진	구분
60. 항공사진	구분	항공사진	구분
61. 항공사진	구분	항공사진	구분
62. 항공사진	구분	항공사진	구분
63. 항공사진	구분	항공사진	구분
64. 항공사진	구분	항공사진	구분
65. 항공사진	구분	항공사진	구분
66. 항공사진	구분	항공사진	구분
67. 항공사진	구분	항공사진	구분
68. 항공사진	구분	항공사진	구분
69. 항공사진	구분	항공사진	구분
70. 항공사진	구분	항공사진	구분
71. 항공사진	구분	항공사진	구분
72. 항공사진	구분	항공사진	구분
73. 항공사진	구분	항공사진	구분
74. 항공사진	구분	항공사진	구분
75. 항공사진	구분	항공사진	구분
76. 항공사진	구분	항공사진	구분
77. 항공사진	구분	항공사진	구분
78. 항공사진	구분	항공사진	구분
79. 항공사진	구분	항공사진	구분
80. 항공사진	구분	항공사진	구분
81. 항공사진	구분	항공사진	구분
82. 항공사진	구분	항공사진	구분
83. 항공사진	구분	항공사진	구분
84. 항공사진	구분	항공사진	구분
85. 항공사진	구분	항공사진	구분
86. 항공사진	구분	항공사진	구분
87. 항공사진	구분	항공사진	구분
88. 항공사진	구분	항공사진	구분
89. 항공사진	구분	항공사진	구분
90. 항공사진	구분	항공사진	구분
91. 항공사진	구분	항공사진	구분
92. 항공사진	구분	항공사진	구분
93. 항공사진	구분	항공사진	구분
94. 항공사진	구분	항공사진	구분
95. 항공사진	구분	항공사진	구분
96. 항공사진	구분	항공사진	구분
97. 항공사진	구분	항공사진	구분
98. 항공사진	구분	항공사진	구분
99. 항공사진	구분	항공사진	구분
100. 항공사진	구분	항공사진	구분



〈항공사진 메타데이터 / 수치임상도 중첩 광경〉



〈정사영상사진 / 날장사진 검색광경〉

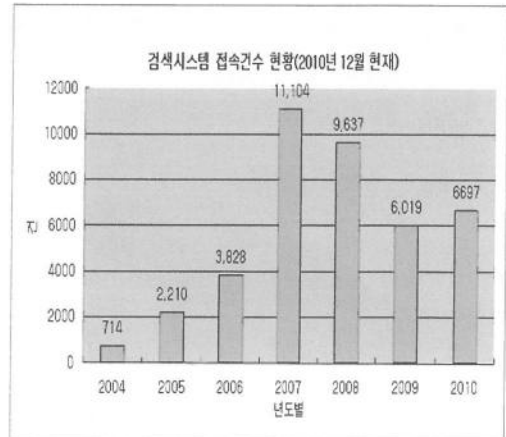
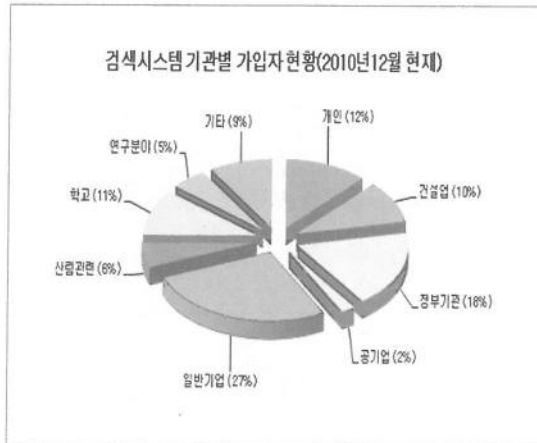
있으며 항공사진 영상위치에 대한 산림분포 현황 파악이 가능하다.

항공사진 영상자료의 검색은 행정구역명 및 1/25,000 도엽명, 경·위도 지리좌표 단위로 검색할 수 있도록 함으로서 검색지역에 대한 정사영상사진(중심투영과 기복편위, 기하학적 왜곡을 보정한 사진) 및 날장항공사진에 대한 정확한 위치 검색을 할 수 있다. 또한 산림영상에 대한 영상축척의 조정이나 화면의 이동/축소, 거리/면적계산, 메모 등의 간편한 기능을 통하여 항공사진영상에 대한 검색 조정과 편집 등을 수행할 수 있다.

3. 검색시스템 가입자 현황 및 접속방법

2010년 12월말 현재, 「산림항공사진검색

시스템」에 등록한 가입자 수는 8,983명으로서, 이를 직렬별로 살펴보면, 일반기업 가입자가 27%로 가장 많으며 그 뒤를 이어 정부기관 종사자 18%, 개인사업자 12%, 대학교 등 교육분야 11%, 건설업 종사자 10%, 산림분야 6%, 연구 분야 종사자 5% 등의 다양한 직렬 분포를 보이고 있다. 또한 본 시스템의 접속건수는 40,986건으로 가입회원 1인이 관심지역 산림영상에 대하여 약 5회 정도 검색한 것으로 나타나고 있다. 한편 가입자 및 접속 건수는 항공사진 DB구축 시점인 2004년 이후 해마다 크게 증가하는 경향을 보이고 있으며 국민을 대상으로 항공 산림영상 검색 서비스를 실시함으로써 산림에 대한 국민적 관심의 증가 및 향후 산림정책에 대한 이해증진, 산림지식 제고 등을 위한 홍보 매체로 자리매김 할 것으로 보인다.



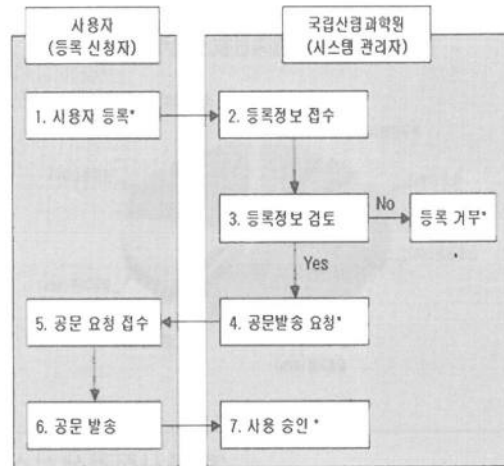
〈항공사진검색시스템 가입자 / 접속건수〉

「산림항공사진검색시스템」을 이용하는 방법은 국립산림과학원의 웹 사이트(www.kfri.go.kr)를 직접 방문하여 메인화면 하

단부 우측의 '산림항공사진검색시스템'을 클릭하여 접속할 수 있으며 인터넷 주소창에 직접 aerophoto.kfri.go.kr을 입력하



〈국립산림과학원 홈페이지 메인 화면〉



* 해당 단계별로 조치 진행과 관련된 안내 메일 발송

〈검색시스템 메인화면 / 가입 및 승인절차〉

여 접속할 수 있다. 가입희망자는 시스템 메인화면 아래의 사용자 가입절차 숙지 및 가입동의서를 작성하여 등록하여야 하며 시스템 관리자의 등록정보 검토 승인 등의 간단한 가입절차를 통하여 항공사진 산림영상을 검색할 수 있다. 본 시스템은 국가 지식포털 웹 사이트(www.knowledge.go.kr)와 연계하여 서비스 중이며 네이버, 야후, 다음, 네이트 등 대형 포털 사이트의 '항공사진' 단어검색을 통해서도 시스템 접속을 할 수 있다.

4. 맺음말

최근 디지털 항공사진 자료에 대한 수요가 증가하는 추세에 있다. 국가 및 지자체, 공공기관, 대학 등에서 비영리 목적으로 자료를 요청할 시에 보안관리 방안 등을 검토하여 문서요청 방식에 의하여 이를 제공

하고 있으며 민간기업 및 개인 등의 일반인에게는 온라인을 통하여 산림영상에 대한 인터넷 검색 서비스를 제공하고 있다. 앞으로 일반인도 항공영상자료의 구득이 가능하도록 관련 보안규정의 검토 및 관계기관 협의를 통하여 상용 유통시스템 운영 등을 통한 자료 서비스를 검토하고 있다. 한편, 산림청·국립산림과학원은 제4차 수치화 임상도 검색서비스에 이어 2010년 하반기에 제5차 제작(2006~2010) 수치임상도에 대한 검색 서비스를 실시할 계획이다. 또한, 현재 전국 산림에 대한 축척 1/5,000 임상도 제작사업에 사용하고 있는 디지털 칼라항공영상 자료는 사업완료 이후 관련기관 협의를 통하여 본 시스템에 의한 대국민 인터넷 검색 웹 서비스가 가능할 것으로 전망된다.



기술정보(국내)

산불피해지의 토사재해 대비 사방댐 설치

- 항공사진 남원시 발생사례 -

우충식, 이창우, 윤호중
국립산림과학원 산림방재연구과

1. 산지토사재해의 정의 및 현황

산지토사재해는 산지에서 토사로 인해 인명이나 재산 등의 피해를 발생시키는 재해를 가리키며, 크게 사면의 붕괴를 나타내는 산사태와 붕괴된 토사가 다른 사면에서 붕괴된 토사와 합쳐져 계류를 타고 흘러 계상에 쌓인 유목이나 토석과 다시 합쳐져 선상지에 퇴적이 되는 토석류로 구분할 수 있다. 특히, 토석류의 개념을 우리나라에서는 1990년대 후반부터 본격적으로 사용하기 시작했기 때문에 과거에는 산사태와 토석류를 구분하지 않고 산사태로 일괄하여 사용하여 왔으나 지금은 산사태와 토석류를 구분하고

이를 총칭하여 산지토사재해라고 한다. 그림 1은 산지토사재해의 피해를 나타낸 것으로 좌측은 2006년 강원도 평창군 진부면을 촬영한 항공사진으로 붕괴지와 토사가 경사면을 따라 흘러간 토석류를 잘 나타내고 있다. 우측은 같은 시기에 인제군 북면을 촬영한 항공사진으로 한 계령에서 발생한 토사가 하류 주거지에 퇴적되어 피해를 끼친 모습으로 토석류로 인한 피해의 심각성을 잘 보여주고 있다.

우리나라의 최근 산지토사재해 발생현황은 1976년 이후 연평균 피해면적 406ha, 인명피해 40명, 복구비용 191억원의 피해를 입고 있다. 특히 2002년 태풍 ‘루사’로

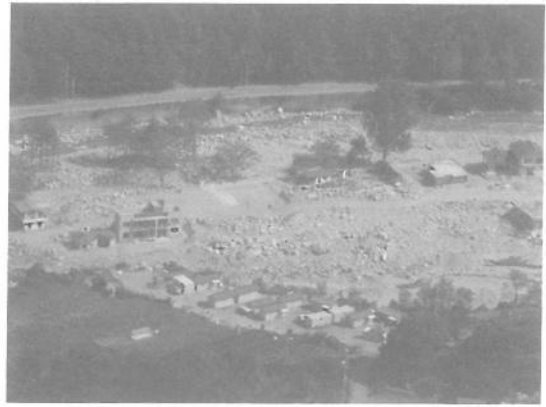


그림 1. 강원도 평창군(좌) 및 인제군(우)에서 발생한 토석류의 모습

인해 2,700ha, 2003년 태풍 ‘매미’ 등 집중호우로 인해 1,300ha, 2004년 태풍 ‘디엔무’와 ‘메기’ 등 집중호우로 233ha, 2005년 집중호우로 469ha, 2006년 태풍 ‘에위니아’와 ‘빌리스’의 영향으로 1,597ha의 피해가 발생하는 등 산지토사재해로 인해 피해가 증가하는 추세에 있다(산림청 통계). 실제로 최근 기후변화의 영향으로 태풍 및 집중호우가 빈번해지고 여름철 강우량이 예년에 비해 증가하고 있으며, 산지토사재해의 발생 가능성이 높아져 그로 인한 피해가 증가할 것으로 판단된다.

2. 남원시 산불피해지의 2010년 산지토사재해 발생현황

일반적으로 산불피해지역은 피해복구가 완료되어도 주위 임분에 비해 수령 및 임분밀도가 낮고, 하층식생이 완전하게 뿌리를 내리지 못해 토양침식이 잘 일어난다. 특히 집중호우가 잦은 여름철 장마 및 태풍시기에는 토양침식이 더욱 가속화되면서 토사가 붕괴되어 하류 인근의 인명 및 재산피해를 끼치는 산지토사재해로 이어질 가능성이 매우 높아진다. 2010년 전북 남원시 일대에서 발생한 산지토사재해는 산불피해지

역이 여름철 집중호우에 얼마나 취약한가를 매우 잘 보여주는 사례이다. 남원지역은 2000년부터 2010년까지 산불이 총 48건 발생하여 약 180ha의 피해를 발생시켰다. 특히 2005년 4월에 산동면 목동리 등에 대형 산불이 발생하여 산림청 추산 96ha의 피해가 발생하였다.

산림청 통계자료를 이용하여 이 지역에 발생한 산지토사재해를 분석한 결과 남원시 일대에서 2010년 8월 13일~18일까지 국지성 집중호우로 인해 약 40ha의 산지토사재해가 발생하였는데, 이 중 산불피해지에서 약 18ha가 발생하였다. 즉, 전체 산지토사재해 피해 중 약 45%가 산불피해지역에서 발생한 것으로 나타났다. 이것을 일반산림과 산불피해지로 구분하여 산지토사재해 발생면적을 각 면적으로 나누어 단순 발생비율을 산출해보면 일반산림은 0.05%, 산불피해지는 10%로 일반산림 대비 산불

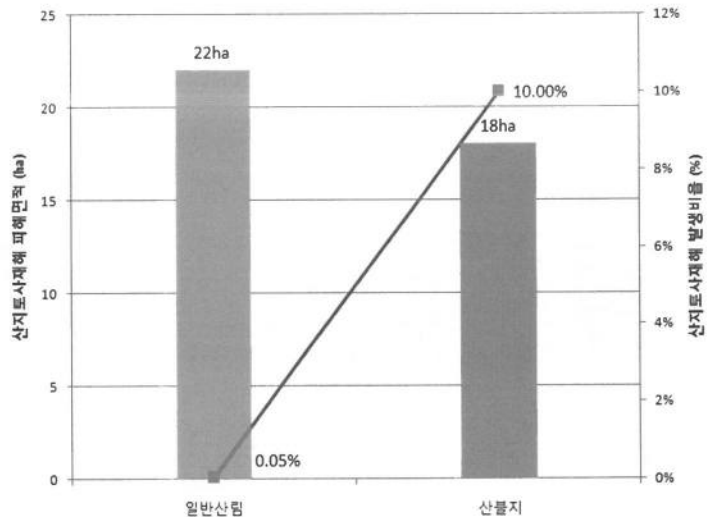


그림 2. 남원시의 2010년 산지토사재해 피해면적 및 발생비율

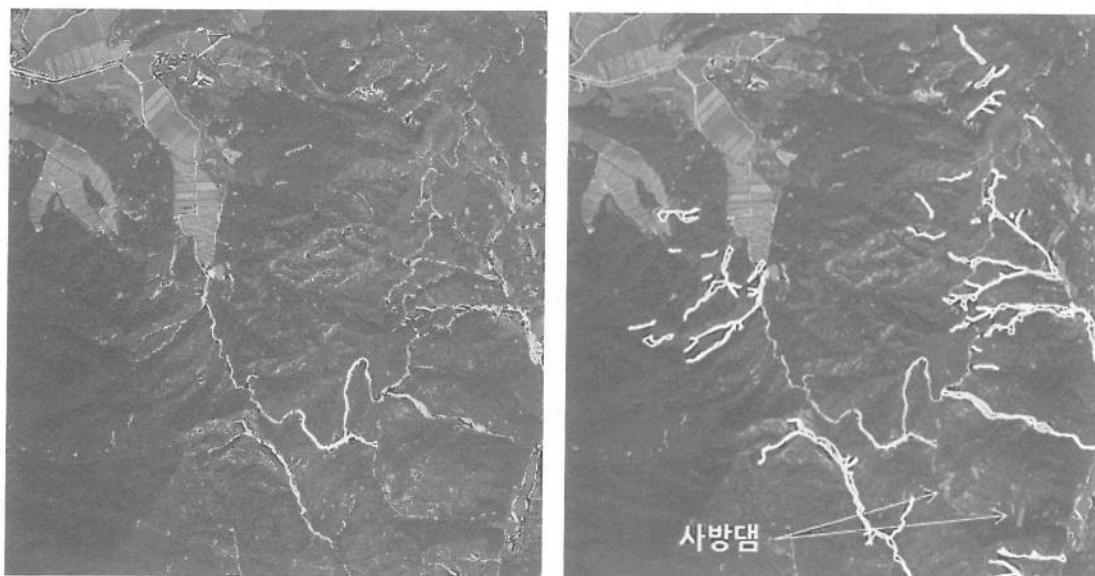


그림 3. 산지토사재해 피해지역인 남원시 산동면 목동리 일대의 항공사진으로 우측 그림의 백색선은 산지토사재해 발생지역을 나타냄(2010년 9월 촬영)

피해지의 산지토사재해 발생비율이 200배 높아진다(그림 2). 이중 2005년 대형 산불이 발생했던 산동면 목동리 일대에서는 산지토사재해가 남원시 전체의 17%, 전체 산불피해지의 약 39%가 발생하였다. 여기서 산지토사재해 발생 직후인 2010년 9월에 촬영한 항공사진을 이용하여 산지토사재해의 실제 발생면적을 분석한 결과 산림청 집계면적보다 약 두 배 많은 12.5ha로 나타났다(그림 3).

산림청 집계면적과 실제면적의 차이는 여러 가지 이유가 있겠지만 가장 중요한 것은 결국 산불피해지에서 산지토사재해의 발생위험이 높다는 것을 설명하는 것으로, 여름철 집중호우에 의한 산지토사재해의 피해를 저감하기 위해서는 산불피해지에 대한 충분한 관리가 필요하다는 것을 의미

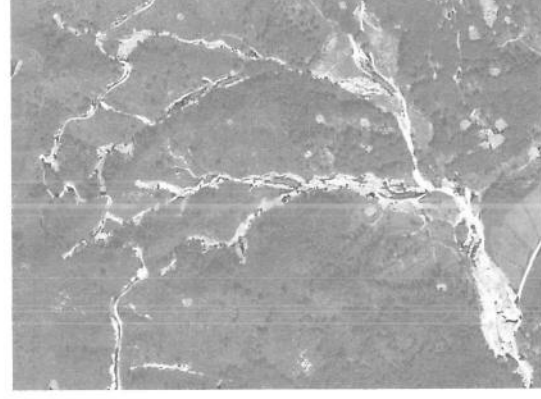
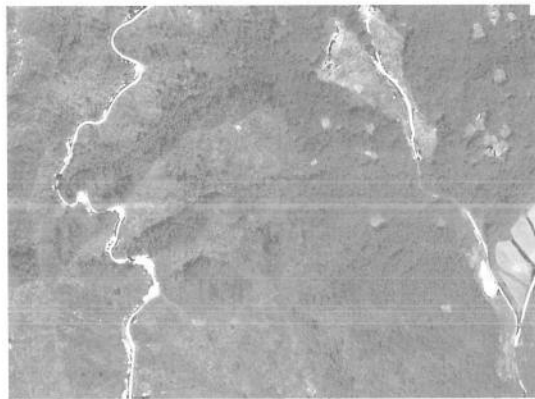
한다.

3. 산불피해지에서 사방댐의 중요성

전북 남원시 산동면 목동리 지역에 산지토사재해를 대비하기 위해 설치된 사방댐은 총 3개소로 한 계류에 계통적으로 설치된 2개소와 목동리 중앙 계류에 설치된 1개소이다. 이중 1개소는 산불발생 이전인 2002년에 설치된 것이고, 계통적으로 설치된 2개소가 산불발생이후에 설치되었다. 그런데 그림 3의 우측과 같이 산불발생 후 설치된 사방댐 계류에서는 산지토사재해가 발생하지 않았고 단지 강우에 의한 침식으로 퇴적된 적은 양의 토사만 유출되었다. 즉, 사방댐이 적절한 위치에 설치되었다고



〈 목동리 중앙 계류에 설치된 사방댐 - 하류에 피해를 저감시킴 〉



〈 사방댐을 설치하지 않아 하류에 피해를 발생시킴 〉

그림 4. 산지토사재해 발생 전·후에 나타난 사방댐의 효과

보기가 어려웠다.

사방댐이 설치되지 않은 유역은 계류의 침식으로 인해 많은 토사가 하류에 퇴적되어 피해를 발생시켰다. 목동리 지역의 경우 가옥은 산지와 떨어져 있어 인명피해는 발생하지 않았지만 농경지에 피해를 주어 재산피해를 가져왔다(그림 4).

사방댐이 없는 곳에서는 농업용 저수지가 사방댐과 같은 역할을 한 경우가 종종 나타났다. 토석류로 유출되는 토사가 저수

지 안으로 유입이 되면 저수지가 토사를 완충하여 유출을 억제하여 하류 피해를 최소화 하였다. 그러나 농업용 저수지에 토사가 유입이 되면 유량이 감소되어 추후 준설을 해야 하는 비용이 소요된다. 이러한 지역에 사방댐이 이미 설치되었다면 저수지에 유입되는 상당한 토사를 막았을 것으로 생각된다(그림 5).

결국 사방댐이 산지토사재해를 실질적으로 대비할 수 있는 대안이며 그 필요성에

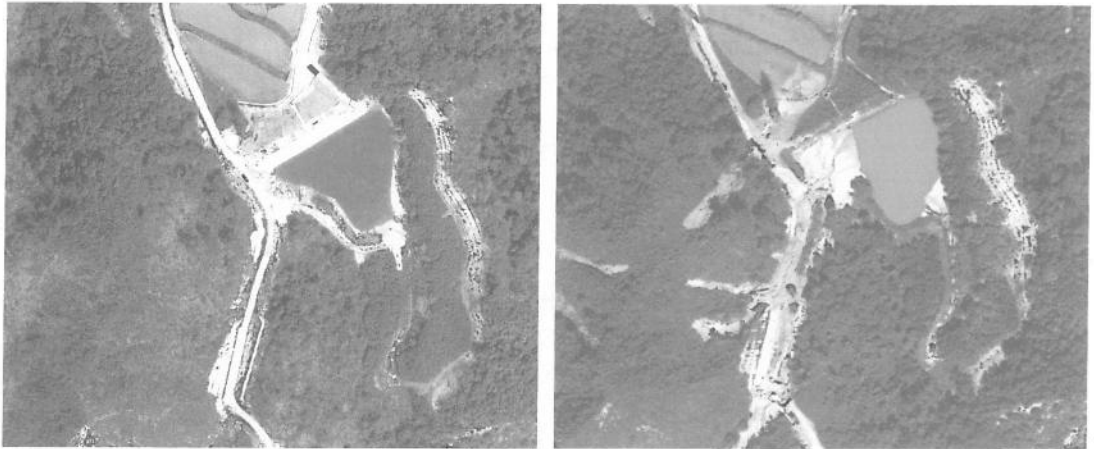


그림 5. 산지토사재해 발생으로 농업용 저수지에 유입된 토사

도 모두 공감하고 있지만 산불피해지에서 사방댐을 어디에 얼마나 배치해야 하는지에 대한 정량화도 이뤄지지 않고 있다. 즉, 사방댐 설치에 대한 예산은 한정되어 있는 반면 산불은 점점 대형화되고 있는 상황에서, 산불피해지역의 또 다른 2차 피해를 막기 위해 좀 더 효율적인 사방댐 설치에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 이를 위하여 국립산림과학원에서는 ‘사방댐 적정배치 의사결정지원시스템’ 연구를 수행하고 있다. 또한 정책적으로도 산불피해지역에 대한 사방댐을 우선적으로 설치하여 만약에 발생할 산지토사재해의 피해를 최소화하도록 노력해야 할 것으로 생각한다.

4. 맺음말

2010년 남원에 발생한 산지토사재해는 산불피해지역이 집중호우에 얼마나 취약한지를 여실히 보여준 사례임에 틀림이 없다. 따라서 산지토사재해의 위험성이 높은 산불피해지에 효율적인 사방댐 설치는 산불로 인해 큰 피해를 본 지역 주민들에게 산지토사재해로 인한 또 다른 피해로부터 안전을 책임질 수 있는 유일하고도 확실한 수단이다. 끝으로 국민의 생명과 재산을 보호하고 국가의 예산을 효율적으로 집행하기 위해 산불피해지를 좀 더 세밀하고 적극적으로 관리하는 자세가 필요할 것으로 판단된다.



기술정보(국내)

산림유역 개발로 인한 부유토사 유출이 습원환경에 미치는 영향

- 일본 쿠시로습원의 연구사례 -

이 충 화

국립산림과학원 산림복원연구과

들어가는 말

일반적으로 습원은 일정기간 이상 물에 잠겨있거나 젖어 있고, 수분이 많은 장소에서 적응해 살아가는 생물들에게 적당한 환경을 제공해 주는 지역을 말한다. 이러한 습원은 저수지와 같이 물을 저장하는 기능이 있기 때문에 범람 시 홍수발생을 완화시키고, 가뭄 시에는 물을 안정적으로 공급하기도 한다. 따라서 습원의 안정된 환경은 생물들에게 적합한 생활터전을 제공하여 다양한 생물군집이 존재하게 한다.

최근 우리나라의 용늪과 우포늪 등이 람사르협약¹⁾에 가입되면서 습원의 경관과 생태적 가치에 관한 국민들의 관심이 증가하고 있다. 일반적으로 습원은 경사가 완만하고 물의 흐름이 느린 하구(河口)에 위치하고 있어 상류에서 유출된 부유물이



그림 1. 쿠시로습원의 위치와 유역의 농지분포

축적되고 있다. 따라서 습원은 산림에서 유출되는 물질의 영향을 크게 받고 있다.

1) 람사르협약(Ramsar Convention)은 습지의 보호와 지속가능한 이용에 관한 국제 조약이다. 공식 명칭은 '물새 서식지로서 특히 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약(The convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat)'으로 1971년 이란의 람사르(Ramsar)에서 채택되었으며, 1975년 12월에 발효되었다.

그러나 국내에서는 산림유역 개발에 따른 물질동태 변화가 습원환경에 미치는 영향에 관련한 조사 및 연구가 활발하게 이루어지지 않고 있어, 쿠시로습원의 연구사례를 소개하고자 한다. 쿠시로습원은 일본 북해도에 위치하고 있으며(그림 1), 생태계 전문가 및 연구자간 협력과 네트워크 체계가 잘 갖추어진 습원생태계 모니터링의 가장 좋은 모델지로 손꼽히고 있다.

