

第六號

2003

ISSN-1226-8321

山地環境

특 집

- 일본에 있어서 수변지역 관리보전(II)
- 계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의
순기능과 역기능에 관한 고찰



KSFER

社團
法人

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

第七次 定期總會 開催

일시 : 2003년 2월 21일

장소 : 한국산지환경조사연구회 회의실



▲ 2003년도 사업계획(안)과 예산(안)을 의결하였다.



▲ 2003년도 자문위원회의

산림입지조사장비



반사임체경(MS-27)



고도계(Thommen)



고도계(Vector)



레이저거리측정기(Yardage)



하그로프수고측정기(Vertex III)



썬토클로프스/크리노메타



생장추(스웨덴)



토양경도계

디지털연륜측정분석기(Digital Tree Ring System)



- ◆ 모델 : DTRS-2000
- ◆ 크기 : W1,562×D800×H1,115mm
- ◆ 측정단위 : 1/100mm
- ◆ 배율 : 10배, 40배
- ◆ 최대 측정거리 : 600mm
- ◆ 시료의 형태 : 단판(최대 1,200mm까지 장착)
코어(Core)
- ◆ 연륜측정프로그램 및 연륜분석프로그램 제공
- ◆ 측정 및 분석프로그램 Upgrade Version 제공
- ◆ 실용신안등록 제0215150호

신일사이언스

Instruments & Equipments for
Agriculture, Forestry, Environment

서울특별시 광진구 구의2동 51-11

Tel : (02)452-0520, 2201-4921

Fax : (02)2201-4922

e-mail : jwchois@kornet.net

산림조사 용역 중간보고회



▲ 장소 : 흥천관리소 강당



▲ 현지 설명회 광경 (2002. 10. 4)

한국산지환경조사연구회 소개

설립 목적

산림의 입지환경 및 생태환경에 관한 조사·연구를 실시하여 산림자원의 과학적 관리에 필요한 정보제공으로 임업발전에 기여

주요활동 분야

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

중점 사업

- 산림입지환경 조사·연구(산림토양 조사)
- 산림실태 조사·연구
- 영림계획의 작성(산림조사)
- 산지이용 구분조사
- 산림의 형질변경 허가에 따른 입목축적 조사
- 산사태 위험도 평가
- 산림사업에 관련된 연구·용역(토양, 산림, 산사태 등)

일반현황

- 연구회명 : 사단법인 한국산지환경조사연구회
- 대표이사 : 유 택 규
- 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)
- 주 소 : 경기도 남양주시 진접읍 장현리 604-3
- 전화번호 : (031)572-1678, 0063 FAX:572-7387

주요사업 분야와 성과품

사업 분야	성과품
○조사사업 - 토양조사 ○ 입지환경조사 ○ 토양단면조사(토양시료 분석) ○ 식생조사 - 산림실태조사 ○ 임목생장량조사 ○ 임분밀도조사 - 산사태 위험도 평가 ○ 산복붕괴 우려자 { 자연사면 전경사 인공사면 ○ 토석류 위험계류 ○ 땅밀림 우려지	- 산림입지도 - 임지능력 급수도 토양도 임지능력 구분도 - 임상도 임상도 - 산사태 위험구분도 산사태 위험구분도 산지이용 구분도
○연구용역 사업 ○ 토양관리 ○ 산림실태 ○ 산사태 위험도 평가 ○ 산사태 복구 및 예방 대책	- 각종도면 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
- 영림계획 산림조사 2000~2002 : 146,400ha
- 국유림잡종재산 실태조사 2001~2002 : 2,877필지
- 산림훼손허가지 임목축적조사 2001~2002 : 4건(5.68ha)
- 철강재사방댐 녹화시험연구 2001~2003 : 1건

영림계획 작성을 위한 산림조사



▲ 입목의 흉고직경측정

철강재 사방댐 녹화시험 연구사업

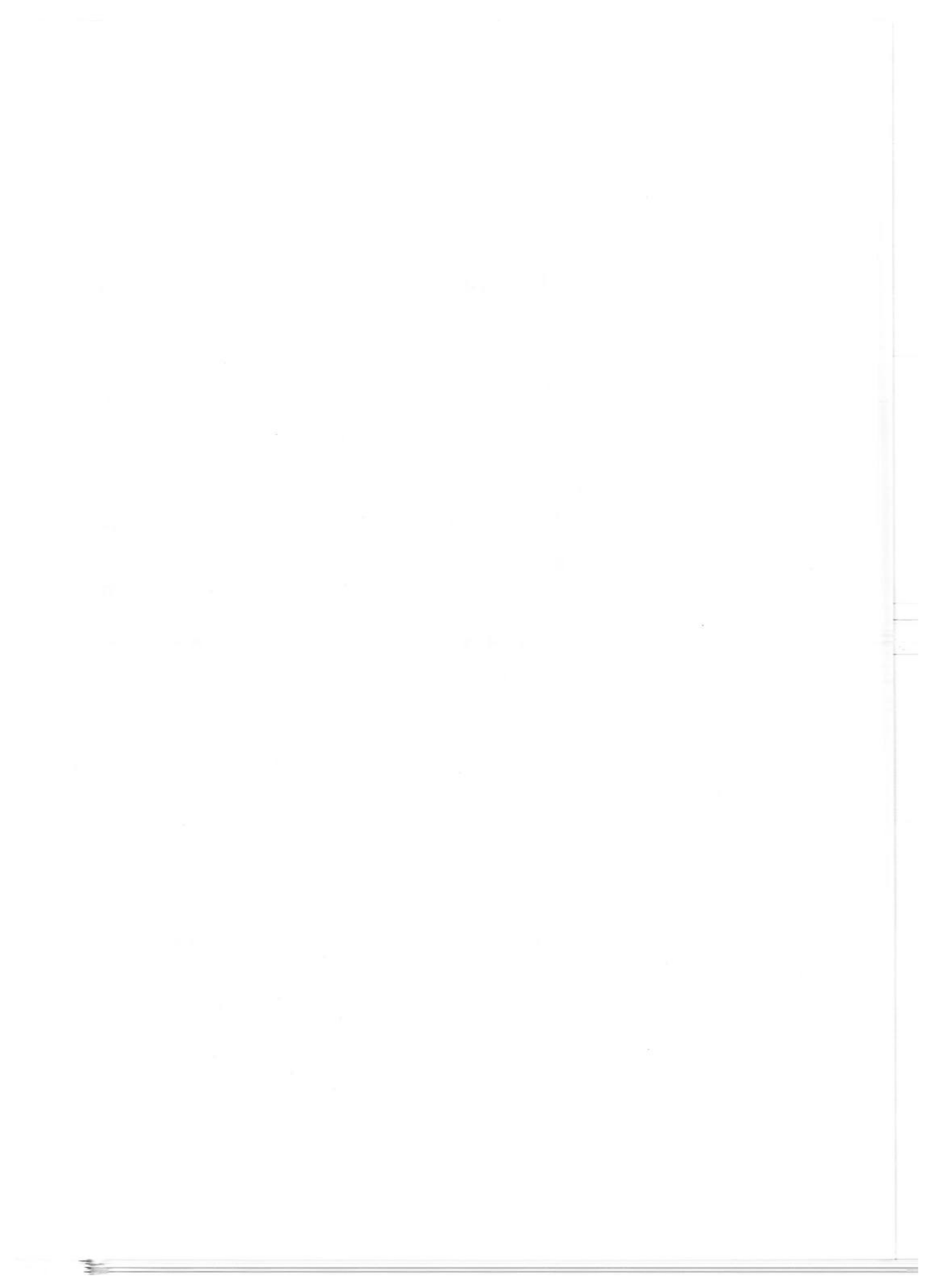


▲ 철원군 김화읍 청량리 삼막골(2002. 9. 29)

차 례

머리말	유태규
특별기고	
산지환경 조사연구회에 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 기술정보	
자연 친화적 산지계류 복원기법(II)	김경하 / 82
일본의 오존, 산성비 및 토양산성화에 대한 연구동향	이충화 / 95
중국 서부지역 사방조림 지원사업 현장 정밀조사	안병영 / 105
제 언	
우리나라 국유림 경영관리에 대한 제언	최정기 / 123
북한의 식량사정과 사방조림을 통한 지원 필요성	이태수 / 127
부 록	
정관, 회원 명단 및 임원 주소록, 주요일지	/ 132

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

21C 들어 두번째 맞이하는 2002년은 한국이라는 조그마한 나라가 온세계에 지구상의 천지를 진동시켜 세계 60억 인구에 새로운 인식을 시켰고 우리국민이나 민족에게는 대한민국인이라는 자부심을 심어 주었으며 가슴뿌듯하고 행복했던 한 해가 아니었나 생각합니다.

20년 전만 해도 붉은 깃발만 봐도 섬뜩 했던 붉은색 악마는 우리의 희망을 이끌어 내는 원천이 되었으며 외국에 나가 활동하는 golf낭자, 야구의 기록을 세우는 야구선수들은 스포츠를 통하여 우리민족 기상을 유감없이 보여 주고 있다. 지난날 우리의 노력으로 붉은 황토에서 녹색의 숲으로 변모시킨 임업인의 업적은 국민의 찬사 속에 안주하며 새로운 돌음을 하지 못하고 정체해 있는 것이 아닌가 하고 자성했는데 2002년에는 시민이 즐겨 찾는 도시림을 우리의 일터로 관심을 기우리기 시작했고 어린학생을 키워내는 학교 뜰에도 우리들의 일손이 필요함이 확인되었으며 이들에게 자연의 심오한 철학을 간직한 산림에 대한 이해 학습을 시켜야 한다는 국민의 목소리가 높아지고 있다.

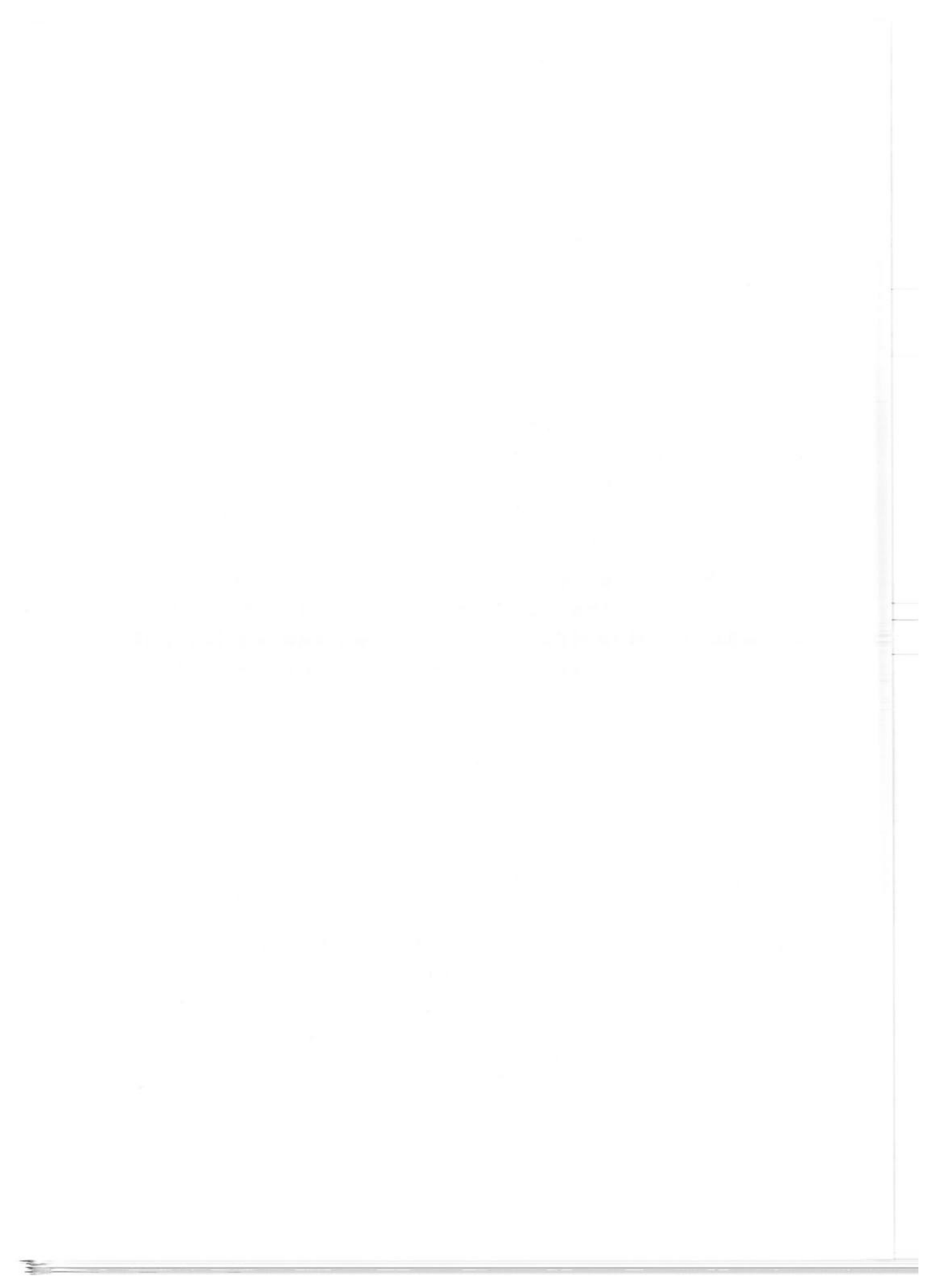
이에 산림청에서는 국유림의 새로운 영림계획을 위해서 고심하고 있으며 개인 산주들은 그들의 산림을 국가와 개인의 장래를 위해서 어떻게 관리해야 할 것 인가를 방황하고 있다. 우리 한국산지환경조사연구회에서는 이점을 깊이 인식하고 한국산림의 현재를 잘 알아내고 장래를 책임지는 방향에 초점을 맞추어 우리국토에 2/3를 차지하는 산지의 산림을 어떻게 하면 우리기후 풍토에 맞추어 아름다우면서도 경제성을 높이고 온 국민의 찬사를 이끌어 내는 산림을 꾸려 낼 것인가 선진국의 경험과 기술도 엿보고 우리조상들의 지혜도 되새겨 보아 우리전통문화와 일치하는 산림의 미래상을 이룩하는 일에 우리의 노력을 경주하고자 다같이 힘을 모으고 있다. 이번 산지환경 6호는 다양한 의견을 들어보고자 나름대로 여러분에게 원고를 부탁드렸지만 그분들의 뜻을 담기에는 우리그릇이 충분치 못함을 절실히 느꼈다.

지난해 루사태풍에 의한 피해가 너무도 커서 산지의 수계관리에 대한 내용을 특집으로 실었으며 관심이 고조되고 있는 생태관광림과 중국황폐지 복구사업을 위한 현지조사 귀한 자료와 신진학자인 최정기교수의 국유림경영에 대한 제언 내용을 담았다. 비록 우리들의 손길이 남의 눈에 나타나지 않더라도 훗날 주춧돌이 될 수 있다면 더없이 만족할 뿐이다.

이 기회에 외치고 싶은 것은 임업인 들이 변화하는 사회에 적응하고 미래에 비전을 갖고 변화된 환경을, 아니 과거 이름을 되찾는 금수강산이 되는 길에 정신을 집중시켜야 하지 않을까 하고 생각 해 본다.

2003년 4월 일

회 장 유 택 규



특별기고

산지환경조사연구회에 바란다

조 정 무

국회의원

우리나라는 전국토의 65%가 산으로 이루어진 산악국가이다.

그러므로 우리나라 국민의 삶은 산을 내버리고서는 풍부한 생활을 할수 없는 지리적 운명을 타고났다하지 않을 수 없다. 대한민국 헌법 35조에는 모든 국민은 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 가지며 국가와 국민은 환경보전을 위하여 노력하여야 한다고 명시되어 있다. 그렇다면 과반이 넘는 산림을 국가로서는 어떻게 국민의 쾌적한 환경을 이룩하는데 기여하도록 조성하고 또한 경제적 가치가 있도록 관리해 나갈 것인가를 신중히 생각하지 않으면 안된다. 다행히 우리나라 산림에 대한 문제의 깊이를 연구하면서 실천에 옮기겠다는 투철한 사명감과 실천의지를 가진 전문가들이 뭉쳐 한국산지환경조사연구회를 1996년에 만들고 많은 일들을 하고 있다는 사실을 알고 국정을 책임지고 있는 국회의원으로서 참으로 다행스러운 일이었다고 생각이 들었다. 모든 일에서 다 그렇지만 산림을 다루는 일도 고도의 기술을 가진 전문가가 그 일을 해 나갈 때 발전과 효율성이 있게 될것이라고 본다. 내경험으로 어떠한 일이 있을적 마다 보내지는 어린 분재 및 꽃화분은 1년을 넘기지 못하고 죽여 버리게 되면서 그렇게 쉬울 것 같았던 풀이나 나무를 다

루는 것이 전혀 지식이 없는 나에게는 해 낼수 없는 어려운 일이라는 것을 실감하곤 한다. 지난날 임업인들이 붉은 민둥산에 어린나무를 잘 심고 가꾸어 제법 어울리는 숲을 이룬 사실을 잘 안다. 그렇지만 많은 국민들은 여기에 만족하지 않고 선진국의 잘 가꾸어진 숲을 바라고 최근에 날마다 악화되는 공기, 수질, 토양 등의 주변환경 때문에 우리의 건강을 해치고 있어 이에 대한 개선을 강력하게 요구하고 있으며 산지를 훼손하거나 어떤 환경 오염원이 발생하면 그 원인에 대해서 큰 지탄을 서슴치 않고 있다. 나는 산림분야에 전문가가 아니기 때문에 잘 알지 못하지만 앞서도 지적한 바와 같이 65% 산림의 관리여하에 따라서는 환경개선에 크게 기여할수 있으리라 본다. 산림은 이산화탄소를 산소로 바꾸어 주고 아황산가스, 분진 등 오염물질을 흡수하여 공기를 맑게하며 잘 가꾸어진 숲 1ha에서는 1년간 16톤의 이산화탄소를 흡수하고 12톤의 산소를 방출하여 21명이 1년간 숨 쉴 수 있는 산소를 우리에게 공급한다고 한다. 또한 우리나라 산림이 담을 수 있는 물의 양은 1년에 193억ton이라 한다. 그러나 산림에 투하되는 물의 총량은 823억ton이라 하니 이 양의 60%만 이라도 이용계획을 세워 실천한다면 490억ton의 물이 확보

되어 앞으로 예상되는 물부족을 상당 양 해소할수 있는 방안이 될 것이 틀림없다. 또한 토양의 오염에 의한 산성화라든지 광물성 물질에 있어서도 건전한 산림상태에서의 두터운 부식 낙엽층에서는 이를 분해 잠식하는 기능이 있기 때문에 토양 오염정화에 상당히 기여한다고 알고 있다. 위에서 알아본 이러한 문제해결에 있어서 산림은 절대적이라 하겠다. 또한 산림청 연구보고에 의하면 우리나라 산림에서는 1년간

에 50조원의 공익기능을 산출한다 하니 이 엄청난 역할이 저 자연스러운 산림에서 쉬지 않고 생산해 내고 있는 것이다.

나는 한국산지환경조사연구회에서 하고 있는 국가 필요사항에 대해서 동료의원들에게 충분히 인지시켜 여러분의 목적이 달성될 수 있도록 미력이나마 도울 예정이니 산지환경조사연구회에서는 국가 장래를 위해 더욱 열심히 노력해 주기를 재삼 당부드린다.

특별기고

전국토 완전녹화 기념관 건립을 촉구함

김 사 일

본회 자문위원

1. 머리말

우리나라는 일제말엽의 수탈과 해방, 6.25동란, 4.19혁명 등 대혼란기를 겪으면서 대다수 국민의 생활은 도탄에 빠져 초근목피로 끼니를 이어갈 정도로 궁핍하여 어쩔 수 없이 생계유지와 연료문제의 해결을 위하여 산림에서 도남벌을 자행할 수밖에 없었다는 것을 우리모두가 잘 알고 있는 사실이다. 이와 같은 빈곤의 연속으로 산림이 황폐할 때로 황폐하여 전국토가 사막화 직전까지 다다르게 되었고, 산림은 국토보전과 환경보전의 자정력을 잃게되어 매년 한발과 홍수의 피해를 다반사로 겪어왔으며, 이와 같은 악순환의 거듭으로 많은 국민이 가난에서 벗어나지 못하고 있을 때, 1961년 5.16혁명으로 정권을 장악한 박정희 대통령께서 “우리도 한번 잘 살아보자”는 새마을 운동의 캐치프레이즈(Catch Phrase)와 산림이 국가의 모든 산업의 근간이 되므로 산림녹화 없이는 잘 살수 없다는 애립사상 고취와 “절대녹화”라는 구호아래 전국민의 적극적 호응에 힘입어 1, 2차 치산녹화 10개년계획을 성공적으로 완수하게 되어 오늘날과 같은 푸른 국토를 조성할 수 있게 되었다. 그러나 지금의 젊은 세대는 그와 같은 지난날의 어렵고 힘들었던 일들

을 속속들이 알고 있는 사람이 그리 많지 않고, 설사 알고 있다 하여도 그 당시 나라의 사정을 실감하기에는 거리가 먼 것 같다. 또한 기성세대에서도 그러한 사실을 거의 망각해 가고 있는 것이 현실이고 보면, 지금껏 일을 잘 벌려 놓고 마무리를 잘 하지 못하였다는 자책감에서 벗어날 수가 없다.

2. 기념관 건립의 필요성

제 84회 3.1절 독립만세운동 기념식이 노무현 대통령이 취임한지 처음으로 가지게 된 기념식인데 독립기념관에서 거행하였으면 얼마나 좋았을까 싶다. 온 국민이 피와 땀과 정성을 모아 건립해 놓은 독립기념관이 있다면 다른 행사는 몰라도 광복절과 3.1절 기념행사는 마땅히 독립기념관에서 거행되어야 한다고 보며, 많은 국민이 3.1절 기념식에 참여할 수 있도록 홍보도 하고 교통편도 제공해 주어서 1년에 단 하루만이라도 3.1절과 광복절에 독립기념관에 와서 조국과 민족을 위하여 일본제국주의 침략자와 필사적으로 싸우다 산화하신 많은 선열들의 숭고한 애국·애족정신을 되새겨보고 본 받아 이어가게 하는 것이 독립기념관의 건립목적이요 역할이라고 생각하기 때문이다.

전국토 완전녹화 성공기념과 건립의 필연성을 강변하고 있는 자리에서 왜 독립기념관 문제를 들고 나오느냐고 하는 사람이 있을지 모르지만, 독립운동과 국토녹화운동은 활동의 전개방향과 대상이 다를 뿐이지 구국운동이라는 차원에서는 맥락을 같이 하고 있다. 이와 같은 양대 구국운동이 성공하지 못하였다면 현재 우리가 누리고 있는 희망찬 조국의 모습은 꿈도 꿀 수 없었을 것이다. 5~60년대 우리의 생활은 너무도 참담하였다. 산림이 황폐하여 전국토가 폐허가 되다시피 하였고, 많은 국민은 이로 인하여 생활기반을 상실하고 초근목피로 연명할 수밖에 없었다. 이와 같은 어려움을 딛고 일어설 수 있었던 것은 국제연합한국부흥단(UNKRA), 미국국제협력처(ICA) 등의 원조의 덕도 빼놓을 수 없지만, 특히 “절대녹화”라는 구호를 외치며 대통령이 현장에서 직접 진두지휘하시고 전국민이 혼연일체가 되어 치산녹화사업을 추진한 결과라고 생각하며, 이는 세계 임업사에서 그 유례를 찾아 볼 수 없는 최단기간에 전국토의 완전녹화라는 위업을 달성할 수 있게 되었고, 전 세계는 우리 국민의 저력을 재평가하게 되었고 무한한 가능성을 지니고 있는 민족이라고 경탄하고 있다.

제2의 건국이라고 할만한 전국토 완전녹화운동의 배경과 활동의 전 과정을 빠짐없이 전시하여 국민의 국토보전에 대한 경각심을 일깨우고, 애립사상을 고취시키기 위한 대국민 홍보 및 교육장으로서 뿐만 아니라, 그간에 개발 촉진해 놓은 산림녹화기술을 해외에 이전하기 위한 전 수관으로 활용하기 위하여서도 전국토

완전녹화운동은 매년 발생하는 홍수와 산불피해적지의 산사태방지와 식색회복을 위하여 중단할 수 없고, 시대의 흐름과 요구에 따라 그 운동의 전개방향이 달라질 수 있을지라도 자손대대로 이어가야 할 운동이다.

치산녹화 시대를 벗어나 산지자원화시대로 진입하면서 다양한 고품질의 임산물 생산공급, 모든 재해로부터 산림의 보호, 쾌적한 자연환경의 보전, 공익기능의 증진, 보건휴양기능의 강화, 레저(Leisure)의 활성화 등 국민의 산림에 대한 다양한 요구를 충족시키기 위해서는 이에 대한 부단한 기술개발과 임업정책개발이 지속적으로 추진되어야 하고, 새로 개발된 정책과 기술의 실연장 및 홍보관으로서의 기능도 다할 수 있을 것이다. 민족의 먼 미래를 내다볼 때 어찌면 독립기념관보다 전국토 완전녹화 성공 기념관의 건립이 더 중요하지 않을까 싶다.

3. 녹화운동의 발자취

해방당시 우리나라 산림면적은 약 680만 정보였고, 이중에 무임목지가 약 3,783천정보로 전 산림면적의 56%를 차지하고 있었으며, 무임목지중 사방을 요하는 황폐지의 면적이 444,500정보였다고 한다. 녹화운동의 초기단계라고 할 수 있는 1946~1960년대까지는 미군정(1945~1947)과 정부수립과도기(1948~1960)를 통하여 나름대로 산림녹화 사업을 추진하여 왔으나, 각종 재해와 도남벌 등으로 매년 늘어나는 황폐지 면적의 복구마저 감당하지 못하여

1952년도에는 황폐지 면적이 68만정보로 증가되었다. 설상가상으로 6.25동란의 발발은 전국토를 완전 초토화시켰고, 민생고는 극에 달하여 춘궁기가 되면 먹을 것이 없어 굶는 사람이 부지기수였으며, 세계의 많은 나라들은 우리 민족이 폐허가 되다시피 한 국토를 완전히 복구하여 안정된 생활환경을 조성하기까지는 예측불능한 장구한 기간이 소요될 것으로 생각하고 있었다.

녹화운동의 정착단계라고 할 수 있는 1961~1971까지는 5.16혁명으로 무질서하고 혼탁한 사회질서가 어느 정도 확립되고 임업부문에서는 산림행정의 전담기관인 산림청의 발족을 보게 되었으며, 1,2차 경제개발5개년계획이 활발하게 추진되었던 시기로 산림사업의 근간은 황폐지복구를 위한 조림과 사방사업이었다.

녹화운동의 완성단계라고 할 수 있는 1973~1978년까지는 제1차 치산녹화10개년계획기간으로 강력한 지방행정력을 녹화사업에 투입하

기 위하여 산림청이 1973년도에 농림부에서 내무부소속으로 옮겨지게 되었고, 그 결과 제1차 치산녹화10개년계획의 목표량을 4년 앞당겨 달성할 수 있게 되었다.

제2차 치산녹화 10개년계획은 1차계획이 4년 앞당겨 달성됨에 따라 2차계획 기간도 1979~1988년까지로 앞당겨졌으며, 1차계획에서 산림녹화는 일단 성공하였으므로 2차계획은 산지의 자원화에 목표를 두고 추진하여 왔으며, 1987년 1월에 산림청이 내무부에서 농림부 산하로 환원됨에 따라 치산녹화10년계획은 2차계획으로 끝나고 3차계획부터는 산지자원화계획으로 대체되었다.

우리나라의 치산녹화운동은 해방 이듬해인 1946년부터 시작되었지만 미군정, 정부수립과 도기, 6.25동란, 4.19혁명 등 연속된 사회적 대혼란기를 겪으면서 산지의 황폐가 날로 심화되어 그 간에 실시한 녹화사업은 그 흔적조차 찾아볼 수 없을 정도로 파괴되어 버렸기 때문에

• 치산녹화사업실적(1961~1978)

작업종 기간	조림 (천ha)	육림 (천ha)	산지사방 (천ha)	해안사방 (ha)	야계사방 (km)	양묘 (백만본)	병충해 방제 (천ha)	사방지 시비 (천ha)	임도 시설 (km)
치산녹화정착기 (1961~1972)	1,629	-	613	650	1,034	1,726	638	-	-
녹화운동달성기 (1973~1978)	1,080	4,231	41.2	620	143	3,054	4,062	70	162
계	2,709	4,231	654.2	1,270	1,177	4,780	4,700	70	162

※참고자료 1. 산림행정20년의 발자취
2. 치산녹화30년사
3. 황폐지복구사
4. 한국임정50사
5. 산지자원화계획의 성과와 반성

본격적이 녹화운동의 시작은 1961년 5.16혁명 이후부터라고 보는 것이 타당할 것이다. 그리고 전 국토의 완전녹화 달성시기는 제1차 치산녹화10개년계획의 종결년도인 1978년으로 보고 있으므로, 실제적인 치산녹화운동 기간은 1961~1978년까지로 불과 18년밖에 되지 않는다. 그리고 제2차 치산녹화10개년계획기간까지 포함시켜도 30년이 못되며, 녹화운동 18년간의 업적을 살펴보면 조림 2,709,000ha, 야계사방 1,177ha, 임도설치 162km 등 실로 상상을 초월한 방대한 사업량을 달성하였다. 결코 이 사업에 현대화된 장비가 투입된 것이 아니고, 오로지 삽, 괭이, 호미, 낫, 지게 등 소도구를 이용한 순전히 인력만으로 성취하였다는데 세계는 또한 놀라고 미래가 약속된 저력있는 민족이라고 찬사를 아끼지 않았다.

4. 맺는말

최단기간에 국토완전녹화라는 위업의 달성은 대통령을 위시하여 국, 관, 민, 학생, 남녀노소의 구별 없이 전국민이 혼연일체가 되어 우리도 한번 잘 살아보자는 굳은 신념으로 똘똘 뭉쳐 사력을 다하여 추진한 결과로서 전국민의 참여로 이룩한 위대한 구구운동의 업적이라고 평가받아 마땅하다고 생각한다. 따라서 전국토 완전녹화 성공기념관 건립은 전국민의 요망사항이라고 볼 수 있으며, 결코 임업인만의 요구사항은 아니다. 하지만 이일을 누가 주축이 되

어서 추진할 것이냐 하는 문제는 산림행정을 주관하고 있는 산림청이 주축이 되어 각계각층의 인사들을 총망라한 기념관건립추진위원회를 구성하여 서명운동과 대국민 홍보활동을 적극적으로 전개하여 많은 국민의 참여기회를 제공하는 한편, 정부 각 기관과 산하단체, 각 기업체와 사회단체 등의 지원을 받고 부족분은 산림청 예산에 반영시켜 추진한다면 가능할 것으로 생각된다. 매사에는 때가 있는 것과 같이 기념관 건립의 적기도 녹화운동의 열기가 식기 전인 제1차치산녹화10개년계획이 종료된 직후인 1980년 초반이 아니었나 싶다. 그러나 지금도 때늦은 감이 있지만 아직도 당시 주역들이 많이 생존하고 있어 다행이라 생각하며 이 시기를 놓치면 기념관건립 문제는 논의하기가 어려울 것이다. 전국토 완전녹화를 최단기간에 달성한 업적은 세계 임업사에서 그 유례를 찾아볼 수 없는 위대한 업적이라고 세계의 많은 나라들이 찬사를 아끼지 않고, 이와 같은 엄청난 일을 아무런 장비도 없이 몸으로 해냈다 하여 우리 민족의 저력을 감탄하고 있다.

이와 같은 위대한 업적을 짚어가는 푸른 국토에 흔적도 없이 영원히 묻어버리는 것보다 녹화기념관을 건립하여 임업관련 모든 사료를 수집 전시하고 임업홍보관 및 국민교육장으로 활용하는 것이 좋지 않을까 생각하여 녹화운동을 마무리하는 입장에서 전국토 완전녹화 성공기념관 건립에 우리모두 다 함께 한 번 더 분발합시다.

논 단

사유림 경영활성화를 위한 대안

김 의 경

경상대학교 산림과학부 교수

1. 문제인식

우리나라 전체 산림면적 642만ha 가운데 약 70%에 해당하는 448만ha가 사유림으로 구성되어 있음을 볼 때 사유림의 활성화가 곧 우리나라 전체 산림의 요체가 됨을 알 수 있다. 그러나 1980년대 중반 이후 줄곧 이야기 되고 있는 사유림의 활성화는 별다른 묘책이 없이 현재에 이르고 있다. 사유림의 투자 및 경영활성화라는 것이 생각보다 쉽게 풀릴 수 없는 근본적인 문제점, 예컨대 투자회임기간이 길기 때문에 경제수준이 낮은 국가에서 개인이 산림에 투자하기란 좀처럼 쉽지가 않다는 문제점을 거론할 수 있으나, 그렇다고 하더라도 우리나라의 현실은 이웃하는 일본에 비하여도 너무 무기력하게 침체되어 있다고 볼 수 있다. 왜 이런 현실이 주어지게 되었을까? 그 물음에 답하기란 쉽지가 않으나 한마디로 이야기 하면 산주의 입장에서 하고 싶은 동기유발이 별로 주어지지 않게 된데 그 원인이 있다고 할 수 있다. 그리고, 그 원인 중의 중요한 한가지가 바로 정책에서 비롯하고 있다는 것을 말하고 싶다.

우리나라 산림정책은 해방이후 줄곧 황폐된 산림을 녹화시키는데 전력을 쏟았으며 이를 위하여 정부의 강력한 조림 보조정책과 산림훼손

에 대한 강력한 규제정책이 근간을 이루게 되었다. 90년대에 들어오면서 규제정책이 많이 완화되게 되었으나 이미 우리 산에 조성되어 있는 산림자원은 강력한 녹화정책이 만들어낸 작품이라고 할 수 있으며, 산주들은 정부가 알아서 심어주고 가꾸어주기 때문에 자기 재산에 별다른 대책 없이 수수방관하는 타성에 길들여져 있게 된 것이다. 이제 와서 자기 산의 산림을 보다 경제적 가치가 높은 수종으로 바꾸려고 해도 제법 모양을 갖춘 나무를 베어 내는 것도 그렇고 자기 자금을 투입하여 새롭게 조성한다는 것 또한 아깝기는 매 한가지인 것이다. 그러니 정부해서 알아서 해주는 육림작업이나 남의 일인양 쳐다보고 있는 지경에 이르게 되었다.

이제라도 사유림에서 발생하는 모든 산림작업은 산주에게 직접적인 이득이 되거나 책임을 물을 수밖에 없는 시스템으로 바꾸어야만이 사유림의 활성화라는 우리의 기대도 현실로 다가오지 않을까 생각하면서 몇가지 대안을 제시해보고자 한다.

2. 조림보조지원체계를 바꾸어야 한다

조림보조 지원방식을 보면 현재는 사전보조

이며 동시에 현물보조의 형태를 취하고 있는데 이를 사후보조이며 현금보조의 형태로 바꾸는 것이 바람직하다. 현재 보조조립의 경우 사전에 보조지원신청을 하면 승인을 받아 조립을 한 다음 조립 완료시 조립비용을 수령하는 형태를 취하고 있다. 물론 묘목은 정부로부터 현물로 수령하여 식재하는 것으로 되어 있다. 현재의 방식보다는 묘목은 알아서 산주가 직접 양묘하든가 아니면 산주가 원하는 묘목을 직접 구입하여 조립하고, 식재가 완료한 시점에 일정 부분의 현금을 지원하고 몇 년이 지난 후에 조립이 성공한 것을 확인한 후 나머지 부분을 지원하는 형태가 바람직하다는 것이다.

묘목을 현물로 제공하지 않게 되면 산주가 원하는 묘목을 그것도 우량묘목만을 식재할 수 있는 장점이 있으며, 만약 산주가 직접 양묘하는 경우에는 묘목대금 그 자체가 산주의 수입이 되게 된다는 장점이 있다. 산주가 직접 책임을 갖고 조립을 하여야 한다는 것은 너무나 당연한 명제이다. 양묘업자나 목장은 식재가 완료되는 시점에서 묘목대나 식재비를 획득하는 것에 목적이 있기 때문에 식재된 묘목이 미래의 시점에서 얼마나 생존할 수 있는 지 그리고 얼마나 좋은 우량묘목으로 자랄 수 있는 지에 대하여는 산주보다 관심이 없기 때문이다. 조립실적은 장부상으로 나타나지만 현지에 가 보면 조립목이 안 보이는 것도 현재의 조립지원방식과 관련이 있다고 필자는 보고 있다.

일반적으로 정부가 실시하는 유통정책의 핵심은 생산자에게 귀속되는 소득부분을 많게 하기 위하여 유통단계를 축소시키는데 주안점을

두고 있다. 마찬가지로 조립부분을 들여다 보면 양묘업자와 식재를 담당하는 목장이나 산림조합이 개입하고 있는데 이를 산주가 직접 실시하게 되면 그만큼 산주의 소득부분이 늘어나게 됨은 당연하다고 할 수 있다. 필자가 주장하는 내용은 이미 영국을 비롯한 다른 나라에서 실시하고 있는 제도임을 덧붙여 강조하고 싶다.

3. 산주 스스로 투자할 수 있는 유인책을 강구해야 한다

사람의 마음은 참으로 간사해서 내 돈 단돈 십원은 아까워 할 줄 알지만 남의 돈은 아무리 큰 금액이라도 아까워 할 줄 모르는 게 인지상정이다. 정부의 지원으로 보조금을 아무리 투입하여도 공짜니까 양젖물도 먹는 심정으로 받을 뿐이지 그 보조금이 자기 돈처럼 효율적으로 사용되고 있는지에는 관심이 없다는 것이다. 물론 정부지원이 없는 것보다는 있는 것이 좋다는 것은 삼척동자가 다 아는 사실이나 지금처럼 보조지원 일변도의 산림정책이 아니라 자기 자금을 가지고 스스로의 판단으로 산림에 투자할 수 있는 방안이 절실하다. 임업투자수익율이 낮고 투자회임기간이 길다는 것을 감안하면 산주 스스로의 투자를 기대하기란 여간 어려운 게 아니지만 이를 유도할 수 있는 방안으로 조세정책을 제시하고 싶다.

금년도부터 실시하는 조세정책 가운데 하나가 개인연금 납부액을 연간 240만원까지 소득 공제로 처리해 준다는 정책이 실시되고 있는데,

개인 입장에서 볼 때는 어차피 소득세로 내는 부분을 세금으로 납부하지 않고 연금에 가입하면 절세효과도 누리고 장기적으로 저축을 하는 것이므로 생활상의 필요로 되는 소비지출이 있다하더라도 절약하여 연금에 가입하게 되는 것이다.

우리 임업분야에도 개인소득의 일정 금액까지를 한도로 하여 산림분야에 투자하면 개인소득세에서 공제하게 할 경우 산주들은 절세 차원에서 그리고 장기적인 투자수익을 기대하면서 자기 스스로의 자금을 가지고 산에 투자할 수 있는 강력한 유인정책이 될 수 있다고 판단된다. 자기 자금을 가지고 산에 투자하게 될 경우 기존의 보조지원보다는 훨씬 효율적인 투자가 이루어질 것은 명약관화하다고 할 수 있다. 이러한 대안도 이미 미국을 비롯한 수많은 나라에서 실시되고 있다는 것도 덧붙이고 싶다.

4. 지역산림관리시스템을 확립해야 한다

경기도 가평지역에 가면 잣나무림에서 잣을 채취하는 것과 관련하여 많은 교훈을 얻게 된다. 그 중의 하나가 경기도 도유림에서 잣을 채취하는 것과 일반 사유림에서 잣을 채취하는 것이 극명하게 구분된다는 것이다. 즉 사유림에서 잣을 채취하는 인부의 인건비가 일당 10만원이 넘는 실정이나 도유림에서는 그 절반 정도의 수준으로도 잣을 채취하고 있다는 사실이다. 그러다 보니 사유림에서는 아예 잣 채취를 포기하는 경우도 많고 그러한 잣나무림을

대상으로 인근 도시지역의 사람들이 한 달씩 직장을 쉬면서 산주가 채취를 안하는 잣나무림에 들어가 잣을 채취하여 소득을 올리는 경우도 있다. 봉이 김선달 이야기도 아니고 어딘가 이해가 잘 안되는 현실이 펼쳐지고 있는데, 사실은 경기도 도유림의 경우는 이미 지역 단위로 작업단이 형성이 되어 있어서 굳이 잣 채취만이 아니더라도 조림, 육림, 간벌 등 일년 동안의 상시 산림작업이 있기 때문에 그러한 작업의 일환으로서 힘들다고 하는 잣 채취도 무난히 실시하고 있다는 것이다.

잣의 경우를 예로 들었지만 지역 단위로 지역 내에 있는 산림을 종합적으로 이용하고 관리할 수 있는 조직을 지역 주민들을 대상으로 하여 조직하는 것이 매우 절실하다고 생각된다. 지역에 있는 사람들은 지역 내의 산림 사정에도 정통하고 그 이용에 있어서도 앞설 수 있기 때문이다. 물론 현실적으로 지역단위의 산림관리조직을 만든다는 것은 쉽지 않은 일이다. 지역산림관리조직의 조직원을 대상으로 산림작업 교육을 이수시켜야 하고 필요한 산림작업장비도 갖추어야 하는 등 사전준비 작업이 필요함은 물론이다. 그러나 그러한 산림관리조직을 만들었을 때 자원은 있으나 자원을 무의미하게 방치하는 일은 막을 수 있다는 것을 생각해 보면 사전준비작업의 어려움은 그리 커 보이지 않는다. 필자가 1995년에 핀란드에 갔을 때 농가에서 산림을 가꾸고 소득을 얻는 현장을 견학할 기회가 있었는데 그 곳에서도 품앗이와 같은 형태로 지역내 산림을 서로 협동하여 가꾸고 그로 인한 소득을 얻고 있는 것을 견문할

수 있었다.

5. 경영컨설팅제도를 창설 보급해야 한다

산주가 자기 산을 가꾼다고 할 경우 수많은 문제점에 봉착하게 된다. 내 산에 어떤 나무를 심어야 하는지? 자금은 어느 정도 필요로 하는지? 미래의 투자 수익성은 기대해도 좋은지? 실제로 이러한 의문점에 속 시원하게 대답을 해 줄 수 있는 사람은 많지 않다. 또한 산은 국부적인 지형조건이 다양하기 때문에 입지환경인자만을 고려한 수종 선택도 쉽지 않은 실정이다. 전문가라고 하더라도 쉽지않은 의문점을 산주 스스로가 해결하기란 거의 불가능하다. 그러다 보니 산림과 직원이나 산림조합직원에게 전적으로 의지하는 경우가 많은데 현실은 그리 잘하고 있는 것으로 보이지 않는다.

산주가 자기 산을 경영하면서 위에서 열거한 각종 의문점들에 대하여 조언을 해줄 수 있는 시스템을 갖추어 나가야 하는데, 경영컨설팅제도가 바로 그것이라 할 수 있다. 사회 각 분야에는 이미 컨설팅제도가 정착한지 오래이다. 산림과 같이 장기적인 투자사업의 경우에는 더욱 컨설팅제도의 필요성이 크다고 하겠다. 경영컨설팅제도가 잘 정비되면 산주들은 자신의 산에 대한 투자계획을 그만큼 쉽게 실천에 옮길 수 있을 것이며, 사유림 경영활성화도 높아질 것이다. 미국의 경우에는 이러한 컨설팅제도가 보편화되어 있다고 하며, 산주들이 산에 투자하여 소득공제를 받을 경우에도 컨설팅

트가 발행하는 증명서를 갖추어 제시하는 것으로 알려져 있다.

6. 지자체가 나서야 한다

우리나라의 산림정책은 그 동안 중앙정부의 주도로 이루어져 왔다. 강력한 중앙정부만이 할 수 있었는지는 모르지만 세계에서 유례를 찾아볼 수 없는 산림녹화의 성공사례를 남겼다. 그러나, 자원을 이용하고 가꾸는 것은 중앙정부보다도 지방정부가 앞장서 나가야 할 부분이 크다고 생각된다. 지역산림자원을 가꾸고 이용하는 것은 바로 지역개발정책과 밀접한 관련이 있기 때문에 중앙정부보다도 지방정부가 앞장서야 한다는 논리가 가능해진다는 것이다.

지방자치단체가 지역차원의 비전과 장단기 계획을 세워서 지역의 산림자원을 생산자원화할 때 지역의 경제도 활성화 될 수 있으며, 산주가 자신의 산을 열심히 가꿀 수 있는 동기부여도 가능해 지는 것이다. 가까운 일본의 경우 지방자치단체가 지역의 산림자원을 가꾸고 이용하기 위한 갖가지 정책을 가지고 있음을 잘 알고 있다. 특히 최근에는 지속가능한 개발을 전제로 한 지속가능한 사회를 만들기 위하여 「순환형사회」라는 개념을 제시하기 시작하였으며, 그러한 사회는 지역내에 부존하고 있는 산림자원을 얼마나 잘 이용할 수 있는 사회시스템을 만드느냐가 관건이라고 한다. 지역에 따라서 그러한 사회시스템을 구축하기 위한 구체적인 시도가 펼쳐지고 있다고 하는데, 우리도 지자체가 앞장서서 지역내에 광범위하게 분

포하는 산림을 이용 관리할 수 있는 시스템을 지역별로 독창적으로 구축해 나가야 하겠다.

7. 맺는말

사유림경영 활성화를 위한 정책은 기존의 산림정책이 모두 해당된다고 볼 수 있다. 본고에서 주장하는 사유림경영 활성화 방안은 어찌보면 기존의 산림정책이 갖지 못하는 부분을 보완하는 의미로 해석하여야 할 것이다. 기존의 산림정책이 다 의미가 없다는 뜻으로 해석하는 어리석음을 범한다면 본고의 주장도 그만큼 퇴색할수 있기 때문에 하는 말이다. 사회구성원

이 각자 잘 살기 위해서는 사회구성원 각자가 주인의식을 갖고 자기 생활에 충실하는 것도 필요하며, 사회구성원들이 열심히 생활할 수 있도록 제도적인 장치를 갖추는 것도 또한 중요하다 할 수 있다. 필자가 본고를 통하여 주장한 내용도 어찌보면 산주 개인이 주인의식을 되찾고 또한 산주 개인의 주체적 행동을 지원해 주기 위한 시스템을 마련하는 몇가지 대안을 간단하게 제시하는 정도에 지나지 않는다. 그러나 필자가 제시하는 대안들이 사유림경영의 활성화에 효과가 있을 것이라는 믿음을 갖고 있기 때문에 대안들이 현실로 옮겨지는 날이 빨리 올 수 있기를 바라며 글을 맺는다.



새로운 산림조사의 체계 및 방향

이 승 호

임업연구원

1. 서언

오늘날 우리 주변에서 흔히 회자되는 문구 중의 하나가 바로 “우리는 정보화·지식기반 시대에 살고 있다”이고, 산림을 다루고 있는 우리 임업인도 이 범주로부터 예외일 수가 없다. 더욱이 환경문제가 전 인류의 최대 관심사로 대두되면서 산림에 대한 인식도 새로이 바뀌고 있다. 즉, 1992년 리우에서 개최된 유엔환경회의(UNCED) 이후 산림을 가꾸고 이용하는 개념도 이제는 지속가능한 산림경영(sustainable forest management)을 실천하기 위한 방식으로 그 패러다임이 변화였다. 이렇듯 산림과 임업을 둘러싼 국내외적 시대적 여건의 변화에 따라 국가나 공공기관뿐만 아니라 개인들로부터 과거보다 훨씬 더 다양하고 정확한 최신의 산림정보에 대한 요구도가 점차 높아지고 있다. 그러나, 산림은 대부분 분포면적이 광활하고 오지나 산악지형에 위치하고 있으며, 시간·공간적으로 임분구성 상태나 생육현상이 다양한 특성을 지니고 있다. 즉, 지형이나 토양, 기후조건에 따라 분포하는 수종이 다르고, 입지환경 요인에 따라 생장 차이가 크다. 그래서 이들 산림정보는 자료의 종류가 다양하고 자료량이 방대할 뿐만 아니라 시간의 경과

에 따라 그 내용이 변화하기 때문에 수시로 이들 정보를 수정하고 갱신하지 않으면 안 된다. 그러나, 이러한 산림의 제 현상에 대한 내용과 현황을 정확히 파악하고 조사하는데는 많은 시간과 노력, 막대한 비용이 소요되기 때문에 이를 효과적으로 대처할 수 있는 산림조사 수단이 필요하다.

이러한 관점에서 볼 때 산림조사(forest inventory)라고 하는 것은 산림현황에 대한 각종 정보를 조사·측정하여 자료를 수집하되 가능한 적은 노력과 최소의 비용으로 수집하는 기술이 뒷받침되어야 한다는 전제가 필요하다. 물론 사람에 의해 모든 정보를 직접 조사 수집하는 것이 가장 정확할 것이나 산림과 같이 조사지역이 넓고 수집된 정보의 사용목적에 따라 요구되는 정확도가 다르기 때문에 산림조사를 통해 자료나 정보를 수집할 경우는 정보의 가치나 효율성을 고려한 적절한 조사수집 체계를 수립하여 수행하는 것이 바람직하다. 그리고, 산림조사를 통해 산림의 현황과 자원실태를 신속하고 정확하게 평가 파악함으로써 산림당국은 이들 정보를 토대로 하여 올바른 산림정책이나 계획을 수립하고 구체적인 실천방안을 마련할 수가 있다. 그래서, 세계각국은 오래 전부터 나라별로 자국의 실정에 가장 적합한 산림

조사 체계를 수립하여 일정한 주기로 산림조사를 실시해오고 있다.

그런데, 오늘날 산림에 대한 인식과 주변여건이 급변함에 따라 산림조사에 대한 개념과 조사체계도 새로이 변화되어 가는 전환점을 맞고 있다. 종래의 산림조사가 주로 사람에 의한 야외조사(field survey)에 의존하였고, 조사항목이나 내용도 수종이나 임상에 따른 산림면적과 임목축적 등이 주된 조사사항이었으나, 최근에는 다목적(multi-purpose)·다원산림조사(multi-resource forest inventory) 개념을 도입하여 지피식생과 종분포, 산림의 건전도(forest health), 토양 및 수자원, 야생동물분포, 레크리에이션 등에 관한 정보를 함께 수집하기 때문에 조사항목 수가 대폭 늘어났다. 그래서 이들 광활한 산림에 대한 다양한 정보를 가장 효율적으로 조사, 수집, 분석하여 제공할 수 있는 방법 중의 하나로 대두된 것이 바로 항공사진이나 인공위성 영상자료를 이용한 원격탐사(remote sensing) 기술이다. 이와 같이 다양한 형태의 항공사진과 위성영상 자료의 이용이 보편화되면서 산림조사 방법도 단일 표본점조사 방식에서 다중/다단표본조사법(multi-phase or multi-stage sampling)과 같은 새로운 표본추출 방법이 개발되었다. 특히 컴퓨터의 발전과 더불어 대량의 그래픽 자료 처리기술이 비약적으로 발전하면서 오늘날에는 지리정보시스템(geographic information system ; GIS)을 원격탐사 기술에 접목시킴으로써 자료의 수집, 처리, 분석 및 응용에 이르기까지 일련의 과정을 전산화하여 산림정보에

대한 데이터베이스 구축은 물론 임상도와 같은 산림주제도를 수치지도(digital map)로 작성할 수 있게 되었다. 또한, 지구측위시스템(global positioning system ; GPS)과 같은 수신장비를 이용하여 항법위성으로부터 위치정보를 24시간 실시간(real time)으로 제공받음으로써 조사 표본점이나 개개 임목의 위치 좌표와 고도 정보뿐만 아니라 경계구획이나 임도 노선측량 등과 같이 이동하면서 위치설정, 거리 및 방향을 정확하게 추적할 수 있게 되었다.

이와 같이, 산림조사는 오늘날 산림에 관련된 거의 모든 자료를 효율적으로 수집하여 각종 계획을 수립하거나 다양한 의사결정을 지원해주는 필수적인 수단으로서 그 역할이 점차 중요해지고 있으며, 이에 따라 앞으로의 산림조사는 임목자원 중심에서 환경생태 개념이 포함된 다원산림자원조사 체계로 전환될 수밖에 없다. 또한 원격탐사나 GIS와 같은 새로운 기술과 표본추출 기법을 적용해서 가능한 최소의 비용으로 적시에 다양한 자료나 정보를 신속하게 획득할 수 있는 산림조사 기술 개발과 실용화도 매우 중요하다고 본다. 따라서, 본문에서는 이러한 산림조사의 연혁과 변천과정, 주요 몇 나라의 산림조사 체계를 살펴보고 향후 우리 나라의 산림조사 체계 및 방향에 대해 소개하고자 한다.

