

第七號

2004

ISSN-1226-8321

山地環境

특 집

- 일본에 있어서 수변지역 관리와 보전(III)
- 재목 및 야계에 설치되는 인공구조물의 관리전략



社團
法人

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

한국산지환경조사연구회 소개

설 립 목 적

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

주요활동 분야

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

중 점 사 업

- 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)

일 반 현 황

- 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
- E-mail : ipji7387@hanmail.net

산림임지조사장비



반사입체경(MS-27)



고도계(Thommen)



고도계(Vector)



레이저거리측정기(Yardage)



하그로프수고측정기(Vertex III)



썬토컴파스/크리노메타



생장추(스웨덴)



토양경도계

디지털연륜측정분석기(Digital Tree Ring System)



- ◆ 모 델 : DTRS-2000
- ◆ 크 기 : W1,562×D800×H1,115mm
- ◆ 측정단위 : 1/100mm
- ◆ 배 율 : 10배, 40배
- ◆ 최대측정거리 : 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

주요사업 분야와 성과품

사업 분야	성과품
○조사사업 - 토양조사 ○ 입지환경조사 ○ 토양단면조사(토양시료 분석) ○ 식생조사 - 산림실태조사 ○ 임목생장량조사 ○ 임분밀도조사 - 산사태 위험도 평가 ○ 산복붕괴 우려지 자연사면 전경사 인공사면 ○ 토석류 위험계류 ○ 땅밀림 우려지	- 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 2000~2003 : 201,243ha
- 국유림잡종재산 실태조사 2001~2002 : 2,877필지
- 산림훼손허가지 임목축적조사 2001~2003 : 12건
- 철강재사방댐 녹화시험연구 2001~2003 : 1건

第八次 定期總會 開催

일시 : 2004년 2월 23일
장소 : 한국산지환경조사연구회 회의실



▲ 2004년도 사업계획(안)과 예산(안)을 의결하였다.



▲ 2004년도 임원회의

차 례

머리말

유탉규

산림정책

2004년도 산림정책 방향

김남균 / 5

논 단

우리나라 수원함양 보안림제도에 대한 고찰

김사일 / 14

지구규모의 환경 파괴와 토양

이원규 / 23

특 집

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(III)

전근우 / 28

계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의

관리 전략

박재현 / 35

입지환경

산림사업관리가 산림토양에 미치는 영향

김춘식 / 68

국내외 기술정보

뉴질랜드 라디아타 소나무의 지속가능한 조림 구창덕 / 73

산림경관 보전을 위한 철강재 사방댐의 경관향상

기법 개발 안병영·최경·오종환·홍한표 / 89

중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황 최 경 / 119

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 세기의 화두는 세계평화와 빈곤으로부터 탈출 그리고 쾌적한 환경에서 안락한 삶이다.

세계 테러의 발원지라고 지목받은 이ラク을 미국은 정복하고 이ラク 국민의 인권유린으로부터 해방과 세계평화 확산을 주장하고 있지만 이ラク인은 미국이 자기나라 주권을 종속시키려 한다하여 반항하고 있다. 이웃나라 중국은 얼마전까지만 해도 한국을 발전모델로 보고 있더니 자기적인 개발모델을 제시 하면서 우리를 능가하겠다는 각오가 역역하다. 어떤면에서는 그러한 조짐도 틈틈이 보인다.

이러한 난관에 봉착한 국내정세는 확고한 국민의지를 결집시키지도 못하고 갈길을 잡지 못하고 허둥대고 있다. 국민의 삶자체는 어려워지고 젊은이들의 일자리는 줄어들어 그들의 희망을 잃고 있다.

한국산지는 프름을 되찾아졌지만 아름다운 산림에서도 멀고 좋은 용재를 생산해내야 하는 면에서는 아직도 요원하다. 국민은 산림의 공익기능증대를 요구하고 있고 인구가 밀집한 도시산림의 휴양기능 증진요구는 더욱 가속화 되고 있다. 한국산지환경조사연구회는 산림자원의 과학적 관리를 위한 산림입지환경과 산림생태환경 연구를 목적으로 하기에 핵심적인 과제 해결에 앞장서야 할 것이 아닌가 한다. 최근 지방자치단체들은 나름대로 관내 산림의 효율적인 이용과 개발을 위해서 저마다 노력을 하고 있는데 우리연구회는 이러한 일에 대해서 관심을 가지고 그들에게 기술적인 자문을 함은 물론 동참해서 문제를 해결해 나가는 적극적인 자세가 어느 때 보다도 필요하다고 본다.

우리 업무와 관련된 중요 과제들을 생각해 보면 첫째 해마다 여름이면 큰 피해를 가져오고 있는 산사태에 있어 피해를 극소화 하도록 예방조치하는 것은 산사태 발생 후에 복구에 전념하는 것보다 우선시 되어야 하기에 입지환경차원에서 산사태 위험지를 가려내고 위험지로 판정되었을 때 예방하는 공법기술을 체계화해서 보급해야 한다.

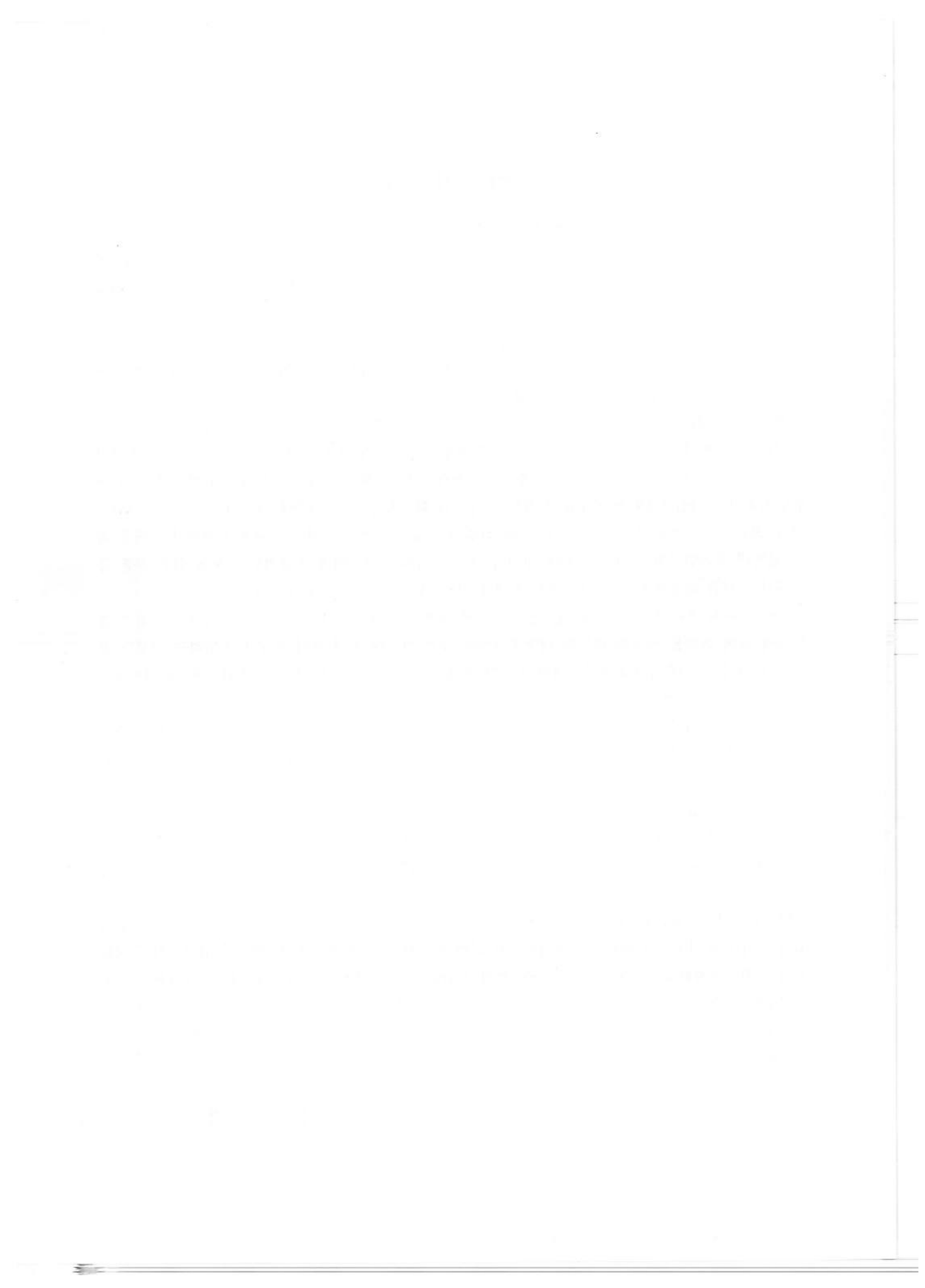
둘째 인구가 밀집한 도시주변 산림은 인간으로부터 많은 간섭을 받아 좋은 산림으로 육성시키기에 입지환경이 너무나 악화되어 있다. 이러한 산림에서는 오지산림과는 차별화된 집약적 관리기술과 체계가 이루어져야 한다. 또한 강력히 요구하는 시민들의 휴양기능을 향상시키는 산림구성과 분포에도 각별한 고려가 있어야 한다.

도시림에 대한 정확한 입지조사와 실태조사가 우선하여야하고 선진외국 도시림 조성사례를 연구하여 우리 기후풍토와 문화에 알맞은 도시림 모델로 개발해야한다. 이러한 중차대한 과제들이 우리들 앞에 놓여있다.

한국산지환경조사연구회는 최고의 기술진으로 풍부한 경험을 가진 인적자원을 갖고 있기에 기술선도의 중차대한 임무가 있음을 간과해서는 아니되며 이러한 일에 선봉에 나설 때만이 임업인의 긍지를 높이고 한국산지환경조사연구회의 위상이 높아지리라는 것을 강조하는 바이다. 제7호 산지환경은 우리업무와 관련된 전문인의 한국산림을 바라보는 시각과 기대하는 내용을 모아 우리들의 방향확립에 참고 하고저 하였으며 환경복구와 보전에 대한 것을 집중 조명하여 보았다. 관련분야에 종사하시는 여러분에 크게 기여하였으면 하는 바람이다.

2004년 4월 일

회 장 유 택 규



산림정책

2004년도 산림정책 방향

김 남 군

산림청 산림정책국장

1. 들어가는 말

산림행정이 그동안 추진한 주요성과와 앞으로 추진해야 할 과제 및 금년도 주요업무 추진 계획 등에 대하여 소개하고자 한다.

먼저 지난해 성공적으로 추진한 사항으로는 「제4차 산림기본계획(’98~07)」의 변경을 들 수 있다. 향후 5년간 산림정책방향을 재정립하고 산림의 경제적 효율성뿐만 아니라 생태적 건강성 등 산림의 다원적 기능을 강화하였으며 참여정부의 국정이념에 부합하도록 산림행정에 국민참여를 확대해 나가도록 하였다.

아울러 새로운 「산지관리제도의 기본틀」을 확립하고자 「산지관리법」을 제정·시행함으로써 산지의 난개발 방지를 위한 강력한 법적 수단을 마련하였으며, 「백두대간보호에관한법률」을 제정하여 백두대간 지역에 대한 무분별한 개발행위를 방지할 수 있는 제도적 기반을 마련하였다.

한편, 「숲가꾸기 5개년 추진계획」을 수립하여 향후 5년간 100만ha의 숲을 공익적·방재적·경제적 기능별로 육성하고 숲가꾸기 사업의 질적인 향상을 위하여 전문기술자에 의한 설계·감리제도를 도입하였으며, 사유림 숲가꾸기 추진을 위해 산주부담을 경감(20%→10%)하는 등 법적 제도적 장치를 마련한 점을 들

수 있다.

산림행정 혁신 성과로는 국·사유림의 대상별로 편제된 산림청 조직체계를 자원관리·산림보호 등 기능별로 개편하여 정책수행의 효율성을 제고하였다. 즉, 자원육성, 산림산업, 휴양·녹지 업무를 통합하여 산림자원국을 신설하고, 산불방지, 산림보호, 산림재해 업무를 통합하여 산림보호국을 신설하였으며, 혁신담당관실 및 정보화 전담부서를 신설하여 개혁역량을 강화하였다. 공정하고 투명한 인사운영제도 개선을 위하여 국유림관리소장 『경영능력평가제』를 도입하고 『다면평가제도』를 확대 시행하는 등 공정성 제고에 노력하였으며, 『인사배경 및 기준 공개제』 및 『인사희망 및 추천제』를 실시하여 인사 불만요인을 제거하였으며 직원 사기 진작을 위하여 연고지 근무신청제도 운영 기능직 공무원 고유업무 부여, 신규채용자 후견인 제도 도입 등 공정하고 투명한 인사운영관리에 크게 기여하였다.

산림행정에 대한 국민만족도가 향상되도록 민원서비스혁신을 위하여 민원이첩제도, 휴대폰 알림서비스, 민원결과 이메일 서비스를 실시하고 휴양림 예약추첨제를 도입하여 예약폭주에 따른 문제를 완화 하였으며 산지전용허가제도와 형질변경허가제도를 통합하여 절차를

간소화하는 등 노력으로 2003년도 정부업무평가 결과 주요정책부문 및 관리역량 부문에서 우수기관으로 선정되기도 하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 지난해에 여러 분야에서 많은 성과를 거두었으나 지속적으로 개선 발전시켜 나가야 할 분야도 적지 않다. 매년 우리에게 많은 피해를 주고 있는 '산불 및 산림수해피해를 줄여나가기 위한 활동을 범정부적으로 전개해 나가야 하고 특히, 남부지역에서 발생하고 있는 소나무재선충이 더 이상 확산되지 않도록 하는 한편, 「산림휴양문화진흥 종합대책」에 따라 주5일 근무제의 본격적 시행에 대비하여 휴양시설도 대폭 확충해 나가야 한다. 또한 국유림 관리에 국민이 직접 참여할 수 있는 숲 조성방안을 마련하고 시민단체와 공동으로 참여하는 '학교숲' 과 '도시숲' 조성사업을 더욱 발전시켜 나가야 한다. 아울러 산림면적의 2/3이상을 차지하는 사유림 경영이 촉진되도록 실효성 있는 방안을 마련하는 한편, 최근 대두되고 있는 수입목재파동 등에 대비한 목재수급안정화 대책을 강구하고, 정책자금운영의 투명화·원활화를 통해 임업인의 불편을 해소하는 한편 산림조합육성을 위한 중장기대책수립도 필요하다.

이러한 과제들을 감안하여 마련된 금년도 주요업무 추진계획을 소개하면 다음과 같다.