쿠시로습원의 주변환경 변화

쿠시로습원은 새들의 번식지와 휴식처로 이용되고 있을 뿐만 아니라 다양한 어류와 양서류 등이 서식하고 있다. 특히 습원에는 일본 천연기념물인 두루미(*Grus japonensis*)와 담수에서 생활하는 어류 중 가장 큰 이토우(*Hucho perryi*) 등의 희귀생물들이 서식하고 있어(사진 1), 1967년 쿠시로습원의 중심부는 천연기념물로 지정되었고, 1980년에는 일본 최초 랍사르조약에 등록되었다.

그러나 쿠시로습원 주변의 산림은 1960년대부터 대규모 농지개발이

이루어지면서 많은 산림이 농경지로 전환되었으며, 이로 인해 농경지로부터 유출되는 비료와 부유토사²⁾ 등에 의해 하천수질이 악화되었다. 또한 범람원을 농지로 개발하기 위해 하천 주변의 수변림을 제거하고, 곡선형의 자연하천 유로를 직선화로 변형시켜 유역에서 발생한 오염물질들이 더욱 쉽게 습원으로 유입되고 있다. 그래서 산림과 인접하는 습원의 하천에서는 다량의 부유토사 퇴적으로 하천바닥이 2m이상 상승하였고, 이로 인해 적은 강우에도 하천이 자주 범람하게 되었다. 습원에서 하천의 잦은 범람은 유역에서 생산된 부유토사의 퇴적을 증가시켰고, 그 결과 습원 토양환경의 변화로 인한 생태적인 변화가



1. 도롱뇽
2. 두루미
3. 이토우

사진 1. 쿠시로습원에서 서식하는 희귀생물

2) 부유토사(浮游土砂)는 흐르는 물속에 떠서 이동하는 입경이 작은 토사를 말한다.

나타나기 시작하였다.

부유토사 퇴적과 습원의 건조화

과거 쿠시로습원은 지하수위가 지표면에 가까이 위치고 있어, 수분을 좋아하는 갈대군락과 사초과(科) 등의 식물이 넓게 분포하고 있었다. 그러나 1960년대부터 식량증대사업의 일환으로 습원 주변의 산림과 범람원을 농지로 개발하면서 다량의 부유토사가 하천으로 유입되고 있고, 습원 내에 부유토사의 퇴적이 증가하고 있다. 이렇게 퇴적된 부유토사는 약 50년 동안 최대 2

m에 달하고 있으며, 습원 표면에 위치하던 지하수위는 점차 낮아져 습원토양이 건조화 되기 시작하였다(그림 2).

수분을 좋아하는 습원 식물은 토양의 수분변화에 민감하게 반응한다. 습원에서 부유토사 퇴적으로 인한 수문환경 변화는 습원 식물보다 건조에 강한 수목에게 좋은 환경을 제공한다. 그래서 갈대군락이 넓게 분포하던 쿠시로습원은 토양이 건조화되면서 오리나무군락이 점점 확대되는 즉 습원이 육지(산림)로 변하는 환경문제가 대두되고 있다. 1940년대 습원 면적은 2.5만 ha였는데 1990년대에 이르러 1.9만ha까지

감소하여 50년동안 습원의 약20%가 소실되었다. 또한 습원 내에는 작은 호수와 늪이 존재한다. 이곳에서는 희귀한 수생식물, 어류, 동안 습원 물속에 이하는 생물들이 서식하고 있는데, 습원의 소실은 물을 이용하는 생물들의 서식처를 파괴하고 있다.

맺는말

본 원고에서는, 산림 내에서 인위적인 활동이 습원환경에 미치는 파급효과가 얼마나 큰지를 소개하였다. 자연은 세월이 흘러

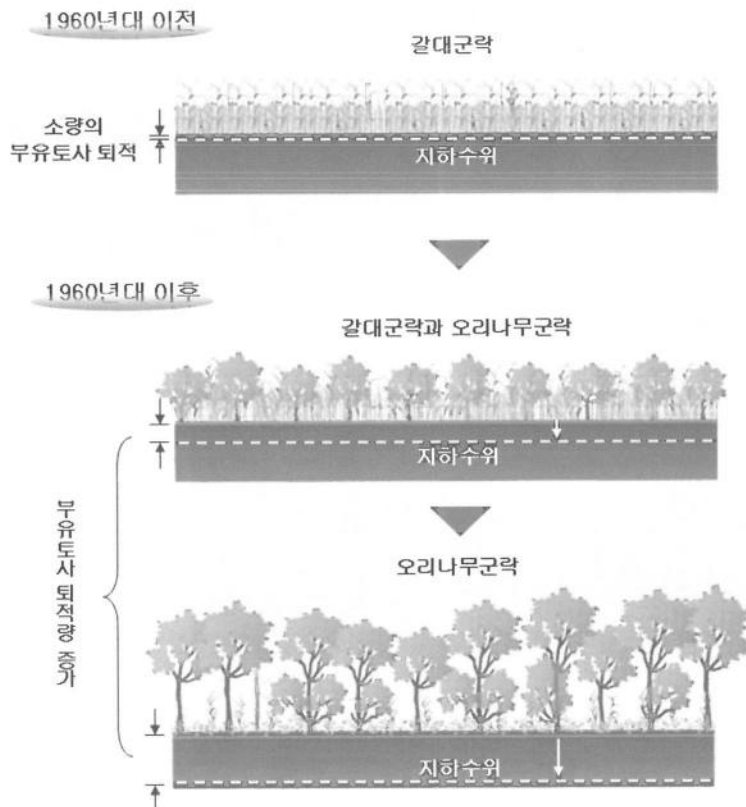


그림 2. 부유토사 퇴적으로 인한 습원의 지하수위 감소



본연의 습지모습
(갈대군락)



수림화(樹林化)의 습지모습
(오리나무군락)

사진 2. 바람직한 습원의 모습

감에 따라 변화한다. 하지만 최근에 나타나는 인위적 영향에 의한 급격한 환경변화는 야생생물 뿐만 아니라 인간에 있어서도 바람직하지 않을 것으로 여겨지고 있다. 따라서 습원이 지니는 독특한 경관과 생물다양성 등을 보호하기 위하여 황폐된 산림의 복원과 적절한 산림자원의 보호를 통해 지

속가능한 산림자원이 확보되기를 기대한다 (사진 2).



※ 본 원고에서 사용한 그림과 사진은 日本 環境省 홈페이지에서 인용 및 편집하였습니다.

기술정보(국내)

우리나라 산림식생의 대립종군에 의한 군락유형분류

윤 충 원

공주대학교 산림자원학과 부교수

1. 서 론

인간의 진화와 역사는 근본적으로 식생에 의해 영향을 받아 왔고, 식피(vegetation cover)의 구조(structure)와 기능(function)에 의해 경관(landscape)의 많은 특징이 결정되며 인간과 동물에 삶의 양식이 결정되어 진다. 산림과 환경의 상호관계, 산림의 분포와 구조를 다루는 식생연구는 비록 숲의 간단한 구조(structure)와 단순묘사(mere description)에서 시작되었지만 지구표면의 복잡한 생태계 분류와 기능(function), 생태복원, 기후변화, 탄소순환 등 많은 응용학문분야가 바로 이러한 단순한 식생구조와 식생묘사의 체제와 상호 연관되어 있다(Whittaker, 1962; Egler, 1942). 종사이의 상호관계를 밝히고, 군락으로 구분되는 종집단의 특징 분석을 가능하게 하며, 군락과 환경사이의 상호관계를 파악하여 식생(vegetation)의 경영과 보전목적에 유용하다(Egerton, 1976).

우리나라의 식생에 대한 연구는 여러 식생연구자에 의하여 수 백 편의 연구가 진행되어 왔다. 그 중에 비교적 넓은 지역범위를 대상으로 한 연구는 한라산 일대(임

양재와 이진화, 1991), 우리나라(김종원, 1993), 낙동강 상류(송종석과 송승달, 1996; 송종석, 1996), 울릉도·독도(김종원 등, 1996; 이중효 등, 2006) 서해안지역(송호경 등, 1997), 경북지역(이병천 등, 1998), 동강유역(조현제, 1999; 이웅빈 등, 2002), 우리나라 아고산 지역(조현제 등, 2004), 백두대간 남한지역(조현제, 2004), 금강유역(김기대와 박미화, 2009) 등에 대한 식생연구를 보고하였다. 그러나 종조성을 기초로 한 우리나라의 산림식생을 분석하여 요약 한 연구는 아직 찾아 볼 수 없었다.

종조성 기반의 산림식생 연구자료는 한국의 식생구조에 영향을 미치는 기후적 인자, 토양인자, 인간과 야생동물과 같은 생물적 환경인자, 역사적 인자 등의 복잡한 종합 환경인자에 의해 결정되어 왔고, 이러한 식생구조의 기초 이해와 고려는 거꾸로 종합적인 산림환경인자의 귀납적 해석에 유용할 것이다(Braun-Blanquet, 1932; Westhoff & van der Maarel, 1978).

이에 본 연구는 우리나라 산림식생의 군락유형을 분류하고, 식생단위, 종조성, 분포 등에 대한 기초 정보를 제공하여 유용

Figure 1. Map showing the studied area.

101개소(6.9%), 해송군락 74개소(5.1%) 등 총 120개 임분으로 구성된다.

2) 야외조사

1993년부터 2009년까지 약 17년 동안 22개 산림지역에서 27명의 조사원이 투입되어 현장조사를 실시하여 획득된 식생 샘플자료를 바탕으로 하였다. 1,456개소의 임분 수집방법의 기준은 브라운-블랑케 방법으로 선정하여(Braun-Blanquet, 1964), 식생조사의 표본구가 될 플랏(plot) 설치 장소의 선정은 종의 수가 누락되지 않고, 인접군락에 침범하게 되어 이질적인 군락의 요소로 혼잡하지 않도록 임분의 균질성을 고려하여 조건들을 반영하여 조사구를 설치하였고, 조사구의 크기는 종면적곡선의 최소면적을 고려하여 전반적으로 10m×10m로 하였고, 일부 야외 식생환경의 조건에 따라 5m×5m, 5m×10m, 10m×20m, 20m×20m 등 다양하게 조사구 크기를 정하였다.

각 설치된 표본구에 대한 층위별 종명과 우점도, 군도, 해발고, 방위 및 경사, 지형, 노암율 등 입지환경, 계층구조 및 종조성 측정인자를 조사하였다.

3) 분석방법

야외식생조사에서 22개 산림지역으로부터 획득된 1,456개소 임분의 샘플자료를 토대로 소표(raw table), 부분표(partial table), 식별표(differentiated table), 상계

도표(constancy table)의 과정을 거치는 표조작법(tabulation method)을 통해 식생분석을 실시하였다. 22개 산림지역에서 단위산지별 식생단위를 추출한 후, 다시 전체를 묶어 총합상재도표를 작성하였다(Braun-Blanquet, 1964; Ellenberg, 1956). 이 총합상재도표를 토대로 한국 식생을 대표하는 신갈나무군락군, 4쌍의 대립종군, 10개의 식생단위 및 체계에 대한 종조성, 입지환경인자 등에 대하여 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

전체 1,456개의 자료를 분석한 결과, 우리나라 산림식생은 총 10개의 식생단위로 분류되어 신갈나무군락형이 식생단위 1~10에 모두 나타나고 있어 우리나라 산림식생이 전체적으로 신갈나무 군락형으로 대표된다는 것을 의미한다. 대립종군이란 전체자료에서 대립되는 두 개의 종군으로 식물사회학적 식생분류에서 식생단위를 추출하기 위한 표조작 과정의 첫 번째 단계로 높은 상관으로 묶이는 하나의 종군을 추출하게 되며, 그 다음에 1차 추출된 종군과 함께 출현하는 일이 적어 종 사이에 역의 상관관을 나타내는 종군을 발견하여 식생자료를 추출하는 것이다(鈴木 등, 1987; 김과 이, 2006).

한국의 산림식생은 대립종군이 총 네 쌍으로 굴참나무군락형과 청시닥나무군락형,

회양목군락형과 팔배나무군락형, 사스래나무군락형과 서어나무군락형, 소나무군락형과 분비나무군락형이 나타났다. 어떠한 대립종군을 상위단위로 선택하느냐에 따라 전체 산림식생체계가 변화될 수 있으므로, 하나의 대립종군을 결정하여 하위단위를 체계화 하기에는 다른 세 종류의 대립종군의 중요성과 영향력을 간과할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 그러나 이러한 다양한 대립종군형 자체가 하나의 결과로 우리나라의 산림은 굴곡이 발달한 산악요소(orographic factor)에 의해 식생구조와 산림생태계가 다양하고 매우 복잡하다는 것을 단적으로 보여주고 있는 것으로 사료되었다.

1) 굴참나무군락형과 청시닥나무군락형

종군 2의 굴참나무군락형은 식생단위 1, 2, 3, 4, 5, 6에 속하고, 종군 10의 청시닥나무군락형은 식생단위 7, 8, 9, 10에 속하여 두 대립종군으로 구분되며, 굴참나무군락형은 임의 식생체계에서 회양목아군락군(측백나무군락과 향나무군락으로 세분됨)과 느티나무아군락군(나도밤나무-붉가시나무군락과 나도밤나무-해당화군락 그리고 느티나무전형군으로 분류됨)을 포함하고 있으며, 청시닥나무군락형은 황벽나무군락과 사스래나무아군락군(분비나무-주목군락, 분비나무-땃두릅나무군락, 구상나무군락으로 분류됨)을 포함하고 있다.

대립종군의 생활형을 비교하여 볼 때, 굴

참나무군락형은 낙엽활엽교목, 상록침엽교목, 낙엽활엽관목, 낙엽만목, 다년생초본, 다년생덩굴초본으로 6가지 유형의 생활형으로 다양하게 나타났으나, 청시닥나무군락형은 낙엽활엽소교목, 낙엽활엽관목, 다년생초본으로 3가지 유형의 비교적 단순한 생활형이 나타났다. 또한 굴참나무군락형에는 낙엽활엽교목이 37%로 가장 많은 비율을 차지한 반면, 청시닥나무군락형은 모시대, 투구꽃, 곰취, 동자꽃 등 고산성식물인 다년생초본이 50%로 출현비율이 높았다.

굴참나무군락형의 분포지역은 우리나라 전역에 걸쳐 있고, 청시닥나무군락형은 백두대간과 낙동정맥의 고산지대에 주로 분포하였다. 또한 굴참나무군락형은 평균해발고가 450m로 상대적으로 낮았고, 지형이 대부분 사면부에 주로 분포하고 있었으며, 반면에 청시닥나무군락형은 평균해발고가 1,252m로 비교적 높고, 지형은 주로 사면상부와 능선부, 계곡부에 집중 분포하고 있었다.

방위는 굴참나무군락형은 남사면에, 청시닥나무군락형은 북서사면과 북사면에 가장 널리 분포하는 경향을 나타내고 있었다.

2) 회양목군락형과 팔배나무군락형

종군 2의 회양목군락형은 식생단위 1, 2에 속하고, 종군 17의 팔배나무군락형은 식생단위 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10에 속하므로 두 대립종군은 구분되었으며, 회양목군

Table 2. Summarized table for the differentiated constancy table of forest vegetation in South Korea.

Vegetation unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Differential and character species groups(1,177 species);										
1. 신갈나무 (15 taxa)										
2. 굴참나무 (11 taxa)										
3. 회양목 (18 taxa)										
4. 측백나무 (9 taxa)										
5. 향나무 (29 taxa)										
6. 느티나무 (30 taxa)										
7. 나도밤나무 (35 taxa)										
8. 붉가시나무 (58 taxa)										
9. 해당화 (34 taxa)										
10. 청시닥나무 (18 taxa)										
11. 황벽나무 (20 taxa)										
12. 사스래나무 (8 taxa)										
13. 분비나무 (13 taxa)										
14. 주목 (9 taxa)										
15. 땃두릅나무 (27 taxa)										
16. 구상나무 (15 taxa)										
17. 팔배나무 (19 taxa)										
18. 소나무 (8 taxa)										
19. 거제수나무 (10 taxa)										
20. 졸참나무 (9 taxa)										
21. 서나무 (7 taxa)										

락형은 회양목아군락군으로 측백나무군락과 향나무군락으로 분류되며, 팔배나무군락형은 느티나무아군락군(나도밤나무-붉가시나무군락과 나도밤나무-해당화군락 그리고 느티나무전형군으로 분류됨)과 청시닥나무군락군(황벽나무군락과 사스래나무아군락군으로 분류되며, 사스래나무아군락군은 다시 분비나무-주목군락, 분비나무-땃두릅나무군락, 구상나무군락으로 세분됨)을

포함하고 있다.

대립종군의 생활형을 비교해 볼 때, 회양목군락형과 팔배나무군락형은 낙엽활엽교목, 낙엽활엽관목, 상록활엽관목, 다년생초본, 2년생초본, 상록다년생초본, 3년생초본, 1년생초본 등 다양한 유형의 생활형을 가지고 있었고, 두 군락형 모두 다년생초본이 가장 많았고, 그 다음으로 낙엽활엽관목이 많이 생육하고 있었다.

회양목군락형은 동강유역에만 국소적으로 분포하고 있고, 팔배나무군락형은 우리나라 전역에 걸쳐 주로 분포하고 있었다. 또한 회양목군락형은 평균해발고가 311m로 비교적 낮았고, 지형이 대부분 사면중부와 사면하부에 주로 분포하고 있었으며, 반면에 청시다나무군락형은 평균해발고가 671m로 높았으며, 지형은 주로 사면중부와 사면상부에 분포하고 계곡부, 능선부, 정상부에도 다소 골고루 분포하고 있는 경향을 보였다. 그리고 회양목군락형의 평균경사도는 38°, 평균암석노출도는 63%이었으며, 팔배나무군락형은 평균경사도가 19°, 평균암석노출도는 38%로 회양목군락형이 팔배나무군락형에 비하여 평균경사도와 암석노출도가 높았다.

방위는 회양목군락형은 남사면과 남서사면, 서사면에 주로 분포하고 있었으며, 팔배나무군락형은 남사면에 비교적 많이 분포하는 경향이었으나 전반적으로 8 방위에 걸쳐 널리 분포하고 있었다.

3) 사스래나무군락형과 서어나무군락형

종군 12의 사스래나무군락형은 식생단위 8, 9, 10에 속하고 종군 21의 서어나무군락형은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7에 속하므로 두 대립종군은 구분되었으며, 사스래나무군락형은 분비나무-주목군락, 분비나무-땃두릅나무군락, 구상나무군락이 포함되어 있으며, 서어나무군락형은 졸참나무군락, 황벽나무

군락, 느티나무아군락(나도밤나무-붉가시나무군락, 나도밤나무-해당화군락)을 포함하고 있다.

대립종군의 생활형을 비교해 볼 때, 사스래나무군락형은 낙엽활엽교목, 낙엽활엽관목, 다년생초본으로 3가지 유형으로 나누어졌고, 서어나무군락형은 낙엽활엽교목, 낙엽활엽소교목, 낙엽활엽관목, 다년생초본으로 4가지 유형이었다. 사스래나무군락형은 개시호, 참당귀, 눈개승마, 송이풀 등 고산성식물인 다년생초본이 74%로 가장 많이 출현하는 반면 서어나무군락형은 낙엽활엽관목이 43%로 가장 많이 출현하는 차이점을 가지고 있었다.

사스래나무군락형은 백두대간과 산악지역에 주로 분포하고 있었고, 서어나무군락형은 우리나라 전역에 고루 분포하고 있었다. 또한 사스래나무군락형은 평균해발고가 1,400m로 매우 높았고, 서어나무군락형은 487m로 비교적 낮았다. 사스래나무군락형의 지형은 대부분 사면상부와 능선부에 집중 분포하고 있었으며, 반면에 서어나무군락형은 전체 지형에 정규분포형으로 분포하고 있었다.

방위는 사스래나무군락형이 남사면과 남서사면, 북서사면에 주로 분포하고 있었으며, 서어나무군락형은 남사면에 주로 분포하고 있었다.

4) 소나무군락형과 분비나무군락형

소나무군락형과 분비나무군락형의 대립

종군은 10개의 식생단위 중에서 각각 다른 식생단위에 속하게 되므로 주요한 생태적 정보의 차별성을 보다 쉽게 파악할 수 있다.

종군 18의 소나무군락형은 식생단위 8, 9에 속하고 종군 13의 분비나무군락형은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10에 속하여 두 대립종군으로 구분되었으며, 소나무군락형은 굴참나무군락군(회양목아군락과 느티나무아군락군으로 분류됨)과 졸참나무군락형, 서어나무군락형이 포함되며, 분비나무군락형은 주목군락과 땃두릅나무군락이 포함된다.

대립종군의 생활형을 비교하여 볼 때, 소나무군락형은 주로 낙엽활엽교목, 아교목, 관목이 25%내외로 분포하고 분비나무군락형은 두루미꽃, 지리강활, 박새, 나래박쥐나무 등 고산성식물인 다년생초본이 53%로 가장 많은 특징을 가지고 있었다.

대립종군의 분포지역을 살펴보면, 소나무군락형은 우리나라 해안지역과 산악지형, 중남부지역에 주로 분포하고 있었으며, 분비나무군락형은 백두대간상의 고산지역에 주로 분포하고 있었다. 따라서 해발고를 비교하여 보면, 소나무군락형의 평균해발고는 557m이었으나, 분비나무군락형은 1,492m로 고지대에 분포하고 있었다. 소나무군락형의 지형이 대부분 사면중부와 사면하부에 분포하고 있었으나 반면에 분비군락형의 지형은 주로 사면상부와 능선부에 분포하고 있었다. 소나무군락형과 분비나무군락형은 평균암석노출도가 각각 38%,

43%로 높게 나타났다. 교목층평균수고는 소나무군락형이 12m이고 분비나무군락형은 9m로 나타났고, 교목층 평균흉고직경은 각각 25cm, 30cm로 나타났다.

방위는 소나무군락형은 남사면과 서사면, 북서사면에 주로 분포하고 있었으며, 분비나무군락형은 남사면과 남서사면에 비교적 넓게 분포하고 있었다.

4. 결 론

우리나라 산림식생에 대한 군락유형을 식물사회학적으로 분류한 결과, 10개의 식생단위로 분류되었고, 10개의 식생단위 모두 최상위 수준에서 신갈나무 표징종(신갈나무, 당단풍, 물푸레나무, 실새풀, 진달래, 국수나무, 고로쇠나무, 산딸기, 대사초 등)에 의해 결정된 신갈나무군락형의 식생단위로 분류되었다. 다시, 신갈나무군락형의 하위 단위를 추출해 나가는 과정에서 총 4쌍의 대립종군이 밝혀졌다. 이처럼 여러 쌍의 대립종군으로 분류되어진 것은 우리나라의 독특한 산악요소(orographic factor)와 지형요소 및 온도대 등의 다양성을 반영하여 성립된 식생구조에 기인하므로 대립종군 간에는 생태적 정보의 차별성이 다음과 같이 나타났다.

(1) 굴참나무군락형과 청시닥나무군락형은 우리나라 전역에 광역적으로 분포하는 것이 굴참나무군락형이라면 청시닥나무군락형은 백두대간과 낙동정맥의 고산지대에

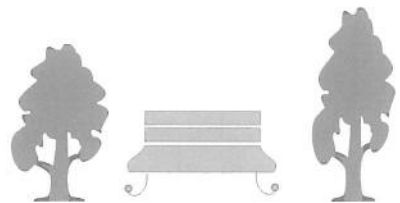
주로 분포하는 것이 특징이었다.

(2) 회양목군락형과 팔배나무군락형의 대립종군은 고생대 오오도비스기의 석회암 지대에 분포하는 회양목군락형의 생태적 특징에 의해 구분된 것으로 판단된다.

(3) 사스래나무군락형과 서어나무군락형은 해발고의 기준에 의해 구분된 것으로

보이며 사스래나무군락형은 평균해발고가 1,400m로 높았고 서어나무군락형은 487m로 비교적 낮은 것이 특징이었다.

(4) 소나무군락형과 분비나무군락형도 해발고 기준으로 구분되며, 소나무군락형의 평균해발고는 557m이나 분비나무군락형은 1,492m로 나타났다.



기술정보(국내)

새로운 소득자원 ‘꽃송이버섯’

박 현

국립산림과학원 바이오에너지연구과장

2011년은 유엔이 정한 ‘세계 산림의 해’이다. 세계 산림의 해 주제는 ‘인류를 위한 산림’으로, 기후변화 대응과 빈곤문제 해결을 위한 산림의 역할을 강조하였다. 빈곤문제 해결을 위해서는 일거리와 먹거리를 만들어 내는 것이 중요한데, 산림자원을 활용하는 각종 직업과 소득자원을 발굴할 수 있어야 한다. 우리나라의 경우 20세기 말까지 도시화 물질 속에 농촌의 공동화(空洞化) 현상이 나타났지만, 최근에는 숲 속에서 특약용작물 재배를 통한 청정 임산물의 생산 등을 통해 산촌이 부활하고 있다. 청정 임산물로는 산채와 약초가 부각되고 있는데, IMF 사태 이후 뚜렷한 귀농품목으로 자리매김을 했던 표고버섯도 안정적인 수입을 보장하는 좋은 품목이라고 할 수 있다.

한편, 정확한 통계는 아직 제시되지 않고 있지만, 중국은 거의 모든 표고가 톱밥재배를 통하여 생산되고 있고, 일본의 경우에도 톱밥재배 표고가 차지하는 비중이 50%를 넘어섰다. 우리나라에서도 전문가들이 견해에 따라 차이는 있지만, 톱밥을 이용하여 생산된 표고의 비중이 10%를 넘어 30% 수준에 육박하고 있다. 이러한 현상은 산촌에 많이 거주하는 노약자들이 무거운 표고 골목을 다루기 쉽지 않고, 표고 자목으로

사용되는 참나무류 원목의 품귀현상으로 표고 자목을 구하기 어렵기 때문이다. 일부에서는 러시아 등 외국에서 표고 자목을 수입해 오는 방안도 모색하고 있지만, 점차 원목재배 보다는 톱밥배지를 이용한 표고재배로 진전될 것으로 전망된다. 그렇다면, 활엽수만이 아니라 우리나라에 널리 심겨졌고, 최근 숯가꾸기를 통해 많이 생산되고 있는 침엽수를 이용하여 버섯 재배를 할 수는 없을까? 이러한 질문에서 시작하여 새로운 소득자원으로 부각된 품목이 있으니 그 이름은 ‘꽃송이버섯’이다.