2. 산림조사의 역사적 배경 및 변천과정

가. 역사적 배경

인류가 지구상에 생존하기 시작하면서 주거

지 및 농경지 등 소유 영토에 대한 경계를 표시하고 식별하기 위한 측량만큼이나 산림조사도 그 유래가 오래되었다.

15, 16세기에 들어서면서 콜롬버스에 의해 신대륙이 발견되고, 유럽 열강들은 해상력을 강화하기 위해 다량의 선박을 건조하게 되면서 심각한 목재공급 감소에 직면하여 목재사용을 엄격히 통제하는 규정을 만들었다. 이후 유럽에서는 해외진출 팽창에 따라 목재수요가 급속히 증가하면서 스페인, 네덜란드 및 영국 등 해상국가들은 전함건조에 따른 목재고갈로 커다란 어려움을 겪게 되었다. 이들 국가들은 해상시대에 필요한 목재자원을 북유럽에서 생산되는 침엽수재를 주로 이용하였으나 점차 동남아시아나 아프리카 등에서 가져온 활엽수 목재에 의존하게 되었다. 영국에서는 16, 17세기에 접어들면서 인구증가로 인한 목재부족 현상이 심화되면서 해외에서의 목재도입에도 불구하고 목재가격이 계속 상승하였다.

또한, 산업발전에 따라 도자기 및 유리제조, 대장간, 건축 등의 목재수요가 대폭 늘어나면서 목재자원 부족 현상은 날로 심각해져서 목재소비를 통제하기 위한 여러 가지 법안이나 조항들이 새로이 제정되었으며, 당국의 허가없이 산림 개벌을 금지하였다. 이때 최초로 전략적 목적으로 이용되는 목재의 사용을 통제하기 위해서 산림조사 규정을 수립하였다.

이와 같은 원자재의 부족은 이후 석탄과 증기와 같은 대체 에너지의 도입 등 목재소비를 줄일 수 있는 새로운 기술개발을 촉진시켰으나, 이러한 노력에도 불구하고 유럽에서는 목재수

요가 여전히 증가하고 산림면적이 계속 감소하였다. 프랑스에서는 1750년과 1860년 사이에 식민지로부터 상당한 량의 목재가 들어왔음에도 불구하고 이기간 동안 산림면적은 절반으로 줄어들었다.

이러한 역사적인 배경 하에 19세기에 들어오면서 유럽 몇 나라는 산림전담기관을 세우고, 산림도 과학적인 기반 위에 관리되기 시작되면서 새로운 조림방법이나 목재이용 기술을 개발하였다. 이후 산림자원 및 목재생산량을 추정하고 평가하기 위한 방법도 실질적인 변화를 맞게 되었다. 1876년 독일의 Zetsche가 최초로 임분조사를 실시하면서 비용을 절감시키기 위하여 원형표준지법을 적용한 것이 산림조사의 효시가 되었다. 이 당시 유럽열강들은 자국의 식민지인 아시아, 아프리카, 아메리카의 열대림에 있어 상업성이 있는 목재생산량을 평가하기 위해서 산림조사에 최초로 대상표준지법(strip sampling)을 도입하였다.

20세기초 스칸디나비아에서는 국가나 지역단위의 전 산림에 대한 임목축적이나 목재재질등급과 같은 산림정보를 얻기 위해서 새로운 산림조사법을 개발하였다. 이에 따라 그 동안 중부유럽에서 적용해오던 개개 임분에 관련된 정보를 우선적으로 획득하고 이어서 대면적 산림조사로 이어지던 방식에서 국가계획 수립에 필요한 목재생산 전반에 대한 정보 수집으로 변모하였다.

1920년대 유럽에서는 산림조사 업무에 통계적 기법을 도입한 새로운 측정기술을 개발하고, 항공사진을 이용하는 등 산림자원조사에 일대

혁신을 이루었으며, 북·중유럽에서 개발된 표본조사법이 북미에 보급되어 널리 이용되기 시작하였다. 특히 임분이나 개개 임목에 대한 정보를 얻기 위해서 항공사진을 응용한 새로운 산림조사 기법이 처음 개발되었다. 1차 세계대전 이후에는 산림자원을 조절하기 위한 연구들이 주류를 이루었으며, 이 당시 대부분의 유럽 국가들은 국가 또는 지역단위의 산림조사를 실시하였다.

나. 산림조사 체계의 변천과정

산림조사 체계의 시대적 변천과정을 조사내용이나 조사방법 및 체계로 나누어 살펴보면 대략 3단계로 구분할 수 있다(표 1). 20세기 이전까지는 주로 목재자원에 관련된 자료를 지상조사에 의해 획득하여 왔으나, 이후 항공사진을 이용한 층화추출법(stratification)이나 이중추출법(double/ two-phase sampling) 등이 현재까지도 널리 활용되고 있다. 조사항목은 일부 환경자원 정보를 포함하고 있으나 대부분은 임목자원에 관련된 정보를 주로 조사 수집

하고 있다. 1970년 중반 이후에는 산림자원조사에 인공위성 자료를 이용하는 추세는 점차 증가하고 있어서 산림자원 정보뿐만 아니라 산림환경 정보를 포함한 다목적 다원조사체계로 전환되어 가고 있다. 조사항목이나 내용도 비목재 자원을 포함하여 대폭 증가하였고 조사방법은 위성자료 및 항공사진을 복합 이용한 다중/다단추출법을 영구적으로 고정표본점(permanent fixed plot)을 설치하여 주기적으로 지속조사(continuous forest inventory; CFI)를 실시하고 있다.

3. 각국의 산림조사 체계

산림조사는 본래 산림경영안을 편성하기 위해 필요한 자료를 수집할 목적으로 소반단위로 임황이나 지황을 조사하는 것으로서 비교적 좁은 면적에 대해 표본조사나 전림조사를 실시하는데 비하여, 산림자원조사는 대개 국가전체의 산림기본통계를 작성하기 위해서 전국 또는 도 단위와 같이 넓은 산림지역에 대해 일정한 기

〈표 1〉 산림자원조사 체계의 변천 과정

	20세기 이전	20세기 중반	20세기 후반
조사 방법	지상조사 표준지법	항공사진+지상조사 표준지법 : 층화추출법 이중추출법	위성자료+항공사진+지상조사 표준지법 : 다중/다단표본추출법
조사 체계	목재자원 중심	목재자원 중심 일부 환경재 포함	다목적 다원조사 CFI(Continuous Forest Inventory)
조사 항목	수종, 임상, 축적, 성장량, 형질급 등	수종, 임상, 축적, 성장량 등 60항목 미만	150항목 이상(50%이상 비목재) 산림자원정보 : 임상, 임목축적, 성장량 등 산림환경정보 : 생태(동,식물), 산림건전도, 토양, 수자원, 휴양 등

간 내에 산림자원실태를 조사하는 것으로서 대개 항공사진과 지상조사를 병용한 표본추출법을 적용해서 실시하고 있다. 또한 산림조사가 비교적 높은 정확도를 요구하는데 비해 산림자원조사의 정확도는 일반적으로 낮다.

산림조사는 독일을 발상지로 하여 오스트리아나 스위스와 같이 산림구획이 잘 확립되어 있고 대축척의 산림기본도를 보유하고 있으며 산림을 집약적으로 경영하는 나라에서 발달되었으며, 이에 비해 산림자원조사는 주로 스칸디나비아, 미국, 캐나다와 같이 대면적의 산림을 보유하고 있고 산림을 조방적으로 경영하는 나라에서 실시하고 있다. 산림조사의 목적이 경영계획에 있는지 아니면 기본통계를 얻고자 하는가에 따라 산림조사와 산림자원조사는 개념상 차이점이 있지만, 최근에는 산림조사의 결과를 집계하여 산림자원조사의 결과로 활용할 수 있어서 이제는 두 가지 용어를 구분 없이 함께 사용하고 있다.

가. 독일

독일은 연방자치국가로서 산림조사는 개별주나 지역별로 조사된 자료를 취합해서 이루어져 왔다. 최초의 조사가 1878년에 실시된 이후 매 10년마다 조사하는 것으로 계획되어 있으며 서독에서는 1961년을 마지막으로 잠시 중단되었으나, 동독에서는 1960년대에 산림자원을 사정하기 위해서 대규모의 산림조사가 실시되었다. 서독에서 최초의 전국산림자원조사를 위한 통계적인 표본조사를 실시한 것은 1986년부터 1990년까지이다. 이를 제1차 전국산림자원조사

라고 하는데 서독지역에 대한 산림자원조사를 150×150 m 크기의 사각형 트랙(tract)을 4×4 km 격자망에 계통적으로 표본추출하여 조사하는 방식을 도입하였으며, 트랙은 영구적으로 표시하여 재조사를 실시할 수 있도록 하고 있다(그림 1, 그림 2). 독일 전역을 대상으로 통계적 표본조사에 의해 실시되고 있는 제2차 전국산림자원조사는 2001년부터 2002년까지 2년간 실시되었으며, 조사 목적은 독일 전국의 산림자원 현황을 주기적으로 파악하고 그 변화상태를 모니터링하기 위해서이다. 산림자원조사는 연방 임업 및 임업생산 연구센터에 속해 있는 9개 연구소 중의 하나인 '산림생태 및 평가연구소'의 산림자원 조사과에서 담당하고 있으며, 앞으로 매 10~15년 간격으로 전국 산림자원조사를 실시할 예정이다.

산림조사 측정항목은 산림 면적, 임목 재적, 임목 생장, 벌채량, 고사목의 재적, 산림경계의 길이, 임도의 길이, 흉고직경 및 수고 등의 임목 측정 자료와 흉고단면적, 임목 본수 등이 있다. 이와 같은 측정자료를 기반으로 지역 단

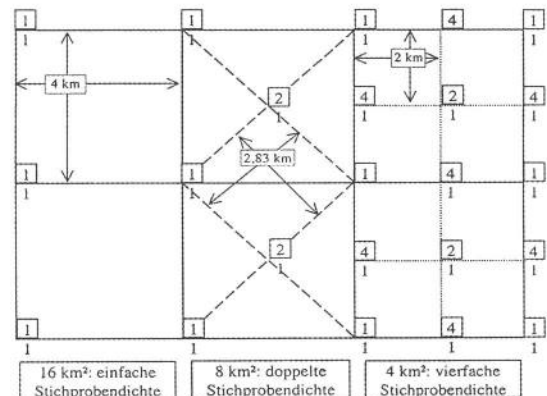


그림 1. 독일 산림자원조사의 tract 설계 방법

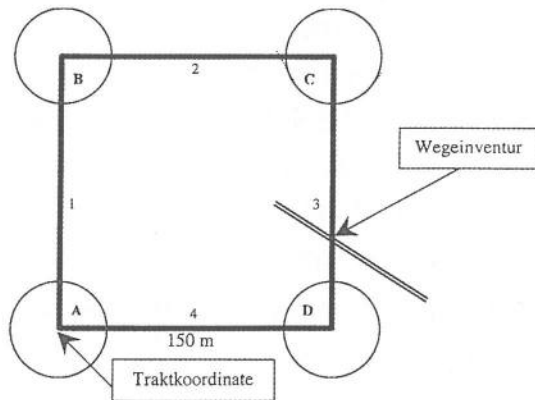


그림 2. tract 내의 표본점 위치

위, 소유 구분, 경영 단위, 수종, 영급, 직경급, 수목 피해, 임분형, 수종구성의 자연친화성, 관목과 지표식생, 입지조건, 해발고도 등을 평가하는데 사용되고 있다.

나. 스칸디나비아 3국

스칸디나비아 국가는 목재산업이 경제에서 차지하는 비중이 매우 큰 나라로서 표본추출법을 토대로 한 국가산림조사가 이들 국가에서 처음 실시되었다. 최초의 국가산림조사는 노르웨이가 1919년, 핀란드가 1920년, 스웨덴이 1923년 시작한 이래 현재 핀란드는 1996년부터 제9차 산림조사를 추진 중에 있고, 스웨덴은 7차(1993-2002) 산림조사를 완료하였으며 2003년부터 제8차 산림조사를 실시할 예정이다.

핀란드에서는 임업연구원이 산림조사 전반에 대한 책임을 맡고 있으며, 노르웨이에서는 1972년까지는 산림청 산하의 독립기관인 국립산림조사소(National Forest Survey)가 관장하다가 1978년부터는 노르웨이 임업연구원이 조사를 하였으나, 1988년 이후 현재는 노르웨

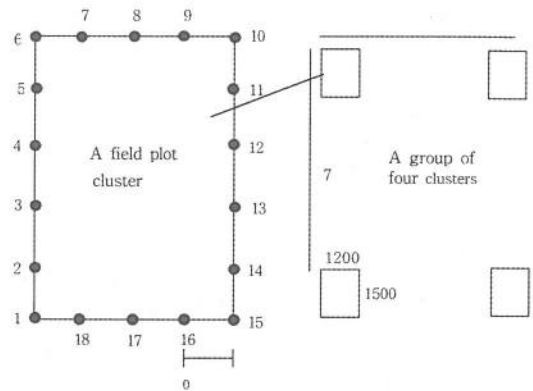


그림 3. 핀란드의 집락표본점 설계

이 토지조사소(Institute of Land Inventory)에서 맡고 있다. 스웨덴에서는 조사업무가 1943년까지는 국가산림조사위원회(National Forest Survey Board)에서 관장하다가 한 때 임업연구원으로 이관되었다가 현재는 스웨덴 농업과학 대학 산림자원경영학과와 책임 하에 실시하고 있다.

처음에는 지상에 계통적으로 표본을 추출하여 산림조사를 하였으며, 이후 노르웨이와 스웨덴은 대상표본조사법(strip survey)을 사용해 오다가, 스웨덴은 1945년에, 노르웨이는 1954년에 각각 strip survey에서 선표본추출법(line-plot sampling)으로 전환하였다. 한편 핀란드는 4차 조사까지는 선표본추출법을 사용하다가 1964년 제5차 조사부터는 집락표본추출법(cluster sampling)을 사용해 오고 있다(그림 3).

산림조사는 주로 표본추출법에 의한 지상조사를 해오다가 1970년대에 들어 항공사진을 병용한 이중추출법을 적용해 왔으며, 최근에는 산림자원량의 변화를 예측하고 산림건전도 변화를 모니터링하기 위해서 영구표본점을 설정

하여 반복조사를 실시하고 있다. 현재는 인공위성 영상자료나 수치지도 자료 등을 이용해서 임목자원 외에 산림건전도, 지피식생, 중분포의 추정 등을 위한 다원산림조사체계를 도입하고 있다.

다. 미국

미국에서의 산림조사사업은 1928년에 시작된 이후 오늘날까지 산림청의 활동 중 가장 오랜 기간에 걸쳐 지속적으로 수행되어 오고 있는 사업으로 미국의 목재예산(timber budget)을 모니터링하기 위해 계획되었다. 1928년 McSweeney-McNary Act 법 - 「미국에 있어 현재의 그리고 앞으로 예상되는 수요를 감안한

목재 및 기타 임산물에 대한 포괄적인 조사를 지속적으로 실시하고, 산림이 갖고 있는 현재 생산력과 잠재 생산력의 결정을 포함한 목재공급에 대한 조사를 지속적으로 실시하며, 미국의 전반적인 목재예산의 균형을 맞추기 위한 방안들을 결정하는데 필요한 기타 사안들에 대해 지속적으로 조사하도록 농무장관에게 지시」-이 제정되면서, 1929년 최초의 조사계획을 수립하고 1930년에 항공사진을 산림조사에 처음 사용하였다.

1950년대에 국가산림조사가 가장 활동적으로 실시되었으며, 1967년에 산림조사 정의 및 개념, 조사절차 및 방법을 정립한 산림조사 교

〈표 2〉 미국 FIA에서 조사하고 있는 다목적 산림조사 항목

임지데이터	표본점데이터	수목데이터	기타 식생데이터
- 토지이용 - 이용의 변화 - 경사 - 방위 - 지형적 위치 - 소유형태 - 삼림형 - 임령 - 임분크기급 - 임분의 재적급 - 단면적 및 임분축적 - 지황급 - 임분의 起源 - 종자의 起源 - 지형학적 분류 - 경영의 경과 - 재측정 표본점에 대한 실제생산력 - 생산력 가능성 - 경영 가능성 - 임형의 크기 - 야생생물생식조사 · 물 · 주위 · 疏開部	- 도로와의 거리 - 휴양기회 - 표본점의 임령 - 삼림관리급 - 벌채력 - 벌채경과 - 장비류의 제한 - 地表石 - 표고 - 토양자료 · 부식층의 깊이 · 근계의 깊이 · 토양층별 깊이 · B층의 성질 · 기암의 깊이 · 母材 · 토양습도 · 토양통 - 지위지수	- 수종 - 흉고직경 - 수고 - 불량목 - 수목의 품질 · 통나무의 등급 · 외형적 결함 · 내부적 결함 · 수관급 · 상품성 · 피해/고사의 원인 · 품등구분 - 재측정되는 표본점 수목의 과거 · 과거의 흉고직경 · 과거의 상품성 · 과거의 품등구분 - 상품성, 수종, 크게 관련된 야생동물의 가치 · 폭목, 고사입목 · 給餌場所, 空洞 등 - 갱신	- 엽량구조 - 生命型에 대한 엽량의 할당 - 갱신/잡목림/만경류 · 수종, 수고 · 어린 잎으로 먹힐 가능성

본(Forest Survey Handbook 4813)이 작성되었다.

산림조사 주기는 1970년대에는 13~15년으로, 1980년대의 국유림조사 주기는 12년(남부; 8~9년), 1990년대의 국유림조사 주기는 10년(남부 5~6년)으로 점차 줄어들었다. 1995~1998년에 4차 산림조사가 완료되었고, 2000년부터는 연년산림조사체계(Annual Forest Inventory System)를 도입하여 매년 전체 조사표본점의 일정부분을 조사하고 있다.

1974년에 자원계획법(Forest and Rangeland Renewable Resources Planning Act, 일명 RPA법) - 「매 10년마다 전국의 산림과 목야지 자원에 대한 평가서를 작성하고, 국유림내의 천연자원을 체계적으로 개발하는데 지침이 될 장기적인 계획안을 개발하도록 농무장관에 지시」-이 제정되고, 이후 1978년에 Forest and Rangeland Renewable Resources Research Act 법이 만들어 졌다. 이 두 가지 법안의 가장 중요한 핵심은 산림조사에 있어서 전국의 산림과 목야지의 재생가능한 모든 자원에 대해 조사영역을 확대하도록 한 점이다.

이에 따라 산림청 내에 6개의 산림조사소(Forest Inventory and Analysis; FIA)를 두어 지역별로 산림자원조사를 전담하고 있으며, 1970년대 중반부터 목재자원 중심의 조사에서 다목적 다원자원조사로 개념이 확산되기 시작하면서 조사영역도 야생동물, 유역관리, 레크리에이션과 같은 모든 산림자원을 총 망라한 조사체계로 전환되었다. 1974년 이전에는 각 표본점당 목재에 관한 조사항목이 60개 미만이었

으나, 오늘날에는 150항목 이상으로 늘어났고, 조사항목의 반수 이상이 목재공급과 직접 관련이 없는 토지이용이나 식생구조 및 입지환경인자에 관한 것이다(표 2~3).

최근에는 점차 환경에 대한 중요성이 높아지면서 1988년에 Forest Ecosystem and Atmospheric Pollution Research Act 법이 제정되어 산림생태계의 생산력과 건전도를 장기적으로 모니터링 하도록 명령하고, 산림조사도 환경보호청(EPA)의 '생태계 모니터링 및 사정계획(Ecosystem Monitoring and Assessment Program)'과 협조하여 공동으로 추진하고 있으며, 공동조사단에는 임업전문가 외에 생태학자, 식물학자, 곤충학자, 병리학자, 토양학자 및 심지어는 레크리에이션 전문가나 사회경제학자 등이 조사요원으로 함께 참여하고 있다.

최초의 산림조사는 선표본조사법(line plot)을 사용하다가 고정표본점에 대하여 각산정표준지법(Bitterlich plots)을 적용하였으며, 지금은 3P(probability proportional to prediction)나 SPR (sampling with partial replacement) 표본추출법을 채택하고 있다. 산림조사 기법도 1950년대 후반과 1960년부터는 항공사진과 지상조사를 병용한 이중추출법을 사용해 왔으며, 최근에는 항공기에서 촬영한 고해상도 비디오 영상자료, 인공위성 자료 및 GIS를 응용한 다단계 표본추출법(multistage sampling)을 적용하고 있다. 다단계 표본점 조사란 조사표본점을 조사단계별로 공간거리를 달리하여 배치하는 것으로서 1단계에서는 97ha마다 조

〈표 3〉 미국 FIA의 비목재계 산림자원 조사항목

항 목	내 용
비목재계 식생	
- 상록, 낙엽 관목	수종, 생활형 및 계급에 대한 엽량분포, 재적비율, 엽량상태
- 초본류 전체 식생	수종, 수종구성, 생중량 및 건중량, 엽량분포, phenology
야생동물	
- 고사입목	단위면적당 본수, 수고, 절단가지(snag)의 유무
- 수목의 동공	수목당 동공 수, 크기, 위치
- 서식지에의 적용성	
- 중요 관목류	수종, 직경
- 食餌植物	수종, 직경
- 쓰러진 나무(倒木)	수종, 길이, 중앙직경, 부패정도, 지상부 잔여부분
- 거리	마을, 도로, 물, 은신처, 어류서식 하천까지의 거리
- 서식지 형태	수종, 계층별 엽량, 생활형
비목재계 biomass	
- biomass	식물군별 엽면적 비율, 원목(stem) 직경 및 수고
- 관목의 biomass	수종, 직경, 지표피복율
- 상록관목, 낙엽관목	수종, 계층별 엽량, 생활형
- 전체 식물	수종, 종구성비, 생중량, 건중량, 엽면적, phenology
레크리에이션	
- 기대도	자연적인 것과 도시적인 각종 레크리에이션의 기대도, 기회
- 정보의 제공	정보의 종류(표식, 소유자 등)
- 이용의 종류	이용정도와 이용자 계층
- 산책로 및 도로	산책로 및 도로의 종류
- 환경정비	물, 도로, 도시와의 거리, 농지면적, 임도의 폭
- 접근성	1/4마일 내의 도로형태, 담, 계사의 유무, 인구밀집지와와의 거리
- 풍치	각 방위별 전망사진
물	
- 환경정비	물과의 근접도
- 야생동식물 보호/먹이 공급	토지이용도, 식생의 피복율, 신초 섭취 정도, 물까지의 거리, 물의 형태
- 하천의 근접	가장 가까운 하천까지의 거리
- 물의 특징	형태, 영구 또는 일시적, 표본까지의 거리
토양	
- 토양형에 대한 면적과 토양형별 생산력	유기물층의 깊이, 근경의 깊이, B층 토성, 기암 깊이, 모재, 토양침투급
- 유역의 상대적평가	낙엽층의 깊이, 부식, 토성, 침식의 유무, 경사
- 토양형별 식생조성	A층의 형태, 낙엽층 깊이, 경사, 지형
- 식생형과 토양형별	토양단면, 토양습도, 토성, SCS시리즈 등급
- 식생생산력	
기타	
- 개인소비용 신탄재생산과 용도	지역, 수종, 소유자, 임상별 목재량

사표본점을 배치하여 전국적으로 약 940만개의 표본점을 배치하였으며, 주로 항공사진 및 인공위성 자료를 이용하고 있다. 2단계 조사는 2,509ha마다 120,500개의 부차표본점을 배치하며, 3단계 조사는 주로 산림건전도 모니터링을 조사하기 위해 67,580ha마다 4,500개의 부차표본점을 배치하여 조사하고 있다. 또한, 현지에서 산림조사시 야장에 기록한 후 사무실에 들어와 컴퓨터에 입력하는 것은 시간과 노력이 많이 들뿐만 아니라 자료입력시 오류를 범할 수 있어 전자야장(data logger) 및 PDA를 사용하여 현장에서 직접 조사자료를 입력한다.

라. 일본

일본에서는 전국 산림을 대상으로 지형도의 경위도 교차점을 무작위 추출법에 의해 구형표본점을 3,000개 추출하여 산림조사를 실시하였는데, 1958년부터는 국유림 경영을 위하여 항공사진과 지상조사를 병용한 산림조사법을 사용하고 있다.

각 분야의 관련전문가들이 3년간의 연구와 준비를 거쳐 1994년에 작성한 '차기산림자원조사시스템 개발보고서'에 의하면 앞으로 일본이 도입하고자 하는 산림자원조사 체계는 목재의 안정적 수급과 환경에 조화된 산림자원의 합리적 이용과 관리에 목적을 두고 있으며, 이를 위해 고정표본점에 대하여 목재와 비목재자원 즉, 자원정보와 환경정보를 총 망라한 모든 정보를 지속적으로 조사하는 다목적 다원산림자원조사 방식을 채택하고 있으며, 이를 효율적으로 달성하기 위해 항공사진, 원격탐사와 GIS기법의 이용도를 높여서 원격탐사와 지상조사를 병용한 표본조사법을 적용하고 더불어 산림환경 변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 조사체계로 전환하고 있다.

표본점 조사는 그림 4와 같이 각 표본점에 크기가 다른 3중 원형표본점을 설치하여 실시한다. 외부의 가장 큰 원은 표본점 크기가 0.1ha이며, 전국적으로 15,700개의 표본점을 조사함으로써 일본 전체의 임목축적량을 오차율

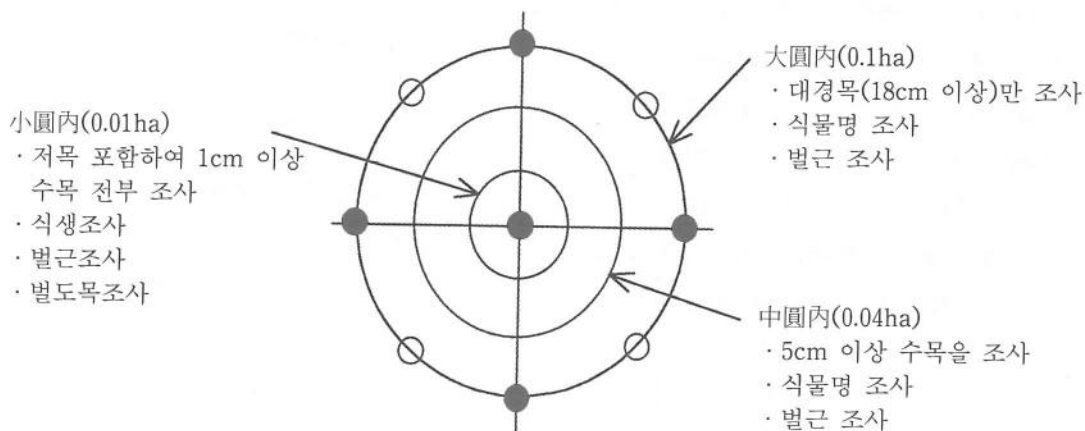


그림 4. 일본 산림자원조사의 표본점 설계

3% 이하로 추정하고 있다. 가운데 두 번째 원은 표본점 크기가 0.04ha이며 흉고직경 5cm 이상의 임목을 대상으로 조사하고 벌근조사도 함께 실시한다. 가운데 가장 작은 원의 면적은 0.01ha이며 관목을 포함하여 직경 1cm 이상의 모든 수목에 대하여 조사하고, 이와 함께 식생조사, 벌근조사, 벌도목 조사를 병행하고 있다.

마. 한국

우리 나라는 1948년과 1953년에 두 차례에 걸쳐 산림면적과 임목축적에 대한 산림통계를 추정하여 발표하였으나, 이 당시 산림조사 체계 미비로 통계치의 신뢰도에 많은 문제점이 야기되었고 이때 산림조사의 필요성이 대두되었다. 이에 따라 1960년 강원도 일부 국유림에 대해 증화부차추출법에 의해 임목축적을 조사하였으며, 이때 1/40,000 축척의 항공사진을 촬영하였으나 주로 답사에 사용하였다. 한편, 1962년부터 1964년까지 민유림에 대한 조사를 실시해서 최초로 산림조사의 기반을 조성하였다. 이후 선진국의 산림조사 기술을 도입하여 우리 실정에 적합한 산림조사 방법을 개발하였다. 1964년부터 3년간에 걸쳐 국유림경영에 필요한 기본자료를 얻기 위하여 UN특별기금(UNSF)에 의한 UN한국산림조사기구가 설치되어 강원도 및 경북 일부 국유림에 대한 항공사진 촬영과 조사사업이 실시되었다.

1969년 임업시험장 산하에 산림자원조사소를 설치하여 1970년부터 본격적으로 산림자원조사가 실시되었다. 이후 1972년 산림자원조사

의 중요성과 업무량 증가로 산림청 직속의 산림자원조사연구소가 설립되었으며, 현재는 임업연구원에서 산림조사 업무를 담당하고 있다. 1970년에 우리 기술진에 의해 최초로 1/15,000 축척의 항공사진을 촬영하였으며, 1971~75년까지 제1차 전국산림자원조사가 실시된 후, 1978~81년 사이에 제2차 조사를, 1986~92년 사이에 제3차 산림자원조사를 실시하였고, 현재 1996년부터 2005년까지 제4차 산림자원조사를 추진 중에 있다.

산림자원조사의 법적 근거로서 산림법 6조(산림기본계획) 1항 및 동 시행령 5조 4항에 「산림청장은 지속가능한 산림경영 여부를 검토하기 위하여 산림자원 및 그 구성요소의 변화에 관한 조사를 하여야 한다」고 명시되어 있으며, 이에 따라 산림자원조사는 전국의 산림에 대한 산림통계를 작성하고, 산림기본계획 수립

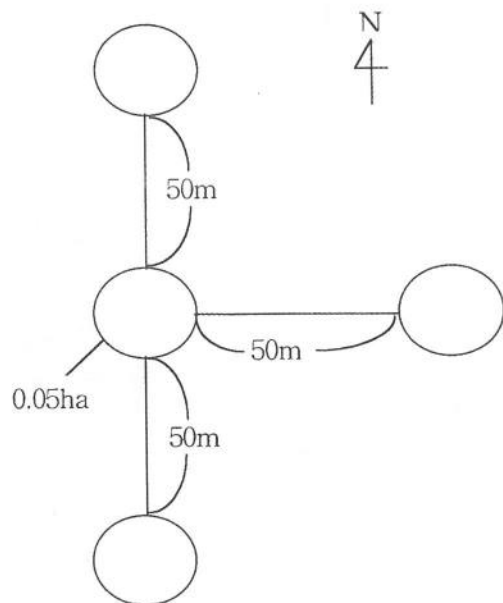


그림 5. 우리나라의 tract별 표본점 설계

의 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 실시되고 있다.

제2차 조사까지는 항공사진을 판독하여 임상 및 주요 수종, 경급, 영급, 밀도별로 임상을 구분하여 임상도를 작성한 후, 1/25,000 축척의 지형도상에서 평면직각좌표 교차점을 무작위로 계통추출법에 의해 표본점을 추출하여 현지 조사를 실시하였으며, 제3차 조사부터는 전국을 도나 지방산림관리청 단위로 기본계획구를 정하고 시군, 관리소를 지역계획구 단위로 정해서 고정표본점과 임시표본점을 설정하여 조사하고, 동시에 항공사진표본점을 측정하는 이중추출법을 적용하고 있다(그림 5).

4. 새로운 산림조사 기술 도입

지난 40년간 산림자원을 사정하고 모니터링 하는데 있어 다양하고 새로운 기법들이 개발되어 산림조사 업무에 적용되어 왔다. 그 동안 항공사진은 지상조사와 병용하여 산림자원조사에 가장 널리 실용적으로 이용되어 왔지만, 최근 세계각국은 산림분야에 인공위성 영상자료를 이용한 원격탐사 기술의 적용가능성 연구를 모색해 왔다. 따라서, 현재는 인공위성 영상자료의 처리기법이 급속히 발전하면서 원격탐사 기법을 대면적 산림조사나 환경 모니터링에 널리 활용하고 있다.

그러나, 위성영상 자료를 산림조사에 본격적으로 사용하는 데는 아직까지 여러 가지 제약과 한계가 있기 때문에 앞으로도 상당 기간은 항공사진에의 의존도는 지속될 것으로 본다. 이

러한 항공사진의 활용 잠재력을 더욱 높이기 위해서는 다양한 축척, 필름의 항공사진을 촬영해서 이용하는 기술과 수치사진측량(digital photogrammetry) 기법을 이용한 사진판독 및 측정, 도화 기술을 도입하여 질 높은 산림조사 성과자료를 생산하여 그 효용가치 및 활용성을 높일 수 있어야 한다.

가. 수치사진측량 기법

전통적인 사진측량은 항공사진 필름을 사용하며 수치사진측량은 다양한 수치영상을 입력 데이터로 사용한다. 즉, 수치사진측량에서 사용되는 수치영상은 항공사진을 스캐닝하는 간접적인 방법과 위성영상과 같이 CCD 센서 등을 이용하여 직접 관측하는 방법이 있다. 최근 개발되는 수치사진측량시스템의 특징은 대용량의 항공사진 영상을 처리하는 서버(server) 기반의 시스템으로 변화되고 있으며, 자동항공삼각측량, 자동정사영상제작 및 모자이크제작 등 기존 시스템의 성능을 많이 보완하고 있다. 더불어, GIS 시스템과 연계하여 기존 사진측량시스템과 같이 다양한 지형지물의 추출과 함께 기존의 수치데이터를 수정·갱신할 수 있는 강력한 도구로서 이용되고 있다.

수치영상을 이용하는 수치사진측량은 항공사진 수치영상 뿐만 아니라 다양한 해상도의 위성영상을 이용하여 수치 임상도를 제작하거나 갱신할 수 있다. 수치입체영상 판독은 기존의 입체영상 판독과는 달리 수치사진측량 시스템을 이용한다. 수치사진측량 시스템은 다양한 영상을 사용할 수 있고 입체경을 이용한 입체

시보다 정확한 임상정보를 추출해 낼 수 있다. 항공사진 수치영상은 스캐닝 해상도가 좋을수록 원래 사진이 갖고 있는 정보를 손실하지 않고 보전할 수 있게 된다. 그러므로 입체시를 통한 대상물의 모양과 크기, 색조, 질감, 생육의 위치 판독 시 기존의 입체영상 판독보다 정확한 정보를 얻을 수 있다. 또한 수고의 측정 시 수치영상 판독에서는 정확한 위치정보를 추출하므로 정확한 수고계산을 할 수 있고 그에 따른 수관직경이나 수관밀도 측정을 정확하게 구해낼 수 있다. 또한 입체수치 영상을 이용한 방법은 에피폴라 영상을 제작하여 입체시를 통해 수치 임상도를 제작하거나 갱신할 수 있다.

기존의 입체영상 판독은 두 장의 항공사진을 이용하여 빠른 시간 내에 표정작업을 수행하기 때문에 여러 지역을 판독할 수 있는 장점을 가지는 반면 수치입체영상은 기존의 입체영상과는 달리 수치영상의 표정작업을 수행해야 하고 다수의 지상기준점이 있어야 한다는 단점이 있

다. 그러나 위성영상을 이용할 경우 항공영상을 사용할 때 보다 표정작업이 간소화되고 지상 기준점이 필요하지 않거나 소수의 지상 기준점만을 필요하므로 수치입체영상이 가지는 단점을 보완할 수 있다. 수치입체영상은 위성영상을 이용할 경우 컬러 영상을 사용하여 판독할 수 있어서 판독시 색조, 질감 등 기존의 입체경을 이용한 판독보다 정확한 임상정보를 추출할 수 있을 것이다.

나. 원격탐사 기술

지구자원탐사 위성은 지난 30여년 동안 소수의 제한된 위성으로 영상자료를 공급하여 왔으나, 최근 들어 위성의 수가 증가함에 따라 산림변화에 대한 정보를 보다 신속하게 획득할 수 있게 되었다. 특히 1999년 우리 나라 최초의 다목적 실용위성인 아리랑(KOMPSAT)1호가 성공적으로 발사되어 고해상도의 흑백 영상 자료를 제공하고 있다. 또한 외국의 위성영상

〈표 4〉 공간해상도에 따른 위성영상의 구분

구분	위성/센서	밴드수	공간해상도	촬영주기	촬영범위	발사 년도
고 해상도	IKONOS	4	1m/4m	임의조정	11km	1999
	OrbView	4	1m/4m	임의조정	8km	2002(예정)
	다목적실용위성 KOMPSAT-EOC	1	7m	임의조정	17km	1999
중 해상도	Landsat/TM	7	30m/15m	16일	185km	1982
	SPOT/HRV	4	20m/10m	26일	60km	1986
	IRS/LISS	4	20m/5m	25일	130km	1995
저 해상도	NOAA AVHRR	5	1km	12시간	약 2,400km	1980
	Terra MODIS	36	250m/500m /1km	2days	약 2,300km	1999

자료를 수신 처리할 수 있는 국내 수신소가 인공위성연구센터, e-HD.com(주) 등 여러 곳에 설치되어 운영 중이므로 위성영상 자료의 공급이 원활해졌고, 더욱이 한국지구관측센터(KEOC)가 설립되어 국가적인 용도로 위성영상 자료를 수신하여 제공할 수 있는 공급체계 구비되어 국가적인 산림정보 획득에 보다 잘 활용될 수 있을 것으로 본다.

지난 20여년동안 제한된 숫자의 인공위성에서 공급하던 위성영상자료에서 벗어나, 최근 들어 새로운 센서 기술의 개발과 함께 다양한 종류의 위성영상 자료가 공급되고 있다. 항공사진의 해상도에 근접하는 고해상도 상업위성자료, 극다중분광 영상(hyperspectral images), 레이더 영상(radar), 다국적 지구환경변화 관측 위성프로그램(EOS)에서 공급되는 위성영상 등 최근 몇 년 동안 우리가 활용할 수 있는 위성영상 자료의 종류가 급증하고 있다. 산림분야에 활용되고 있는 위성영상 자료를 공간 해상도에 따라 구분하면 표 4와 같다.

항공사진을 이용하여 산림자원조사를 할 경우에 먼저 항공사진을 판독하여 임상을 구분한 후 임상별로 층화하여 조사표본점의 수나 표본점 위치를 설계한 다음 야외조사를 실시하기 때문에 많은 시간과 비용이 소요된다. 반면에 원격탐사 자료는 항공사진에 비해 해상력은 낮으나 한번에 관측할 수 있는 범위가 상당히 크기 때문에 산림과 같이 분포지역이 넓은 경우 저렴한 비용으로 신속하게 정보를 수집할 수 있다. 또한, 대부분의 자원탐사위성은 일정한 주기로 지구궤도를 순회하기 때문에 동일한 지

역에 대하여 주기적으로 반복해서 정보를 수집할 수 있다. 따라서 광범위한 지역의 산림자원의 파악은 한번에 넓은 지역을 커버하는 위성자료를 사용하는 것이 효과적이다. 그러나, 원격탐사를 이용한 산림조사기법은 인공위성 자료의 해상력이 낮기 때문에 대부분 항공사진이나 야외조사를 병용하는 다중/다단추출법을 주로 이용하고 있다. 또한, 다시기 위성자료를 이용해서 고정표본점에 대해 지속적으로 산림자원조사를 실시하여 산림자원량 변화를 효과적으로 파악할 수가 있으며, 식생지수법(vegetation index)과 같은 분석기법을 이용하면 식생의 피복도 및 biomass 량을 추정해 낼 수도 있다.

5. 우리 나라의 향후 산림조사 방향

급변하는 국내외 여건 변화를 고려할 때 현재 우리 나라 산림자원조사의 목적으로 설정되어 있는 “일정 시점의 전국 산림의 실태를 정확히 파악하여 계획적인 산림녹화의 기반 조성 과 산림행정의 과학화를 위한 각종 산림정책 및 산림기본계획 수립을 위하여 조사하는 것”은 새로운 환경변화에 능동적으로 대처할 수 방향으로 수정되고 보완되어야 한다. 특히 2008년부터 시작되는 제5차 산림기본계획에 포함되어야 할 ‘지속가능한 산림경영의 실천’을 위한 기초자료의 확보라는 측면과 우리 나라가 가입하고 있는 국제기구에서 요구하는 산림환경 통계의 수집과 지속적인 자료의 갱신을 만족시키는 방향으로 기본목적이 수정되어야 할 것이다. 이와 더불어 임목통계 외에 산림환

경통계를 확보하면서 최신 기법의 적용을 실천하여야 하기 때문에 다양하면서도 정확한 산림 통계의 확보라는 측면과 시간 경과에 따른 산림자원의 변화를 모니터링할 수 있는 기능을 산림자원조사의 목적에 포함하여야 한다.

새로운 산림자원조사 체계에서 추가된 다양한 산림통계 정보를 얻기 위해서는 현재 사용되고 있는 표본설계 방법으로는 한계가 있다. 이러한 관점에서 새로운 산림자원조사 체계에 적합한 효율적인 표본조사법의 도입과 국내 여건에 적합한 표본점 배치 방법을 정립하여야 한다. 현재 우리 나라에서 적용하고 있는 층화집락추출법을 포함하여 계통적집락추출법 및 다단계추출법 등과 같은 표본설계 방법 중에서 우리 나라 실정에 가장 적합한 방법을 정립하여야 한다.

먼저 표본점의 형태, 크기, 조사방법 등에 대한 구체적인 설계가 선행되어야 한다. 우선 계통적집락추출법을 사용할 경우에는 우리나라의 산림면적을 고려하여 전국을 $4\text{km} \times 4\text{km}$ 의 격자로 구분하고, 각 격자점마다 1개의 cluster(tract)를 배치한다. 각 cluster마다 4개씩의 표본점을 배치하고 표본점 중심에서 다양한 크기의 원형 표본점 설정하여 산림자원 및 환경생태정보를 동시에 조사한다. 또한, 다단계표본추출법의 경우 표본점을 원형으로 하고 표본점의 중심에서 다양한 반경을 갖는 여러 개의 표본점을 중복으로 설치하면 표본점의 크기에 따라 조사항목을 달리하여 조사비용과 시간을 줄이면서 많은 정보를 수집할 수 있다.

그러나, 우리 나라는 산림은 대부분 지형이

험준한 산악지형에 분포하고 있어서 평지림을 상대적으로 많이 소유하고 있는 유럽이나 미국에서 채택하고 있는 산림조사 체계의 국내 적용에 대해서는 조사방법에 대한 효율성과 실현가능성 등을 종합적으로 고려해서 결정하여야 한다.

6. 결 언

오늘날 전세계적으로 산림자원에 대한 수요는 끊임없이 증가하고 있는 반면에 열대림의 산림면적은 대규모 벌채나 비합리적인 이용개발과 농경지로의 타용도 전환 등으로 인해 점차 줄어들고 있고, 온대지방에서는 대기오염이나 특정자원에 대한 과도한 이용이나 병충해 피해로 인해 점차 쇠퇴해 가는 현상이 확산되고 있으며, 지구상에서 많은 동·식물자원이 소멸되거나 급격히 감소하였다. 또한, 지구온난화에 따른 대규모 홍수와 가뭄, 산불과 같은 자연재해가 세계 도처에서 빈번하게 발생하고 있다. 또한, 그 동안 산림의 역할이나 임업의 목표는 목재자원에 중심을 두어 산림정책이나 임업경영은 단순히 최소의 비용으로 목재생산을 최적화하는 것에 초점을 맞추어 왔으나, UNCED 이후 산림을 환경적으로 건전하게 유지하면서 지속가능한 개발이 가능하도록 경영관리할 것을 요구하고 있다.

이러한 여건의 변화에 따라 앞으로는 산림이나 산림과 관련된 모든 정보에 대한 국가적 또는 국제적인 차원의 수요가 점차 늘어날 것으로 예상되며, 각종 현안에 대해 문제점을 해결

하고 능동적으로 대응하기 위해서는 무엇보다도 먼저 산림 실태와 현상에 대한 각종 산림정보가 적기에 수집되어야 하며, 이들 자료나 정보를 토대로 하여 올바른 분석 평가과정을 거쳐서 합리적인 대응방안이나 전략을 수립하여야 한다.

이에 따라, 산림조사 개념을 새로이 설정하고 조사체계를 개선할 필요성이 높아지고 있다. 즉, 산림자원의 평가나 모니터링도 지속가능한 개발과 연계하고, 생태적 문제점들을 사회경제적 측면과 연관시켜 함께 다루어야 한다. 이러한 관점에서 오늘날의 산림조사는 단지 목재나 임산물뿐만 아니라 가능한 한 장래의 잠재적 수요를 고려한 종합적인 정보를 수집할 수 있도록 다원(multi-resource), 다공간(multi-spatial), 다시기(multi-temporal) 조사 체계로 전환되고 있다. 앞으로의 산림조사는 단지 산림분포 특성이나 목재생산량만을 평가하는 단순한 체계가 아니고, 주변의 환경이나 사회경제적 활동과 밀접하게 상호 관련된 산림생태계의 기능과 동태에 관한 정보를 수집하고 이용하는 통합체계가 될 것이다. 이를 위해 현재 세계각국은 기존의 목재자원 중심의 산림조사에서 야생동물, 토양, 수자원, 목야지, 레크리에이션 자료를 종합적으로 수집하고 있으며, 조사방법도 주로 항공사진과 지상조사를 병용해오던 이중추출법에 의한 표본조사법에서 점차 원격탐사나 GIS 기법을 활용한 표본조사법을 개발하여 적용해오고 있으며, 동시에 영구적으로 설치한 고정표본점에 대해 지속적으로 산림조사를 실시하여 산림자원량 변화를 모니터링

하고 있다.

더욱이 원격탐사와 GIS 분야의 비약적인 발전, GPS 장비를 이용한 위치정보 획득 등 이러한 기법들이 도입됨에 따라 산림조사나 모니터링에 있어 커다란 진보를 이루었다. 그러나, 현시점에서 이용가능한 인공위성 자료의 특성에 비추어 볼 때 원격탐사 기법을 산림조사 업무에 보다 실용적으로 활용하기 위해서는 앞으로도 해결해야 할 문제점들이 있다. 대부분의 산림은 입지환경요인이나 임분구성 상태가 복잡하여 현재의 인공위성 센서의 해상력으로는 산림관리 업무에 충족한 자료를 얻기가 어렵다. 반면에 인공위성 자료는 각종 현상을 파악하고 변화상태를 효과적으로 모니터링하거나 갱신(updating)하는데 유용한 정보원으로서 널리 활용되고 있다. 앞으로 항공우주 및 컴퓨터 산업의 발달추세를 감안해 볼 때 머지않아 현재 운행 중인 인공위성보다 훨씬 해상력이 높고 파장대의 관측범위도 넓은 기능이 대폭 향상된 새로운 센서를 탑재한 자원탐사위성이 계속 발사될 것으로 예상되고, 원격탐사 자료의 이용 기술 또한 새로운 알고리즘이나 분석기법의 개발에 따라 임업분야의 활용성은 더욱 높아질 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Alparslan Akca. 2000. Forest Inventory. University of Gottingen. 191pp.
- Raymond L. Czaplewski. 1999. Multistage Remote Sensing(Toward an Annual

- National Inventory). J. of Forestry Vol. 97, No. 12 : 44-49
- Shikui, P. 1987. On the combination of Multi-temporal Satellite and Field Data for Forest Inventories. ACTA Forestalia Fennica. 97pp.
 - Van Hooser, D.D., N.D. Cost and H.G. Lund. 1992. The History of the Forest Survey Program in the United States. Proceedings of the IUFRO Centennial Meeting in Berlin. p.19-27
 - 이승호. 1996. 원격탐사기술과 산림자원조사. 임정연구 27 : 121-148.
 - 이승호. 1999. 산림자원조사에 원격탐사 및 GIS 기술 적용. 한국산림측정학회지 제2권 제2호 : 32-44
 - 현신규, 김갑덕. 1976. 측수학. 향문사. 245 pp.
 - 林野廳. 1990. 리모-센싱活用手法開發 調査報告書. 224pp.
 - 林野廳. 1994. 次期森林資源システム開發 調査報告書. 165pp.
 - 산림청. 2001. 위성영상을 이용한 산림자원 관리방안. 260pp.
 - 산림청. 2001. 미국의 FGIS 구축 및 실용화 분야 연수보고서. 75pp.
 - 산림청. 2002. 국내외 여건변화에 따른 산림 자원조사 체계 개편 연구. 273 pp.



특 집

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(II)

-수변림의 갱신형태, 취급방법 및 복원기술을 중심으로-

전 근 우

강원대학교 교수

일본사방학회에서 발간한 「수변지역 포인트 북-앞으로의 관리와 보전-」(砂防學會, 1999)은 수변 환경을 보호하고, 생태적인 가치의 보존과 회복을 위한 합리적인 방안을 제언한 출판물이다. 주요내용은 수변지역의 구조와 기능에 관한 기본적인 사항, 수변림의 갱신형태, 수변지역·수변림 관리의 기본적인 사항, 생태계를 배려한 수변지역의 취급방법, 송어의 생활사에 유의한 수변지역의 취급방법, 수변지역의 보전과 이용, 방재적 시점에서 본 수변림의 평가, 수변림의 복원기술 및 사회적 과제 등으로 구성되어 있다.

前報(전근우, 2002)에서는 수변지역의 구조와 기능에 관한 기본적인 사항, 수변지역·수변림 관리의 기본적인 사항, 수변지역의 보전과 이용에 대해 요약하였으며, 이번에는 수변림의 갱신형태, 생태계를 배려한 수변지역의 취급방법 및 수변림의 복원기술에 대해 정리하였다. 한편, 이 연구는 산림청에서 지원하는 2002년도 임업용역연구 「환경친화적인 사방공법 정립에 관한 연구」에 의해 진행된 연구결과의 일부이다.

1. 수변림의 갱신형태

1) 수변림의 생육장소 규제요인과 유형

산지 계반림을 구성하는 식생은 그림 1에서 알 수 있듯이 계류에서 발생하는 사면붕괴와 토석류와 같은 지표변동의 빈도와 유로변동에 의해 초래되는 입지환경의 다양성에 영향을 받으며, 선상지 하반림을 구성하는 식생은 하상고(河床高)와 수분량, 퇴적물의 입경 등에 의해 영향을 받는다. 그리고 충적저지의 습지림을 구성하는 식생은 수위의 계절변화, 유기물 함유량, 영양염량, 산화환원전위(酸化還元電位) 등의 수위·수질, 토양의 화학적 성질에 영향을 받는다. 한편 수변림을 구성하는 수종의 생육장소를 규제하는 요인은 유역의 상류로부터 시작하여 하류의 순으로 영향을 미친다. 따라서 수변림을 보전하거나 관리할 경우, 수변림의 성립장소에 따라 검토해야 할 주요 환경요인이 다르다고 할 수 있다.

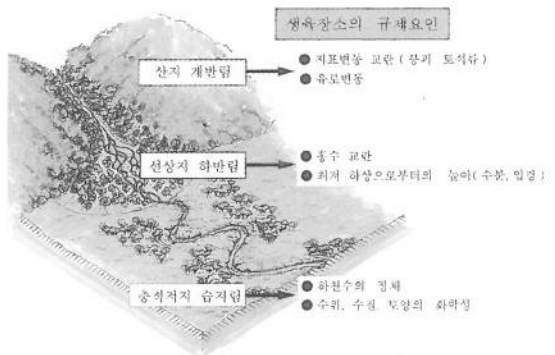


그림 1. 유역에 따른 생육장소의 규제요인

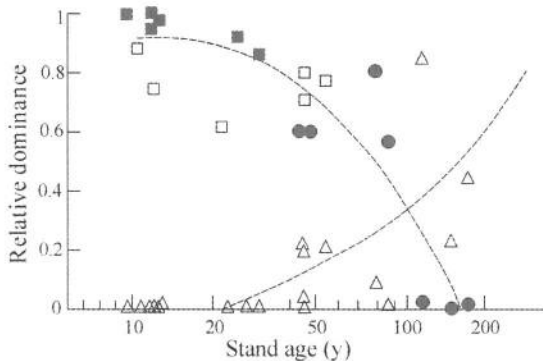


그림 2. 하천미지형의 안정도와 선구성 수종의 우점도(Nakamura 등, 1997)

(■:불안정, ◇:준안정, ●:안정, △:침엽수)

2) 선구성 활엽수와 동적 입지환경의 필요성

사력형태로 조성되어 있는 선상지의 하천수변에 생육하고 있는 선구성 활엽수는 사력이동이 빈번하게 발생하는 입지를 선호하며, 사력지가 안정화되면 천이후기수종으로 바뀌어 서서히 쇠퇴한다.

한편, 자연하천에 형성되는 사력퇴(砂礫堆)나 범람원의 높이는 홍수교란 빈도에 영향을 받으며, 이에 따라 우점종이 변화한다. 따라서 현재의 선구성 활엽수 성숙림을 격리하여 보호할지라도 새롭게 갱신할 수 있는 입지조건이 형성되지 않으면 최종적인 보호를 기대할 수 없기 때문에 동적(動的) 입지환경을 확보하여 발아·정착·성장의 갱신과정 전체를 보전해야 한다.