2. 2004년도 주요업무 추진계획

가. 기본방향

- 산림의 다양한 기능이 균형있게 발휘되도록

기능에 맞는 숲가꾸기를 중점 추진

- 보존해야 할 산림은 철저히 보존할 수 있도록 산지관리제도 확립
- 국민이 산림을 즐기고 이용할 수 있도록 산림휴양문화시설 확대

나. 주요추진과제

- 건강하고 가치 있는 산림육성
- 강력한 산지보호체계 확립
- 선진적인 재해관리체계 구축
- 삶의 질 향상을 위한 산림서비스확대
- 남북 및 국제협력 확대

다. 부문별 주요추진과제 및 정책방향

- 「숲가꾸기 5개년 계획」에 따라 금년부터 2008년까지 총 100만ha 산림을 기능에 맞도록 숲가꾸기 중점 추진
 - 금년에는 총 1,027억원의 예산을 투입하여 154천ha의 숲가꾸기 추진
 - 공익림 38천ha, 방재림 40천ha, 경제림 76천ha 실시
 - 향후 5년간 공익림 30만ha, 방재림 20만ha, 경제림 50만ha 숲가꾸기 완료
 - 숲가꾸기를 통해 연평균 2만명 이상의 상시고용 효과 달성
 - 농산촌 주민과 실업자들을 노무인력으로 흡수 : ('03) 13천명/일 ('08) 22
 - 숲가꾸기 사업을 선도할 기능인('07까지 1만명)과 전문기술인('07까지 1천명) 양성
- 지역특색에 맞는 다양한 숲을 조성하여 국민적 관심제고

- 강원·경북지역의 형질이 우량한 금강소 나무림 38만ha에 대한 후계림육성사업 착수('04:400ha)
- 지역별로 향토경관숲을 조성하여 아름다운 국토조성('04 : 2,774ha)
 - 경관림(2,754ha) 대나무 바이오숲(20ha) 아름다운 마을숲(18개소) 등
- 효과적인 산림육성을 위한 시스템 마련
 - 숲가꾸기 사업의 장애요인이었던 산주부담을 경감하여 시행하고, 앞으로 공익림의 경우 산주부담이 실질적으로 면제되도록 추진
 - ('03) 국고 40 : 지방비 40 : 자부담 20 ('04) 50 : 40 : 10
 - 산림사업지에 대한 「이력전산화 사업」을 추진하여 사후관리 강화(금년까지 시·군 자료입력 완료)
- 지속가능한 산림관리체계 확립을 위한 법제도 정비
 - 지속가능한 산림자원관리지침을 제정하여 기능에 따라 구분한 산림에 대하여 우선순위를 정해 효율적으로 관리
 - 수원함양림, 산지재해방지림 자연환경보전림, 목재생산림, 산림휴양림, 생활환경보전림 등 6가지 기능으로 구분
 - 기능별로 목표 임상(林相), 조림·육림방법, 산물처리 등을 달리하여 기술적으로 관리
 - 「산림자원관리법(가칭)」 제정을 추진하여 보다 강화된 산림관리체계 마련
 - 경제림의 경우 산림을 경영하는 산주에 대한 세제지원 확대
 - 공익림의 경우 국가와 자치단체가 적극 관리하는 시스템 도입
 - 산림을 방치하고 있는 산주에 대한 부담금제도 도입 등 검토
- 사유림 경영여건을 개선하고 지원제도 정비
 - 임업인 부채금리 인하(3~5.5%→1.5%) 및 증여세 면제시한 연장('03→'05) 조치로 경영부담 완화
 - 「산림소득종합자금제도」를 도입하여 임업정책융자금을 탄력적으로 운영
 - 일정규모 이상의 산림에 대한 영림계획 수립 의무화와 영림계획 임지에 대한 세제·금융지원 강화 방안 추진
- 산림조합을 혁신하여 사유림경영의 선도조직으로 육성
 - 「산림조합발전중장기계획」을 수립·추진하여 산림조합 구조조정 가속화
 - 금융 업무를 감축하고 산주에 대한 지도·지원기능 중심으로 시스템 개선 (지역조합의 경제사업 비중 강화)
- 산지소득 증대를 위한 인프라 구축
 - 밤·표고·송이 등 고소득 품목의 산업화 기반을 마련
 - 밤작업로 시설('04 : 1,300km), 밤나무 관리 등('04 : 7,018ha) 확대
 - 표고재배 시설('04 : 103ha), 임산물생산단지('04 : 6개소) 확충
 - 생산자 중심의 유통체계 구축
 - 저장·건조시설('04 : 66개소) 추가조성 및 출하자금(534억원) 지원

- 임업관측 사업 확대('03 : 밤 04 : 밤→ 표고)
- 목재파동에 대비한 종합적인 수급계획 수립
 - 추진
 - 목재파동시 적용할 단계별 조치계획 및 신규제도 마련
 - 목재생산용도지정제, 목재수급조정명령제 등 도입 검토
 - 목재물류기지 지정·협의 추진 목재집하장 기능 개선 등을 통해 원목비축 기능 강화
 - 국내 생산재 중 합판용재로 사용가능한 원목은 산림법상의 수의계약매각제도를 활용하여 업체에 우선 공급
- 목재산업의 경쟁력 제고방안 강구
 - 목제품 유통질서 확립을 위해 품질인증제 시행('04.7월)
 - 국립산림과학원에 품질표준연구실 신설 등 시행 준비
 - 목조건축산업 육성을 위한 여건 조성에 주력
 - 건축법령을 개정하여 목조건축 설계기준 및 내화기준 정립
 - 과학원이 개발한 국산낙엽송 트러스 자재의 공급방안 마련
 - 목조건축대전을 매년 실시하여 목제품 수요창출
 - 목재문화체험장(2개소)을 신규 조성하여 목재문화 진흥
- 해외조림을 확대하여 안정적인 목재자원 확보
 - 2050년까지 100만ha의 해외조림을 목표로 대상국과 조림지 확대
 - 대상국 : ('03) 7개국 → ('04) 8개국 (필리핀 신규 진출)
 - 조림지 : ('03까지) 93천ha → ('04까지) 100천ha → ('07까지) 130천ha
 - ※ 조림목 도입 대폭 확대 : ('03) 30천BDT → ('04) 113천BDT
 - 해외조림사업 활성화를 위해 참여업체의 경영부담 경감방안 추진
 - 융자금 이자율 인하, 해외조림목 담보설정 대출 추진 등
- 산지관리제도를 엄정히 운용하여 산지전용을 최소화
 - 새로 정립된 산지전용허가기준 및 채석허가기준 등을 엄격히 적용
 - 절개면 경사도 기준, 완충구역 설정, 고도에 따른 허가제한 등 새로 추가된 요건을 중점적으로 검토
 - 산지관리법상 산지전용제한지역 「지정 추진
 - 생태적·경관적 가치가 우수한 백두대간, 낙동정맥, 금남정맥에 대한 현지조사 및 제한지역 지정 추진(약 15~20만ha)
 - 산지관리위원회 운영을 내실화하고, 산지보전협회의 설립 및 활동을 지원하여 법의 실효성 확보
- 국유림을 확대하여 산지의 공익적 관리기반 확보
 - 2020년까지 사유림 48만ha를 매입하여 국유림을 현재 22% (144만ha)에서 30%

(192만ha)수준으로 확대

- 사유림매수물량 확대

· ('03) 5,808ha → ('04) 12,900ha

○ 보안림, 유전자원보호림, 산지전용제한지역 등 법정제한림에 속한 사유림에 대해 적극 매수 추진

○ 국유림의 확대 및 효과적 운용을 위한 법체계 정비

- 국유림관리의 특수성을 반영한 「국유림경영관리법」 제정추진

- 국특회계 지출구조 개선에 따른 국유재산특별회계법 개정 협의

□ 백두대간보호에관한법률 에 따라 기본계획 수립 · 추진

○ 백두대간 마루금 지역을 중심으로 「백두대간보호지역」을 지정하여 엄격히 보호

- 백두대간보호지역은 공용·공공용 시설 외의 모든 개발행위 금지

○ 산림생태적 가치가 높은 지역에 대해서는 「산림유전자원보호령」을 확대 지정

○ 이미 훼손된 지역에 대해서는 자연친화적으로 사후관리

- 원상회복이 가능한 지역은 향토수종 위주로 생태조림을 실시하고, 그 외 지역은 수목원·휴양림 등 생태시설 조성

※ 백두대간 마루금 등산로는 '국가등산로'로 지정하여 특별관리

○ 백두대간보호지역 내의 사유림(약17만ha)은 국가가 적극적으로 협의 매수

□ 백두대간 보호를 위한 제도적 기반 확립

○ 「백두대간보호에관한법률」 시행을 위한

하위법령 완비

- 부처간 협의와 국민의견수렴 과정을 거쳐 최적의 법령이 제정되도록 추진

○ 국무총리를 위원장으로 하는 「백두대간보호위원회」를 구성하여 범정부적인 보호대책이 추진되도록 운영

○ 금년 초 조직개편으로 신설된 「산림보호국」을 중심으로 종합적인 산림생태계 보전대책 추진

□ 효과적인 수해방지를 위한 인프라 구축

○ 향후 기상이변에 대처할 수 있도록 사방댐 등 시설 대폭 확충

- 사방댐 : ('03까지) 1,333개소 → ('04) 175 → ('08까지) 3,108개소

- 야계사방 : ('03까지) 4,322km → ('04) 70 → ('08까지) 5,492km

○ 임도는 재해에 안전하도록 구조개량사업을 조기 완료

- ('03까지) 4,497km → ('04) 1,640 → ('05까지 완료) 9,297

○ GIS 조사기법을 활용한 산사태 위험지도를 제작('04~'05년)

- 위험도가 높을 경우 재해위험지구로 지정하고 예방사방 추진

- 인터넷을 이용하여 산사태 위험지도를 일반 국민에게 제공

□ 항구적인 수해관리 방안 강구

○ 수해 취약지에 대하여는 유역단위로 조림·육림사업 등을 종합적으로 추진

- 집수유역이 500ha 이상지역을 대상으로 우선 금년 3개소에 대해 시범사업 후 전

면적으로 확대

- 수해피해 가중요인 제거를 위해 숲가꾸기 산물 수집방안 강구
 - 숲가꾸기 산물수집비용 지원대책을 강구하고, 계곡·하천 인접지역의 간벌목은 전량 수집토록 조치
- 연구기능을 강화하여 과학적인 재해방지 체계 구축
 - 국립산림과학원에 재해방지연구센터 설립방안 추진
 - 재해위험도 평가·예방사방 연구 및 산사태 복구사업의 기본틀 정립

□ 산불 초동진화를 위한 전문인력 및 첨단장비 확충

- 산불전문예방진화대를 확대 운영
 - ('03) 2,256명 → ('04) 3,008명
- 헬기 등 공중 및 지상 장비확충으로 30분 내 출동체제 구축
 - 헬 기 : ('03까지) 37대 → ('04) 5대
 - 격납고 : ('03까지) 7개소 → ('04) 8개소
- 첨단 산불관리 통합시스템을 효율적으로 운용
 - 산불위험예보 및 산불통계관리 시스템 본격 가동
 - 헬기에 위치판독시스템(GPS)를 장착하여 효율적으로 운영
 - 감시카메라 확충 : ('03까지) 105개소 → ('04) 30개소
 - 통신 사각지대 최소화를 위해 간이 기지국(40개소) 증설

□ 범정부적인 산불예방대책 추진

- 유관기관과의 협조체제를 강화하여 범정부적 산불대응
 - 산불방지협의회, 시·도 관계관회의 등 운영
 - 4월을 “대형산불특별대책기간”으로 정하고, 현장 대책 강화
 - ※ 총선(4.15)으로 인해 비상근무 및 현장인력관리 강화
 - 논·밭두렁 잡초 등 산불취약요인 제거사업을 산불위험시기 이전에 완료(77천개소 81천km)
 - 금년 2월까지 완료하되 개별소각은 금지하고 공동소각 유도
 - 민간단체를 적극 참여시켜 자율적인 예방활동 강화
- #### □ 소나무재선충방제 5개년계획 을 차질없이 추진
- 피해목의 조기발견을 위해 지역별 예찰책임제 실시
 - 예찰원 배치 : ('04) 257명
 - 단계적인 피해목의 벌채·제거로 방제의 효율성 제고
 - 1단계 : 피해목의 벌채 및 훈증처리하는 4월말까지 100% 완료
 - 2단계 : 매개충의 우화시기(5~8월) 이후 9월부터 추가발생분 제거
 - 항공방제는 외곽 선단지에서 집단발생지로 강도높게 실시
 - 피해 선단지인 전남 목포·신안, 경북 구미지역의 항공방제를 현재 3회에서

4회로 확대

- 무공해·저독성 생물농약의 개발로 생태계 피해를 최소화
- 재선충 피해가 심각한 부산·경남지역의 경우 국고보조율을 높여 지방비 부담 경감 (50%→70%)
- 「소나무재선충방제특별법」 제정을 추진하여 효율적 방제수단 확보
- 피해목 이동제한, 산주의무, 방제명령, 벌칙규정 등 제정

□ 국유림을 국민이 가꾸고 누리는 국민의 숲으로 관리

- 나무를 심고 숲을 가꾸는 데 일반국민과 민간단체의 자원봉사 역량을 활용할 수 있는 제도 마련
- 「단체의 숲」을 조성하여 학교·기업·시민단체와 연계
- 「자원봉사의 숲」을 조성하여 국민의 숲 체험 기회 부여
- 산림의 혜택을 공급하고 누리는 데 시민과 기업의 참여 확대
- 「산림레포츠의 숲」을 조성하여 각종 동호회와 연계
- 「사회환원의 숲」을 지정·운영하여 기업·공익법인 등이 직접 수목원·휴양림을 조성한 후 국민에게 제공할 수 있도록 유도

□ 산촌주민을 국유림관리에 적극 참여토록 유도

- 일부 국유임산물을 산촌주민에게 제공하고 주민에게는 산림보호 의무를 부여하는

국유림 연대관리 강화

- 산림보호와 연계한 국유임산물 무상양여 제도 적극 시행
- 국유림 영림계획 수립 및 사업평가에 있어서 지역주민과 관련단체의 요구가 적극 반영되도록 참여장치 마련

□ 제도정착을 위한 시스템 정비

- 새로 제정할 국유림경영관리법 등에 법적 근거 마련
- 국민참여형 국유림 관리전용 홈페이지를 구축하여 운영
- 설문조사와 현지실사 등을 통해 평가하고 공·사유림으로 확대 추진

□ 시민단체와 함께 도시숲 조성 운동 추진

- 방치되어 있는 자투리 국유지를 활용하여 생태형 도시숲(산림공원) 조성 확대
- ('03까지) 12개소 → ('04) 5개소 → ('07까지) 560개소
- 경주 왕경숲, 보은 소나무테마숲 등 지역특색 도시숲 신규조성
- 민간단체와 파트너십 제고로 학교숲 조성 활성화
- ('03까지) 1,070개교 → ('04) 300개교 → ('07까지) 3,430개교
- 교육인적자원부가 지정하는 학교숲 시범학교를 운영(22개교)
- “학교숲의 날” 등을 통하여 우수사례를 적극 홍보
- 시민들이 참여하는 「도시녹화운동」 전개
- 도시숲과 학교숲 조성 사업을 연계한 다양한 캠페인 실시