상황버섯 보다 더 좋은 약용버섯

일반적으로 버섯은 사람의 몸속에서 합성되지 않는 베타글루칸($1,3\text{-}\beta\text{-D-glucan}$)을 갖고 있어서 면역기능에 도움이 된다. 그런데, 꽃송이버섯은 다른 식용버섯이 10~20% 수준으로 함유하고 있는 베타글루칸을 43.6%를 함유하고 있다. 이에 따라 20세기 말, 만병통치약으로 여겨졌던 신령버섯, 상황버섯보다 더 인기 높은 버섯으로 부각되고 있는 것이 꽃송이버섯이다. 그런데, 꽃송이버섯은 일반적으로 재배되는 식·약용버섯과 달리 참나무 등 활엽수

원목이나 톱밥에서는 쉽게 버섯을 만들지 못하는 반면, 낙엽송 등 침엽수 원목이나 톱밥을 이용하여 재배할 수 있다. 즉, 꽃송이버섯은 1960년대 이후 우리나라 산림의 대부분을 수놓게 된 낙엽송 숲이 제 가치를 인정받는 또 다른 계기를 마련해 준다. 꽃송이버섯의 또 다른 특이한 점은 일반적인 버섯들이 기온이 떨어지는 초가을에 많이 발생하는 것과 달리 한여름에 그 자실체(버섯)를 만든다는 점이다. 버섯학자들은 여름철에 버섯 사냥에 나서는 것을 어리석게 여기지만, 그 예외적인 존재가 바로 꽃송이버섯이다.

우리나라는 꽃송이버섯 속(*Sparassis*)에 속하는 종이 한 종 밖에 보고되어 있지 않다. 하지만, 국내에서 수집된 꽃송이버섯도 색이나 모양에서 다소 차이를 나타내므로 실제로는 몇 개의 종으로 구분될 수 있을 것으로 여겨지는데, 세계적으로는 12종이 알려져 있다. 꽃송이버섯은 영명은 '콜리플라워 머쉬룸(*Cauliflower mushroom*)'이며, 일본에서는 '하나비라타케(ハナビラタケ)', 중국에서는 '시우치우권(綉球菌)'으로 부르는데, 북한에서는 '꽃잎버섯(꽃보라버섯)'으로 표기한다.

꽃송이버섯의 생태

꽃송이버섯은 우리나라의 낙엽송, 잣나무, 전나무, 소나무 등 침엽수림에서 여름철에 어렵지 않게 발견된다. 덕다리버섯(*Lateiporus sulphureus*), 해면버섯



▲ 잣나무 밑동 근처의 꽃송이버섯

(*Phaeolus schweinitzii*)과 더불어 위에 열거한 침엽수류, 특히 낙엽송의 심재부후병을 일으키는 것으로 악명높은 병원균이다. 꽃송이버섯 균은 대체로 땅 속의 균사가 뿌리를 통하여 침입해서 나무 밑동 근처에서 버섯을 만드는 경우가 대부분이지만, 토양 위에서 발생하거나 그루터기 또는 나무줄기에서 발생하는 경우도 있어서 균주별 특성이 다양하다고 할 수 있다.

하지만, 꽃송이버섯이 모든 침엽수림에서 쉽게 발견되는 것은 아니다. 강원도 인제, 홍천이나 경북 구미지역의 낙엽송 수확지에서 조사한 결과에 따르면 3.4% 미만의 나무만 심재부후가 발생하였고, 산불 등으로 인한 외상이 있을 경우에만 발생하였다. 즉, 외부의 상처 등 충분한 조건이 맞을 경우에만 심재부후균이 침입하여 정착하게 되는데, 대체로 충분한 습도가 꽃송이버섯이 만연될 수 있는 필요조건으로 생각된다. 특히, 홍천의 낙엽송 숲을 조사하면서 토양수분이나 공중습도가 충분한 곳에서만 버섯을 찾을 수 있는 반면, 간벌

이 제대로 이루어져 통풍이 잘 되는 곳에서는 전혀 찾을 수 없었음을 감안할 때, 생장기에 적절한 간벌이 이루어진다면 꽃송이버섯의 발생이 어려울 것으로 판단된다.

꽃송이버섯 재배

자연계에서 발견된 버섯을 재배하기 위해서는 그 버섯의 생태적인 특성과 더불어 생리적인 특성을 먼저 알아야 한다. 일반적인 곰팡이류(버섯도 곰팡이의 일종임)의 배양을 위해 사용하는 PDA 고체배지에서 꽃송이버섯의 균사 생장에 가장 적합한 pH를 조사한 결과 pH 3~5의 범주, 특히 pH 4.0에서 균사체의 생장이 가장 우수하였다. 또한, 온도의 경우에는 다른 버섯류와 마찬가지로 20℃가 넘을 때까지 균사생장이 점차 좋아지며, 특히 25℃ 내외에서 균사 생장이 가장 우수하였고, 30℃가 넘으면 균사 생장이 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 몸의 구성요소로서 대사의 기초물질인 탄소원(炭素源)과 균체 단백질, 효소, 핵산염기 등의 합성에 필요한 질소원(窒素源)에 대하여 검토한 결과, 맥아(麥芽) 추출물의 첨가가 꽃송이버섯 균사생장을 크게 촉진하는 것으로 보고되었다.

이러한 특성을 감안하여 국립산림과학원에서는 단순한 공정을 위하여 산성을 띠는 침엽수 톱밥(80%)배지에 맥아성분과 비슷한 보리 가루(20%), 손씻고 삶은 탄소원으로 설탕(3%)를 첨가하여 수분함량 65%

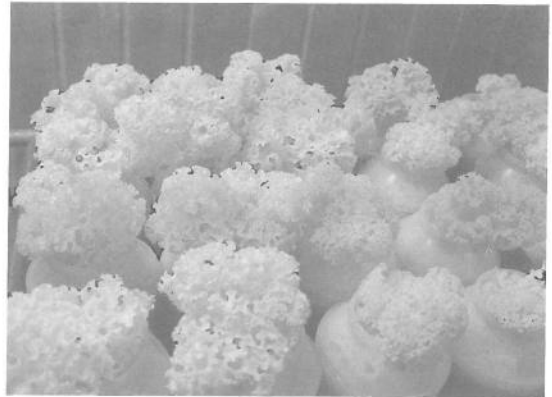
수준의 톱밥배지를 만들어 꽃송이버섯 재배를 시도하였다. 그 결과, 1.5개월 만에 균사가 배지에 가득 차는 수준으로 성장하였고, 한 달이 더 지나서는 자실체(버섯) 생산에도 성공할 수 있었다. 전남산림자원연구소에서는 보릿가루 대신 밀가루를, 그리고 설탕 대신 물엿을 첨가하는 방식을 시도하여 같은 결과를 얻을 수 있어서, 꽃송이버섯을 농가에서도 쉽게 재배할 수 있게 되었다.

톱밥재배 방식을 구체적으로 설명하면, 앞에서 설명한 조성에 따라 톱밥 혼합물을 만든 후 배양병 또는 배양봉지를 이용하여 톱밥배지를 만든다. 배양병과 배양봉지는 식용버섯 재배에 널리 사용하는 내열성 PP(Poly-propylene) 재질을 사용한다. 꽃송이버섯은 균사생장이 늦은 반면 원기가 저절로 형성되는 것을 감안할 때, 배양병을 이용하는 경우 1,000ml 이하의 병을 사용하고 배양봉지를 사용하는 경우 1.5kg 이하의 배지를 만드는 것이 유리하다. 배양병의 경우 입병밀도는 0.76g/cm³로 하는 것이 좋으며, 배지 가운데 직경 2cm, 깊이 5cm의 구멍을 만들고 뚜껑을 덮는다. 배양봉지의 경우에도 밀도는 0.76g/cm³로 하는 것이 좋으며, 배지 가운데 직경 2cm, 깊이 5cm의 구멍을 1~2개 만들고 필터가 달린 뚜껑으로 입구를 막는다. 각 배양병 및 배양봉지에 준비된 배지는 121℃에서 90분 이상 멸균한다.

접종은 3인 1조로 무균실(無菌室) 또는 무균상(無菌床)에서 실시한다. 한 사람은

봉지 또는 병의 개봉 및 접종자에게 인계, 다른 한 사람은 접종, 그리고 나머지 한 사람은 접종된 봉지 또는 병에 뚜껑을 덮어 정리하는 역할을 한다. 접종은 미리 준비한 액체 종균을 접종기를 이용하여 각 배양병(또는 봉지) 당 약 20ml를 윗부분에 살포하는 방식으로 실행한다. 윗부분에 살포할 때는 가운데 부분에 살포하되 최대한 골고루 퍼질 수 있도록 살포하는 것이 좋다. 접종 후에는 필터가 달린 뚜껑으로 입구를 다시 막은 후 배양실로 옮긴다. 액체종균을 사용하는 시설이 없는 경우 톱밥종균이나 곡물종균을 사용해도 무방하며, 톱밥 종균을 접종할 때는 준비된 톱밥 종균을 어른용 수저로 1스푼(약 20g) 정도씩 조심스럽게 뿌려주면 된다.

톱밥재배 뿐만 아니라 단목(짧은 침엽수 원목)을 이용해서도 재배할 수 있는데, 낙엽송, 잣나무, 소나무, 해송, 리기다소나무, 메타세쿼이아, 삼나무 등 거의 모든 침엽수를 이용하여 재배할 수 있다. 각 침엽수 원목은 가을철에 벌채된 것이 좋으며, 직경 20cm 내외의 간벌목을 사용하는데 야외에서 비를 맞추면서 송진을 비롯한 휘발성분이 감소하도록 6개월 정도 방치하여 사용하는 것도 좋다. 원목은 취급하기 편하게 길이 15cm 정도로 잘라서 사용하며, 잘라낸 원목이 지나치게 건조한 경우(표면이 말라있는 경우)에는 1~2일간 침수작업을 하는 것이 바람직하다. 단목을 PP 봉지에 담아 필터가 달린 뚜껑으로 입구를 막은 후 상압(100℃ 이상으로 올려 증기 발생



▲ 톱밥배지에서 자란 꽃송이버섯

후 12시간 이상) 또는 고압(121℃에서 90분 이상) 멸균한다. 멸균된 봉지 속의 단목은 봉투가 찢어지는 일이 없도록 유의하며 냉각실에서 20℃ 정도까지 냉각 후 무균실로 옮겨 접종한다.

꽃송이버섯의 적정 배양조건은 온도 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$ 수준이다. 배양은 3~4개월간 암배양을 실시하는 것을 원칙으로 하되, 암배양과 명배양의 조건에 큰 영향을 받지 않는다. 꽃송이버섯은 별도의 후기배양(명배양)이 필요하지 않다. 암배양 과정만으로도 원기(原基)가 저절로 형성되기 때문이다. 꽃송이버섯은 별도의 발생처리가 필요 없다. 한편, 상황버섯의 단목재배 방식과 달리, 단목의 봉지를 바로 벗길 경우 여전히 자실체의 오염률이 높으므로 원기 형성이 이루어졌다 할지라도 바로 봉지를 벗기지 않고, 원기의 크기가 5cm 이상 자라서 꽃 부분이 분화된 이후에 봉지를 벗기는 것이 바람직하다. 봉지 윗부분을 열어서 수분이 충분히 공급될 수 있도록 하며, 이 때의 수분조건은 상대

습도 95% 내외, 조도는 120 lux 수준으로 유지한다. 배양된 단목을 발생시킬 경우에는 봉지를 바꾸어 줄 수 있는데, 이 경우 새 봉지에 배양된 단목을 넣고 수분을 공급한 후, 윗부분을 끈으로 느슨하게 묶어 준다.

버섯 생육실로 옮긴 후 보름 정도 경과하면 수국 꽃 모양의 꽃 부분이 완전히 형성되어 병 밖으로 처지는 현상이 나타나는데, 병에 자실체가 닿아 갈변하는 현상이 없도록 유의하여 수확해야 한다. 황색계통의 포자가 비산하기 시작하면 꽃 부분이 녹아내리는 현상이 나타나므로 이 시기에 도달하기 전에 수확하는 것이 바람직하다. 자실체의 생장을 유도하는 기간은 발생실로 옮긴 이후 총 2개월 정도의 기간이다. 꽃 부분과 기부를 함께 배지에서 떼어내는 방식으로 수확하되, 상품을 구분할 때는 꽃 부분과 기부를 분리하여 관리하는 것이 바람직하다. 단목을 이용하여 재배할 경우에는 여러 번 수확할 수 있으며, 특히 2차 수확 이후에 품질이 더 좋다. 톱밥재배를 통해 꽃송이버섯을 생산할 경우에도 단목재배와 마찬가지로 여러 번 수확할 수 있지만, 수확 후 휴식과정에서 오염되는 경우가 많으므로 2차 수확을 유도하지 않는 것이 경제적인 것으로 생각된다.

꽃송이버섯 재배상의 유의점

앞서 설명한 바에 따르면 꽃송이버섯 재배가 쉬워 보이는데 아직도 널리 재배가

되지 않는 까닭은 배양 초기에 쉽게 오염이 되기 때문이다. 원목이나 톱밥배지에 무관하게 일정한 시설을 갖춘 곳에서 배양하지 않으면, 꽃송이버섯이 안정을 취하기 전에 다른 잡균이 많이 들어온다. 사실, 느타리버섯 등 다른 버섯을 재배하던 사람들이 새로운 버섯으로서 꽃송이버섯을 생각하고 있지만 적극적인 투자를 못하는 이유가 바로 이 점이다. 세력이 강한 종균과 더불어 처음에 오염이 되지 않도록 잘 배양하는 시스템이 갖추어진다면 꽃송이버섯 대량생산은 결코 어려운 일이 아니다. 따라서 종균배양센터와 일반 농민의 합작재배 방식을 생각해 볼 수 있다. 집종 및 초기 배양은 청정시스템을 갖춘 배양센터에서 담당하고, 약 2개월 동안 배양된 꽃송이버섯 배지를 일반 농가에 분양하면 각 농가에서 1개월 정도의 발생 처리를 통해 버섯을 수확하는 방식이다.

또한, 꽃송이버섯은 살아있는 낙엽송의 심재부후병(心材腐朽病)을 야기하는 병원균이므로 조심스러운 접근이 필요하다. 단목을 이용하여 재배할 수 있지만, 이들의 포자가 날아가 낙엽송 등 우수한 침엽수림에 퍼지게 되면 고급 목재를 생산할 수 있는 숲을 망칠 수도 있다. 자연계에서는 여름철(7월~9월)에 꽃송이버섯이 주로 발생하고 이 때 많은 포자를 생산할 수 있음을 감안하면, 여름철에 숲가꾸기 작업을 통해 가지치기를 할 경우 꽃송이버섯을 통한 심재부후병의 야기 가능성이 높다고 할 수 있다. 한편, 침엽수의 경우 절단부위가 송

진 등으로 인하여 단시간 내에 포자의 안착 및 발아를 저해하는 수준으로 피막이 형성됨을 감안하면, 꽃송이버섯 포자 발생기 전후를 피하여 작업을 하면 큰 피해가 없다고 할 수 있다. 즉, 5월부터 6월 초순, 또는 10월 이후에 가지치기 작업을 실시하면 꽃송이버섯에 의한 심재부후병 피해는 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 점을 감안하여 꽃송이버섯을 재배할 경우에도 숲가꾸기가 한창 진행되는 시기를 피해서 꽃송이버섯 수확기를 설정하거나, 침엽수림 근처에서 재배할 경우 포자가 비산하기 전에 반드시 자실체(버섯)를 수확하는 방법을 적용하는 것이 바람직하다.

꽃송이버섯의 유통전망

꽃송이버섯은 항암효과가 매우 큰 것으로 알려지면서 고가의 약용버섯으로 거래되고 있다. 하지만, 꽃송이버섯은 다른 약용버섯과 달리 쓴맛을 나타내지 않고 고소한 맛을 내며 모양도 예뻐서 식용버섯으로 활용하여도 전혀 손색이 없다. 식용버섯으로 구분되는 버섯도 대부분 각종 건강증진 효과를 지니고 있는데, 대표적인 버섯이 송이, 능이 등이다. 송이는 종양저지율이 90%를 넘고, 능이는 고기를 먹고 체한 경우에 사용할 수 있는 좋은 민간요법 치료제로 알려져 있지만, 맛과 향이 좋아 약용이 아닌 식용버섯으로 사람들에게 사랑받는 버섯이다. 반면, 즐겨 먹기에는 다소 거북한 맛을 지니지만 특별한 약리성분을 지

닌 버섯은 약용버섯으로 구분하는데 영지나 상황버섯이 대표적인 것이다. 이러한 취지에서 본다면 꽃송이버섯은 약용버섯보다는 식용버섯으로 간주될 수 있다.

물론, 일반적인 식용버섯에 비하여 약용버섯이 상대적으로 비싸게 거래되므로 어렵게 재배된 버섯을 약용버섯으로 판매하는 것이 더 유리하다고 생각할 수 있다. 그러나 영지, 상황 등 약용버섯으로 소개된 버섯이 재배기술이 보급된 이후 그 약효가 떨어진 것이 아님에도 불구하고 인기가 급락하며 사람들의 관심 밖으로 밀려난 현상을 감안한다면 꼭 약용버섯으로 판매되는 것이 좋다고 말할 수 없다. 차라리, 장기적인 측면에서 일반 소비자들에게 기능성 건강식품이면서 맛 좋은 식용버섯으로 보급될 수 있다면 지속적인 소비와 더불어 장기적인 소득증진 효과를 거둘 수 있을 것이다. 다만, 재배과정에 많은 투자비용이 들어가는 반면 값이 너무 싸게 거래되는 현상이 초래된다면 버섯 재배자에게 별로 도움이 되지 않을 것이므로 적절한 가격을 유지하는 것도 중요하다.

한편, 새로운 버섯이 우리의 식탁에 오르는 일은 결코 쉽지 않다. 일본인들이 선호하는 5대 버섯 중의 하나인 잎새버섯은 높은 항암률과 독특한 향을 갖고 우리나라 식탁을 10년 전부터 노크하고 있지만 아직 널리 보급되지 못했다. 꽃송이버섯도 잎새버섯과 모양 면에서 비슷한 면이 있기에 다소 염려스럽기도 하다. 그러나 꽃송이버섯은 쫄깃쫄깃하면서 호두 향기를 나타내

고 고소한 맛을 지니고 있기에 다소 쓸쓸한 맛과 호물호물한 느낌을 주는 잎새버섯과 달리 식용버섯으로 자리매김을 할 수 있을 것으로 생각된다.

한국 산림경영의 새로운 열쇠

1970년대 이후 널리 조림된 다양한 침엽수 자원은 간벌 등 무육의 손길을 기다리고 있으며, 산림청에서는 숲가꾸기를 통해 이들을 우량목으로 키워 나가고 있다. 하지만, 숲가꾸기 사업은 산촌 주민의 입장에서 보면 일시적인 일자리 창출에 머무르고 있고, 숲가꾸기 부산물로 발생하는 간벌재와 나뭇가지 등은 수지타산이 맞지 않는다는 이유로 반출되지 못하고 숲 속에 방치되고 있는 형편이다. 최근에는 숲가꾸기 산물로 발생하는 각종 칩이나 톱밥이 펄릿 등 바이오에너지로 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있지만, 여전히 반출에 들어가는 비용을 감안할 때 경제적인 것으로 평가되지 못한다. 그렇다면, 이러한 숲가꾸기 산물을 본 원고에서 제시한 것처럼 보릿가루를 첨가한 톱밥배지를 제작하여 꽃송이버섯을 생산하는 공정으로 연결해 보자. 숲가꾸기 산물로 만들어지는 쓸모없는 것으로 여겨지던 침엽수 작은 토막이나 톱밥으로 생산될 수 있는 꽃송이버섯을 기억하자. 꽃송이버섯의 재배 확산은 숲 속에 방치된 숲가

꾸기 산물의 반출비용을 보상받게 하는 좋은 계기가 될 수 있다. 특히, 다소 부숙된 침엽수 가지나 간벌재도 꽃송이버섯 재배에 사용할 수 있으므로 숲 속에서 불쏘시개를 제거하는 화재 예방의 효과도 거둘 수 있다. 침엽수 자원의 장기적인 가치를 높이고, 간벌재도 효과적으로 활용할 수 있는 꽃송이버섯 재배가 널리 보급될 수 있어야 한다.

21세기 산림경영의 화두(話頭)는 보존과 개발의 조화이다. 산림자원을 이용한 친환경적인 산업의 육성만이 산림경영의 살 길이라고 말해도 과언이 아니다. 꽃송이버섯 재배에는 짧은 낙엽송 토막이나 다른 침엽수의 톱밥을 모두 활용할 수 있으므로 꽃송이버섯 재배의 확산은 국민건강 증진이라는 보건의적 기여와 더불어 우리 산림자원 관리의 새로운 지평을 열 수 있는 귀한 열쇠가 될 수 있다. 특히, 금년은 유엔이 정한 세계 산림의 해로서 산촌을 살만한 곳으로 만드는데 역점을 두고 사업을 진행하여야 할 시점이다. 공익가치와 더불어 실질적인 현물가치가 큰 숲, 특히 우리나라 숲의 40% 이상을 차지하고 있는 침엽수를 건전하게 키우며, 가꾸는 과정에서 나오는 부산물을 활용하여 수익을 올릴 수 있는 꽃송이버섯 재배에 관심을 기울여 보길 바란다.



기술정보(국내)

녹색성장과 그린홈 목조주택 혼그린

박 문 재

국립산림과학원 탄소순환재료과장

들어가는 말

기후변화의 원인인 온실가스 배출을 줄이고 지속가능한 발전을 위하여 친환경 녹색건축물에 대한 중요성이 나날이 커가고 있다. 건축물은 건설단계에서 내재 에너지가 요구되며, 건축물을 사용하고 폐기할 때 막대한 에너지를 사용하게 된다. 우리나라 에너지 소비량의 24%가 건축물에서 사용되고 미국은 39%를 차지하기 때문에, 건축물은 기후변화에 막대한 영향을 미치고 있다.

산림과 목재는 이산화탄소를 흡수하고 저장하는 특별한 기능이 있어, 기후변화대응에 매우 효과적인 역할을 하고 있다. 목재는 건축용 재료의 대체재인 철이나 알루미늄, 콘크리트 등과 비교하여, 재료의 생산과정에서 전기나 화석연료 등 에너지를 적게 사용하기 때문에 온실가스를 적게 배출한다.

유엔 기후변화협약은 Post-2012 선진국의 의무감축 협상 의제로 수확 후 목제품(HWP)의 탄소계정 계상방법과 국가 온실가스 감축수단으로서의 채택 방법을 논의하고 있다. 목재를 장기간 사용하는 것이

탄소축적 계상에 유리하며, 종이 사용수명이 2개월인데 비해 목조주택 수명은 75년으로 인정되고 있다. 우리나라 목재용도는 일부 가구재를 제외하고 거푸집 합판과 가설재, 펄프칩 등 단기간 사용하는 용도가 대부분인 반면, 일본은 목조주택용 제재와 합판 등 목재의 장기 사용이 82%에 달하여, 우리나라도 목재를 장기간 사용하는 용도로 전환하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. EU는 「지구온난화를 저지하는 목재」 슬로건으로 공공건물에 목재이용을 확대하는 각종 법령을 정비하고 있으며, 일본은 기후변화대응 정책의 일환으로 공공건축물에 목조건축을 권장하는 법률을 제정하여 금년 4월부터 시행에 들어갔다.



그림 1. 목조주택 혼그린 전경

목재를 주택의 건축자재로 사용하면 환경에 긍정적인 영향을 미친다. 목조주택과 철근콘크리트조 주택의 건축과정에 내재된 에너지의 양과 그에 따라 발생하는 이산화탄소를 산출, 비교함으로써 목조주택의 지구온난화 영향에 대한 정량적 자료를 산출하고 목조주택의 환경적 우수성을 밝히는 연구결과의 일부를 소개한다.

목조건축의 환경적 우수성

국립산림과학원에서는 2006년 ‘테스트하우스’를 준공한데 이어 2008년 산림생산기술연구소에 목조주택 ‘호그린’을 2층 단독주택으로 축조실연하였다. 호그린은 전통과 크다는 의미의 ‘호’와 녹색과 그리워함, 채움을 뜻하는 ‘그린’의 합성어로서 상용화를 목표로 한 브랜드명을 말한다.

목조건축 호그린의 특징을 요약하면, 첫째, 국산재의 고부가가치 용도를 창출하기 위하여 건축부재로 활용한다; 둘째, 전통 목조건축의 목구조를 계승한다. 전통치수에 충실한 기둥-보 구조로 하되 기둥과 보가 노출되는 전통의 멋을 살린다; 셋째, 공업화 건축으로 가격경쟁력을 높이기 위하여 CAD/CAM 프리컷 가공시설로 정밀가공한 프리컷 방식의 부재를 사용한다. 골조공사기간을 획기적 단축하여 전통공법 30일 이상 소요되던 것을 하루에 완공하고 주택의 품질도 높인다; 넷째, 녹색건축물의 보급시책을 선도한다. 태양광발전과 펠



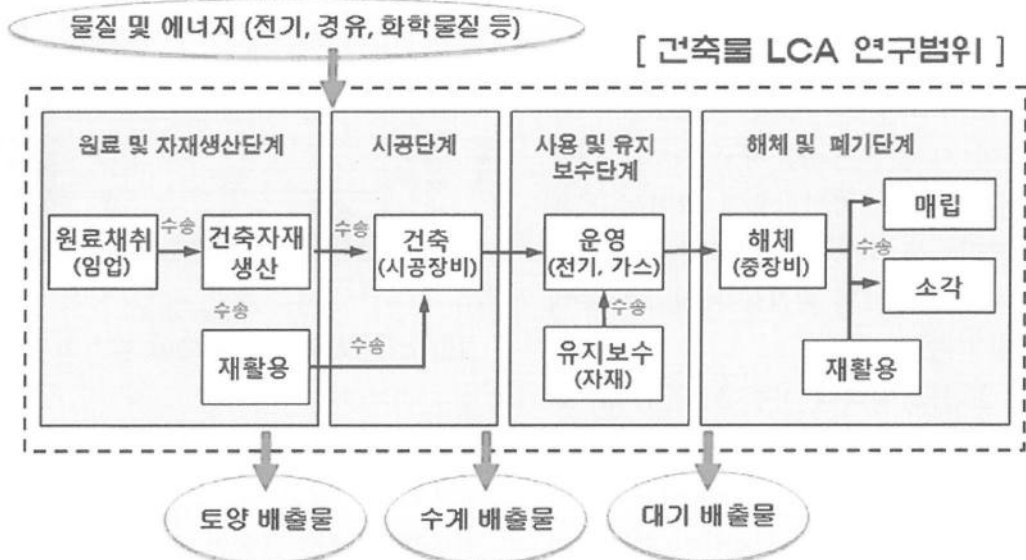
그림 2. 테스트하우스의 온화한 실내 모습

릿보일러 등 신재생에너지를 사용하며, 새집증후군에 대응하기 위해 내장재로 백합나무 벽판재와 황토보드, 한지 등 친환경 내장재를 사용한다.