3) 수변림의 종다양성 보전과

횡단지형의 복잡성 확보

지금까지의 하도계획의 기본은 안정된 하천

종단형을 확보하는 것이었으나, 하천환경의 보전을 목적으로 할 경우에는 횡단지형의 복잡성을 확보해야 한다. 왜냐하면 유역의 수변림을 구성하는 식생은 산지, 선상지, 충적지이라는 하천종단형에 규제를 받기도 하지만, 수변림의 종다양성을 좀더 작은 공간 스케일(km 단위)에서 보면, 횡단방향의 하상기복량이 중요하며, 수변역의 생식공간환경의 불균질성은 하천의 횡단방향의 기복에 의해서도 초래되기 때문이다.

특히 산지계류나 선상지하천의 퇴적지 상부는 사력의 입경이 작고, 유기물과 수분함유율은 높으나, 퇴적지 하부는 입경이 크고, 유기물이나 식물이 이용할 수 있는 수분량이 적으며, 충적지에서는 횡단방향에 따라 수위나 입경, 염기량 등이 변화하기 때문이다. 따라서 수변식생은 이러한 횡단방향의 기복에 의해 우점하는 범위가 변하며, 횡단지형의 복잡성과 이를 형성하는 하천의 다이내미즘이 종의 다양성을 보전하게 된다.

4) 수변림의 종다양성 보전을 위한

모수의 보전

수변림의 종다양성은 하상변동과 유로변동에 의해 형성되는 생식공간환경의 불균질성에 의해서만 확보되는 것은 아니라 종자를 산포할 수 있는 모수가 중요한 요인이기 때문에 모수림대는 여러 종에 의해 구성되는 것이 바람직하다.

자연하천에 있어서 모수림대가 되는 성숙림은 대부분의 경우 높은 범람원이나 단구면, 그

리고 사면각부에 성립하고 있으나, 농지하천은 범람원에 성립되어 있던 삼림을 벌채하였기 때문에 종자를 수변에 공급할 수 있는 모수림대가 주변에 없을 뿐 아니라 수종도 한정되어 있다. 따라서 현재의 하도에서 떨어져 있는 성숙림을 보전하는 것도 수변림의 종 다양성 보전 면에서 중요하다. 또한 도시하천과 같이 하천 주변부에 발달되어 있던 수림대를 보존하기 어려운 경우에는 제내(堤内)의 제방 비탈면에 모수림대를 조성할 수 있으며, 이러한 수림대는 홍수시에는 수해방비림으로서의 역할을 기대할 수 있다.

2. 생태계를 배려한 수변지역의 취급방법

1) 지역생태계의 활성화와 비오토프 및 생태통로의 정비

지역의 생태계를 활성화할 경우 대상지를 자연공간, 반자연공간 및 인공공간으로 나누어 생각할 필요가 있다. 자연공간은 원시림과 원시습원으로 인위적 영향을 완전히 배제하며,

원시적인 비오토프로서의 기능을 유지한다. 또한 반자연공간은 이전에 다양한 야생생물이 생식했던 하천과 농경지 등으로 비오토프와 생태통로의 정비에 의해 생태계의 재활성화를 도모할 수 있다. 인공공간은 시가지나 공장 등으로 생태통로의 정비에 의해 자연공간, 반자연공간을 포함한 유역전체의 네트워크 기능을 하게 한다.

2) 유역분석을 통한 제한인자 규명

수변지역을 다룰 때에 면밀한 유역분석이 필요하다. 우선 유역의 개황조사에서는 생물상, 지형, 지질, 수문, 수변림의 역사적 변화, 토지관리 역사 등의 다양한 항목이 분석되어야 한다. 또한 수변지역의 생물보전을 위한 유역분석항목은 계류 어류의 생식실태, 치산·사방시설의 분포와 시공후 경과년도, 유로의 변천, 여울 등의 개수와 수심, 수변림의 분포와 구조 및 도로망의 배치와 붕괴지의 분포 등이다.

그리고 생물의 생식을 저해하는 요인을 해명하고, 재생방침을 세워야 한다. 예를들면 유로를 복원하고, 동적 입지환경을 확보하여 산림

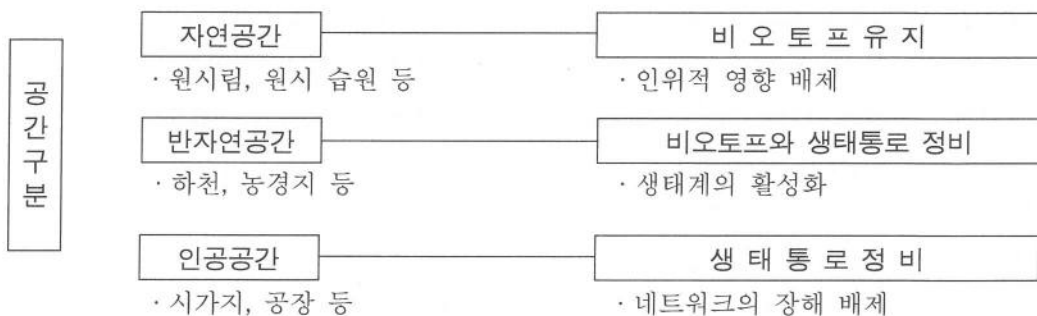


그림 3. 공간구분과 재생 목표

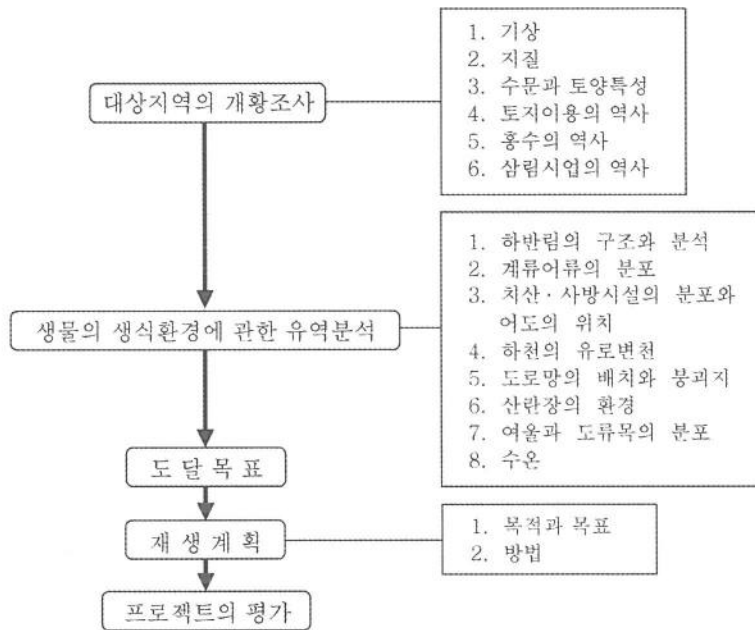


그림 4. 유역분석의 순서

의 갱신을 도모하며, 어류가 소상(遡上)할 수 있는 어도를 설치하도록 복원방침을 세운다. 또한 장기적으로는 수변지역을 보다 자연상태로 복원하기 위한 구체적 수치·지역의 개소수를 설정하며, 실제로 재생공법을 시공하여 당초의 목적에 부합하는가를 모니터링하고, 평가를 실시하도록 한다.

3) 하천의 규모와 완충림대 설치

캐나다와 미국의 대부분의 주정부는 하반림 보전을 위한 기준이나 가이드 라인을 제정하고 있다. 즉 수변완충지역은 일체 벌채를 실시하지 않는 보호대(保護帶)와 어느 정도 시업을 제한하는 관리대(管理帶)로 구성된다.

수변완충지역의 폭은 하천의 크기와 그곳에 생식하는 어류에 따라 6단계로 나뉘어지지만,

물고기가 생식하는 중소하천에는 최저 20~30m의 보호림대를 설치하고 있다. 특히 미국의 국유림에서 설정하고 있는 완충지대의 폭은 계류의 크기와 물고기의 유무에 따라 다르지만, 물고기가 생식하는 계류는 수변림 수고의 2배, 물고기가 생식하지 않는 계류는 우점하는 수고와 같은 폭의 수림대를 보전하도록 하고 있다. 일본도 수변림을 보호하려는 경향이 강해져 북해도의 쿠시로 관내에서도 하류의 습원이나 수산자원을 보전하기 위해 수변림

을 계반림, 하반림, 습지림 및 습지주변림으로 구분하여 계반림은 최저 20m, 하반지역은 30m, 그리고 습지주변림도 30m의 수림대를 양쪽에 확보하도록 규정하고 있다.

4) 유수의 부가가치 향상 방안

수변림이 없고 유로가 단순한 하천은 하기에 수온이 상승하고, 증수시에는 대피처와 월동장소가 없어지기 때문에 어류의 양이 감소하며, 하안에서 공급되는 유기물도 적을 뿐 아니라 유로내에 저류되기가 어렵다. 결국 하천으로서의 생산성은 낮고, 부가가치 역시 낮은 상태이다.

이와는 반대로 수변림이 있고 유로형태가 복잡한 하천은 수온이 낮은 상태로 유지되며, 피난처가 풍부하고 월동장소가 많을 뿐 아니라

하안에서 많은 유기물이 공급되고, 저류되는 장소도 많다. 따라서 어류나 유기물이 증가하고, 부가가치 역시 증가하며, 하기의 갈수기에 필요한 유량을 확보할 수 있다. 즉 수변림을 보전하거나 조성하여 지형에 변화를 주어 유수의 체류시간을 길게 하고, 유기물을 저류하여 부가가치를 향상시키는 것이 수자원의 보전과 생물의 종다양성 유지면에서 수변지역 관리의

기본방향이라 할 수 있다.

3. 수변림의 복원기술

1) 수변림 조성계획의 진행법

지형도의 축척에 따라 입수할 수 있는 정보의 정도가 다르기 때문에 계획수준에 적합한 축척의 지형도를 이용해야 한다. 즉 1/200,000

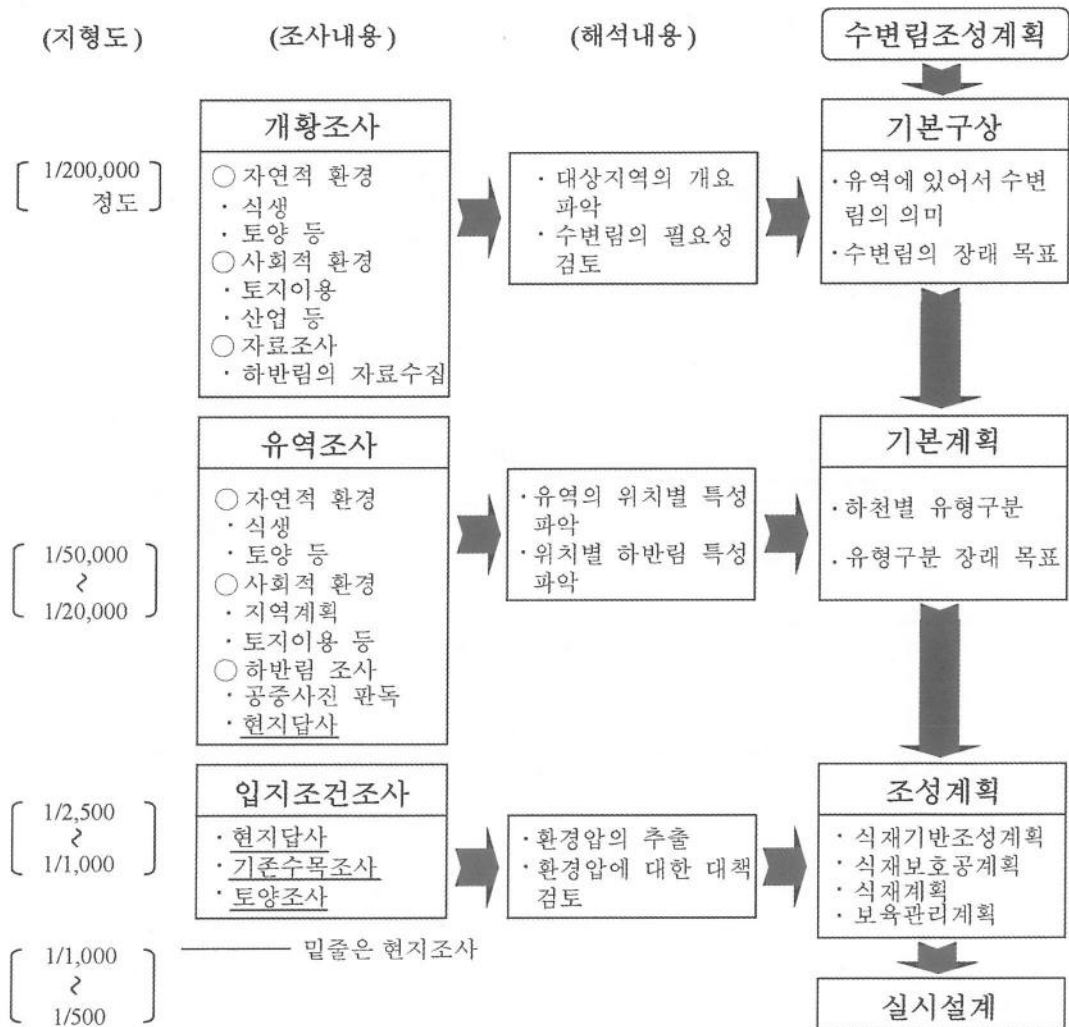


그림 5. 수변림의 구조계획 진행법

지도에서는 주로 계획지구의 지형이나 토양으로부터 수변림의 대략적인 장래목표를 설정할 수 있으며, 1/50,000 지도에서는 식생, 토양, 토지이용 등의 자료를 입수할 수 있기 때문에 계획지구의 구획구분에 의한 유형화와 유형구분별 장래목표를 검토할 수 있다. 또한 1/500~1/1,000 지도에서는 현지조사(수변림의 실지조사나 토양조사)를 실시할 수 있으며, 수변림 조성후의 생육저해요인(환경압)을 규명하여 구체적인 실시계획을 세울 수 있다.

2) 자연림의 재현

이전에는 홍수범람 등에 의해 나지의 하원(河源)이 조성되면 그 주위에 생육하고 있는 수목이 종자를 산포하여 주변환경에 적응한 다

양한 수종의 자연 수변림이 출현하였으나, 현재는 하천의 중·하류부에는 이전과 같은 다양한 수종의 수변림이 거의 존재하지 않으며, 다만 종자의 산포력이 강한 버드나무류나 오리나무 등 제한된 수종이 수림을 형성하고 있다. 따라서 이전과 같이 다양한 수종으로 이루어진 자연림에 가까운 수변림을 재생하기 위해서는 자연림을 형성하는 조건을 재현하는 것이 중요하다. 즉 주변에 종자를 산포하는 자연림이 있는 곳은 종자의 발아생장에 장애가 되는 인위적인 장애물(외래초본 등)을 제거하여 자연침입을 기다리면 되고, 주변에 종자를 산포하는 자연림이 없는 곳에서는 이전에 자연산포가 이루어졌다고 생각되는 종자(묘목)를 다수 도입하여 자연선택이 이루어지도록 한다.

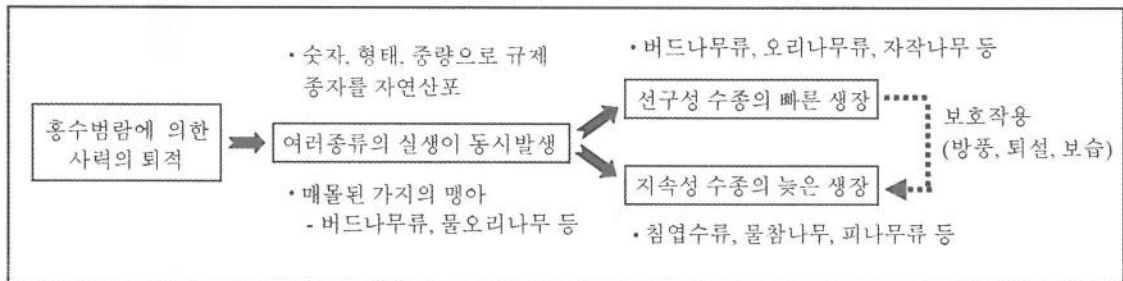


그림 6. 자연상태에서의 하반림의 성립과정(岡村 등, 1996)

표 1. 자연림의 재생법

입 지 조 건		저해인자	실 레	인위적 간섭
자 연 림 분포지역	나 지	없 음	하 원	방 치
	초 지	표면침식	붕괴적지	(멸 칭)
자 연 림 소멸지역	나 지	초본과의 경합	시가지 언덕의 절·성토	초본제거, 멸칭 파종·식재
	초 지	표면침식 종자의 자연산포	도로비탈면, 제방	초본제거, 멸칭 파종·식재

3) 자연침입과 인위적 도입

자연을 재생할 경우 본래 자연상태에서 존재하지 않았던 것을 인위적으로 도입하는 것은 반드시 피해야 한다. 즉 지학적으로는 본래 존재하지 않았던 기하학적인 지형으로 개변하거나 지질학적으로 존재할 수 없는 암석(암종과 형태)을 도입하지 말아야 한다. 또한 토양의 경우 상류의 사력지에 흑토를 객토하는 것은 피해야 하며, 비록 유기물이 함유되지 않았을 지라도 심토나 사력, 화산재 등 본래 그곳에 있었던 토양에 식재해야 한다.

재생하려는 식물도 본래 대상지 일대에 생육하지 않는 외래종은 도입하지 말아야 하며, 재래종일지라도 같은 수종만을 도입하거나 유전적으로 원거리의 것을 도입하지 말아야 한다. 즉 종자는 대상지 주변의 자연림에서 종자를 채취해야 하며, 허용범위는 자연산포가 가능한 범위로 한다. 그러나 수종에 따라서는 종자의 형태나 생산량이 다르고, 바람, 동물, 유수 등 산포형태가 다르기 때문에 자연산포의 범위를 정하는 것은 곤란하다. 따라서 실제로는 해협이나 산맥을 경계로 하거나 거리적으로는 인접 마을에 한정하면 유전적인 문제는 적어진다.

4) 재생 조건과 시간

수변지역이 갖고 있는 뛰어난 구조나 기능은 자연이 스스로 발달하는 과정에서 형성되는 것이기 때문에 수변지역을 재생하기 위해서는 형(결과)보다는 발전과정을 존중하며, 그 조건을 맞추는 것이 중요하다. 따라서 유로의 형태나 수변림의 구조에 대해서도 사람이 결정하는 것

이 아니라 자연 자체가 공간과 재료면에서 충분히 적응할 수 있도록 시간을 두고 지켜보는 것이 중요하다.

일반적으로 실시되고 있는 성목이나 대묘 식재는 객토, 수종 선택, 도입하려는 유전자, 식재 위치 등이 모두 인위적으로 이루어지고 있으며, 자연적 선택은 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나 자연림에 가까운 수림을 재생하기 위해서는 주변의 자연림으로부터 다양한 종자가 자연 산포되어 그 장소에 적합한 수림이 형성되는 것을 시간을 두고 지켜보아야 한다. 또한 인위적인 영향을 강하게 받고 있는 지역에서는 종 및 유전자의 지역성을 확보한 후에 다양한 종자나 소묘(小苗)를 다수 도입하여 자연이 작용할 여지(자유도)를 확보한다.

5) 환경압의 경감

인위적 영향에 의해 환경이 이전의 자연상태와 너무 달라진 경우 자연의 추이에 따라 순조롭게 수변림이 성장한다고는 할 수 없다. 따라서 자연이 자연을 만들어 가는 조건을 정비하는 것이 중요하다.

강풍이나 배수조건이 나쁜 토양과 같이 수목의 생육에 장애가 되는 환경요소를 환경압이라 한다. 수변림이 회복될 수 있는 조건을 정비하기 위해서는 계획시에 환경압을 경감할 수 있는 보호공도 함께 검토되어야 한다. 즉 환경압이 강한 장소에서는 기본적으로는 조성 당시에 보호공을 실시하고, 조성 후에는 손을 대지 않는 방법을 생각해야 한다. 일반적으로 환경압이 클수록 식재한 수목을 보호하기 위한 보호

표 2. 환경압의 종류와 수목병의 증상

구 분	항 목	요 인	증 상
대기	바람	한풍(초겨울, 초봄)	고사
		일정 방향의 강풍	편수형(偏樹形)
		조풍(염분의 옆면 부착)	엽록의 변색 낙엽 고사
	일조 부족	건물이나 수목의 그림자	피압, 지엽의 손상
	적설	설압, 적설의 이동	휨, 구부러짐
	상해(霜害)	개엽 직후의 만상(晩霜)	신엽의 변색 및 가지 고사
토양	과습	표면배수 불량, 높은 지하수위	뿌리 부후
	건조	토양의 보수능력의 감소	왜소 현상
	유해물질	카드뮴, 알미늄	엽면의 반점이나 변색
물	관수, 침수	광합성, 호흡 불능	고사
	유수	유수력으로 유출, 경도(傾倒)	생육불량, 고사
	매물	뿌리의 호흡 불가능	고사
생물	식해(食害)	들쥐, 산토끼, 사슴	동아(冬芽), 수피의 결여
	초본과의 경합	초본에 의한 피압, 근계 경쟁	증발, 수분 부족 고사
인위	답압	출입에 의한 토양압밀	생장 정체
	예취(손상)	관리시 하예에 의한 손상	생장 정체, 고사
	비료	모근의 손상, 기능 저하	고사

공은 견고한 재료나 구조가 필요하며, 식재밀도도 높아야 한다. 또한 식재수목의 규격도 환경압이 클수록 환경에 적응하기 쉬운 작은 묘목을 식재해야 한다.

6) 생태학적 혼파법에 의한 자연림

재생법

종 및 유전자의 지역성을 확보한 후 다양한 종자나 묘목을 도입하여 자연선택이 이루어지도록 여지(자유도)를 확보하는 수림 재생법에 생태학적 혼파종법이 있다. 즉 20~40종의 재래종 종자나 소묘(실생군 포트묘)를 사용하여 10종 50본의 소묘로부터 한그루의 성목이

선택될 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법의 시공순서는,

- ① 대상지 주변의 자연림(가능한 인근의)으로부터 성숙기에 극상성 및 선구성을 포함한 가능한 한 많은 종류의 종자를 채취한다.
- ② 직파가 곤란한 가벼운 종자의 도입이나 시공시기를 늘리기 위해 1~2년생의 복수(5본)의 소묘로 만들어진 실생군 포트묘를 양성한다.
- ③ 주변의 자연림으로부터 30년 이후의 수목 본수를 예측하여 그 본수만큼의 말뚝을 대상지에 불규칙적으로 박는다.

- ④ 말뚝을 중심으로 직경 3m의 원을 그리고, 원내를 직경 2cm 정도의 쇠석이나 목편으로 두께 5cm 정도 멀칭한다.
- ⑤ 가능한 한 많은 종류의 종자나 실생군 포트묘(40종 정도)를 준비하고, 1세트에 10종을 선택하여 직파와 식재를 실시한다.
- ⑥ 바람이 강한 곳에서는 직경 3m의 원주상에 약 30cm 간격으로 길이 25cm 정도의 버드나무류의 가지를 끝이 1~2cm정도 지표에 나오도록 땅속에 비스듬히 묻는다.

7) 자연림 재생을 위한 주민참가

지역성이 확보된 다양한 종자나 묘목을 확보한다는 것은 현재의 유통과정에서는 불가능하지만, 주민참가를 유도하면 대규모의 묘포장이

나 특별한 기술이 없더라도 가능하다. 즉 주민이 종자 채취, 실생군 포트묘 양성, 파종 및 식재를 담당하고, 공공기관은 장소 제공과 정비(멀칭 등) 및 경비를 담당하며, 업자는 양자를 연결하는 역할을 하면 된다. 또한 주변의 자연림에서 종자를 채취하여 자기 정원에서 양묘하는 것은 지역의 자연현상을 아는 기회가 되며, 더욱이 주변의 종자나 소묘를 도입하였기 때문에 그 후의 유지관리에도 적극적인 참가를 기대할 수 있다.

참고문헌

- 전근우. 2002. 일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(I) -구조와 기능, 관리, 보전과 이용을 중심으로-. 산지환경 5: 34-42.
- 砂防學會. 1999. 水邊域ポイントブック -これからの管理と保全-. 古今書院. 60pp.
- 岡村俊邦・吉井厚志・福岡博史. 1996. 生態學的混播法による自然林再生法の開發. 土木學會論文集 546/VI-32: 87-99.
- 岡村俊邦. 1998. 住民参加による自然林再生法. (財)石狩川振興財團. 62pp.
- Nakamura, F., Yajima, T. and Kikuchi, S.. 1997. Structure and composition of riparian forests with special reference to geomorphic site conditions in the Tokachi River, northern Japan. Plant Ecology 133: 209-219.

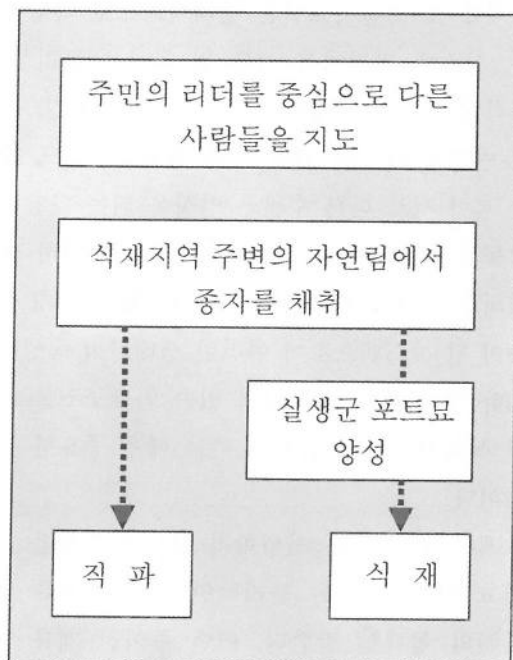


그림 7. 주민참가에 의한 자연림 재생
(岡村, 1998)

계류 및 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능에 관한 고찰

박 재 현

진주산업대학교 산림자원학과 교수

I. 서 론

계류(야계) 및 하천복원사업은 계류 및 하천 시스템의 물리적 동역학 특성을 반드시 고려해야 한다. 자연상태에서 물리적 변화는 예외 없이 정상적이고 일반적이기 때문이다. 그러나 시간에 따라 계류 및 하천은 생성되고 그 경계를 변화시키고 있다. 충적하천은 유수과정에 의해 그 경계가 형성되고 변화하는 특성을 갖는다. 따라서 하상이 암반인 경우를 제외하고 모든 계류 및 하천은 충적하천의 특성을 따르고 변화하게 된다.

계류 및 하천의 동수역학을 고려한다면 계류 및 하천분류시스템에 근거한 아이디어와 적용과정을 구성하는 것이 도움이 된다. 유역은 강수를 받아 모으고, 다양한 형태의 수문학적 상호작용을 통해 계류 및 하천의 물리적, 화학적 그리고 생물학적 특성에 영향하고, 계류 및 하천에 유출을 발생시키는 육상지역을 포함한다. 또한, 계류 및 하천에 물, 유사, 유기물질을 공급한다. 그러므로 유역은 계류 및 하천생태복원에 있어 매우 중요한 요소가 된다.

계류 및 하천은 불가분의 관계로 유역과 관련되어 있다. 각 계류 및 하천은 제방과 하상

으로 구성되어 있고, 제방과 하상에 의해 둘러싸인 공간은 수로의 형태를 띄게 된다. 이 수로는 물, 유사(무기질 토사물질), 유기물질, 영양분, 그리고 에너지를 운반 또는 공급하는 역할을 수행한다. 따라서 계류 및 하천은 복원사업의 기본적인 요소가 되고, 계류 및 하천은 하천수계의 부분으로 하천수계는 발원하천, 지류, 분류 그리고 본류 등의 요소를 포함한다.

계류 및 하천시스템은 생태학적으로 복잡하다. 시스템 관점에서 계류 및 하천은 물리적-화학적-생물적 과정이 연속성을 띄는 연결, 상호 연관된 시스템, 많은 것을 공유하면서도 많은 점이 서로 다른 수많은 양상을 띄는 다양한 생물들이 서식하는 독립적인 위치, 우연히 발생하는 자연적인 교란과 스트레스를 받는데 적응이 된 시스템으로써 이러한 생태학적 속성은 계류 및 하천에 설치되어 있는 인공구조물 등의 복원사업에서 필요로 하는 매우 중요한 특성이다.

계류 및 하천은 지형학적 양상과 특성을 가지고 있다. 이것은 물리적인 형상과 계류 및 하천의 형태를 말한다. 어떤 주어진 계류 및 하천을 설명하기 위해 사용되는 어떤 특성은 고려되는 계류 및 하천의 크기에 영향 받는다.

또한, 충적과정은 계류 및 하천이 수로 내에서 발생하며, 어떤 형태의 계류 및 하천작용과 관련된다. 충적과정에 존재하거나 혹은 관여하는 물질은 물, 유사(암반 파편에서 유래되는 무기질 물질) 그리고 유기물질(나무나 풀 혹은 잎사귀로부터 생긴 크거나 작은 풀, 수생 혹은 육상식물) 등이다. 이러한 물질들이 계류 및 하천시스템 내에서 재배치되는 과정은 자연적 혹은 인위적 공급, 부상, 부유, 하상을 따라 운송되는 이송, 수로 단면 내 퍼짐, 수로로부터 홍수터 지역으로 확산, 수로 내·수로경계 혹은 홍수터에서의 침전, 자연적 혹은 인위적으로 일정시간 동안 침전되어 있거나 머물러 있는 상태의 저류 그리고 시스템으로부터 인위적으로 빼내는 제거 과정이다.

계류 및 하천시스템의 동적거동은 폭 넓은 규모로 발생하는 사건에 의해 이루어진다. 호우와 홍수 혹은 융설에 의한 홍수는 동적거동의 가장 흔한 원인들이다. 유역 내 산사태는 또 다른 중요한 원인이 된다. 일상적으로 일어나는 하천 내 침식과 퇴적은 일반적으로 영향이 작고 동적거동의 장기적 원인이 되는데 이는 수로의 위치와 변화과정에 추가적인 영향을 미치기 때문이다. 사행되는 계류 및 하천에서 극단적인 상황의 경우 침식과 퇴적은 양상이 바뀌게 되어 새로운 형태의 유수운동이 형성된다. 보다 긴 계류 및 하천 구간의 관점에서 보면 사행과 직선수로의 형성은 계류 및 하천 전 구간 중 사행구간 내에서 발생되며, 수십 년의 시간이 지나면 동수역학적 관점에서 재조정이 이루어진다. 그러므로 계류 및 하천의 동적거

동은 장시간, 장구간의 관점에서 보면 안정적이다. 그러나 이러한 현상은 계류 및 하천의 어느 지점에 땅을 소유한 사람들 혹은 짧은 몇 년 동안의 국부적인 계류 및 하천구간에 있어서는 불안정한 것으로 생각되어질 수 있다.

동적하천의 안정수로는 침식과 퇴적이 발생함에도 불구하고 시간에 따라 비교적 변하지 않는 독특한 특성을 갖는다. 하천단면의 일반적인 모양은 거의 변하지 않으나 단면 각 점들의 정확한 x, y, z 좌표는 유사의 침식과 퇴적 그리고 계류 및 하천의 사행으로 인해 변한다. 물과 유사의 수송이 발생하고 이에 따라 수로 조건의 국부적 변화가 야기되나 경계특성의 순전한 변화는 거의 없다. 하도 구간 내에 유입되는 토사와 구간 내에 이동하는 토사 그리고 구간을 이탈하는 토사량 간에 균형이 이루어지고 있어 시간에 따라 하상이 상승하거나 낮아지지 않는다.

따라서 계류 및 하천복원을 포함한 여러 형태의 계류 및 하천사업에서 하도의 안정성은 중요한 관심사이다. 이는 하도를 포함하여 계류생태계에 영향하는 인공구조물이 설치되어 있기 때문이다. 특히 도시지역 계류 및 하천의 경우에서처럼 하도의 안정성은 중요한 설계인자가 되고 있다. 즉, 교란되지 않은 자연상태에서 계류 및 하천은 다양한 범위의 안정조건을 나타내고, 이러한 조건들의 범위는 안정성, 평형성 그리고 균형성과 같은 용어로 고려될 수 있기 때문이다.

엄격한 안정성과 완벽한 평형성은 자연적으로 형성된 암반하상 수로와 인위적으로 보호받

목을 설치한 홍수로와 같이 고정된 수로에서 기대할 수 있는데, 이러한 곳에서 유수의 흐름은 무기질, 유기질 물질의 침적이 이루어지지 않도록 빠르게 이동한다. 따라서 계곡 내의 동적 안정성과 평형성은 많은 자연수로에서 발생되며, 시간의 흐름에 따라 안정된 과정을 나타낸다.

수로의 안정성과 변화성은 몇 가지 유역요소에 의해 지배되는 경향이 있다. 유역의 지질, 토양, 지형, 기후, 수문 그리고 식생 등이 이 요소들에 포함된다. 이들 각각은 주어진 계류 및 하천시스템에 있어 매우 변화가 크다. 홍수는 시간적으로 전면적으로 발생하지만 산사태는 유역 내에서 국부적으로 발생하며, 토양과 식생은 유역에 걸쳐 변화를 나타내는 경향이 있다. 이에 영향하는 요소 중 중요한 요소가 계곡 내에 설치된 인공구조물이다.

일반적으로 계곡 내에 설치되었거나 설치될 인공구조물이라 하면 야계에 설치되는 인공구조물 예를 들면, 각종 기슭막이, 바닥막이, 사방댐, 각종 낙차공, 각종 다리, 도수로 등이나 과거로부터 정주하던 거주민의 가옥, 음식점 등이 계류변에 연해 있고 또한, 이들이 설치한 인공구조물 예를 들면, 석축, 옹벽 등이 여기에 포함되는 범주라 할 수 있다.

인간의 활동에 의해 영향을 받은 하천은 안정성에 문제가 있는 계류 및 하천으로 되기 쉬우며, 이에는 매우 다양한 가능성이 있다. 예를 들면, 전형적인 예전의 자연하천시스템은 균형이 이루어지는 지점 혹은 균형조건 근처에서 매우 다양한 형태의 동적안정성을 경험해 왔다.

이러한 계류 및 하천은 동적 평형상태에 있다고 표현할 수 있다.

유역의 집중적인 도시화와 같이 인간의 활동에 의해 영향을 받는 계류 및 하천은 유출형태와 유출량에 있어 큰 변화를 경험했고, 그 결과 수로의 침식, 피복 식생의 손실 그리고 하상절개 등의 변화가 있어 왔다. 이러한 요소는 수로의 안정성에 영향을 미치는 요소들이며, 이러한 변화의 결과로 수로여건의 변화와 안정조건 등이 없어짐으로 인해 수로는 불안정해졌을 것이다. 이러한 시스템의 문제점이 증가하는 것을 방지하기 위한 과거의 전형적인 공학적 행위에는 보호제방, 하상조절 구조물 등 국부적 수로화와 댐과 보 등 상류 흐름조절 등이 있어 왔다. 그 결과 변화된 시스템은 매우 안정화되었고, 완벽한 평형상태 하에 더 이상의 변화는 가능하지 않았다. 그러나 이러한 계곡 내 인공구조물은 계곡의 생태계를 변화시키는 영향요인으로 작용하고 있는 것도 현실이다.

한편, 수중과 수변생태계를 포함하는 계곡 및 야계생태계는 동·식물 서식에 필요한 다양한 미소환경을 가지고 있어 타 지역보다 종 다양성이 매우 높고, 각종 동식물이 다수 서식하는 지역으로 계곡 및 야계의 생물다양성 보존 및 유지에 매우 중요한 역할을 하고 있다.

그러나 현재까지 계곡이나 야계에 설치된 인공구조물이 자연생태계에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구가 없어 현장에서 적정관리를 하기에 어려움이 있으므로 계곡이나 야계 내 인공구조물의 현황 파악과 아울러 생태계 교란 등 자연생태계에 미치는 영향에 대한 조사·분

석이 필요하며, 이를 통한 친환경적 적정관리 방안과 개선방안 수립 및 적용이 필요한 실정이다. 따라서 이 논고는 이러한 측면을 고려하여 계곡이나 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능을 판단해 보고자 하였다.

II. 계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 순기능과 역기능

1. 인공구조물의 순기능

야계 환경개선 관점에서 국내 하천정비 사업의 시대적 변천 과정을 보면 1960년대 도시화와 산업화 이후 자연 상태의 하천들이 치수 목적으로 대부분 정비되었다. 이러한 야계 정비는 주로 하천의 재해를 방지하기 위한 목적으로 이루어진 것으로 방재하천 또는, 토목공학 적 기능 위주의 정비로써 토목하천이라 할 수 있다. 반면에 하천환경정비사업이나 오염하천 정화사업 등은 대부분 야계의 저수로에 돌붙임을 하고 고수 부지에 초목을 식재함으로써 공원하천, 조경하천으로 부를 수 있다. 즉, 이수나 치수를 목적으로 야계에 사방댐, 보, 구곡막이, 기슭막이 등 인공구조물을 설치하였다.

야계에 설치되는 인공구조물 가운데 사방댐은 토사석력의 이동이 현저한 황폐한 계천(계곡, 계간)의 종·횡침식을 방지하여 계천바닥물매의 완화, 유출 토석류의 저류 및 조절, 계천바닥을 높여서 산간을 고정하고 난류지역에서의 유로의 정리 등을 목적으로 또한, 산사태, 땅밀림 등으로 인한 토석류재해 저지로써 하류지역의 보전을 위하여 황폐한 계천을 횡단하여

구축하는 계천사방공종으로써 주로 콘크리트댐, 철근콘크리트댐, 돌 댐공사를 한다. 또한, 바닥막이는 황폐계류나 야계의 바닥침식을 방지하고 현재의 바닥을 유지하기 위해 계류를 횡단하여 축설하는 계간사방공작물로 바닥막이공작물은 댐처럼 계류바닥으로부터 현저히 돌출되어 있지 않으며, 바닥막이의 설계요인은 대체로 사방댐에 준한다.

특히 저수호안 공법은 치수안정성을 만족시키기 위해 시설한다. 즉, 유속이 빠른 유수에 의해 계안이 침식되거나 세굴되는 것을 방지해 줄 수 있다. 아울러 제방(둑, 보)은 치수 안전성을 고려해 설치하는데, 급격한 강수량에 따른 홍수시 유속을 감쇄시키고 하상의 세굴을 방지하는 역할을 한다.

또한, 홍수를 방지하기 위해 하도조작을 하게 되는데, 이는 댐이나 보 등 인공구조물을 축조하는 것이 가장 잘 알려진 방법이지만 또 다른 직접적인 방법으로는 하도정비를 들 수 있다. 이러한 하도정비는 홍수를 방지하기 위해 제방 등을 설치하는 방법과 도로의 직강화, 하폭확장, 하상평탄지 등으로 하도의 담수력을 증대시켜 홍수를 쉽게 유출시키기 위해서 필요시 설치한다.

유량이 많고 빠른 야계의 하상을 보존하기 위해 콘크리트로 하상을 포장하는데, 이는 하상의 침식작용이 억제되므로 계류의 탁도를 감소시키는 기능을 한다. 또한, 야계의 홍수 등을 줄이기 위해 하도를 직선화하거나 하폭을 증대시키는 방법을 사용하는데, 이는 유속을 빠르게 하여 홍수시 증대된 유량을 하천으로 빠르

게 유출시킴으로써 계류변의 포락이나 붕괴를 방지하기 위한 방법이다. 그러나 하도를 직선화함으로써 하상에 퇴적된 토사를 하류 하천으로 유출시킴으로써 하상의 생태계를 훼손시키거나 물의 자정기능을 저감하는 단점이 있다.

유로경사가 급하고 산지사면에 점토질 성분이 많은 토양 그리고 이러한 유역에서 토양층 하부에 암반이 연속되어 있는 지역에서는 산사태가 급격하게 발생될 가능성이 높다. 뿐만 아니라 산사태가 발생된 지역은 산지경사가 40% 이상인 매우 급한 경사이고, 산지 하부에는 음식점 등 유동인구가 밀집된 지역이므로 인명피해 등 피해발생이 우려되는 지역으로 이들 지역에서의 인공구조물 설치는 경관보다 우선하는 면이 있다. 따라서 산지경사가 급하고 점토질 성분이 많으며, 강수에 의하여 산지 토양의 포화가 빠르게 이루어지는 지역에 설치되는 돌구곡막이, 돌기슭막이, 돌망태구곡막이, 돌망태기슭막이, 사방댐 등 인공구조물은 산사태예방 차원에서 필요한 사방공작물이라 할 수 있다.

2. 인공구조물의 역기능

야계 및 하천 계곡과 홍수터를 개발하는 것은 생태학적으로 역효과를 갖는 잘 알려진 변화를 야기한다. 이러한 변화 중 중요한 것은 홍수터 잠식, 습지와 홍수조절용량의 감소, 저지대 홍수를 야기하는 배수효과, 수로의 협소화, 제방의 국부적 단단화, 수로선형의 단순화, 2차 수로, 수로혼적, 측수로, 계절적 홍수수로의 막힘, 퇴사와 없어짐, 수로형태와 수로조건의 다양성 감소, 유속과 수심, 서식 종 형태의

수, 각 서식구역에서 살고 있는 서식 종의 총수에 미치는 영향 등 다양하다. 이러한 변화는 자연식물과 동물에 중요한 자연하천생태 기능의 변화를 야기했다. 또한 깨지지 않는 나머지 생태적 평형상태도 종의 감소와 개체 종의 침입으로 인해 계속해서 위협을 받는다. 이러한 경향에도 불구하고 많은 야계나 하천은 여전히 자연상태를 유지하거나 복원할 기회를 가지면서 인간의 욕망을 충족시키고 있다.

또한, 각종 치산사업은 치산댐에 의한 수생생물의 소상저해, 댐 하상·하류의 분단, 유로공에 의한 수생생물의 서식 저해, 산복공의 외래종 도입에 의한 식생변화 등을 가져와 어류의 생육조건에 악영향을 미치고 있다. 특히 하천개수는 하도의 직선화에 의해 진흙, 사질대, 계안 식물대, 물 웅덩이 등의 감소와 평탄화의 증대를 가져올 뿐 아니라 하상재료를 감소시켜 하상면이 단순화되므로 개수 전의 사행부를 직선화 한 구간을 중심으로 어류의 생육에 악영향을 미치고 있다. 한편, 치산사업의 시공대상지는 일반적으로 상류산지유역인 원류부이므로 상수가 적고 어류가 살지 않는 곳이 있어 어도를 만들 필요가 없는 구간도 있으나 상수가 많고 물고기가 서식하고 있는 장소에는 반드시 어도를 설치하여 수생동물의 서식공간 및 이동로를 제공해야 한다. 이러한 면에서 어도 확보는 사방시설의 큰 과제이다.

아울러 야계나 하도잠식은 홍수터 개발에서 비롯된다. 수상 상업과 취수를 위한 야계접근, 임도, 그리고 송수관의 횡단 공사와 주거를 위한 토지의 사용, 수로와 홍수터 연결부에서의

인공구조물 설치 등 야계나 하천에서의 이러한 잠식의 누적적인 영향은 하도공간의 심각한 손실, 보호공, 교대 그리고 벽체 등에 의한 수많은 하도의 제약 등이다. 홍수, 제방침식, 그리고 수로의 변화는 중요한 문제가 되고 있다.

일본에서는 교각에 걸린 유목이 범람을 일으키거나 토사와 함께 댐을 만들고 그것이 독을 무너뜨려 토석류를 일으키기 때문에, 유로 내의 유목은 방재의 관점에서 제거되어 왔다. 그러나 하천이나 계류에 있어서 유목은 어류의 은신처가 되거나, 그로 인해 형성된 웅덩이는 어류의 중요한 서식장소가 된다. 유목은 계류·하천 내에서 수류나 사력과 상호 작용하여 복잡한 미지형을 형성한다. 즉, 유로를 차단하여 새로운 유로를 만들거나, 토사를 퇴적시켜 댐을 만들기도 한다. 이것들의 복잡한 미지형은 어류 등의 동물이 보이지 않게 하거나, 수변 식물군락의 갱신·유지에도 영향을 미치고 있다.

홍수나 토사재해를 방지하기 위해 실시하고 있는 일련의 치산·사방·치수사업은 이렇게 단편적으로 존재하는 자연도 높은 임분이나 이차적인 수변림조차도 파괴하고 있다. 일본 환경청의 제4차 자연환경보전기초조사에 의하면 조사한 153개 하천 안에 양안이 자연지인 비율은 45.3%이고, 수림지가 차지하는 비율은 41%이었다. 이와 같이 도시지역은 물론 홋카이도, 동북지방의 일부를 제외하고 평야를 흐르는 하천 중에서 연속적인 수변림을 갖는 곳은 대부분이 고립되거나 단편화되었다. 일본의 수변림은 이제 그 연속성을 잃어 상·하류와 소유역

을 연결하고, 동식물의 분산, 이동을 위한 생태적 회랑으로써의 기능을 달성하지 못하고 있는 실정이다. 수변의 자연지 비율이 100%인 하천은 전국에서 6개 하천에 불과하고, 그 가운데에서도 전체 지역이 자연성 높은 하천은 別寒辺牛川(홋카이도), 岩股川(春田縣), 長棟川(富山縣), 仲良川(沖繩縣)의 4개 하천뿐이다.

예전에는 최상류유역의 급준한 계류를 제외하고 하천은 통상 유로, 범람원, 그리고 계안비탈면 혹은 자연제방, 단구에 연속적으로 이어지고, 육지와 수역의 생태적인 연결고리가 형성되어 있었다. 그러나 오늘날에는 하천주변에서 농경지, 택지개간 등 토지이용이 진척되어 수변림 등 하천의 배후지를 잃게 되었고, 각종 치산·사방사업이 실시되어 육지와 수역이 일체였던 수변환경을 잃고 있다. 콘크리트 계안은 그 가운데 가장 두드러진 것으로 하천과 수변의 상호작용을 단절하고 있다. 그 결과 육지로부터 토사, 물, 유목이나 낙엽·낙지의 공급이 막히고, 하천의 증수, 범람 등에 의한 육지의 교란이 감소하여 육지와 하천이 물리적·생물적으로 일체가 되었던 수변의 환경이 파괴되고 있다.

일본에서 전국의 주요한 153개 1급하천(6,249km)을 대상으로 조사한 결과, 1990년에는 인공화된 수변이 26.6%(2,441.5km)에 달하고 있다. 수변을 구성하는 산림군락은 많은 적든 하천으로부터의 물리적, 생리·생태적 영향을 크게 받고 있다. 그 때문에 홍수 조절이나 이수를 목적으로 하는 대규모 댐 건설로 하천 유량의 감소나 안정화 등이 발생되고 수변에 자

생하는 산림군락에서도 종조성이나 구조에 변화가 나타난다.

또한, 야계에 설치된 인공구조물은 계류수의 자연스런 유하를 방해하고 특히 갈수기에 사방댐이나 보 등은 상류로부터 유하하는 물을 고이게 함으로써 물이 썩거나 오염되는 문제를 유발하고 있다. 이를 방지하기 위해 개방형과 폐쇄형 비오톱을 조성하고 있고, 수질정화시설로는 상향류식 자갈접촉산화시설, 수질정화 자유수면 습지, 수질정화 자갈여과 습지가 적용될 수 있다.

특히 이러한 인공구조물은 야계 흐름의 속도에 변화를 주기가 약하기 때문에 야계 내에 서식하는 생물이 살아갈 수 있는 다양한 공간을 제공하기 어려운 상황이다. 따라서 하천의 자정기능을 되살리기 위해서는 하천 흐름에 역행하는 인공구조물의 철거 및 변형이 필요하다. 이러한 목적을 위해서 적용되는 공법이 외돌이 거석공법, 거석 수제공법, 징검다리 거석공법, V자 여울공법 등 다양한 하도공법이 적용되고 있다.

외돌이 거석공법과 거석 수제공법은 하천에 일종의 장애물을 설치하여 그 주변에 유속 변화가 생겨 세굴과 퇴적을 유도하여 수중 생물의 서식처를 조성하는 목적이 있다. 징검다리 거석공법과 V자 여울공법은 야계 및 하천수의 유속을 증가시키고 공기와의 접촉면을 늘려 자정 기능을 증대시키는 데 그 목적이 있다. V자 여울공법은 특히 여울 직하류에 소를 형성시켜 갈수시에 물고기의 피난처 역할을 한다. 이렇게 조성된 소의 바닥은 미립 토사가 퇴적되어

하천 바닥의 무척추동물의 서식처 역할도 한다.

즉, 홍수를 방지하기 위해 하도조작을 하게 되는데, 이는 댐이나 보 등 인공구조물을 축조하는 것이 가장 잘 알려진 방법이지만 또 다른 직접적인 방법으로는 하도정비를 들 수 있다. 이러한 하도정비는 홍수를 방지하기 위해 제방 등을 설치하는 방법과 도로의 직강화, 하폭확장, 하상평탄지 등으로 하도의 담수력을 증대시켜 홍수를 쉽게 유출시키기 위해서 설치한다. 그러나 이러한 하도조작의 결과는 생태계에 여러 가지 영향을 미치게 된다. 즉, 유속이 빨라지고 하상에 물고기의 서식처가 줄며, 하도 주변에 있는 식생의 파괴로 영양염류의 공급이 줄며, 하천 동물에게도 역시 여러 가지 영향을 미치게 된다. 또한 유량이 많고 빠른 야계의 하상을 보존하기 위해 콘크리트로 하상을 포장하는데 이는 하상의 침식작용이 억제되므로 계류의 탁도를 감소시키는 기능을 하지만 모래, 자갈 등 하상저질이 없어 수중생태계에 치명적인 영향을 주게 된다. 아울러 야계의 홍수 등을 줄이기 위해 하도를 직선화하거나 하폭을 증대시키는 방법을 사용하는데, 이로 인한 영향은 야계변 식생의 파괴와 하도안정 및 수리, 수문학적 평형상태의 변화를 초래한다.

특히 저수호안 공법은 유속이 빠른 유수에 의해 계안이 침식되거나 세굴되는 것을 방지해 줄 수 있는데, 기존에는 대부분 콘크리트 혹은 콘크리트 모르타르공법을 적용하였으나, 강자갈 호안, 윗가지 호안, 사석-짚단 호안, 사석-거석 호안, 녹화마대 호안, 돌심기 호안, 돌망태 호안 등 세굴에 충분히 견딜 수 있는 치수의

기능뿐만 아니라 야계 및 하천 생태계에 서식처를 마련하는 환경적 기능을 담당할 수 있는 재료와 공법 적용이 필요하다. 아울러 제방(둑, 보)은 치수 안전성을 고려해 설치하는데, 기존의 콘크리트보다는 치수안전성과 생태성을 동시에 고려하기 위해서는 녹화블록 공법의 적용이 용이하다.

또한, 규모가 작은 낙차공이나 보부터 규모가 매우 큰 다목적 댐에 이르기까지 하천을 가로막는 댐은 수변에 가장 큰 직접적인 영향을 미친다. 댐에 의한 수변의 물리, 화학적 변화는 크게 야계의 연속성(흐름, 유사, 유기물 등) 차단, 저수지 수물, 하류 유량 변화, 상·하류 하상 재료, 또는 기능의 변화, 그리고 수질변화를 일으킨다. 이에 따른 생태적 변화는 주로 서식처의 물리, 화학적 변화에 의한 것이다. 이수와 치수를 위한 야계 정비는 야계의 여울과 소를 교란시키고, 유속을 증가시켜 수중 서식처의 다양성을 감소시킨다. 특히 치수 측면만을 고려하는 하천 개수는 사실상 야계의 인공화를 의미한다.

도시화에 따른 도시 주변 산지나 야계의 계류변에 미치는 댐, 보 등 인공구조물의 영향은 수문특성의 변화, 야계 형태의 변화, 유사와 오염, 서식처와 수중생태계 변화 등으로 나눌 수 있다. 수변을 낀 도시화는 물론 야계 상류지역의 도시화도 야계변에 직접적인 영향을 미친다. 특히 이용객의 증가로 인하여 수변생태계가 교란을 받게 되고, 수변생태 서식처는 수질저하, 직강화, 인공화, 여울과 소의 제거, 통나무 등 수중 피난처의 제거, 기층의 오염, 평상시 얇은

수심과 홍수시 깊고 빠른 유속, 교량, 낙차공, 보, 하수관거 등 빈번한 하도 횡단 구조물, 수변식생의 빈약 등으로 매우 불량해진다. 이러한 곳에 서식하는 생물종은 단순해지고, 불량한 서식 환경에 경쟁하는 일부 외래종이 번식하게 된다.

(1) 치산·사방공사가 수변림의 환경복원에 미치는 영향

가. 사방댐 공사

하천상류지역에는 풍부한 자연환경이 남아 있고, 그 곳을 흐르는 계류·소하천 주변에는 자연도가 높은 수변림이 연속적으로 존재하고 있다. 따라서 이와 같은 장소에는 사방댐을 하나 건설하는 것만으로도 그 유역에 남겨진 자연경관을 파괴시킬 수 있다. 즉, 자연적인 자연하천 그리고 계안식생이 점차 사라지는 현실 속에서 이의 상징적 의미는 매우 크다고 할 수 있다.