- 가로수를 체계적으로 관리하여 도심과 외곽의 네트워크 구축
 - ('03까지) 26천km → ('04) 3천km → ('07까지) 45천km
- 도시숲 조성·관리를 위한 제도 정비
 - 전국 도시숲 현황에 대하여 시·군단위로 실태조사 실시('04~'07)
 - 도시숲의 지속적 관리를 위한 「녹색총량제」 도입 추진
 - 중·장기적으로 「도시숲조성및보전에관한법률」 제정 추진
- 남북 당국간 협력사업 확대
 - 임진강 수해방지 사업의 지속적 추진
 - 황폐지복구는 남북경제협력추진위원회 실무합의가 되는대로 조림복구를 위한 묘목(250만본)을 우선 지원하고 단계적 확대
 - 우리산림에 영향을 줄 수 있는 금강산지역 병해충 방제 추진
 - ('03까지) 5천ha → ('04) 2천ha(솔잎혹파리 1천 잣나무넓적잎벌 1천)
 - 북한 황폐지 복구를 위한 당국간 신규 협력사업을 적극 발굴
 - 묘목 및 자재지원과 병행하여 양묘장 복구와 기술을 전수
- 민간주도 협력사업에 대한 지원 확대
 - 평화의 숲 등 민간에서 추진되는 양묘장 복구 등에 남북협력기금이 지원될 수 있도록 관계부처와 협의
 - 민간 협력사업에 공공부문 전문가 참여 지원
- 사막화 방지 협력사업을 다각적으로 확대
 - 중국·몽골 사막화 방지 조림사업('01~'05, 8028ha)을 지속 추진하고 미얀마 조림사업('04~'06, 330ha)을 신규 추진
 - 산림관련 NGO에 사막화 방지 협력사업 참여 기회 제공
 - 한국국제협력단(KOICA)의 용역사업을 NGO가 추진
 - 녹색자금은 민간단체의 협력사업에 지원하는 방안 모색
- 양자 및 다자간 국제협력의 내실화
 - 양자협력 약정사항을 국제여건 변화에 맞도록 재검토
 - ※ 04 양자회담 : 4개국(몽골, 베트남, 미얀마, 중국)
 - 양자 실무자급 협력회의를 개최하여 실질적인 협력 토대 구축
 - 제1회 한·일 실무자급 협력회의 개최(1.9)
 - 국제적 규범에 걸맞는 이행·대응체제 구축
 - 협약별로 국제규범의 이행 장애요인을 지속적으로 평가하고, 이행방안 마련을 위한 분야별 T/F구성
- DDA FTA 등 통상협상에 적극적으로 대처
 - DDA협상에서 주요 품목인 합판, 밤, 표고 등의 피해가 최소화 되도록 다각적인 노력 경주
 - 단기소득임산물의 경우 양허폭 최소화 및 이행기간 연장 노력
 - 목재류의 경우 관세감축폭 최소화 노력

(일본·대만과 공조)

- 본격 추진이 예상되는 한·일 한·싱가포르 FTA에 대비하여 품목별 영향분석 등 사전 대처방안 강구

3. 맺는 말

참여정부 1년 동안 추진한 주요 산림정책에 대한 성과와 앞으로 지속적으로 추진해야 할 과제 및 금년도 주요업무추진계획을 간략히 살펴보았다.

올해는 과거 치산녹화 30년의 산림정책을 마

감하고 새로운 세대의 산림정책을 시작하는 해이기도 하다.

시대가 바뀌면 정책환경도 변하기 마련이다. 앞으로는 산림에 대한 사회적 수요에 부응하여 산림이 임산물을 생산하는 것 이외에도 고용을 창출하는 일터로서 그리고 우리가 살아가는 삶의 공간이자 조건으로서 제 기능을 충분히 발휘하도록 조성관리해 나감으로써 '산림기본계획'에서 제시하고 있는 '사람과 숲이 어우러진 풍요로운 녹색국가'를 구현할 수 있도록 우리의 역량과 관심을 모아나가야 하겠다.



우리나라 수원함양 보안림제도에 대한 고찰

김 사 일

한국산지환경조사연구회 자문의원

1. 서론

물은 인간을 포함한 모든 생물의 생존을 위하여 필수불가결한 소중한 자원이지만 불행하게도 유엔환경계획(UNEP)에 의하면 2025년에는 물 부족 상태가 심각해져 전 세계 75억 인구 중 30억명이 물 부족으로 고통을 겪게 될 것이라고 예측하고 있으며 물의 중요성과 물 부족에 대한 경각심을 일깨우고 물의 절약을 생활화하여 물의 경제를 도모코저 유엔(UN)에서는 2003년을 “세계물의 해”로 선포하기에 이르렀다. 국제인구영향연구소(Population Action International)의 발표에 의하면 우리나라는 물부족 국가군에 포함되고 있다. 우리나라 연간 총 강수량 1,283mm중 약 70%에 해당하는 강수량이 우기인 여름철에 집중되고, 강수량의 대부분을 이용하지 못하고 그대로 하천으로 흘러보내고 있으며, 이와같이 흘러보내고 있는 물을 저장하였다가 이용할 수 있도록 한다는 것은 우리가 살아남기 위한 지상과제가 아닐 수 없다. 이러한 물 문제의 해결은 투자비용이 적게 들고 지속적인 효과를 기대할 수 있는 산림의 수원함양기능의 증진에 의존할 수밖에 없다고 생각하며 특히, 우리나라와 같이 전국토의 65%를 산림이 차지하고 있는 나라에

서는 더욱 그럴 수밖에 없다고 생각한다. 2003. 12. 11 사단법인 한국산림과학기술 단체 연합회 주최 “산림과 물”이란 학술심포지엄 석상에서 최중수(催鍾受) 산림청장께서 축사를 통하여 산림청에서는 산림의 수원함양 기능을 강화하기 위하여 5대강 유역의 수계를 중심으로 숲 가꾸기와 사방사업 등을 통합하여 유역 관리 중심으로 사업을 실시하는 한편, 수원 함양 보안림의 지정도 확대해 나가겠다고 하시며, 이와 같은 사업을 강력히 추진하기 위한 필요한 재원으로 현재 5,000억원 규모의 [수계관리 기금]의 산림계정이 신설되도록 하여 이 기금에서 숲을 가꾸어 깨끗한 물을 공급하는 산주에게 혜택이 돌아가도록 하고, 장차 수원함양 보안림으로 지정된 사유림은 산림청에서 연차적으로 매수하여 국유림으로 관리하겠다는 말씀을 듣고 쌍수를 들어 환영하면서 이와 같은 사업들의 차질 없는 추진을 위한 기초 사항으로 검토되어야 할 문제들을 살펴보고자 한다.

2. 우리나라의 용수공급 현황과 전망

우리나라는 연평균 강수량이 1,283mm로 세계평균 강수량 973mm 보다 1.3배나 되지만,

연평균 강수량의 약2/3에 해당하는 855mm가 우기인 여름철(6월~9월) 4개월 동안에 집중적으로 내리고, 총강수량의 1/3에 해당하는 428mm는 건기인 가을~겨울~봄의(10월~다음해5월) 8개월 동안에 내리고 있는 등 계절적인 강수편차가 커서 우기에는 홍수가 자주 범람하고 건조기에는 가뭄에 의한 물 부족의 고통을 다반사처럼 겪어왔다. 이와 같은 현상의 극복을 위하여 현재까지는 관개용 소형 댐과 다목적 대형댐 건설에 의존해 왔으며, 댐 건설은 한발과 홍수의 조절은 물론 많은 양의 수자원을 확보하여 용수의 원활한 공급으로 국가경제 발전에 기여한 바가 크다. 그러나 댐 건설은 기상이변, 자연생태계파괴, 토지, 동식물, 문화재 등 각종 귀중한 자원과 재산의 수몰 등 편익보다 역기능이 더 커서 댐 건설에 대한 국민적 반대에 부딪치게 되었다. 그리고 지금처럼 물의 낭비가 계속되고 인구증가 및 각종산업의 발달로 물의 수요량이 증가한다면 2020년에 가서는 연간 26억톤의 물이 부족할 것으로 예측하고 있다. 우리나라의 연간강수총량 1,276억톤(연강수량 : 1,283mm, 국토면적 : 99,460km²로 환산)중에 65%인 823억톤은 산림에서 흘러나오는 산원수로 우리나라 하천수의 질과 양은 산림의 상태에 좌우될 수밖에 없다. 그리고 우리나라의 물 이용과정을 살펴보면 연간 총 강수량 1,276억톤 중 증발, 동·식물의 흡수, 지중수 등으로 손실되는량이 545억톤으로 총강수량의 약 43%를 차지하고 하천으로 유입되는 하천수량은 731억톤으로 총강수량의 57%를 차지하고 있으며, 하천수 731억톤의

67%에 해당하는 493억톤은 홍수시에 방류되어 버리고, 이용가능한 평상시의 하천의 유출량은 238억톤으로 하천수의 33%를 차지하고 총 강수량의 19%밖에 되지 않아 우리나라는 물을 제대로 활용하지 못하고 있는 나라란 것을 여실히 나타내고 있다. 현재 우리나라 산림이 지니고 있는 수원함양 능력은 180억톤이지만, 앞으로 산림을 잘 가꾸어 간다면 240억톤 이상 수원함양 능력을 향상시킬 수 있다고 하니, 국민이 반대하는 대형댐을 건설하지 않더라도 산림을 잘 가꾸고 물의 공급체계를 개선하여 이용률을 높이고, 물의 절약을 생활화한다면 물 부족국가에서 벗어날 수 있을 것으로 전망된다.

3. 수원함양 보안림 지정 및 해제실태

(1) 연도별 변동추이

수원함양 보안림 지정면적의 연도별 변화추이를 살펴보면 1962년에 15.875ha였고, 1965년까지 15.856ha로 별 변화가 없었으며, 1966년부터 1970년까지 5년동안에는 무려 266.233ha나 증가하여 282.089ha가 되었고, 1976년이후 점진적으로 감소하여 1995년에는 157.531ha인 최저수준까지 감소하였다가 1996년부터 제3종 수원 함양보안림(상수원 수질관리에 필요한 산림)의 지정 확대로 2002년에는 수원함양보안림 지정면적이 306.887ha로 증가되었다. 이중에 제1종 수원함양 보안림이 45%, 제2종 수원함양보안림이 5%, 제3종 수원함양 보안림

연도별 수원함양 보안림의 면적추이

(단위 : ha)

연 도	수 원 함 양 보 안 림			
	소 계	1종	2종	3종
1962	15,875	15,875	-	-
1965	15,856	15,344	512	-
1970	282,089	272,845	9,244	-
1975	282,605	273,039	9,566	-
1980	275,723	248,250	27,473	-
1985	235,022	208,435	26,587	-
1990	160,634	140,631	20,003	-
1995	157,531	139,003	18,528	-
2000	284,288	137,009	16,295	130,984
2001	283,751	136,494	16,282	130,975
2002	306,887	136,375	16,270	154,242

자료 : 임업통계요람 : 1972, 1979, 1982, 1996, 2002, 2003

이 50%를 차지하고 있다. 그리고 수원함양 보안림 중에 그 지정면적이 가장 많이 감소한 것은 제1종 수원함양보안림으로 1975년에 273,039ha로 절정을 이루었다가 점점 감소하여 2002년에는 136,375ha까지 감소하여 1975년에 비하여 무려 136,664ha(50%)가 감소하였다.

(2) 제1종 수원 함양보안림 지정조건

산림법 시행규칙 제44조 제1항 4호 가의 규정에 의하면 제1종 수원함양 보안림은 하류의 농업용수, 발전용수, 공업용수 등 주요산업용수의 저수량에 절대적인 영향을 준다고 인정되는 저수지 주위산림으로 그 지정범위는 저수지 만수위로부터 1km 이내로 하고 1km 이내에 분수령이 있는 경우에는 분수령을 경계로 하여 지정하는 것으로 되어있다.

(3) 수원함양 보안림 해제조건

산림법 제57조 5호에 의한 수원함양 보안림의 해제는 수원함양목적의 보안림으로서 그 지정목적에 장애가 없고, 온천개발 또는 토석채취가 불가피하다고 인정할 때 동법 제57조 6호에서는 수원함양목적의 보안림으로서 10ha 이상을 8년이상 소유한 산림소유자가 보안림의 지정목적에 장애가 없는 범위내에서 부지면적 100m²미만의 관리사를 설치할 필요성이 있다고 인정될 때에 한하여 수원함양보안림의 일부분만 해제할 수 있도록 한정하고 있다.

(4) 지정 및 해제에 대한 검토의견

이상에서와 같이 제1종 수원함양 보안림의 지정목적과 해제규정을 감안할 때 제1종 수원함양보안림으로 지정되면 저수지 저수량확보

를 위하여 그 저주지가 용도폐기 되기 전에는 해제가 불가능할 것이 본법의 정신이라고 사료되고 그에 따라 산림법 제57조 5항, 6항에서도 수원함양 보안림의 지정목적에 장애가 되지 않는 범위내서 온천개발, 토석채취, 100m² 이하의 관리사 신축부지 등에 한하여 해제가 가능하도록 규정하고 있다. 그러나 이와 같은 규정에도 불구하고 많게는 수천ha, 적게는 수백ha씩을 한해에 해제를 단행하여 1975년에서 2002년 사이에 해제에 의한 1종 수원함양 보안림 면적이 136,664ha(1975년 기준 약 50%에 해당하는 면적)가 감소하였다. 그리고 해제대상 산림은 사유림이고 해제의 사유는 보안림으로 지정된 사유림의 규제완화 차원에서 해제하였다고 하나 해제 규정에 근거한 해제의 사유가 될 수 없고 수원함양 보안림 지정 목적에도 역행하게 되므로 보안림의 규제 완화를 위한 해제조치 보다는 보안림 지정으로 인한 손실보상 차원에서 산림 소유자에게 혜택이 돌아갈 수 있도록 제도를 개선해 나가는 것이 현명한 정책의 방향이 아닌가 싶다.

4. 수원함양 보안림 지정의 법적 근거와 문제점

(1) 수원함양 보안림 지정의 법적 근거와 문제점

· 산림법 제 56조 제1항 수원의 함양을 위하여 필요하다고 인정될 때는 농림부령이 정하는 바에 따라 시, 도지사, 지방산림관리청장은 당해 산림을 수원함양 보안림으로 지정할 수

있다고 되어있고 동조 제2항에서는 제1항의 규정에 불구하고 산림청장은 상수원의 수질관리를 위하여 필요하다고 인정될 때는 농림부령이 정하는 바에 따라 산림을 수원함양 보안림으로 지정할 수 있도록 되어 있다.