목조건축의 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)

전과정평가란 제품 또는 서비스의 전과정 즉, 원료의 채취, 제조, 사용, 폐기 및 재활용 등에 따른 환경영향을 정량적으로 평가하는 방법으로, 지구온난화 영향, 산성화, 독성물질, 부영양화 등에 대한 환경영향의 평가기법이다. 환경영향 특성 중에는 지구온난화에 대한 영향이 가장 크고 그 중요성도 가장 높다.

전과정평가는 건축 재료의 생산을 위한 원료채취, 그 재료를 이용한 건설, 건축물의 사용 및 유지보수 그리고 폐기 및 재활용단계까지 많은 과정을 거치며, 이 과정 동안 많은 투입물과 산출물이 발생하는데 따른 환경영향을 평가하게 된다.



환경영향범주: 자원소모, 지구온난화, 오존층영향, 산성화, 부영양화, 광화학적산화물생성 등

그림 3. 건축물의 전과정평가 범위

건축물의 전과정평가 연구사례

Trusty 등은 캐나다 토론토에 시공된 연면적 223㎡의 단독주택의 구조재를 목재와 철재, 콘크리트로 할 경우 미치는 환경영향을 ATHENA 소프트웨어로 분석하였다. ATHENA에 필요한 자료는 각 과정에서 투입되는 천연자원과 에너지, 물 등과 대기 배출물, 수계배출물, 제조에 필요한

토지, 수송, 건축물의 사용을 포함한다. 세 가지 구조의 주택 디자인은 외형과 크기, 주거공간의 분할이 유사하며, 재료의 사용에 있어서 차이가 있다.

건축물의 환경성에 대한 평가는 1) 초기 내재 에너지 2) 생태적으로 가중된 천연 자원의 사용 3) 온실가스 배출 4) 공기와 수질 독성물질의 방출 5) 고형 폐기물 등에 대해 이루어졌다. 초기의 내재 에너지는 자원의 채취, 제품의 제조, 해당 사이트에서의

표 1. 주택의 종류에 따른 환경영향 비교

환경영향 요소	목조주택	철골조 주택	콘크리트조 주택
내재에너지(GJ)	255	389	562
이산화탄소 배출량(kg)	62,183	76,453	93,573
대기오염(임계부피)	3,236	5,628	6,971
수질오염(임계부피)	407,787	1,413,784	876,189
자원사용량(kg)	121,804	138,501	234,996

자료: Trusty and Meil (Building Life Cycle Assessment: Residential case study)

건설, 이 세 단계에서의 모든 수송에 관계된 직간접 에너지를 포함하였다(표 1).

목재를 구조재로 사용한 목조주택의 환경영향이 에너지 사용, 지구온난화, 대기독성, 수질 독성, 자원이용에 있어서 철재나 콘크리트를 사용한 주택보다 환경성이 좋게 나타났다. 고품 폐기물은 철골조 주택이 가장 적었다.

일본은 목조주택의 비중이 약 77%, 철골철근콘크리트(SRC) 주택이 약 15%를 차지하고 있다. Gerilla 등(2006)은 이 두 종류의 주택의 건축에 소요되는 에너지의 투입과 온실가스(CO_2 , NO_x , SO_x)의 배출을 비교하였다. 연구의 대상은 150m^2 의 건물 연면적을 가진 단독주택으로 수명은 35년으로 하였다. 탄소의 배출량은 철근콘크리트조 주택이 목조주택보다 약 23% 높았다. 주택의 건설, 관리, 폐기, 사용 단계에서의 탄소의 배출은 사용단계에서의 탄소의 배출이 79%로 가장 많았다. 다음은 건설단계로 12%를 차지하였다. 유지관리와 폐기 단계에서는 약 9%의 탄소를 배출

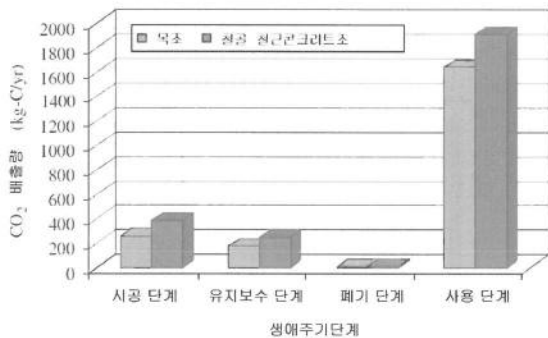


그림 4. 건축물의 각 단계별 탄소의 배출량

하였다. 주택의 환경성을 증진시키기 위한 대안으로 주택의 사용연한을 장기로 할 경우 14%의 탄소배출이 감소하였고 주택에 태양열을 이용할 경우 73%의 탄소배출이 감소하는 것으로 분석되었다.

온실가스 배출에 따른 환경영향이 산성화나 부영양화, 인간독성 영향 보다 훨씬 높게 나타났다. 따라서 주택의 환경성 개선을 위해서는 재생가능한 건축재료인 목재를 사용하는 것이 유리함을 알 수 있다.

大熊幹章은 주요건축 재료를 제조할 때 발생하는 이산화탄소 배출량을 표 2와 같이 분석하였다.

표 2. 주요 건축재료를 제조할 때 소비되는 에너지와 배출되는 이산화탄소 량

재료	제도시 소비에너지		제도시 CO_2 배출량		비율
	MJ/t	MJ/m ³	kg- CO_2 /t	kg- CO_2 /m ³	
천연건조재(비중 0.5)	1,451	725	109.34	54.67	1.0
인공건조재(비중 0.5)	6,272	3,136	726.85	363.43	6.6
합판(비중 0.5)	12,580	6,910	1,037.67	572.00	10.5
강재	35,000	266,000	2,566.00	19,506.67	356.8
알루미늄	435,000	1,100,000	31,900.00	80,666.67	1475.5
콘크리트	2,000	4,800	183.33	440.00	8.0

출처: 지구환경보전과 목재이용(大熊幹章)

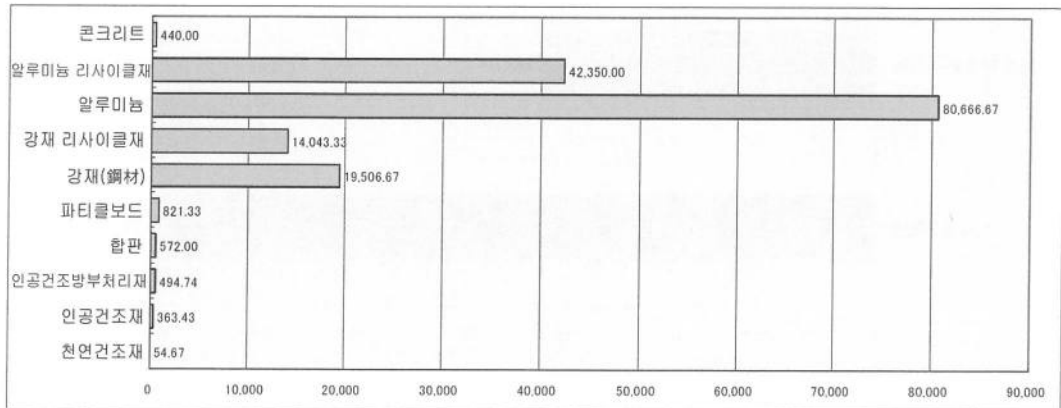


그림 5. 각종 건축재료를 제조할 때 배출되는 이산화탄소 량 (kg-CO₂/m³)

표 3. 건축 구조별로 사용되는 주요 건축재료를 제조할 때 배출되는 이산화탄소 량
(단위: kg-CO₂)

	목조	철근콘크리트조	철골조
목재	10,611.87	1,006.30	411.67
강재	3,876.49	37,472.72	41,672.25
콘크리트	12,363.23	54,436.97	22,742.06
합계	26,851.59	92,915.98	64,825.98
비율	1.00	3.46	2.41

일본 국토교통성 자료(2005)에 따르면, 목조와 철근콘크리트조(RC조), 철골조(S조)에 따라 주택 1동(연면적 126m²) 건축시 주요자재인 목재, 강재, 콘크리트를 제조하는데 배출하는 이산화탄소 량은 다음 표 3과 같았다. 목조주택건축에 사용되는 구조재료 생산시에 배출되는 이산화탄소 량은 철근콘크리트조에 비하여 3.46배, 철골조는 2.41배의 이산화탄소를 배출하여, 목조주택이 재료의 사용에 따른 이산화탄소의 발생이 가장 적은 것으로 나타났다.

혼그린 목조건축의 전과정평가

혼그린 목조건축을 대상으로 탄소배출량과 탄소저장량을 분석하여 전과정평가를 하였다. 국산 낙엽송 제재목과 북미산 수입재 제재목이 우리나라에 도착하여 시공 현장에 사용될 때까지의 이산화탄소 배출량을 비교한 결과, 국산재에 비해 수입재는 입방미터당 182kg-CO₂를 더 배출하는 것으로 나타났다. 국산재는 수입재에 비해 이산화탄소 발생량이 47%에 불과한 것으로 나타났다.

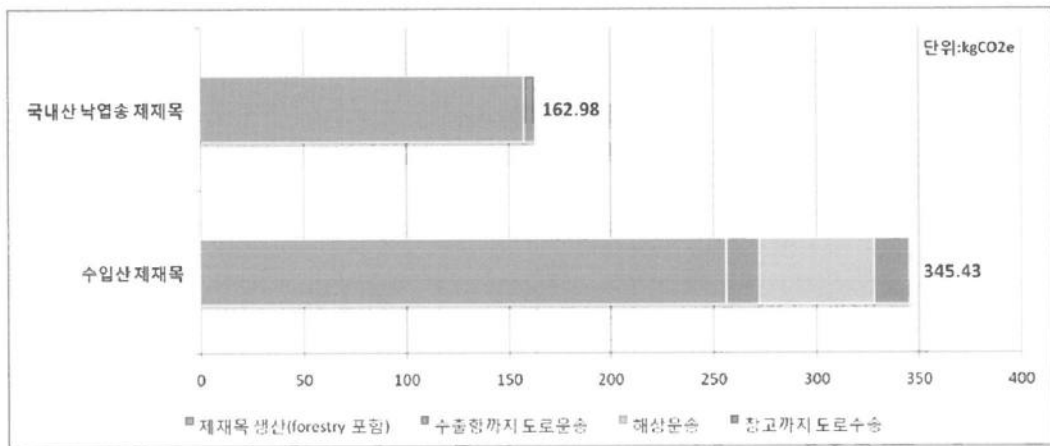


그림 6. 국산재(낙엽송 제재목)와 수입재(북미산 제재목)의 이산화탄소 배출량 비교

표 4. 수확된 목제품(HWP) 이산화탄소 저장량

주요 자재 구분	훈그린 주택		철근콘크리트주택	
	사용량(m ³)	CO ₂ 저장량	사용량(m ³)	CO ₂ 저장량
프리커트 부재	11.8	10.8	0	0
수입재	18.2	16.7	1.5	1.4
공학목재(OSB, 합판 등)	8.4	10.8	0.3	0.4
계	38.4	38.3	1.8	1.8

훈그린 목조건축의 내재 이산화탄소 배출량(주요자재 생산에서 시공, 폐기, 재활용까지의 모든 이산화탄소 배출량을 합한 값)은 동일한 규모의 철근콘크리트주택보다 58톤의 이산화탄소 배출저감 효과가 발생하였다. 수확 후 목제품(HWP)의 이산화탄소 저장량은 38톤에 달하였고, 여기서 콘크리트가 저장하는 이산화탄소량 2톤을 뺀 탄소저장효과는 36톤에 이른다. 이로서 목조주택(190m²)의 철근콘크리트 대체효과와 탄소저장효과를 합한

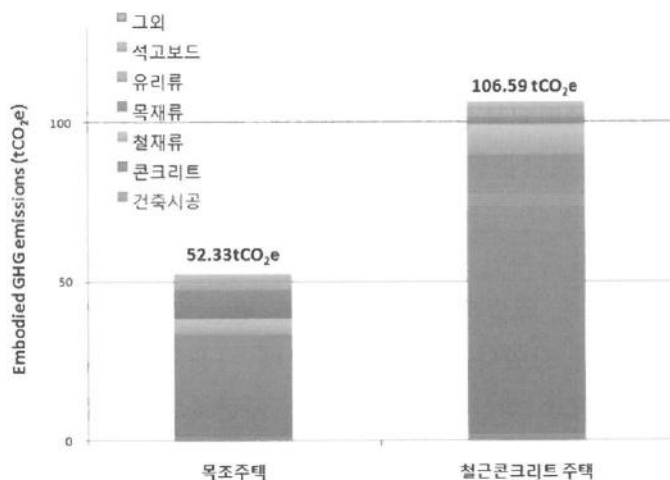


그림 7. 목조주택과 철근콘크리트조 주택의 내재 이산화탄소 배출량

값은 94톤에 이른다(표 4).

따라서, 국내에서 시공되는 평균적인 규

모의 목조주택 99㎡(30평)으로 가정하여 계산하면, 콘크리트주택에 비하여 약 50톤(대체효과 30톤, 저장효과 20톤)의 이산화탄소 저감효과가 있는 것으로 밝혀졌다.

맺는 말

숲속의 나무는 광합성작용에 의하여 이산화탄소를 흡수하고 산소를 내어놓는다. 나무는 자라면서 흡수한 이산화탄소를 줄기와 뿌리 등에 저장함과 동시에 맑은 산소로 대기를 정화한다. 하지만 어릴 때 왕성하게 자라던 나무는 벌채할 나이가 되면 노쇠해져 자라는 속도가 매우 늦춰져 이산화탄소 흡수 능력이 감소된다. 이 때 나무를 수확하여 목재를 오래 사용하는 목조건

축에 사용하여 이산화탄소를 저장하고 다른 건축재료 대신에 목재를 사용하게 되면, 대기중 온실가스량이 줄어들어 지구온난화를 방지하는 효과적인 수단이 된다.

목재를 사용한 목조건축이 기후변화대응에 효과적인 수단으로 입증되면서, 2010년부터 미국과 영국, 일본 등의 국가를 시작으로 단독주택 뿐아니라 고층 아파트까지도 목조건축으로 시공되고 있으며, 주택 뿐 아니라 공공건축물에도 목조건축으로 시공하도록 권장하는 법률까지 제정되어 시행되고 있다. 우리나라에서도 그린홈 혼그린을 비롯한 목조건축 산업을 활성화하기 위한 기술과 정책 개발을 추진함으로써, 전 지구적인 이슈인 녹색성장의 큰 흐름에 동참할 때이다.



기술정보(국내)

소나무류 주요병해의 진단 및 방제 I

김 경 희

국립산림과학원 산림병해충연구과장

우리나라의 소나무림은 전체 산림면적의 23%인 150만ha를 차지하여 가장 많이 분포하고 있으며, 최근에는 한국인의 정체성을 나타내는 소나무의 인공조림이 꾸준히 늘고 있다(2009년, 산림청 통계). 그러나 우리의 문화생활과 깊게 관련 있는 소나무가 소나무재선충병 등의 병충해, 산불, 국토개발로 인한 벌채 등 여러 가지 요인으로 인하여 계속 큰 폭으로 감소하고 있어 보존관리가 시급한 형편이다. 따라서 주요수종인 소나무를 체계적으로 가꾸고 관리하는 일이 중요하며 특히 소나무재선충병등 심각한 피해를 주고 있는 다수의 병들이 있으므로 이들 병해에 대한 생리생태를 이해하고 대비하는 것이 중요하다.

소나무(소나무, 곰솔)의 병해에는 잎의 병해가 8종, 가지 및 줄기의 병해가 6종, 뿌리의 병해가 2종, 소나무재선충병, 묘포장에서 발생하는 모잘록병과 역병이 보고되어 있다(2009년, 한국식물병명목록). 그중 소나무의 주요 병해인 소나무재선충병, 가 지나 줄기에 발생하는 피목가지마름병·혹병·푸사리움가지마름병의 진단요령과 방제법에 대하여 알아본다.

1. 소나무재선충병

1) 병원균 : Bursaphelenchus xylophilus

매개충 : 솔수염하늘소, 북방수염하늘소

2) 기주 :

소나무, 곰솔, 잣나무

3) 병징 및 피해

소나무재선충은 목질내의 세포 속에 서식하면서 뿌리로부터 올라오는 수분과 양분의 이동을 방해하여 솔잎부터 시들어 말라 죽게 한다. 특히 잎이 우산살 모양으로 아래로 처지는 것이 특징이며 빠르면 1개월 만에 잎 전체가 갈색으로 변하면서 나무를 죽인다.

솔수염하늘소에 의한 침입공과 탈출공으로 소나무재선충 감염 가능성을 파악할 수 있으며 침입공은 타원형이며 탈출공은 5~7mm 정도로 원형이다. 목질부로부터 성충이 탈출하는 시기는 5월 중순~7월 하순까지이며 6월 중순에 가장 많이 출현한다.

4) 진단요령

- 여름이후 침엽이 급격히 처지면서 마르고 송진이 거의 나오지 않는다.
- ※ 재선충에 감염된 소나무는 병에 걸린 당년도에 약 80%가 고사되고 나머지는 이듬해 3월까지 죽는다.
- 감염 고사목의 가지 및 줄기의 수피 밑에서 매개충의 가늘고 길쭉한 배설물이 있다.
- 고사목 수피를 자세히 관찰하면 수피를 집게로 집은 듯한 산란흔적이 있다.

5) 방제법

- 고사목은 베어서 1~2m³ 크기로 쌓아 나

무위에 메탐소듐 액제(metam-sodium 25%)를 피해목 1m³당 1ℓ 씩 뿌리고 약제투입 후에는 신속히 비닐로 밀봉하여 훈증하거나 소각한다.

- 솔수염하늘소 성충 발생시기인 5월~7월 사이에 페니트로디온 유제(fenitrothion 50%) 또는 티아클로프리드 액상수화제(thiacloprid 10%)를 ha당 물 33ℓ, 약제 1ℓ 로 희석하여 3회 이상 중복하여 항공 살포한다.
- 예방으로는 1~3월달 감염우려지역의 건전한 나무줄기에 드릴로 직경 6mm 내외, 깊이 9cm 정도의 구멍을 뚫고 주입병을



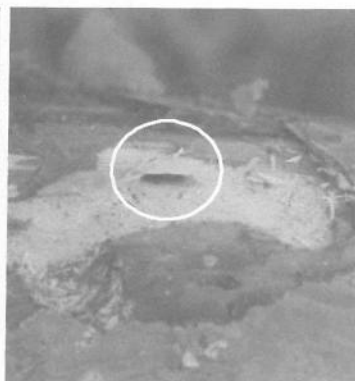
피해지 전경



고사목 확대(솔잎이 아래로 처짐)



산란흔



침입공



수피 밑의 배설물

이용하여 아바멕틴 유제(abamectin 1.8%) 또는 에마멕틴벤조에이트 유제(ema-mectin benzoate 2.15%)를 주입한다.

- 위생간벌을 통하여 피해확산 우려지역의 고사목, 피압목 등을 제거하여 매개충 서식지 및 매개충의 밀도를 낮추고, 임목밀도가 높은 건전지역에 실시하여 수세외 약목이 발생하지 않도록 한다.

2. 소나무류 푸사리움가지마름병

1) 병원균 :

Fusarium circinatum (=F. subglutinans f. sp. pini)

2) 기주 :

리기다, 리기테다, 테다, 곰솔, 버지니아 소나무(미국: 슬래쉬소나무, 라디에다소나무, 테다소나무, 버지니아소나무 등, 일본: 유구소나무)

3) 피해

푸사리움가지마름병은 1946년 미국 플로리다에서 최초로 발생이 보고되었으며, 미국의 캘리포니아 지역의 라디에다소나무림으로 확산되면서 발생면적 920만ha, 감염율 85%, 고사율 25%이라는 막대한 피해를 주고 있다. 이 병의 피해는 2~3년생의 어린 나무에서부터 직경 30cm 이상의 큰 나무까지 말라죽게 하며, 밀식된 조림지에 피해가 심하다. 병원균의 병원성은 대단히

높다고 보고되어 있으며, 피해가 심한 임지에서는 많은 나무가 일시에 고사한다. 병원균은 바람이나 우박과 같은 기후적인 원인에 의한 상처, 나무줄류·바구미류 등의 해충에 의한 상처 또는 기계적인 상처 등을 통하여 침입한다.

4) 병징

주로 1~2년생의 가지가 말라죽으며, 심한 경우에는 줄기까지 침입한다. 가지, 줄기, 구과 등의 감염부위로부터 송진이 흘러 흰색으로 굳어져 있는 것이 전형적인 특징이다. 피해를 받은 가지는 변재부까지 송진이 침투되어 갈색-짙은 갈색으로 변색되고, 때로는 많은 양의 송진이 흘러 줄기의 1m 이상을 덮는 경우도 있다. 아주 드물게 가지의 엽흔이나 구과표면에 분홍색의 균퇴가 형성된다.

5) 진단요령

- 상단부의 작은 가지가 말라죽는다.



피해전경(상단부 가지고사)



병든 부위에 송진누출



줄기 전체에 송진 흐름

- 죽은 가지에는 송진이 말라 있거나 흐르며, 피해가 심한 나무는 줄기에 송진이 흘러내린다.
- 많은 가지가 죽으면 결국에는 나무가 죽게 된다.

6) 방제방법

산림청 4차 기본계획에 명시되어 있는 것처럼 리기다소나무 임분은 장기적으로는 경제수종으로의 수종갱신 대상이며, 심한 피해를 받은 나무는 주간부까지 송진이 침착되어 목재의 이용가치가 상실되므로 피해도가 “심”인 임지는 수종갱신을 추진하면서 벌채 산물을 조기 이용하는 방안을 강구하고, 피해가 약한 임지는 간벌 및 병든 가지 제거작업을 실시하여 수세강화를 도모하면서 병원균의 밀도를 떨어뜨리는 것이 푸사리움가지마름병 방제의 기본전략이 된다.

- 피해도 “심”인 임분(감염율 51% 이상)은 수종갱신하거나 조기벌채하여 이용한

다.

- 피해도 “중”(감염율 20~50%)과 “경”(감염율 20%이하) 임분은 강도의 위생간벌을 실시하고 병든 가지를 제거하여 수세강화시키고 피해확산을 억제시킨다.
 - 숲 가꾸기와 연계하여 경관유지 및 건강한 숲 관리 차원으로 추진한다.
 - 작업에 필요한 기구는 베노밀수화제나 베노밀·클로로탈로닐수화제로 수시 소독하고 병든 가지는 반드시 임내 공한지 또는 임외로 반출한 후 소각하거나 파쇄 하여 매몰 또는 소각한다.
 - 방제작업은 병원균 활동시기(봄~가을)를 피하여 겨울에 실행한다.
- 피해임지에서는 양묘용 종자 채취를 금지하며, 양묘용 종자는 종자소독제(치이벤다졸, 벤레이트티, 호마이 등)로 소독한 후 파종한다.
- 고속도로·국도, 사적지·묘역, 주택가 등 주요지역은 경관보전을 위해서 살균

제 테부코나졸 유탁제 25%(구 : 터부코나졸 유탁제 25%)로 나무주사를 추진한다.

- 3월에 흉고직경 10cm당 원액 5ml를 주사한다.

3. 소나무류 피목가지마름병 (Cenangium die-back)

1) 병원균 :

Cenangium ferruginosum

2) 발병특징

피목가지마름병은 북반구에서 흔히 발생하는 수목병해의 하나로 알려져 있으며, 장기간의 가뭄이나 동해(冬害) 등 환경적 요인에 의하여 수세가 약해진 나무의 가지 및 줄기의 형성층이 병원균에 의하여 침해되어 발생된다. 그러므로 병리학적인 면에서 보면 C. ferruginosum은 건강한 나무에는 침입할 수 없는 약한 병원성을 가지는 2차 병원균이라 할 수 있으며, 또한 죽은 소나무 가지 및 줄기의 목부조직에 부생하여 조직을 분해하여 산림 토양내 양료순환을 촉진시키는 분해자이기도 하다. 이러한 측면에서 피목가지마름병이 방제대상이 될 수 있는 산림병해인가에 대하여 많은 연구자들의 관점이 다양하다고 할 수 있다.

1998년 중국 대련의 수백ha의 해송림에서, 우리나라에서는 1989년, 1996년과 2007년 잣나무가 집단적으로 고사한 바 있

으며, 2002도에는 소나무에 일부 발생하였다.

3) 병징

초봄부터 가지의 분지점(分枝點)을 경계로 일부 가지가 적갈색으로 변하면서 죽고 경계부위에는 송진이 약간 흐른다. 초기에는 수피에 뚜렷한 증상이 나타나지 않기 때문에 칼로 수피를 얇게 벗겨보아야 피해를 확인할 수 있다. 수피를 벗겨보면 병든 부위의 경계가 뚜렷하고 죽은 부위에는 검은색의 점(병원균의 미숙한 자실체)이 다수 형성되어 있다. 집단적으로 대발생한 경우에는 가지의 병반이 줄기까지 확대되어 병환부가 줄기를 일주하게 되면 형성층이 죽으면서 윗부분은 죽게 된다. 죽은 나무는 2차적으로 소나무좀 등이 가해를 한다. 4월경이 되면 수피를 뚫고 균체가 외부로 노출되므로 육안으로도 병을 확인할 수가 있다.