사방댐 건설이 수변림에 미치는 영향은 사방공사를 위한 공사용 도로나 자재반입시설의 부설, 댐 본체의 건설 등으로 인해 하천주변의 좁은 범위를 대상으로 성립하는 수변림이 광범위하게 벌채된다. 즉, 수변지역의 산림식생은 수령이 많고 단면적이 큰 수목으로 구성되고 종다양성도 높다. 그러한 식생이 한순간에 없어지면 그 수목을 복원하기 위해서는 많은 시간을 필요로 한다. 이는 동시에 수변의 경관과 파괴도 의미한다. 또, 공사용 도로에 대해서는 사람이나 자동차의 통행으로 인한 쓰레기의 투기,

수목·초본식생의 도벌이나 남획 등 주변식생에 적지 않은 영향을 미치게 된다. 또한, 사방댐 시공시 본체 시설의 완성에 따라 하천에 의한 교란체계가 변화하고, 그 결과 시설의 상류 부분이나 하류지역 수변식생의 수몰, 물 유입, 토사퇴적으로 인한 다양한 영향이 나타나게 된다. 즉, 토사가 채워지지 않은 댐에서 수발공이 막혔을 경우 등 수심이 얇은 저습지를 만들어 냄으로써 초본군락이 형성되어 산지의 수변식물을 교란시키게 된다. 시설공사 완료 후에도 댐이나 공사용 도로로 인해 초기에 식생회복이 어렵기 때문에 침식이나 비탈면붕괴를 방지하기 위해서는 외래 녹화수종·초본류를 도입하는 녹화공사가 행해져 이로 인해 주변의 자연식생이 영향을 받게 된다. 그러나 이러한 조치에 의해서도 댐 양쪽 끝부분이나 작업 도로 지역에서는 식생이 회복되지 않고, 장기적으로도 무림목지가 계속 존재하는 경우가 있다. 이와 같이 한번 파괴되어 버린 수변림을 원래의 모습으로 복원시키기에는 많은 노력과 장시간이 필요하게 된다. 한편, 본체 시설의 완성에 따라 하천에 의한 교란체계가 변화하고, 그 결과 시설의 상류측이나 하류측 수변식생의 수몰, 물 유입, 토사퇴적으로 인한 여러 가지 영향이 미치게 된다. 대규모 사방댐의 넓고 개방적인 퇴사부(堆砂敷)에서는 원래 협곡부에는 성립하지 않는 산오리나무 등으로 구성된 임분이 성립하고, 또, 아직 토사가 채워지지 않은 댐에서 수발공이 막혔을 경우 등 수심이 얇은 저습지를 만들어 냄으로써 초본군락이 형성되어 산지의 수변식물을 교란시키게 된다.

뿐만 아니라 시설공사 완료 후에도 댐이나 공사용 도로로 인해 초기에 식생회복이 곤란하기 때문에 절·성토지 침식이나 비탈면붕괴를 막기 위해서는 위핑러브그라스, 켄터키31췌스큐 등 천연적으로 분포하지 않는 수종이나 외래 녹화수종·초본류를 도입하는 녹화공사가 행해져 이로 인해 주변의 자연식생이 영향을 받게 된다. 그러나 이러한 조치에 의해서도 댐 양쪽 끝부분이나 작업 도로 지역에서는 식생이 회복되지 않고, 장기적으로도 무림목지가 계속 존재하는 경우가 있다. 이와 같이 한번 파괴되어 버린 수변림을 원래의 모습으로 복원시키기에는 많은 노력과 장구한 세월이 필요하게 된다.

최근 일본에서 자연환경을 배려한 치산·사방의 이상적인 방법으로 전통적인 일본 정원의 미를 계류환경에 적용해나가는 정원사방이 제안되어 치산·사방공원 등에서 활발히 적용하고 있으나, 이러한 사업은 벌채 등 새로운 식생파괴를 낳고, 그 지역이나 입지에 조화되지 않는 녹화수종, 식생의 도입으로 인해서 주변의 자연식생에 악영향을 미칠 수도 있고, 주변 생태계와는 조화하지 않는 이질적인 공간을 만들어 낼 수 있는 단점을 가지고 있기도 하다.

또한, 사방댐 등 낙차를 요하는 인공구조물은 동물의 이동에 장애를 발생시킨다. 특히 생활사 중에서 상·하류, 계류와 해양을 왕복하는 회유어에게 있어서는 상류로 이동하는데 장애가 되어 댐의 상류에서는 이들 개체군의 소멸을 야기하기도 한다. 또한, 상류지역에서만 생존하는 개체군도 댐 등으로 인해 분단되면

개체군이 쇠퇴하고, 심한 경우에는 멸종으로 이어질 우려도 있다. 즉, 대규모 사방댐의 축설은 하천지표수의 연속성을 단절시킬 뿐만 아니라 하상공극수역도 분단하게 된다. 그 결과 수생곤충 등 생물군집에게 영향을 미치고 지상으로 이동하는 동물들에게도 댐으로 인해 회유하는 거리가 길어져 그 영향이 나타난다. 더구나 치산 사방공작물이 설치되는 장소나 그 인근 지역은 식생이 제거되기에 수변림의 보전에 문제가 발생되고 있다. 특히 선상지에서는 유로를 따라 설치되는 유로공(流路工)에 의해서 수변림이 연속적으로 제거되고 있다. 아직까지 우리나라에서 이 부분에 대한 연구는 본격적으로 이루어지지 않고 있지만 하천에서의 구조물 설치로 인한 이러한 피해는 잠정적으로 나타나 있기도 하다(우효섭과 박재로, 2000). 아울러 우리나라에서 실시하고 있는 사방댐은 대부분이 중력식 사방댐이며, 비투과형이므로 하천 및 계류생태계의 연속성을 유지하기 위한 시설의 개발이 필요하다. 따라서 사방댐은 입지조건에 따른 시공위치를 객관적 기준에 따라 적, 부를 검토하여 사방댐을 기능별로 저사댐 및 이수사방겸용댐으로 구분하여 시공하되 저사댐은 계상물매 완화, 중침식 방지 및 산각을 고정하여 붕괴방지 등 저사기능을 수행하게 하고, 이수사방겸용댐은 산불진화취수원 및 용수공급, 수원함양 등을 위해 가장 효율적인 저수식사방댐 시공방안으로 기존의 방수로를 월류수의 처리 및 어류이동에 적합하게 개량하고 댐방수면을 자연석을 이용하거나 계단식 낙차공을 이용하는 등 환경친화적으로 설계할 필요

가 있다.

사방댐 축설에 따른 퇴사지의 발달이나 콘크리트계안은 이와 같은 횡단방향의 연속성을 단절하게 되고, 계류생태계가 사방댐이나 콘크리트계안에 의해서 분단되고 있다. 즉, 사방댐은 단순히 저사·퇴사조절뿐만이 아니라 계상경사의 완화와 중·횡침식 방지, 유로조정에 의한 횡침식방지, 계상을 높이는 데 따른 산복고정 등도 그 기능이라 할 수 있다. 따라서 확폭부 내에 사방댐을 설치하고 본래의 퇴사역을 저류장소로 선택하는 것은 합리적이지만, 댐의 폭이 넓어지기 때문에 비경제적이므로 자연히 낮은 댐으로 시공하여야 한다. 따라서 외관상으로는 현재의 계상유지를 목적으로 하는 상공 또는 대공인 저댐을 배치하고, 계상의 고정, 토사유출 억지를 꾀하는 저댐군공법이 각 지역에서 효과를 발휘하고 있다. 그러나 계류에 서식하는 어류생태계 보전을 위한 환경보전적 측면에서 저댐군 공법이 종래의 유로공과 같이 불안정한 재료로 시공될 우려가 있다. 더욱이 짧은 간격마다 댐을 설치하는 것은 계안의 콘크리트화를 의미하고, 일련의 수평구조물 설치는 전면적, 광역적인 하상의 평탄화를 의미하게 되므로 짧은 간격으로의 댐 설치는 충분한 검토를 통해 시공해야 할 것이다.

나. 유로·계안공사, 사방공사

하천이 산간지역에서 평야지역으로 흘러나리는 지역에서는 유로의 고정이나 범람방지, 세굴로 인한 토지·가옥 등의 유실방지를 목적으로 하는 유로·계안공사 등의 하천개수가 왕

성하게 실시되고 있다. 또한, 이와 같은 장소에서는 하천주변의 토지이용도 진전되어 경지·택지 등이 하천에까지 이르러 하천주변의 자연환경도 손상되고, 수변림에 대해서도 거의가 2차림화되거나 단편화되는 현상이 두드러지게 나타난다. 이러한 선상지 주변에서 실시되고 있는 현재의 유로·계안공사 등의 하천개수사업은 수백 m에서 수 km 범위에서 육상생태계와 하천생태계의 상호작용을 단절하고, 수변의 생태적 기능을 파손하는 결과가 된다. 즉, 유로공사는 기본적으로 하천의 방수로화를 의미하고, 유로를 좁게 만들며, 고정해서 육지지역과의 사이에 큰 낙차를 만들어 낸다. 따라서 건설시에는 하천주변의 식생이 파괴되고, 수변림도 벌채되는 경우가 많다. 그 결과 수변을 서식지로 하는 야생식물의 지역개체군이 절멸하는 위험성이 생기고, 수변림은 생태적 회랑의 기능을 잃게 된다.

유로·계안공사는 시설 완공 후 주변에서의 식수나 자연력에 의해 식생 회복이 진행되지만 유로가 좁혀지고, 고정됨으로 인해 범람원이 좁아지거나 소멸해서 다양한 식물종의 서식지가 파괴되거나 소멸되고, 본래의 식생 회복은 곤란하게 된다. 특히, 야계사방을 수행하는 과정에서 이러한 하천에서의 유로공사와 마찬가지로 직선화됨으로써 자연스런 주변식생이 파괴되고 2차림화 되는 현상이 발생되고 있다. 또한, 사방시설을 보호하기 위해서 제방 위 또는 유로 내의 식생 회복, 특히 수림대의 성립을 방지하지 않으면 안 되는데, 이는 수변지역에 고목성의 수림대가 존재할 수 없게 되기 때문

이다. 즉, 제방 위 혹은 후배지에 수변림이 남아 있을 경우에도 하천에 의한 증수나 범람 등 영향을 받지 못하게 되고, 수분환경도 변화하기 때문에 그 조성·구조를 유지하는 것은 어렵게 된다. 뿐만 아니라 미이용지의 유효한 이용을 도모하기 위해 시설 내·외 범람원에서의 공원이나 스포츠시설의 정비가 진척되면, 그나마 남아있던 수변의 자연식생, 수변림조차도 파괴되어 그 복원 장소를 잃게 된다.

특히 유로공은 홍수시에 유수의 파괴력이 증가하여 하상변동이 발생하는 것을 방지하기 위해 하상면을 홍수유량에 대응하여 산정하고 있으나, 갈수·평수와 홍수의 유량차가 크기 때문에 유수가 하폭 전체를 유하하는 경우는 몇 년에 한 번 발생하는 정도이다. 따라서 측안의 일부 구간을 중심으로 친수공법, 친자연공법에 대한 연구가 진행되어 자연적으로 저수로를 만들거나 자연스럽게 사행시키기도 한다. 아울러 유로공은 호안이 급물매인 비탈면은 위화감이 있으므로 환경사인 치산댐 계단형 호안을 조성하면 안정감이 있고, 동물, 인간이 수변에 접근하기 쉬운 장점을 가진다. 그러나 이 경우에는 곡류부의 토석류나 홍수에 의한 월류와 수위상승 등을 검토할 필요가 있다.

한편, 토사이동이나 유로변동은 그 시점에 그 곳에서 서식하는 동물에 있어서는 치명적인 교란요인으로 작용하지만, 동시에 그 생물에 있어서 필요 불가결한 서식지를 형성, 유지하는데 도움을 주기도 한다. 그러나 계안 및 유로공사는 이와 같은 동적인 구조를 억지하고, 오히려 토사나 유로를 고정화하는 것을 목적으

로 하기 때문에 이러한 야생동·식물 서식지의 근본적인 변화를 가져오는 원인이 된다. 또한, 유로에서 횡단방향의 연속성도 문제가 된다.

사방공사가 계류생태계에 미치는 영향은 다양한데, 그 핵심을 이루는 것은 사방공사가 토사이동이나 유로변동을 발생시킨다는 것이다. 즉, 토사가 이동해서 계류의 모양이 변한다고 하는 환경구조의 동적변화로, 그 구조에 적응하고 있는 생물이 영향을 받는다.

특히 수생곤충에의 영향이 큰 데, 예를 들면 수생곤충의 서식에 있어서는 웅덩이 바닥의 얇은 둔덕·웅덩이로 흘러 들어오는 곳 등 특정공간이 중요한 서식환경이 되고 있다. 이들 미서식장소는 강의 얇은 곳이나 웅덩이와 같은 곳 사력퇴(砂礫堆)의 특정한 부위에 있다. 강의 얇은 곳, 웅덩이나 사력퇴, 그 자체가 토사이동이나 유로변동에 의존하는 구조이기 때문에 토사이동이나 유로변동의 억제가 군집의 변화에 연결된다. 예를 들면 부유로(副流路)가 형성되도록 유로변동이 관계하고 있다. 복열(複列)사력퇴의 형성영역에서 유로는 복수형성되는데, 단열(單列)사력퇴와의 경계영역에서는 명료하게 복수의 유로가 아닌 즉, 홍수시에는 유로가 되지만 평수시에는 오목한 땅(凹地)에 물이 가득 채워지는 부분이 생긴다. 이와 같은 영역은 어느 정도 토사의 공급이나 유송(流送)이 생기는 장소이다. 또한, 수생곤충의 서식장소로 중요한 하상공극수역에서는 땅속이라도 물이 흐르기 쉬워서 간극에 풍부한 퇴적구조를 보전하는 것이 필요하다. 이와 같은 조건은 토사이동이나 유로변동을 통해서 형성

된다. 이와 같이 수생곤충의 미서식장소가 형성·유지되기 위해서는 토사의 침식이나 퇴적이 필요하다. 그런데 유로공사와 같은 시설은 유로의 직선화, 호안이나 강바닥의 경화 등에 의해 토사의 침식이나 퇴적을 억지하고, 사행(蛇行)이나 부유로의 형성을 억지하게 된다.

수변림에 대해서도 역시 토사이동이 그 특성의 중요한 요인이 되고 있다. 토사의 침식, 운반, 퇴적이나 비탈면에서의 토사의 공급 등에 의하여 미지형의 파괴와 복원되는 수종, 수령의 복잡한 모자이크형 구조가 만들어진다. 어류에 대해서는 강의 얇은 곳이나 웅덩이 구조는 물론 그것보다도 작은 미서식장소 조건으로서 유속이나 수심의 차이에 따라서 규정되는 다양한 흐름, 수면이나 수중으로 퍼지는 식물체에 의한 피복 등 각각이 발육단계에 따른 서식환경으로서 큰 의미를 가지고 있다. 그리고 산란장소로서 중요한 웅덩이 바닥의 얇은 둔덕에 위치하는 사력저(砂礫低)나 치어의 서식장소로 이용되는 웅덩이 등에 대해서는 토사의 이동에 의해서 형성·유지되는 것이 확실하다.

양서류, 조류나 포유류 등에서는 서식장소의 주요 부분이 계류의 어떤 장소에서도 서식지역 전체는 육지지역과 겹치고 있다. 그들의 계류에의 의존 방식이나 정도는 어류, 수생곤충, 수변식생과는 다르다. 더구나 그들의 생활과 계류 환경구조와의 대응관계에 대해서는 아직 충분하게 연구되지 않았기 때문에 실증적인 인과관계에 근거해서 토목공사의 영향을 명확하게 파악할 수는 없다.

토사이동이나 유로변동은 그 시점에, 그 곳

에서 생식하는 동물 개체에 있어서는 치명적인 교란으로 작용하는 면도 있지만, 동시에 그 생물에 있어서 필요 불가결한 서식장소 자체를 형성·유지하는 면이 있다. 그러나 사방댐이나 유로공사는 이와 같은 동적인 구조를 저지하고, 오히려 토사나 유로를 고정화하는 것을 목적으로 하고 있다. 그 때문에 서식장소의 근본적인 변모를 가져오고 있다.

아울러 유로근방에서는 하상공극수역이라는 지하수와 하천수의 중간적인 수역이 있다. 선상지, 범람원, 협곡의 확폭부 등에서는 이와 같은 하상공극수역이 특유의 동물상을 가짐과 동시에 하천수와 지하수 사이의 물질순환에 중요한 역할을 담당하고 있고, 수변에서는 특유한 식생이 분포하고 있어 양자의 사이에서는 애추의 형성이나 세굴에 의한 토사의 제거 등을 통한 상호관계가 존재한다. 즉, 비탈면은 그 바닥이 토사, 유기물, 무기영양염의 공급원이 되고, 유수는 이들을 하류로 운반하고 비탈면 기부를 세굴함으로써 그 상부비탈면의 발달과정에 영향을 미치고 있다. 따라서 유로 및 계안공사가 이러한 생태적 기작을 파괴함으로써 계류 및 하천생태계를 파괴하는 역기능을 하므로 이러한 기능을 보전·복원하기 위한 기술의 개발은 시급하고도 절실하다고 할 수 있다. 따라서 이들 치수 및 이수사업 그리고 사방댐, 유로 및 계안공사 등의 영향은 상류·중류·하류지역에 영향을 미치게 된다.

특히 수변림에 의한 일사차단은 여름철에도 하천수온을 낮게 유지하는 효과가 있다. 하도폭(河道幅)이 좁은 계류역에 있어서는 그 효과

가 보다 현저하다. 이 점에서 유로공의 시공에 의해서 유로 부근의 식생이 제거되면 일사에 쏘이는 정도가 증대해 수온상승을 초래한다. 더구나 시공 이전의 수심이나 유로폭의 풍부했던 변화가 한결같이 평탄하고 얇게 흐르게 된 것도 수온상승의 원인이 된다. 또한, 사방댐 상류의 퇴사면에 있어서는 얇고 넓은 평탄지가 출현한 결과 유로가 일사에 쏘이는 정도를 증대해 수온상승을 초래하게 된다.

결국 계류에서 서식하는 생물에게 수온은 기본적인 환경요소의 하나이고, 이 변화가 생태계에 미치는 영향은 크다. 예를 들어 냉수성 어류들에 있어 수온의 상승은 사활(死活)이 걸린 문제이고, 수온변화가 곧 분포지역의 증감으로 이어진다.

뿐만 아니라 사방시설의 설치는 본체 공사만이 아닌 부대적인 토목공사가 행해지는 경우가 많다. 대표적인 것이 인근 도로에서 시공지까지의 설치 도로이다. 때때로 시공지 부근에 자재를 부려놓는 곳이나 간단한 작업장 등이 설치되는 경우도 있다. 이들 공사에 따라 부주의하게 버려지는 흙, 벌채, 중장비에 의한 토양경화 등으로 인해서 계류나 그 부근의 식생, 토양, 소동물의 서식장소가 파괴되는 일이 종종 발생되고 있다. 또한, 비탈면의 조기피복을 위해서 외래식물을 도입하는 경우가 있고, 이로 인한 자연환경의 파괴는 사방공작물 그 자체에 의한 환경파괴와는 다르지만 공사에 수반해서 발생된다는 점에서는 사방공사의 영향이라고도 할 수 있다.

더구나 사방공사의 현장이 깊은 산 속에 있

을 경우에는 사방공사에 선행해서 공사 현장에 까지 도로를 개설하게 된다. 이 도로개설에 수반하는 계류로의 토사 투기나 민둥산의 확대 등은 사방공사 그 자체의 영향보다도 중대하다는 논의가 팽배하다. 확실히 임도건설 후 계류에서의 토사퇴적이 증가해 웅덩이가 파묻혔다는 사례가 끊이지 않기 때문이다.

따라서 계곡에 인공구조물을 축설할 경우에는 사람이 억지로 진입함에 따라 토양이나 임상(林床)식생의 짓밟힘, 쓰레기 투기, 산채나 산야초(山野草)의 채취·남획, 희소동물·곤충의 채취·남획, 토석채취, 어류 남획, 인식 부족으로 외래어의 방류나 다른 지역 개체군으로부터의 이입 등 계류생태계의 변화를 초래할 수 있다.

1) 상류지역의 변화

상류지역에서 환경에 미치는 영향은 치산사업, 사방사업, 댐사업, 도로사업 그리고 산림의 벌채 등에 따른 변화이다. 특히 사방사업, 치산사업, 도로사업 등은 수변림의 벌채를 동반하기 때문에 수변림으로부터 떨어지는 낙엽·낙지 등은 계류생태계에 영향을 크게 미친다. 즉, 수변림에서 떨어지는 낙엽·낙지는 계류생태계 대부분의 에너지를 공급한다. 또한, 수변림의 그림자는 수온의 상승을 억제해 어류의 은신처를 공급한다. 따라서 이러한 공사로 인한 수변림의 벌채는 어류생태계에 있어 수온의 상승과 먹이 감소를 초래하고 결국 계류생태계에 영향을 미친다.

특히 댐은 계류에서의 직접적인 변화를 가져

오고 저수지 생성에 의한 간접적인 영향을 미친다. 직접적인 영향은 서식지의 소실, 새로운 댐저수지의 출현으로 상류와 하류의 분단을 초래한다. 아울러 간접적인 영향은 수온의 변화, 탁수의 장기화, 유량의 안정화, 토사이동량의 변화를 들 수 있다. 또한 생물의 영향에 대해서는 산란장의 감소, 부착염류의 질의 변화, 하도 내의 수립화를 저해하는 요소 등이 있다.

2) 중류지역의 변화

중류지역은 하상저하, 하도의 고정화, 유역의 도시화, 포장정비에 대한 영향이 있다. 이들의 변화와 병행하여 생물에 대한 영향이 있는데, 어류의 감소는 도시화가 급속하게 진행되는 일본 동경의 예를 보면 각종 어류가 감소하고, 산란에 지장을 주고 있다. 즉, 치수·이수를 위한 각종 하천사업에 따라 범람원이 소실되고 있다. 즉, 범람원은 산란의 서식장으로써 중요한데, 급격한 도시화로 인하여 범람원이 논이나 각종 개발사업의 장으로 변하게 되고, 포장정비한 하천은 다른 지천과의 연결성이 단절되어 범람원의 특징을 잃고 있다.

또 하나의 변화는 저류유역 및 여울의 감소를 들 수 있다. 하천개수에 의한 저수로의 고정 및 하도의 수정으로 하안역의 식물대가 사라지게 되어 저류유역의 감소를 초래하고, 이러한 저류유역의 감소는 어류의 서식지를 파괴함으로써 하도의 직선화 및 확폭으로 인해 어류 산란장의 파괴를 초래하고 있다. 즉, 하도 내의 수심이 깊어지는 장소에서는 여울이 사라지게 된다. 한 예로 榜木縣宇都宮市를 흐르는

鬼怒川の 지류인 田川은 1992년 하천개수로 인하여 하도의 직강화, 확폭, 하상의 절개가 이루어진 후 각종 생물 서식지의 분포는 크게 변화하였고, 하천 개수 후 생물의 서식장소인 여울이 파괴되었다. 또한, 간단한 면으로부터 복잡한 단면으로의 하도형상의 변화로 하도횡단방향의 연결성이 감소되고, 생물서식지 및 하천생태계의 영향이 나타났다.

용수의 감소도 이러한 영향의 결과인데, 도시화에 따른 비침투역의 증대는 지하수위의 감소 및 호안공작물의 영향에 기인한다. 뿐만 아니라 산지로부터 평야로 연결되는 하천은 유속이 감소하고 많은 양의 토사가 떨어져 누상지가 발달하는데, 누상지의 하천에는 많은 양의 사력이 퇴적하여 거대한 퇴적지를 형성하는데, 이러한 퇴적지의 감소는 산림과 하천이 만들어내는 고유한 생태계를 변화시키는 요인이 되어 하천생태계에 불리한 영향을 미치게 된다. 즉, 하천 직강화에 따른 이들의 감소는 하천의 안정화에 기반을 둔 치수사업, 이수사업에 따른 영향이라 할 수 있으며, 장기적으로 볼 때는 유량의 안정화 및 하상저하의 원인이 되고, 퇴적지를 서식처로 하는 식물생육환경의 감소를 의미한다.

3) 하류지역의 변화

바다에 영향을 미치는 하류지역의 영향은 하상 저하에 의한 염수의 유입, 하구지역의 도시 또는 공업, 항만 개발에 의한 염성습지 및 간조의 감소 등이며, 유하능력 증대에 따른 하도의 수정, 하구역의 환경변화의 영향은 하구역

에 영향을 미친다. 또한, 하상 저하에 의한 염수의 역상은 산란장의 감소를 가져오고, 염성습지 및 간조의 감소는 서식지에 의한 동식물 서식지의 감소를 가져올 뿐만 아니라 수질의 변화를 초래한다.

한편, 우리나라의 산림청에서는 매년 50 km이상의 야계사방사업과 70개소이상의 사방댐을 시공하고 있지만, 주요 공법이 과거 황폐한 야계의 침식방지를 위한 공학적 방법에 치중하고 있는 경향이 있다. 물론 아직까지도 일부 야계의 경우 침식이 활발하게 발생하여 침식을 방지하기 위해서는 돌 또는 콘크리트 기슭막이나 콘크리트바닥막이 등과 같은 공학적 구조물이 필요하다. 그러나 과거 사방 시공지로서 안정된 야계나 상류 산림이 울창하여 심각한 침식이 발생할 우려가 없는 야계는 공학적 구조물보다는 그 지역의 생태적 특성을 고려한 생물공학적 시공법을 적용하는 자연친화적 복원기법이 바람직 할 것이다. 생물공학적 시공법은 자연친화적 야계복원 기법의 부분이기 때문이다. 즉, 시공소재를 인공물이 아닌 자연소재를 이용하는 것이 자연친화적 복원기법의 전부는 아니기 때문이다.

궁극적으로 모든 인공구조물은 내구연한이 있기 때문에 야계사방 구조물을 설치하는 것은 항구적인 복원(restoration)이 아니라 한시적인 복구(rehabilitation)에 불과하다. 진정한 의미의 복원은 인위적 또는 자연적으로 훼손된 야계를 그 이전 상태로 완전히 돌려놓는 것이지만 현실적으로 이러한 의미의 복원은 거의 불가능하며, 안정된 생태계와 가능한 자연 상

태와 가장 가까운 상태로 복원시킬 뿐이다.

(2) 대형 댐 건설이 주변 지역에 미치는 영향

최근 산지지역에 근접한 중소규모형 댐의 건설이 화두로 대두되고 있는 시점에서 대형 댐 건설에 따른 영향을 파악하는 것은 대단히 중요하다. 특히 산지지역에 당연히 영향을 미칠 수 있는 댐 건설이 주변 및 수변지역에 미치는 영향에 대한 고찰이 필요하다.

가. 긍정적 편익

대형 댐 건설의 주요 목적으로는 크게 전력 생산, 용수공급, 홍수조절이다. 전력생산의 경우 일례로 소양강댐은 안전하고 청정한 발전 수단으로 꼽히고 있는 수력발전시설을 통해 매년 약 4억5천만kwh의 발전을 하고 있다. 용수공급의 경우 소양강댐은 매년 19억7,855만톤의 생공용수 및 하천유지용수를 하류지역에 공급하고 있는데, 이는 하류지역의 물부족 기간을 연간 60일 정도 감소시키는 효과를 나타내고 있다. 소양강댐의 가장 중요한 역할 중의 하나는 홍수조절인데 소양강댐의 7억7천만톤 정도의 홍수조절 능력은 한강인도교 수위를 약 2km까지 조절할 수 있다. 즉, 산지지역에 설치하는 치수시설보다 홍수조절효과는 대단히 크다고 할 수 있다. 특히, 실제로 소양강댐 건설 이후 서울의 강남지역을 비롯한 다수의 수도권 한강유역은 상습적인 홍수피해로부터 벗어나게 되었고, 이는 자산의 이용 고도화를 통한 지가상승 이익의 발생, 국가 전체적인 산업생산업건의 향상을 가져오는 등 우리나라의 산업

근대화 시기에 급속한 경제성장을 이룰 수 있는 토대가 마련된 것이 사실이다. 그러나 소양강댐 주변지역이라고 할 수 있는 춘천, 양구, 인제지역은 댐이 건설되기 이전에도 용수 및 전력이 모자라거나 홍수피해가 빈번히 발생하는 지역이 아니었기 때문에 이들 지역은 소양강댐으로부터 새롭게 편익을 누리게 된 지역은 아니라고 할 수 있다. 즉, 소양강댐이 실제로 국가적으로 그리고 2천만 수도권 주민에게 천문학적인 혜택을 주게 되었고, 이러한 편익이 국가 전체적으로는 댐의 부정적 영향을 능가하는 것이라 할 수 있으나 실제적으로 댐의 고유기능을 통해 댐 주변지역 주민들에게 실질적인 혜택을 주는 사항은 거의 없다고 할 수 있다.

나. 부정적 편익

이들 댐 건설로 수천만평의 농경지가 수몰되었고, 이를 터로 살았던 많은 이주민이 발생하였다. 아울러 수려한 자연경관과 비옥했던 하천 주변의 토지는 모두 수몰됨으로써 자연경관이 훼손되었다. 또한, 댐 상류지역의 육로거리 증대로 인한 교통비용 및 이동시간 증대, 이로 인한 주민들의 노동생산성 감소, 이 외에도 지역에서 생산된 농축산물의 출하를 위한 물류비용 증대, 응급환자 발생시 후송문제, 지역내 생필품 및 공산품의 고가격 유지, 접근성 불편으로 인한 외부관광객의 감소, 굴곡도가 심한 수물 대체도로의 위험성 증대, 지역간의 접근성 및 교통불편으로 인구가 감소하고 마을 전체가 황폐화하는 현상이 나타나고 있다. 뿐만 아니라 농경지, 임야의 수몰로 지역경제 생산력이

감퇴하고 주민들의 농림축산 소득이 상실되었다.

댐 건설로 인한 자연환경 및 수생태계에 미치는 영향으로는 안개 및 서리일수의 증가로 지역 내 농작물의 생육저하, 출수지연, 영화수 감소, 과일착색도 저하, 당도감소, 낙과증대, 병충해발생증대 및 방제비용증대 등 농민들의 농작물 피해 및 농업소득 감소, 빈번한 안개발생으로 감기, 천식 등의 호흡기환자와 관절염 등의 근골격계 환자 발생 증가, 산성안개의 발생으로 각종 생태계 및 산업구조물 피해 증가, 안개로 인한 대기오염도 증가 및 오전시간 중 전력소비 증대, 물의 장기저류현상으로 자정능력 상실, 이로 인한 수질악화와 부영양화, 녹조현상 발생, 홍수시 쓰레기의 집중유입으로 쓰레기 처리문제 발생, 홍수기의 댐 호수내 탁류층 발생으로 수돗물 정수장의 정수비용 추가 발생, 어류생태계의 다양성과 개체수의 감소, 댐 방류수의 여름철 오수, 겨울철 온수현상으로 농작물의 냉수피해가 증가하고, 여름철에는 하천변 물놀이 유원지가 없어지게 되었고, 겨울철에는 주민들의 겨울 빙상활동 기회가 박탈되었다. 댐 방류시 댐 하류 인근지역의 저지대 침수피해가 발생하고, 댐 주변지역의 자연환경 보전지역 지정으로 환경규제가 추가되었고, 댐 상류지역 유희지내 농작물재배 관련 환경문제의 갈등이 야기되었다.

다. 자연생태 복원

각종 댐 건설 사업은 물 수요를 충족시키고 홍수를 방지하며 수력 에너지를 생산하기 위한

수자원 개발의 필연적 소산이었다. 아울러 과거 경제적 이익만을 고려한 댐 정책의 결과는 현재 우리가 당면하고 있는 사회적, 문화적으로 많은 문제점을 야기시키고 있으며, 그 당시 경제적 이익이라고 생각했던 개발이 현재로서는 비경제적일 수도 있다. 따라서 지역 특성을 고려한 복원을 병행함이 필요하며, 계획 초기부터 지역 주민이 참여하여 지역 환경과 주민 정서에 맞는 환경친화적인 수자원개발과 관리가 필요하다.

또한, 자연생태복원은 댐 주변지역에 대한 체계적인 생태환경 조사를 통하여 자연환경보전과 동식물 보호 등을 위하여 보존, 재생의 가치가 있는 생물종류와 복원 적정 장소를 선정하고 자연이 지닌 회복력을 이용하여 자연을 복원 보전함으로써 서식 생물종의 은신처 기능과 분산 및 이동 통로로서의 기능은 물론 휴식과 휴양 공간의 확보, 환경교육의 실험지역 및 지역 생태계 연구 대상지로서의 역할 등 다양한 기능을 가지도록 해야 한다. 특히 소생태계는 생태복원을 주된 목적으로 하므로 동물들의 산란기 등에는 일반인의 생태 탐방이나 관찰이 다소 제한되는 불편함이 있을 수 있으므로 이를 충분히 고려하여 시행해야 한다. 특히 선진 외국의 경우 인공구조물 등을 축조할 때 일반적인 댐 건설 목적 외에 준공 후 발생하는 문제 등에 대하여 사전에 충분한 검토를 거친 후 시행하고 있다. 즉, 인공구조물 주변 또는 인공구조물의 대치로써 각종 Biotope 설치, 어도설치 및 어류관찰지, 수생식물 복원 및 어류서식지 조성, 인공습지, 인공부도, 물문화촌 조성,

폭기, 선택취수, 영양염류 제거시설, 바이패스수로 등 각종 수질개선시설의 설치가 이에 대한 대안으로 생각될 수 있다.

III. 결 론

계곡이나 야계생태계 보전을 고려한 관리 원칙을 정립하여 생물군집의 보전, 서식지의 보전, 유역적 관점에서의 계획 수립, 유역의 안전 확보와 생태계보전, 계곡이나 야계생태계 보전을 위한 인공구조물 설치 방향을 정립하는데, 계류 또는 야계를 분단하는 비투과형 구조물을 가능한 배제하고 토사조절방식을 개발할 것, 계류(야계)생물군집 서식지의 동적안정성이 확보되는 공법의 실현, 교란에 의한 동적 변화가 보장되는 공법 실현, 야계사방·치산공사실행 중 생태계의 영향 최소화, 경관과 조화한 사방·치산시설의 계획·설계·시공에 대해서도 생태계와의 조화를 충분히 고려하여 하상의 평탄화 및 콘크리트화 지양, 수제공 및 낙차공의 효과적 활용, 계곡생태계 보전을 위한 사방기술 적용, 유역의 토사동태를 파악하는 등 계곡이나 야계의 복원 전략을 수립해야 할 것이다.

또한, 계곡이나 야계에 설치되는 인공구조물은 우선 계안 부근, 하류에 거주하는 주민의 산지붕괴, 산사태, 토석류 등으로부터의 안전을 위하여 시공되는 경우가 대부분이므로 경관을 고려한 친환경적인 구조물로 시공을 요하더라도 그 인공구조물의 기능 즉, 안전성을 고려한 시공이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 즉, 어떤 계곡에서는 인공구조물의 기능과 안전성을

고려하여 반드시 철강재나 콘크리트 제품을 이용할 필요가 있는 지역도 있으므로 이에 대해서는 주변 경관을 고려하여 무리하게 친환경적 구조물을 우선적으로 사용하는 것을 지양하고 또한, 그 인공구조물의 설치를 최소화하는 방법을 강구할 필요가 있다고 생각된다.

IV. 참고문헌

1. 건설부. 1994. 자연형 하천계획기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사·연구. 1994년도 하천환경관리기법개발연구·조사 보고서. 489pp.
2. 김규호. 2002. 생태서식 환경을 위한 큰돌군(boulder cluster)의 구조. 2001년도 한국수자원학회 기초과제 연구보고서. 125-156.
3. 김기홍, 신영철, 이형래. 2002. 산지 소하천 유역의 지형특성에 관한 조사 연구. 산업과 학기술연구소보 제9호:53-58.
4. 낙동강환경관리청. 2002. 낙동강유역 환경지도 - 물관리 부문 중심으로 -. 낙동강환경관리청. 149pp.
5. 마호섭. 2002. 사방사업의 발전방안 토론자료. 한국산림토목환경연구회보 43:42-46.
6. 산림조합중앙회홍보실. 2002. 사방댐으로 집중호우 피해 막았다. 산림 440:42-43.
7. 산림청. 1998. 사방기술교본. 산림청. 515 pp.
8. 서규우. 2002. 국내 도시하천의 생태환경 조성을 위한 모형의 개발 및 적용 - 부산

- 온천천유역의 적용사례를 중심으로 -. 2001년도 한국수자원학회 기초과제 연구보고서. 157-204.
9. 안상진. 2002. 바람직한 하천살리기 방향. 한국수자원학회지 35(4):7-8.
 10. 우효섭. 2001. 수변복원의 이해(I) - 미국의 수변복원 가이드라인을 중심으로 -. 하천복원에 관한 국제 심포지엄:275-284.
 11. 우효섭. 2001. 수변복원의 이해(II) - 미국의 수변복원 가이드라인을 중심으로 -. 하천복원에 관한 국제 심포지엄:285-298.
 12. 이환기. 2002. 환경 친화적인 저수지 운영 관리 방안. 한국수자원학회지 35(3):35-45.
 13. 정상만. 1995. 소하천의 정의와 계획하폭결정에 관하여. 한국수자원학회지 28(6):102-103.
 14. 정홍수. 1996. 소하천정비의 필요성과 추진 방향. 한국 사방·산림토목연구회보 제23호:12-21.
 15. 주기재, 김현우, 하경. 1997. 하천 생태학의 발전과 우리나라 하천 연구의 현황. 한국생태학회지 20(1):69-78.
 16. 최승업. 2002. 댐건설이 주변지역에 미치는 영향과 대책-소양강 다목적댐을 중심으로-. 한국수자원학회지 35(3):8-13.
 17. 한국·사방·산림토목연구회. 1994. 치산사방 환경녹화 공중·공법 기본개념 해설. 한국 사방·산림토목연구회보 제16호.
 18. 杉原知加子, 水谷正一, 中村智幸, 後藤章. 2001. 河川と水田水域に連結する人工池が魚類の生息に果たす役割. 農業農村整備とビोट-プ-3 69(9):937-940.
 19. 上野幸一, 小原敏郎. 2001. ビोट-プの保全に配慮した棚田地域の整備手法. 農業農村整備とビोट-プ-5 69(9):945-949.
 20. 中村太士, 百海琢司. 1989. 河畔林の河川水溫への影響に関する考察. 日本林學會誌 71:387-394.
 21. 武居有恒. 1998. 砂防計畫に想う. 新砂防 16(2):29-30.
 22. 太田猛彦. 1997. 生態系と調和した砂防の基本的な考え方. 砂防學會誌 50(2):55-60.
 23. 太田猛彦, 高橋剛一郎. 2000. 溪流生態砂防學. 東京大學出版會. 246pp.
 24. 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六. 1997. 河川生態環境工學. 東京大學出版會. 312pp.

임지환경

임지 산성화의 생태적 의미와 회복을 위한 토양개량

이 승 우

임업연구원

1. 머리말

“공업화, 산업화, 도시화”를 통해 얻어지는 물질의 풍요함과 생활의 편리함은 대기오염이라고 하는 환경문제를 동반하고 있다. 이는 석유, 석탄 등 화석연료가 에너지원의 대부분을 차지하고 있기 때문이며, 그로 인한 건성 및 습성의 산성강하물은 토양과 물을 산성화(acidification)시켜 생태계의 물질순환계를 교란시키는 것으로 알려져 있다. 더욱이 이러한 생태계의 산성화는 인류의 폐기능을 담당하고 있는 산림의 쇠퇴 또는 고사를 초래하기도 하는데, 이미 유럽, 북미, 일본 등 선진국가들에서는 이와 관련된 사례들이 여러 차례 보고된

바 있다. 국내의 경우 아직까지 선례국가에서와 같이 넓은 면적에 걸친 극심한 산림피해가 조사된 기록은 없으나, 1990년대 들어 국소적으로 토양산성화와 관련된 산림의 초기 쇠퇴증상들이 대두되고 있는 실정이다.

산림생태계에 있어서 토양이 산성화되었다는 것은 그만큼 지력(地力)을 상실한 것으로써 곧 비옥하지 않은 흙으로 변하였음을 의미한다. 또한 산림토양의 산성화는 자연생태계의 근간이 되는 산림이 병들었음을 의미하는 것으로 토양(土壤)의 한자적 풀이에서 찾아 볼 수 있는 “도움을 주는 부드러운 흙”의 제 기능을 잃었다고 할 수 있다. 따라서 본고에서는 임지의 제 기능을 저하시키는 토양산성화의 원인 및

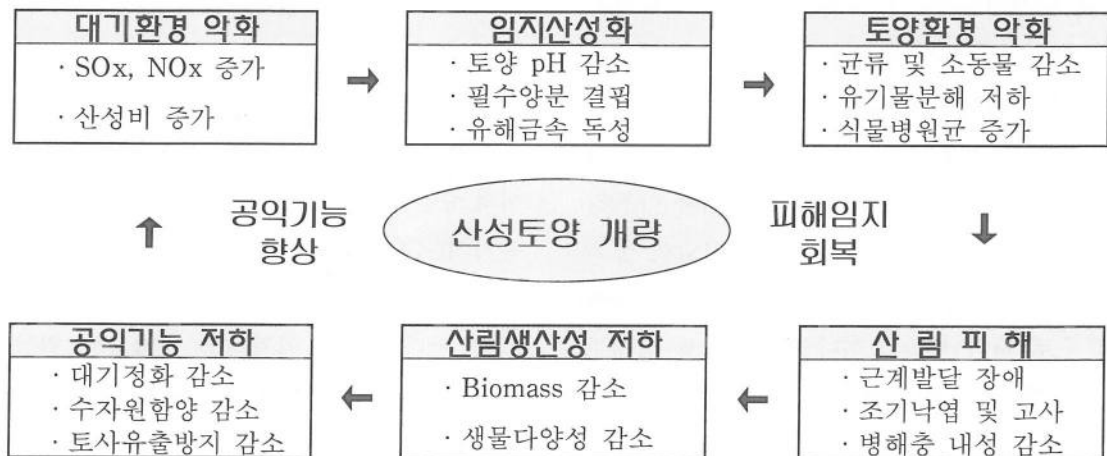


그림 1. 토양산성화의 산림 생태적 영향과 토양개량의 중요성

이를 방지하기 위한 토양개량 방법과 그를 통한 효과에 대해 살펴보고자 한다.

2. 토양산성화의 원인

가. 자연적 원인

1) 강수의 영향

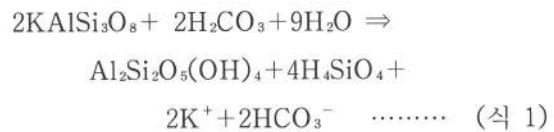
자연발생적인 토양산성화의 대표적인 영향인자로 강수(precipitation)를 들 수 있다. 자연상태의 대기 중에는 약 350ppm의 이산화탄소가 존재하고 있어 물과 반응하게 되면 탄산이 생성되기 때문에 정상적인 강수라 하더라도 pH 5.6(이론치)의 약산성을 띠게 된다. 강수가 토양 속으로 침투된 후 해리작용에 의해 생성된 수소이온(H^+)은 토양 속의 염기와 치환된다. 이러한 과정을 통해 토양에 축적된 산(酸)의 양이 증가함에 따라 토양의 산중화력에 기여하는 염기성 물질(Ca, Mg 등)이 유실되어 토양이 산성화된다.

이러한 현상은 강우와 강설이 많은 지역에서 주로 발생하는데, 그 작용은 서서히 진행되기 때문에 오랜 기간 동안에 걸쳐 토양이 강산성으로 변화하는 것으로써 산성토양의 대부분이 이 같은 과정을 통해 생성된다. 이는 토양의 풍화율이 높은 지역, 예를 들어 남미와 아프리카 열대 및 아열대림에서와 같이 모암이 풍화될 때 용해된 염기가 유실되기 쉬운 조건 하에서 주로 나타난다. 그러나 일반적으로 산성토양을 “탄산 이외의 물질에 의해 산성을 띠는 토양”으로 정의하기 때문에 정상적인 강수에 의한 토양산성화는 탄산(H_2CO_3)에 의한 양이

표 1. 토양산도(pH)의 분류

pH	구 분
8.0 이상	강알칼리성 (strongly alkaline)
7.6~7.9	약알칼리성 (moderately alkaline)
7.3~7.5	미알칼리성 (slightly alkaline)
6.6~7.2	중성 (neutural)
6.0~6.5	미산성 (slightly acidic)
5.5~5.9	약산성 (moderately acidic)
5.0~5.4	강산성 (strongly acidic)
4.9이하	극강산성 (extremely acidic)

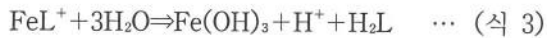
은 치환작용, 물(H_2O)의 가수분해작용에 의한 중화물질의 용탈 및 규산의 생성에 의한 것이라고 할 수 있다(식 1).



2) 유기산의 영향

낙엽, 낙지 등 식물유체가 분해하는 과정에서의 중간산물인 유기산은 해리도가 높은 카르복시기($-COOH$)로 구성되어 있기 때문에 해리된 후 수소이온(H^+)에 의해 강한 산성을 나타내게 된다(식 2). 이외에도 유기산의 일종인 부식산(humic acid)과 풀빅산(fulvic acid)은 토양용액중에서 용존상태로 존재하는 금속류(Al^{3+} , Fe^{2+} 등)와 복합체를 형성한 후 가수분

해시 H^+ 를 생산하여 산성의 원인으로 작용하기도 한다(식 3). 이러한 작용은 주로 한냉, 과습한 기후조건에서 발생하게 되는데 그 대표적인 토양으로 이탄(peat)을 들 수 있다.



3) 특수모재의 영향

황철광을 모암으로 둔 해안 저습지 토양의 경우, 주요 조성물질인 Fe_2S (황화철)가 유황산화세균과 철산화세균의 작용으로 인해 황산(H_2SO_4)을 생성하기 때문에 강산성의 특성을 보이게 된다(식 4). 이러한 현상은 토양분류학적으로 Arenosol에서 쉽게 발견되는데, 우리나라 서해안 일부 지역이 이러한 토양분류군에 속한다(FAO/Unesco, Soil Map). 이외에도 화산회를 모암으로 하고 유기물이 표토층에 많이 퇴적된 화산회토의 경우 대부분의 비결정질 치환복합체에 인산과 몰리브덴산이 필요 이상으로 흡착됨으로 인해 양분결핍 등의 산성화 결

과를 초래하게 되는데, 이는 일본의 Andosol(日名, 黑土)에서 쉽게 찾아 볼 수 있다.



나. 인위적 원인

1) 산성강하물에 의한 영향

주요 대기오염물질인 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)은 대기 중으로 확산된 후 가스, 입자, 에어로졸, 강우, 강설, 안개 등 여러 형태로 토양에 유입된다. 이들 물질은 최종적으로 황산(H_2SO_4)과 질산(HNO_3)으로 되기 때문에 토양에서 이를 중화시킬 알칼리성 물질이 부족할 경우 강산성을 띠게 되어 토양 중에서의 염기류(Ca , Mg)의 용탈을 가속화시킨다. 특히 자연적인 토양풍화에 의해 중화되는 것을 초과하여 산성강하물이 유입되거나 토양의 비옥도가 매우 낮은 경우에 급속히 산성화가 진행된다. 최근 생태계의 산성화와 관련된 일련의 문제는 대부분 이들 산성강하물에 의한 것으로써 중화 역할을 담당하는 토양계가 대기계 및 수서계와 유기적인 관계를 갖기 때문에 이에 대

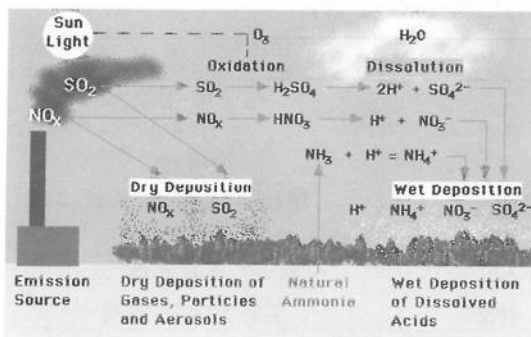


그림 2. 산성강하물의 생성과정

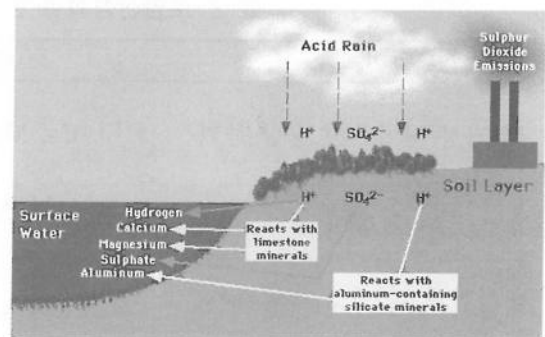


그림 3. 토양과 수서계의 산성화 과정

한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

2) 화학비료의 영향

주로 생리적 산성비료로 분류되는 황산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), 황산칼륨(K_2SO_4), 염화암모늄(NH_4Cl) 등은 비료성분 자체는 중성을 띠지만, 토양 중에서 식물뿌리에 의해 NH_4^+ 와 K^+ 가 흡수되고 남은 SO_4^{2-} 와 Cl^- 가 황산과 염산으로 작용하여 토양을 산성화시킨다. 이밖에도 요소 등 질소질 비료($\text{NH}_4^+\text{-N}$)는 토양 중에서 질산화성균에 의하여 질산으로 바뀌는데, 이때 생성된 질산이온(NO_3^-)이 토양으로부터 용탈될 때 전하적 균형에 의해 동일 당량의 염기성 양이온을 동반하기 때문에 토양산성화를 유발시킨다. 이러한 작용은 주로 이들 비료를 수년에 걸쳐 다량으로 사용할 경우에 발생하며, 대체로 산림지역보다는 시설재배지를 포함한 농경지에서 나타나는 현상이다.

3. 토양산성화의 생태적 악영향

토양산성화가 심화되면 양분 보유능이 저하

되기 때문에 염기성 양이온들의 유실이 많아져 식물생장에 필요한 Ca과 Mg이 결핍된다. 결국 그로 인해 식물의 물질생산량이 낮아지거나 생리적 불균형으로 인한 조기낙엽, 엽괴사 등이 초래되기도 한다. 이외에도 토양에 알루미늄(Al)의 포화도가 증가하면 Al에 의한 독성이 뿌리생육에 지장을 주게 되어 결과적으로는 엽과 줄기 등 임목의 지상부에 까지 영향을 미친다. 또한 토양환경이 강산성(pH 4.5 이하)으로 변하면 균근과 세균류의 수가 현격히 줄어 이들에 의한 양분흡수 및 유기물분해가 원활히 이루어지지 않는데, 특히 유기물 분해와 관련된 호기성 cellulose 분해균은 pH 5.5 이하에서 활동이 억제되므로 낙엽층이 분해되지 않고 쌓이게 되는 결과를 초래하기도 한다. 반면에 호산성인 사상균의 우점도가 상대적으로 증가하면 식물병원균에 의한 피해 가능성은 늘게 된다. 이외에도 강산성의 토양조건에서는 지렁이, 웅애 등 토양소동물의 수와 활동력이 감소하기 때문에 토양생물의 다양성은 물론 그 만큼 흙의 건강성이 줄게 된다.

이러한 토양산성화의 영향은 산성강하물의

표 2. 토양산성화로 인한 토양변화 특성과 영향

토양변화 특성	반 응	영 향
염기성 양이온의 용탈 증가	Ca, Mg 등 결핍	생장량 감소 조기낙엽 엽변색
Al 포화도 증가	Al 독성 증가 Ca : Al 불균형	뿌리 세포조직 파괴 뿌리 재생을 감소
잠성 및 활성산 증가	균근균 감소 토양소동물 감소	양분 및 수분흡수 저하 토양입단화 억제
호산성 토양미생물 증가	세균류 감소 사상균 우점도 증가	유기물분해 감소 식물병원균 증가

부하량이 많고 산성모암으로부터 발달한 토양에서 발생하기 쉬우며, 이 같은 토양과 토양수의 산성화는 수서생태계의 산성화로까지 이어져 전체 생태계의 물질순환계 자체를 위협할 수 있으므로, 산성조건을 개선시키거나 용탈로 인해 결핍된 양분을 보충해 주는 등의 토양환경 개선책이 필요하다.