· 법 제56조 1항의 농림부령에 위임사항은 제1종 수원함양보안림과 제2종 수원함양보안림의 지정에 관한 사항으로 제1종 수원 함양 보안림은 하류의 농업, 공업용수 등에 절대적인 영향을 준다고 인정하는 저수지주변산림 이 경우 그 지정은 만수위로 부터 1천 미터 이내로 하며 1천 미터 이내에 분수령이 있는 경우에는 분수령을 경계로 하는 것으로 되어있고 제2종 수원 함양보안림은 상류수원지대로서 한 수해에 큰 영향을 준다고 인정하는 산림, 계곡의 경사가 급한 산림 또는 자연환경조건으로 인하여 임목의 성장이 불량하거나 수종갱신이 곤란한 산림 이 경우 그 지정 면적은 50ha이상으로 한다고 되어 있으며

· 법제56조 제2항의 농림부령에 위임사항은 제3종 수원함양 보안림지정에 관한 사항으로 제3종 수원함양보안림은 상수원 수질 관리를 위하여 필요한 지역으로 다음수계(한강수계, 금강수계, 영산강수계, 섬진강수계)의 양안 5km 이내에 있는 국유림 또는 공유림에 한하여 지정하는 것으로 되어 있다.

(2) 수원함양보안림지정 규정에 대한 문제점 검토

· 제1종 수원함양보안림의 지정구역을 저수지 주변산림으로서 저수지 만수위로부터 1

km 이내로 정하고 있으나 과연 1km 이내의 범위지역이 산림의 수원함양 기능의 발휘를 최대화 하는데 적정구역의 범위인지 생각 같아서는 지정구역의 범위를 2km, 3km 등으로 확대하면 더 효과가 클 것으로 생각 되는 바 연구를 통한 과학적인 적정기준이 구명되어야 한다고 보며 산림법시행 규칙(농림부령)제44조 제1항에서 보안림의 지정은 능선, 계곡 등 천연 경계로 구획을 정하여 지정 한다 로 되어 있으므로 이에 따라 만수위 1km 이내의 범위를 저수지 주변 산림의 능선과 계곡을 경계로 하여 지정 한다 로 하는 것이 좋지 않을까 싶다.

· 제2종 수원함양보안림 지정에 있어서 상류수원지대로 한·수해에 큰 영향을 주는 산림이란 기준은 어디까지가 한·수해에 큰 영향을 주는 지역인지 결정하기가 애매모호하여 보안림 지정권자에 따라 서로 다를 수밖에 없다고 생각되며 이와 같은 혼돈을 방지하고 같은 기준을 적용할 수 있게 하기 위하여 산림법 시행세칙에 과학적인 근거에 의한 구체적인 기준을 마련하여 두어야 한다고 보며 또한 그 지정 면적을 50ha이상으로 한다고 되어 있으나 50ha이하인 경우에는 어떻게 할 것인가 하는 문제도 있기 때문에 면적 단위로 지정하는 것 보다 제1종 수원함양 보안림에서와 같이 구역 단위로 지정하면 경사가 급한 산림, 수목생장이 불량한 산림등도 다 포함될 수 있으므로 보안림 지정 조항에 “경사가 급한 산림 또는 자연환경조건으로 인하여 임목의 성장이 불량하거나 수종 갱신이 불량한 산” 이라는 조항은 삭제 하여도 무방할 것으로 생각한다.

· 제3종 수원함양보안림지정에 있어서 상수원 수질관리를 위하여 필요한 지역인 수계의 양안 5km 이내에 있는 국유림 또는 공유림에 한하여 지정하는 것으로 되어 있다. 그러나 수계의 양안 5km 이내에 있는 사유림은 수질관리와 관계가 없어서 보안림 지정에서 제외시킨 것이 아니라고 보며 보안림 지정에 따른 산주들의 보상요구가 거세질 것을 감안하여 고의적으로 제외시킨 것으로 밖에 볼 수 없으며 상수원 수질관리를 위한 필요한 지역이면 사유림도 보안림으로 지정하여 관리하는 것이 상수원 수질관리를 위한 보안림지정 목적에 부합하는 조치라고 생각하며 산주에 대한 보상 문제를 피할 것이 아니라 심도 있게 연구 검토하여 해결해 나가야 한다.

· 수원 함양 보안림 지정에 있어서 1종, 2종, 3종 등으로 구분하여 지정할 필요가 없다고 생각한다. 이유는 현실산림을 두고 생각할 때 저수기능, 한·수해조절기능, 수질정화기능을 발휘하는 산림이 따로따로 있는 것이 아니라 같은 산림내에서 동시에 3가지 기능을 발휘하고 있기 때문에 사실상 구분이 불가능 하고 또 구분한다 하여도 무의미 할 뿐 아니라 구분 지정하므로 해서 적용되는 시업체제, 시업제한 조건, 관리규정 등이 달리 적용되고 있지 않기 때문이기도 하다.

5. 수원함양 보안림의 시업제한 규정에 대한 문제점

(1) 시업제한 규정

· 산림법 제 62조 제1항에서 보안림 구역 안에서는 시·도지사, 지방산림관청장의 허가를 받지 아니하고는 임목·죽의 벌채, 임산물의 굴취, 채취, 가축의 방목, 기타 토지의 형질을 변경하는 행위를 못하도록 되어 있고 다만 무육을 위한 벌채와 농림부령이 정하는 바에 따라 신고를 하고 행하거나 신고 없이 행할 수 있다.

· 동조 제2항에서는 시·도지사 또는 지방산림관청장은 제1항의 허가 신청이 있을 때는 그 신청의 내용이 보안림을 지정한 목적의 달성에 장애가 된다고 인정되는 경우를 제외하고는 이를 허가하여야 한다.

· 본 조항에서 농림부령에 위임된 사항은 보안림 내에서의 임의 또는 신고에 의한 벌채, 임산물의 굴취, 채취에 관한 규정으로 산림법 시행규칙 제48조의 2 제1항에서는 보안림내서 신고없이 임의로 임목·죽의 벌채, 임산물의 굴취·채취를 할 수 있는 경우는 동법시행규칙 제94조 제2항 및 제4항의 규정을 준용한다.(육림목적의 벌채, 단목고사제거, 대나무 벌채, 임도 및 방화선 설치 지장의 벌채, 농경지 또는 주택에 연결하여 피해 우려가 있는 임목의 벌채 등등 구체적으로 규정하고 있음)

· 신고에 의하여 할 수 있는 경우는(제1항 2호) 수원함양 증진을 위하여 활엽수림 또는 혼효림의 조성을 위한 벌채는 벌채면적 1ha 이내로 한정하고 있다.

(2) 사업제한에 대한 검토의견

· 이상에서와 같이 산림법시행규칙 제48조

의 2 제1항의 규정에 의하여 의미 및 신고로 행할 수 있는 임목·죽의벌채, 임산물의 채취·굴취 등의 행위를 제외하고는 산림법 제62조 제1항의 규정에 의하여 허가를 받도록 되어 있고 허가요건은 수원함양 보안림지정의 목적달성에 장애가 되지 않는 범위 내에서 허가하도록 되어 있다. 그러나 수원함양 보안림에 대한 수종, 수령, 임목도, 임상, 혼효율, 입지조건 등을 감안한 표준 사업관리지침이 마련되어 있지 않아 수원함양보안림 지정의 목적 달성에 장애가 되지 않는 범위를 알 수 없어 허가권자의 자의에 따라 허가의 가·부가 결정될 수밖에 없고 이로 인하여 같은 사항의 허가 신청이라 할지라도 허가권자에 따른 견해의 차이로 허가여부의 결정이 달라 질 수 있음을 배제할 수 없다. 이와 같은 폐단을 막기 위해서는 수원함양 보안림지정의 목적 달성에 가장 적합한 임상 상태를 유형별로 구명·정립하고 이에 따른 사업체계를 수립하여 수원함양 보안림 내에서의 사업허가 기준자료로 활용할 수 있도록 해야 한다.

6. 수원함양 보안림에 대한 손실보상제도와 문제점

(1) 손실보상에 대한 법적근거

· 산림법제63조(손실보상) 국가는 보안림에 관하여 동법 제62조의 규정에 의한 허가를 받지 못한 산림소유자에 대하여는 그 행위의 제한으로 인하여 그 자가 보통 받을 손실을 대통령령이 정하는 바에 따라 보상한다.

· 산림법시행령 제53조(손실보상)제1항 산림법제63조의 규정에 의하여 손실보상을 받고자 하는 산림소유자는 그 허가를 하지 아니하기로 결정된 날로부터 1월내에 산림청장에게 손실보상을 청구하여야 한다. 제2항 산림청장은 제1항의 규정에 의하여 손실보상청구를 접수한 때는 그 날로부터 18일 이내에 보상에 관한 결정을 하고 그 결과를 청구인에게 통보해야 한다.

· 산림법시행령 제54조(감정인 등이 의견청취)산림청장은 법제53조의 규정에 의하여 손실보상의 결정을 할 때는 감정인, 참고인, 기타 이해관계인의 의견을 들어야 한다.

· 산림법시행규칙 제49조(손실보상의 신청 및 결정)제1항 시행령 제53조 제1항의 손실보상을 받고자 하는 자는 별지 제22호 서식에 의한 신청서에 손실액에 대한 산출근거서류를 첨부하여 시·도지사 또는 지방산림관리청장에게 제출하여야 한다. 제2항 시·도지사 또는 지방산림관리청장은 제1항의 규정에 의한 신청서를 받은 때는 10일 이내에 현지조사를 하고 다음 각호의 서류를 첨부하여 산림청장에게 제출하여야 한다.

(2) 손실 보상제도에 대한 검토의견

국가가 일방적으로 수원함양 보안림으로 지정해 놓았으면 그로 인하여 발생한 손실보상은 국가가 앞서서 능동적으로 해결해 주어야 함에도 산주의 손실보상 청구에 따라 검토처리 하겠다는 소극적인 자세와 손실보상액 청구시에 손실액 산출근거를 첨부하라고 하는데 문제가

있다고 생각한다. 산주 중에 손실액 산출 근거를 쉽게 작성할 수 있는 사람이 얼마나 되겠으며 산출근거를 작성하기 위하여 전문가의 손을 빌려야하는 번거로움과 어려움 때문에 산림법상에 엄연히 손실보상 규정이 있음에도 지금까지 한건도 청구·처리되지 못한 것이 아닌가 생각된다. 보상제도 도입의 법 정신의 목표가 산주에게 손실 보상을 해주는 것이라고 한다면 지금과 같은 소극적인 처리규정을 능동적인 처리규정이 되도록 규정을 개정해야 한다. 한 가지 예를 든다면 도로개설로 개인의 소유 토지가 도로부지로 수용되면 토지 및 지상물에 대한 손실보상은 토지소유자의 청구에 의하여 지급되는 것이 아니라 정해놓은 절차에 따라 국가가 보상액을 직접 산정하여 토지소유자에게 지급하고 있다. 수원함양 보안림지정으로 사업제한을 받은 산주의 손실보상도 위와 같은 맥락에서 국가가 손실보상액을 직접 산정하여 산주에게 지불하는 것이 당연하다고 생각하며 그렇게 하므로써 산주들의 보상금 산출 및 청구 등에 대한 번거로움과 어려움을 들어 줄 수 있게 되어 수원함양 보안림 지정에 대한 산주들의 거부 반응도 해소할 수 있을 것이다.

7. 수원함양 보안림의 수익자 부담제도에 대한 문제점

(1) 수익자 부담의 법적근거

· 산림법 제64조(수익자 부담)제1항, 국가는 보안림지정으로 인하여 수익을 받는 지방자치 단체 기타 수익자로 하여금 그 받는 수익의

한도 내에서 제63조의 규정에 의하여 국가가 보상하여야할 금액의 전부 또는 일부를 부담하게 할 수 있다.

- 동 조 제2항, 제1항의 규정에 의한 부담금을 농림부령이 정하는 기한 내에 납부하지 아니할 때에는 국세징수법에 의한 체납처분의 예에 의하여 징수할 수 있다.

- 산림법 시행규칙 제50조(수익자 부담) 제1항, 산림청장은 법제64조 제1항의 규정에 의하여 수익자 부담금을 부담시키고자 할 때에는 그 금액을 정하여 납입할 것을 고지하여야 한다.

- 동조 제2항, 제1항에 의한 부담금은 고지를 받은 날로부터 3월내에 이를 납부하여야한다.

(2) 수익자 부담 규정에 대한 검토 의견

- 산림법 제63조 제1항에서 수익을 받는 지방자치단체 기타 수익자에게 수익의 한도 내에서 수익자 부담금을 부가하고 산림법시행규칙 제50조 제1항에서 산림청장은 부담금액을 정하여 납부의무자에게 고지하고 고지를 받은 자는 고지를 받은 날로부터 3개월 이내에 납부하여야 하고 그 기간 내에 납부하지 아니할 때는 산림법제64조 제2항에 의하여 국세징수법의 체납처분 방식에 의하여 강제집행 하도록 되어 있으나

- 수익자 부담금이 국세징수차원에서 징수를 할려면 먼저 별도의 목적세(가칭: 산림환경보존세 또는 산림수원함양세) 신설이 불가피하고 과세 목표액, 과세대상, 과세율, 납부 및 징수방법, 자금의 용도, 경리방법(특별회계 신설) 설치기간 등을 구체화 하여 법률로 규정되기

전에는 그 실행이 거의 불가능하다. 법으로 제정 한다는 것은 법제정에 앞서 입법예고, 공청회, 전문가, 초청세미나, 토론회 등을 통한 국민적 합의에 의하여 법으로 제정되었기 때문에 법 집행에 있어서 국민적 저항은 없겠지만 이와 같은 수순을 거치지 않고 실행에 옮긴다면 실행자의 고충은 말할 것도 없고 국민적 저항을 피할 수가 없을 것이다.

8. 결 론

국제 인구영향연구소(P.A.I)는 우리나라를 물부족 국가군에 포함시키고 있으며 인구의 증가와 산업발달로 물의 소비량이 증가하여 2020년경에는 연간 약26억 톤의 물이 부족할 것으로 예측하고 있다. 이와 같은 물 부족의 근본원인을 살펴보면 우리나라는 지형, 지세가 험준한 산악형인 데다 경사가 급하고 수계가 비교적 짧아서 강수량이 저장될 곳이 없어 일시에 흘러가 버리는 불리한 지형적 여건과 연강수량의 70%가 우기인 7~8월의 4개월 동안에 집중하여 내리고 나머지 30%는 건기인 10월부터 이듬해 5월의 8개월 동안에 내리는 등 강수량의 심한 편중 분포가 물 부족의 근본원인 이라고 볼 수 있다. 이와 같은 원인으로 말미암아 우기에는 강수량의 대부분을 이용하지 못하고 홍수로 흘러 보내고 건기에는 물 부족으로 고통을 받고 있는 것이 우리나라의 현실이다. 즉, 연간 강수량 1,276억 톤의 19%에 해당하는 238억 톤의 물만 이용하고 있는 나라로 물 부족 국가라고 하기 보다는 물 낭비 국

가라고 하는 것이 옳지 않을까 싶다. 이와 같은 물 낭비와 물 부족 현상을 극복하기 위해서는 우기에 홍수로 흘러 보내는 물을 저장할 수 있는 방법이 개발되어야 한다. 우리나라와 같이 산림이 전국토 면적의 65%를 차지하고 있는 나라에서는 자연훼손이 전연 없고 비용이 가장 적게 들고 연구적이며 안전한 방법인 산림의 수원함양 기능을 향상시켜 녹색 댐으로서의 역할을 최대로 발휘케 하는 수원함양 보안림제도의 활성화라고 생각하며 앞에서 지적한 바와 같이 수원함양 보안림의 특성상 현행산림법상의 보안림 규정 만으로서는 소기의 목적 달성이 어렵기 때문에 수원함양 보안림의 조성, 보전, 운영 등 모든 사항들을 종합적으로 검토

정리하여 수원함양 보안림 관리에 관한 특별법을 제정하여 수원함양 보안림사업을 강력히 추진하는 한편 이에 소요되는 재원의 확보를 위하여 산림수자원세법(가칭)을 제정하여 사업추진에 차질이 없도록 하여야 하고 한 걸음 더 나아가서 우리나라의 지형·지세와 강수분포 상태를 감안할 때 전국의 모든 산림을 수원함양 보안림으로 지정·관리하다 시피 하여야만 물 부족국가라는 오명을 씻고 계절에 관계없이 항상 깨끗하고 풍부한 물의 공급이 가능할 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 우리나라 산림정책의 최고 목표는 산주에게 보다 많은 이익이 돌아가고 국민에게 보다 풍부한 물 서비스를 제공받게 하는데 역점을 두어야 할 것이다.