4) 진단요령

- 초봄에 피해가 나타나며, 피해가 약한 경우에는 가지만 죽으나 심하면 줄기까지 죽는다.
- 가지가 죽어서 줄기까지 들어오므로 줄기는 살아있는 부분과 경계가 뚜렷하다.
- 초봄에 수피를 벗겨보면 수피 밑에 검은색의 돌기(미숙한 자실체)가 있다.
- 4월 중순 이후에는 피목부위의 수피를 뚫고 돌기가 모여서 나온다.



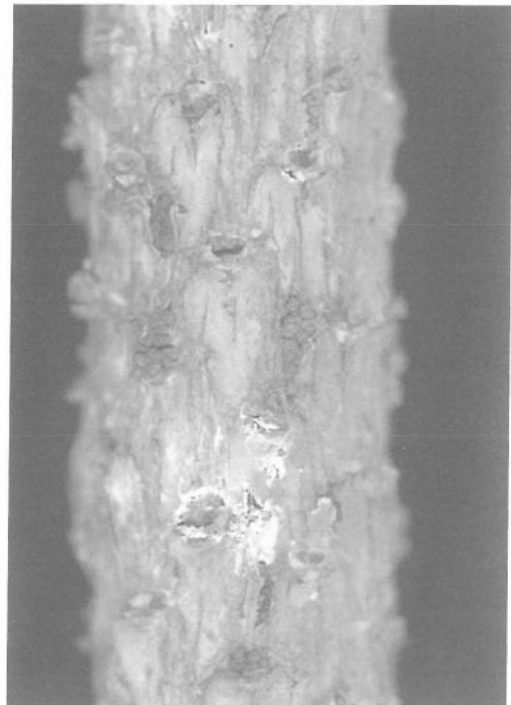
피해전경(잣나무)



뚜렷한 경계



수피밑에 형성된 검은 돌기



표피의 피목에 돌출된 자실체

- 전년도 가을의 이상가뭄과 초겨울의 이상고온이 겹치는 해에는 집단 발생한다.

5) 방제법

모든 다른 식물병해와 마찬가지로 피목

가지마름병의 방제 또는 예방에 있어서 중요한 것은 전염원 제거이다. Karadzic 등 (1992)은 *C. ferruginosum*에 감염된 나무 및 병든 가지의 조속한 제거만으로 나무의 고사를 10%이하로 줄일 수 있으며, 병든 나무 및 가지의 임내제거와 더불어 copper lime 25 또는 베노밀수화제의 살포 후 더 이상 잔존목의 고사진행이 감소되었다고 보고하였다. 미발생지에서도 수세의 강화를 위한 죽은 가지제거 등 무육 및 간벌을 임분구조에 맞게 주기적으로 실시하여 임분의 성숙도를 높이고 건강한 숲으로 가꾸는 것만이 피목가지마름병에 의한 피해를 줄일 수 있는 최선책이라 할 수 있다.

4. 흑병(癌腫病 : Pine-oak gall rust)

1) 병원균 :

Cronartium quercuum

2) 기주 :

소나무, 곰솔(중간기주: 참나무류)

3) 피해

참나무류와 인접한 소나무에서 흔히 볼 수 있는 병해이나 조경수목에서는 감염된 나무가 이식되어 간혹 나타난다. 주로 나무의 가지나 줄기에 침입하여 흑을 형성하는데 간혹 지상부의 노출된 근부(根部)에도 발생한다. 병환부인 흑의 표면은 거칠고 조

직이 연약하여 해충의 피해를 받기 쉽고, 강한 바람 또는 폭설 등에 의하여 부러지기 쉽다. 병원균은 소나무와 참나무류를 기주교대하는 이종기생균(異種寄生菌)이다.

4) 병징 및 표징

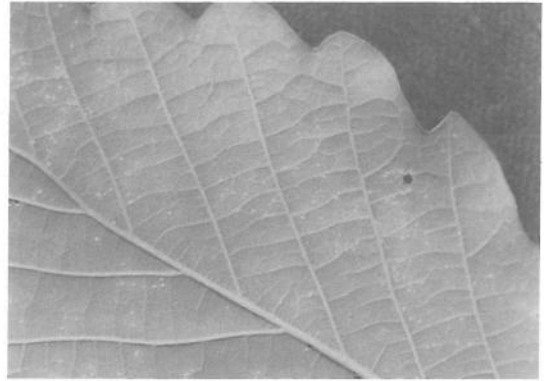
소나무의 가지나 줄기에 작은 흑이 생겨 이것이 해마다 비대하여져서 30cm이상의 흑으로 자라기도 한다. 1월~2월이 되면 이 흑에서 단맛이 나는 즙액이 방울방울 맺히고 흑 표면이 거칠게 갈라져서 거북등처럼 보인다. 4월~5월에 흑의 갈라진 틈에서 황색가루의 녹포자(銹孢子)가 비산하여 중간기주인 참나무류의 잎에 날아가 기생한다. 5월~6월에는 참나무류의 잎 뒷면에 황색가루의 여름포자(夏孢子)가 형성된다. 7월~8월 이후에는 황색가루가 퇴색하면서 실과 같은 흑갈색의 겨울포자퇴(冬孢子堆)가 생기고 이것에서 담자포자를 형성하여 소나무에 침입한다.



피해전경



표징(노란색의 녹포자)



여름포자퇴(참나무)

5) 진단요령

- 가지와 줄기에 흑이 생기며, 5월 경 흑의 갈라진 틈에서 노란가루(포자)가 있다.
- 주변의 참나무잎 뒷면에 여름에는 노란가루, 가을에는 갈색의 털이 있다.

6) 방제법

- 병든 가지와 줄기는 잘라서 태우고 소나

무와 참나무류는 같은 장소에 심지 않도록 한다.

- 상습적으로 발생하는 곳에서는 가을에 참나무류의 잎을 모아서 소각한다.
- 묘포장에서는 9월 상순부터 2주간격으로 만코지수화제를 2~3회 살포한다. 봄철에는 참나무류와 소나무에 석회유황합제, 동수화제 등을 살포한다.



기후변화와 산림생태계

박 용 목

청주대학교 자연과학부 생명과학교수

1. 서론

식물은 이산화탄소와 물을 재료로 태양 에너지를 이용하여 유기물을 생산하여 식물 자신뿐만 아니라 동물, 미생물을 부양하는 생태계의 바탕을 이룬다. 그러나 동물과는 달리 식물은 고착생활을 하는 관계로 주변 환경에 크게 영향을 받고 있어 기후 변화와 같은 환경변화는 식물에 크게 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 어떤 지역에서 식물의 분포와 생존을 결정짓는 주된 환경요인은 강수량과 기온이다. 기온은 낮 동안 태양으로부터 받는 에너지양과 밤 동안 대기를 향하여 방출되는 에너지 수지에 의하여 결정되며, 식물이 생존하기 위해서는 광합성을 비롯한 생리적 대사작용을 유지할 수 있는 온도의 유지가 필수적이다. 뿐만 아니라 강수량의 분포는 식생분포에 결정적인 역할을 하므로 지구차원에서 보면, 강수량이 많고, 기온이 높은 열대지방을 중심으로 잘 발달된 열대우림이 분포하고 있으며, 이것과는 달리 극지방은 낮은 온도에 의하여 식물분포가 제한되고 있다. 그러나 우리나라와 같은 중위도 지방에서는 적절한 강수량과 기온변화 정도에 따라

계절 변화에 적응한 다양한 식물 생활형이 나타난다. 이와 같이 지구물리학적 작용에 크게 영향을 받는 지구차원의 대기후는 지구상의 위치에 따라 다른 생물군계를 형성하지만 반면, 미기후 조건은 같은 지역에서도 사면이나, 지형물, 토양수분의 차이 등과 같이 미세한 환경구배의 차이를 가져오는 조건에 따라 달라진다. 지구의 기후가 변화하면, 대기후에 영향을 받는 국지적 환경도 변하게 되어 식물의 생리적 반응에도 영향을 미치게 되므로 광합성에 의한 물질생산도 달라질 수 있다. 그 결과, 환경변화에 민감한 식물종은 다른 종에 비하여 물질생산력이 감소하여 생장이 나빠지거나, 번식에 실패할 수도 있다. 이러한 예는 몇 년 전 이른 봄의 급격한 기온상승으로 아카시나무가 종자생산에 실패한 예에서 찾아볼 수 있다. 이때는 급격한 기온상승으로 아카시나무의 꽃은 피었지만 화밀이 성숙하지 않아 수분에 실패하여 종자를 생산하지 못하였다. 그 결과, 양봉업자들도 그해에는 아카시나무 꿀을 따지 못해 많은 손실을 보았다. 아카시나무에서 처럼 기후변화로 인하여 종자생산에 실패하고, 이러한 실패가 계속되면 어린 개체들이 공

급되지 않게 되어, 어버이 나무가 수명을 다하여 죽게 되면 그 종의 재생은 불가능하게 되어 그 서식지에서는 그 종은 분포할 수 없게 된다. 이렇게 하여 그 종의 분포범위는 점점 감소하게 되어 때로는 멸종하게 되기도 한다. 이와는 대조적으로, 어떤 종은 다른 종에 비하여 변화한 환경에 더욱 더 잘 적응함으로써 높은 물질생산력을 유지할 수 있어, 다른 종에 대하여 경쟁력을 가지고 그 분포를 넓혀가게 된다. 기후변화에 대한 종간의 다른 반응의 결과는 식물군락의 종조성을 변화시키게 되어 전체 산림식생을 변화시킬 것으로 예상된다. 기후변화의 이러한 영향은 사계절이 뚜렷하고 다양한 종조성을 가진 온대지방의 산림생태계에서 더욱 클 것으로 예상되고 있다. 따라서 이 글에서는 세계적인 기후변화의 원인에 대하여 간단히 알아보고, 우리나라의 기후변화에 대한 현황과 전망 그리고 기후변화에 따른 우리나라 산림생태계의 변화 방향에 대하여 생각해보기로 한다.

2. 기후변화에 영향을 미치는 요인들

지구의 기후변화에는 다양한 요인들이 복잡하게 그 원인으로 작용하고 있다. 이들 기후변화의 원인은 크게 지구자체의 작용에 의한 자연적 요인과 인간활동에 의한 인위적 요인으로 나눌 수 있다. 지구

자체의 작용에 의한 원인으로서 태양에너지의 변화, 화산폭발과 지각변동 등과 같이 지구의 물리화학적 작용의 결과로서 일어나는 기후변화이다. 그 대표적인 예가 엘리뇨(El Niño)와 라니냐(La Niña)이다. 인위적인 기후변화의 원인으로는 산업화를 포함한 인간활동의 결과, 즉, 화석연료 연소 등으로부터 발생하는 온실가스, 에어로졸의 증가 그리고 산림파괴에 따른 환경변화를 들 수 있다. 여기서는 대표적 원인의 예로 엘리뇨와 라니냐에 대하여 알아본다.

1) 엘리뇨와 라니냐

엘리뇨와 라니냐는 반대의 작용을 하는 지구물리학적 현상으로, 일명 남방진동으로 불리는 엘리뇨 현상은 적도 부근의 동태평양에서 태평양 중앙부까지의 해수온을 높이는 반면, 라니냐는 같은 지역의 해수온을 3-5℃ 정도 낮추는 현상을 말한다. 아직 그 원인에 대해서는 구체적으로 밝혀져 있지 않지만 엘리뇨는 대략 5년 정도의 주기로 발생하는 것이 알려지고 있다. 엘리뇨와 기후변화와의 관계는 1982년에서 1983년에 발생한 엘리뇨에서 찾아볼 수 있다. 엘리뇨가 발생한 이때의 해수온 상승으로 페루 북부, 에쿠아도르 등의 남미 해안가를 중심으로 많은 비가 내려 대홍수가 일어났으며, 이와는 반대로 호주, 인도네시아, 남인도 그리고 아프리카의 적도 아래쪽에서는 심한 한발이 발생하고, 미국에서

는 한파가 발생하였다. 또한, 엘니뇨가 발생한 해에는 히말라야의 눈 녹는 시기가 늦어지고, 아시아 몬순기후의 이상이 생긴다. 이와는 반대로, 라니냐가 발생한 해에는 다른 형태의 기후변화를 야기시킨다. 예를 들면, 2010년 열대지방인 태평양 중부에서 발생한 라니냐는 2011년까지 지속되었으며, 이 라니냐가 인도양 북동부의 높은 해수온과 만난 결과, 2010-2011년에 걸쳐 호주 퀸즈랜드 지방에서는 대홍수가 발생하였다. 그러나 때때로 엘니뇨와 라니냐가 한 해에 같이 나타나 서로 상쇄효과를 나타내기도 한다.

2) 열대림 파괴

열대림은 적도를 중심으로 중앙아메리카, 남아메리카, 아프리카, 동남아시아, 호주의 일부 등에 걸쳐 분포하고 있으며, 지구상에서 가장 높은 일차생산력을 나타내는 생물다양성의 보고이다. 그러나 이들 열대림의 상당부분이 목재수출을 위한 벌채와, 농지개발, 경제개발을 위한 도로개설 등으로 파괴되기에 이르렀다. 그 결과, 식생파괴로 인한 대기의 에너지 수지와 물수지의 변화로 열대림의 강수량은 감소하고, 다른 지역에서의 강수량 변화를 가져옴으로서 기후변화의 한 요인으로 작용하고 있다. 또한, 열대림의 파괴는 이전까지 지구의 이산화탄소 흡수원으로 작용하던 열대림을 이산화탄소 방출원으로 바뀌게 함으로서 지구온난화를 촉진시키는 요인으로도 작용한다.

3) 온실가스과 지구온난화

온실효과는 태양광에 의하여 더워진 지표에서 방출되는 적외선이 이산화탄소나 수증기와 같은 온실효과 가스의 존재로 인하여 대기 밖으로 빠져 나가지 못하고 다시 지구로 재복사 되어 지구가 더워지게 하는 현상을 말하며, 지구의 기후변화에 크게 영향을 미친다. 지구의 기후변화의 중심문제가 되고 있는 지구온난화는 인간활동에 의하여 대기 중의 온실가스 농도가 증가하여 발생하는 문제이다. 대기의 구성 성분은 질소(N_2)가 78.08 %, 산소(O_2)가 20.95 % 아르곤(Ar)이 0.94 %로, 대기성분의 대부분을 차지하고 있으며, 나머지는 0.1 % 미만의 미량기체와 수증기로 된 에어로졸 등으로 구성되어 있다. 그러나 이산화탄소(0.0358 %), 메탄(0.0017 %) 그리고 0.0003 %의 아산화질소(N_2O) 등은 비록 미량이지만 온실효과를 일으켜 지구를 덥게 하는 온실가스이다. 이들 물질의 대부분은 화산폭발과 같은 지구물리화학적 작용에 의하여 대기로 방출되며, 일부는 생물들의 작용에 의하여 해양, 습지, 삼림 토양으로부터의 대기로 방출되어 대기성분을 이루고 있다. 이들 기체들은 화석연료의 소비과정이나 농사를 위한 비료사용, 가축의 대량 사육 등의 인간활동에 의해 그 농도가 급격하게 증가하고 있으며, 특히, 18세기 산업혁명 이후 산업화 과정에서의 화석연료의 대량소비에 의한 이산화

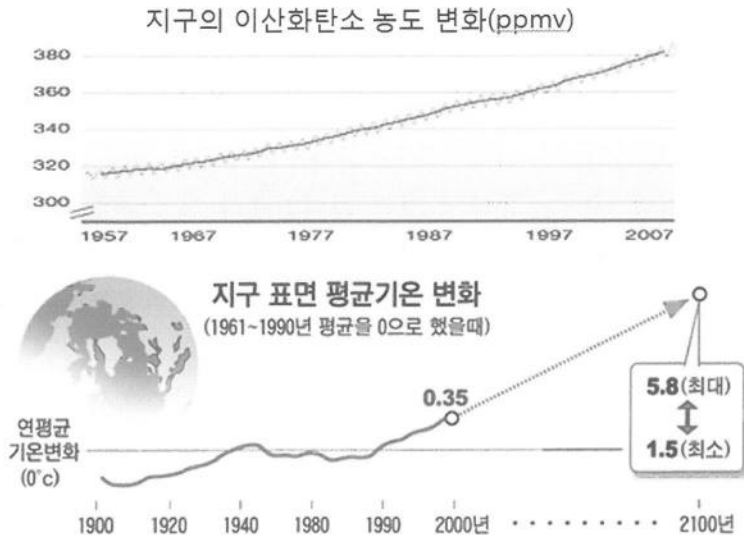


그림 1. 지구의 이산화탄소 농도 증가와 지구의 평균기온 변화

탄소 농도의 급격한 증가에 따른 지구의 평균기온 상승은 지구의 물순환을 변화시켜 대홍수, 심한 한발, 따뜻한 겨울, 한여름 저온 등과 같이 이전에는 전혀 예측하지 못하였던 다양한 형태의 재해를 초래하고 있다(그림 1). 또한, 프레온 가스도 온실가스로 작용하고 있다. 프레온 가스는 1930년대에 미국에서 인공적으로 합성되어 발포제, 반도체 세정제, 냉동기의 냉매 등에 다양하게 사용되고 있는 대표적 온실가스이다. 특히, 프레온 가스는 지구온난화를 야기시킬 뿐만 아니라 오존층도 파괴하는 것으로 밝혀지면서 국제적으로 그 사용이 규제되기에 이르렀다.

따라서 우리나라를 포함한 세계 각국에서는 국제적인 협력을 통하여 미래에 닥쳐올 심각한 기후변화에 대하여 적극적인 적응전략을 마련하고자 노력하고 있다.

3. 물질생산과 생태계 과정

강수량과 온도는 식물의 분포와 생존을 결정짓는 가장 중요한 환경요인이다. 그러므로 온도와 강수량 변화에 따라 지구상에는 열대 우림에서부터 툰드라, 사막에 이르는 다양한 생태계가 발달하고 있다. 이것은 다양한 기후조건이 만들어 내

는 결과이지만, 이들 생태계가 성립하고, 유지되기 위해서는 광합성을 통한 식물의 유기물 생산이 그 기초가 되고 있으며, 이 과정을 물질생산 과정이라고 한다. 이렇게 생산된 유기물은 식물의 몸을 구성하여 식물의 생장과 번식을 유지시킬 뿐만 아니라 먹이사슬을 통하여 사람을 포함한 동물의 몸이 되고, 동물과 식물이 죽으면 미생물에 의하여 분해되어 다시 무기물의 형태로 생태계로 되돌아간다. 이 과정에서 이산화탄소는 대기 중으로 되돌아가지만 생물체의 몸을 구성하고 있던 대부분의 성분은 토양성분이 되어 식물에 의하여 재료물질로 다시 흡수되어 유기물의 일부분이 되는 과정을 반복한다. 이 과정을 통하여 식물체와 동물체의 몸을 구성하고 있던 물질성분은 생물과 토양(수계에서는 물) 그리고 대기에서의 화학적 작용을 통하여 생태계

를 순환하게 된다. 그러므로 식물의 물질생산은 생태계를 유지시키는 바탕이 된다. 식물의 광합성에는 에너지원이 되는 광과, 재료가 되는 이산화탄소와 물, 그리고 영양염류의 충분한 양과 대사반응이 일어날 수 있는 온도조건이 필수적이다. 그러나 이들 환경요인의 강도나 양은 지역적으로 변화하여 식물의 물질생산에 제한요인으로 작용한다. 또한, 같은 지역에서도 이들 요인의 양이나 강도가 때때로 달라지기도 한다. 뿐만 아니라, 이들 환경요인에 반응하는 식물종의 반응도 또한 다르다. 그러므로 때때로, 같은 산지라 하더라도 국지적으로 식생 분포가 다르게 나타나기도 한다. 이것은 주어진 환경조건에 적응하지 못한 식물은 그 장소에 분포하지 못하게 되기 때문이다. 이처럼 식물은 동물에 비하여 상대적으로 환경의존성이 높으므로 지구환경에 변화가 생긴다면 생태계의 식생변화는 쉽게 예상할 수 있다. 특히, 사계절이 뚜렷하여 다양한 식물이 분포하는 우리나라의 냉온대림과 같은 산림생태계에서는 기후변화에 민감한 식물군락의 종조성의 변화로 산림생태계의 식생변화가 예상된다. 기후변화는 또한, 물질생산의 재료를 제공하는 유기물 분해속도에도 영향을 미침으로서 산림생태계 변화에 작용하게 된다.

4. 우리나라의 기후변화와 전망

기후변화를 예측하는 시나리오에는 기후

변화에 영향을 미치는 요소들, 즉, 그 나라의 인구수, 산업의 규모와 종류, 경제발전의 정도와 속도 등의 다양한 요인에 대한 설정이 필요하다. 왜냐하면 이들 요인의 동태에 따라 화석연료의 사용량이 달라져, 대기 중의 이산화탄소 증가 속도가 달라지기 때문이다. 그러므로 기후변화를 예측하는 것은 이들 요소들을 어떻게 설정하는가에 따라 달라지게 된다. 여기에서는 우리나라 기후변화 예측에 고도 경제성장의 지속과 인구가 21세기 중반에 감소하며, 고효율의 신기술이 도입되고, 에너지 균형을 중시하는 경제발전 정책이 시행된다고 가정한 시나리오에 의해 나타난 결과를 나타낸다. 그러므로 여기에서는 지금까지의 우리나라 관측소에서 측정한 결과를 바탕으로 20세기의 한반도의 기후변화 현황을 살펴보고 기후변화 시나리오에 따른 기후변화를 전망한다. 기상청 자료에 의하면, 지난 100년 동안 한반도 6개 지역(서울, 인천, 강릉, 대구, 목포, 부산)에서의 평균기온 상승은 1.7℃로, 여름보다는 겨울철에 기온 상승이 뚜렷하였다(그림 2).

강수량의 경우에도 20세기 초반 10년 정도에 비하여 증가하였을 뿐만 아니라 변동성이 크고, 일부 지역에서는 집중호우의 강도가 증가하였다(그림 2). 이와 함께 계절의 변화에도 지구온난화에 따른 영향이 나타나, 봄이 시작하는 날이 10년 당 약 5.5일 빨라지고, 겨울의 날수가 22-49일 줄어들고, 여름의 날수가 약 13일-17일 늘어

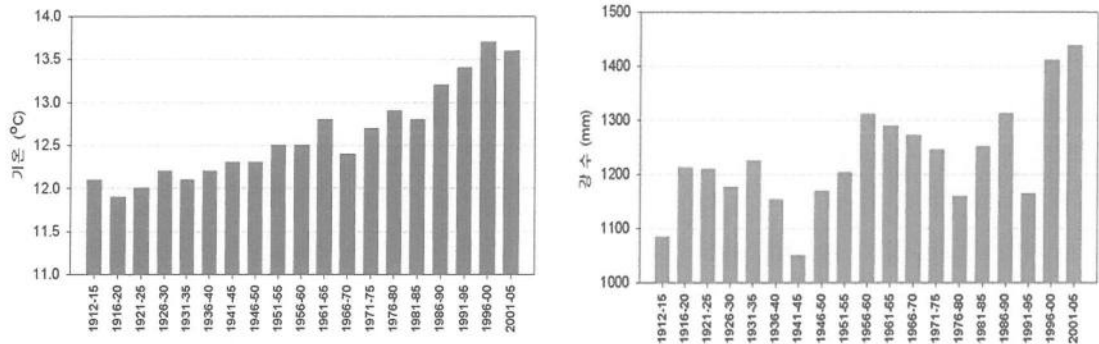


그림 2. 6개 도시(서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포)의 평균기온과 강수량 변화

났다. 이것은 지난 100년 동안 한반도가 지구온난화의 영향을 크게 받았다는 것을 보여준다.

또한, 우리나라 기후변화 시나리오에 따르면, 한반도의 연평균 기온이 21세기 말(2071-2100)에는 20세기 말(1971-2000)에 비하여 4°C 증가하고, 특히, 겨울철에 증가 폭이 상승하며, 일최저기온 상승이 현저하여 기온의 연교차가 줄어들 것으로 예상된다. 강수량은 지역에 따라 시간적으로, 공간적으로 변동이 크게 될 것으로 전망된다. 특히, 8월과 9월에 강수량이 증가하며 전체적으로는 20세기 말에 비하여 21세기 말에 약 17%의 강수량 증가가 전망된다. 따라서 한반도 내에서도 국지적으로 호우나 가뭄과 같은 상반되는 강수의 패턴이 나타날 것으로 전망되고 있다. 이외에도 지구온난화에 따른 고온관련 기후지수의 증가와 저온관련 기후 지수의 감소가 예상되어 생물의 성장기간이 한 달 정도 증가할 것으로 예상되며, 극한강수가 지역에 따라 상이하게 나타나 남해안과 경기북부를 중심으

로 호우빈도가 증가하는 반면, 경상북도나 충청도와 같은 내륙지방에서는 누적강수량의 감소로 심한 가뭄이 예상된다. 이러한 결과, 한반도는 20세기 말에 비하여 21세기 말에는 봄과 여름의 시작이 빨라지고, 가을과 겨울의 시작이 늦어지며, 남한지역의 상당부분이 아열대 기후구로 변하게 될 가능성이 있다. 또한, 남해안 지역의 경우, 겨울이 사라질 수도 있다.

5. 기후변화와 산림생태계

기후변화 문제에서 가장 핵심이 되는 문제는 지구온난화이며, 온난화의 가장 큰 원인이 대기 중의 이산화탄소 농도 증가로 인한 기온상승이다. 그러므로 기후변화가 산림생태계에 미칠 영향은 두 가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 하나는 대기의 이산화탄소 농도 증가에 따른 식물의 물질생산의 변화이며, 또 다른 하나는 기온상승, 강수량 변화 등의 기후변화가 전체 식생분포에 미치게 될 영향이다.