4. 산성토양 개량제와 개량방법

가. 토양개량제

산성토양은 단지 산성이라고 하는 특성 이외에도 여러 측면에서 결점이 많은 토양이므로 그 개량을 위해서는 종합적인 대책이 요구된다. 산성화된 토양을 개량하는 일차적 목적이 산도를 교정하고 부족한 양분(주로 Ca, Mg)을 보충해 주는 데 있으므로, 칼슘 시용에 의해 산성반응을 개량하는 것이 선결 과제이다. 이를

위한 칼슘보충자재로는 보통 생석회(CaO), 소석회(Ca(OH)₂), 혼합석회비료(석회고토 ; CaCO₃ · MgCO₃), 폐화석, 부산(소)석회 등의 석회질비료가 있으며, 이들 모두 성분량이 같을 경우 이론적으로 개량효과는 유사하지만 공정규격, 원자재의 순수성 및 임지에 시용된 후의 토양반응 및 효과의 완급성에 있어서는 차이가 있다. 이중 폐화석과 부산(소)석회를 제외한 나머지 석회질비료가 주로 사용되고 있으며, 석회질비료의 공정규격은 소석회를 제외한 모든 석회질비료의 미분말도가 한국산업규격 표준체 1.70mm를 98% 통과, 600 μ m를 60% 이상 통과해야 한다.

나. 토양개량제 사용시 고려사항

임지의 경우 토양이 갖는 산성화의 반응은 일반 농지와 같지만 임상(林床)에 부식층이 발달되어 있는 점에서 구분된다. 이밖에도 주로

표 3. 석회질비료의 종류, 제조과정 및 특성

종 류	제 조 과 정	특 성
석회석 (CaCO ₃)	석회암을 가공없이 분쇄	석회질비료의 주원료
생석회 (CaO)	석회석을 1,200℃로 燒成	강알칼리성으로 발열에 의한 식물뿌리, 토양생물 및 인체에 유해성 잠재(속효성)
소석회 (Ca(OH) ₂)	생석회에 물을 가해 消化	알칼리성이 생석회와 석회고토의 중간(속효성)
석회고토 (CaCO ₃ · MgCO ₃)	백운석을 단순 분쇄	강알칼리 장애 적고, Mg 보충효과(지효성)
폐화석	조개, 굴껍질을 단순 분쇄	폐자원 재활용에 기여, 염분함유
부산(소)석회	화학, 제당, 피혁공업 등의 부산물	원료의 오염성(중금속 등) 우려

※ 생석회 사용시 발열작용 : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 15.2\text{kcal}$

평탄한 경작지와는 달리 임지는 지형적으로 다양한 경사를 갖게 되므로 현지 사용상에 근본적인 제한사항이 수반된다. 이와 관련하여 농지 산성토양에서 퇴비, 구비, 녹비 등 유기질비료의 시용 효과는 크지만 이것은 토양산도를 직접 교정하는 효과보다 이들의 시용에 의해 토양 부식량을 증대시킴으로써 토양 완충능(지력)의 증대와 토양 물리화학적이나 미생물상의 개선 및 이들 유기질 비료에 함유된 대량원소(질소, 인산, 칼륨)와 미량원소(철, 망간, 마그네슘, 붕소 등)의 공급효과를 동시에 갖게 된다. 그러나 산성화된 임지의 경우 기존 부식층의 발달 정도와 이들 유기질 비료 사용상의 경제성을 고려하지 않을 수 없다.

이외에도 산성토양 개량시 가장 중요한 것은 칼슘의 적정량을 사용하는 것과 이것을 토양과 충분히 섞이도록 하는 것이지만, 경사와 임분 율폐로 인해 동선이 제한적인 임지에서는 석회와 토양을 충분히 혼합하기란 그리 쉬운 일이 아니다. 이를 위해 등고선 방향으로 일정 간격의 도랑을 만들어 줌으로써 경사와 유거수에 의한 개량제 유실을 방지하는 것도 방법이

될 수 있다.

산성화된 임지를 개량하기 위한 석회질비료의 선택에 있어서는 강알칼리성에 의한 장애, 경화성, 유실성 등을 고려해야 하는데, 생석회 또는 소석회에 비해 알칼리도가 낮고 경화되지 않으며 유실도 적을 뿐만 아니라 산성토양에서 부족하기 쉬운 칼슘과 마그네슘을 함께 보충해 줄 수 있는 입상형태의 석회고토비료가 적합할 것으로 생각된다. 또한 일시에 다량의 석회를 살포하면 유실 및 미량원소의 결핍이 생기기 쉬우므로 연간 2~3회 또는 수년에 걸쳐 나누어 살포하여 교정함이 이상적일 것이다.

다. 토양산도 교정을 위한 석회소요량 산정

1) 환산계수에 의한 산정

토양 pH(H_2O)를 교정하기 위해서 Arrhenius(1928)에 의해 고안된 pH와 부식함량에 준한 석회시용계수를 이용할 수 있는데, 편리한 점은 있으나 토양 pH의 교정목표를 식물생육에 가장 양호한 수준인 pH 6.5에 국한시켰다는 것과 비교적 점토광물의 조성이 유사한 지

표 4. Arrhenius의 석회시용 환산계수 ($CaCO_3$ kg/ha · 20cm)

구 분	저부식	중부식	고부식
사 토(S)	500	1,000	1,500~3,000
사양토(SL)	500~1,000	1,000~1,500	2,000~3,000
양 토(L)	1,500	2,500	3,500
식양토(CL)	2,500	3,500	4,000
식 토(C)	3,000	4,000	4,500
부식토(H)	4,000~8,000	-	-

※ 석회소요량 = $(6.5 - \text{토양pH}) \times \text{석회시용 환산계수}$

표 5. 토양 pH를 1단위 변화시키는 데 필요한 석회량 (CaCO_3 kg/10a · 10cm)

구 분	부 식 함 량 (%)			
	< 5%	5~10%	10~20%	> 20%
사 토	56	113	150~225	
사양토	113	169	225~300	
양 토	169	225	300~375	
식양토	225	281	375~450	
식 토	281	338	450~525	
부식토	-	-	-	450~750

※ 석회소요량 = $C \times (A - B) \times D / 10$

C : pH를 1단위 변화시키는 데 필요한 석회량, A : 개량하고자 하는 pH 수준,

B : 개량전 pH, D : 개량하려고 하는 토양의 깊이

역에만 사용할 수 있다는 점에서 적용상의 제한이 따른다.

물론 석회소요량을 산정하기 위한 환산계수의 적용은 토양 pH나 치환산도를 검정한 분석 자료에 근거하며, 일반적으로 유사 토양형을 갖는 임지토양의 경우 토양 pH 1.0 단위를 증성으로 변화시키는데 소요되는 석회량(표 5)을 활용하는 간이법을 주로 사용한다. 이 방법은 토성과 부식함량을 알면 간단히 산정할 수 있는 편리성 때문에 임지의 산성 토양개량에 활용도가 크다.

2) pH 완충곡선에 의한 산정

토양에 CaCO_3 시약분말을 단계량 별로 첨가한 후 토양 pH의 변화량을 통해 완충곡선을 도출함으로써 토양 pH의 개량목표에 해당하는 CaCO_3 소요량을 산정하는 방법이다. 이 방법은 토양형별로 상이한 완충특성을 정량적으로 가시화하여 평가할 수 있다는 점에서 매우 유용하며, 실제 현지에서 석회가 완벽하게 혼합

될 수 없다는 특성 때문에 계산량의 10~20%를 더해서 시용하는 것이 통상적이다. 일반적으로 모든 토양에서 석회첨가량과 pH 변화량 간에 일차 직선식이 성립하지 않으며, 특히 국내 산림토양의 대부분을 차지하고 있는 갈색산림토양의 경우 완충곡선이 S자 형태를 띠는 특성이 있다. 그림 4는 서울 남산지역 침엽수림의 토심 15cm까지의 토양 완충곡선으로써 양분유효도와 관련해서 pH를 5.5까지 교정하는데 소요되는 석회량이 약 0.08g/kg임을 알 수 있다. 이후 토양의 가비중과 개량하고자 하는 토심 등을 감안하여 단위면적당 석회소요량

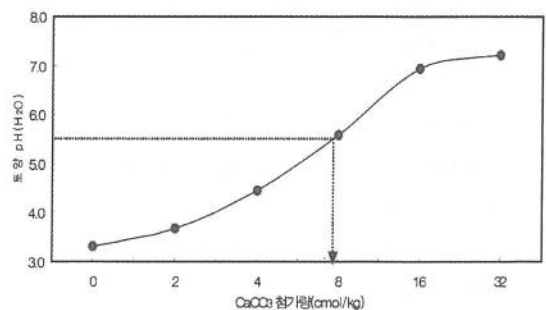


그림 4. 갈색산림토양의 pH 완충곡선

을 산정하게 된다.

5. 산성 임지에서의 토양개량 효과

1991년 홍릉과 광릉시험림, 수락산, 남산 등을 시초로 하여, '96년 인천(대공원), '97년 울산(선암공원), '98년 여천(영취산), '99년 대구(앞산공원), 2000년 마산(산호공원), 2001년 군산(은파공원), 영천(화룡공원), 안산(시민공원) 등 주로 대기오염도가 높고 산성화 원인물질의 유입량이 많은 도시와 공단주변 산림을 대상으로 이루어졌던 토양개량 효과중 일부를 소개하면 다음과 같다.

시험방법은 무처리구에 대해 석회처리구, 고도처리구, 석회+고도+복비 처리구에서의 주요 토양화학적 특성과 임목생장량을 조사·비교하는 것이다. 모든 지역에서 처리후 1년 경과시에 토양산도(pH), 유기물, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 무처리구에 비하여 각 처리구에서 증

가하였으며, 특히 Ca+Mg+복비 처리구에서 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다. 반면 식물생육에 독성물질로 작용할 수 있는 활성 알루미늄(Al)은 무처리구에 비하여 모든 처리구에서 감소하여 그 위해성이 경감되는 효과가 있었다. 임목생장에 있어서는 수고 및 직경생장의 경우 무처리구에 비하여 Ca+Mg+복비 처리구에서 평균 70% 증가하였으며, 신초장(당년생)은 무처리구에 비해 Ca+Mg+복비 처리

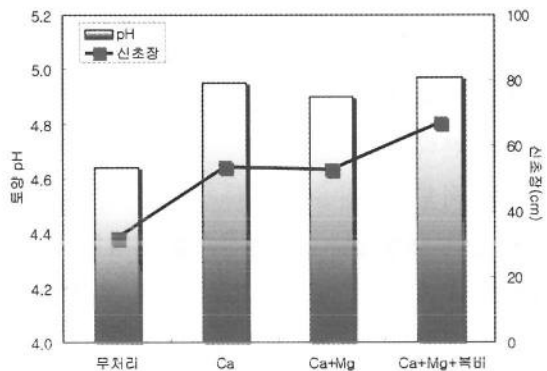


그림 5. 토양산도 교정과 임목생장 효과 (인천, 1997년)

표 6. 산성 임지에서의 토양개량 효과 사례

구 분		지 역	인 천 (리기다소, 1996)	울 산 (리기다소, 1997)	여 천 (편백, 1998)
토양 pH	대조구		4.5	4.2	4.6
	Ca+Mg+복비		5.2	4.7	5.6
유기물 (%)	대조구		2.4	6.3	11.6
	Ca+Mg+복비		4.1	7.2	19.9
치환성 Ca (cmolc/kg)	대조구		0.8	3.4	0.7
	Ca+Mg+복비		2.6	6.8	7.6
치환성 Mg (cmolc/kg)	대조구		0.3	0.7	0.5
	Ca+Mg+복비		1.2	2.1	1.8
활성 Al (mg/kg)	대조구		130	450	350
	Ca+Mg+복비		63	360	170

구에서 48% 증가하는 결과를 보였다. 이외에도 유기물분해와 관련된 토양세균의 활성 역시 무처리구에 비하여 $\text{Ca}+\text{Mg}+\text{복비}$ 처리구에서 약 10배 가량 증가하였다.

6. 맺음말

“대기정화, 수자원함양, 토사유출 방지, 산림휴양, 야생동물 보호” 등 익히 잘 알려져 있는 산림의 기능들은 독립적으로 작용하는 것이 아니라 유기적이며 상호의존적으로 움직인다. 이러한 산림의 제 기능을 유지 또는 향상시키기

위해서는 생명력 있는 토양이 전제되어야 할 것이며, 특히 녹지의 역할이 절실히 요구되는 도시와 공단지역에 있어서는 더더욱 그러하다. 따라서 임지를 산성화시키는 외부영향을 가급적 최소화하려는 노력과 함께 산성 임지에 대한 적극적인 토양환경 개선책을 통하여 일차적으로 식생의 활력을 증대시키고 맑은 물과 공기를 제공할 수 있는 건전한 산림으로 유도해야 할 것이다. 이를 위해서 산성화된 산림토양의 전국적인 분포특성에 대한 파악과 그를 회복시키기 위한 기능적인 관리 방안의 개발이 우선되어야 할 것으로 생각된다.



전국 산림입지조사 및 수치산림입지도 구축 활용방안

원 형 규 · 정 진 현

임업연구원

1. 머리말

전국 산림을 대상으로 보다 과학적이고 합리적인 산림정책수립 등 국가의 경쟁력 강화 및 행정생산성 제고를 위한 사회간접자본이 되는 GIS를 국가정책과 공공분야에 활용하기 위한 NGIS망 구축과 연계하여 산림자원의 과학적이고 효율적인 관리기반 조성을 위한 산림지리정보시스템(FGIS)구축사업의 일환으로 산림의 입지환경조건 및 토양성질, 분포된 수종의 생장상태 등을 파악하고 토양유형별로 분류 도면화하여 종합적인 산림정보시스템을 구축함으로써 국토의 합리적 이용 및 산림의 과학적 관리에 필요한 기초자료를 제공할 목적으로 1995년부터 산림청 주관으로 국유림은 지방산림관리청이, 사유림은 시·도(시·군) 산림과에서 주체가되어 추진하였다.

산림입지조사는 산림사업에 가장 기본이 되는 입지환경, 토양단면 및 임목생장량 조사 등 30개 인자를 조사하는 업무로써 다른 조사에 비해 전문성을 요하는 조사로서, 현지조사의 정확성 제고를 위하여 시·군·관리소 담당자에 대한 전문교육을 임업연수부에서 2주간에 걸쳐 이론교육 및 임업연구원의 토양전문가가 현지를 순회 현지실습을 통하여 지역특성에 맞

는 토양형 분류 등의 기술지도를 실시하여 2000년(6년간)까지 전국 산림을 대상으로 현지조사 및 전산입력(DB)을 하였으며, 임업연구원은 1997년부터 성과품(현지조사야장, 산림입지도) 검토를 실시하여 활용여부를 판정하여 수정·보완 및 보완조사를 2000년부터 2002년까지 3년간에 걸쳐 수정·보완이 가능한 지역은 전문교육을 이수한 현지 담당자가, 보완조사는 담당자 교체 및 항공사진이 없는 지역 등으로 입지도 작성이 곤란한 지역에 대해서는 전문가를 이용한 민간위탁사업으로 추진하였다.

또한, 산림입지도 전산화 구축은 2000년부터 활용가능한 지역을 우선으로 도엽단위로 2003년까지 추진하고 있어 기 구축된 임상도, 산림이용기본도, 임도망도, 국유임소반도 등의 전산화에 이어 산림지리정보시스템 구축이 완료되는 셈이다.

따라서 산림입지조사 및 수치산림입지도 구축내용 및 관리프로그램의 활용을 위한 기능을 간략하게 기술하고자 한다.

2. 산림입지조사

가. 목 적

임지의 입지조건, 토양의 성질, 임목의 생육

상태, 지리조건을 조사 임지의 잠재생산능력을 파악, 유형별로 분류·도면화하여 산림자원조성의 기반구축 및 산림사업의 기초자료 제공을 위한 산림지리정보시스템(FGIS)을 구축하여 과학적인 산림경영 도모

나. 추진배경 및 필요성

- 국가경쟁력강화 및 행정생산성 제고를 위한 사회간접자본이 되는 GIS(Geographic Information System)를 국가정책과 공공분야에 활용하기 위하여 '95년부터 각 부처별로 구축 추진
- 국가 GIS망 구축과 연계하여 산림자원의 과학적이고 효율적인 관리기반 조성을 위한 산림지리정보시스템(FGIS) 구축
- 산림입지조사는 산림지리정보시스템 구축 및 산림입지환경에 대한 종합적인 DB구축을 위한 기초자료가 됨
- 산림의 토양성질과 임상상태, 잠재생산능력 등이 유형별로 분류된 도면 및 DB화된 자료의 활용성 대두

다. 기본방향

- 산림입지조사 : '95 ~ 2002년(전국 산림 6,415천ha)
- 산림입지도 전산화 : 2000 ~ 2003년(790도엽)
- 산림입지조사 총설발간 : 2003~ 2004년

라. 기대효과

- 전국 산림토양의 토양형별 분류 및 입지생

산능력 파악·제공

- 적지적수선정 등 산림사업의 기초자료 제공
- 산지이용 및 산림기능구분에 필요한 근거자료 제공
- 과학적 산림경영 및 산림행정의 효율성 제고를 위한 기반조성

마. 기관별 추진사항

- 산림청
 - 산림입지조사 추진지침 수립·통보 및 예산배분
 - 조사담당자 워크숍 개최 및 현지교육 실시
 - 산림입지도 전산자료 현지배부 및 운영 교육 실시
 - 산림입지도 전산화 및 민간위탁사업 추진(임업연구원 공동)
- 임업연구원
 - 산림입지조사 담당자 전문교육 및 현지 기술지도
 - 산림입지조사 성과품(입지도, 조사야장) 검토 및 현지대조·확인
 - 산림입지기본도 작성(국·사포함) 및 DB자료 수정·보완
 - 산림입지조사 총설발간을 위한 추진계획수립 및 관련 자료수집·분석
 - 산림입지도 전산화(수치지도 제작)사업 추진 및 현지검증
- 시·도, 지방산림관리청
 - 시·군·구, 국유림관리소별 사업추진

계획 수립

- 조사대상지역 및 조사담당자 선정
- 산림입지조사 사업 추진

바. 추진실적 및 계획

- 산림입지조사 (단위 : 천ha)

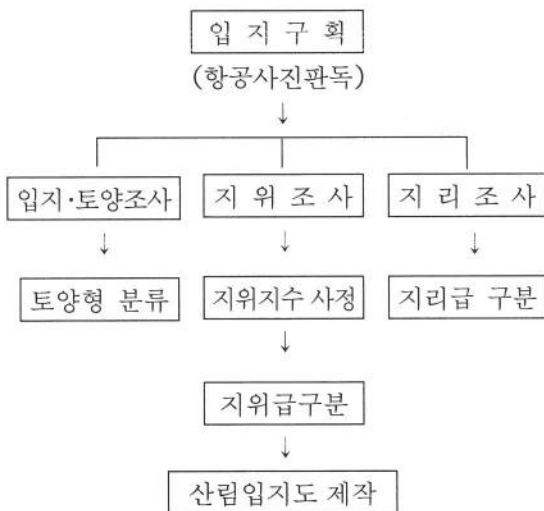
년도	'95이전	'95	'96
6,415	156	1,096	1,101
'97	'98	'99	'00
1,003	1,000	1,050	1,009

※보완조사('01~'02) : 169만ha

- 지 자체 : 100만ha, - 민간위탁 : 690천ha

- 산림입지도 전산화 (단위 : 도엽)

년도	계	2000	2001	2002	2003
도엽	790	91	250	269	180



〈산림입지조사 순서〉

산림입지조사는 임목생장에 영향을 미칠 수 있는 환경인자 상호간의 인과관계를 분석하여

환경이 산림에 미치는 작용, 산림이 환경에 미치는 반작용 등을 밝힘으로써 조림에 관한 기초자료를 제공하고 산림사업에 필요한 진단과 처방역할을 하는 산지이용구분의 기초자료가 된다. 산림입지조사는 각 국가의 지리적, 식물학적, 역사적 특성에 따라 다르게 발전하였고 같은 국가 내에서도 지역에 따라 다르게 발전하기도 한다.

스위스나 스웨덴에서는 식물학적인 면이 강조되었고, 다른 유럽국가에서는 지리적 요인이나 지형적 요인을 강조하고 있다. 독일의 경우에는 토양학적인 측면이 강조되고 있으나 식생학적인 측면에도 비중을 두고 있다. 우리나라의 경우는 토양학적인 측면에서의 연구가 주로 진행되고 있다.

산림입지조사는 모암, 기후, 지형인자 등을 감안하여 항공사진상에서 입지구획을 실시한 후, 표준지 내에서 그 지역의 입지환경, 토양조건, 지위지수 및 지리조사를 실시하여 토양형 분류 및 지위급을 구분하고 산림입지도를 작성하는 순서로 조사한다.

○ 입지구획

조사대상지의 지형도 및 지질도 등을 참고하여 항공사진상에서 지형, 경사, 방위, 침식상태, 임지이용상태 등 지형요소분석법에 의거 항공사진을 판독하여 잠정적인 입지구획을 최소3ha까지 구획한다.

○ 입지환경 및 임목생장량 조사

입지구획 내에서 표준지를 선정 지형, 지질, 경사, 방위 등의 입지환경조건 및 표준지 내에 분포되어 있는 주 수종의 임목생장량을

조사하여 지위지수 분류곡 선에 의한 지위지수를 査定한다.

○ 토양단면조사

0.16ha의 표준지 내에서 경사면 방향으로 지표를 교란시키지 않은 자연상태의 토양 단면을 가로 1m, 세로 1m, 깊이는 암반이 나올 때까지 판 후, A층과 B층으로 구 분하여 낙엽층의 유무, 토색, 토성, 토양구조, 건습도, 견밀도 등을 조사한다.

3. 수치산림입지도 구축

전국 산림입지조사 결과 제작된 산림입지도를 국립지리원에서 제작한 1 : 25,000 지형도상에 Polygon 별로 표준지 번호, 토양형 및 지위급을 구분 표시하고, Polygon 별로 입지환경요

인, 임목생장 상태, 지리급, 토양요인 등의 속성자료를 DB화하는 산림입지도의 수치화 사업을 2000년부터 추진 중에 있다.

수치산림입지도는 비무장지대 접경지역과 일부 島嶼지역을 제외한 790도엽으로 2002년도까지 Arc/Info 커버리지 및 DXF 표준자료 교환형태로 610도엽을 전산화하였으며 2003년도에 나머지 180도엽을 구축 완료할 계획이다.

수치산림입지도에 표현될 각 속성항목들의 종류와 구분기준을 살펴보면, 먼저 산림입지환경요인은 1개의 Polygon에 대한 주변 환경조건을 표현해주는 인자들으로써 모암, 경사, 지형, 건습도, 토성 등 토지이용에 관한 기본적인 산림 정보를 제공하는 데 있어 중요한 역할을 하게 될 것이다.

입지환경요인의 속성자료는 총 14개 인자로

(표 1) 입지환경인자

인 자	구 분
모암	화성암, 변성암, 퇴적암
표고(m)	100m미만, 100~200m, 200~300m, 300~400m, 400~500m, 500~600m, ..., 1900m이상
경사(°)	15° 미만, 15~20°, 20~25°, 25~30°, 30° 이상
지형	평탄지, 완구릉지, 산록, 산복, 산정
기후대	온대북부, 온대중부, 온대남부, 난대
방위	동, 서, 남, 북, 북동, 북서, 남동, 남서
경사형태	요, 철, 평형사면
풍화정도	상, 중, 하
퇴적양식	잔적토, 포행토, 봉적토
능선대 계곡비	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9/10
토양배수	불량, 보통, 양호, 매우양호
풍노출도	노출, 보통, 보호
침식상태	없다. 있다. 많다
암석노출도(%)	10%이하, 10~30%, 30~50%, 50~75%1
14개 인자	

(표 2) 토양환경인자

인 자	구 분
층위의 경계(cm)	명확, 판연, 점변, 불명
토심(cm)	1cm단위로 구분
유효토심(cm)	1cm 단위로 구분
토색	토색칩 구분기준에 의거 구분
유기물	약간 있다, 있다, 많다, 아주 많다
토성	사양토, 양토, 식양토, 미사질양토, 미사질 식양토, 양질사토 등
토양구조	입상, 단립, 세립, 견과상, 괴상, 무구조
자갈함량(%)	5%이하, 5~15%, 15~30%, 30~50%
건습도	건조, 약건, 적윤, 약습
견밀도	0.5이하, 0.5~1.0, 1.5~2.5, 2.5이상
균사 및 균근	없다, 적다, 있다, 많다
식물근(초본)	10%이상, 5~10%, 5%미만
" (목본)크기	2~5mm, 5~10mm, 10mm이상
" (목본)양	10%이상, 5~10%, 5%미만
토양형	26개 토양형으로 구분
15개 인자	

그에 관련된 속성인자는 표2에서 보는 바와 같이 60여 개를 상회하며, 토양환경요인은 총 15개 인자로 Polygon별로 토양의 종류, 토양의 발달과정, 성숙정도, 토양의 성질, 토양상태 등 토양조건에 대한 환경정보를 표현해 주는 인자들로 그 속성인자는 표3에서 보는 바와 같이, 입지환경요인에 비하여 보다 세분화되어 있으며 이를 층위별로 구분하여 DB화하도록 설계되어 있다.

한편, 임지의 잠재생산력을 표현해 주는 임목생장량은 입지환경요인과 토양환경 조건에 따라 달라지게 되므로 임목이 생육하고 있는 지역의 입지환경조건과 토양환경조건을 임목

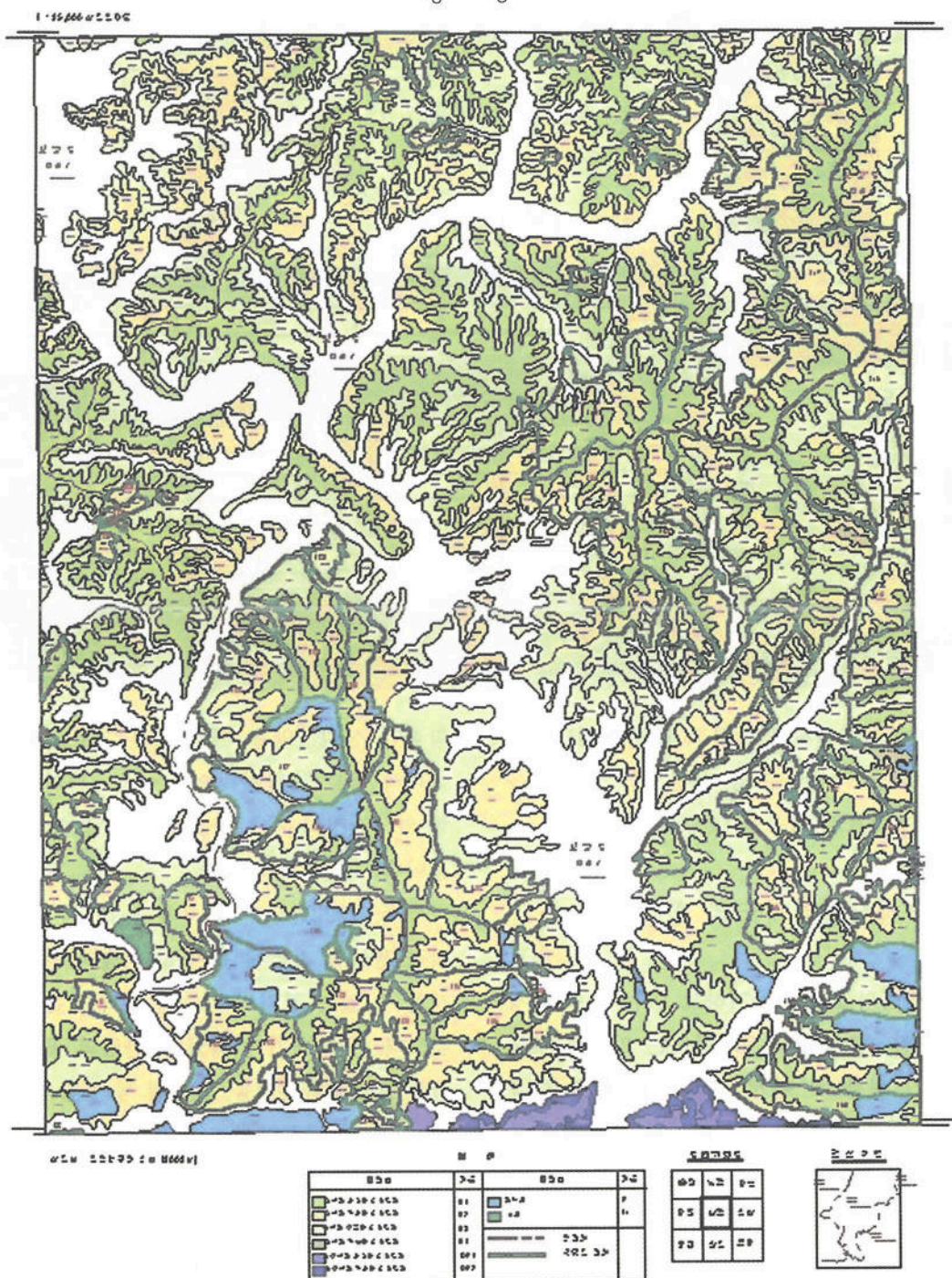
의 생장량과 관련시켜 분석하는 일은 매우 중요한 일이다. 임목생장량은 지위지수를 査定하여 그 차이에 따라 평가하게 되므로 이를 평가하기 위한 기초자료인 수종별 수령과 수고 값은 필수적이라 할 수 있을 것이다. 지위지수 사정을 위한 금번 조사대상 수종은 우리나라의 내륙지방에 널리 분포하고 있는 낙엽송, 잣나무, 강원지방소나무, 중부지방소나무, 해송, 상수리와 제주도 및 남부 일부지역에 분포되어 있는 삼나무, 편백의 8개 수종이다. 더욱이, 임목이 생육하고 있지 않거나 금후 벌채 대상지에 대한 임지에 대해서도 그 지위를 평가할 수 있는 입지환경인자에 의한 지위지수도 파악할

학적인 산업경영을 위한 기본 자료로서 뿐만 아니라 국토를 합리적으로 이용·관리하기 위한 의사결정의 기초 자료로 활용될 수 있기 때문이다.

특히, 1992년도의 리우환경 선언은 산림이 갖는 생산적 기능에 못지 않게 숲과 인간이 상호 생활 수 있는 공익적 기능에 보다 많은 관심을 갖도록 하는 계기가 되었다. 산림의 공익적 기능인 水資源함양기능, 산사태 등의 산지재해방지 기능, 산림휴양기능 등으로써 산림이 갖는 공익적 기능 뿐 만 아니라 본래의 산림이 갖는 생산적 기능을 보다 효과적으로 발휘할 수 있도록 하기 위해서는 무엇보다도 산림의 입지환경 및 토양조건 등 산지의 기본정보들이 체계

국토면적의 2/3를 차지하고 있는 산지의 정보를 수집·분석하여 체계화하는 일은 국토를 관리하기 위한 첫 단계 작업이라 할 수 있을 것이다. 수치산림입지도는 이러한 관점에서 볼 때 매우 큰 의미를 가지고 있다. 1개의 Polygon에는 산지의 입지환경조건, 산림토양환경요인, 분포되어 있는 주요 수종의 임목생장량 등 50여 개 이상의 속성정보를 포함하고 있어 과

창 동



〈그림 2 수치산림입지도의 Polygon별 속성정보 구축현황〉

적으로 관리·이용됨으로써 가능하게 될 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 수치산림입지도(그림 2)는 산림이 갖는 있는 하나의 예로써 이외에도 내가 소유하고 있는 산에 어느 나무를 심는 것이 좋을 것인지, 林道는 어떤 지질 및 지형 조건을 고려하여 개설하면 좋을 것인지 등과 적지적수분석 등 여러 방면의 의사결정을 위한 기본 도면으로 활용될 것이다.

산림입지조사를 통하여 작성된 수치 산림입지도는 기 구축된 수치임상도, 수치 산림이용기본도와 함께 FGIS와 연계 구축되어 상호간 도면검색 및 결합이 가능하며, 자료공유 및 정보체계구축이 가능할 뿐 만 아니라, 다양한 축척과 크기의 도면 출력 또한 용이하도록 설계되어 있어 금후 과학적인 산지관리를 위한 각종 계획 수립시 효과적인 지원을 가능하게 할 것이다.

또한 수치산림입지도는 추후 국가간, 부처간, 연구기관, 대학 등 국토정보를 원하는 모든 이에게 국가 GIS망에 연결된 개인용 컴퓨터를 통하여 제공됨으로써 산림의 지속가능한 보전과 개발이 조화되는 산지이용질서를 확립하는 기초자료로 활용될 것이며, 나아가 국토자원의 효율적인 이용·관리체계를 수립하는 데에도 그 일익을 담당할 것으로 기대된다.

5. 수치산림입지도 관리프로그램 주요기능소개

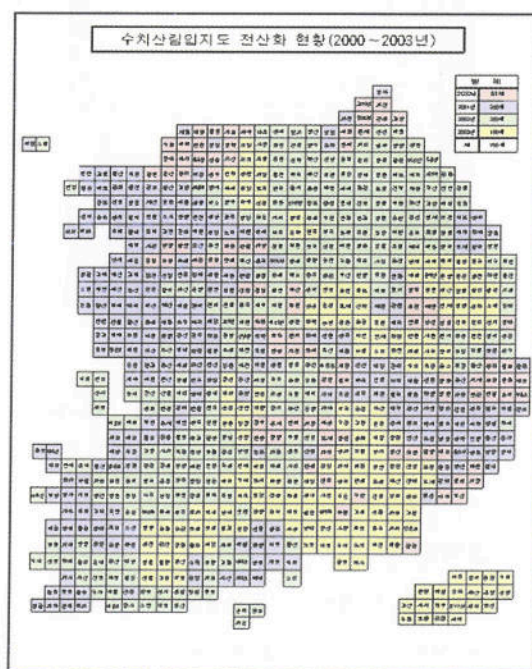
가. 개요

산림입지도 관리프로그램은 과학적이고, 합

리적인 산림관리 기반조성을 위한 국가지리정보시스템(NGIS) 계획과 연계하여 개발된 프로그램이다. 본 프로그램은 수치산림입지도와 DataBase(DB)화된 산림입지조사야장의 코드체계를 일원화 하여 수치산림입지도상에서의 데이터관리 및 분석기능을 현업에서 보다 쉽고 효율적으로 활용이 가능토록 하였다.

나. 수치산림입지도 구축현황

2000년부터 산림입지도 관리프로그램 개발과 동시에 수치산림입지도 구축을 시작하여 현재 전국 610도엽을 구축하였으며 2003년까지 전국 790도엽을 구축 완료할 예정이다.



다. 프로그램 기능소개

1) 데이터 관리

① 파일관리

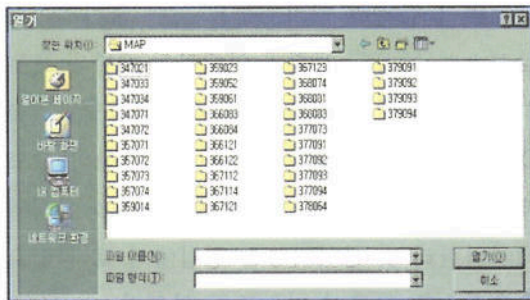


그림 1-1. 폴더로 열기

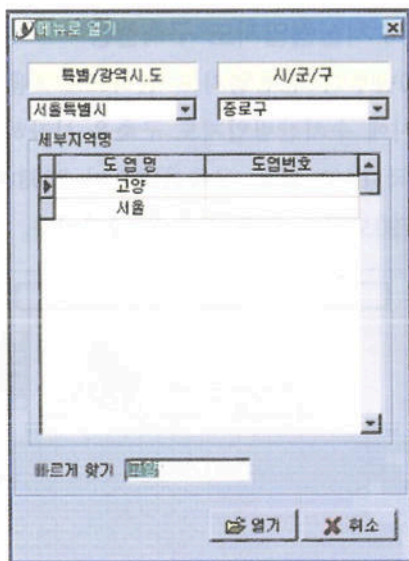


그림 1-2. 메뉴로 열기

세가지 방법을 통해 열고자 하는 지도를 검색, 운용할 수 있으며 연계된 두 개 이상의 지도를 한 화면에서 볼 수 있다.

- 폴더로 열기

각 지도의 폴더명을 고유번호로 관리하므로 열고자 하는 지도의 번호를 알고 있을 경우 해당 폴더를 선택하여 열 수 있다. (그림 1-1)

- 메뉴로 열기

열고자 하는 도엽의 고유번호를 모를 경우 해당지역이나 도엽명 검색을 통해 지도를 열

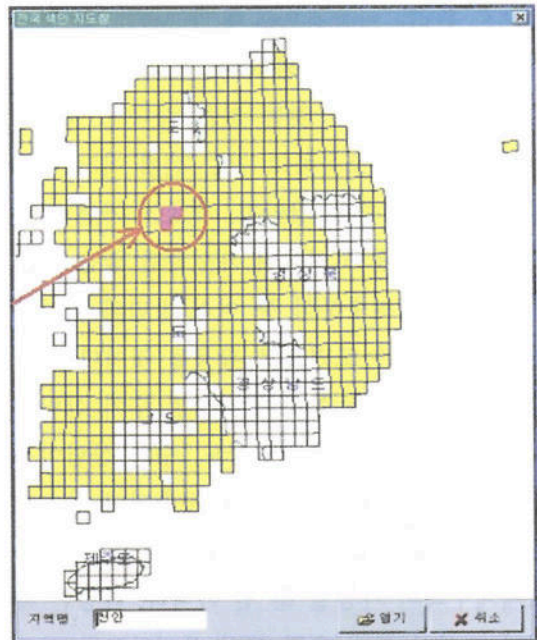


그림 1-3. 지도로 열기

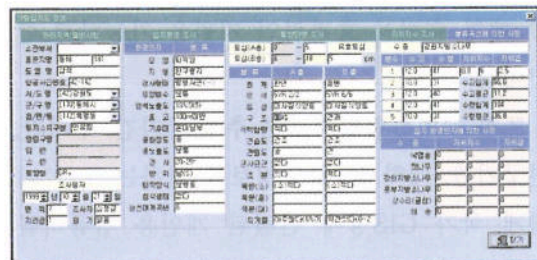


그림 1-4. 표준지 정보 전체보기

수 있다. (그림 1-2)

- 지도로 열기

전국지도색인창에서 열고자 하는 지도를 선택하여 열 수 있다. 여러개의 도면을 한꺼번에 열 때 편리하다. (그림 1-3)

② 산림입지정보 DB 관리

- 표준지 정보조회

각 표준지별 속성정보를 입지환경, 토양단면, 조사인자, 지위지수 등을 조회할 수 있다.

분류	수종	분류	수종	분류	수종
층	단면	입면	관사관	입면	관사관
토	500/2	500/6	소	입면	입면
토	매사질적갈토	매사질적갈토	목본(소)	(소)목본	(소)목본
구	302	관	목본(중)		
적	적	적	목본(대)		
연	연	연	유기물	(매주입면)100	(매주입면)100
연	연	연	토	0	0

그림 1-5. 토양단면 조사인자 보기

분류	환경인자	분류	환경인자	분류	환경인자
모	입지	표	100m	방	입
지	환경	기	환경	방	입
경	환경	경	환경	방	입
토	토	토	토	방	입
입	100m	경	20-25		

그림 1-6. 입지환경인자 보기

수	수	수	지위지수	지위지수
1	11.0	29	11.0	11.0
2	11.0	29	11.0	11.0
3	11.0	29	11.0	11.0
4	11.0	29	11.0	11.0
5	11.0	29	11.0	11.0

그림 1-7. 지위지수 보기

- 표준지정보 조건검색 및 속성자료 관리
- 관리지역의 입지환경인자, 토양단면인자 중 원하는 목록을 선택하여 사용자가 원하는 표준

지의 정보를 검색할 수 있으며 속성자료의 입력, 수정, 삭제 등 종합적인 데이터 관리가 가능하다.

그림 1-8. 속성자료 입력, 수정, 삭제

2) 통계분석기능

① 주제도 작성

입지환경인자, 토양단면인자내 8개 세부 속성중 원하는 속성을 선택하여 열려진 지도에 주제도를 표시할 수 있다.

② 통계그래프 작성

입지환경인자, 토양조사인자내 세부 속성중

원하는 속성을 선택하여 전체 또는 지역별 데이터를 분석, 통계현황을 그래프로 나타낼 수 있다.

3) 자료변환

속성자료를 Excel형태로 변환하거나 사용중인 도면의 데이터를 shape, gdf등 다른 형태의 파일로 변환 할 수 있어 사용자가 다른 프로그램

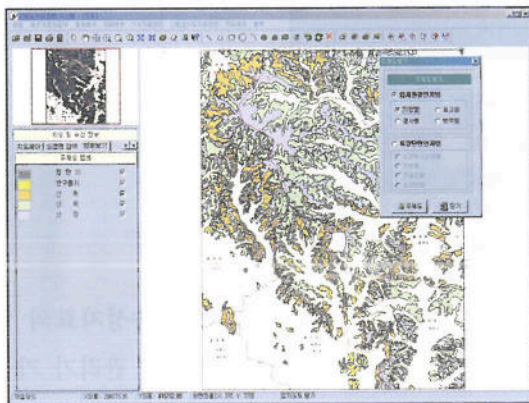


그림 2-1. 주제도 작성

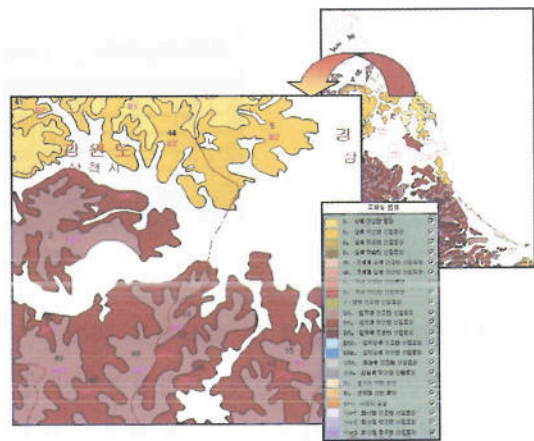


그림 2-2. 토양형별 주제도

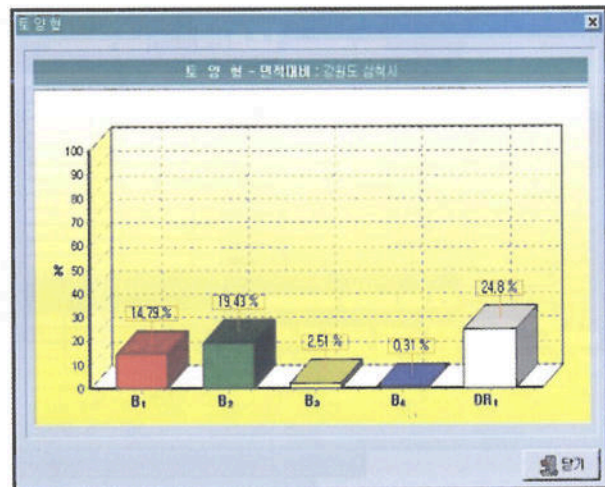
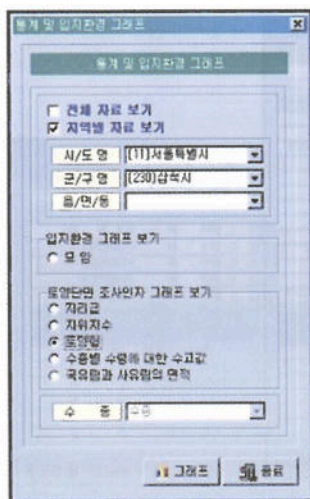


그림 2-3. 통계그래프 작성

도입명 검색 | 도입명 검색 | 소관부서별 검색 |

도입명 검색 [검색]

도입구분	도입명	소관	분류번호	소관부서코드	시도코드	시군구코드	면적
전부	0001	0	001	0	42	760	35
전부	0001	0	002	0	42	760	35
전부	0001	0	004	0	42	760	35
전부	0001	0	005	0	42	760	35
전부	0004	0	013	0	42	760	35
전부	0004	0	014	0	42	760	35
전부	0004	0	015	0	42	760	35
전부	0004	0	016	0	42	760	35
전부	0005	0	004	0	42	760	35
전부	0005	0	005	0	42	760	35
대화	0030	0	005	0	42	760	33
대화	0040	0	003	0	42	760	33
대화	0053	0	005	0	42	760	34
대화	0053	0	006	0	42	760	34
대화	0053	0	007	0	42	760	34
대화	0136	0	010	0	42	760	35
대화	0136	0	001	0	42	760	35
대화	0136	0	002	0	42	760	35
대화	0136	0	003	0	42	760	35

그림 2-4. 토양형, 도입명, 소관부서별 자료검색

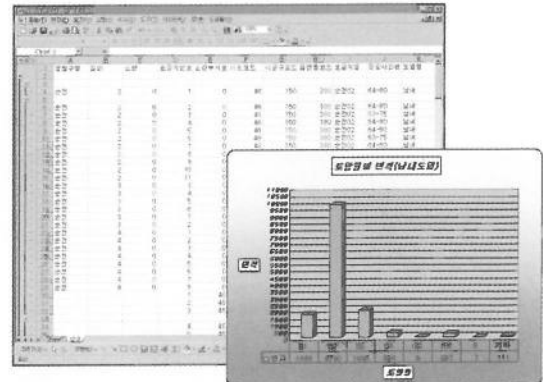


그림 2-5. 검색한 자료를 엑셀형태로 추출



토양형	면적(ha)	백분율(%)
B1	3261.728	28.1
B2	3343.133	28.8
B3	4346.656	37.4
B4	21.018	0.2
DR1	52.419	0.5
DR2	64.366	0.6
Li	17.123	0.1
R	502.201	4.3
총 합	11608.644	100

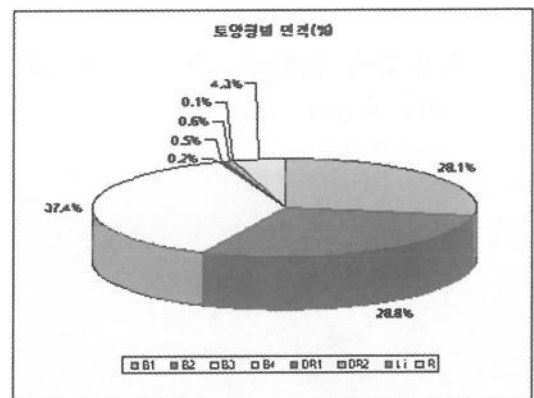


그림 2-6. 엑셀자료를 이용한 도입별 토양형 통계

램과 연계하여 사용하는데 편리하고 다양한 주제의 통계자료로 이용 할 수 있다.

자연 친화적 산지계류 복원기법(II)

- 복원설계 및 여러 가지 공법 -

김 경 하

임업연구원

1. 복원 설계

설계는 원하는 목표에 도달하기 위해 재료, 에너지 그리고 진행과정을 이용하여 의도적으로 구체화하는 것이라고 할 수 있다. 계획과 설계는 자연 과정을 물질, 에너지의 흐름, 토지 이용과 관리방법의 선택을 통하여 문화적인 필요와 연결한다.

다양하게 토지를 이용하는 지역에서 계류복원 계획을 성공적으로 수행하려면 계류의 주변부, 유역 그리고 인접 생태계에 영향을 주고받는 복잡한 경관생태계를 이해해야 한다.

가. 계곡 형태, 연결성 그리고 공간구성
계곡 형태, 연결성 그리고 공간구성은 여러



그림 1. 전형적인 계안 주변부

가지 구조적인 특징을 가지고 있는데 이는 다양한 차원의 공간에서 기능의 상호 관련성을 결정한다(그림 1).

단절의 반대말인 연결성에 대한 광의의 개념은 서식지, 생물종, 군집 그리고 다양한 규모에서의 생태적 과정을 포함한다. 공간구성은 폭과 직선 그리고 주변 경관생태계에서 종, 에너지, 물질을 교환하는데 중요한 역할을 하는 경계부 효과를 포함한다. 그래서 설계는 이들 큰 규모에서의 특성과 그들의 기능에 미치는 영향을 고려해야 한다.

(1) 계곡의 형태

어떤 경우에는 전체 계류의 계곡이 지형학적 경계가 불명확하여 계류 주변부의 복원을 어렵게 만든다. 화산, 지진 그리고 산사태는 계곡의 형태를 변화시키는 자연 교란의 대표적인 예이다. 계곡의 형태를 변화시키는 인위적인 교란행위는 홍수터를 깎기도하고 쌓기도 한다.

(2) 계류 주변부의 연결성과 공간성

계류 주변부의 연결성과 공간성은 의사결정과 관련있는 일련의 설계에 나타난다. 주변부를 얼마나 넓게 잡아야 하는가? 주변부를 얼마나 길게 설정해야 하는가? 만일 주변부 내

에 틈새가 있다면 이것을 어떻게 할 것인가? 이들 구조적 특성은 주변부의 기능에 중요한 영향을 미친다. 예를 들면 계류 주변부의 현존 또는 잠재식생의 폭, 길이 그리고 연결성은 주변부나 인접한 생태계 내의 서식지 기능에 중요하다.

일반적으로 서식지, 통로, 필터 등 여러 가지 기능을 하는 대부분의 계류 주변부와 인접한 지역은 복원 목표를 생태적으로 도출해내야 한다. 각 기능에 대한 한계치는 서로 다른 주변부 폭에 따라 달라진다. 적정한 폭은 필터기능을 위해 더 넓은 주변부가 필요한 급경사면에서는 토양형에 따라 달라진다. 유효한 주변부의 폭을 결정하는 인자는 계류 주변부가 유출수에 포함된 화학 오염물질이 계류로 흘러 들어가는 것을 상당한 정도 막을 수 있는지 여부이다.

앞서 언급한 바와 같이 주변부는 계류, 계안, 홍수터 그리고 계곡사면까지 포함해야 한다. 전체 계류가 종합적인 기능을 유지하기 위해서는 사면 상류부를 상당히 포함해야 한다. 그러나 인접한 넓은 계류 주변부는 확보하기가 힘들며 더구나 토지이용 경쟁이 심한 경우 더욱 어렵다. 이런 경우 홍수터와 가로질러 사면상부와 연결시키는 계단형태의 자연서식지는 홍수기에 퇴적물을 포착하고 수리적 저수지를 제공하고 계류 내에 유기물을 공급하게 된다.

계단지역 내의 공지는 토지이용 경쟁이 심해서 복원할 수 없는 대표적인 지역이다. 토지 소유권 문제를 뛰어 넘어 계류 주변부가 제 기능을 발휘하도록 하는 새로운 관리기법

은 토지 소유자들이 복원을 지지하는 지역에서 나타날 수 있다. 지피물을 바꾸고 화학물질의 계류 내 유입을 감소시키며 제초 시기를 조심스럽게 선택함으로써 주변부 내의 교란을 줄일 수 있다.

현실적인 이유로 계류에 인접하여 계류 폭이 미리 정해진 지역의 복원을 제한할 수도 있다. 계류 주변부의 일부 지역을 복원하는데 제한이 가해지면 홍수터의 넓은 지역을 수평적인 다양성을 충분히 복원하지 못할 뿐만 아니라 홍수기에 필요한 기능을 충분히 발휘할 수 없게 된다.

(3) 인식적 접근방법 : 참고할 만한 계류 주변부 복원

이전에 언급한 바와 같이 이상적인 계류 주변부의 폭은 복원 설계에 있어서 항상 적정할 수만은 없다. 만일 유사한 경관과 토지이용 변수를 가진 인근의 계류 주변부가 그들의 기능을 적절히 발휘한다면 그것은 설계의 일부로 포함시켜야 할 연결성과 계류 폭으로 참고해야 한다.

(4) 분석적 접근방법 : 원하는 수종의 기능적 요구조건들

복원 계획의 목표는 계류 주변부의 복원을 위해 적정한 공간규모를 결정하는데 사용할 수 있다. 예를 들어 만일 특정한 수종이 계류 주변부를 내부 서식지로 필요로 한다면 주변부의 폭은 필요한 서식지를 제공할 수 있는 정도의 폭을 가져야 한다. 대표적으로 가장 예민한 수

종의 요구조건은 적절한 주변부의 규모를 결정하는데 사용할 수 있다. 적절한 규모가 복원을 위해 이용할 수 있는 토지 규모를 능가할 때는 인접한 토지를 이용하기 위한 관리방법이 계획보다 주변부를 더 효율적으로 확대하기 위한 수단이 될 수 있다.

적절한 주변부 규모는 인접 토지의 관리권을 가지고 있는 개인이나 단체와 협조를 강화함으로써 확보할 수 있다. 규모는 계류 주변부의 경계와 관련 있는 경계부 효과나 주변부 내의 다양성, 주변부 내의 공지 수용 그리고 단위 거리당 최대 공지의 수를 고려한 폭을 포함하여야 한다.

(5) 배수와 지형을 고려한 설계

계류 주변부는 그 특성과 기능을 유지하기 위해서는 계류 내의 상호작용에 의존한다. 그래서 실행 가능한 범위에서 복원 과정은 만일 이들 행위가 사회적 환경적 목적(즉 홍수 또는 서식지)과 충돌하지 않는다면 인공배수 시설의 봉쇄 또는 인공 제방의 철거 그리고 홍수터 지형을 자연적 형태로 복원하는 작업을 포함해야 한다.