논 단

지구규모의 환경 파괴와 토양

이 원 규

한국산지 환경조사연구회 이사

1. 머리 말

광릉시험림의 경우 2001년 이후에 리기다소 나무의 푸사리움가지마름병이 확산하는 등 이전에 없었던 새로운 병해충의 피해를 받는다가 전나무가 임도주변이나 수풀가상자리가 아닌 숲속에서 원기를 잃어간다고 하는 의미심장한 목소리를 들은바가 있다. 한편 우리들 임업과는 조금 관계는 멀지만 동해에서 한류성 어종이 줄어들고 난류성 어종이 자리바꿈을 한다는 보도도 있었다. 이 모두가 지구온난화의 영향이 아닌가 하고 있는 시점에서 松井健의 환경토양학이란 책자에서 다음과 같이 그 내용을 인용하였다.

지구온난화의 영향이 임업에서는 어떤 결과를 초래할 것인가 또는 그 결과 예상되어지는 피해 상황에 어떻게 대응할 것인가 하는 관점에서 읽어주시고, 금후 동 분야의 연구를 함에 있어 본 내용이 조금이나마 기여할 수 있기를 바란다.

2. 온난화

지구가 탄생하여 46억년이 경과하였다. 그동안 지구는 태양으로부터 항상적으로 막

대한 energy를 받아 왔다. 이 energy와 지구 자체의 조산(造山)활동이나 화산활동등과의 상호작용에 의하여 지구상에는 토 권, 수 권, 대기권이 형성되어 생명의 탄생과 진화가 가능하게 되었다. 태양 energy와 지구·대기계가 방사(放射)하는 적외방사(赤外放射)와의 균형 잡힌 상태의 지구 평균 온도를 열 수지로부터 계산하면 -18°C 로 된다.

사실 지구와 대기의 평균적인 기온은 이 값이다. 그런데 실제의 지구의 지표부근의 평균 온도는 약 15°C 이다. 이것은 대기 중에 함유되어있는 미량기체인 수증기, 이산화탄소(CO_2), 오존(ozone), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O)등이 적외방사(赤外放射)를 흡수하여 지표부근의 온도를 높이고 있기 때문이다. 이 현상을 온실효과라 하며, 열을 흡수하는 성질을 갖는 이들 기체를 온실효과 gas라 부른다.

이 온실효과 gas에 의하여 지구상의 생명체는 그 생존에 쾌적한 환경을 부여받고 있게 된다. 현재의 지구의 기후를 유지하기 위 하여는 온실효과gas는 필요불가결한 것이다. 이들 기체가 존재하지 않는다고 하려는 지구의 기온은 지금보다 대체로 33°C 낮아질 것으로 생각된다. 반대로 온실효과gas의 농도가 상승한다고 하면 어떻게 될 것일까. 현재 대기 중의 CO_2

농도는 356ppmv 정도이나 600ppmv로 되면 온실효과가 더욱 증가하므로 지표의 온도는 2.3℃ 상승한다는 계산이 된다. 그런데 온실효과를 갖는 이들 미량기체의 대류권에의 농도가 최근 몇 년 동안 증가를 계속하고 있다. 그 때문에 지구의 온난화가 전 인류의 걱정거리로 등장하기 시작한 것이다. CO₂는 대기에 대량으로 존재하므로 적외선의 흡수능이 이미 포화상태에 달하였으며 다소 증가하여도 흡수력은 그다지 변하지 않는다. 그러나 메탄가스 및 아산화질소는 원적외선의 흡수능이 크다는 사실과 이산화탄소와 같이 흡수능이 포화되어 있지 않으므로 흡수율이 기체의 농도상승에 비례한다는 것, 흡수선의 대부분이 8~13μm인 수증기나 이산화탄소의 흡수 역(域)과 중첩되지 않는 것 등으로 인하여 극히 소량에도 온난화에 대단히 강하게 작용한다.

메탄가스(CH₄)와 이산화탄소(CO₂)의 현재의 대기농도가 지표대기의 온도상승에 주는 영향의 비율은 전 온실효과가스의 온도상승의 약 1/4에 상당한다.

그런데 대기 중의 이들 메탄가스 및 아산화질소(N₂O) 농도가 근년이 되어 급격한 비율로 증가를 계속하고 있음이 확인되어 지구규모에의 온난화의 관점에서 큰 주목을 모으고 있다. 세계 각지에서 관측된 최근의 실측치로서 메탄가스(CH₄) 및 아산화질소(N₂O)의 농도는 각각 년 단위로 0.8~1.0% 및 0.2~0.3%의 비율로 증가하고 있음이 밝혀졌다. 지금까지 지구의 온난화를 야기한 원인으로서 화산활동, 광공업, 화석연료의 소비, 핵폭발 등으로 생각되

어 왔다. 특히 대기 중의 이산화탄소(CO₂)의 농도의 상승에 의한 온실효과는 주로 화석연료의 대량사용에 따른 것으로 말하여 왔다. 그러나 최근에 이르러 그 농도가 상승하고 있다. 특히 메탄가스(CH₄) 및 아산화질소(N₂O)는 그 생화학적반응의 결과 생성되고 있으므로 자연생태계나 농업생태계에도 그들의 발생원의 하나로서 무시할 수 없음도 분명하여 졌다. 특히 농업생태계에 있어서는 생체의 주요구성원소인 탄소, 질소, 유황 등이 외계에서 도입되어져 물질순환의 과정에서 그들의 일부는 기체로서 대기로 방출되기 때문이다. 그 위에 인구의 증가에 수반하여 세계의 농지 면적이나 비료사용량은 틀림없이 증가를 계속한다. 따라서 여기서는 농업생태계로부터 대기로 방출되고 있는 메탄가스(CH₄) 및 아산화질소(N₂O)에 대하여 대류권에의 농도변화, 온실효과에의 기여율 등에 대하여 기술한다. 또 이들 기체의 토양생태계에의 생성 mechanism, 대기로의 방출량, 그 외에 발생의 제어 기술에 관한 연구를 소개하고 함께 온난화에 따른 토양환경이 어떠한 영향을 받고 있는가를 생각하여보자.

가. 대류권에의 methan 및 아산화질소의 농도 변화

Rowland가 마무리한 세계대류권의 메탄(CH₄) 평균치의 장기변동에는 요 10년 사이에 농도가 년 간 약 1%의 비율로 상승하고 있다. 메탄가스(CH₄) 농도는 일반적으로 남반구에서 낮고 열대지방으로부터 북반구의 고위도로 향할수록 증가하고 있다. 이는 메탄가스(CH₄)의

대기 중의 수명(약 10년)과도 관계하고 있다. 더욱이 여름에 저하하고 겨울에서 봄에 걸쳐 높아지는 경향이 인정되고 있다. 세계기상기관(world meteorological organization)가 매듭지은 아산화질소(N_2O)의 약 10년간에 걸친 농도 변동측정결과에서 요 10년간에 매년 약 0.2~0.3%의 비율로 대기의 아산화질소(N_2O)농도가 상승하고 있다. 아산화질소(N_2O)는 메탄가스(CH_4)와 비교하여 대기에서의 수명(약 100년)이 길기 때문에 태평양과 남극에서 농도차가 거의 인정되지 않았다.

나. methan 및 아산화질소의 발생원과 발생량의 비교

금세기에 들어와 극지(極地)의 얼음 속에 갇혀져있는 과거의 대기의 메탄가스(CH_4) 및 아산화질소(N_2O)가 급격하게 증가하고 있는 것으로부터 이들의 농도의 증가는 거의 인간 활동에 기인하는 것으로 추정된다. 인위에 따른 발생원으로서 석탄이나 천연가스의 채굴 · 수송 · 사용 때의 샘(흘러나옴), 논(水田)면적의 증대, 폐기물의 매립지, biomass의 연소, 가축두수의 증가를 들 수 있으며 이들 중 어느 것이 농도증가의 주인인가는 아직 판명되지 않았다.

다. methan 및 아산화질소의 생성 mechanism

메탄은 소지(沼池), 논(水田) 및 반추동물의 소화기관등의 혐기(嫌氣)조건하에 있어서 미생물의 활동에 의하여 생성된다. 대기의 메탄농

도의 상승원인의 하나는 논으로부터 나오는 것은 발생량의 측정이 현실적으로 행하여지고 있다. 그러나 그 측정 예는 극히 적은현상이다. 토양에서 생성되는 메탄은 토양의 다양한 환경요인에 영향한다. 산화환원전위, 토양 pH, 토양온도, 기질, 화학물질 등이 주요한 요인이다.

토양생태계에서 대기에서 방출되는 아산화질소는 토양중의 미생물의 활동에 의하여 생성된다. 생성mechanism의 하나로는 탈질(脫窒)작용이다. 탈질 외에 중요한 생성mechanism은 초산화성(硝酸化成)작용이다. 탈질작용과 초산화성작용으로 생성되어 토양에서 대기에서 방출되는 아산화질소는 토양의 다양한 환경요인에 영향을 받는다. 토양의 pH, 산소분압, 수분, 온도, 화학적 특성, 비료의 형태, 유기물의 분포 및 토양의 종류 등이 주된 요인이다.

라. methan 및 아산화질소의 발생억제 기술의 전망

질소비료의 사용량의 증가나 경지면적의 확대 없이는 식량의 세계적인 수요는 충족시킬 수 없으므로 세계전체의 질소비료의 생산량이나 논면적은 금후도 계속 증가할 것이다. 그 결과 금후 또다시 농업생태계가 갖는 잠재적인 역효과가 지구규모에의 환경 면에서의 우려가 계속될 것이다. 이 문제의 실태를 밝히고 역의 효과를 가능한 한 감소시키기 위하여는 먼저 이들의 현상에 관하여 농업생태계에의 정확하고 많은 양의 data의 축적이 필요하다. 그리하여 각각의 전문분야에서의 폭넓은 연구와 그에 따른 장기적인 대책연구가 필요하다. 몇 시험

결과에 의하면 논에 사용되는 유기물의 형태가 methan의 발생량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 시용 유기물의 적절한 관리는 methan발생의 억제 기술의 하나로 들 수 있다. 또 methan의 생성은 토양의 산화환원전위에서 크게 영향하고 있으므로 논에의 유효한 물 관리기술도 메탄의 발생억제에 효과가 있다. 다음 토양중의 아산화질소는 초산화성작용과 탈질작용의 과정에서 생성된다는 것은 기 말한 바 있다. 대기로 방출되는 아산화질소의 대부분은 질소시비에 따른 초산화성작용의 과정에서 생성되는 아산화질소를 제어하는 것에 의하여 토양에서 대기로 방출되는 아산화질소를 감소시킬 수 있다고 본다. 위는 몇 안 되는 연구의 결과이다. 금후 이런 종류의 연구를 지구환경의 관점에서 폭 넓게 행하여야 함에 산지환경조사 연구회에서도 동참 할 수 있었으면 한다.

마. 온난화에의 영향

國連환경계획(United Nation Environment Program), 세계기상기관(WMO) 및 국제학술연합(International Council of Scientific Unions)의 보고에는 “2030년대의 지구의 평균기온은 현재보다 1.5~4.5℃ 상승한다. 바다 수위는 20~140cm 상승한다. 이산화탄소 이외의 기체도 이것과 같은 정도의 온실효과를 수준에 달한다.” 고 예측하고 있다. 또 지구 온난화를 방지하기위하여 필요한 수단이나 정책을 검토하여 기후 변동에 관한 정부간 Panel(I P C C)이 1988년부터 국제연합 하에 설치되었다.

이 조직은 온난화의 과학적 평가, 환경과 사

회에의 영향의 검토 및 대응전략의 3가지의 작업부회로 되어있어 가장 권위가 있다. 1990년 제1부회(과학적 평가)는 21세기의 온난화 위협을 확실하게 지적한 최종보고서를 매듭 지었다. 이에 따르면 지구의 평균기온은 10년마다 약 0.3℃ 상승하고, 2025년까지는 지금보다 약 1℃, 다음세기 말까지는 약 3℃ 상승한다. 해수면의 상승은 10년마다 약 6cm 상승하여 2030년까지는 약 20cm, 다음세기 말까지는 약 65cm 상승한다. 또 지구 권·생물권국제공동연구계획(IGBP)에는 지구규모에의 환경의 변동을 연구하고 있다. IGBP의 사무국장 토마스-로스윌 교수는 “혹성의 진화는 극히 늦다. 그러나 인류의 변화는 극히 빠르다. 그것에 대한 지구의 반응이 어떻게 될 것 일가가 예측되지 않는다. 그러나 되 돌이킬 수 없는 사태로 되기 전에 예측에의 일보를 착수하고 과학자가 협력하여 지구system을 이해함이 필요하다. 지구의 환경문제는 정치적인 level에도 중요하여 국제협력이필요하다고 말하고 있다. 따라서 이 project는 학자의 과학적인 흥미뿐만 아니고 지구환경문제를 해결하기위하여 과학자에 협력함이 좋다고 하는 세간의 필요에 답하기 위하여서도 그 기능을 발휘하여야한다” 라고 말하고 있다. 온난화에 관한 연구는 정말로 전 지구적인 규모에의 협력이 필요한 것이다.