대기의 이산화탄소 농도 증가에 대한 식물의 물질생산, 즉, 광합성 반응에 관해서는 많은 연구가 행하여져 왔다. 그 결과, 대부분의 식물에서 이산화탄소를 고정시키는 동안 증산으로 대기 중으로 증발시키는 물의 양을 나타내는 물이용효율은 이산화탄소 농도가 증가할 때 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 그 효율은 종에 따라 많은 차이가 나타났다. 또한, 식물의 광합성 반응에서는 공기 중에 이산화탄소 농도가 상승하면 단기적으로는 식물의 광합성 속도가 증가하지만 수 주간 혹은 수 개월간에 걸친 장기적인 조건에서는 초기 증가하였던 높은 광합성 속도가 지속되지 않고, 서서히 감소하며, 식물 종에 따라서는 거의 원래의 수준으로까지 광합성 능력이 감소하는 경우도 있다고 보고되고 있다. 또한, 대기의 이산화탄소 농도가 두 배가 되었을 때, 광합성 속도는 약 30-60%만이 증가하는 것으로 알려지고 있으며, 그 효율도 이산화탄소 농도 증가와 반드시 비례하지 않았다. 이것은 현재 같은 군락을 형성하는 식물 종이지만 높은 이산화탄소 조건 하에서는 물질생산의 차이가 생기고, 그 결과 종간의 경쟁력 차이가 생기게 되어 군락의 종조성이 바뀌어 질 수도 있다는 것을 시사하고 있다. 한편, 기온상승에 의해 증발산량이 증가하면, 산림의 입지에 따라서는 국지적으로 한발이 심화되어 산지 사면이나 산등성이 처럼 건조하기 쉬운 곳에 분포하는 수종의 경우, 식물에 심한 수분스트

레스가 예상된다. 식물의 수분스트레스는 식물의 생장을 저해하고, 물질생산을 감소시키며, 장기간의 가뭄 등으로 인한 심한 수분스트레스의 경우 식물체의 사망에 이르기도 한다.

우리나라의 산림식생을 식생지리형으로 보면, 북부지방과 중부 고해발의 아고산대 침엽수림대, 북부 저해발과 중부의 중간해발 및 남부 고해발 지역 산지의 침활혼효림대, 그리고 중부 저해발 및 남부 중해발의 낙엽활엽수림대로 나눌 수 있다. 상록활엽수림은 한반도 남단의 일부와 남부 도서지역을 중심으로 발달하고 있다. 이러한 식생분포 특성을 바탕으로 기온변화를 감안하여 산지 산림식생의 변화를 전망하여 보면, 침엽수림의 약 66%가 감소하고, 가시나무류로 대변되는 상록활엽수 분포면적의 대폭 증가가 예상되며, 식생 종류에 따라서는 많은 변화가 생길 것으로 전망되고 있다. 이 과정에서 활엽수 면적은 낙엽활엽수의 감소로 인하여 어느 시기까지 감소하다가 이후 가시나무와 같은 상록활엽수의 증가에 따라 증가할 것으로 전망된다. 또한, 2050년이 되면 침엽수와 활엽수의 혼효림도 분포면적이 감소될 것으로 전망된다.

6. 결 론

18세기 산업혁명 이후 과학기술의 눈부신 발전은 물질적으로 풍요롭고, 편리한

생활을 가능하게 하는 고도 경제사회로 발전시켰다. 그러나 그 이면에는 지구환경의 변화로 인한 기후변화가 발생하여 매년 수많은 인명피해와 재산상의 피해가 발생하고 있다. 이것은 20세기 후반들어 급격히 증가된 석유, 석탄과 같은 화석연료의 대량 사용 결과, 대기 중에 이산화탄소 농도가 높아지고, 자연계에 존재하지 않았던 프레온 가스와 같은 온실가스 농도가 높아져 온실효과를 일으키는 결과로 알려지고 있다. 또한, 열대림의 파괴도 지구의 물순환의 교란을 일으켜 지구의 기후변화에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 이러한 세계적인 위기에 직면하여 각국은 기후변동에 관한 정부간 패널(IPCC; International Panel on Climate Change)를 구성하여 지구온난화에 대한 평가와 함께 온실가스 배출 시나리오를 적용하여 미래의 기후변화를 예측하고, 그 영향을 평가하여 적응 전략을 마련하고 있다.

한반도에서의 기후변화는 20세기 초반에 비하여 기온이 상승하고 강수량이 증가하였으며, 집중호우가 증가하였다. 또한, 사계절의 길이도 변화하였다. 뿐만 아니라 21세기 말에는 한반도 연평균 기온이 4℃나 증가하고, 강수량도 시간적, 공간적 변

동이 커질 것으로 예상되며, 호우나 한발과 같은 극한강수가 늘어날 전망이다. 이러한 기후변화에 대하여 산지가 많은 우리나라의 산림생태계도 변화하여 식생의 변화가 예상된다. 특히, 지구온난화의 결과로 침엽수림의 약 2/3가 감소하고, 가시나무류로 대변되는 상록활엽수의 분포면적이 대폭 증가할 것으로 전망되고 있다.

따라서 기후변화에 대비하여 보다 장기적인 산림생태계 보전 방안을 마련하기 위하여 산림생태계에 대한 보다 정밀한 조사와 이 결과를 바탕으로 취약한 입지의 산림에 대한 피해와 생태계 변화에 대한 보다 구체적인 대책을 마련할 필요가 있을 것으로 판단된다.

인용문헌

1. 국립기상연구소. 2009. 기후변화 이해하기 II, -한반도의 기후변화: 현재와 미래 p.4-31.
2. 김종원. 2010. 녹지생태학. p.70-74, 월드 사이언스.
3. 최영은. 2010. 국가장기생태연구 보고회 발표자료, 이화여대.
4. 환경부. 2009. 우리나라 기후변화의 경제학적 분석(I). p.7-18.



암석 풍화에 따른 토양 발달

최 경

한국산지환경조사연구회 농학박사

1. 서론

암석(Rock)은 1종 또는 그 이상의 무기물이나 유기물이 자연의 작용으로 모여서 이루어진 어떤 덩어리 또는 집합체를 뜻한다.

덩어리 또는 집합체가 굳거나 연하거나 무관하며 또 입자들이 서로 고결되거나 고결되지 않거나 무관하기 때문에 굳지 않은 암석 즉 표토(Regolith)와 굳은암석(Bed rock)이 모두 암석에 포함된다. 여기서 말하는 암석은 광의의 암석이며 일반적으로 우리가 부르는 암석은 굳은 암석으로 견고한 돌이나 바위를 말한다. 이는 곧 협의의 암석이다.

암석은 생성원인에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분할수 있으며 암석의 종류도 다양하다.

토양(Soil)은 암석이 오랜세월에 걸쳐 풍화(Weathering)되어서 모재((Parent material)가 되고 이들 모재가 다시 토양 생성작용(Soil formation)에 의하여 생성되기 때문에 토양을 잘 이해하기 위해서는 토양의 모재인 암석에 대하여 충분한 지식을 갖추어야 한다. 암석(모재)은 풍화작용(풍화정도), 토양구성입자의 크기, 토양양

료의 함량 등에 영향을 주어 토양형성(특성)에 영향을 준다. 토양이 덜 발달될수록 모재의 영향을 크게 받게되나 잘 발달된 토양에서도 모재의 영향은 크다. 점토질 토양은 석영의 함량이 적고 풍화가 용이한 유색광물이 모재인 지역에서 잘 형성된다. 토양의 깊이, 토성, 지표면의 암석노출도, 토양침식성 붕괴성향 등 암석은 토양과 깊은 관련성이 있기 때문에, 암석을 식별하고 그 특성을 파악하는것은 토양을 다루는 사람에게는 매우 중요하고 필요한 일이다.

2. 암석의 풍화와 토양

가. 조암광물(Rock-forming minerals)

광물(Minerals)은 1종또는 2종이상의 원소의 화합물로 되어 있으며, 암석의 구성단위이다.

광물은 자연계에서 산출되는 무기물의 덩어리 또는 화합물로서 그 한 개체안에서는 어떤부분이나 화학성분이 일정하거나 한정된 범위안에서는 화학성분이 변하며, 내부구조(원자배열상태)가 일정한 고체이다. 이 말은 광물은 화학성분과 내부구조

가 일정치 않으며 미량의 차이가 있다는 뜻이다. 암석을 구성하고 있는 광물의 종류는 2,500여종에 달하나 100여종이 흔히 발견되며, 양적인 면에서 흔한 광물은 몇종에 불과하다. 지구의 지각(Earth's crust)은 지표로부터 35km(5~60km)두께를 말하는데 지각의 95%가 화성암으로 구성되어 있고 이들 화성암을 이루는 주요광물은 석영, 장석류, 운모류, 각섬석, 휘석, 감람석 등 6종이며, 이들이 92.1%차지하고 있다. 이들 6개 광물을 6대 조암광물이라고 하며 이들의 량과 풍화상태에 따라 토양특성이 좌우된다.

※ 장석59.5%, 각섬석 및 휘석16.8%, 석영 12.0%, 운모3.8%

석영과 장석류는 무색또는 백색으로 무색광물(Colorless minerals)이라하고 운모, 각섬석, 휘석, 감람석 등은 Mg, Fe, Ca, Al등을 함유하고 있어서 흑색, 갈색, 황색, 녹색을 띠는 유색광물(Colored minerals)이라고 한다.

○ 석영(Quartz)

토양의 기골(Soil skeleton)성분으로 대부분의 암석에 함유되어 있으나 화강암, 석영조면암, 석영섬록암 등 산성화성암과 편마암, 결정편암 등 변성암 및 사암등 퇴적암의 주요 구성성분이 된다. 화강암의 모재층에서 추상(錐狀)또는 주상(柱狀)의 결정으로 유리와 같은 광택을 갖는 광물로 순수한것은 무색투명하여 수정(水晶)이라고

한다. 풍화가 어려우나 풍화되면 모래가 된다. 토양물리성에 중요한 역할을 한다.

○ 장석류(Feldspurs)

암석권(Lithosphere)의 약 60%를 점유하는 광물로 토양중에도 다량함유되어 있다. 화강암 모재층에서 유리와 같은 광택이 있으며 백색, 회색, 연분홍색, 갈색등 여러 가지 색을 띤다. 풍화되면 점토화 되며, 고령토(Kaoline)의 주 모재가 된다. 다량의 칼리(K)의 공급원이 된다.

○ 운모류(Micas)

화성암과 변성암의 주요성분으로 최종 풍화생성물은 점토이다. K와 Mg의 주요 공급원이 된다. 백운모(Muscovite)는 풍화되기가 어려우나 흑운모(Biotite)는 풍화되기 쉽다. 판상(板狀)또는 편상(片狀)의 규산광물로 박리(剝離)되는 성질이 있다. 백운모는 유리의 대용자재로 쓰이며, 흑운모는 전기절연체로 쓰인다. 돌비늘이라고도 한다.

○ 각섬석과 휘석(Hornblend & Augite)

각섬석은 화강암, 섬록암 및 편마암의 조암광물이고, 휘석은 현무암, 안산암, 회록암등의 조암광물로 석회(CaCO_3), 고토(MgO), 철(Fe)의 주요공급원이 된다.

○ 감람석(Olivine)

규산(SiO_2)함량이 적고 염기성 화산암에

서 볼수있다. 감람암, 현무암, 회록암, 반려암등의 조암광물이며, 황록색또는 올리브색을 띤다. 아산화철(FeO)을 많이 함유하고 있으며 풍화되기 쉽다.

나. 암석의 풍화과정과 생성토양

암석은 물리적, 화학적, 생물학적인 풍화작용에 의하여 기암으로 부터 점차 암괴→역(礫)→자갈→모래→미사→점토순으로 작게 부서지고 풍화하는것이 기본적인 원리이다. 이러한 풍화과정을 연속적인 풍화과정이라 한다. 그러나 각종암석은 기후적인 요인이 같더라도 생성시기와 구성광물의 종류, 입자의 크기, 암석생성유인등에 따라 각기다른 불연속풍화과정을 밟는것이 대부분이다.

1) 화성암류의 풍화

○ 산성의 심성암류

대표적인암석이 화강암(Granite)과 화강섬록암(Granodiorite)이다. 화강암의 주 구성광물은 장석, 석영, 운모, 각섬석, 휘석 등이다. 화강섬록암은 화강암의 일종으로 화강암보다 석영함량이 적고 유색광물인 흑운모와 각섬석이 다소 많다. 우리나라의 화강암은 대부분 화강섬록암이며, 그 면적도 넓다. 세계적으로도 그 분포면적이 넓다. 화강암류는 입상구조로 일반적으로 풍화가 되지 않은 암석은 치밀하고 단단하여 풍화되기 어렵다. 화강암은 분포지역에 따라 암석의 구성입자의크기, 절리(Joint)의 발달

정도가 다르기 때문에 풍화과정이 다르게 나타나고 있다. 일반적으로 ①기암→암괴→모래의 풍화과정과 ②기암→모래라는 두가지 불연속 풍화과정을 밟는다.

①의 풍화과정을 밟는지역은 북한산, 도봉산, 관악산 등의 지역에서 볼수 있으며 ②의 풍화과정은 여주, 이천지역, 강릉, 속초지역, 평창지역에서 관찰된다. ①의 풍화과정지대인 북한산과 도봉산지역에서는 사면상에 거대한 암석(암괴)가 많이 노출되어 있고 역이나 자갈같은 크기의 암석은 드물게 나타나고 있다. 거대한 암괴가 많기 때문에 사면경사가 비교적 급하고 고지대를 형성하며 토심은 얇은편이나 계곡부에는 침식되거나 상부로부터 유출된 토석이 깊게 퇴적되어 있다.

②의 풍화과정 지대인 여주, 이천지역, 강릉, 속초지역, 평창지역등의 화강암지대는 사면상에서 암석을 찾아보기 어려우며 침식이 심하게 발생하여 저 지형을 형성하는것이 보통이다. 깊게풍화가 진전되어 풍화대(Weathering zone)가 깊어서 토심(C층까지의 깊이로 마사토포함)은 깊다. 이러한 지역에서는 암석은 구상풍화(Spheroidal weathering)에 의하여 핵석(Core stone)이 형성되어 토오르(Tor)를 보이는 지역이 많이 발견된다. 화강암의 풍화작용은 대체적으로 모래가 많은 사양토류이며 부분적으로 점질토양이 나타나는 지역도 있으나 그 지역은 극히 부분적이다. 특히 백색을 보이는 화강암 지대에서는 더욱 그

러하다

○ 산성또는 중성의 반심성암류

이 암석은 반암(Porphyry)과 석영반암(Quartz-porphyry)이 해당되며 암석절리의 종류와 발달 정도에 따라서 많은 차이를 보인다. 판상절리(Sheeting joint)가 발달된 지역에서는 ①기암→자갈의 크기로 풍화되며 주상절리(Columnar joint)가 발달한 지역에서는 ②기암→자갈(머리보다 큰 각이 있는 자갈) 크기로 풍화된다. 석영반암지역에서는 풍화작용이 심하게 진행되어 암석중의 장석이 도토(Kaolin)로 되어 점토가 되는 경우도 있다. 판상절리는 지중에 있던 기암이 지표로 노출되었을 때 하중이 제거되어 발달하게 되므로 지표면과 평행하게 발달되는 절리로서 기반암으로부터 양파껍질모양으로 박리(Exfoliation)되어 떨어져 나온다. 주상절리는 용암이 식을 때 수축현상에 의하여 발달하는데 주상절리는 6각형의 기둥형상으로 보이나 6각형은 드물고 대체적으로 다각형이며 각을 형성하고 있다. 때문에 이들에서 풍화된 모재는 석력이 많다. 풍화되기 전에 이들암석은 석영이 많고 치밀하며 견고하여 풍화에 강하다. 대체적으로 토심이 얇고 사질토양이 많아서 척박한 토양을 이루나 풍화가 깊게 진행되고 오래된 토양은 도토에 의하여 토심이 깊은 점토질토양을 형성하는 경우도 있다.

○ 화산암류

안산암(Andesite)류와 현무암(Basalt)류가 이에 속한다. 현무암은 원래 치밀하고 단단하여 풍화에 강한 암석이나 안산암은 치밀하고 강건한 것부터 다공질적인 것 등 종류가 다양하며, 풍화가 용이하다. 이들암석은 용암(Lava)이나 또는 암맥(Dyke, Dike)이나에 따라 풍화과정이 다르다. 용암으로 부터의 화산암류는 주상절리와 판상절리가 발달되기 쉬우며 암맥으로 부터의 암석은 판상절리가 형성되기 쉽다. 따라서 이들암석들은 ①기암→암괴→점토 또는 미사(Silt)의 풍화과정과 ②기암→점토라는 극단적인 불연속 풍화과정을 밟는다. 현무암 풍화토는 점토질이 많은 토양이 되며 안산암 풍화토는 점토질토양 또는 양질토양을 형성하게 된다.

2) 퇴적암류의 풍화

○ 화산암설류

화산암설류(Volcanic clastic rocks)는 쇄설성 퇴적암(Clastic sedimentary)의 일종으로 응회암(Tuff)과 집괴암(Agglomerate)이 있다. 응회암은 화산회(직경 1/4~4mm)가 지표면이나 수중에 쌓여서 굳어진 암석이며 집괴암은 화산탄(직경 32mm 이상의 둥글거나 방추형의 암석)이 화산회나 용암에 의하여 고결된 암석이다. 이들암석은 암석의 생성시기에 따라서 고결도가 다르나 일반적으로 암석이 연약하여 풍화침식에 대한 저항이 매우 약하다. 일반적으로

풍화과정은 ①기암→암괴→자갈로 풍화되어 미세한 것으로 되기는 어려운 실정이나 성장중에 있는 화산암설에서는 ②기암→자갈→미사, ③기암→미사, ④기암→점토라는 불연속과정을 거치는 경우도 있어 풍화과정은 가지각색이다. 응회암은 열에 견디는 힘이 크며 세립질이고 입자가 치밀한것은 숫돌로 사용하기도 한다. 풍화토양은 심층 풍화가 이루어진곳이 많아서 토심은 깊은 편이며 모래가 많은 사질토에서부터 점토질까지 다양하다. 따라서 붕괴(산사태)의 위험이 높은지역을 형성한다.

○ 수성쇄설암류

수성쇄설암(Aqueous clastic rocks)은 역질암(역암, 각력암), 사질암, 점토질암(Silt stone, Shale, Mudstone)등이 있다. 이들 암석들은 암석의 생성시기, 구성입자의 크기, 모재(Matrix materials)에 따라 풍화과정을 달리한다.

- 사암

사암(Sandstone)은 암석의 생성시기(지질시대)에 따라 풍화과정이 다르다. 고생대의 단단한 사암은 ①기암→암괴→자갈(직경20~30cm)로 풍화되어 미세한 것으로 되기 어려우며 제3기층 이후의 미 고결사암은 ②기암→모래의 풍화과정을 밟는다. 따라서 사암지대의 풍화토는 사질 또는 양질토양이 된다. 사암은 모래와 소량의 자갈및 점토로 구성되어 있으며 전 퇴적암의 15% 정도 분포한다. 사암은 응결제의 빗깔에 따

라 회색, 갈색, 암색, 암록색등 여러 가지가 있다.

- 혈암 및 점판암

혈암(Shale)과 점판암(Clay slate)은 점토질암으로 점판암은 변성정도에 따라서 변성암으로 취급하기도 한다. 혈암은 미사질암(Silt 암)과 합하여 전 퇴적암의 55% 점유하는 비교적 분포면적이 넓은 암석이다. 일반적으로 이들 암석은 생성시기에 따라 풍화과정이 다르게 나타나서 중생대나 고생대의 암석은 판상또는 바둑판모양으로 박리되며 큰 암괴형태로 풍화되는 경우는 회소하다. 반면에 제3기의 암석은 미세한 풍화산물이 되기 쉬우나 암괴또는 자갈크기로 풍화되는 경우는 매우적다.

혈암은 모래가 점토와 같은 미세한 입자와 고결된 것으로 세립질로서 육안으로 식별하기 힘들다. 흑색및 갈색혈암이 있으며 풍화토양은 점토질이 된다. 점판암은 판암이라고도 하며 쪼개짐(Cleavage)이 잘 발달된 얇은 판으로 되어 있다. 주 성분은 석영, 장석외에 녹리석, 견운모등이며 대부분 암회색을 띤다. 이암(Mudstone)에 비하여 풍화가 매우늦으며 풍화토는 점질토양이 된다. 점판암은 석판(Slate), 벼룻돌을 만드는데 사용한다.

○ 화학적퇴적암

화학적퇴적암중에서 대표적인것은 석회암(Limestone)으로 이는 또한 유기적으로도 만들어질 수 있는 암석이다. 그러나 대

부분의 석회암은 이들 2가지가 합하여 만 들어진다. 석회암은 전 퇴적암의 30%정도 차지하고 있다고 한다. 탄산석회(방해석; CaCO_3)를 주성분으로 하는 이 암석은 붉은색, 적갈색, 암색, 회색, 청록색, 담색등 여러 가지가 있으며, 물리적풍화에 강하고 화학적풍화에 약하나 화학적 풍화작용의 결과는 불순물인 석영과 점토광물이 남게 되어 모래와 점토질토양이 생성된다. ①기암→점토와 모래로 풍화되며 철분과 칼슘이 많은 토양이 된다. 화학적 풍화가 이루어지지는않은 토양에서는 물리적 풍화가 더디기 때문에 사면에 돌이많고 기암절벽을 이루는곳이 많다. 토심은 얕으며 토성은 위치에 따라 다양하게 나타난다.

3) 변성암류의 풍화

○ 침매암 · 편암

천매암(Phyllite)은 점판암(Slate)이 변하여 생성된 암석이고 편암(Schist)은 천매암이 변성작용을 받아 생성된 암석이다. 이들 암석들은 모두 퇴적암인 혈암(Scale)에서 변성된 암석들로 점토질의 암석이 변질된 것이다. 이들 암석은 세립질로서 편리(Schistosity)를 가지고 있어 얇게 쪼개지는 성질이 있다. 천매암의 주구성광물은 석영, 견운모, 녹니석, 농립석, 방해석등이며 구성광물의 입자는 육안으로 식별이 곤란하다.

편암은 결정편암이라고도 하며 주 구성광물은 원암의 종류와 편암(Differential

pressure)의 크기에 따라 다르다. 무색광물로는 석영, 백운모, 견운모가 많고 장석은 적다. 유색광물로는 흑운모, 각섬석, 녹니석, 흑연, 휘석등이 있다. 이들암석들은 변성의 정도와 지형적 위치에 따라 풍화의 정도에 차이를 보이고 있다. 또 단층(Fault), 습곡(Fold)등에 의하여 파쇄되어 있는 파쇄대(Cataclastic zone)에는 깊은곳까지 풍화작용이 쉽게 진행된다. 일반적으로 이들 지역에서는 ①기암→자갈→모래 또는 ②기암→점토라는 불연속 풍화작용을 가진다. 따라서 풍화토양은 지역에 따라 사질토양 또는 점토질토양이 나타난다. 변성암은 퇴적암인 혈암이 그 변성정도에 따라서 다음과 같이 최종적으로 백립암으로 점차적으로 변질된다.

혈암(Shale)→점판암(Clay slate)→Slate→천매암(Phyllite)→편암(Schist)→편마암(Gneiss)→백립암(Granulite)

○ 사문암

사문암(Serpentine)은 휘암(Dunite)이나 감람암(Peridotite)같은 초염기성암석이 열수의 작용을 받아 생성된 변성암의 일종으로 치밀하고 단풍, 귀갑(거북 등껍데기), 뱀껍질과 같은 무늬가 있으며, 수지광택이 있어 아름다워 실내장식용 석재로 사용한다. 다량의 운모가 함유되어 있고 크롬(Chrome)철광, 자철광, Mg, Al등이 포함되어 있다. 풍화과정은 일반적으로 ①기암→점토 또는 ②기암→암괴→점토로의 불

연속적이다. 쉽게 풍화되고 많은 량의 물을 흡수하기 때문에 물에 의한 침식이 용이하며 나지화가 되기 쉽다. 암석의 색깔은 암록색, 암적색, 녹황색등이 있다. 점토분이 많기 때문에 붕괴되기 쉽다.

3. 암석(지질)의 붕괴 성향

산지붕괴는 지형, 지질과 깊은 관계가 있다. 소면적인 지점(地点)을 대상으로 붕괴(침식포함)현상은 지형적인 소인으로는 ①경사 ②사면의 종단면형 ③경사변환점 ④경사길이 ⑤방위로 나타내고 있다. 이들 소인중 방위를 제외하면 나머지 소인들은 모두 지질인자와 깊은 관계가 있음을 알수있다. 지형형성에 이미 지질소인이 관련되어 있음을 암시해준다.

지질(암석)적인 측면에서 붕괴의 소인을 고려해 볼때 ①암석의종류 ②암석의 생성년대(지질시대) ③불연속면의 종류등이 포함된다 하겠다.

암석의 종류는 종류에 따라 풍화과정이 다르고 생성토양(토양특성)도 다르게 나타나기 때문에 지질소인중 가장 큰 영향을 주리라 평가된다. 암석의 생성연대는 암석의 고결도(Ultimate breaking strength)에 관계하며 불연속면의 종류는 암석의 절리, 균열(Fracture)및 단층, 풍화대(심층풍화층)가 있으며 이들은 붕괴에 큰 영향을 주고 있다. 암석성인별 암종별 붕괴성향은 다음과 같다.

가. 암석의 종류

1) 화성암류

○ 화강암

- 화강암은 주 구성광물(조암광물)은 장석, 석영, 운모이며 구성광물의 입자가 조립질인 경우 공극이 많아서 암석풍화시 심층풍화(마사토)로 되고 깊게 침투한 물은 풍화모재층(마사토)밑의 불투수층(암석층)에 이르면 물로포화되어 붕괴가 발생하게 된다.

※ 화강암의 파면(破面)을 보면 광물의 알갱이들이 보이는데 이들 알갱이들은 보통 입상구조를 보이며 이들 알갱이의 평균 직경이 5mm이상인 경우에는 조립질이라고 하고 1~5mm인 경우 중립질이라 하며 1mm이하인 경우 세립질이라고 한다. 일반적으로 암석은 중·세립질에 비하여 조립질이 연하며 풍화가 용이하다.

- 화강암지대에서는 지형적으로 암질의 강도가 대체적으로 균일하여 수계(水系)는 수지상이 많으며 곡밀도(Drainage density)는 크고 사면길이는 작으며 곡(谷)은 U자형이고 기복량(고저차)이 작다. 따라서 이러한 지형적인 조건하에서는 소면적인 붕괴가 다발하게 된다. 일본의 경우는 개소당 평균 붕괴면적이 0.03~0.05ha로 조사되고 있다.