미세한 지형의 복원은 특히 자연 홍수가 줄어든 지역에서 중요하다. 왜냐하면 지형적으로 복잡한 홍수터는 지하수를 차단하거나 빗물을 요지에 저류하여 생태적 기능과 식물 군집을 유지한다. 미세한 지형의 복구는 자연 습지, 제방, 여울 그리고 버려진 계류와 같은 홍수터 내의 역사적인 모습대로 선택적 발굴작업을 통해 수행할 수 있다. 항공사진과 원격탐사 자료

및 잘 복원된 계류에 대한 정보는 대표적인 홍수터의 미세 지형 규모나 분포의 기준치를 제공한다.

나. 토양 특성

계류 주변부의 기능은 그 자체의 연결성과 공간규모 뿐만 아니라 토양과 식생에 따라 다르다. 계류 주변부에서 종·횡으로 나타나는 다양한 성질의 토양은 그 주변에서 여러 가지 식물 군집이 자라도록 한다(그림 2).

계류 주변부를 복원하기 위해 설계를 할 때 중요한 것은 계류 내의 수로 복구를 포함하는 복



그림 2. 토양특성에 따른 수중분포

원작업은 물론이고 그 지역의 토양과 그 토양과 관련하여 다양한 토착식물이나 동물군집이 서식하는데 있어서 가능성과 한계를 세밀히 분석해야 한다.

고유한 홍수터의 토양이 그 자리에 남아 있는 곳에서는 지역 토양조사를 통해 그 지역의 기본적인 입지조건과 비옥도 그리고 그 지역에서 적절하게 잘 자랄 수 있는 수종을 결정해야 한다. 미립질 층적토로 된 대부분의 입지는 추가적으로 시비를 하지 않아도 되며 만일 시비가 필요하다면 초기 식생의 정착을 위해서 이다. 이런 경우 지나친 시비는 잡초나 외래수종의 경쟁력을 조장할 우려가 있다. 토양은 항상 시비 설계안을 만들기 전에 면밀히 조사해야 한다.

앞으로의 내용은 토양의 기능과 그리고 토질, 유출 및 수질간의 연결성을 언급할 것이다. 이러한 연결성은 어떠한 계류 주변부를 복원하던지 밝혀야 하고 신중히 고려해야 한다. 모든 종류의 토지이용을 위해서 토양의 질과 다음의 4가지 주요기능을 발휘하는 토양의 능력을 향상시키기 위한 토양보전 처리를 이행하는데 이러한 연결 관계가 강조된다.

- 유수의 조절과 분할(수로와 정화의 기능)
- 양료와 기타 화학물질의 저장 및 순환(저장소와 정화의 기능)
- 정화, 완충, 흡수 그리고 유기 및 무기물의 제독(정화, 저장소 그리고 방호기능)
- 경관차원에서의 생물학적 활동 유지(서식처로서의 기능)



그림 3. 계안지역 토양의 답압에 의한 경화

(1) 토양 다짐

작물 경작지나 중장비가 지나간 곳의 토양은 물의 이동이나 뿌리 발달이 제한되는 불투수성의 전밀층을 갖게 된다(그림 3).

그러한 토양은 비록 당분간 효과가 나타나지 않더라도 깊게 갈거나 전밀층을 깨기 위해 식생대를 조성한다. 토양을 깊게 가는 일은 경비가 많이 들기 때문에 전밀층을 깨기 위한 식생대 도입이 곤란한 경우에만 이용해야 한다.

(2) 토양 미생물

새로운 또는 교란된 토층이나 경작지 토양에는 필수적인 토양 미생물 특히 mycorrhiza와 같은 미생물이 없을 수 있다. 이들은 접종하거나 또는 자연적으로 적절한 미생물에 감염된 수목을 적용함으로써 가장 효율적으로 도입할 수 있다. 나무를 식재하기 전에 하층토 위에 잘 처리된 상토를 덮으면 또한 효과를 배가시킬 수 있다. 큰 나무나 그루터기의 밑이나 주위에는 많은 종류의 유용한 미생물이 있기 때문에 이들을 훼손하지 않도록 특히 주의해야

한다. 집종은 자연적으로 감염된 수목을 이용할 수 없을 때 특정한 mycorrhiza를 복원하는데 유용하다.

다. 식물 군집

식생은 계류 주변부의 기능을 제어하는 기본적인 요소이다. 서식지, 통로, 정화 및 방호, 저장소로서의 기능은 식생의 양과 질 그리고 생장상태와 매우 긴밀하게 관련된다. 복원 설계는 현존 식생을 보전해야 하고 계류 주변부와 인접하여 연결된 식생대를 복원해야 한다.

다수의 관목과 교목들이 복원에 유용한 것으로 평가되어 왔다. 이에 해당하는 수종으로는 버드나무류, 오리나무류, 채진목, 덩굴 단풍나무, 포플러류, 가문비나무, 콩과 관목류(palo verde, honey mesquit), 기타 여러 가지 관목류가 있다. 식생 수종은 서식지에 가장 적합한 특정 수종을 선택할 것이다. 최근에는 여러 수종을 혼합하여 식재 하거나 생태적 접근방법을 적용한다.

(1) 수변 완충대

수변(水邊, riparian) 관리자들은 다음과 같은 이유 때문에 완충대의 중요성을 오래 전부터 인식하고 있다(USACE 1991).

- 수온을 낮춘다.
- 퇴적물이나 다른 오염물질을 걸러준다(필터 기능)
- 계류 내에 양료부하량을 줄인다.
- 식생으로 계안을 보호한다.
- 야생동물의 서식처를 제공한다.

- 물고기의 서식처를 제공한다.
- 수생태계(水生態系)의 먹이사슬을 유지한다.
- 시각적으로 녹색공간을 제공한다.
- 휴양기회를 제공한다.

비록 완충대의 중요성을 잘 알고 있더라도 그 규모의 범위는 다양하다. 도시 계류의 주변은 더 넓은 완충대를 설정하는 것이 환경보호 전략상 가장 기본적인 요소이다. 완충대의 가장 중요한 가치는 미래에 발생할지도 모르는 오염이나 침식으로부터 계류를 보호하는 것이다. 완충대 네트워크는 계류 생태계의 집합체로서 계류의 기능이 제대로 발휘되도록 한다.

경제적 법적 사항이 생태적인 요인보다 앞서 왔다. Vermont의 경우 USACE(1991)는 30m 폭의 좁은 완충대로도 위에 언급한 많은 기능을 발휘하는데 손색이 없다고 하였다. Stauffer와 Best(1980)는 Iowa의 계류에서 새들의 번식을 위해 필요한 완충대는 홍관조(cardinals)의 경우 12m 폭으로 충분하지만 붉은 풍금조(scarlet tanagers)나 붉은꼬리벌레잡이(American redstarts) 그리고 붉은방울새(rufous-sided towhees)는 210m의 완충대가 필요하다.

홍수터와 수변구역의 서식처는 주변 상부지역보다 상대적으로 면적이 좁기 때문에 특정한 종(種)이나 군집이 생태적 안정성을 유지하는데 필요한 최소 면적을 확보하는 것이 중요하다. 최소 면적은 기대하거나 또는 적절한 이용을 유지하는데 필요한 양으로 종(種)이나 계절



그림 4. 계류를 따라 자라는 현존식생

에 따라서 매우 달라질 수 있다.

(2) 현존 식생

현존하는 고유 수종은 그림 4와 같이 상당한 규모로 보전 되어야 한다.

서식지나 침식 및 토사유출 방지기능 이외에도 이 지역은 종자를 공급하고 미생물의 다양성을 유지시켜 준다. 들판에 그루터기나 바위 또는 고립된 녹음수는 우점종이 고유종이거나 또는 고유 수종들과 경쟁관계에 있지 않다면 복원 설계 시에 보전되어야 한다.

도입 수종은 원하는 고유 수종의 정착을 방해하거나 수변구역 내에서 원하지 않는 우점점이 될 수 있다. 예를 들면 콩과의 다년생 초류인 kudzu는 토착 수종을 몰아낼 것이다. 일반적으로 농지에 식재된 나무는 비록 식재 초기에는 정착하는데 어려움이 있을지 모르지만 결국에는 초류나 잡초를 몰아낼 것이다.

(3) 식물군집 복원

계류 주변부를 복원하는 목적은 그 곳에 분



그림 5. 계안 주변부에 자라는 다양한 식생군집

포하는 식물 군집의 자연적인 패턴을 복원하는 것이 될 것이다. 많은 문헌이 여러 가지 지형 및 유출상태에 따른 일반적인 식생분포 패턴을 다루고 있으며 일반적으로 토양조사를 통해 특정한 토양에서만 자라는 고유 수종을 찾아 낼 수 있다.

이상적인 계류 주변부를 갖고 있는 지역을 조사하는 것이 결국 식생 구성과 분포에 관한 정보를 얻을 수 있는 가장 좋은 방법이다. 일단 그림 5와 같은 이상적인 식생군집이 어떤 것인가가 결정되면 복원 설계는 그러한 형태의 식생군집으로 복원시키기 위해 필요한 세부적인 방법을 상술한다.

특정한 지역에다 적절한 수종들을 이상적으로 섞어서 식재를 한다는 것은 현실적으로 어렵고 바람직하지도 않다. 오히려 더 적절한 접근법은 쉽게 그 지역을 독점할 것 같지 않은



그림 6. 맹아력이 강한 수종의 생지 심기

우점종을 식재하는 방법이다. 식재 기술은 입지환경과 식재할 수종의 특성에 따라 매우 다양하다. 건조지역에서 적용할 수 있는 식재방법은 그림 6과 같이 맹아가 쉽게 나오는 수종으로 말뚝을 만들고 그것을 건조기 동안에도 수분을 흡수할 수 있을 정도의 깊이로 심는다.

(4) 수직적 다양성

계류 주변부 내의 이질성은 설계에 중요한 인자이다. 계류 주변부를 구성하고 있는 수종과 형태(초본, 관목, 하층목 그리고 상층목) 그

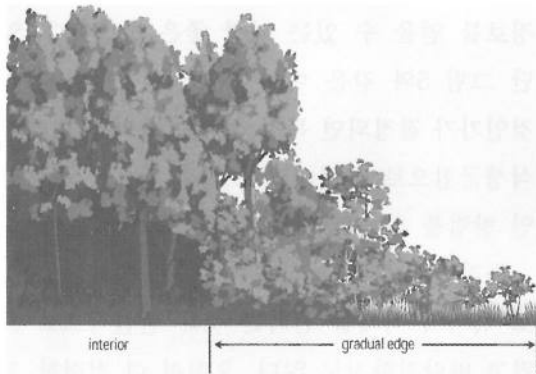


그림 7. 주변부의 식생구조

리고 종 다양성은 특히 지류나 소면적에서 계류 주변부의 기능에 영향을 미친다. 식생 층화(層化)는 바람, 그늘, 새들의 종 다양성과 식물생장에 영향을 미친다. 대표적으로 계류 주변부의 경계에서 자라는 식생은 주변부의 안에서 자라는 식생과 매우 다르다. 계안 주변부의 지형, 방향, 토양 그리고 수문학적 특성은 자연적으로 다양한 여러 가지 식생층과 형태를 만든다.

2. 여러 가지 계류 주변부 복원 공법

계안 상부나 홍수터에 식생을 도입하는 방법은 전통적으로 파종을 하거나 묘목 또는 용기묘를 심는 것이다. 그러나 이러한 방법은 유출량이 많을 때 대부분 견디지 못하고 유실된다. 맹아력이 강한 수종(버드나무류)의 말뚝이나 생지를 이용하면 침식과 유실을 막을 수 있고 계안 하단부에도 시공할 수 있다.

가. 맹아지 고정공법

그림 8참조.

나. 통나무 고정공법

그림 9참조.

그림 10-12는 Washington주 King카운티에서 1994년 시공한 통나무 고정공법의 시공과정과 시공 후 계안 주변부가 복원된 모습이다.

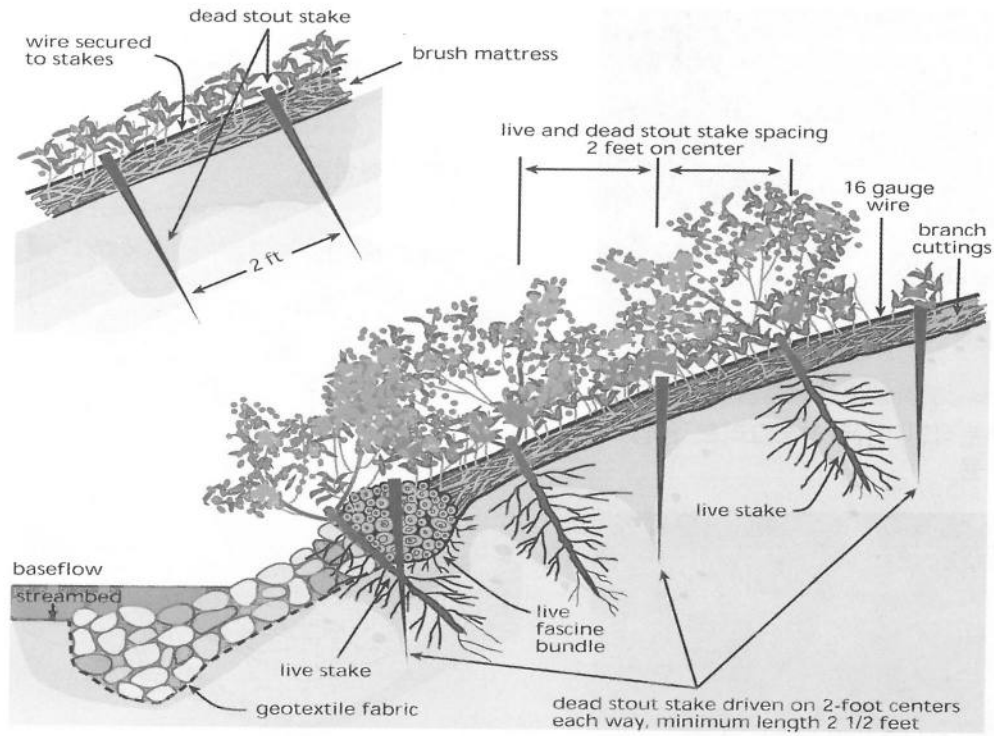


그림 8.
맹아지
고정공법

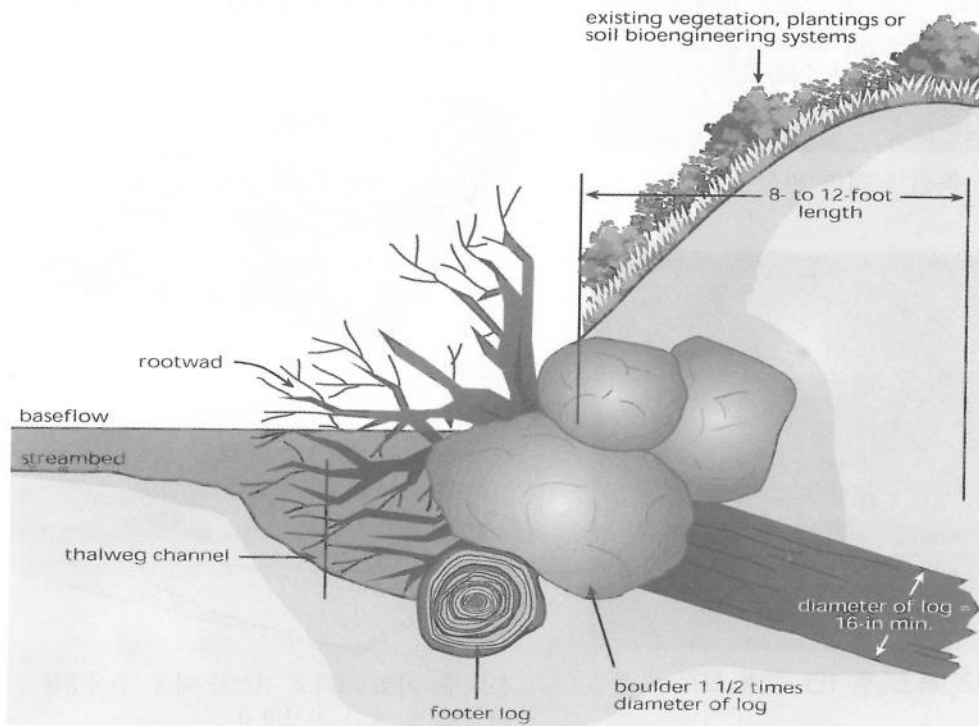


그림 9.
통나무
고정공법



그림 10. 부분적인 식생-지오그리드 공법 적용



그림 11. 복원 공법이 완성된 전경

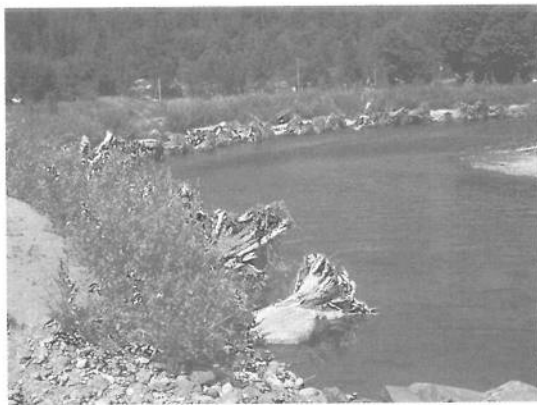
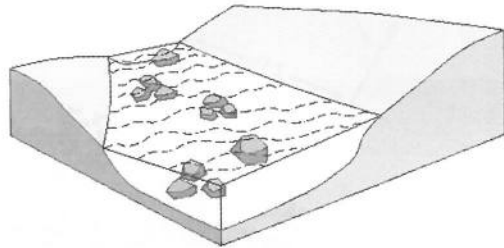


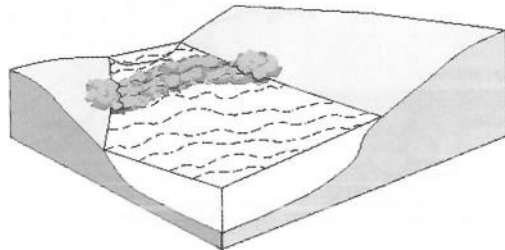
그림 12. 복원 후 1년 경과 전경

다. 여러 가지 공법 개념도

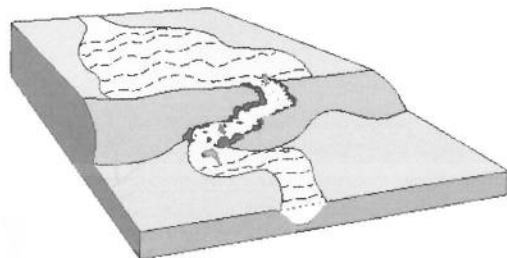
(1) 계류 복원공법



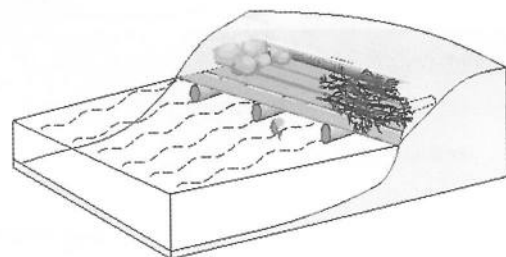
계류내 전석 배치



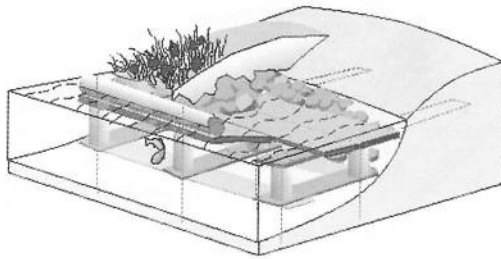
계류와 계안을 전석, 통나무 그리고 폐석을 이용 연결



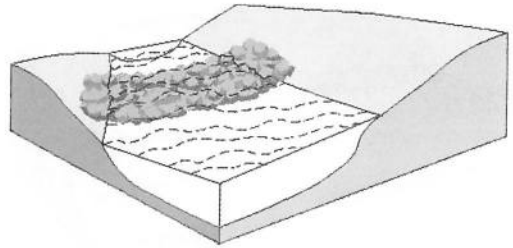
자연 어도



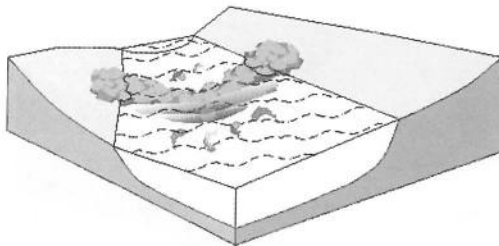
통나무, 지조 그리고 전석을 이용 수생생물 서식지 및 계안 침식방지



통나무 및 전석을 이용한 수생생물 피난처 및 침식방지

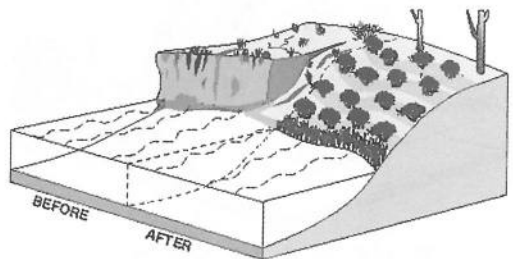


전석, 통나무, 흙 그리고 기타 재료를 이용하여 유속감쇄

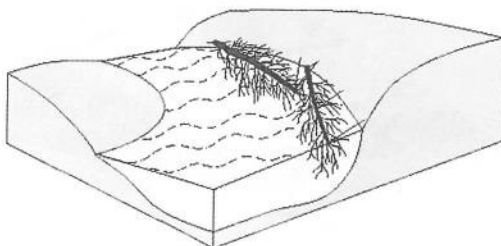


전석을 이용하여 불필요한 어류의 상류진입 차단

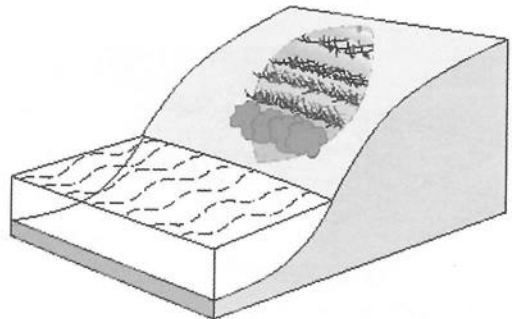
(2) 계안 복원공법



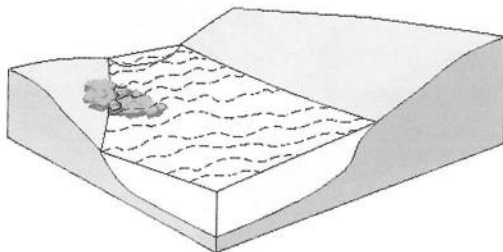
계안사면 정리 후 식재



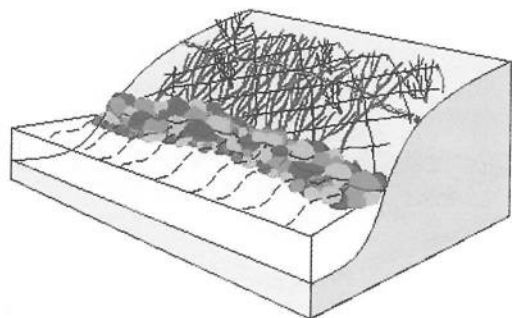
벌채목을 이용하여 수생생물 서식처 및 유속감쇄



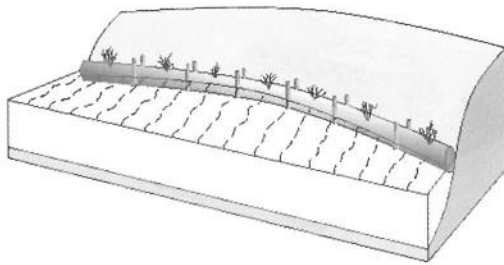
생지조 심기



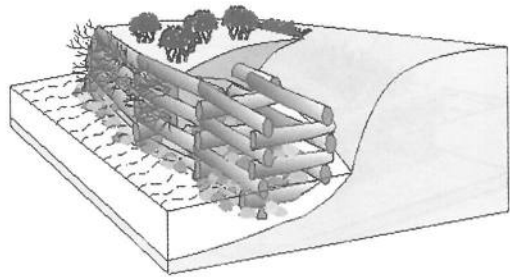
전석 수제(水制)



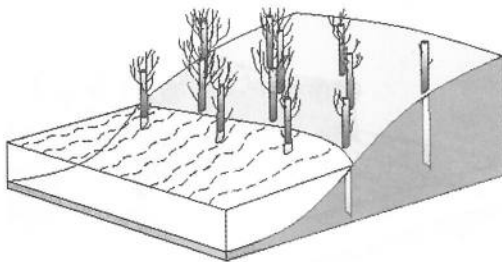
전석과 생지조를 이용한 계안안정공법



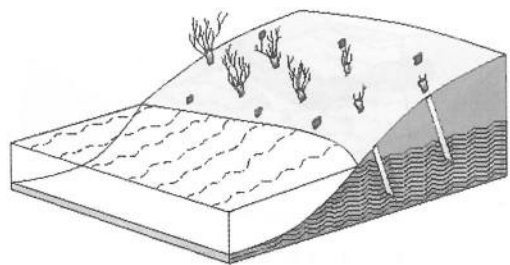
코코넛망 위에 식재



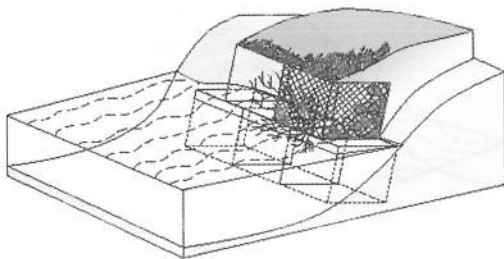
통나무들속에 전석과 흙을 채운 후 생지조 심기



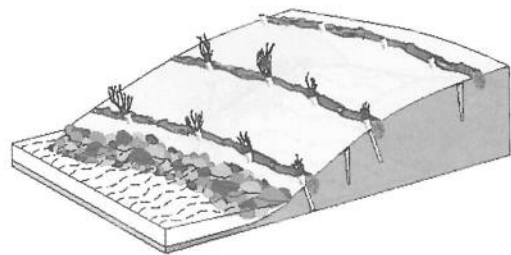
버드나무, 버들 등 습기에 강한 식생심기



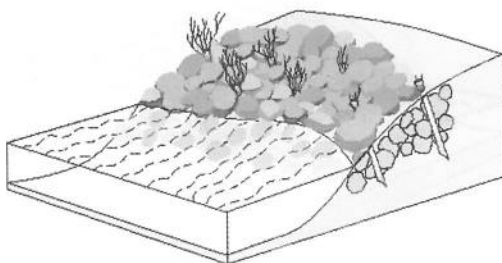
생지조 심기



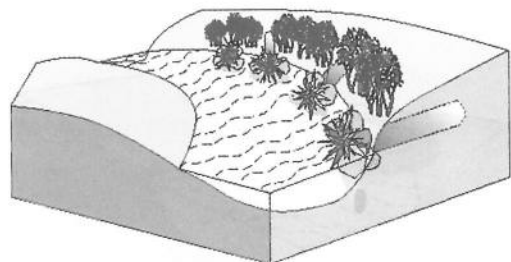
돌망태내에 생지조 심기



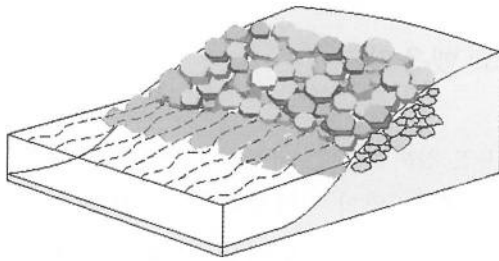
전석 및 생울타리



전석 사이에 생지조 심기

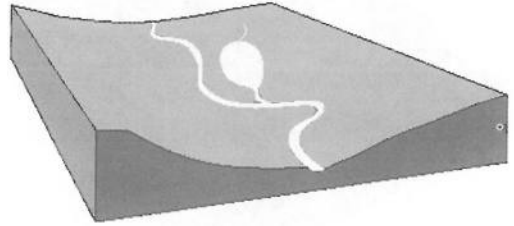


유목, 통나무 그리고 전석을 이용한 기슭막이

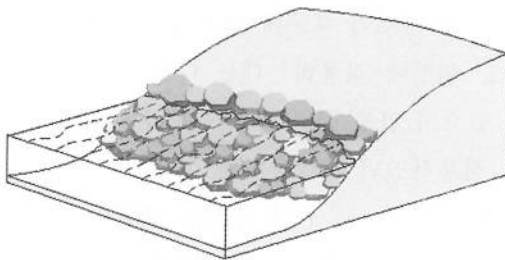


전석 기슭막이

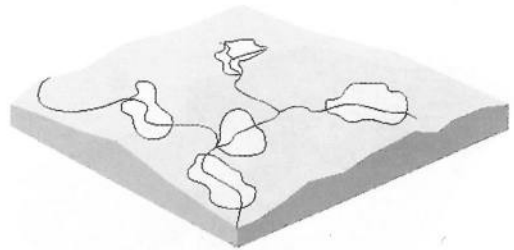
(3) 유역 복원공법



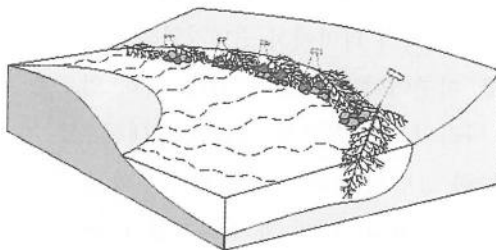
침사지 조성



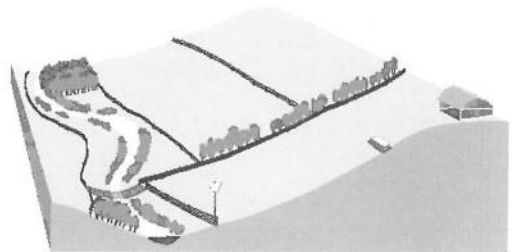
전석 및 폐석을 이용한 계단 바닥막이



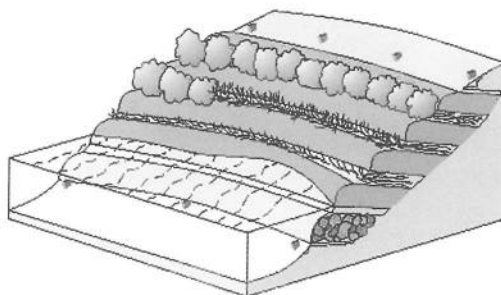
유출량 조절지



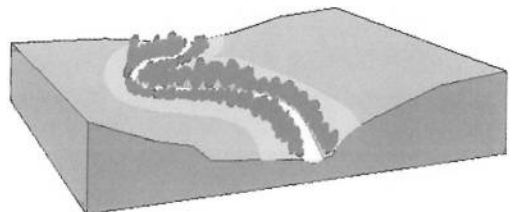
벌채목을 이용한 수제



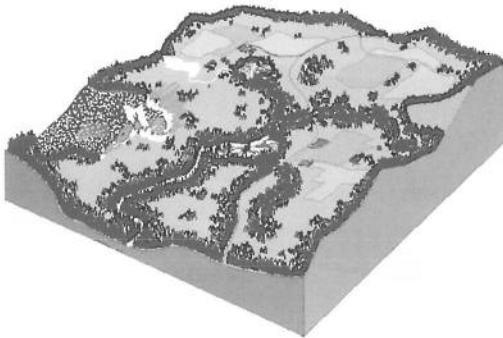
수질오염 방지를 위한 수목 울타리 조성



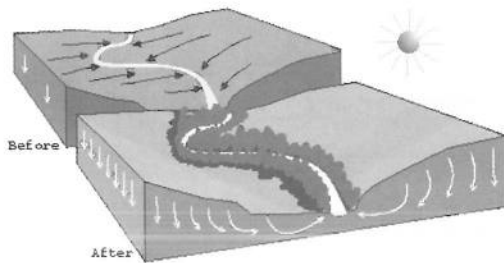
식생 지오품드



수변구역 보호림 조성



유역단위 최적 산림관리기법



계류 수온관리

3. 맺음말

자연 친화적 계안 주변부 복원사업은 기본적으로 대상지역의 식물생태와 계류생태 그리고 입지환경을 고려하여 대상지역에 가장 적합한 공법과 유지관리 방법을 선정해야 한다.

우리 나라와 미국은 기본적으로 기후나 지형이 크게 다르기 때문에 여기서 소개한 공법을 바로 현장에 적용하는 데는 다소 무리가 있을 수 있으며 일부 공법은 과거 우리 나라에서 많이 적용하였던 사방공법들이다. 그러나 우리나라의 경우 과거 황폐했던 계류와 야계가 30년 동안의 집중적인 투자에 힘입어 거의 대부분 황폐단계를 벗어나 안정화되었다.

하지만 진정한 의미의 안정화는 대상지역의 경관생태학적 의미에서 주변지역의 생태계와 균형을 이루어야만 의미가 있다. 특히 앞으로 우리나라의 입지환경에 적합한 생태적으로 지속 가능한 공법이 과거 침식방지 위주의 공법을 대체하여 개발되어야만 과거 화려했던 사방사업이 한 단계 더 발전할 수 있으리라 생각한다.

일본의 오존, 산성비 및 토양산성화에 대한 연구동향

이 충 화

임업연구원

1. 서론

최근 산림쇠퇴 문제는 세계 각지에서 심각한 환경문제 중의 하나이다. 이러한 현상들의 원인과 기작은 지역에 따라 다를지라도 산성강하물질에 의한 오존, 산성비, 산성안개와 토양산성화는 유럽과 북미에서 산림 쇠퇴와 관련된 환경스트레스로서 간주되고 있다(그림 1, 2). 산림생태계에 대한 가스상의 대기오염물질과 산성강하물의 영향을 평가하기 위하여 야외조사 뿐만 아니라 환경스트레스에 대한 산림수종의 생장과 생리적인 반응을 조사하는 실험적인 연구도 필요하다. 그래서 유럽과 북미 자생종의 생장, 생리적 반응, 영양상태에 대한 단독 및 복합영향과 관련하여 이들 환경스트레스의 영향에 대한 많은 연구들이 수행되었다.



그림 1. 일본日光의 잣나무의 피해

일본에서는 1960년대 SO_2 와 NO_2 에 의한 대기오염은 도쿄와 오사카 같은 대도시에서 가장 심각한 환경문제 중의 하나가 되었다. 1970년대 초에는 산성비나 광화학산화물에 의한 가시적인 피해가 많은 지역에서 나팔꽃 같은 몇몇 식물종의 꽃과 잎에서 관찰되었다. 1980년대이래, 關東지역의 삼나무 성목의 쇠퇴와 산성강하물이나 광화학산화물간의 관계에 대한 많은 관심들이 있었다. 1990년대에는 산성비나 광화학산화물의 용어가 과학 학술지뿐만 아니라 신문에서까지 공론화 되었다. 현재에는 산림쇠퇴나 수목고사는 많은 산림지역에서 관찰할 수 있다. 그러나 일본 산림수종의 환경스트레스의 영향에 대해서 야외조사와 실험적인 연구들이 충분하지 않기 때문에 이들 현상의 원인과 메커니즘은 정확히 밝혀지지 않고 있다.

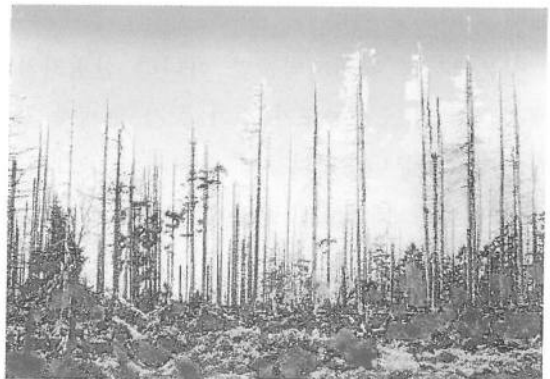


그림 2. 독일가분비나무의 피해(흑림)

과거 10여 년에 걸쳐 일본의 몇몇 연구기관과 대학들은 O_3 , NO_2 및 SO_2 같은 가스상 대기오염물질과 인공산성비, 토양산성화가 일본 자생종에 미치는 영향에 관한 연구를 수행 중에 있다. 본 연구는 일본 산림수종의 생장, 가스교환속도와 같은 생리적인 반응 및 영양상태에 대해 오존, 인위적인 산성비 및 토양산성화의 단독 및 복합영향에 관한 최근의 실험적인 연구를 종합한 것이다.

2. 산림수종에 대한 오존의 영향

오존(O_3)은 광화학산화물의 주요 구성물질로서 식물독성의 가스상 대기오염물질이라고 알려져 있다. 1970년대 초 이후 미국에서는 몇몇 소나무류의 침엽에서 오존에 의한 가시피해가 관찰되었다. 최근에는 북미뿐만 아니라 유럽에서는 오존이 산림생태계의 가장 위험한 대기오염물질로 간주하고 있다. 그래서 산림수종의 생장과 가스교환속도, 효소체계 같은 생리적인 기능과 생물 기후적인 특징에 관한 오존의 영향에 관한 연구가 필드와 실험실 조건하에서 수행되고 있다.

일본에서는 교외지역뿐만 아니라 산림지역에서 대류권 오존농도가 점차 증가 추세에 있다. 예로 일본너도밤나무의 쇠퇴와 고사가 나타나는 해발 1500m의 탄자와(후지산계) 산림지역에서는 100ppb 이상의 오존 농도가 1995년 8월의 242ppb를 정점으로 자주 관찰되고 있다. 그래서 오존은 일본에서 관찰되는 산림쇠퇴와 고사에 관련된 주요 인자인 것으로 간주된다.

몇몇 연구자들은 목본 식물에 대한 오존의 영향에 관한 연구들을 보고하고 있다. 그러나 그들은 주로 실험재료로써 가로수 실생묘를 주로 이용하였다. 그래서 일본 산림수종의 생장과 광합성, 암호흡과 증산같은 생리적인 기능에 관한 오존의 영향에 관한 보고는 거의 없었다.

일본 삼나무 성목의 고사는 일본의 많은 지역에서 관찰되기 때문에, 실생묘의 생장과 생리적인 기능에 대한 오존의 영향에 관한 몇몇 결과들이 이미 보고된 바 있다. 일본 삼나무 실생묘는 100ppb 이하의 오존에서 몇 달 동안의 노출은 별 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 그러나 150ppb 이상에서 몇 달 동안의 노출은 뿌리건중량을 감소시켰고, 그것은 T/R에서의 증가를 유도했다. 그래서 실생묘의 수분(Water) 수지는 몇 달 동안의 오존에 대한 노출에 의해 방해를 받을 지 모른다.

일본 자생종들의 오존에 대한 모양과 잎의 가시적인 피해의 정도, 건물질생산과 줄기 길이생장의 민감도는 많이 다르다. Shimizu 등(1993)은 오존 100ppb에서 3~4주간의 노출은 포플라 같은 몇몇 활엽수에서는 줄기의 길이생장을 촉진시켰고, 황매화에서는 잎의 가시적인 상처와 낙엽을 유발하였다고 보고하였다. 반면에 일본 삼나무의 경우 오존에의 노출은 잎의 어떠한 가시적인 피해도 없이 줄기 길이의 생장을 감소시켰다. Matsumura 등(1996)은 삼나무, 느티나무, 편백의 실생묘를 24주동안 4개의 다른 O_3 처리구에 노출시켰다. 그리고 건중량과 가시적인 잎의 상처를 기초로 할 때 느티나무가 100ppb 이하의 O_3 수준에서 삼

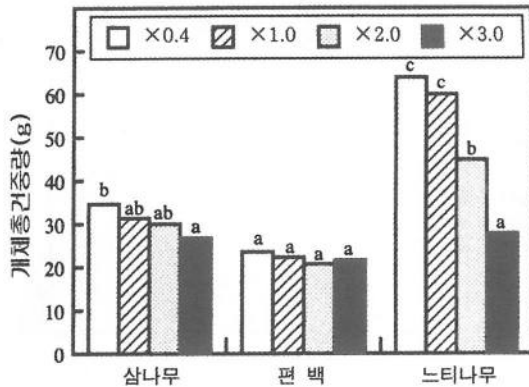


그림 3. 삼나무, 편백, 느티나무의 개체 건조량

나무와 편백에 비해 민감하였다고 보고하였다 (그림 3).

오존에 대한 일본 산림수종의 생리적인 반응에 대한 정보들은 거의 존재하지 않는다. Shimizu 등(1993)은 일본 삼나무 싹생묘의 증산활동은 3주동안 오존 100ppb 이하의 노출에 의해 감소되었는데, 그것은 기공폐쇄에 의해 유발되었을지 모른다고 보고하였다. Izuta 등(1996)은 너도밤나무 3년생 싹생묘는 18주 동안 75-150ppb 오존농도에서의 순광합성율은 잎의 암호흡율과 CO_2 의 가스확산 전도도에서 명확한 변화 없이 감소하였다고 보고하였다. 이 결과는 오존이 유발한 순광합성의 감소는 기공폐쇄에 의한 것이 아님을 나타낸다. 그림 4에서 보여주는 것처럼 오존에 노출된 싹생묘에서 순광합성률의 CO_2 반응곡선은 오존은 RuBP와 Rubisco 생성을 감소시키음을 암시한다. 더구나 Matsumura 등(1996)은 24주동안 대기 수준의 오존에 대한 노출은 느티나무와 삼나무 싹생묘에서 암호흡률과 순광합성률을 감소시켰다고 보고하였다. 실험연구들을 기초로 할

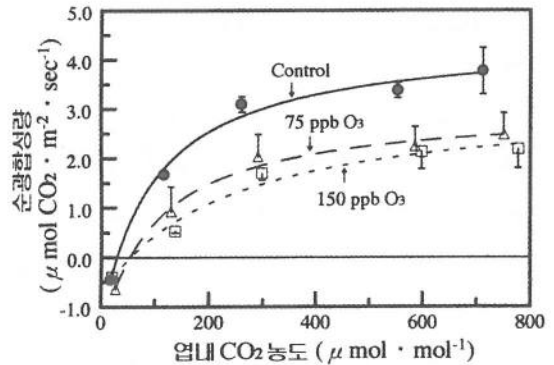


그림 4. 오존 폭로에 따른 너도밤나무에서의 CO_2 -광합성 곡선

때 대기중의 오존은 일본 산림수종의 순광합성률과 건물질생산률을 감소시키기에 충분한 것으로 간주된다. 그래서 우리는 대기중의 오존이 일본 산림수종의 성장과 생리적 기능에 대해 미치는 장시간의 영향을 조사해야 할 것이다. 특히 필드 조사는 산림지역의 일본 산림수종 성목과 오존과의 관계를 명확히 하는데 필요할 것이다.

3. 인공산성비의 영향

일본에서 강우의 평균 pH는 약 4.8이다. 많은 연구결과를 기초로 할 때, 유럽과 북미 자생종의 싹생묘는 몇 달동안의 pH 4.0 이나 그 이상의 인공 산성비에서 잘 견디는 것처럼 보인다. 그러나 인공산성비에 대한 목본식물의 민감도는 수종에 따라 다르다. 그래서 우리는 필드와 실험조건하에서 일본 산림수종에 대한 산성비의 영향을 조사해야 한다.

가시적인 잎의 상처나 외견상 인공 산성비에 대한 민감도는 일본 산림수종들 사이에서 다양

하다. Kohno 등(1994)은 46종의 일본 산림수종의 싹생묘에서 pH 2.0, 3.0, 4.0의 인공 산성비에 의해 유발된 가시적인 잎의 상처들을 조사하였다. 그리고 낙엽성 활엽수의 잎은 침엽수의 잎과 침엽성 활엽수의 잎에 비해 pH 3.0 이하의 산성비에 대해 민감하다고 결론지었다. Izuta 등(1998)은 삼나무, 너도밤나무, 전나무와 자작나무의 싹생묘에서 잎의 가시적인 상처는 인공 산성비 pH 2.5를 기점으로 그 이하에서 나타나는 것으로 보고하였다.

몇몇 연구들은 일본 산림수종에 대한 인공 산성비의 영향을 보고하였다. Izuta 등(1990)은 인공산성비 pH 3.0의 8주동안의 처리는 일본 삼나무 싹생묘의 건물질생산에 어떤 명확한 영향을 미치지 않는으나, 인공산성비 pH 2.0은 잎에 가시적인 상처와 건물질 생산의 감소를 유발한다고 보고하였다. 인공산성비에 대한 건물질 생산의 민감도는 일본의 침엽수종간에 상당히 다른 것처럼 보인다. Izuta 등(1993)은 전나무는 삼나무보다 인공산성비의 pH감소에 더욱 민감한데, 이는 전나무 싹생묘의 생체량과 건물질 생산량은 pH 3.0 이상의 인공산성비에 12~30주 동안의 노출에 의해 감소되기 때문이라고 보고하였다. Matsumura 등(1995)은 삼나무, 전나무와 자작나무의 총건물질 생산량에 대한 인공산성비 pH 2.0, 3.0, 그리고 4.0을 20주간 처리했을 경우의 영향을 조사하였다(그림 5).

pH 2.0의 인공산성비에 노출된 삼나무, 전나무와 자작나무의 총 건물 생산량은 pH 5.6의 증류수에 노출된 대조구에 비해 현저히 감소하

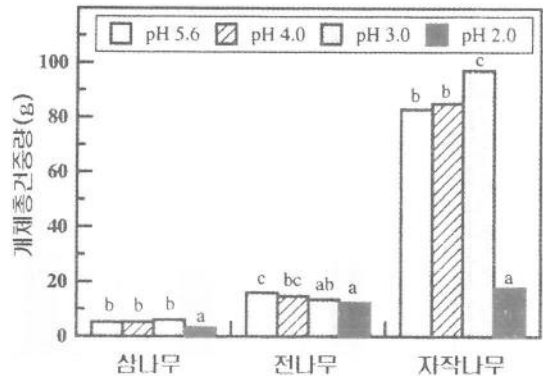


그림 5. 삼나무, 전나무, 자작나무의 인공산성비에 대한 개체 건조량

였다. 더구나 pH 3.0인 인공산성비는 잎에 가시적인 상처는 주지 않았으나, 전나무의 총 건물 생산량에서 현저한 감소를 초래하였다. 그래서 본 연구는 건물질 생산의 견지에서 전나무는 삼나무와 자작나무보다 인공산성비 pH 감소에 더욱 민감하다고 결론지었다. Kohno 등(1995)은 편백과 화백은 삼나무 싹생묘보다 인공산성비 pH 2.0에서 더욱 민감한 반응을 나타내었으나, 그 민감도는 총 강우량이나 토양내 양분함량에 따라 변하지 않았다고 보고하였다.

인공산성비에 대한 일본 산림수종의 생리적인 반응에 대한 정보들은 거의 유용하지 않다. Izuta 등(1993)은 pH 2.0인 인공산성비를 3년 생인 전나무 싹생묘에 30주간 처리했을 때, 어두운 곳에서 침엽의 증산율과 암호흡율을 증가시켰다고 보고하였다. Matsumura 등(1995)은 닛코전나무 침엽 역시 어두운 곳에서의 증산율과 암호흡율은 인공산성비 pH 2.0을 20주 동안 처리했을 경우 증가하였다고 보고하였다. 인공산성비 pH 2.0의 몇 달 동안의 처리는 삼

나무, 전나무, 자작나무, 편백과 화백의 암호흡률을 증가시켰다. 그래서 증산과 암호흡률이 이들 종들의 건물생산의 감소에 관련되는 인자인 것으로 간주된다.

Igawa 등(1997)의 산성분진이나 안개의 영향에 관한 연구보고에서는 전나무 실생묘에 pH 3.0인 인공 산성안개를 1992년 9월부터 1995년 4월까지 처리하였다. 1993년 봄에 인공 산성안개로 처리한 실생묘의 침엽은 pH 5.0인 산성안개로 처리한 대조구의 침엽보다 진한 녹색을 띠었다. 그러나 pH 3.0인 산성안개를 처리한 구에서 1993년 6월부터 낙엽과 묘목 수고의 감소가 발생하였다. 더구나 침엽의 큐티클층과 기공의 증산은 pH 3.0의 인공 산성안개로 처리한 묘목에서 증가하였다.

위에서 기술한 연구 결과들을 기초로 할 때, 인공산성비 pH 4.0이상에서 몇 달 동안의 처리는 일본 산림수종의 생리적 기능과 건물생산에 어떠한 역반응을 일으키지 못한다. 그러나 우리는 필드와 실험실 조건하에서 일본 산림수종의 성장, 생리적 기능, 양분지위에 대한 산성비, 산성안개의 장기간의 효과를 명확히 할 필요가 있다.

4. 토양산성화의 영향

산림에 건·습성의 산성강하물의 축적은 토양을 점차 산성화시키는데, 그것은 미래에 심각한 산림쇠퇴를 유발할지 모른다. 산성강하물에 기인한 토양산성화는 토양 근계로부터 Ca, Mg, K과 같은 염기 양이온의 용탈을 증가시

키는 것에 의해 이루어지는 것으로 간주된다. 이는 산림수종의 양분지위에 교란을 유도할 것이다. 더구나 토양이 점차 산성화됨에 따라 Al과 Mn같은 식물에 해로운 중금속 물질이 토양수에서 더욱 증가할 것이다. 그래서 산성강하물에 의해서 산성화된 산림에서 자라는 나무들은 양분부족 뿐 아니라 Al과 Mn의 독성에 의해 해로운 영향을 받을지 모른다.

몇몇 연구들은 일본 산림수종의 성장, 생리적 기능과 양분지위에 관한 토양산성화의 영향에 관해 보고하였다. Izuta 등(1990)은 H_2SO_4 로서 H^+ 를 부가하는 것에 의해 산성화된 흑색토에서 자란 2년생 일본 삼나무의 침엽, 줄기 그리고 뿌리의 건물질 생산과 칼슘농도는 감소되었다고 보고하였다. Miwa 등(1994)은 H_2SO_4 으로서 H^+ 를 부가하는 것에 의해 산성화된 갈색산림토, 적황색토와 흑색토양에서 자란 2년생 일본삼나무 실생묘의 건물질 생산과 토양수에 용해되어 있는 알루미늄 농도사이에 부(-)의 상관이 있다고 보고하였다. 그러나 그들은 H^+ 의 같은 양을 세 토양에 부가하였을 때, 적황색토와 갈색토에서 자란 묘목의 건물 생산량에서 감소의 정도는 흑색토에서 자란 묘목의 것보다 크다고 역시 보고하였다.

일본에서 자생된 활엽수림에 대한 토양 산성화의 영향에 관한 한 연구가 있다. 그 연구는 H_2SO_4 로서 H^+ 를 부가하는 것에 의해 산성화된 흑색토와 갈색토에서 100일동안 자란 2년생 자작나무 실생묘의 성장을 조사하였다. 흑색토에서는 묘목의 양분지위와 건물질생산에 대한 어떠한 역효과가 조사되지 않았다. 그러나 갈

색토에서 자란 묘목의 건물질 생산량은 토양에 부과된 H^+ 의 증가에 따라 감소하였다. 더구나 산성화된 갈색산림토양에서 자란 묘목의 칼슘과 마그네슘 흡수율과 농도는 수소를 처리하지 않은 대조구에 비해 감소하였다. 그래서 수소이온의 처리에 기인하여 용출된 대량의 알루미늄은 식물 생장에 필요한 양분의 유효도와 건물질 생장을 제한하는 인자인 것으로 간주된다.

위에서 기술된 연구들에서 황산용액으로서 수소이온을 첨가하는 것에 의해 산성화된 토양으로부터 양이온의 용탈은 조사되지 않았다. 일본의 산림생태계에 산성강하물에 기인한 토양 산성화의 영향을 예측하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여, 일본 산림수종의 양분지위와 생장에 관한 양분용탈과 토양산성화의 영향을 명확히 구명함이 필요하다. Izuta 등(1997)은 토양으로부터 양분의 용탈이 있을 때와 없을 때, 황산으로서 수소의 첨가에 의해 산성화된 갈색 산림토양에서 100일동안 자란 2년생 일본 삼나무 묘목의 양분지위와 건물질 생장을 조사하였다. 토양에서 물에 용해할 만한 알루미늄의 농도가 약 30ppm 이하일 때, 건물질 생산량 감소의 정도는 양분의 용탈이 없는 산성화된 토양 보다 용탈이 일어난 산성화된 토양에서 컸다. 그러나 토양에서 Ca/Al , Mg/Al , K/Al 과 $(Ca+Mg+K)/Al$ 의 비율과 양분의 용탈이 있을 때와 없을 때 산성화된 산림토양에서 자란 실생묘의 건중량 사이에 정(+)의 상관성이 있었다. 더구나 뿌리에서 칼슘, 마그네슘 그리고 칼륨의 농도는 토양의 Ca/Al , Mg/Al , K/Al 비율의 감소와 함께 감소하는 경향이 있었다.