온실효과가스 농도상승에 따른 온난화는 농업생태계에 정과 부의 양쪽에 충격을 주고 있다. 양자가 합하여 어떠한 영향을 토양생태계에 미치는가는 금후의 연구에 기대하여야한다. 따라서 여기서 생각할 양자의 영향을 열거하여

보면 ① 공생미생물의 활력이 증대하고, 지력이 변한다. ② 생육 가능 토양이 확대할 가능성이 있다. ③ 지온이나 수온이 상승하여, 물리·화학·생화학적인 환경조건이 변화하여 토양생태계의 특징이 변할 가능성이 있다. ④ 뿌리에 적설 기간이 단축하여 물질순환에 변동을 일으킨다. ⑤ 토양수분이 부족한 지역이 나온다. ⑥ 증발량이 증대하여 물 순환에 변동을 일으킨다. ⑦ 지력이 소모 될 가능성이 크다. ⑧ 농업용자재의 효과가 저하한다. ⑨ 토양침식의 격화, 유기물과 무기물 분해의 촉진, 미생물상의 변화 등이 일어난다. ⑩ 염해(鹽害)의 가능성이 증대한다. 기후 온난화로부터 유기물의 분해가 촉진될 것인가 이에 관하여는 또 하나 중요한 문제가 있다.

그것은 tundra에 포함되어있는 대량의 이산화탄소나 메탄이 온난화로 직접 토양으로 방출된다는 것, 또 북방삼림대의 토양 중에 축적되어있던 다량의 유기물이 분해 촉진되어 이산화

탄소나 메탄의 방출을 가속화하는 것이다. 이것이 온난화를 더욱 촉진하게 하는 것이 되기 때문이다. 기존 삼림에 축적되어 있는 유기물은 분해와 동시에 식물에 양분으로서 이용도 되지만 위의 내용의 과정을 거치면서 지구온난화와도 관계가 있다고 한다.

태풍의 피해, 폭설의 피해 등등이 지구 온난화와 무관한 것이 아니라 한다. 지구 온난화의 시기가 도래하고 난 후에 임지의 관리를 어떻게 하고,

적지적수의 개념에서 중부지방의 어느 장소에 까지 난대 수종이 식재가능 할 것인가 하는 문제, 기 조립한 한대수종은 어떻게 할 것인가 하는 문제들에 대하여, 지구온난화에 따라 예상되는 문제점 해결을 위한 임업분야에서의 연구 과제를 발굴하여 시행하여야 할 시점이 아닌가(지금은 늦지 않나?) 생각하고 한번쯤 관심을 가졌으면 한다.

일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(III)

-방재적 입장에서의 수변림의 취급방법과 평가-

전 근 우

강원대학교 교수

1. 서론

수변지역은 다양한 생태적 기능을 갖고 있을 뿐 만 아니라 방재적인 면에서도 매우 중요한 공간이다. 따라서 수변환경을 보호하고, 생태적인 가치의 보존과 회복을 위한 합리적인 방안을 제언한 일본사방학회 발간의 「수변지역 포인트 북 -앞으로의 관리와 보전-」(砂防學會, 1999)중에서 방재적 입장에서 본 수변지역과 수변림은 매우 중요한 과제이다.

지금까지 두 차례에 걸쳐 수변지역의 구조와 기능에 관한 기본적인 사항, 수변지역·수변림 관리의 기본적인 사항 및 수변지역의 보전과 이용(전근우, 2002), 수변림의 갱신형태, 생태계를 배려한 수변지역의 취급방법 및 수변림의 복원기술(전근우, 2003)에 대해 보고하였으며, 이번에는 「토사유입에 유의한 수변지역의 취급방법」과 「방재적 입장에서 본 수변림의 평가」에 대하여 정리하였다. 한편, 이 연구는 산림청에서 지원하는 2002년도 임업용역연구 「환경친화적인 사방공법 정립에 관한 연구」에 의해 진행된 연구결과(산림청, 2002)의 일부이다.

2. 토사유입에 유의한 수변지역의 취급방법

1) 수변지역은 토사유입에 대한 완충지대이다.

수변지역은 하천으로 유입하는 토사를 억제하는 완충지대의 역할을 할 수 있다. 따라서 수변지역이 넓을수록 완충효과는 크지만, 토사유입 방지기능에 한정한다면 지나치게 넓을 필요는 없고, 일정기준이 필요하다. 즉 수변지역을 보전에 필요한 최소한의 폭은 경험적으로 볼 때 그림 1과 같이 완충지대의 경사와 유입토사의 정지거리에 영향을 받는다.

2) 표층토는 높은 침투능을 유지해야 한다.

토사유입의 완충지대인 수변지역은 표층토의 침투능이 중요하다. 예를 들면 삼림토양이 발달한 수림지대가 좋은 예로 침투능이 높으면

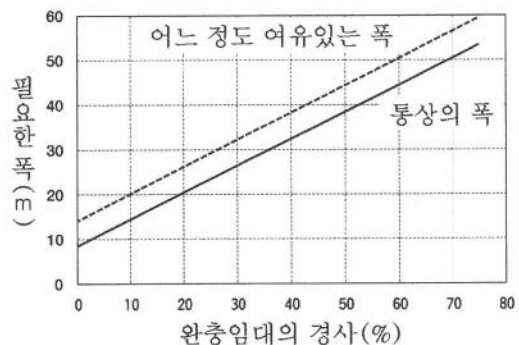


그림 1. 완충임대의 사면경사와 필요한 폭

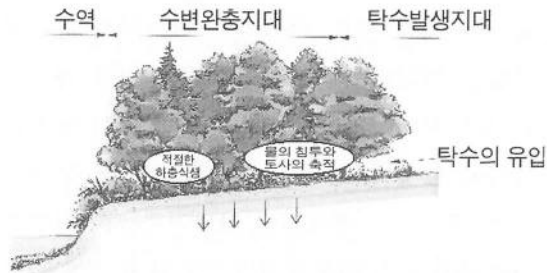


그림 2. 토양 침투능과 완충효과

조릿대지역이나 초지에서도 같은 모양으로 가능하다. 그러나 활엽수가 너무 울폐되어 임상에 햇빛이 도달하지 않으면 임상의 식생이 생육할 수 없게 되어 결국에는 임상이 나지상태가 되기 때문에 문제가 된다. 즉 임관에서 적하한 우량에 의해 토양구조가 파괴되어 표면류가 발생하기 때문에 완충지대로서 작용을 하지 못하고, 토사의 생산원이 된다(그림 2).

한편, 가축이 수변에 접근하게 되면 토사가 유입될 뿐만 아니라 수질면에서도 문제가 되기 때문에 침투능이 높은 표층토가 파괴되지 않도록 해야 한다. 특히 사람들의 출입이 잦아 표층토가 파괴된 경우에는 이에 대한 대책을 마련해야 하며, 구체적으로는 발생한 표면류가 직접 하천으로 유입되지 않도록 해야 한다.

3) 수변지역의 도로개설은 반드시 피해야 한다.

도로는 우수의 침투를 방해하는 공간으로 지표류가 발생하기 쉬우며, 도로에서 발생한 지표류는 도로표면이나 노체를 침식한다. 특히 자동차의 바퀴자국이 생겨 지표수가 집중하게 되면 침식량은 증가한다. 한편, 도로에서 유출된 토사는 세립토사의 비율이 높은 것이 특징



그림 3. 수변지역에 있어서 도로개설의 유의점
이며, 이는 수생생태계의 산란장이 되는 사력을 매우기 때문에 붕괴토사보다 나쁜 영향을 미치는 경우가 있다.

따라서 도로를 개설할 수밖에 없는 경우에는 노선설계시에 효율적으로 노선을 배치하여 불필요한 도로를 만들지 말아야 한다. 또한 급물매의 도로를 피해야 하고, 완충임대를 충분히 확보해야 한다. 특히 완충지대에 도로를 개설할 경우에는 도로 자체의 설계가 문제가 된다(그림 3). 한편, 도로에서 배제된 유수가 원인이 되어 침식이 가속화되는 일이 많기 때문에 특히 배수처리가 중요하다.

4) 완충지역이 필요 없는 유역이용이 바람직하다.

유역전체에 손을 대서 생기는 문제는 수변부분만을 보전한다고 해도 하천에 미치는 영향을 완화할 수는 없다. 따라서 유역의 토지이용이 절도가 있다면 수변림의 완충지역으로서의 역할은 경감되기 때문에 유역에서 임업을 실시할 경우에는 수변림의 관리 이외에 임도관리의 철저, 신중한 집재, 벌채후의 신속한 식생회복 및 이들을 올바르게 감시하는 등의 종합적인 관



그림 4. 토지이용의 질서화

리가 중요하다.

또한 농업지대에 있어도 농지이용의 범위 안에서 삼림대를 배치하여 수질오염대책을 실시하므로써 수변지역의 부담을 줄이도록 한다. 한편, 수제나 수변지역은 야생동물의 생식공간 등의 기능면에서 주변의 삼림과 분리해서 생각해서는 안된다(그림 4).

3. 방재적 입장에서 본 수변림의 평가

1) 유황의 변화는 수변을 바꾼다.

댐에 의한 홍수조절, 관개나 도시용수를 위한 취수, 발전을 위한 이수 등은 하천의 유황

을 변화시킬 뿐만 아니라 수변특성에도 크게 영향을 미친다. 따라서 유황의 개변을 가져오는 모든 사업은 하천환경 전반에 대한 영향을 평가해야 하며, 유황의 변경이 부득이한 경우에는 새로운 유황에서의 바람직한 하천환경은 어떠한가 하는 것을 식생의 변화나 수변이용 방법을 포함하여 계획해야 한다.

한편, 수위변동이 작아지면 하도의 토사 이동이 작아지고, 동시에 하도내의 수목의 파괴나 갱신이 일어나기 어려워지기 때문에 수변의 수림화·고목화가 진행되며, 생물상도 점차 변화한다(그림 5). 또한 새로운 사주가 형성되지 않으며, 토사나 토석으로 덮여 수변의 습지성·초원성 하원이 감소하고, 하원을 생식처로 하는 곤충이나 어류가 감소한다.

2) 여유가 없는 하천에는 풍부한 수변환경을 조성할 수 없다.

하도 내에 생육하고 있는 수목은 홍수시에 소통에 장애가 되어 수위의 상승을 일으키게 되므로 홍수 위험도가 높고, 수위상승에 의한 범람이 자주 일어날 염려가 있는 하천에서는 수목의 번무상황에 따라 필요한 경우 벌채를 실시해야 한다. 한편, 유목에 의한 토사의 세굴·퇴적은 하도형상을 변화시켜 새로운 하원을 형성하여 생태계의 갱신을 가져오지만, 홍수의 위험도가 높은 하천에서는 이와 같은 하도 변화도 극히 위험한 재해원인이 된다(사진 1).

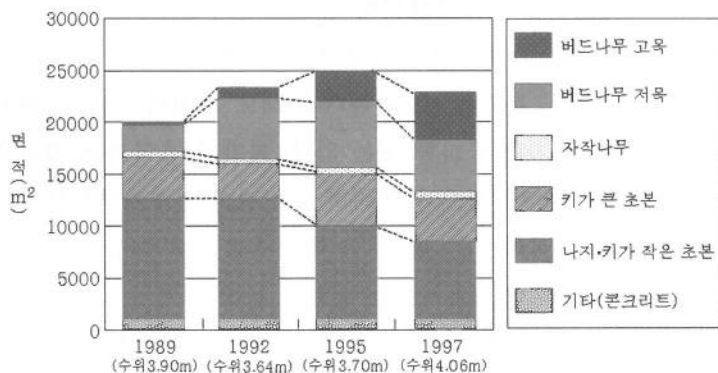


그림 5. 유황변화에 따른 경년적 식생상의 변화

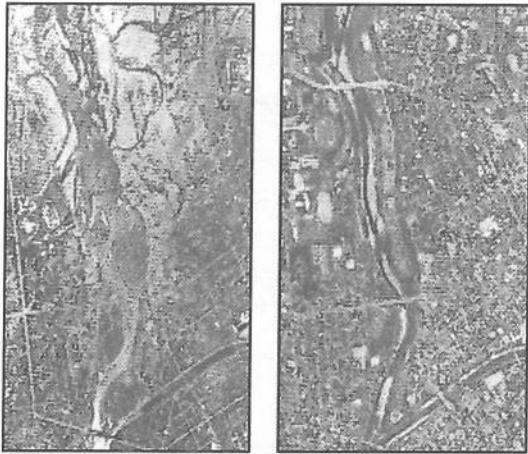


사진 1. 일본 이시카리 상류의 1947년과 1995년의 항공사진



사진 2. 하도의 수목 번무와 홍수범람

홍수의 유하능력에 여유가 없는 하천은 수목의 육성면이나 하도의 변화면에서 허용범위가 좁아지기 때문에 여유가 없으면 풍부한 수변환경의 형성을 기대할 수 없게 된다(사진 2). 즉 허용해야 할 홍수위험도와 보전해야 할 수변환경을 비교·검토하여 어떤 균형점에서 허용한다는 위험도를 주민 스스로가 인식하게 되면 비로소 특정 공간을 여유로 할 수 있게 된다. 따라서 현시점과 장래의 위험도 및 각각의 상태를 허용하므로써 이용가능하게 되는 여유에 대하여 그것을 어떻게 살리고, 이용할 것인가

를 포함한 정비계획이 필요하다.

3) 방재시설·이수시설은 여유를 만들어 내는 기반이 되어야 한다.

홍수방어만을 목적으로 하고 있는 방재시설의 경우, 계획규모의 홍수에 대응하는 유하능력에 따라 시설의 크기, 범위 등을 결정하면 그 밖의 기능을 복합적으로 기대할 여유가 거의 없다. 따라서 하천공간의 범위를 결정하는 수단이 방재시설·이수시설의 배치에 있는 경우에는 그 목적을 단일 방재 혹은 이수로 하지 말고, 환경을 포함한 복합적 기능을 고려하여 계획되어야 한다(사진 3).

한편, 효율우선주의는 자칫하면 여유가 없는 공간을 가져와 다음 세대에서 필요로 하는 확장이나 새로운 기능을 저해하게 된다. 따라서 항상 확장과 변화를 전제로 한 계획, 복합적인

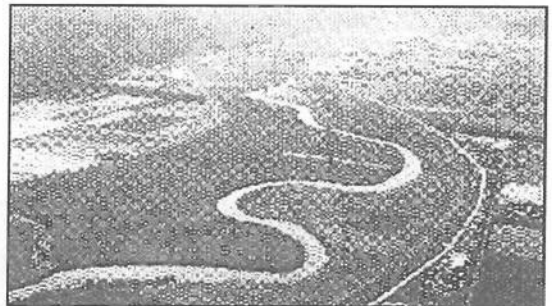


사진 3. 범람원(상)과 하천공간(하)

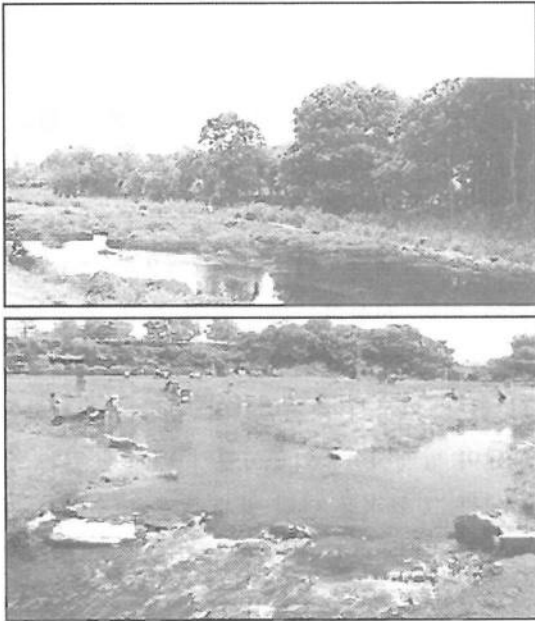


사진 4. 여유가 있는 하도의 사례

기능을 고려한 충분한 여유가 있는 설계가 실시되도록 의식을 개혁할 필요가 있다(사진 4).