○ 섬록암

주 구성광물은 사장석, 각섬석이고 간혹

흑운모와 휘석을 포함하며 석영과 정장석을 드물게 포함한다. 외관상 화강암과 비슷하나 색이 짙어서 암록색을 띤다. 장식류가 많기 때문에 풍화되기 쉬우며 식질토양이 된다. 토양내 점토함량이 많기 때문에 토양 물리성이 불량하며 심층붕괴(땅밀림)가 발생하기도 한다.

○ 현무암

현무암은 흑색내지 암회색에 치밀한 염기성 화산암이며 주 구성광물은 장석, 휘석, 감람석과 자철광이며 세립질로서 풍화에 강하다. 풍화토양은 산화철이 풍부한 적갈색의 점토질 토양이 된다. 붕괴현상은 매우 낮다.

○ 안산암

사장석을 주로하고 각섬석, 휘석, 흑운모 등으로 구성되어 있으며 현무암다음으로 많은 화산암이다. 담회색, 갈색, 회색등이 있으며 안산암의 종류가 다양하여 풍화가 어려운것에서부터 용이한것등 다양하다. 풍화토양도 다양한 편이며 풍화대도 깊은 것까지 분포하여 심층의붕괴(땅밀림)가 발생하기도 한다. 특히 풍화토에 점토분이 많은 경우에는 산사태 발생이 용이하다.

○ 석영반암

석영반암은 화강암의 주변부에 나타나는 경우가 많다. 암석중에 장석이 수분을 함유하면 풍화되어 붕괴되기도 하는데 화강암

에서와 유사하게 소규모의 붕괴가 많이 발생하게 된다.

○ 유문암

유문암(Rhyolite)은 화산암으로 유상구조가 현저하게 나타난다. 석영조면암(Quartz trachyte)과 같은 종류로 석영, 알카리 장석과 소량의 운모와 각섬석을 포함한다. 치밀하고 양질인것은 토목자재로 사용하고 풍화가 심하게 진전되면 점토가 되어 도자기의 원료로 사용한다. 암석은 ①기암→자갈→점토의 풍화과정과 ②기암→역(자갈)으로 풍화되는 두가지의 풍화과정을 갖는다. 풍화토양은 사질토양과 식질토양으로 되며 붕괴도 발생된다.

2) 퇴적암류

퇴적암은 풍화단계에서는 층리(Bedding)면을 따라 물의 침투가 용이하여 층리의 방향이 경사방향과 역방향인 경우에는 층리면을 따라 깊게 풍화가 진전되며 층리방향과 경사방향이 동일한 경우에는 풍화가 얇게진행된다. 따라서 층리방향이 경사방향과 동일한 경우에는 층리면을 따라 물의 침투가 불연속적이어서 층리면을 따라 소면적의 붕괴가 발생하는 반면 역방향인 경우에는 붕괴하기가 어려우나 일단 붕괴가 발생하면 대면적의 붕괴가 발생하게 된다.

그러나 층리방향과 경사방향이 동일한 경우에도 층리면사이 성층면(Bedding plane)에 연약한 혈암층이나 점토층이 존

재할 경우에는 대형의 Sliding이 발생할수 있다.

○ 역암

역암(Conglomerate)은 직경 2mm이상의 둥근역(Gravel)이 모래, 진흙 등 그밖의 물질에 의하여 고결된 암석이다. 역암은 자갈이 1가지 종류의 암석으로 되어있는 단성(Oligomictic)역암과 2종이상의 자갈로 되어 있으면 복성(Polymictic)역암이라고 한다. 또한 자갈이 각이져 있는 경우에는 각력암(Breccia)이라고 한다. 이들역암들은 고결정도에 따라 붕괴발생성향이 좌우된다. 일반적으로 생성연대가 오래되지 않은 역암들은 층리가 불 분명하고 고결이 불량하여 붕괴에 매우약하다.

○ 사암

사암은 석영, 장석, 운모와 암석의 파편이 점토, 규산, 산화철, 석회등과 같은 응결제(Coagulant)에 의해 고결된 암석으로 색깔은 회색, 갈색, 암색, 암록색등 여러 가지가 있다. 단단하게 고결되지 못한 사암은 공극률이 크고 수분함량이 많아서 동결하면 풍화가 용이하게 진행되어 소면적의 붕괴가 발생된다.

○ 혈암 · 이암

이들암석은 0.05mm이하의 세립물질(펄과 실트)로 고결된암석이다. 이암은 평행구조가 없는것이 혈암과 다르다. 석회분을 많이

포함하는 이암을 이회암(Marl)이라 한다. 이암은 일정한구조를 나타내지 않고 다만 수축에의해 여러방향의 절리를 나타낼 뿐이다. 고결도가 높은것은 혈암, 낮은것을 이암이라고 하며 혈암은 층리가 박편상으로 박리하고 이암은 층리가 없으며 수분을 함유하게 되면 점토화하여 팽창하고 땅밀림이 자주 발생하게 된다.

○ 응회암

응회암은 화산회, 화산사 등 화산쇄설물이 육지나 수중에서 고결된 암석으로 응회암의 종류가 무수하고 고결도, 풍화과정도 여러 가지여서 땅밀림등 붕괴성향이 매우 높은 암석이다.

○ 석회암

석회암은 물침식에 강하며 붕괴가 잘 발생하지 않는다.

3) 변성암류

중요한 변성암은 편마암(Gneiss), 편암, 점판암, 천매암과 대리석이 있다.

○ 편마암

편마암은 입도가 큰 두종류이상의 광물이 불안정하고 불규칙한 호층을 이루며 편마상구조를 보여주는 암석으로 주 구성광물은 장석, 석영, 운모, 각섬석, 휘석및 석류석이 포함되고 있다. 편마암은 회백색, 회색, 홍색, 갈색, 흑색등 여러 가지가 있으

며 화강암의 색과 유사하고 풍화는 화강암보다 어렵다. 풍화토양은 사양토로부터 점토질토양까지 다양하며 칼리(K)분을 많이 함유한다. 깊게 풍화되지 않으면 붕괴에 강하나 편마암의 엽리(Foliation)는 암석을 약하게하고 침식과 붕괴를 발생시킨다.

○ 편암

편암역시 엽리가 있어 풍화되기 쉽고 특히 운모편암(Mica schist)은 미끄러지기 쉽고 낮은압력에도 붕괴되기 쉽다. 종종 대규모의 붕괴가 발생한다.

○ 기타암석

규암(Quartzite)은 석영립을 주성분으로 하는 사암이 변성된 암석으로 매우단단하며 풍화과정은 기암→암괴로 풍화된다. 풍화에 강하며 붕괴는 적은편이나 낙석은 자주발생한다. 석회암에서 변질된 대리석(Marble)은 백색이 보통이지만 흑색, 적색, 갈색등 여러가지가 있다. 주 구성광물은 주로 방해석과 비정질 탄산석회석이고 부수적으로 탄질물, 산화철, 휘석, 각섬석, 녹니석, 점토등이다. 일반적으로 붕괴에 강하다.

나. 암석의 생성연대

모든암석은 지표면에 노출되지 않고 땅속에 존재하는한 암석성인에 관계없이 생성연대(지질연대)가 오래될수록 단단하고 치밀하여 풍화에대한 저항성이 강하다. 그중에서도 퇴적암의 퇴적연대는 더욱그러한

데 다음은 과거 일본 동경지역에서 조사된 결과를 소개한다.

○ 고생층

고생층의 점판암, 혈암, 사암등은 생성연대가 오래되어서 암석의 고결도가 높고 치밀하여 붕괴에 대한 저항력이 높다.

○ 중생층

비교적 암석의 고결도가 높아서 붕괴발생은 적은편이다.

○ 제3기층

지층이 약간고결되어 있어서 붕괴가 잘 발생한다. 특히 혈암, 응회암지대에서는 대규모의 심층붕괴(땅밀림)가 발생한다.

○ 제4기층

제4기층의 홍적층(Diluvium)과 충적층(Alluvium)지대는 미 고결층으로 타층지대에 비하여 고결도가 최하위로 침식과 붕괴에대한 저항성이 매우낮다. 때문에 이들 지층은 이미 지형적으로 완경사지를 이루고 있기 때문에 제3기층에 비하여 붕괴발생률은 낮은편이다.

다. 불연속면(Discontinuity)

○ 사면의 안정성을 파괴하는 요인중에서 가장영향을 미치는것이 암석내에 발달하는 불연속면으로 절리, 균열, 단층파쇄대, 풍화대등이 있다. 절리와 단층은 지질구조

로 발생하는 틈(균열)이나 균열은 외부의 충격에 의하여 조성되는 틈등이 포함된다. 사면의 붕괴성향은 불연속면의 발달상태 즉 불연속면의 발달방향과 방향수, 경사, 형태, 길이, 간격 및 충전상태에 따라서 다르게 나타난다. 여기에서의 불연속면은 대부분 암석의 절리를 뜻하기 때문에 절리의 방향과 사면방향과의 관계, 절리면의 기울기는 사면붕괴에 중요한 영향을 준다. 또한 절리의 형태는 절리면의 조도(Roughness) 즉 절리면의 평탄성으로 전단저항과 붕괴시 붕괴부피의 팽창에 많은 영향을 준다. 그밖의 절리면의 길이는 연장길이이며 간격은 절리면의 폭이고 충전상태는 절리면을 채우고 있는 물질의 상태를 뜻한다. 절리면이 점토질로 채워져 있을 경우에는 대형의 붕괴가 발생할 수 있다. 절리의 방향수는 절리의 개수를 뜻하는 것이 아니고 절리면의 방향수를 뜻한다. 따라서 방향수(Joint set number)가 3개이면 중절리, 직

각절리, 판상절리(Sheeting joint)등을 말한다. 불연속면이 방향수가 많아질수록 사면체의 붕괴가능면도 많아지게 되어 방향수가 많으면 붕괴위험성은 증가하게 된다. 불연속면(균열)이 많은 암석은 편암이나 사문암이며 화강암은 풍화의 정도에 따라 차이가 심하다.

○ 단층과쇄대지역은 침투수의 통로가 되며 암석및 토양층을 분리시키므로 붕괴를 발생시킨다. 대형의 땅밀림이나 붕괴를 유발시킨다.

○ 풍화가 깊게 진행되는 지역에서는 대형의 붕괴가 발생된다. 미 고결층인 제3기 또는 제4기에 퇴적암지역(특히 이암, 함탄층, 응회암지역)과 사암이나 이암이 교호로 출현하는 지역에서는 붕괴성향이 매우 높다.

다음 표는 최근에 한국에서 발생한 산사태 발생지역으로 발생규모와 피해면적으로 대표적인 지역이라 하겠다. 대부분이 심층 붕괴지이며 땅밀림(Land creep)지역이다.

주요 산사태발생지

발생지	발생일	모암	발생면적및 붕괴토사량(ha,m³)	붕괴유형	피해상황
①정선 북면 구절리	2006.7	중부평안층군퇴적지층 (함탄층,사암,혈암층)	4.93ha(144,868m³)	땅밀림	남한강매물, 도로유실
②김해시 상동면 매리	2004.4	흑운모화강암, 각섬석화강암	1.5ha	심층붕괴 (땅밀림)	공장1동반파, 가공설비파손 (피해액 7억원 추정)
③부산시 기장군 정관면 달상리	2002.8	안산암질암류	0.48ha (높이120m, 폭40m)	산사태	요양원4명사망, 7명부상, 건물2개실매물
④양산 원동면 염포리(도로)	2002.8	흑운모, 화강암	0.2ha (도로40m유실,폭50m)	산사태	3명사망, 가옥1동 전파
⑤김해시 주천면 내삼리(내삼공단)	2002.8	함각력안산암, 안산암질화산력응회암	토사량650,000m³	산사태 (땅밀림)	1명실종, 20명부상, 건물7동매물, 2동파손

발생지	발생일	모암	발생면적및 붕괴토사량(ha,m³)	붕괴유형	피해상황
⑥완주 동봉읍 장구리		석영편암		땅밀림	
⑦삼척 원덕 노곡	1999.9	우백질화강암(함석류 석복운모화강편마암)	0.5ha	산사태 (일부 땅밀림)	
⑧삼척 근덕 상맹방	1999.9	운모편암(이질원)	0.2ha	산사태	
⑨삼척 근덕 초곡리	1999.9	우백질화강암 (화강편마암)	0.5ha	산사태 (일부 땅밀림)	황령조기기념관 주변도로 매몰
⑩부산남구 대연3동	1999.9	다대포층 (혈암및사암의 퇴적층) 연암층및 단층지역	0.75ha	산사태 (심층붕괴, 땅밀림)	황령터널부근, 교각및 도로피해 (길이130m, 폭20m), 인명피해4명
⑪ 당진군 송악면 부곡리	1999.1	화강암질편마암, 호상편마암 (준편마암지대)	2.28ha	땅밀림지	
⑫칠곡 지천면 금호리	1998.9	낙동층군의 퇴적암지대 (사암, 혈암, 이암)	1.9ha	땅밀림	폭50m, 길이100m
⑬단양군 영춘면 상리	1994.12	석탄기지층 (흑색혈암, 천매암, 석회암과 이암이협재) 석탄층이 포함	5.0ha	땅밀림	남한강 만곡부에 위치하여 강 매몰및 도로유실
⑮논산군 연무읍 황하정리	1998.5	운모편암		땅밀림	
⑮서울 구로 시흥2동	1987.7	화강암	0.7ha	산사태	사망20명, 부상10명, 가옥13동전파,26동반파

표에 의하면 총15개지역중 화성암지역에서 7개소 퇴적암중에서 4개소 변성암중에서 4개소인 것으로 나타나고 있다. 화성암 지역은 대부분이 화산암지역이거나 변성의 정도가 큰 화강암지대에서 발생하고 있다. 땅밀림지역은 대부분 절리가 발달되어 심층풍화가 일어난 지역으로 절리사이에는 점토분이 많이 충전되어 있는 지역에서 발생하고 있다. 퇴적암지대에서는 석탄층이

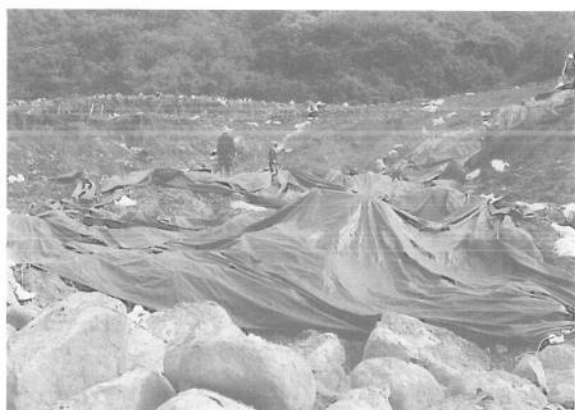
포함되는 함탄층이거나 사암, 혈암, 이암등의 퇴적암지대로 많은절리(3Set이상)가 있으며 역시 심층풍화된 지역이거나 사암, 혈암, 이암또는 석탄층과 같은 연약층이 나타나는 지역이다. 변성암지대로는 편암과 편마암지대로 역시 절리가 많으며 점토질이 많은 지역에서 나타나고 있다. 땅밀림지역은 대부분 절리가 많은 지역이고 절리를 따른 풍화가 깊게 진전된 지역이거나



정선 북면 구절리 (오장폭포 옆) 산사태지 전경



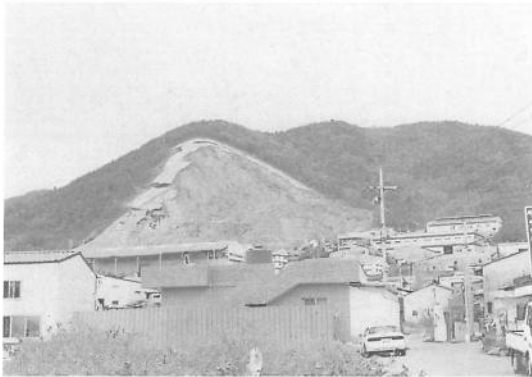
정선 북면 구절리 심층산사태 발생지 전경
사암, 혈암, 함탄층등 퇴적지층으로
고결도가 다른토층이 불규칙하게
나타나고 있으며 단층면도 나타나고 있다.



경남 김해시 상동면 매리 산사태(땅밀림 발생지)
암석은 흑운모화강암(각섬석 화강암)으로
절리가 많으며 절리를 따른 풍화가 깊게
형성되어 있다. 핵석이 많고 점토분이 많이
함유되어 있다.



경남 김해시 상동면 매리
화강섬록암지대로 구상풍화로 핵석이
형성되고 있으며, 절리면(풍화면)을
따라 점토분을 많이 함유하고 있다.



김해시 주촌면 내삼리(내삼공단)
산사태 피해지 전경



김해시 주촌면 내삼리
안산암질 응회암의 땅밀림 현상. 암석의
절리가 많으며 절리면을 따라 깊게
풍화되고 절리면은 점토질로 충전되어



부산시 남구 대연동 산사태(땅밀림)지 전경.
혈암, 사암의 퇴적층으로 절리가 많으며 절리를 따른 심층풍화로 땅밀림이 발생되었다.



충남 당진군 송악면 부곡리 땅밀림지 전경.
퇴적기원의 준 편마암지대로 풍화가 깊게
진전되어 땅밀림이 발생되었다.



강원 삼척 근덕 초곡리
변성작용을 받은 우백질 화강암으로
땅밀림현상에 의하여 전도파괴 현상을
보이고 있다.



삼척, 근덕 초곡리
우백질 화강암 지대에서의 구상풍화 현상



경북 칠곡군 지천면 금호리
땅밀림지전경. 사암, 혈암, 이암의
퇴적암지대로 땅밀림이 발생하였다.



칠곡군 지천면 금호리
사암, 혈암의 절리를 따른 땅밀림현상

고결도가 다른 암석층들이 교호로 나타나는 지역들이다.

4. 결론

현지의 토양특성과 붕괴가능성을 가능한 한 정확하게 진단하기 위하여 ①토양의 모재가 되는 암석을 식별하는 방법과 ②암석의 풍화과정과 생성토양 그리고 ③암석의 붕괴성향을 고찰하여 보았다. 광범위한 분야를 다루다 보니 설명이 누락된 부분과 불충분한 부분도 있을 것이며, 여러종류의 문헌을 참고하였기 때문에 의미가 중복되거나 상충되는 부분도 있을것이라 생각된다. 그러나 이 분야의 지식이 한가지로 단정하기 어려운 부분도 있으므로 계속적인 조사와 연구를 통한 보충이 이루어져야 한다고 판단된다. 지금까지 고찰된 내용을 요약해보면 다음과 같다.

○ 토양과 토목을 다루는 사람들이 암석을 식별한다는 것은 매우 중요한 일이다. 그러나 암석의 종류가 다양하고 동일한 암석이라 하더라도 그 구성광물의 양과질이 다소간 다르기 때문에 지역에 따라서 차이를 보인다. 암석을 식별하기 위해서는 가능한한 풍화되지않은 신선한 암석을 선정하여 그 파면(破面)내에서 구성광물(조암광물)을 판단하고 그 색깔등을 식별하여 구분한다. 또 중요한것은 저반(Batholith)상태로 대면적으로 나타나는 화성암체 즉 화강암의 경우에는 암석이 한가지이겠으나

소규모로 나타나는 암주(Boss)상의 화성암류이거나 퇴적암류, 변성암류등에서는 여러종류의 암석이 혼재되어 나타나는 경우가 많으므로 많은암석들 중에서 가장많이 분포하는 암석을 분별할수 있어야 한다. 정확한 암석의 식별을 위해서 암석도감과 지질도를 활용하는것이 효과적이다.

○ 중요한 암석의 풍화과정은 대체적으로 연구되어있다. 그러나 암석의 풍화과정도 주변환경(온도, 수분상태, 지형, 암석노출도, 식생등)에 따라 차이를 보이기 때문에 단지 암석의 종류에 의하여 풍화과정을 판단하기는 어려우나 현지에가서 현지환경을 파악하고 암석의 풍화과정을 판단하는것은 용이하다. 조암광물이나 암석이 풍화되어 초기토양이 모래질토양이 되느냐 점토질토양이 되느냐 하는것을 판단하는것은 어려운일이 아니나, 풍화과정이 끝난 토양이 토양화작용(토양생성작용)이 진행되어 토양층위가 형성되고 용탈·집적작용이 계속되는 경우의 토성은 변화하기 때문에 암석의 최종생성토양(토성)을 판단하는것은 어려운일이다. 대부분의 점토광물은 2차광물로 토양생성과정중에서 형성되기 때문이다.

○ 암석이 풍화되어 보통암, 연암, 풍화암(모재)가되고 또 모재가 풍화되어 토양이 생성된다. 그러나 다소간의 풍화가 이루어진 암석들은 암석의 종류에 따라서 풍화속도가 다르며, 동일암석이라 하더라도 불연속면의 종류(절리, 균열, 단층파쇄대)와 특성(불연속면의 량과질)에따라 풍화깊

이가 다르다. 우리나라의 산지재해[침식, 산사태, 심층붕괴(땅밀림)]는 대부분이 얕은 깊이의 산사태(천층의산사태)가 대부분이나 심층의 산사태(땅밀림)도 자주나타나고 있다. 조사결과에서도 알수있듯이 화성암, 퇴적암, 변성암등 암석성인에 관계없이 심층붕괴인 땅밀림이 발생하여 많은 피해를 주고 있다. 심층붕괴가 자주 발생하는 암석은 대체적으로 연약지반을 이루는 화산암류와 화산쇄설암류(안산암류, 응회암류), 미고결퇴적암류와 절리가 많이 발달하는 엽리또는 편리구조를 가지는 변성암류 등으로 알려져 있으나 대체적으로 절리가 적은 괴상의 화강암지대에서도 발생하는것을 볼때 풍화의 깊이 즉 풍화대가 깊게형성되는 암석에서도 땅밀림이 발생되는것을 알수 있다.

■ 참고문헌

- 건설기술문제연구회, 1973, 사방공학, 건설연구사
- 권혁재, 1980, 지형학, 법문사
- 대한지질학회, 1998, 한국의지질, 시그마프레스
- 산업기지개발공사, 1985, 85암반사면의 안정분석을 위한 현장조사 지침서, 산업기지개발공사
- 우보명의 18인, 1997, 산림공학, 광일문화사
- 우보명, 1983, 사방공학, 향문사
- 육군사관학교, 1980, 지학(地學), -지형 및 기상-
- 전성기, 2002, 사면안정화설계 실무편람, 과학기술
- 정진호외2인, 2004, 내삼공단지 산사태 지역 사면안전검토및 시공에관한 용역연구 중간보고서, 부경대학교 공학연구원 산림과학기술연구소
- 정창희, 1983, 신 지질학개론, 박영사
- 조성진외2인, 1983, 신고 토양학, 향문사
- 최경, 2011, 토양과 수목생장, 수목보호, 한국수목보호연구회
- 최경외4인, 2003, 내삼농공단지 산사태 원인규명 및 복구대책 연구용역보고서, 김해시
- 최경외4인, 2004, 상동면 매리 산사태안전진단 복구대책수립 연구용역보고서, 김해시
- Lee W. Abramson, Thomass. Lee, Sunil Sharma, Glenn M. Boyce, 1996, Slope stability and Stabilization Methods
- Raymond W. Miller, Royl. Donahue, 1990, Soils
- Robert F. Legget, Allen W. Hatheway, 1988, Geology and Engineering, McGRAW-HILL BOOK Company
- 砂防學會, 1992, 斜面土砂移動現象, 山海堂
- 矢野義男, 1973, 山地防災工學, 山海堂
- 佐伯秀章, 1960, 農林地質學, 朝倉書店



시

동 화

김 문 억
달섬 문학회

어느 날 뿌리로부터 줄기 타고 올라온 바람
 때 없는 투정으로 고달프고 귀찮지만
 싸우다 정든 나무가 바람과 같이 살고 있다.

바람은 철부지
 말 안 듣는 주정뱅이
 빗물인지 눈물인지 몰아치며 흔들지만
 나무는 염불만 하며 바람 집 한 채 짓고 있다

나무가 잠들어야 바람도 따라서 잔다
 부지런히 하늘가는 길을 비질하고 닦으면서
 바람을 달래며 산다
 소태같이 쓴 바람

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

제1장 총 칙

제1조(명칭) 본회는 사단법인 한국산지환경조사연구회(이하“본회”)라 한다.

제2조(목적) 본회는 산림환경에 관련된 종합적인 조사·연구와 과학적인 산림자원 관리 및 산림정책 수립에 필요한 산림자원 통계의 생산 및 정보 제공으로 임업발전에 기여함을 목적으로 한다.

제3조(사무소) 본회의 주 사무소는 경기도 남양주시 진접읍에 두고 필요에 따라 특·광역시 및 각도에 지회를 둘 수 있다.

제4조(사업) 본회는 제2조의 목적을 달성하기 위하여 다음 각호의 사업을 행한다.

- ① 다음 각호의 사업에 대하여 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. 원격탐사기법의 임업적 응용연구
 8. 산림영상판독 및 산림측정기술 개발
 9. 산림지리정보 시스템개발 및 DB구축
 10. 산림영상사진 판독사 자격 검증 및 관리 운영
- ② 임업기술과 관련된 국외 기술협력 및 정보교환

③ 본 회 목적과 관련된 정보수집, 교류, 세미나, 기술교육 및 간행물 발간

④ 본 회 목적과 관련된 사업의 수탁 및 용역

제2장 회 원

제5조(회원의 구성) 본 회의 회원은 정회원, 명예회원으로 한다.

제6조(회원의 자격)

① 정회원은 본 회의 목적에 동의하고 회원가입을 원하는 개인 또는 단체

② 명예회원은 본 회 및 임업발전에 기여한 자

제7조(회원의 가입) 본 회의 회원으로 가입하고자 하는 자는 소정의 가입신청서를 제출하고 이사회의 승인을 얻어야 한다 .

제8조(회원의 권리)

① 정회원은 임원에 대한 선거권, 피선거권(단체회원 제외) 및 총회에서의 발언권과 의결권을 가진다.

② 명예회원은 발언권만 가진다.

제9조(회원의 의무) 본 회 회원의 의무는 다음과 같다

① 본 회의 회원은 정관규정을 준수하고 이사회에서 정하는 바에 따라 회비납부 의무를 이행하여야한다

② 본 회의 회원은 정관 또는 이에 따른 규정과 총회 및 제반업무 수행에 적극협조하여야 한다.