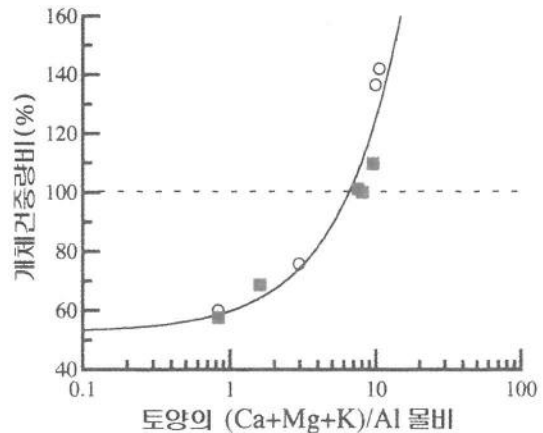


그림 6. 토양용액의 $(Ca+Mg+K)/Al$ 몰비에 대한 소나무 묘목의 개체 상대 생장을

Lee 등(1997)은 그림 6에서 보여주는 것처럼 2년생 소나무 실생묘의 건중량과 갈색산림토양의 토양수에서 $(Ca+Mg+K)/Al$ 비율 사이에 높은 정(+)의 상관성이 있다고 보고하였다.

그들은 역시 실생묘의 지상부에서의 칼슘과 마그네슘의 농도는 토양산성화에 의해 감소된다고 보고하였다. Izuta 등(1997)과 Lee 등(1997)의 연구결과들은 삼나무와 소나무 실생묘의 건물질생산과 양분지위는 토양수에서의 칼슘, 마그네슘과 칼륨 등의 이온과 알루미늄 사이의 수지에 의해 결정된다고 하였다. 최근 Miwa 등(1998)은 황산으로서 수소를 처리하는 것에 의해 산성화된 화산재, 화강암, 사암, 점판암으로부터 기원된 갈색산림토양에서 자라는 일본 삼나무 실생묘의 건중량은 토양내의 알루미늄 농도가 30ppm 이하일 지라도 토양에서 $(Ca+Mg+K)/Al$ 비가 5이하이면 감소한다고 하였다.

일본 산림수종의 생리적 기능에 대한 토양 산성화의 영향에 관한 두 개의 연구결과가 있

다. Ohtagaki 등(1996)은 8~12주간의 수소이온의 처리에 의해 산성화된 갈색삼림토양에서 자란 2년생 일본 삼나무의 실생묘에서 광합성에 의한 생산량은 변하지 않았으나 광합성의 CO_2 고정효율은 감소하였다고 보고하였다. Lee 등(1998)은 토양으로부터 양이온의 용탈과 함께 수소이온의 처리에 의해 산성화된 갈색삼림토양에서 자라는 2년생 소나무의 광합성적 반응을 조사하였다. 산성화된 토양에서 자란 실생묘의 순광합성 효율은 토양에 부가된 수소이온의 증가와 함께 감소하였고, 양자수율과 CO_2 고정효율도 감소하였다(그림 7). 이들 결과들은 토양산성화가 광합성의 광화학적 반응과 RuBP의 양과 활성을 저해함을 암시한다.

많은 연구들은 토양에서 식물에 가장 해를 끼치는 중금속인 알루미늄이 유럽과 북미의 자생종에 대해 미치는 영향에 관한 것을 보고하였다. 그러나 알루미늄이 일본 산림수종의 성장과 생리적 기능에 미치는 영향에 관한 유용한 정보는 거의 없는 실정이다. Miyake 등

(1991)은 배양액의 알루미늄이 1년생 일본 삼나무 묘목의 뿌리호흡률과 줄기의 수분함량에 미치는 영향을 조사하였다. 줄기와 뿌리의 건중량과 생중량은 알루미늄 농도를 60ppm 이상으로 처리한 묘목에서 감소하였으나, 줄기의 건중량은 알루미늄 90ppm이나 그 이하에서는 영향을 받지 않았다. 침엽에서의 인농도와 뿌리와 침엽에서 칼슘과 마그네슘 농도는 알루미늄 30ppm 이상에서 감소되었다. 이는 뿌리 내부나 표면에서 알루미늄 인산염으로서 인산염의 분비와 뿌리의 표면의 알루미늄과 칼슘사이의 경쟁 때문에 초래되었을 지 모른다. 더구나 실생묘의 뿌리호흡률과 줄기의 수분함량은 알루미늄 처리에 의해 감소하였다. Miyake 등(1991)은 알루미늄이 식물생장에 필요한 요소들의 뿌리로부터 흡수, 뿌리로부터 줄기로의 전달, 뿌리의 호흡활동, 뿌리의 성장을 제한하는 것에 의해 일본 삼나무 실생묘의 성장을 제한하는 것처럼 보인다.

2년생 일본 삼나무 묘목의 건물질생장, 수분함량, 양분지위에 대한 알루미늄의 저해효과와 저 pH의 영향을 비교하기 위하여, Izuta 등(1996)은 알루미늄을 처리하지 않는 양액과 10, 30, 60, 90ppm을 처리한 양액을 pH 3.0, 3.5, 4.0, 4.5로 조정하여 12주 동안 묘목에 처리하였다. 뿌리건중량은 알루미늄 10ppm 이상에서 감소되었으나, pH처리에 의해서는 영향을 받지 않았다. Shoot의 수분함량은 알루미늄 90ppm 처리에 의해 감소되었으나, pH처리에 의해서는 영향을 받지 않았다. 줄기에서의 칼슘과 마그네슘 농도는 pH 3.5 이하의 처리에

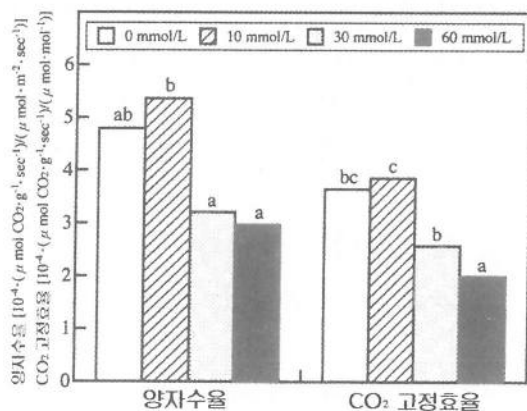


그림 7. 소나무 묘목의 양자수율과 CO_2 고정효율에 미치는 토양산성화의 영향

서 증가되었으나, 줄기와 뿌리에서는 10ppm 이상의 알루미늄 처리에 의해 감소되었다. 줄기와 뿌리의 인 농도는 pH에 의해 영향을 받지 않았으나, 알루미늄 10ppm 이상의 처리에 의해 줄기에서는 감소되었고 뿌리에서는 증가되었다. 이는 알루미늄이 뿌리에 인을 수반한 알루미늄의 침투 뿐 아니라 뿌리로부터 줄기에 인 전이를 저해하기 때문임을 암시한다.

일반적으로 토양수에서 망간의 농도는 토양 pH가 5.0이나 그 이하일 때 증가하기 시작한다. 망간이 고등식물에서 필수원소일지라도, 산성토양에서의 과다한 망간은 많은 식물종들의 성장과 생장에 필요한 요소들의 흡수를 억제한다. 많은 연구들은 유럽과 북미의 자생종에 대한 과다한 망간의 피해를 보고하였다. 그러나 망간에 대한 일본 자생종의 성장과 생리적인 반응에 대한 유용한 정보들은 거의 없다. Izuta 등(1995)은 2년생 일본삼나무 묘목의 건물질생산량의 감소를 초래한 과다한 망간은 주로 건물질생산 효율의 감소 때문이고, 이는 침엽에 과다한 망간의 축적 뿐 아니라 칼슘과 마그네슘 같은 필수요소들의 뿌리로부터 침엽으로의 전달을 제한하기 때문이었다. Kieto 등(1997)은 일본 북부에서 자라는 4수종의 활엽수 즉, 초기종인 사스래나무, 물오리나무, 중반계승종인 느릅나무, 후반 계승종인 고로쇠나무의 망간독성에 대한 광합성의 반응을 조사하였다.

산성강하물에 의해 산성화된 산림토양에서 자라는 나무는 토양수에 용해된 망간과 알루미늄에 의해 동시에 영향을 받을 것이다. 그래서

우리는 일본 산림수종의 성장, 생리적 기능, 양분지위에 관한 이들 중금속들의 조합된 효과를 조사해야 한다. Lee 등(1997)은 알루미늄과 망간을 10, 30, 60ppm을 포함한 pH 4.0인 용액에서 90일간 자란 소나무의 성장, 순광합성률, 줄기와 뿌리의 암호흡률, 엽록소함량, 양분농도를 조사하였다. 60ppm의 망간처리와 10ppm 이상의 알루미늄처리는 식물건중량의 현저한 감소를 초래하였고, 이는 실생묘의 건물질 생산량에 대한 알루미늄의 역효과는 망간의 역효과보다 더 큼을 의미한다.

실생묘의 순광합성률은 배양액의 알루미늄과 망간의 농도가 증가함에 따라 감소하였다. 망간 30ppm 이상의 처리나 알루미늄 60ppm의 처리는 뿌리의 암호흡률의 현저한 감소를 초래하였다. 침엽의 엽록소 함량은 알루미늄처리에 의해서는 영향을 받지 않으나, 60ppm의 망간처리에 의해 크게 감소하였다. 60ppm의 알루미늄이나 망간처리는 침엽, 줄기, 뿌리에서 칼슘의 농도를 감소시켰다. ANOVA 분석결과, 알루미늄과 망간의 상호효과가 실생묘의 건물질에 어떠한 영향을 끼치지 않은 것으로 나타났다. 이는 두 금속이 실생묘의 건물질 생산에 상가적인 영향을 끼침을 나타낸다.

5. 오존, 인공산성비와 토양산성화의 복합영향

일본의 산림생태계에 대한 다중 스트레스의 잠재력 때문에 오존, 산성비나 산성안개, 산성강하물에 의한 토양 산성화의 조합된 효과를

조사함이 필요하다. 그러나 일본 산림수종에 대한 이들 스트레스의 조합된 효과에 대한 정보들은 거의 유효하지 않다.

일본 산림수종에 대한 오존과 인공산성비의 조합된 효과들에 대한 두 개의 연구 보고가 있다. Miwa 등(1993)은 2년생 일본삼나무 묘목이 오존 100, 200, 300ppb와 pH 2.5, 3.5, 4.5인 인공산성비에 12주간 노출되었을 때, 오존과 인공산성비의 상호효과들이 관찰되지 않았다. 그러나 오존 200, 300ppb에 노출된 실생묘 침엽의 엽록소 함량은 묘목의 지상부에 처리된 산성비의 pH가 감소함에 따라 다소 증가하였다. Matsumura 등(1998)은 오존과 인공산성비 pH 3.0에 20주간 노출된 삼나무, 느티나무, 전나무, 자작나무의 가스교환속도와 건물질 생산량을 조사하였다. 이들 4수종의 순광합성률과 광합성효율, 액체단계에서 CO₂단계로의 확산전도, 기체단계에서 CO₂단계로의 확산전도, 암호흡률, 잎면적, 건물량에 대한 두 스트레스의 조합된 효과는 나타나지 않았다. 그러나 이들 두 스트레스의 상호효과가 모든수종의 T/R율에서는 관찰되었고 pH 3.0의 인공산성비에 노출된 실생묘의 T/R율은 오존농도가 증가함에 따라 선형으로 증가하였다. 이 결과는 오존에 대한 장기간의 노출은 줄기로부터 뿌리에 동화물질의 전도율을 제한한다는 사실과 관련될지 모른다. 동화물질의 전도에 대한 오존의 제한은 체관부와 밀접한 관련이 있는 것 처럼 보인다. 그래서 비교적 낮은 pH의 인공산성비는 오존에 의해 초래된 줄기로부터 뿌리로의 동화물질전도율 제한의 정도를 증가시킬 가능

성이 있다.

일본 산림수종에 대한 오존과 토양산성화의 조합된 효과들에 대해서는 한 개의 연구가 보고되었다. 일년생 소나무 실생묘를 pH 4.6인 토양을 황산으로서 수소를 첨가하여 pH 3.15, 3.6, 3.9으로 조정하여 인위적으로 토양을 산성화시킨 적황색토에서 생육하도록 하고, 오존 150ppb에 16주동안 노출시켰다. 오존과 토양산성화 상호효과가 건물질생산량, 순광합성속도, 광호흡률, 암호흡률, 증산율, 수분이용효율, 엽록소함량에서 관찰되지 않았다. 이 결과는 오존과 토양산성화가 묘목의 생리적 기능과 건물질 생산량에 상가적인 효과를 가짐을 암시한다. 많은 일본 산림수종의 생장, 생리적 기능 그리고 양분지위에 관한 오존과 토양산성화의 장기간의 영향에 관한 연구들이 더욱 필요하다.

6. 결 론

일본 산림수종에 대한 오존의 영향에 관한 우리의 지식이 매우 적을지라도, 현재 대기의 오존 수준은 너도밤나무 같은 민감한 일본 산림수종의 생장과 생리적 기능을 제한하기에 충분하다고 결론지을 수 있다. 일본에서 이행된 연구들을 기초로 할 때, 오존은 일본 산림생태계에서 다른 환경스트레스보다 심각한 것으로 보인다. 그래서 우리는 많은 일본 산림수종에 대한 대기 오존의 장기간에 걸친 영향에 관해 더욱 세밀하게 조사해야 한다.

연구결과들은 pH 4.0 이상의 인공산성비를 몇 달 동안 처리하였을 때, 일본 산림수종의

생장과 생리적 기능에 어떠한 역효과도 초래할 수 없음을 보고하였다. 그러나 천연강우와 안개가 pH 4.0 이하일 때, 산성강우나 안개의 역효과가 전나무와 같은 민감한 일본 산림수종에서 나타날 지 모른다. 더구나 우리는 일본 산림수종에 대한 산성비의 비교적 단기간의 영향을 알기 때문에, 장기간의 영향에 관한 연구들이 더욱 많이 필요할 것이다.

일본 산림수종에 대한 토양산성화의 영향에 관한 우리의 제한된 정보를 기초로 할 때, 다음과 같은 결론이 유도될 수 있다. (1) 토양용액에 용해된 알루미늄은 산성토양에서 자라는 일본 산림수종의 생장, 생리적 기능, 양분지위를 제한하는 가장 중요한 인자이다. (2) 토양용액에서의 $(Ca+Mg+K)/Al$ 비율은 현재 그

리고 미래에 일본 산림수종에 대한 토양산성화의 영향을 예측하고 평가하기 위한 유용한 지표이다. (3) 삼나무와 소나무와 같은 일본침엽수는 독일가문비와 같은 유럽침엽수에 비해 토양수에서 $(Ca+Mg+K)/Al$ 비율의 감소에 더욱 민감하다.

유럽과 미국 과학자들은 실험과 필드의 연구결과를 기초로 산림생태계를 보호하기 위한 산성강하물과 오존의 수준을 평가하고 있다. 일본에서 토양과 수종의 특징은 유럽과 북미에서의 수준과 상당히 다르고 오존, 산성비와 토양산성화에 대한 민감도도 다르기 때문에 많은 일본 산림수종을 대상으로 필드 조사를 통한 더욱 많은 연구들이 산림생태계를 보호하기 위하여 필요할 것으로 보인다.



국내외기술정보

중국 서부지역 사방조림 지원사업 현장 정밀조사

- 신강 위구르 자치구 투루판시 -

안 병 영

한국산지환경조사연구회 기술이사

황사와 사막방지의 한·중 협력 기획은 한·중 수교 10주년을 맞아 최근 두나라의 공동 관심사로 떠오르는 황사문제의 원인을 다각도로 조사하고 그 해결책을 찾는 한·중 공동 프로젝트이다.

이 보고서는 중국서부지역의 사막화를 방지하기 위하여 한국국제협력단에서 지원한 신강성 투루판지구 사방조림지의 정밀 토양조사 및 조림 계획을 소개하고자 한다.

표 1. 투루판지구의 토지 이용 상황

(단위:만ha)

구 분	계	산림지	평 원	산 구	사막지
면 적	697	7	559	92	39

이 열악한 지역으로 산림피복율은 1.6%에 불과하다.

사업지구로 선정된 지역은 과거 초원 지역이었으나 개간과 방목, 채취 이용등으로 사막화된 지역이며 동 지역을 선정할 이유는 바람에 의한 침식(풍식)으로 인해 마을과 농경지 매몰을 위협하고 있기 때문이며 침식을 예방하여 농촌마을과 농경지를 보호코자 하는 절박한 사정 때문이다.

따라서 이 사업지구를 한·중협력으로 황폐된 사막(과거 초원과 농경지)을 다시 녹화시켜 오아시스를 조성하는데 목적이 있다.

투루판 지구는 황폐된 산지와 사막지대로 구성되어 있으며 토지 이용 상황은 표 1과 같다.

한·중 협력으로 실행하게 될 1,200ha는 사막녹화의 모델림으로 발전됨은 물론 지속가능한 녹주림으로 관리가 되어야한다.

국제적으로 이슈인 사막지대의 녹화는 황사 예방 차원에서도 관심사가 아닐 수 없다. 이에 동 사업지구에 대해 다음과 같은 비전을 설정

I. 사업추진 배경과 비전

1. 사업의 배경

유엔 사막화 방지 국제 협약(UNCCD)이 1994년에 체결되어 한국과 중국이 이 협약에 가입하였고 중국에서 서부 대개발 전략이 실시되는 시점에 한국과 중국정부는 환경보호, 홍수방지, 산림녹화 영역에 협력을 진행 할 것이라는 성명을 발표, 이 성명에 근거하여 중국 국가임업국과 한국 KOICA간의 협약에 의거 5개 사업구를 선정, 투루판지구는 5개 사업구의 하나로 선정 된 것이다.

KOICA에서 2000년 4월에 현장답사를 실시하고, 2001년도에 예비조사 및 2002년 7월에 업무협의를 하였으며 투루판 지구는 연강수량이 16.6mm인 건조한 사막성 기후로 생태환경

하고자 한다.

**“지구환경보호와 인류의 미래를 위해 황폐한
사막지대를 오아시스화 시키는 모델링의 조성”**

모델지역으로 관리하기 위해서는 남은 3년(2003~2005년)으로는 시간상 불가능하며 단지 식재작업만 가능할 뿐이다. 이를 모델화시키기 위해서는 식재는 물론 사후관리(생산력증대, 육림, 보호등)와 이용관리(방목, 연료채취등)에 대한 관리기법도 체계화 시켜야한다.

또한 1차 녹화는 키가 낮은 관목류 식재에 의존하고 있으나 관수 시스템이 개발 되면 교목림으로 유도하는 2차 녹화도 고려되어야 할 것이다.

이 지역 임업 관계관들은 녹화사업에 대한 경험이 있으나 지속가능한 산림관리에 대한 경험과 지식이 부족한 것으로 추측 된다.

모델링은 바람에 의한 토양 침식의 예방은 물론 사막지대의 기후조절, 생태계 균형, 경제적 이용 가능한 복합기능의 산림으로 유도 시켜야 할 것으로 생각된다.

따라서 남은 사업기간 동안 사업연장 대책도 함께 고려하여 명실상부한 국제적 사막화지대 복원 모델로 발전시키도록 검토 되어야 한다.

본 프로젝트의 실시는 자금과 기술의 영입으로 투루판시 황막화 처리와 사회경제 발전에 중요한 작용을 일으키는 동시에 한·중 양국의 우의의 상징으로서 21세기 협력시대의 역사적 의의를 갖게 된다.

2. 비전

가) 현지 주민들은 물론 그 자손들이 생태 경제적으로 건강한 삶을 지속화 하도록 오아시스의 사막화를 차단하고, 황폐한 사막지대를 오아시스로 개변하는 모델로 조성.

나) 한·중 임업기술자들이 사막화를 막고 황폐된 사막지대를 오아시스의 시범사업으로 추진, 지구환경보호와 인류의 건강한 삶에 기여.

다) 중국의 서부 대개발전략의 일환인 생태복원 사업의 모델로 활용할 수 있도록 지속적 조사·연구와 교육장으로 유도하여 한·중 국제적 위상 제고.

II. 조사내용

1. 투루판 지역의 지리적 위치

투루판 지구는 신장 위구루자치구내에 있는 여러지구중의 하나이다.

고대 실크로드를 크게 3개의 길로 구분하고 있는바 북부(천산북로), 중앙(천산남로), 남부(타크라마칸 사막 남쪽)의 3선이 있으며, 투루판시는 북부선과 중앙선의 갈림길에 위치하고 있다.

중앙로선은 불교를 중국으로 전래한 루트로서 각종 불교 유적과 고대 사막 왕국의 유적이 많이 산재하여 있다.

투루판지구는 천산산맥의 남쪽과 타크라마칸 사막의 북쪽에 끼인 극도로 고온 건조한 지역이다.

본 사업지역은 투루판시에서 약20km 떨어

진 곳에 위치하며 애정호향, 야얼향, 차특칼러 향 3개향의 농업구 지역안에 있으며 북쪽이 높고 남쪽이 낮으며 서부가 높고 동부가 낮은 지형으로 투루판시 남부 활십돈사막 동쪽의 비교적 큰 사지이다.

투루판지구는 1개시 2개현(군단위)이 있고 그 산하에 26개 행정실행 조직이 있으며 이 지역은 해양에서 가장 멀리 떨어져 있는 내륙지방이다.

토지 면적은 약697만ha에 인구는 약55만명으로 인구밀도가 극히 낮은 사막 지역이다.

2. 자연적 조건

가. 기후

본 지역의 연간 평균 강수량이 38mm(투루판시 16.6mm)인 반면 증발량은 약 2,837.8mm로서 극도로 고온 건조한 지역이다.

산림 피복률은 전체적으로 1.1%에 불과한 황막한 사막지대로 온도의 연교차와 일교차가 심하며 7월의 평균온도가 약 33℃로서 고온지대이다. 연평균 기온은 13.9℃이며 극단 최고

기온은 49.3℃이고 극단 최저 기온은 -28.6℃이다. 여름 지표 기온은 76℃~80℃사이이다. 고온, 건조, 대풍, 유사는 투루판시 오아시스 생태 환경을 악화 시키고 경제 발전을 저해하는 중요한 요소이다.

1) 투루판시 기후 자료

전형적인 대륙성 기후지대로서 녹화사업을 확대하지 않는 한 고온, 건조, 먼지로 인한 인간의 생활환경과 경제환경의 열악을 면치 못할 것으로 판단된다.(표 2)

2) 지형 및 지질

본 지역은 신생계의 2급 대지(台地) 충적황토와 중생대 백안계의 퇴적암지대로 사암, 역암, 점토암 등이 분포하고 있으며 지형은 북쪽이 높고 남 쪽이 낮으며 서부가 높고 동부가 낮은 지형으로 투루판시 남부 활십돈 사막 동측의 비교적 큰 사지이다.

지모는 평절형 유동사지 유형이며 일부 지역은 풍식 아단 지모이다. 이 지역은 풍식이 심하며 풍식구덩이도 크고 많으며 사구 및 소사

표 2. 투루판시 기후 자료 (2000년도)

내 용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
평균기온	-5.0	0.5	10.9	21.3	28.3	30.7	32.7	30.0	24.5	11.0	2.2	-3.2	15.3
강 수 량	1.6	6.0	4.7	0.4	0.0	1.4	0.0	0.7	0.7	0.9	0.0	0.0	16.4
증 발 량	19.5	45.1	149.0	314.9	427.6	416.3	395.7	355.	261.7	108.	43.5	21.6	2558.8
상대습도	61	49	33	25	25	33	34	37	36	48	50	55	41
풍 속	0.1	0.2	0.5	1.0	0.9	1.0	0.9	0.7	0.9	0.4	0.2	0.1	0.6

구가 많은 5° 미만의 평탄지이다.

3) 토양

· 토양분류

고정풍사토, 풍식토, 고비토양, 이동풍식토가 주로 분포한다.

· 토양특성

토양생성요인 중 강수량, 온도, 바람, 식생 등 여러 조건에 의하여 토양이 발달하고 있다

본 프로젝트 지역은 강수량이 매우 적고(년 16.6mm) 온도가 높으며 식생이 전무하므로 토양층위 발달이 아주 미약한 미숙토양으로 층위형성이 나타나지 않으며 심한 바람에 의한 풍식으로 지표면이 안정되지 못하고 있는 것으로

로 나타났다.

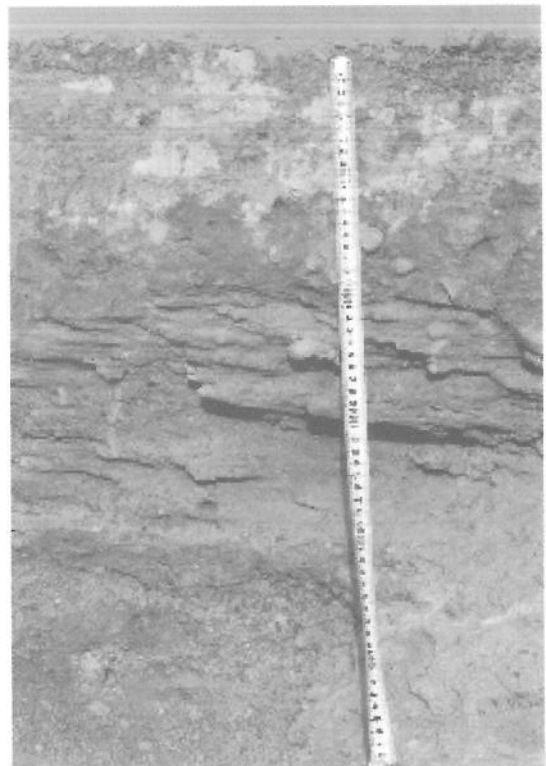
단면 형태는 바람에 의해 쌓인 풍적층(1년에 4~5cm 정도 쌓임) 풍식 에 의해 미사 및 점토분이 날아가고 모래 및 자갈이 쌓인 고비 토양층으로 토심은 10m~15m 깊이를 파도 모재층은 출현하지 않는 특별한 퇴적 I, II, III, ... 층위를 이루고 있다.

토성은 모래 함량이 20~30% 내외이고 미사(silt)는 40~50% 점토 함량은 20~30%로 양토 및 미사질 양토, 양질 사토가 나타나고 있다.

토양 가비중은 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 내외로서 물리적 성질이 불량하다. 임목생장이 양호한 지역의 가비중은 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 이다.



고비 토양



풍식지 토양

이지역은 강수량이 16.6mm, 증발량이 2817.8mm로 모세관 현상에 따라 상승한 Ca, Mg 등 염기성 이온들이 표토층에 과다 축적 되어가고 있다.

토양산도 8.1~9.6로 길항작용에 의한 양분의 불균형 초래로 임목생장을 저해하며 식생유입이 불가능한 것으로 판단 되었다.

유기물(0.2%)과 점토 함량이 층위 별로 많은 차이가 있으며 토양 보수력과 보비력이 매우 빈약하여 양이온 치환능력도 낮아 이온교환에 의한 양분의 공급을 저해하고 염기포화도가 높아 식재시 염류 장애를 일으킬수 있어 조림수 종선택에 각별히 유의 하여야하며 토양이 견밀(2.5~3.5)하고 토양 공극량이 불량하므로 조림목의 활착이 저조 할 것으로 판단된다.

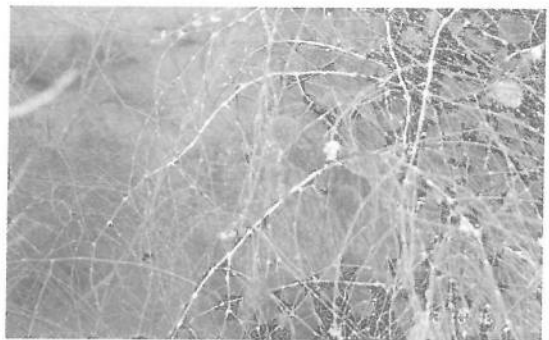
4) 토양의 생산력 감소 및 황폐화 발생원인

본 프로젝트 지역은 독특한 난온대 건조 황막 기후로 연평균 8급 이상 의 대풍이 부는 일수는 27일로 최대 풍속은 40m/s를 초과한다. 그러므로 토양은 계속 풍식을 당하고 강우량이 없어 토양이 견밀하고 통기성 및 공극량이 불

량하다. 유기물이 적고 척박한 토양이므로 임목생육이 불량 할 것이며 특별한 비배관리를 하지 않는한 임지 생산력은 감소하고 식생유입이 곤란하여 더욱더 황폐화는 지속적으로 가속화 될 것이다.

5) 식생

건조 황막성 기후의 영향하에 식생 분포는 아주 적으며 이 지역에는 반관목 황막식물이 불균형 하게 분포되어 있다. 자연 식피로는 낙타가시풀,로과수, 사피조, 사사, 홍류, 낙타사, 갈대 등이 산재하여 있으며 일부 조림 흔적이 있는 지역에는 사피조, 사사, 로과수가 자라고 있다.



사피조



풍식지 토양



사사

III. 조사결과

1. 사업대상지의 개황

가. 사업면적

신강위구루 자치구 투루판시 사업 면적은 1,200ha로 기계화 작업 및 관수하기에는 용이하나 물이 절대적으로 부족한 지역이며 본 사업구의 가용 노동력은 12만명을 동원할 수 있는 것으로 파악 되었다.

나. 지역별 입지 환경 및 토양 특성

1) 입지 환경 및 토양특성

본 사업지역은 갈색 및 황갈색 토양으로 풍식지(바람에 의한 침식지)와 고비(미사와 점토분은 바람에 의하여 날아 가고 잔자갈 1~2cm 와 모래가 혼효된 15cm정도 쌓여 있는 토양) 풍사지(바람에 의하여 모래가 쌓여 있는 토양)로 형성되어 있다.

1년에 심하면 3~4cm 층위를 이룬 곳도 있다.

본 지역을 현지 조사한 결과 서북풍이 30일 이상 강하게 불며 바람이 심한 풍식지역은 D지역 및 B지역 남부 대부분이며 약한 풍식지역은 A지역으로 농경지와 접한 지역으로 모래먼지 및 작은 입자가 농경지에 유입하여 피해를 주고 있다.

풍사 퇴적지역은 D지역 및 B지역 일부 지역으로 모래 및 고비 토양이 대부분인 지역, 조림과 지피 식생으로 모래를 고착시켜야 한다.

오아시스 주변 지역은 농경지와 접한 지역으로 풍사를 방지하며 농경지침해 및 농경지 환

경조건을 개선하여 농촌 소득을 증대하며 토양의 퇴화를 방지, 지속적인 임지 생산 능력을 발휘 할 수 있도록 방풍림을 조성할 지역은 A지역 및 C지역이다.

본 조사 지역은 대부분 토양이 견밀하고(측정결과 3.0 4.0)통기성이 부족함과 동시에 매우 건조한 토양이므로 보습제를 이용 수분을 오래 간직 할 수 있도록하며 유기물이 매우 적은 관계로 임목의 성장과 활착률이 저조 할 것으로 생각되어 이를 위해서는 토양개량제를 이용 임목성장 촉진과 지속적인 토양 유지관리가 필요한 지역 이다.

본 지역의 조림을 성공하기 위해서는 바람의 피해가 심한지역은 토벽 및 방풍용 수종으로 락수를 이루어 식재 최대한도로 바람과 풍사를 방지하여 조림수종을 보호 성장할 수 있도록 하며 이 조림이 성공하면 경제 수종으로 대체하면 녹주 형성이 가능하고 그러기 위해서는 토양 개량제를 시비, 토지생산력을 높여야 황막화를 막을 수 있는 지름길이다.

2) 토양 단면 특성

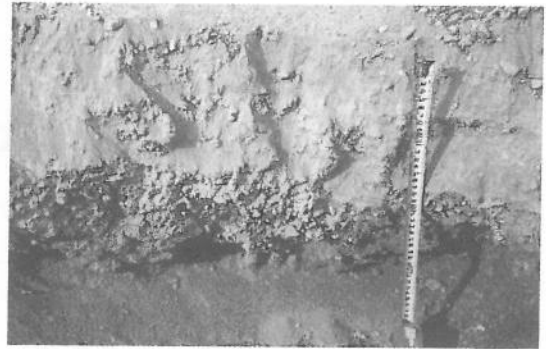
지표면에서 20~30cm깊이에는 갈대뿌리 및 경작층이 존재하는 곳도 있으며 토양 생성작용이 미약한 B층과 퇴적된 I층 II층이 넓게 분포하고 있으며 층위 경계는 토양의 미성숙 때문에 구분이 어려우며 토양은 매우 건조하고 토색은 7, 5/YR 4/4~4/6가 나타났으며 토양 구조는 무구조가 대부분이다.(표 3)

다. 토양 분석 방법(표 4 참조)

1) 입도분석(토성)



토색 및 산도측정



토양단면

표 3. 토양단면 특성

조사구	층위	깊이	토 색	구 조	건습도	견 밀 도	석 력
A-1	I	0-20	7.5YR5/3	무구조	과건	2.5-3.5	10-15%
	II	20-50	7.5YR4/3	무구조	"	"	10-15%
A-2	I	0-45	7.5YR4/4	입 상	"	"	15-30%
	II	45-75	7.5YR5/6	견과상	"	"	10-15%
B ₃ -1	I	0-30	7.5YR4/3	입 상	"	"	20-25%
	II	30-70	7.5YR4/4	견과상	"	"	10-15%
B ₄ -1	I	0-40	7.5YR3/4	입 상	건조	"	10-15%
	III	50-90	5YR4/4	견과상	"	"	20-30%
B ₅ -1	I	0-33	5YR5/4	입 상	과건	"	20-30%
	III	40-95	5YR5/4	견과상	"	"	20-30%
B ₆ -1	I	0-20	7.5YR5/4	무구조	건조	"	20-30%
	II	20-75	7.5YR4/3	견과상	"	"	20-30%
C-1	I	0-45	10YR3/3	입 상	과건	"	20-30%
D-1	I	0-35	7.5YR4/3	입 상	"	"	15-20%
D ₆ -1	I	0-10	7.5YR3/3	무구조	"	"	15-20%
	II	10-100	7.5YR4/3	무구조	"	"	20-30%

※ 고온, 건조, 강우량이 적어 용탈, 집적 현상이 없으며 층위 발달이 미숙하고 I, II, III, ... 층위로 과건한 퇴적형태의 토양임

표 4. 토양 분석 방법

분석 항목	입도분석 (토성)	산도 (pH)	유기물	전질소 (T-N)	유효인산 (P_2O_5)	양이온 치환용량 (C.E.C)	치환성 양이온		염분 (NaCl)
							K^+, Na^+	Ca^{+2}, Mg^{+2}	
분석 방법	비중계법	pH-meter법	Tyurin'S법	Kjeldahl법	Lancaster법	Brown법	염광 광도법	E.D.T.A법	모르법

※상기 분석방법은 농촌진흥청 농업과학기술원(2000.12)에서 제시한 방법임

비중계법(Hydrometer법)에 의한 분석 방법은 0.05mm이하의 미사+점토부분의 함유비를 구명하기 위한 실험이며, 단시간내에 다량의 시료를 분석할 수 있다. 본 방법은 비중계를 일정한 시간별로 토양 현탁액에 삽입하여 비중이나 용적당 무게(g) 감소량을 측정하여 점토의 함량을 구하며, 모래함량(2.0~0.05mm)은 체분석에 의하여 측정한다.

2) 산도(pH)

pH meter법은 표준용액으로 보정된 pH meter를 이용하여 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 분석하는 방법이다.

3) 유기물

Tyurin's법은 토양의 유기탄소가 농황산에 의한 강산성 조건하에서 강력한산화제인 $K_2Cr_2O_7$ 로 산화시키고 산화를 통해 소모된 산화제의 양으로부터 탄소함량을 알아내어 그 탄소함량에 토양부식중 탄소함량의 비, 즉 1.724를 곱해서 부식의 양으로 분석하는 방법이다.

4) 전질소(Total-N)

Kjeldahl법은 토양시료를 진한 황산과 촉매제($CuSO_4$, K_2SO_4)를 가하여Kjeldahl 장치로 분해한 뒤, 가성소다로 다시 증류하여 황산으로 적정하는 방법이다.

5) 유효인산(P_2O_5)

Lancaster법은 인산과 결합하고 있는 금속을 산 또는 NH_4F 로 용해하여착화합물을 형성 시킴에 의해 인산을 분리시키는 방법이다. 이 방법은 30℃에서 30분간 항온후 720mm에서 비색측정하기 때문에 비색법 또는UV spectro-photometer라고도 한다.

6) 양이온치환용량(C.E.C)

Brown법은 H^+ 이온과 타 양이온을 합함으로 써 알수 있는 방법이다. 이경우 H^+ 이온은1N-초산암모늄(pH7.0) 침출법에 의해 토양교질에 흡착되어 있는 H^+ 이온이 암모늄이온과 치환되어 용액중 pH를 하강시키는 차이로서 H^+ 의 당량을 계산할 수 있고 타 양이온은 1N-초산(pH2.3)침출법을 통해 토양교질에 흡착된 양이온과 H^+ 이온이 치환되어 용액중의 pH를 상승시키는데 이 차이로서 토양의 타 양이온 총량을 계산할 수 있다.

7) 치환성양이온중 K^+ , Na^+

염광광도법(Flame-photometer법)은 치환성 Ca와 Mg를 분석한 동일시약과 조작 과정을 통한 침출여액을 이용하여 염광광도계로 측정하는방법이다.

8) 치환성양이온 중 Ca^{++} , Mg^{++}



산도측정

E.D.T.A법은 EDTA가 높은 pH(13부근)에서 공존하는 Mg이온의 방해를 받지 않으면서 Ca이온과 정량적으로 착염을 형성한다는 점에 착안하여 0.005N Ethylene Diamine Tetra Acetic acid로 적정하는 방법이다.

9) 염분(NaCl)

모르법은 토양침출액을 AgNO_3 용액으로 적정하면 Cl^- 는 전부 AgCl 로 침전하는데, 이때 K_2CrO_4 를 지시약으로 가하면 붉은색의 침전

표 5. 토양 물리적 성질

조사구	깊이	모래	미사	점토	토성	토양수분	비고
B ₄ -1	0-40	24.5	47.6	27.9	L	과건	
B ₅ -1	0-33	36.5	47.5	16.0	L	과건	
	40-95	90.1	6.4	3.5	S	건조	
B ₆ -1	0-20	30.4	47.8	31.8	Sil	과건	
	20-75	78.8	14.8	6.4	LS	건조	

※ 층위별로 차이는 있으나 풍식에 의한 퇴적된 토양이므로 양토 미사질양토 사토, 양질사토가 혼재되어 층위 형성을 이루고 있다.

표 6. 토양의 화학적 성질

조사구	깊이 (cm)	산도 pH	유기물 (%)	전질소 T-N (%)	유효인산 P ₂ O ₅	양이온 치환용량 C.E.C	치환성				염기 포화도
							K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
B ₄ (1-2)	0-40	8.1	0.6	0.05	13	37.40	0.84	0.78	28.20	2.72	0.17
B ₅ (1-2)	0-33	8.7	0.4	0.03	4	37.18	1.03	8.37	26.45	7.51	0.54
B ₅ (1-2)	40-95	8.7	0.3	0.01	7	27.28	0.74	0.74	16.56	1.98	0.16
B ₆ (1-2)	0-20	9.4	0.4	0.03	7	37.62	1.36	10.74	21.30	7.26	0.28
B ₆ (1-2)	20-75	9.6	0.1	0.01	5	32.78	0.49	1.67	19.29	2.73	0.06
A (2-1)	0-45	8.3	0.2								
A (2-2)	45-75	8.5	0.5								
C (1-1)	0-45	8.1	0.4								
D ₆ (1-2)	10-100	8.8	0.6								

표 7. 토양의 삼상

시료명	삼 상			가비중
	액 상	고 상	기 상	
A	3.04	54.28	42.68	1.44
A	14.75	56.32	28.93	1.50
C	2.75	46.66	50.59	1.24
D ₆	3.81	51.02	45.17	1.35

※ 액상이 10% 미만으로 과건~건조한 토양으로 나타 났으며 가비중도 1.2~1.5로 높게 나타났다.

이생기게되는 원리를 이용한 방법이다.

라. 본 지역의 토양분석 결과

- 1) 토성 I층의 모래 함량은 20~35% 내외이고 미사는 50%이며 점토는 15~35%로 나타났다. II층은 모래가 80%, 미사가 10% 점토량은 6% 이다. I층은 미사~미사질양토, II층은 사토~양질사토로 나타났다. 토양 발달이 미숙하고 보수력 및 보비력이 매우 낮은 척박한 토양이다.
- 2) 과도한 증발량에(년2,836mm) 따른 모세관 현상에 의해 염기성 이온들이 표토층에 과다 축적된 알칼리 토양(토양ph8.1-9.6)이다. 임 목 생육에 적당한 토양은 PH:5.5~6.5이다
- 3) 유기물 함량은 0.1~0.6%, 전질소 0.01~0.05%로서 우리나라 산림토양의 평균 유기물 함량 3~5%, 전질소 0.2에 비해 매우 적은 척박한 토양이다

※ 토양분석결과 본 지역은 토양의 물리화 학성이 매우 빈약하고 유기물이 적으며 통 기성이 불량하여 조림수종 선정에 제한 되 고 토양개량제 사용이 필수적인 토양으로

나타났다.

2. 실연사업

가. 토양개량제 시용 사업

- 1) 목적 : 임지생산력 향상과 토양유지관리로 임목 성장변화 및 토양의 양료순환 체계 구명
- 2) 실시내용
 - 장소 : 신강위구루 자치구 투루판시 고사조림지
 - 식재망 : $6m \times 1m \times 3$ 주(1ha 1667개소)=5000주
 - 수종 : 사과조, 사사
- 3) 실연규모
 - 면적 : 15ha
 - 묘목수량 : 75,000주(사과조, 사사 혼효조 립)
- 4) 예산 : 3만불
 - 예산산출내역(14,100불)
 - $0.5kg \times 75000주 \div 20kg \times 9,000원 = 16,875,000원$
 - 1포 20kg =9,000원
 - 1주에 0.5kg사용
 - 나머지 예산(16,000불)은 운반비 인건비로 사용
- 5) 조사항목
 - 임지생산력 향상 및 양료순환 변화조사
 - 임목성장 및 활착률 조사
- 6) 기대효과
 - 토양의 통기성, 보수력 개선을 통한 이화

학성 증대

- 토양 산도를 조절하여 토양유효도 향상증진
- 원활한 양료 공급 체계를 활성화하여 식재목의 활착율과 성장량 촉진
- 토양개량으로 임지생산력 향상과 토양유지관리제고

◀ 토양 개량제의 뚜렷한 효과가 있을시 확대 실시 ▶

3. 식생특성 및 현황

가. 사업대상지의 식생현황

건조 황막성(荒漠性)기후의 영향 때문에 식생분포는 지역성이 극히 강하여 매우 단순한 상태이다. 전반적으로 황십돈사막 주변의 식생 피복율은 아주 작으며 오직 사막과 오아시스 연결지역에만 온대 관목과 반관목의 황막식물이 불균형적으로 분포되어있다.

자연식생으로는 낙타가시나무(*Alhagi sparsifolia*), 사피조(*Calligonum spp.*), 쥐과나무(*Capparis spinosa*), 사사(*Haloxylon ammodendron*), 홍류, 록각초, 갈대 등이다.

사업대상지의 동·북부지역에는 띠형의 인공림이며 주요한 수종으로는 호양(백양나무), 신강백양나무, 느릅나무, 사막대추나무, 뽕나무, 위성류, 사사, 사피조, 몽고사동청, 문관수, 버드나무, 가중나무, 석류, 홍류, 갈대, 록각초 등으로 사막식물원이 조성되어 있다.

한편, 투루판 시내의 가로수 및 도심공원에는 백양나무, 측백나무, 비술나무, 물푸레나무, 회

화나무, 가중나무, 뽕나무, 우산형의 느릅나무, 문관수등과 복숭아, 앵두나무, 죽도화, 자귀나무, 향나무, 석류, 장미, 쥐똥나무, 수국 등이 식재되어 있다.

이 지역의 농경 특징으로는 포도재배가 대부분 주종을 이루고 있으며 옥수수, 목화, 시금치, 배추, 상추, 수수, 구기자 등을 재배하여 농민들의 주요한 소득원을 이루고 있다.

나. 사업대상지의 고사조림(固沙造林)

기본원칙

사업대상지의 자연상황에 근거하여 바람에 의한 모래이동규칙 및 피해정도를 정확히 파악하여 합리적으로 조림구역을 배치하며 대면적의 방풍고사림을 조성하여 풍사피해를 감소시키고 농업을 안정시켜 생산량을 제고하여야 한다.

또한, 수자원 상황에 근거하여 가뭄에 대한 절수 조림기술을 도입하며 내건성 수종을 선택하여 조림 활착율을 확보하여야 한다.

생태적 효율성을 고려하는 동시에 적지적수 원칙에 근거, 부분적으로 경제수종을 선택하여 치사면적을 확대하는 동시에 경제적 수입도 증대시키는 방안을 적용한다.

결과적으로 중국의 서부대개발계획 목표달성과 물질자원 제공으로 지속가능한 경제발전에 공헌하며, 한국의 선진적인 조림기술과 중국의 임업생태건설 경험을 적용하여 사업대상지역을 하나의 복합적이고 다양한 기능의 방사, 치사체계를 수립한다.

1) 사업대상지역의 풍사피해 현상 및 구체적인 실정에 근거하여 적절한 대책을 세우며 피

- 해방지 원칙에 근거하여 과업을 수행한다.
- 2) 방풍고사림 조성작업의 난이정도에 근거하여 선후 과업순서를 배치한다.
 - 3) 완벽한 방호림 체계와 발전적인 임업건설사업 기술을 결합하고 생태적, 경제적 효익의 통일을 확보하여 경제와 생태환경의 상호 조화적인 발전을 실현하여야 한다.
 - 4) 현실에 맞는 기초적인 문제로부터 출발하여 총체적으로 계획을 세우며 합리적으로 과업을 수행한다.
 - 5) 한국의 원조자금, 중국 중앙정부 지원금, 다양한 지방재정자금, 기타 여러 경로의 자금 마련 원칙을 견지하여 투자효익과 고사조림 임무완성을 확보한다.

다. 고사조림(固沙造林) 기술의 현황

본 사업대상지에 적용하게 되는 주요한 조림 과학기술은 『대면적방풍고사림조성기술』과 『만무임초결합조성기술』로써 투루판 임업과학기술 요원들의 연구성과인바, 중국 임업부의 과학기술진보상, 국제치사학회 대회상, 자치구 과학기술진보상 등을 수여 받은바 있으며, 이상의 조림기술은 과학기술 수준이 높고 성숙되어 있다고 판단된다.

따라서 지역성, 기후성, 지리상의 문제를 극복하며 장애요인의 영향을 받지 않고 본 사업 지역에 직접 사용할 수 있다고 생각된다.

라. 묘목수급 전망

투루판지구의 각 현·시에는 모두 자체의 묘포가 있다. 투루판시 묘포면적은 45.46ha 이며

실제 육묘면적은 5.33ha이고 총 출묘량은 125만 그루이다. 선선현의 묘포 총육묘 면적은 10ha이고 총 출묘량은 110만 그루이다. 탁크손현 묘포 육묘가능 면적은 45.33ha이고 실제 육묘면적은 10.87ha로써 총 출묘량은 494만 그루이다. 따라서 각 현·시 묘포는 사업대상 고사지 식수조립을 위한 묘목을 충분히 공급할 수 있다고 전망된다.

마. 자연조건의 제약요소

사업대상지역의 자연조건은 극히 열악하다. 대표적으로 토양이 척박하고 대면적의 알카리성 유동풍사토(流動風沙土) 유형과 소량의 종막토(棕漠土: 갈색황막토)이며, 강한 바람에 의한 침식으로 인하여 평탄한 유사지(流沙地)와 초생달 모양의 유사지로 형성되어 있다. 여기에는 또 크기가 다양한 풍식아단지모(風蝕雅丹地貌)가 분포되어있다.

수자원이 절대적으로 극히 부족하고 토양 수분함량이 낮으며 오직 겨울에만 야얼나이즈 저수지와 야얼향, 차특칼러향의 칼징의 물이 사업대상지역에 유입되며 기타 봄, 여름, 가을에는 기본적으로 수원이 단절된다.

풍사피해가 심하며 건열풍, 고온기후는 작은 나무와 묘목의 정상적인 생장, 발육을 저해하고 조성한 어린묘목 들이 고사하게 된다. 임목 병충해피해가 심하며 기후원인으로 인하여 임목의 병충해가 쉽게 발생한다.

결론적으로 사업대상지역의 자연조건이 열악하여 수리시설, 수종선택 등한·중 국제협력 고사조림사업에 많은 어려움을 내포하고 있다.

바. 사업예산의 부족

자연조건의 제한요인을 극복하려면 인력, 물력, 재력 투입을 증대 시켜야한다. 사업대상지의 고저가 불규칙적이며 평탄치 않은 풍식지 정리작업을 위한 중장비 기계 도입, 관수로 설치, 그리고 풍사의 피해를 방지하기 위한 묘목 구덩이 깊이 파기 등에 많은 자금이 투입되어야 한다.

그러나 투루판지구의 재력은 제한되어 있으며 고사조림사업에 투입되는 자금이 아주 부족한 실정이므로 한·중 국제협력을 통하여 사막화 방지 및 자연환경 개선 등 범지구적 인류 생존을 위한 환경보전 및 한·중 양국의 우호증진을 위하여 본 프로젝트를 성공적으로 완수하여야 할 것이다.

IV. 사업계획서 작성

1. 사업개요

- 명 칭 : 신강위구루 자치구 투루판시 고사조림 사업
- 원 조 국 : 대한민국정부(KOICA주관)
- 주관기관 : 중국 국가 임업국
- 집행기관 : 중국 신강위구루 자치구 투루판시 임업국
- 소요예산 : 180.1만불
 - 한국측 : 100만불
 - 중국측 : 80.1만불
- 사업기간 : 2001 2005(5개년)

2. 사업조직

○ 사업 집행기구

KOICA의 중국사무소와 중국의 국가임업국(SFA)간의 협력 기구로 집행

○ 사업관리

한·중 고사조림 협력 사업, 투루판 사무실은 투루판시 임업국에 설치

- 중국측 현장 책임자는 투루판시 임업국장
- 한국측 현장 책임자는 KOICA에서 파견

○ 사업추진협력

- 행정적 지원 : 투루판지구 행정관리 관계관으로 편성운영
- 사업실행지원 : 투루판시의 행정관계관으로 편성운영
- 기술지원 : 한국측 전문가와 중국 측의 전문가로 편성 지원

○ 사업의 평가

투루판 지구 관계관과 KOICA에서 파견한 한국측 전문가에 의해 사업의모니터링과 평가 실시

3. 사업설계서 작성

가. 사업별 내용

- 1) 기본사업(Basic project)
 - 식재면적(Plantene Area)

표 8. 식재면적

(단위 : ha,만본)

구분	년도	2003	2004	2005
	계			
면적	1200	400	500	300
본수	584	184	250	150

표 9. 연차별 예산배분 내역

(단위 : US \$)

구 분	계	2001	2002	2003	2004	2005
한 국	1,000,000	30.000	265.000	290.000	285.000	130.000
중 국	801.7	-	241.395	301.705	222.030	36.530

2) 연차별 예산배분내역

표 9 참조.