4) 수목의 도복, 유목화를 전제로 한 하도계획이 필요하다.

하도내의 수목은 홍수시에 유수의 작용에 영향을 받아 일정 수위 이상이 되면 수간이 기울

어져 부러지거나 뽑혀 유목화한다. 또한 자연 하천에서는 수변지역에 생육하는 수목이 홍수 이외의 원인(부후 등)에 의해 도괴하여 유목화한다.

한편, 홍수시에 유하하는 유목은 하도재해의 원인이 되며(사진 5), 해수역 또는 내수면의 어업이나 항운에 장애물이 된다. 최근에 하천에서 해수역으로 이동하는 물질순환에 대한 실태가 규명되고 있으며, 유목을 포함한 대형 유기고형물의 역할이 해양생태계에도 중요하다는 것이 판명되고 있다. 따라서 하도관리에 있어서는 수목의 존재와 유목의 발생을 전제로 해야 한다. 즉 구체적으로 대책을 수립할 때에는 유목이 발생하지 않도록 하는 경우와 유목이 발생할지라도 하도내의 시설이 피해를 받지 않도록 구조를 개량하는 방법 중에서 하천 및 유역의 특성에 따라 적합한 방법을 선택해야 한다.

5) 토사재해 방지공사와 계류환경에의 영향

사방사업은 토사생산 및 유출에 의한 토사재

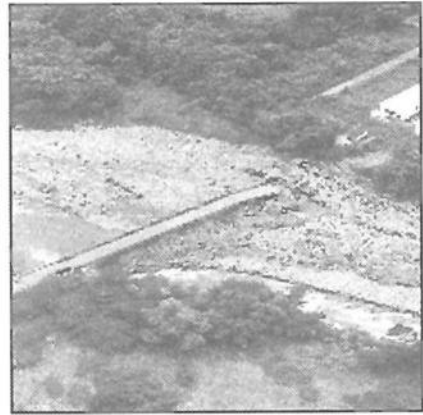


사진 5. 1998년 8월 집중호우에 의한 유목재해(일본 도치키현)

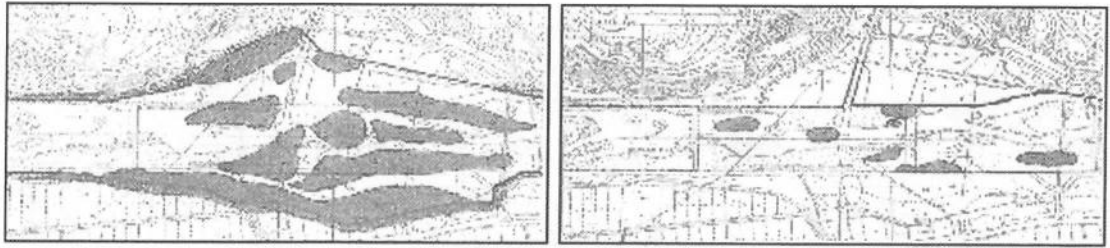


사진 6. 유로공 시공 전후의 계안식생의 분포변화

해를 방지하여 바람직한 환경을 확보하고 하천의 치수 및 이수기능을 보전하는 것을 목적으로 한다. 토사관리의 목표는

- ① 산지지역에서의 토사생산을 억제한다.
- ② 보전지역으로의 유출토사를 억제·조절한다.
- ③ 보전대상 부근 홍수류의 난류를 방지한다.
- ④ 보전대상 부근 계류의 국소적인 토사생산·토사퇴적을 방지한다.

등이지만, 대책에 따라 기존의 계류생태계에 크게 영향을 미치는 경우가 있다.

한편, 토사재해 방지공사가 환경에 미치는 영향은

- ① 연속성 파괴(중단적·횡단적)
- ② 교란의 과도 억제
- ③ 개방적 공간의 출현
- ④ 환경의 단순화



사진 7. 수림대에 토석류가 정지한 상태

⑤ 공사에 따른 극단적인 환경변화 및 기존 생태계의 제거이다(사진 6).

6) 계반식생의 토사유출 억제효과

토사유출방지의 관점에서 남용될 수 있는 식생의 효과로는 유사공간의 수림대에 의한 퇴적 촉진효과(사진 7)와 계반식생에 의한 계안침식 방지효과를 들 수 있다. 즉 식생은 항상 상태가 변화하고, 개체의 차이도 크기 때문에 효과의 한계나 적용범위에 주의할 필요가 있다. 따라서 토석류나 토사류의 범람구역에 퇴사촉진 효과를 기대하여 유사지 등을 정비할 경우 수림대를 보전·도입하는 방법이 도입되고 있다. 그러나 토석류의 규모나 유체력이 크게 감소하지 않는 유송구간 등에서는 수림대가 소멸하기도 한다(사진 8).



사진 8. 계안수림대가 소멸된 토석류 유송구간

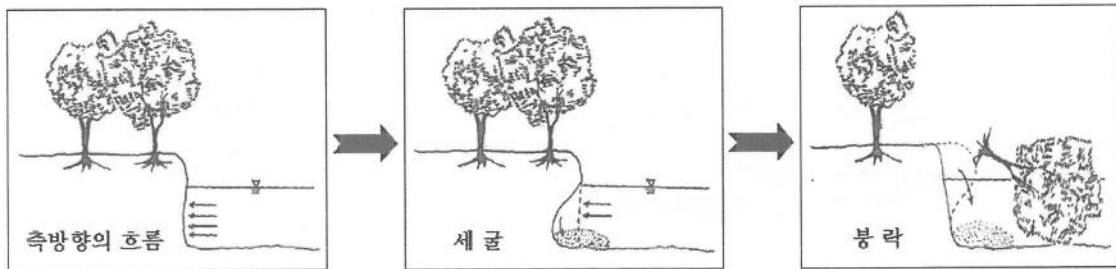


그림 6. 붕락 형태의 계안침식 진행 모식도

한편, 계안침식은 그림 6과 같이 편류한 홍수류에 의해 진행되는 경우가 많으며, 식생에 의한 피복이나 근계에 의한 토양의 긴박 등의 효과발현은 한정적인 조건하에서만 기대할 수 있다. 따라서 식생의 토사생산 억제효과는 외력을 충분히 억제한 후에 활용해야 한다.

방재시설·이수시설은 여유를 창출하는 기반이 되도록 해야 한다. 또한 수목의 도복, 유목화를 전제로 한 하도계획이 필요하며, 토사재해 방지공사가 계류환경에 미치는 영향과 계반식생의 토사유출 억제효과를 충분히 고려해야 할 것이다.

4. 결 론

수변지역은 생태면에서 뿐만 아니라 방재면에서도 중요한 공간이기 때문에 토사유입에 유의하여 수변지역을 취급하려면 수변지역은 토사유입에 대한 완충지대가 되도록 하고, 표층토는 높은 침투능을 유지하도록 하며, 수변지역에 도로를 개설하는 것은 반드시 피해야 할 뿐 아니라 완충지역을 필요로 하지 않는 유역이용이 되도록 해야 한다.

한편, 방재적 관점에서 볼 때 유황변화에 의해 수변이 바뀔 뿐만 아니라 여유가 없는 하천에서는 풍부한 수변환경을 조성할 수 없으며,

참고문헌

- 산림청. 2002. 환경친화적인 사방공법 정립에 관한 연구. 453pp.
- 전근우. 2002. 일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(I) -구조와 기능, 관리, 보전과 이용을 중심으로-. 산지환경 5: 34-42.
- 전근우. 2003. 일본에 있어서 수변지역의 관리와 보전(II) -수변림의 갱신형태, 취급방법 및 복원기술을 중심으로-. 산지환경 6: 33-41.
- 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.

특 집

계곡 및 야계에 설치되는 인공구조물의 관리 전략

박 재 현

진주산업대학교 산림자원학과 교수

I. 서론

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 하상으로 구성되어 있고, 제방과 하상에 의해 둘러

싸인 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 분류 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 관

런된다. 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 누가적인 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 동적거동은 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 유사와 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 토사와 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 계류 및 하천 경계에 대한 엄격한 제약조건이 가해지는 국립공원 또는 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 보호를 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 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 계곡생태계는 동·식물 서식에 필요한 다양한 미소환경을 가지고 있어 타 지역보다 종 다양성이 매우 높고, 어름치, 금강모치, 수달 등 멸종위기 및 보호야생동물, 희귀종, 천연기념물이 다수 서식하는 지역으로 생물다양성 보존 및 유지에 매우 중요한 역할을 하고 있다.

또한, 계곡 내에 설치된 인공구조물은 석축, 옹벽, 보(수중보), 배수로, 도수로, 집수정, 교량(교대, 교각) 등으로 다양하며, 설치수도 매우 많으나, 계곡 생태계의 안전성을 고려한 친환경적 시설물이기보다는 계곡 내 자연재해 예방, 이수·치수기능과 탐방객 편의·안전시설 목적으로 설치된 것이 대부분이다.

그러나 현재까지 계곡 내에 설치된 인공구조물이 자연생태계에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구가 없어 현장에서 적정관리를 하기에 어려움이 있으므로 계곡 내 인공구조물의 현황 파악과 아울러 생태계 교란 등 자연생태계에 미치는 영향에 대한 조사·분석이 필요하며, 이를 통한 친환경적 적정관리 방안과 개선방안 수립 및 적용이 필요한 실정이다.

II. 계곡 내 인공구조물의 관리 전략

1. 계곡 내 인공구조물 관리

가. 사방사업에 따른 야계사방공작물의 관리

사방사업이 직면하는 환경문제를 해결하기 위해서는 생태학적인 식견을 개별 기술에 활용하는 것도 필요하지만, 그 전에 사방사업의 이상적인 자세 그 자체가 환경문제화 되고 있음을 인지해야 한다. 또한, 사방사업에 있어서 환경문제는 결코 기술만으로 해결할 수 있는 문제가 아니다. 뿐만 아니라 현행 사방계획이나 사업량을 변경시키지 않고 사방과 환경의 조화를 꾀하는 것은 불가능하며, 사방의 개념을 근본적으로 고쳐 생각할 필요가 있다. 즉, 하천에 시설하는 인공구조물만으로 토사재해에 대처하겠다는 사고 방식은 다시 생각해 볼 필요가 있는 것이다. 더욱이 종합적인 방재의 시각에서 유역의 토지이용·관리계획을 책정하고, 난개발의 금지, 파괴적인 산업 활동의 제한 등 하천 이외의 산림과 같은 주변환경을 보전·정

비하는 것으로 토사재해의 위험성을 경감해야 한다. 또한, 하류지역의 위험지대에 있어서는 토지이용을 제한하고, 개발을 금지하는 등 방재상 사방사업이 필요한 최소한의 개소에 사방시설(인공구조물 설치)을 해야 한다.

이와 같은 견지에서 계곡 내 인공구조물 설치에 따른 수변 식생을 보전·복원하기 위해서는 다음과 같은 원칙을 수립할 필요가 있다.

1) 원생유역 및 자연도가 높은 계곡의 보존
원생유역 및 자연도가 높은 계곡에 대해서는 계곡에 인공구조물을 설치하지 않는 등 사방사업을 시행하지 않고, 자연의 추이에 맡겨 하천과 수변림이 일체가 된 원생적 하천환경을 보존하거나 수변림을 복원함으로써, 풍부한 자연환경을 차세대에게 물려주도록 해야 한다. 이와 같은 계곡의 존재는 환경자원으로써 뿐만 아니라 학술적으로도 중요하므로 그 생태적 특성을 구명함으로써 장래의 하천환경복원에 도움이 되고, 또 그 모델로도 이용이 가능하다. 특히 국립공원은 자연환경보존 차원에서 관리되어야 하므로 원생적인 자연이 존재하는 상류유역에 대해서는 이와 같은 조치가 취해져야 할 것이다.

2) 수변림의 연속성 회복

계곡환경이 변화됨에 따라 계곡을 따라 성립하고 있던 수변림은 고립되고 분단화 되어 2차림화가 현저하게 된다. 현재 남아있는 비교적 자연도가 높은 수변림을 보전하고, 이를 핵심 모델로 하여 질이 저하된 수변림을 복원함과

동시에 원류부에서 계류 끝까지에 이르는 수변림의 연속성을 회복하는 것이 중요하다. 이러한 수변의 생태적 회랑은 수계 전체의 소유역을 연결하여 동식물의 이동·분산을 꾀하는 역할을 하기 때문이다(Gregory and Ashkenas, 1990). 즉, 계곡 내에 설치된 인공구조물에 의해 수변림이 파괴되는 곳이 많으며 이로 인해 수변림은 2차림화 되는 경향이 높다. 이는 국립공원 내 계곡의 경우도 예외는 아니다. 따라서 2차림화 되는 수변림을 보전하기 위해서는 계곡 내 인공구조물의 설치시 수변림에 영향을 미치지 않도록 하는 것이 중요하다.

3) 계곡과 수변림의 일체성 회복

계곡과 육지지역 생태계가 인공호안, 사방댐, 바닥막이 등 인공구조물에 의해서 분단되고 있는 상황에서 육수 일체가 되는 수변의 환경과 상호작용계를 회복시키기 위해서는 인공구조물의 철거 혹은 공법의 친환경적 방법으로의 개선이 필요하다. 특히 계안에 설치되어 있는 콘크리트구조물 등은 친환경구조물로 대체하거나 제거하고 흙과 나무 등으로 연결하는 다공질(多孔質) 환경을 조성할 필요가 있다. 즉, 육상과 수중 생태계가 연결되는 계곡과 수변림의 일체성을 회복시켜 주어야 한다. 또한, 새로운 계천 개수에 있어서는 유로를 고정해서 좁게 만들지 말고, 범람원, 수변림을 포함한 수변의 자연환경을 유지하도록 해야 한다.