제10조(회원의 탈퇴, 자격상실, 제명 및 자격정지)

① 회원은 임의로 탈퇴할 수 있다.

② 금치산, 파산선고, 사망 및 제명 처분을 받았을 때에는 자격을 상실한다.

③ 제9조의 의무를 이행하지 않거나 본 회의 목적에 위반 행위를 한 자는 이사회의 의결에 의하여 제명할 수 있다.

④ 회비를 2년 이상 체납 시 회원의 자격이 정지된다.

제3장 임원 및 조직

제11조(임원의 구성) 본회는 다음의 임원을 둔다.

1. 회 장 : 1인
2. 부 회 장 : 2인 이내
3. 이 사 : 20인 이내
4. 상임이사 : 3인 이내
5. 감 사 : 2인 이내

제12조(임원의 자격 및 선출) 임원은 회원중에서 총회에서 선출한다.

제13조(임원의 임기) ① 임원의 임기는 3년으로 하고 감사는 2년으로 하되 1회에 한하여 연임할수 있다.

② 보선에 의하여 취임한 임원의 임기는 전임자의 잔여임기로 한다.

③ 회장을 제외한 임원의 임기 중 궐위 또는 유고 시 이사회의 의결을 거쳐 선임하고 총회에 보고한다.

제14조(임원의 직무) 임원은 다음의 직무를 행한다.

1. 회장은 본 회를 대표하여 업무를 총괄하고 총회와 이사회의 의장이 된다.
2. 부회장은 회장을 보좌하며 회장 유고시에는 부회장 중에서 연장자순으로 그 직무를 대행한다.
3. 상임이사는 회장의 명을 받아 본회의 회계 및 서무에 관한 업무를 수행한다.
4. 이사는 정관의 규정에 의한 이사회의 기능에 속하는 사항과 회무에 관한 사항을 심의 의결한다.
5. 감사는 본 회의 재산 및 업무집행 상황을 감사하여 총회에 보고하고 이사회에 참석하여 의견을 진술할 수 있다.

제15조(임원의 보수) 본 회의 임원은 명예직으로 하되 상임이사는 유급으로 하고, 본 회를 위한 임원이 업무수행 시 실비를 지급할 수 있다.

제16조(임원의 해임) 임원은 다음 각호의 1에 해당하는 경우 총회의 결의로 해임할 수 있다.

1. 본 회의 명예를 훼손하였을때

2. 본 회의 부정행위가 있을때
3. 고의 또는 중대한 과실로 본회에 중대한 손실을 초래한 때
4. 재적회원 3분의 1이상이 해임 요구가 있을때

제17조(자문위원 위촉) ① 본 회의 연구발전과 조사기술개발에 대한 자문을 받기위하여 자문위원을 위촉할 수 있다.

② 자문위원은 이사회의 의결을 거쳐 회장이 위촉한다.

제18조(조직)① 본 회의 업무를 원활하게 수행하기 위하여 필요한 조직 및 업무분장 등에 관한 사항은 내규로 정한다.

제4장 회 의

제19조(회의 종류) 본 회의 회의는 총회 및 이사회로 한다.

제20조(총회) ① 총회는 정기총회와 임시총회로 한다.

② 정기총회는 매년 2월중에 개최하고 회장이 소집한다.

③ 임시총회는 회장이 필요하다고 인정할 때, 재적이사 3분의 1이상의 요청이 있을 때, 재적회원 3분의 1이상의 요청이 있을 때, 또는 감사가 긴급을 요하는 중요한 사유를 발견할 때 회장이 소집한다.

④ 총회는 다음 각호의 사항을 심의 결의한다.

1. 사업계획, 예산 및 결산에 관한사항
2. 정관개정 및 법인의 해산에 관한사항
3. 임원선출 및 해임에 관한 사항
4. 사업계획 및 사업보고에 관한 사항
5. 기타 중요한 사항

⑤ 총회는 재적회원 과반수의 출석으로 개최하고 출석회원 과반수의 찬성으로 의결한다.

⑥ 총회의 의사결정을 과정 등을 명확히 하기 위하여 의사록을 작성하고 의장과 출석한 이사는 기명 날인 또는 서명한다.

제21조(이사회) 본 회의 회장은, 부회장, 이사, 상임이사로 구성되는 이사회를 둔다.

제22조(이사회 개최) ① 이사회는 회장이 필요하다고 인정하거나 이사 과반수이상의 요청이 있을 때에는 회장이 이를 소집하여야 한다.

② 회장이 이사회를 개최하고자 할 때에는 회의개최 7일 이전에 목적, 일시, 장소를 명시하여 이사에게 통지하여야 한다.

제23조(이사회 의결사항) 이사회의 의결사항은 다음과 같다.

1. 업무의 집행에 관한 사항
2. 사업계획의 운영에 관한 사항
3. 예산, 결산서 작성
4. 총회에서 위임 받은 사항
5. 정관이 정한 그 권한에 속하는 사항
6. 기타 회장이 필요하다고 인정하는 사항

제24조(의결정족수) 이사회는 구성원 과반수의 출석으로 개최하고 출석인원 과반수로 의결하되 가부동수일 때에는 의장이 이를 결정하고 필요에 따라 서면으로 결의할 수 있다.

제5장 재산 및 회계

제25조(재산 및 재정) 본 회의 재산과 재정은 다음 수입으로 충당한다.

1. 회원의 회비
2. 사업수익금
3. 찬조금, 기부금
4. 기타 수입금

제26조(회계연도) 본 회의 회계연도는 정부의 회계연도에 준한다.

제27조(예산의 편성) 회장은 사업연도초에 사업계획서와 예산을 편성하여 이사회의 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제28조(예산의 결산) 회장은 매 회계연도 종료 후 2개월 이내에 회계연도 말 현재 감사의 의견서를 첨부하여 사업보고서와 세입·세출결산서를 이사회 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제29조(잉여금의 처분) 회계연도 말에 잉여금이 생긴 때에는 총회의 결의에 따라 그 전부 또는 일부를 재산으로 적립하거나 다음 회계연도에 이월시켜야 한다.

제6장 지 회

제30조(설치) 본회는 제3조의 규정에 의하여 필요한 지역에 지회를 둘 수 있다.

제31조(운영) 각 지회는 본회의 정관에 준하여 운영한다.

제32조(지회장 선출) 각 지회는 지회장, 총무를 선출하고 선출 즉시 임원명단, 회의록 및 취임 승낙서를 첨부하여 본회에 보고하고 인준을 받아야 한다.

제7장 보 칙

제33조(감사) 본회의 감사는 정관 제14조 제5호의 규정에 따라 회의 업무 및 재무에 관한 사항을 연 1회 이상 감사하여 총회에 보고해야 한다.

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

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

제36조(정관의 개정) ① 정관의 개정은 재적회원의 과반수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2 이상의 찬성으로 의결한다.

② 전항의 정관개정은 주무부처의 승인을 받아야 한다.

부 칙 (1996. 8. 9)

- ① (시행일) 본 정관은 산림청장의 허가 날로 부터 효력을 발생한다.
- ② (경과조치) 허가당시 창립총회에서 선출된 임원은 본 정관에 의하여 선출된 것으로 본다.
- ③ 본 정관에 없는 사항은 법령 및 관례에 따른다.

부 칙 (1998. 4. 28)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (1999.11.13)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2001. 3.26)

- ① (시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙 (2005. 12. 6.)

- ① (효력발생) 이 정관은 산림청장의 허가를 받아 등기한 날로부터 그 효력을 발생한다.
- ② (준용) 이 정관에 규정되지 아니한 사항은 민법의 규정에 의한다.
- ③ (경과 규정) 이정관 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 (경과 규정) 이정관 개정당시 재임중인 임원의 임기는 잔여임기까지로 한다.

회원 명단 및 임원 주소록

임원

- 자문위원 : 이여하, 김사일, 김태훈, 이진규, 김태옥, 박순조, 류택규
- 명예회장 : 김규현
- 회 장 : 안병영
- 부 회 장 : 김정환, 심우범
- 상임이사 : 연정수
- 이 사 : 김성호, 김재수, 김재원, 박규중, 박승중, 박재순, 박재인, 손요환, 송장호, 오종환, 원현기, 이명중, 이승호, 이종학, 이천용, 정용호, 정진현, 조현재, 홍의기, 홍인표, 홍한표
- 감 사 : 장영기

회 원

구교상, 구창덕, 김경하, 김동균, 김문겸, 김선경, 김용민, 김종찬, 김종호, 김준섭, 김철민, 김철수, 김춘식, 류재철, 마수정, 박관수, 박남창, 박동근, 박병배, 박정신, 박종봉, 배상원, 변재경, 서수안, 서호석, 신상철, 신윤희, 심경용, 안경모, 어운갑, 오인자, 윤호중, 이대섭, 이대호, 이봉수, 이상수, 이승우, 이시영, 이원규, 이종명, 이창우, 이춘택, 이충화, 이태수, 전수진, 조성철, 차성준, 채광석, 최 경, 최인규, 최형택, 홍석주, 홍호준 (53명)

임원주소록

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
자 문 위	이 여 하	전 임업연구회 회장	서울 강남구 논현동 222-15	(02)548-5153
"	김 사 일	전 임업연구원 부장	서울 동대문구 이문1동 76-1 이경빌리지 202호	(02)963-2058
"	김 태 훈	전 임업연구원 부장	서울 영등포구 당산동5가42 당산삼성래미안아파트 412-1902	(02)2677-3926
"	이 진 규	전 임업연구원 부장	경기도 구리시 수택동 수택주공아파트 103-1006	(031)556-1765
"	김 태 옥	전한국산지환경조사연구회장	경기 남양주시 화도읍 창현리 745두산아파트 205-1303호	(031)511-8863
"	박 순 조	전 임업연구원 부장	서울 성북구 하월곡동 88-957 성북힐스테이트아파트 102-903	(02)949-4687
"	류 택 규	전 원광대학교 교수	서울 동대문구 청량리동 동부아파트 103-1404	(02)959-0773
명 예 회	김 규 현	전 임업연구원 부장	서울 구로구 구로1동 주공아파트 110-1303	(02)869-2133

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
회 장	안 병 영	한국산지환경조사연구회	경기 의정부시 호원동 우성3차아파트 303동 1408호	(031)874-5109
부회장	김 정 환	한국산지환경조사연구회	경기 성남시 분당구 정자동 느티마을 406-1802	(031)712-0791
"	심 우 범	한국산지환경조사연구회	경기 남양주시 퇴계원면 퇴계원리 신도아파트 102-804	(031)574-0279
상임이사	연 정 수	한국산지환경조사연구회	서울 도봉구 창4동 동아아파트 6-706호	(02)995-0194
이 사	김 성 호	국립산림과학원 산림자원정보과	서울 동대문구 청량2동 국립산림과학원	(02)379-1538
"	김 재 원	산림생산기술연구소	경기도 포천시 소흘면 직동리	(02)938-1772
"	김 재 수	충북대학교 교수	충북 홍덕구 개신동 48 충북대학교 산림과학부	(043)212-0708
"	박 규 종	전 국립산림과학원	서울 노원구 상계8동 주공아파트 1604-205	(02)937-2666
"	박 승 종	전 부여국유림관리소장	서울 동작구 신대방동 616-57	(02)833-1553
"	박 재 순	한국산지환경조사연구회	경기 성남시 분당구 정자동 느티마을아파트 302-804	(031)715-3186
"	박 재 인	충북대학교 교수	충북 청주시 흥덕구 개신동 삼익아파트 101-1204호	(043)261-2532
"	손 요 환	고려대학교 교수	서울시 성북구 안암1동 고려대학교 자연과학대학	(02)997-0125
"	송 장 호	전 임업연구원 산림조사과장	서울 도봉구 창1동 663-28	(02)902-8254
"	오 종 환	전 임업연구원 임산공학부장	서울 도봉구 창5동 북한산 아이파크아파트 503-702호	(02)908-8817
"	원 현 기	전 북부지방산림관리청	서울 노원구 상계동 1404-109	016-7346-1962
"	이 명 종	강원대학교 교수	춘천시 효자2동 192-1 강원대학교 산림과학대학	(033)50-8314
"	이 승 호	국립산림과학원	서울 도봉구 방학동 730 극동아파트 101-205	(02)3494-4212
"	이 중 학	(주)하이에스 대표	서울 송파구 방이동 109-11 유미빌딩 302호	(02)421-0522
"	이 친 용	국립산림과학원	서울 동대문구 청량2동 207 국립산림과학원	(02)961-2758
"	정 용 호	국립산림과학원	서울 동대문구 청량2동 207 국립산림과학원	(02)2205-7166
"	정 진 현	국립산림과학원 산림복원연구과장	서울 노원구 상계동 현대아파트 305-302호	(064)7307-260
"	조 현 제	녹색사업단 단장	대전 서구 반월길 81 아느스빌 309	(053)983-7427
"	홍 의 기	전 국립환경연구원 연구관	경기 남양주시 와부읍 덕소리 코오롱아파트 115-	(031)9637-6031
"	홍 인 표	전 임업연구원 재료시험과장	의정부시 민락동 송산주공아파트 6단지 602동 904호	(031)852-1645
"	홍 한 표	전 중부임업시험장장	서울 노원구 중계동 상아아파트 17-701	(02)972-7155
감 사	장 영 기	한국산지환경조사연구회	경기 의정부시 의정부동 신도아파트 201-802호	(031)876-2999

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)
- 2001. 3. 17 산림사업을 목적으로 설립된 법인등록(산림청 제2001-5)
- 2011. 2. 28 소프트웨어 사업자 신고(신고번호 B11-39525)
- 2011. 3. 23 엔지니어링 활동주체 신고(신고번호 12-000210)
- 1998. 4. 28 제1차 정관개정 승인
- 1999. 11. 13 제2차 정관개정 승인
- 2001. 3. 26 제3차 정관개정 승인
- 2005. 12. 6 제4차 정관개정(전문개정) 승인
- 2009. 10. 1 제5차 정관개정 승인
- 1997. 2. 21 제1차 정기총회 이후 2011년까지 제15차 정기총회 개최

1996년 ~ 2009년 사업실적

- 산림입지조사 및 1:25,000 입지도 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(2000~2010년) : 297,813ha
 - 조사 경영계획구수 : 26개
 - 조사 경영구명 : 철원,인천,원통,영해,보은(보안),단양(보완),성산,울릉,단양,진안,무주(보완),진부,교가,옥천,화천,화성,순천,기린,보은,순천,포항,곡성,창춘,대전,횡성,국립수목원
- 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

- 국가공간정보 기반 구축사업
 - 1:5,000 입지도 제작 : 2009년 540도엽(156,547ha). 2010년 260도엽(97,647ha)
 - 1:5,000 임상도 제작 : 2009년 109도엽. 2010년 166도엽(79,495ha)
- 공원지역 토양조사
 - 서울숲 및 부산 경남경마공원 토양조사 : 2009년 2건
- 연구용역
 - 사방댐 및 황폐지 복구등 사방 관련 시험연구 4건
 - 민통선지역의 산림토양 및 산지이용실태 조사연구 1건
 - 산림훼손실태 및 건강모니터링 1건
 - 시험림의 입지환경조사 2건(광릉, 제주시시험림)
 - 국유양묘장 포지 토양조사(2006~2010) : 10개소
(춘양,울진,정선,보성,평창,남원,용문,홍천,간척,삼성)
- 외국 관련 용역
 - 중국 서부지역(5개지역) 조림사업 PMC용역 1건
 - 미얀마 중부지역 녹화시범단지 조성사업 1건
 - 중국 북경지구 산림종합경영 시범사업 PMC용역 1건
- 산지환경회지 발간 : 13회

2011년 사업계획

- 산림입지조사 및 1:5,000입지도 확대제작 사업 : 297도엽(95,538ha)
- 국가공간정보시스템 구축 : 1:5,000 임상도 제작사업 : 359도엽(166,453ha)
- 민유림양묘장 토양조사
- 산지정화 및 산불조심 캠페인 : 2회
- 산지환경회지 발간 : 제14호

부 록

연도별 회지 목록

창간호 1998

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

제2호 1999

머리말	김태옥
논 단	
산림기능평가와 산림관리	김현식 / 5
산림과 水 환경	손희만 / 13
산림토양분야연구의 발전과 전망	손요한 / 16
지역개발과 산림	안상남 / 24
특 집	
1998산사태 발생특성과 21세기를 대비한 방재대책	최 경 / 31
물 순환과정 조절을 통한 친환경적 산원수자원증대방안	정용호 / 51
입지환경	
바람직한 산지 구릉지 개발의 추진방향에 관한 소고	최영국 / 64
지구환경오염을 말한다(I)	이충화 / 84
산림생산력과 임지양분유효도 향상	김춘식 / 88
석회암지역의 임지관리	안병영 · 김정환 / 92
제 언	
산지환경개선을 위한 산림경영방안	이병기 / 98
21세기를 향한 산지환경정책	김동수 / 100
국내외 기술 정보	
뉴질랜드 토지이용의 지속가능성의 문제	구창덕 / 102
독일 헛센주의 산림입지조사	배상원 / 113
부 록	
회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 124

제3호 2000

머리말	김태옥
논 단	
산지 관리제도(요약)해설	전범권 / 5

풍요로운 새 천년을 위한 임업 설계	이원규 / 11
대기오염(산성비)에 의한 산림피해 현상과 대책	유정환 / 17
도시산림, 녹지의 중요성과 식생관리계획	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

제4호 2001

머리말	김태욱
논 단	
임업경영과 환경보전과의 관계해명	김사일 / 5
제3종 수원함양보안림 실태 및 대책	정용호 / 9
생태학을 응용하는 개념과 경관임업	구창덕 / 16
산림은 깨끗한 에너지의 보고	박순조 / 22
특 집	
국토생태통합 네트워크의 구축과 관리방향	김선희 / 24
지속가능한 산림경영을 위한 활용 방안	정진현 / 39

입지환경

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

국내외 기술 정보

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

제 언

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

부 록

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

제5호 2002

머리말

류택규

논 단

21세기 국유림 관리 기본방향	김용하 / 5
지속가능한 생태를 향한 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

제6호 2003

머리말	류택규
특별기고	
산지환경조사연구회에 바란다	조정무 / 5
전국토 완전녹화 기념관 건립을 촉구함	김사일 / 7
논 단	
사유림 경영 활성화를 위한 대안	김의경 / 11
새로운 산림조사의 체계 및 방향	이승호 / 16
특 집	
일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(II)	전근우 / 33
계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능에 관한 고찰	박재현 / 42
입지환경	
임지 산성화의 생태적 의미와 회복을 위한 토양개량	이승우 / 61
전국 산림입지조사 및 수치산림입지도 구축 활용 방안	원형규 · 정진현 / 70
국내외 기술 정보	
자연 친화적 산지기계류 복원기법(II)	김경하 / 82
일본의 오존, 산성비 및 토양산성화에 대한 연구동향	이충화 / 95
중국 서부지역 사방조림 지원사업 현장 정밀조사	안병영 / 105
제 언	
우리나라 국유림 경영관리에 대한 제언	최정기 / 123
북한의 식량사정과 사방조림을 통한 지원 필요성	이태수 / 127
부 록	

정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지

/ 132

제7호 2004

머리말

류택규

산림정책

2004년도 산림정책 방향

김남균 / 5

논 단

우리나라 수원함량 보안림제도에 대한 고찰

김사일 / 14

지구규모의 환경파괴와 토양

이원규 / 23

특 집

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(III)

전근우 / 28

계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 관리전략

박재현 / 35

입지환경

산림사업관리가 산림토양에 미치는 영향

김춘식 / 68

국내외 기술정보

뉴질랜드 라디아타소나무의 지속가능한 조림

구창덕 / 73

산림경관 보전을 위한 칠강재 사방댐의 경관향상 안병영·최경·오종환·홍한표 / 89

기법개발

중국서부지역 사방조림 지원사업 추진방향

최 경 / 119

부 록

정관, 회원명단 및 임원주소록, 주요일지

/ 132

제8호 2005

머리말

류택규

산림정책

숲다운 숲을 가꾸어 산림복지 국가를 이룩합시다

조연환 / 3

특별기고

백두대간 보호에 관한 법률의 허와 실

김사일 / 8

경기도 산지전용 현황과 관리대책

황인표 / 12

산불피해지 수토보전기능 실태 및 조기회복 방안	정용호 / 19
전국산림입지조사 성과와 수치산림입지도 구축	정진현 / 31
수치산림입지도의 효율적인 활용방안 제시	안병영 / 42
논 단	
일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(IV)	전근우 / 44
중국의 산림피해 및 대기오염 실태	이충화 / 49
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과(I)	최 경 · 안병영 / 54
북한의 산림황폐 실태 및 복구 전략	박재현 / 84
연구논문	
산사태의 지질학적 원인	박 경 · 임주훈 · 이명보 / 102
산불로 인한 산림토양의 변화	이계한 / 114
해외정보	
산림경영을 위한 입지와 임분형 구분	배상원 / 122
제 안	
임도시설시 고려하여야 할 사항	윤하공 / 130
부 록	
정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 135

제9호 2006

머리말	류택규
축 사	서승진
축 사	김성훈
산림정책	
우리나라 산림정책 현안과 과제	김사일 / 7
논 단	
수목을 이용한 환경 오염지 정화기술	이충화 / 14
조사연구	
2005년 중부지역 산림건강 모니터링 조사연구	오종환 / 18
동해광산 복구지역의 생태환경조사연구	최 경 외 12 / 31
비무장지대에 인접한 민통선지역의 유존군락 및 산림이용실태 조사연구	홍인표 / 47

광릉시험림의 천연림소나무 보존대책	안병영 외 3 / 62
산림경관 보전을 위한 철강재사방댐의 경관향상 기법개발	안병영 외 8 / 73
제주시시험림 서귀포 상호지역 산림입지환경 조사연구	안병영 외 3 / 83
조사용역사업	
전국산림입지조사	한국산지환경조사연구회 / 91
국유림 영림계획 산림조사	" / 92
수도권 잡종재산 실태조사	" / 94
전국 선사유적지 토양조사	" / 95
해외사업	
중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황과 성과	최 경 외 6 / 103
미얀마중부지역 산림녹화시범단지 조성사업	류택규 외 3 / 118
중국북경지구 산림종합경영 시범사업	최 경 외 2 / 131
부 록	
정관,회원명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 138

제10호 2007

머리말	김규현 / 3
특별기고	
몽골사막지역에 녹화성공신화 다시 쓴다	윤영균 / 5
지구온난화 방지를 위한 지속가능한 바이오 에너지 개발	김사일 / 8
논 단	
국유림경영과 산림경영인증	백을선 / 13
산림경영 인증의 이해와 과제	정세경 / 18
논 문	
수변림의 효과적 이용방안	박재현 / 22
대기오염 및 산성비에 의한 산림생태계 변화	이충화 / 44
국유 묘포의 현황 및 토양조사 추진계획	변재경 / 50
조사연구	
임진강유역 황폐지 복구방안에 대하여	김경하 외 4인 / 55
2006년중부지역 산림건강모니터링 조사연구	오종환 외 10인 / 67

비무장지대 인접한 민통선지역의 야생식물 유존자원과 산지이용실태조사연구	홍인표 외 7인 / 87
기술정보	
건강한 숲을 만들어가는 국유림 산림조사	장관용 / 103
합리적인 산림경영을 위한 맞춤형 적지적수프로그램개발	원형규 / 116
세계측지계의 이해와 좌표변환	김철민 / 121
부 록	
정관,회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 130

제11호 2008

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

제12호 2009

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

제13호 2010

머리말	김규현 / 3
산림정책	
청정녹색연료, 목재펠릿의 가치와 전망	진선필 / 5
논 단	
저탄소 녹색성장 과제	류택규 / 11
특 집	
해외산림자원 개발 현황 및 가능성	박종호 / 17

지구환경 보전과 목조건축	박문재 / 24
산림의 인간 건강증진 및 질병 치유효과	유리화 / 34
조사연구	
국립수목원 소관 광릉숲 산림조사	안병영 외 6명 / 43
기술정보	
21세기 녹색성장을 위한 산림과학 연구	정진현 / 52
토양조사	최 경 / 60
목재펠릿 현황과 전망	이수민 / 65
기후변화에 따른 수목병 발생동향	김경희 / 81
유비쿼터스와 산림	김경민 / 93
산림토양 산성화가 낙엽분해에 어떤 영향을 미치는가?	이충화 / 104
지속가능한 산림경영을 위한 합리적인 산림토양질 평가 체계	이승우 / 107
기행문	
미국 서부지역 여행에서 받은 인상과 소견	김사일 / 112
칼 럼	
중 심(中心), 중도(中道), 중용(中庸)	박순조 / 119
시	
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

투 고 안 내

원고의 종류

- 산림입지환경조사연구에 관한 기술 정보
- 산림조사 및 영림계획 운용에 관한 기술정보
- 산림생태, 임업경영, 자원관리 등 임업기술정보에 관한 사항
- 산림 및 임업에 관한 각종 정보

작성요령

- 국한문 혼용 200자 원고지 50매(A4 10장) 내외
- 원고의 채택
 - 편집위원회에서 결정
 - 등재된 원고는 소정의 고료 지불
 - 수시 접수

편 집 위 원

위원장 : 안 병 영

위 원 : 오 종 환, 홍 인 표, 최 경

山地環境

第14號

發行人 編輯人 安秉榮 2011年 7月 印刷

2011年 7月 發行

發 行 處 社團 韓國山地環境調查研究會
法人 京畿道 南楊州市 榛接邑 長峴里 627-2층

TEL (031)572-1678 · 0063 · 0127

FAX (031)572-7387

E-mail: ipji7387@hanmail.net

<http://www.ksfer.or.kr>

印 刷 三星인쇄공사 ☎ (02)2261-4431



정밀한 영상사진 판독에 의한 입지구획으로
토양특성과 지위급을 파악하여 산림생산력 증대로
저탄소 녹색성장은 한국산지환경조사연구회가 책임진다.



토양단면



영상사진판독

(사)한국산지환경조사연구회

주소 : 경기도 남양주시 진접읍 장현리 627 2층
전화 : (031) 572-1678 Fax : 572-7387

E-mai : ipji7387@hanmail.net
홈페이지 : <http://www.ksfer.or.kr>