4. 사업추진 방향

○ 사업장의 확정

중국측에서 후보지 선정과 KOICA에서 파견된 전문가와 협정 결정한 사업규모는 1,200ha

○ 기본계획 : 투루판지역의 다음 계획을 기준함

- 생태환경건설 규칙
- 방풍 방사림 생태건설 계획
- 임업지구 15계획과 2010년 원경 목표계획

○ 토지이용의 기능

- 농경지 조성지(관리자 거주 및 관리비용 마련)
- 오아시스 보호임지(오아시스지대의 보호림)
- 방풍 방사림지로 지역내의 토지기능을 구분
- 임반의 구획 : 16개 임반으로 구획
- 칼징(지하수터널)의 보호 : 칼징좌우 10~15m는 차량 통행 금지
- 지하수 보호 : 사막지하수를 보호하기 위하여 화학비료와 농약 사용을 제한 관개수량의 부족으로 겨울 농한기에 이용할 수

있는 관수 방식을 적용 이에 맞는 수종을 선택

- 병충해 방지 : 조림학적으로 병충해를 예방하기 위하여 혼효 조림을 계획

○ 관리기반조성계획

- 수리(관수)시설

관개수로 밀도 약25m/ha당 신설 : 총 30.5km를 배치함

가뭄에 대비 농경지와 오아시스 보호림 지역에 펌프우물을 3개소 신설

- 임도시설

농경지와 오아시스 보호림 관리를 위해 임도 15km 시설 관리

- 관리자 : 500m² 신축하여 관리자가 거주할 수 있도록 계획

○ 조성 계획수립

한중 협력으로 중기계획을 수립하여 협정 연간작업 계획수립은 투루판시에서 작성 추진함

○ 작업실행

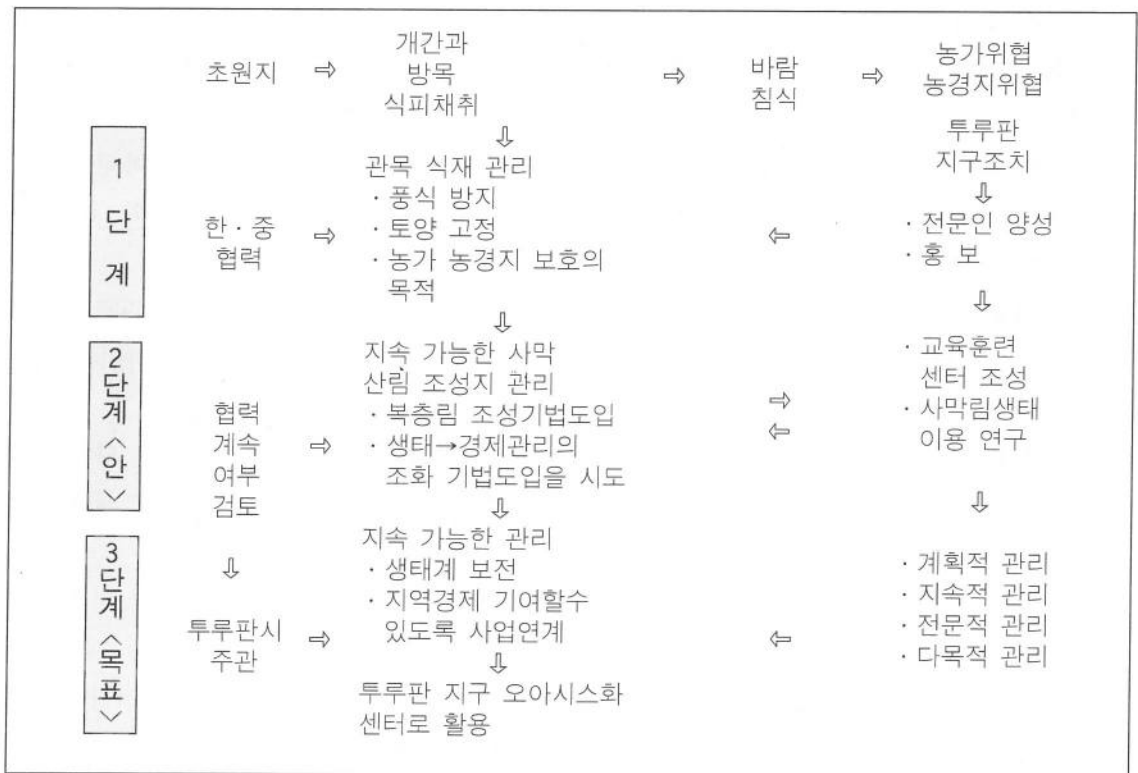
- 기반조성과 조림기술의 적용

사막 연구소지역의 모델링 조성과 연구결과 및 그동안의 경험에 의한 식재기술을 적용 추진함이 타당하여 이를 적용

5. 산림지 보호와 농가의 방목피해 예방을 위한 시스템 개발
 - 가. 우물 지구의 관개개선을 위한 동력펌프 시스템 검토
 - 나. 조림지 방목피해 예방관리를 위해 조림목의 수확, 운반 및 사료화 시스템의 개발
6. 조림지의 설해 피해, 병충해 발생을 위한 대책 검토
 - 가. 과밀한 사막쥐의 밀도 조절책
 - 나. 조림목의 병충해 발생에 대한 모니터링
7. 농촌과 농경지 재해에 위협을 주는 사구 처리책
 - 가. 사구 모래의 이용책(관절 치료등)
 - 나. 사구이동의 물리적 억제책
8. 조림지의 생태적 균형유지와 경제적 이용책
 - 가. 버섯재배, 맹아갱신, 보속관리
 - 나. Biomass를 이용한 토양개량(염해개량), 연료화등
9. 국제적 관심유도
 - 가. 국제 오아시스 사막화 예방과 황폐 오아시스 복구 심포지엄
 - 나. 한국 시민단체의 사막조림 참여 유도
 - 다. 한국의 국제적 위상 제고

기본 공정의 흐름도

- 현재의 상태 -



상기와 같이 목표달성을 위해 한·중 협력사업의 잠정적인 추진 과정에 대한 복안을 제시함.

- 인력 고용의 방법

조림 기간이 춘기 15일간이고 오아시스 보호를 위한 의무 국민식수 제도가 있어 사회발달과정상 인력위주의 의무노동 봉사작업 현실적으로 타당하여 이를 적용

○ 조림지 관리

- 방목 및 남벌에 의한 피해 예방의 체계적 관리
- 사막쥐 피해 여부의 감시 관리
- 병충해 피해 발생의 감시 관리

○ 시험과 모니터링

- 한국측 전문가들이 사업지구 모니터링을 작성
- 토양개량, 식생천이에 대한 시험을 하여 새로운 국내 신기술 적용·확대 보급
- 과학적 성과분석에 의한 사업효과의 계량화

○ 수종과 식재 기술

- 수종 : 물 부족으로 사피조와 사사를 주수종으로 선정

- 식재기술 : 충분한 노동력과 식재장비 부족으로 인력조직에 의한 재래형 기술시스템 선택

○ 연수생의 초청

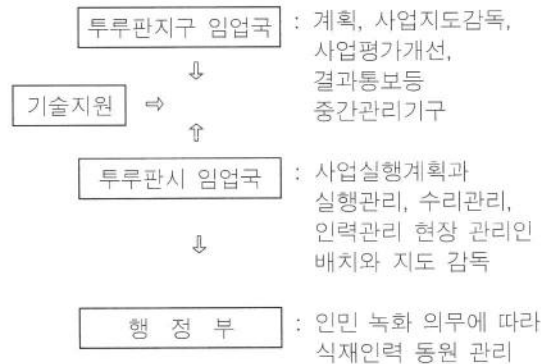
상위직급과 현업 실행자를 구분 연수
한국측 담당 기관은 산림청 임업연구원

○ 전문가의 초빙

투루판 지구 한국측 전문가 파견 책임기관은 임업연구원 및 한국산지환경 조사연구회, 미래세대를 위한 지식과 기술교류

○ 평가와 개선

양국 정부의 전문가들의 평가를 통해 개선발전 방안 강구



V. 지속적 발전을 위해 조치될 과제 및 대책

1. 주민에 대한 홍보 교육: 오아시스의 사막화 예방, 황폐한 사막지대의 복원, 복원된 산림의 지속적 관리 등에 대한 홍보와 교육방안의 검토
2. 임지 생산력을 증대하고 토양유지관리를 위하여 토양개량제를 실시 시험하여 새로운 국내 신기술 적용 확대보급
3. 고사조림의 주요 조림수종 선발, 다양화 및 조림지 사후관리등 지속 가능한 생태적 복충림으로 유도 및 방안 강구
4. 관개 임업지의 사후 관리를 위한 기계화 불규칙한 지표면 정리, 관개수로의 개량보수, 사구모래의 정리등을 위해 불도저와 기동력이 좋은 다이아 굴삭기의 도입 실연과 시스템 개발이 필요

VI. 결론 및 제안

신강위구루 자치구 투루판 지구에서 약 20일간 사막화지대 답사, 고사 조림예정지 답사, 풍사에 위협을 받고 있는 농경지와 마을건학, 현장담당자와의 토론 및 투루판시에서 작성한 제안서등을 참조한 바 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었음.

1. 투루판지구 고사조림 방식은 지하수를 이용한 관수 입업으로 이는 이지역이 극단적으로 건조(년간 강수량 16.6mm)한 지역이고 수면보다 해발고가 낮은 분지이기 때문이며, 새롭고 독특한 기술시스템을 이해하는데 상당한 시간이 필요하고 따라서 이 지역을 전담한 한국측 기술자가 있어야 차기 전문가 파견시 효율성을 기대할 수 있다.
2. 입지환경 및 토양을 조사한 결과 통기성과 물리성이 불량하고 토양의 수분함량이나 공극률이 낮게 나타나고 있으며 유기물은 매우 적어 식재시 토양개량제를 투입 유기물 보충과 물리성을 개선하여 임목생장과 활착율을 높여야 사막조림이 성공할 것이다.
3. 투루판지구 사막록화 기술은 관목조림과 관수에 의한 특수기술로서 고사조림에 적합한 주요 수종선발과 육림기술의 개발 및 보급이 필요한 상태이며 전문가의 지속적 자문이 요구된다.
4. 녹화에 대한 관계자의 의지가 높고 경험과 기술수준등으로 보아 동 사업은 성공적으로 추진할 수 있을 것으로 판단된다.
5. 사막록화 기술에 있어 문제점으로 관수시설

과 식재지 정리는 기계화에 의존할 수 밖에 없으며 투자 점유비율이 60% 이상 되는 고비용이 요구되고 있고 그 능률이 낮아 기계화시스템의 개발개량이 요구되고 있다.

6. 관수된 물의 손실량이 많아 경제적인 관수기법 개발도 요구되고 있으며 관수로는 콘크리트 관으로 설치하는 것이 타당할 것으로 사료된다.
7. 사막록화후의 육림적 관리, 보호관리, 이용관리에 대한 대책이 미약한 상태에 있으며, 사후관리의 미비로 사막조림지의 재황폐화 발생이 많을 것으로 예측이 됨. 따라서 사후관리 시스템과 지속가능한 산림경영 시스템에 대한 자문과 공동연구가 필요하다.
8. 투루판지구의 사막록화는 국제간 협력사업으로 최초로 시도되고 있으며국 제적인 관심사로 5년계획 사업중 이미 2년이 지났으며 금후 3년간 록화 조림만으로는 시범 모델림으로 의미가 낮은것으로 판단되고 사막인공림의 기능이 지속화될 수 있는 사후 관리기술과 지속가능한 경영기법이 적용되어야 시범모델림으로 가치가 있을 것이다. KOICA에서 사업의 지속화에 대해 조사 검토할 것을 제안
9. 사막록화는 지구환경보호와 인류 미래를 위해 국제적 관심을 높여야 할 것으로 KOICA는 한국내 시민단체(동북아 산림포럼, 한국산지환경조산연구회, 생명의 숲, 임업연구원 등과 협의하에 투루판지역에서 국제 사막지대록화 세미나 등을 개최할 것을 제안하고 또한 지속 가능한 사막림 경영관

리에 대해 신강성과 공동연구를 제안한다.

10. 투루판지구는 고대 실크로드이었으나 현재는 철도를 통해 중앙아시아로 갈 수 있으므로 한국기업과 관광객들이 진출할 수 있는 기지로도 적합할 것으로 사료되며 따라서 투루판지구 협력사업은 반드시 성공될 수 있도록 관심과 지원을 하여야 할 것으로 판단된다.

VII. 기대효과

1. 생태·경제 사회적 효과 분석

한·중 사업 지구 1,200ha에서 토양 침식이 고정이 되면 지역사회의 생태환경이 개선되고 주민들의 생존을 위한 생산조건이 개선되어 지역의 경제상태가 지속적으로 발전할 것을 기대

2. 생태적 효과 추정

- 가. 수원함양 효과 : 수분증발 감소, 토양내 보수량 증대로 지하수의 보지 효과를 기대
나. 토양침식 예방과 비옥한 표토 보존효과 풍속감소로 침식을 경감시키고 토양 비옥도를 유지
다. 사구 이동억제와 먼지피해 감소 비사이동억제로 마을과 농경지 재해방지와 모래 먼지에 의한 피해를 경감
라. 대기정화효과, 산소의 배출, 온도의 조절, 대기중의 먼지 정화로 오아시스지역의 생활 환경 개선

3. 경제사회적 효과 추정

- 가. 사회발전 촉진 : 주변환경 개선으로 농공업의 손실감소, 생산과 생활의 조화로운 발전 촉진
나. 취업 기회의 확대 : 1,200ha 사업지 관리인의 취업, 묘목 생산업, 식재업등으로 인한 지역주민의 고용 증대
다. 생태환경건설에 사회적 공감대 형성
서부대개발전략과 1,200ha협력사업이 일치되고 고사조림의 성공시 사회적 공감대 형성과 생태환경관리에 대한 의식의 변화
라. 국내외 자금의 유입
사회경제 환경의 개선은 투자환경의 개선으로 지역경제 발전에 기여
마. 경제적 효과
농경지에 모래바람 예방에 의한 생산성 증대와 사업구에서 포도, 살구, 대추등의 생산으로 직접적인 경제효과 기대
4. 한국측은 중국을 거쳐 중앙아시아로 진출하는 교두보로서 투루판시를 활용할 가치가 있을 것이며 이러한 측면에서 이협력사업이 성공될 수 있도록 KOICA의 관심과 노력이 요구됨

본 사업의 성과는 인류가 극단의 황폐사막지에 도전하는 시범이며 인류가 황폐한 사막지대를 오아시스로 개변하는 모델로 세계적으로 주목을 일으킬 것임

제언

우리나라 국유림 경영관리에 대한 제언

최정기

강원대학교 교수

머리말

국유림은 국가가 소유하는 산림으로 국토보존을 위한 산림자원 육성과 국민의 복지증진을 위하여 합리적인 경영관리를 목적으로 하고 있다. 따라서 국가는 국유림의 유형·무형의 자산을 정확히 파악하고 진단하여 현재와 미래를 위해 국민을 위한 숲으로 지속적인 관리가 되어야 한다.

우리나라 국유림은 일제시대의 산림자원 수탈과 6.25전쟁과 사회적 혼란기를 겪으면서 산림수난을 거듭하여왔다. 그 결과 산림 황폐지 상태에서 산지복구와 치산녹화를 통하여 산림이 조성되었고 오늘날 산림경영을 위한 기초적 기반을 마련하게 되었다.

숲에 대한 국민의 인식도 도벌금지, 입산금지에 대한 제약적 차원에서 심신단련과 정서함양·휴양을 위해 누구나 찾아갈 수 있는 개방적인 차원으로 변모하였고, 국내외의 환경문제가 대두되면서 산림자원은 국가의 벽을 넘어 함께 공유하고, 논의해야 할 국제적 문제로 부각되고 있는 실정이다. 따라서 국가에서 관리하고 있는 국유림의 기능과 역할은 시대적으로 매우 중요하다고 할 수 있다.

이런 시점에서 우리나라 국유림경영체제도

목재를 비롯한 각종 부산물을 생산하는 토지 생산업 뿐 만 아니라, 국민들이 요구하는 시대적 요청과 지구환경문제를 고려한 새로운 산림경영의 패러다임을 적극 수용해야 할 때이다. 따라서 본고에서는 우리나라 국유림경영관리에 대하여 몇 가지 제안을 하고자 한다.

국민의 숲으로 전환

우선 국유림은 '국민의 숲'이 되어야 된다는 전제하에 현재 우리나라 전체인구의 90%가 도시에 집중하여 살고 있다는 것을 간과할 수 없다. 오늘날 우리국민들은 도시화가 지나치게 많이 진행되어 숲 하나 제대로 없는 삭막한 공간에서 각종공해와 더불어 정신적 육체적 스트레스를 받으며 긴장 속에서 살아가고 있다. FAO에서는 도시민의 정서를 위한 최소 녹지 생활공간으로 1인당 도시 숲 면적을 $6m^2$ 을 정해 놓은 데 반해, 우리나라 특별시와 광역시안의 시민이 직접 이용 가능한 도시 숲 면적은 시민 1인당 $6m^2$ 로서 파리($13m^2$ /인)나 뉴욕($23m^2$ /인)의 절반에도 못 미치는 수준이다. 따라서 국가는 우선적으로 도시인들에게 쾌적한 녹지생활 공간을 제공하기 위하여 도시지역에 아름답고 울창한 숲을 조성하고 체계적으로 관

리하는데 총력을 기울려야 할 것이다.

또한, 우리나라 경제가 성장함에 따라 국민들의 생활수준이 향상되면서 휴양 수요가 급격히 증가하는 것으로 나타나고 있다.(97년 이후 연평균 13만 명씩 증가) 앞으로 주 5일제, 연중휴가제 등 다양한 사회적 요인에 따라 산림에 대한 휴양수요는 더욱 급증하리라 전망된다. 따라서 국민의 숲인 국유림은 이 같이 늘어나게 될 산림휴양수용에 대비하기 위하여 산림휴양 공간 확보와 더불어 국민의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 산림문화, 산림교육, 산림휴양사업 등 다양한 국유림사업으로 발전 시켜나아가야 할 것이다.

지속 가능한 산림경영체제 구축

우리나라는 국토의 64%가 산지이고 이중 대부분을 차지하고 있는 산림자원은 주요한 국가자원으로 효율적인 관리가 필요하다. 특히 국가에서 관리하는 국유림은 국민의 경제적, 공익적 요구를 고려한 다목적 산림경영체제로 국가차원의 경영모델을 제시해야한다. 과거 산림경영은 대량생산에 따른 경제발전으로 산림의 경제적 기능을 우선 시 하였으나, 오늘날 산림은 지구환경문제와 관련하여 생물다양성보존, 건전한 생태계유지, 수자원함양, 보건·휴양 등 공익적 기능에 가중을 둔 지속가능한 산림경영차원으로 확대되고 있는 실정이다.

따라서 오늘날 국유림경영은 사회적, 경제적, 환경적 수요 등 다양한 공공요구에 부응할 수 있는 국유림 경영관리체제로 나아가야 할 때이

다. 우선, 국유림에 대 면적 조림사업을 해온 조림지의 경영진단을 실시하여 경제림으로 활용여부를 점검하고, 그 외 임지는 생태적 특성과 능력 그리고 사회적 수요를 감안하여 그 숲의 특성과 이용목적에 맞도록 산림이용 구분체제가 확립되어야한다. 지금까지 우리나라 산림은 산림조성에만 역점을 두고 아직 이렇다할 산림경영을 실행해 보지 못한 현실을 고려하여 임업선진국의 우수 경영사례를 검토 분석하고, 외국 전문 산림컨설팅 회사로부터 자문과, 각 분야 산림전문가와 실무자, 지역주민들과의 워크샵 등을 통하여 시행착오 없이 지속가능한 산림경영체제를 구축하여야 한다.

산림자원조사 및 통계체제 개편

지속가능한 국유림경영을 위해서 우선적으로 국유림의 유·무형자산을 정확하게 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 그렇게 하기 위해서는 정밀하고 다양한 산림자원조사와 평가를 통하여 파악될 수 있다. 그러나 현행 국유림 산림조사체계는 목재생산위주로 산림경영계획 수립에 필요한 단순한 지황, 임황조사 등의 제한된 산림환경정보 수집에 치중하고 있다. 따라서 국유림이 지향하고 있는 다양한 기능 수요에 대처 할 수 있는 종합적인 산림경영을 수행하는데 어려움이 있다. 그러므로 국유림 산림자원이 갖고 있는 기능을 종합적으로 평가할 수 있는 새로운 산림조사 체계가 필요하다.

우리나라는 OECD, FAO, 국제열대 목재기구, 몬트리올 프로세서, 생물다양성 협약 등 국

제기구에 가입하여, 각 기구로부터 다양한 산림환경에 대한 지표와 항목에 대한 통계제출의무를 요구받고 있는 실정이다. OECD산림환경통계항목(106개)의 경우 우리나라 경우 20개 항목(19%)만을 채우고 있어 다른 국가에 비해 기입률이 매우 빈약한 실정이다. 국제기구에서 요구하는 통계 항목들은 어느 나라를 막론하고 대부분 산림조사에서 파악된 자료를 이용하여 채우고 있는 실정임을 감안 할 때, 이 결과는 우리나라 산림조사방법의 개선이 얼마나 시급한가를 말해주는 한 예라 하겠다.

산림조사개편과 더불어 조사된 항목을 종합하고, 가공하고, 분석하고, 평가할 수 있는 통계체계 확립 또한 필연적이다. 따라서, 우리나라도 지속가능한 산림경영을 위한 산림조사사업을 통하여 정량적인 자료 확보와 과학적인 통계기반을 구축해야한다. 앞으로 산림환경통계의 수치 하나 하나는 국제화시대를 맞아 국익에 막대한 영향을 미치게 될 수 있는 가능성을 인지하고 국유림경영에서부터 선도적으로 통계마인드 형성과 통계인프라 구축에 앞장서 나가야 한다.

국유림경영관리법(가칭) 제정

앞서 언급한 국민의 숲으로 전환하고, 지속가능한 산림경영체계 구축과, 산림조사 및 통계체계 확립에 관한 내용들이 현실적으로 효력을 발휘하기 위해서는 우선적으로 법적 제도적 장치가 뒷받침되어야 한다. 해방이후 현재까지 산림관계법은 치산녹화 정책목표를 뒤 받침 하

기 위해 1961년 제정된 산림법 중심의 단일법 체제를 유지하고 있어 국유림, 사유림 구분 없이 모든 정책내용을 함께 규정하고 있고, 국유림에 관리에 대한 조항도 단지 19개항 (제71-89조)만으로 다루고 있어 대내외 여건변화와 국민의 다양한 정책수요에 능동적으로 대응하기 어렵다. 따라서, 국유림의 존재의 의의와 목적을 명확히 명시하고 21세기 산림경영의 패러다임에 부응하는 새로운 수요와 정책과제를 담을 국유림 법체제가 절실히 요구되고 있어 독자적인 법체계수립이 무엇보다도 시급히 해결되어야 한다.

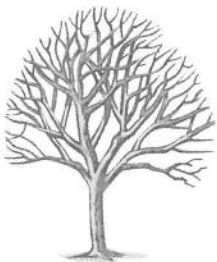
국민과 함께하는 행정체계 확립

국민의 자산이요, 국민의 숲인 국유림의 합리적인 경영관리가 되기 위해서는 우선적으로 국민의 지지를 얻어야 한다. 국유림 정책수립 단계에서부터 지역주민은 물론 지역사회, 시민단체 등 다양한 계층의 의견수렴이 중요하며 함께 참여할 수 있는 제도적 장치 또한 필요하다. 이미 선진국에서는 국가계획 수립 시 계획관련 이해관계자로서 환경단체, 산림 및 관련 토지소유자, 그리고 지역주민에게 계획내용을 통보하거나, 공청회 등을 통해 정보를 제공하고 의견을 수렴하는 단계를 밟고 있다. 민주주의를 선봉하는 우리나라도 당연히 국유림정책수립에서부터 집행에 이르기까지 모든 과정에 국민이 직접 또는 간접적으로 참여할 수 있는 기회가 보장될 수 있도록 열린 산림정책을 확립해야 하겠다.

맺는말

본고에서 언급한 사항은 국유림경영 진단에 있어 한 부분에 불과하다. 오늘날 대내외적인 산림경영의 여건변화에 맞추어 국유림경영은 임산물 생산과 더불어 농산촌 지역의 소득증대와 환경적, 공익적 서비스 공급, 토지의 안정적

공급, 산촌진흥 등 해쳐 나가야 할 길이 산적해 있다. 따라서 국유림은 생산적, 환경적, 공익적 기능의 다양한 경영목표를 시대적 요청에 따라 변화시켜가면서 현재 뿐 만아니라 미래에 있어서도 국민의 숲으로 계속 유지, 보전, 확대되어야 할 국가 자원으로 지속적인 관리가 되어야 하겠다.



제 언

북한의 식량사정과 사방조림을 통한
지원 필요성

이 태 수

농학박사

○ 북한의 산림황폐

북한의 산림통계는 정확한 내용이 알려져 있지 않기 때문에 남한에서는 항공사진 판독 등 여러 가지의 방법을 이용하여 북한의 산림과 황폐지 면적 등을 추정하고 있다.

산림청 자료에 따르면 2000년 말 기준 북한의 산림면적은 916만ha이고 그중 18%에 해당하는 163만ha가 개간과 벌목 등으로 황폐화된 것으로 추정되며, 사방사업이 필요한 지역도 10만ha 이상으로 추정되고 있다.

한국농촌경제원의 조사에 의하면 북한의 산림면적 중 조림사업이 필요한 면적은 206만 1,000ha이고, 이중 사방 대상지는 17만 7,000ha, 사방댐 대상개소 1,900여 개소로 파악되고 있다. 이 같은 북한지역 전체 사방대상 면적에 대한 사업비용은 최소 2조 220억 원에서 최대 8조 2,363억 원이 필요하며, 연인원 1억 7,295만명의 노동력과 7억본의 묘목이 필요한 것으로 추산된다고 하였다.

북한의 산림파괴는 매우 심각하다. 70년대까지만 하더라도 천리마운동을 하면서 사방과 조림에 많은 노력을 기울였던 것으로 보여지나, 80년대에 들어서면서 모자라는 식량 문제를 해결하기 위해 '다락밭 만들기 운동'을 펼친다.

이것은 18도 이하의 경사지를 대부분 다락밭으로 전환시키고, 일부 다락논 이나 과수원으로 만들어서 식량문제를 해결하려고 했던 것이다. 이 같은 다락밭 개간은 비료 부족과 지력 감퇴로 생산성이 급격히 떨어지게 됨으로써, 농지로서의 기능이 상실되고 방치된 채 재난의 원인이 되기도 하였다.

뿐만 아니라, 옛 소련으로부터 무상으로 원조되던 석유공급도 점차 감소되고 90년부터 중단됨에 따라서 에너지 난이 심각해지자, 북한 주민들은 80년대 중반부터 무차별적인 산림 난벌을 하게 되어 산지 황폐가 가속화된 것이다. 이 당시 아파트도 장작용 아궁이로 교체할 정도였고, 야산의 나무들은 씨가 마르게 되었다고 한다.

1995년도에 100년만의 대홍수라는 유례없는 홍수피해를 보게되었다. 당시 수많은 제방과 도로, 교량 등을 비롯하여 농토 및 농작물이 유실되는 등 큰 피해를 보게 되었다. 이 같은 홍수피해는 너무 극심해서 단기간 내에 유실된 농토나 제방, 도로 등을 복구하는 일이 매우 어려운 일이었고, 이듬해의 파종기에 파종할 씨앗마저 부족했던 것으로 보이며, 북한 주민들은 심각한 식량부족과 굶주림을 겪게 된 것이다.

'96년과 '97년에도 대 홍수와 한발이 계속되었으며, 이후 북한의 식량 부족은 매년 계속되는 큰 재난이 되고 있다. 굶주림으로 인하여 파종할 씨앗조차 제대로 남겨두지 못하는 경우가 있다고 북한을 여러 번 다녀온 은혜사의 주지 법타스님은 전한다.

○ 북한 주민들의 굶주림

북한 주민들의 굶주림도 매우 심각하다. 세계식량계획기구(WFP)에 따르면 금년도 북한의 식량 필요량은 총 490만 톤에 달한다. 그러나 북측의 식량자급능력은 380만 톤에 불과해서 110만 톤의 식량이 부족하다는 것이 전문가들의 견해이다. 110만 톤은 80kg짜리 쌀가마로 환산할 때 1,375만 가마(688만석)의 쌀이 부족한 것이다.

2002. 10월 유니세프(유엔아동기금)와 세계식량계획(WFP)이 북한 정부와 함께 6,000가구의 북한 어린이(7세 이하) 및 그 어머니들에 대한 영양상태를 조사한 결과 만성 영양실조의 어린이가 42%, 중증 영양실조가 9%에 달할 정도로 북한 주민들은 현재 기아선상에 놓여 있는 것이다.

더구나 북핵파동 이후 국제적 지원이 현저히 줄고 있다. 유엔 기구에서는 금년도 지원 목표액이 2억 2,123만 달러인데, 1-2월간의 모금액은 8.9%에 불과한 1,856만 달러에 불과했다고 한다.

더욱이 심각한 것은 세계식량계획(WFP)에서 현재 북한에 38명이 상주하면서 북한의 식

량지원 업무를 담당해 왔으나, 최근 북한에 대한 식량 지원이 거의 끊어지게 됨에 따라서 금년 6월에는 이들이 철수해야 될 위기에 처해 있다는 것이다. 북한 주민들이 죽음을 무릅쓰고 북한을 탈출하는 것도 굶주림에 대한 해결책으로써 최후 수단을 선택한 것이다.

금년 2월 국제 가톨릭 자선단체인 카리타스의 홍콩지국장 캐씨씨가 북한을 방문하여 식량사정을 조사한 결과 북한의 식량은 올 여름 초에 바닥이 날 것이라고하며, 당장 10만 톤의 식량이 필요하다고 주장하고 있다.

북한의 청소년들은 남한의 청소년들 보다 10-15cm 정도 키가 작다고 하며, 자급농(自給農)체제로 많은 식량을 자급하고 있다는 북한 군인들의 평균키도 162cm 정도에 불과하다는 것이다. 이는 분포범위를 5cm로 볼 경우 157-167cm 정도의 키이다.

삼성의 고 이병철 회장은 GNP가 200달러 이상 차이가 날 경우, 가난한 국가가 전쟁에서 승리할 수는 없음을 지적한 바 있다 한다. 북한을 너무 적대시하고, 우리 나라를 침략할 공포의 대상국으로 만 생각하지 말고 공생과 공동발전을 이룩하여 동질화 함이 필요하다.

현재의 북한은 식량과 식량 지원량이 절대적으로 부족하여 주민이나 군대가 굶주림과 기아선상에 놓여 있다. 남한의 국민들도 북한의 실상을 좀더 명확히 보고, 좀더 적극적으로 북한을 도와야겠다고 생각해야 옳다고 본다. 동포애라는 것은 친척이 굶고 있을 때 자신이 굶더라도 함께 나누는 것이다.

흔히 우리가 북한에 쌀을 지원해 주면 북한

체제를 도와주고 통일을 방해받는 것이 아닌가? 하고 의심하는 사람들이 많지만, 북한주민의 굶주림과 통일은 별개의 문제다. 통일은 적개심으로 북한을 점령해서 이루어지는 것이 아니라, 북한 주민들의 적개심을 낮추고 남한 국민들의 동포애에 대한 고마움을 느끼게 함으로써, 빨라지면 빨라지는 것이지 결코 늦어지는 것이 아니기 때문이다.

또 식량 지원은 무조건 지원이 필요하다고 한다. 까다로운 조건을 붙인 지원이나, 흥계를 감추고 있는 지원은 북한체제에 위기감을 주거나, 거부감을 주는 것이어서 바람직하지 않다는 것이다.

○ 정부의 북한 쌀 지원

2003. 3. 14일자 신문 보도에 의하면 농림부는 매년 300만석씩 향후 3년간 대북 쌀 지원의 대책을 대통령 업무보고를 통해 밝힘으로써 실현 가능성에 대한 관심이 높아지고 있다 한다. 북한에서 연간 부족 되는 쌀이 110만 톤(1,375만 가마, 688만석)이므로 남한에서 300만석을 제공할 경우 북한으로서는 부족량의 절반 가까이 도움을 받을 수 있는 것이다.

이 같은 농림부의 지원대책에 대해서 통일외교 당국자들은 쌀 지원문제와 핵문제를 연계시켜야 한다는 지적을 제기한 바 있어서 실제 실행까지는 진통이 따를 것으로 예상하고 있기도 하다. 가능하면 장기적 안목에서 조건 없는 지원을 해 주었으면 좋겠다.

○ 사방은 장기적 지원대책

지금까지 절대적으로 부족한 북한의 식량을 지원해 줌에 있어서 간과 할 수 없는 중요한 문제점으로 “단순 구호형식의 지원”이 대부분이었다는 점이다.

즉, 국제기구에 호소해서 다소의 금품이 모이게 되면 이것으로 값싼 중국산 옥수수 등을 구매해서 현지 주민들에게 배급해 주는 단순구호로 끝나기 때문에 속담에서 말하듯 “언 밭에 오줌누기 식” 지원이 많았다.

농림부에서 쌀을 지원하는 것도 단순히 쌀을 보내서 주민들에게 배급해 줄 경우는 국민들에게 지속적인 호응을 얻기도 어렵고, 남북관계가 다소라도 삐끗하면 지원 자체가 어렵게 될 우려가 있다. 가장 확실하고 좋은 방법은 남북한 당국자간에 북한의 산림 황폐지에 대한 사방과 조림을 위한 장단기(3년, 5년 또는 10년) 복구에 대한 협약을 체결하고 사방과 조림을 위한 현물공여로써 이 쌀을 제공하는 것이다.

일반적으로 나지 녹화나 일반사방의 경우는 인건비 7: 재료비(비료, 씨앗 등) 3 정도의 비용이 드는 것으로 추정된다. 북한처럼 식량이 부족한 곳에서는 1일 인부임으로써 쌀 3kg이면 가능할 것이다(25일 작업 시 75kg). 300만 석은 48만 톤이므로 64만 명에게 인부임으로 지급할 수 있는 물량이며, 이것은 1가족을 5인으로 잡을 경우 320만 명의 가족을 한 달 이상 부양할 수 있는 양이다.

또 한가지는 동남아의 개발도상국가에서는 1개월 임금이 50 \$ (약 6만원)에도 미치지 못하

는 나라가 많은 만큼 북한 주민에게 1억 \$의 임금을 지급한다면, 200만인에게 50 \$ 씩의 인부임을 지급할 수 있다. 이것은 1,000만 명 이상을 1-2개월 이상 부양할 수 있는 것이다. 산림청에서는 해외조림을 많이 하고 있지만, 이 중의 일부라도 북한 사방조림에 쓰여지도록 정책을 안출해야 한다.

우리 나라에서는 6.25 동란 후 밀가루 사방을 하여 본 경험이 있다. 농가에 뿌려진 밀가루는 일부 농민들이 자신들의 식생활을 위해 소비하기도 하지만, 일부는 재화가 되어서 극빈한 농촌 경제를 일으키는데 큰 역할을 하였다. 농가에서는 스스로 농업소득이 있는 만큼, 사방에서 얻은 과외소득의 유통은 당시 농촌 경제의 활성화에 큰 도움을 주었던 것이다.

뿐만 아니라, 사방 사업은 산지토양의 유실 방지, 한해 및 홍수의 방지, 국토녹화 등을 실현하여 통일 이후에도 국토 보전과 자원화를 실현할 수 있는 사업이다.

○ 국가적 사방조림 지원이 필요

현재 북한의 사방이나 조림 등 산림문제를 돕고 있는 주요 기구로서는 세계식량계획(WFP), 유엔개발계획(UNDP), 유엔식량농업기구(FAO) 등이 있고, 국내단체로서는 '생명의 숲 가꾸기 국민운동' 등이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 이들 단체의 활동은 극히 미미하고, 지원하는 내용도 단기적인 단순 구호대책에 머물고 있다.

현재 정부에서는 남북 교류의 활성화를 목표

로 하고 있으며, 여러 가지의 대북한 지원방안을 강구하고 있는 만큼, 장단기의 북한 산림 복구대책을 세워서 정부에서 북한을 직접 지원함은 무엇보다 절실히 필요하다. 산림청은 통일 이후의 북한 산림 자원화를 위해서도 해외조림 마찬가지로 적극적으로 북한의 사방조림 대책을 수립하고, 민간자본의 북한 사방조림도 적극 유도해야 한다. 이것은 조림자가 북한 산지에 대한 기득권을 주장할 수 있는 것이어서 적절한 정책이 수립될 경우 확실한 성공이 보장되는 정책이다.

본인은 예전에 수년간 사방사업 연구를 담당한 경험이 있으므로 예전의 경험에 비추어서 몇 가지의 사방사업 대책을 제시하면 다음과 같다.

첫째로 남한에서 성공한 나지 녹화사방, 일반사방, 특수 사방, 야계 사방 및 사방댐 조성 등을 북한의 황폐지에서도 적용할 수 있다는 점이다. 남한에서의 확실한 성공 경험은 매우 중요한 것이어서 제대로 수행할 경우 실패할 우려가 없다.

둘째로 황폐지에 소나무 치수가 어느 정도 잔존되어 있을 경우, 이 소나무 치수에 대한 시비이다. 천연 소나무 치수(50cm 기준) 1본당 30g씩의 복비 시비를 약 3년에 걸쳐서 실시할 경우 소나무의 성장을 급속히 촉진시켜 황폐지 복구에 큰 도움을 줄 수 있다. 시비만으로 복구가 어려운 곳은 시비지역의 복구사방도 가능하다.

셋째는 저사저수구 공법 등의 수자원 함양공법을 함께 적용하는 것이다. 이 공법은 골막이

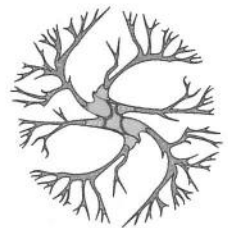
공법을 병행하면서 25도 이하의 경사지에서는 활용 가능하다.

○ 결 론

현재 북한의 주민들이나 자급농(自給農) 체제로 많은 식량을 자급하고 있는 북한군인들의 식량문제는 기아선상에 처해 있을 정도로 극히 열악하다. 남한 정부와 국민들은 동포애를 발

휘하여 조건 없이 북한의 식량난 해결에 도움을 주는 것이 절실히 필요하다.

이 같은 도움은 “단순 구호형식의 지원”을 하지 말고, 남북한 당사자가 북한의 산림 황폐지에 대한 장단기 복구 계획을 수립하고 사방조림 사업을 체계적으로 수행함으로써, 북한의 산림을 황폐화로부터 보호하고, 북한의 농촌경제를 살리며, 남북 교류의 활성화를 이룰 수 있다고 본다.



부 록

정 관

1996. 8. 9 허 가
1998. 4.28 개 정
1999.11.13 개 정
2001. 3.26 개 정

제1장 총 칙

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

제2조(목적) 본회는 산림환경에 관련된 종합적인 조사연구를 실시하여 산림환경 보전과 과학적인 산림자원 관리에 필요한 객관적인 정보를 제공함으로써 임업발전에 기여함을 목적으로 한다.

제3조(사업) 본회는 제2조의 목적을 달성하기 위하여 다음 각호의 사업을 한다.

1. 산림입지환경조사·연구 및 기술지도
2. 산림실태조사·연구 및 기술지도
3. 산지이용구분 조사·연구 및 기술지도
4. 영림계획의 작성·연구 및 기술지도
5. 산림환경(도시림 포함)의 영향평가
6. 산림토양과 수자원 보전 오염조사·연구
7. 산림환경의 정보수집, 회지발간, 연구발표 및 교육
8. 본회 설립목적과 관련된 위탁 및 용역

제4조(사무소) 본회의 주사무소는 경기도 남양주시 진접읍에 두고 필요에 따라 서울특별시 및 시, 도에 지회를 둘 수 있다.

제2장 회 원

제5조(회원자격) 본회의 회원자격은 다음과 같이 한다.

1. 임업연구기관 또는 산림행정기관 및 교육기관에서 종사한 경력이 있는 또는 이와

동등한 자격이 인정되는자

2. 산림 항공사진 판독기능을 보유한자
3. 산림기술사, 산림경영기사, 산림경영산업기사, 임산가공기술사, 임산가공기사, 임산가공산업기사, 산림공학기사, 산림공학산업기사, 임업종묘기사, 임업종묘산업기사, 산림기능장, 산림산업기사, 산림기능사, 임산가공산업기사, 목재가공기능사, 목질재료기능사, 임업종묘기능사, 펄프제지기능사, 산림토목기술자

제6조(입회) 본 회의 회원으로 입회를 원하는 자는 소정의 입회원서를 제출하여 이사회의 승인을 얻어야 한다.

제7조(탈퇴) 본 회의 회원으로서 탈퇴하고자 할 때는 회장에게 탈퇴서를 제출해야 한다.

제8조(제명) 본 회의 회원이 다음 각 호에 해당되는 자는 이사회에서 제명할 수 있다.

1. 제9조의 의무를 이행하지 아니한 자.
2. 본회의 명예를 훼손하거나 해를 끼친자.
3. 회원간의 화합을 저해 한자.

제9조(회원의 권리 의무) 본 회의 회원은 선거권 및 피선거권을 가지며 정관을 준수하고 회비를 납부할 의무를 갖는다.

제3장 임원 및 조직

제10조(임원 및 임기) 본 회의 회무를 처리하기 위하여 다음과 같이 임원을 두고 그 임기는 선출된 날로부터 각각 2년으로 한다. 다만 보선된 임원의 임기는 전임자의 잔여기간으로 한다.

1. 회 장 : 1인
2. 부 회 장 : 2인
3. 이 사 : 20인이내
4. 상임이사 : 2인(기술이사 1, 업무이사 1)
5. 감 사 : 1인

제11조(임원선출) ① 회장, 부회장, 이사, 감사는 회원중 총회에서 선출한다.

② 상임이사는 이사회에서 선출한다.

제12조(임원의 직무) 임원은 다음의 직무를 행한다.

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

제13조(임원의 보수) 본 회의 임원은 명예직으로 하되 상임이사는 유급으로 하고 본회를 위한 임원이 업무수행시 실비를 지급할 수 있다.

제14조(기구) 본 회의 업무를 수행하기 위하여 조사연구부와 업무부를 둔다.

1. 조사연구부는 기술이사가 담당하며 제2조의 목적을 수행하기 위하여 조사연구를 수행한다.
2. 업무부는 업무이사가 담당하며 조사연구를 원활히 수행하기 위하여 제반사무에 관한 업무를 수행한다.
3. 각부의 업무를 원활히 수행하기 위하여 약간명의 직원을 둘 수 있으며 회장이 임명한다.

제14조의1(자문위원 위촉) ①본 회의 기술연구개발에 대한 자문을 받기 위하여 자문위원을 7명이내로 위촉할 수 있다.

②자문위원은 이사회의 의결을 거쳐 회장이 위촉한다.

제4장 회 의

제15조(회의 종류) 본 회의 회의는 총회 및 이사회로 한다.

제16조(총회) ①총회는 정기총회와 임시총회로 한다.

②정기총회는 매년 2월중에 개최하고 회장이 소집한다.

③임시총회는 회장이 필요하다고 인정 할때, 재적이사 3분의 1이상의 요청이 있을때, 재적회원 3분의 1이상의 요청이 있을때 또는 감사가 긴급을 요하는 중요한 사유를 발견 할때 회장이 소집한다.

④총회는 다음 각 호의 사항을 심의 의결한다.

1. 예산 및 결산에 관한 사항
2. 정관개정 및 해산 의결에 관한 사항
3. 임원선출에 관한 사항
4. 사업계획 및 사업보고에 관한 사항
5. 기타 중요사항

⑤총회는 재적회원 3분의 1이상의 출석으로 개최하고 출석회원 과반수의 찬성으로 의결한다. 다만 정관개정 및 법인 해산은 제외한다.

제17조(이사회) ①본회 운영의 중요 사항을 심의하기 위하여 회장, 부회장, 이사, 상임이사로서 이사회를 구성한다.

②이사회는 회장이 필요하다고 인정 할 때와 재적이사 과반수 이상의 요구가 있을 때 회장이 소집한다.

③이사회는 다음 각호의 사항을 심의 의결한다.

1. 총회에서 위임한 받은 사항
2. 총회에 부의할 안건의 예비 심의에 관한사항
3. 본회의 해산 심의에 관한 사항
4. 재산관리 및 운영에 관한 사항
5. 회원의 가입 및 제명
6. 기타 의결을 요하는 사항

④이사회는 재적이사 과반수 이상의 출석으로 개최하고 출석이사 과반수로 의결하며 필요에 따라 서면 결의할 수 있다.

제5장 자산 및 회계

제18조(재정)본 회의 재산과 경비는 다음 수입으로 충당한다.

1. 회원의 회비
2. 사업수익금
3. 찬조금 및 기부금
4. 기타

제19조(잉여금)매 회계년도 말에 잉여금이 있을 때에는 그 전부 또는 일부를 이사회 의결을 거쳐 이 조사연구회의 기본 자산으로 적립한다.

제20조(회계년도) 본 회의 회계년도는 정부의 회계년도에 준한다.

제21조(예산편성) 회장은 사업년도 초에 사업계획서와 예산을 편성하여 이사회 의결을 거쳐 총회의 승인을 받아야 한다.

제22조(예산결산) 본 회의 사업실적과 세입 세출결산은 매 회계년도 종료후 1개월 이내에 이사회 및 총회에 보고하고 승인을 받아야 한다.

제23조(회계감사) 본 회의 감사는 회계 및 운영에 관한 사항을 년 1회 감사로부터 감사를 받아야 한다.

제24조(비치장부) 본 회의 상임이사 책임하에 다음 부책을 비치하여야 한다.

1. 재산대장
2. 회의록
3. 금전출납부
4. 예산결산서
5. 지출 증빙서
6. 사업계획서
7. 기타 필요한 서류

제6장 보 칙

제25조(정관의 개정)

①정관의 개정은 재적회원 과반수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2이상의 찬성으로 의결한다.

②전항의 정관개정은 주무부처의 승인을 받아야 한다.

제26조(해산) 본회를 해산 하고자 할때는 총회에서 재적인원 3분의 2이상의 출석과 출석회원 3분의 2이상의 찬성으로 의결한다.

제27조(재산 및 채무처리) 본회의 해산후의 재산 및 본회의 청산은 임원이 청산인이 되어 청산보고서를 작성하여 총회의 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.

③본 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(2000. 3.26)

①(시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

회원 명단 및 임원 주소록

임원

- 자문위원 : 이여하, 김사일, 김태훈, 이진규, 김태욱, 박순조
- 회 장 : 유택규
- 부 회 장 : 김규현
- 상임이사 : 안병영, 김정환, 연정수
- 이 사 : 이원규, 손요환, 이창석, 권상원, 이명중, 박재인, 김재수, 최 경, 마호섭, 송장호
정진현, 오중환, 홍인표, 이천용, 박승중, 박재순, 임용호, 곽준일, 박동근, 원현기
- 감 사 : 장영기

회원

강창호, 구교상, 구창덕, 김경하, 김도경, 김인호, 김철수, 김춘식, 박관수, 박남창, 박정신, 배상원, 변재경, 서수안, 서호석, 신상철, 심경용, 심우범, 안경모, 어윤갑, 원형규, 윤호중, 이시영, 이종학, 이충화, 이태수, 정영호, 조용철, 조현제, 홍한표, (30명)

임원주소록

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
자문위원	李麗夏	전 임정연구회 회장	서울 강남구 논현동 222-15	(02)548-5153
"	金思日	전 임업연구원 부장	서울 동대문구 이문1동 76-1 이경빌리지 202호	(02)963-2058
"	金泰勳	전 임업연구원 부장	서울 영등포구 문래동3가 금화아파트 1동 1505호 당산동 5가 42번지 당산삼성리미안 412-1902	(02)677-3926
"	李鎭珪	전 임업연구원 부장	서울 중랑구 선대동 783 성원아파트 101-705호 구리시	(02)439-1765
"	金泰玉	전 본회 회장	경기 남양주시 화도읍 창현리 745 두산아파트 205-1303	(031)511-8863
"	朴順祚	전 임업연수원장	서울 도봉구 창4동 동아청솔아파트 106-402호	(02)996-1507

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
회 장	柳澤圭	원광대학교 교수	서울 동대문구 청량리동 동부아파트 103-1404호	(02)959-0773
부 회 장	金圭憲	전임업연구원 산림자원부장	서울 구로구 구로1동 주공아파트 110-1303호	(02)869-2133
상임이사	安秉榮	한국산지환경조사연구회	경기 의정부시 호원동 우성3차아파트 303동 1408호	(031)874-5109
"	金正煥	"	성남시 분당구 정자동 90 느티마을 406동 1802호	(031)712-0791
"	延正秀	"	서울 도봉구 창4동 동아아파트 6-706호	(02)995-0194
이 사	李元圭	전 임업연구원 중부시험장장	서울 강동구 둔촌동 현대아파트 12동 307호	(02)475-5488
"	孫堯丸	고려대학교 교수	서울 도봉구 창1동 주공아파트 310-705	(02)997-0125
"	李昌錫	서울여자대학교 교수	서울 도봉구 창동 동아청솔아파트 112동 704호	(02)970-5666
"	李明鐘	강원대학교 교수	강원 춘천시 퇴계동 한주아파트 103-306	(033)250-8314
"	朴在仁	충북대학교 교수	충북 청주시 흥덕구 개신동 삼익아파트 101-1204호	(043)261-2532
"	金載水	충북대학교 교수	충북 청주시 상당구 율량동 럭키아파트 6-301호	(043)261-2532
"	崔敬	전 임업연구원 임지보전과장	서울 성북구 정능1동 경남아파트 103-603호	(02)915-0057
"	麻鎬燮	경상대학교 교수	경남 진주시 하대동 삼호맨션 다동 305호	(055)753-4549
"	宋長鎬	전 임업연구원 산림조사과장	서울 도봉구 창1동 663-28	(02)902-8254
"	鄭鎭炫	임업연구원 농학박사	서울 노원구 상계동 현대아파트 305-302호	(02)937-4826
"	吳宗煥	전임업연구원 임산공학부장	서울 노원구 상계3동 불암대림아파트 201-801호	(02)930-8817
"	洪寅杓	전 임업연구원 재료공학과장	경기도 의정부시 민락동 송산주공6단지 602동 904호	(031)852-1645
"	李天龍	임업연구원 임지보전과장	서울 동대문구 청량리2동 207	(02)961-2758
"	朴承鍾	전 부여국유림관리소장	서울 동작구 신대방동 616-57	(02)833-1553
"	朴宰淳	한국산지환경조사연구회	서울 강동구 고덕동 시영아파트 32동 404호	(02)426-8186
"	林隆鎬	한국산지환경조사연구회	서울 동대문구 제기1동 1212 한산아파트 111-1903호	(02)966-0663
"	郭準鎰	전 북부지방산림관리청	강원도 원주시 단구동 139-63 5통 1반	(033)763-0570
"	朴東根	전 북부지방산림관리청	강원도 원주시 단구동 80-5 2통 2반	(033)762-0081
"	권상원	한국산지환경조사연구회	경기도 용인시 상현동 만현마을 8단지 두산리보아파트 807동 904호	(031)276-3983
"	元顯基	전 북부지방산림관리청	강원도 원주시 명륜2동 현대아파트 201동 1403호	(033)762-1962
감 사	張永基	한국산지환경조사연구회	경기 의정부시 의정부동 신도아파트 201-802호	(031)876-2999

주요 일지

설립약사

- 95. 10. 29 창립총회
- 96. 8. 9 설립허가(산림청장)
- 96. 8. 31 법인등기(등록번호 115221-0001820)
- 96. 9. 9 사업자등록(등록번호 132-82-03732)
- 97. 2. 21 제1차 정기총회 개최
- 98. 3. 7 제2차 정기총회 개최
- 98. 4. 28 제1차 정관개정 승인
- 99. 3. 6 제3차 정기총회
- 99. 11. 13 제2차 정관개정 승인
- 2000. 2. 25 제4차 정기총회
- 2001. 2. 23 제5차 정기총회 개최
- 2001. 3. 17 산림사업을 목적으로 설립된 법인등록(산림청 제2001-5)
- 2001. 3. 26 제3차 정관개정 승인
- 2002. 2. 28 제6차 정기총회 개최
- 2003. 2. 21 제7차 정기총회 개최

1996년 ~ 2002년 사업실적

- 시군 산림입지조사 담당자 교육 : 103회
- 산림입지도작성 순회 기술지도 : 18회
- 항공사진판독 : 2,485,000ha
- 산림입지조사(현지조사) : 1,641,000ha
- 산림입지조사 보완 : 1,040,000ha
- 영림계획편성(산림조사) : 146,400ha
- 국유림 잡종재산 실태조사 : 2,877필지
- 산지환경회지 발간 : 5호

2003년 사업계획

- 영림계획편성(산림조사) : 60,000ha
- 철강재 사방댐 녹화시험연구 : 1건
- 산림훼손허가 예정지 입목축적조사 : 20건
- 국유림 잡종재산 실태조사 : 1,000필지
- 산지환경회지 발간 : 제6호

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 : 유 택 규

위 원 : 손요환, 이명중, 이천용
이창석, 최 경, 정진현
안병영

山地環境

第六號

發行人 柳澤圭 編輯人 柳澤圭 2003年 4月 印刷

2003年 4月 發行

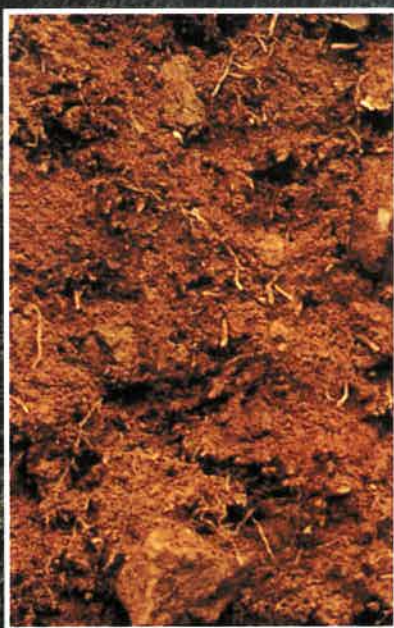
發 行 處 社 團 韓 國 山 地 環 境 調 查 研 究 會
法 人 京 畿 道 南 楊 州 市 榛 接 邑 長 峴 里 604-3

TEL(031)572-1678, FAX 572-7387

印 刷 刷 社 印 刷 公 司 社 印 刷 公 司 (02)2261-4431



정밀한 항공사진 판독에 의한 토양특성과 지위급 파악으로 산림생산력 증대



토양단면



항공사진판독



(사)한국산지환경조사연구회

주소 : 경기도 남양주시 진접읍 장현리 604-3

전화 : (031) 572-1678 Fax : 572-7387