4) 환경보전을 고려한 토지이용

파괴적인 산림사업, 도로건설 등 수해·토사

재해를 유인·확대하는 상류부에서의 개발행위를 제한·금지하는 한편, 유역 전체를 통해서 계천 주변 토지의 이용·개발행위를 규제해야 한다. 이와 같은 토지이용계획을 기본으로 종합적인 방재기능을 높이고, 인공구조물에 의지하는 재해대책의 비중을 줄인다. 이런 시책을 통하지 않고는 계곡과 수변의 자연환경을 보전하기는 어렵다. 특히 탐방객들은 등산로를 따라 걸으면서 계곡의 물과 동식물에 어우러져 연출하는 계곡경관을 관상하게 되는데, 대부분의 계곡 하단부는 잡상인 및 수변유흥객들에 의한 음주가무 등이 빈번해 자연탐방객에게 혐오감을 주고 계곡생태계를 파괴하고 있다. 특히, 7, 8월에 집중하는 수변유흥객들의 음주가무, 취사, 수영, 배설행위로 계곡부의 조류, 어류, 식물생태계가 오염되고 있고, 상인들이 계곡바닥 및 양안에 설치한 콘크리트구조물들은 주변의 자연미와 생태계를 파괴하는 주범으로 작용하고 있다. 따라서 계곡부의 토지이용은 자연미를 근간으로 한 보존관리를 목표로 해야 할 것이다.

5) 계곡 내 인공구조물 설치에 따른 환경영향평가제도 확립 및 환경모니터링 실시

계곡 내에 인공구조물을 설치하는 등 야계사방사업은 주변의 자연환경에 장기적으로 영향을 미침에도 불구하고 지금까지 사전에 상세한 환경영향평가가 수행되지 않았다. 또한, 계곡 내 인공구조물 설치에 따른 환경영향평가제도도 실시하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 사방·치산사업 현장 그리고 계곡 내 인공구조물 설치시 사업실행 전·후의 영향을 파악하고,

문제가 생긴 경우에는 적절하게 처리할 수 있도록 환경 모니터링이 필수적이다.

6) 수변지역 생태계해명을 위한 종합적인 연구 추진

지금까지 계곡행정에 종사하는 사람들은 계곡수를 단순한 물이라는 물질의 흐름으로밖에 볼 수 없었기 때문에 방재(수해와 토사재해방지) 및 수자원(생활용수, 하천유지용수)의 대상으로만 취급해 왔다. 그 때문에 계천 및 주변환경이 일체가 되어 형성된 하나의 생태계, 자연환경으로서의 수변지역에 대한 이해가 깊지 못했다. 따라서 아직 밝히지 못한 부분이 많은 계곡 내 수변생태계를 밝히기 위한 종합적인 연구가 필요하다. 수변림에 대해서도 그 보전과 복원을 꾀하기 위해서는 군집조성과 임분구조, 그리고 동태를 조사하고, 하천에 의한 물리적 영향과 수변지역의 생리적 영향 등을 상세하게 해석하는 것이 필요하다. 또한, 계천환경의 형성으로 이루어진 산림의 역할에 대한 연구도 필요하다.

7) 수변림의 복원 및 계곡 내에 설치한 인공구조물의 철거

수변지역에서 토지이용의 고도화나 사방사업 등에 의해서 질적으로 저하된 수변림 혹은 수변림 그 자체가 없어지고 있는 상황에서 수변림을 복원시키는 일은 수변환경의 보전으로서도 대단히 중요한 문제이다. 따라서 수변지역에 수림대를 조성하는 것은 본래 그 지역에 성립하고 있던 산림군집을 변화시키는 일이다.

2차림화 되고 질적으로 저하된 수변림에 대해서는 종조성이 자연도 높은 수변림과 유사하다면, 그대로 방치하는 가운데 시간의 경과에 따라 본래의 임분구조를 되찾을 수 있다. 그러나 종조성이 전혀 달라진 경우에는 인접한 임분으로부터 종자의 분산을 기대하고 천연갱신을 꾀하던가, 식재에 의해 본래의 모습을 되찾을 수밖에 없다. 수변림이 완전히 없어진 경우 자연적으로 방치해서 본래의 모습을 되찾게 된다면 굳이 손쓸 필요가 없지만 많은 경우는 파종, 식재에 의해 복원을 꾀하지 않으면 안 된다(岡村, 1996). 이 때 주의할 것은 식재목의 종류는 물론 식재된 묘목의 출처이다. 즉, 유전적인 지역적 동질성을 확보하기 위해서 가능한 임분으로부터 종자를 채취해서 육묘, 식재해야 한다.

또한, 계곡 내에 설치된 인공구조물 각각에 대한 설치장소, 설치 필요성, 설치 효과, 주변 계곡 생태계에 미치는 영향 등을 면밀히 분석 평가하여 필요하지 않다는 결론에 도달한 인공구조물에 대해서는 과감히 철거하거나 친환경적인 구조물로 대체하는 방안을 강구해야 할 것이다. 특히, 계곡부 주변 상가에서 상행위를 위해 계곡 주변에 설치한 콘크리트구조물 등은 완전 철거하고 계곡부의 생태 및 경관을 자연 그대로 회복시키며, 여름철 이용객 및 잠상인들의 계곡부 출입 및 점유를 엄격히 금지 관리하여 탐방객들에게 계곡 경관을 감상할 수 있도록 해야 한다.

8) 계곡휴식년제 구간의 확대 실시 및 기간 연장

계곡휴식년제는 자연휴식년제와 비슷한 의

미에서 다만 정해놓은 자연 가운데 일부인 훼손된 계곡을 중심으로 수변생태계 및 수질환경을 포함한 광의적인 수서 생태계를 복원·보존한다는 의미로 해석할 수 있다(박재현과 마호섭, 1999).

최근 도시화 구역에 둘러싸여 고립된 생태적 섬으로서의 북한산 등 국립공원은 탐방객의 급증으로 취사, 야영 등 각종 불법행위와 개발행위가 성행할 뿐만 아니라 다양한 동식물의 남획, 등산로 훼손 등 내부적 요인과 도시오염의 심화, 탐방객들의 과도한 이용 등에 의한 계류수질 오염 등 자연생태계에 심각한 영향을 초래하고 있어 생태적인 전문관리가 중요한 시대적 과제로 대두되고 있다(국립공원관리공단북한산동부관리사무소, 1998). 특히, 우리나라의 자연생태계를 대표하는 국립공원은 과도한 이용객에 의해 점차 훼손되고 있으며, 계류수질도 오염으로 인해 악화되고 있는 상황이다. 즉, 대부분의 탐방로, 등산로는 계류를 끼고 형성되어 있어 탐방객의 무분별한 교란에 의한 수질저하가 진행되고 있다. 더구나 대부분의 국립공원은 초입부에 대량의 오폐수와 공원 내 곳곳에 산재해 있는 사찰 및 휴게소, 대피소 등에서 방류되는 무처리 오폐수도 주요 수질저하 요인으로 작용하고 있어 국립공원 내 계류수질 오염은 방치시 심각한 상황에 이를 수 있는 위험요소를 안고 있다.

현재 지정된 계곡휴식년제 구간은 초기 시행단계 등 관리상의 문제 등 제반 문제로 인해 비교적 짧은 구간에 국한하고 있다. 이로 인해 발생되는 문제 가운데에는, 실제 계곡휴식년제 구

간에는 많은 탐방객들이 들어가 수질오염 행위를 하지 않을지 모르나 계곡휴식년제 구간에 들어가지 못한 많은 이용객들이 계곡휴식년제 구간이 아닌 상류로 유입되어 물놀이, 세발행위 및 목욕 등 계류수질 오염행위를 함으로써, 결국 수계가 연결된 계곡휴식년제 구간에도 영향을 미치게 된다. 즉, 박재현(2001)은 1999년 6월 계곡휴식년제 구간이 아닌 북한산국립공원 도선사매표소 상류(해발 370m)에서 사람의 분뇨 등에 의해 발생하는 PO_4^{3-} 등이 미량($0.05mg/l$) 검출되는 등 계곡휴식년제 지정 구간이 아닌 상류에서의 탐방객 오염행태가 발견된다고 하였다. 따라서 계곡휴식년제 구간의 설정시, 계곡휴식년제 구간은 이용객들이 많이 유입되는 하류구간에만 국한하지 말고 계류 전체를 지정할 필요가 있으며, 이를 정할 때에는 반드시 사전에 계류수질조사를 행함으로써 향후 계곡휴식년제 실시 이후의 계류수질모니터링 결과와 비교분석평가가 이루어져야 한다. 아울러 계곡휴식년제 구간 설정시에는 수계망과 평시 유량 및 최대홍수유량 등을 면밀히 파악하고 계류 주변 지역에서 발생될 수 있는 점·비점오염원의 유무, 이들 오염원과의 거리, 점오염원에 대한 수질정화시설의 유무, 비점오염원의 오염방지(국립환경연구원, 1994) 대책 등을 종합적으로 고려한 구간의 설정이 이루어져야 할 것이다.

뿐만 아니라 계곡휴식년제 실시 기간이 완료된 후 계곡휴식년제 실시 구간이 해제되었을 경우, 탐방객이나 이용객 등에 의한 수질오염행위로 인해 계곡휴식년제 실시 구간의 계류수가 급속도로 오염될 우려가 있기 때문에 계곡

휴식년제 실시 전에 계곡휴식년제 실시 구간에 대하여 사후 대책을 마련하여야 할 것으로 생각된다. 예를 들어 계곡휴식년제 실시 구간 뿐 아니라 계류수질오염 행위에 대한 보다 강력한 처벌 등에 대한 규칙을 자연공원법 등 법 조항에 명시하여 계곡휴식년제 실시 후에도 계류수질이 재오염되지 않도록 하는 방안이나, 계곡휴식년제 실시 구간에 대해 영구적으로 계곡휴식년제를 실시하는 등 다양한 방안을 마련하여야 할 것으로 생각된다.

9) 계곡 내 자연하천변(Eco-Stream) 조성

계곡이 유하하여 도시하천과 연결되는 부분에 인위적인 물웅덩이 및 습지를 조성하고, 그곳에 부들, 줄, 억새 등 수생식물을 식재함으로써 계곡 하류부에서의 오염된 물을 정화시키고 양서류, 곤충의 산란장소 및 서식지로써의 기능을 하도록 유도해야 한다고 생각된다.

10) 계곡 내 직강화 된 곳, 물리적 변형계곡의 환경친화적 변형 유도

계곡 및 하천은 반드시 원형 상태를 유지하도록 하되, 직강화 되거나 물리적으로 변형된 곳에는 가능한 한 여울, 소, 웅덩이 등을 인위적으로 조성시키고, 보, 낙차공 시설은 가급적 일정한 경사면을 유지시켜(계단식 또는 경사형) 어류의 소상을 가능하도록 유도해야 한다.

11) 하안 수직옹벽의 경사화, 자연재료 이용 수생식물 식재 필요

하안의 수직옹벽은 가능한 한 일정한 경사면

을 갖도록 개수 또는 자연재료를 이용하여 재시공하도록 하고, 수생식물을 식재하여 각종 포유류, 양서·파충류의 이동 및 어류 산란장으로써 기능을 갖도록 자연친화적으로 시공해야 한다. 또한, 호우로 인한 계곡의 범람시 어류 보호를 위하여 현재 수직으로 설치되어 있는 돌낙차공, 콘크리트낙차공은 자연석, 전석 또는 조정석을 이용하여 계단식으로 조성해야 한다.

12) 하수도 폐류 방류시설의 정비

계곡의 하부 또는 계곡 주변으로 상가, 음식점, 민가 등이 밀집되어 있고 이들 건물에서 투기되는 오폐수가 하수도를 통해 무단 방류되고 있어 계류수질 오염의 주원인으로 작용하고 있다. 따라서 계곡으로 유입되는 무단 오폐수를 정화 처리하는 합병정화조 등 정화시설의 설치가 시급한 실정이다. 또한, 대부분의 상가 및 음식점 등이 영세한 실정으로 합병정화조 등 수질정화시설의 설치가 어렵고, 그 관리체계도 허술한 실정이므로 이를 관계 당국에서 시설 관리하는 방법을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

13) 탐방객 의식 전환 노력

계류수질오염 행위는 계곡을 이용하는 탐방객, 혹은 이용자 등에 의해 발생하는 것이 대부분이므로 이들의 의식을 전환시키는 노력이 필요하다. 즉, 우리 나라 사람들의 전통적인 인식에 박혀 있는 쓰레기를 아무 곳이나 버려도 된다는 식의 인식, 계곡에 들어가 세제를 풀어 쓰면서 목욕 등을 해도 된다는 식의 인식을 당연히 생각하는 이용자들의 인식을 전환시

키도록 계곡 이용자들에게 지면을 통한 꾸준한 계몽 및 선도, 대중매체를 이용한 홍보가 필요할 것이다.

14) 계곡휴식년제 실시에 따른 계류수질 변화 게시 및 홍보

계곡휴식년제 실시에 따른 계류수질 변화에 대한 정기적인 계류수질 분석 결과를 이용자들에게 공표·홍보함으로써 이들로 하여금 계곡휴식년제의 필요성을 인식시키고, 이용자들이 계류수질 오염행위를 했을 경우 계류수질 오염이 발생된다는 사실도 홍보함으로써 차후 계곡휴식년제를 해제했을 경우 이들이 다시는 계류수질 오염 행위를 하지 않도록 계도할 필요가 있다. 즉, 오염원을 근원적으로 예방하기 위하여 계곡별 오염원 실태를 조사하여 수질오염도를 작성하고, 유관기관 합동 오염저감 종합대책을 수립하고 범 국민적 차원에서 추진하고 있는 국토대청결 운동, 셋강 살리기 운동 등과 병행, 생태계 보존 및 환경정화운동의 이미지를 확산·유도해야 할 것이다. 아울러 최근 국립공원에서 시행하고 있는 자연 해설 프로그램과 연계하여 시행할 필요도 있을 것으로 생각된다.

계곡휴식년제 실시 구간 가운데에서나 상시 유량이 풍부하고 경관이 수려한 지역에 대하여 탐방객이나 이용자들이 하여금 계류수질이 얼마나 좋은가를 평가할 수 있도록 계류수를 조망할 수 있는 위치 좋은 곳에 목조관망대를 설치하여 맑고 깨끗한 계류수를 조망할 수 있도록 하고, 또 간이 수질검사 세트를 마련하여 직접 이용자들이 하여금 수질검사를 할 수 있

도록 하게 함으로써 실질적으로 계류수질의 보존 필요성에 대하여 인식하도록 할 필요가 있다고 생각된다. 아울러 계류에서 탐방객이나 이용객들이 취할 수 있는 행위 등을 마련하여 홍보함으로써 계류수질 오염 행위를 간접적으로 근절할 수 있는 계기를 마련할 필요가 있을 것이다. 예를 들어 계류에서는 세제 등을 사용하지 않고 손과 발을 씻는다던가, 탁족(濯足)을 즐길 수 있도록 한다던가 하는 등의 최소한의 계류수 이용만을 허용하고 계류 근처에서 도시락을 먹게 되더라도 계류에 음식물 찌꺼기를 버린다거나, 술을 먹고 버리지 못하도록 하는 등 수변에서 지켜야 할 구체적인 사항 등에 대하여 계곡 탐방객이나 이용자들에게 정기적인 홍보와 계도가 필요할 것이다.

15) 계곡휴식년제 구간에 시설한 인공구조물의 친환경 구조물 대체

계곡휴식년제 실시 구간에 대해 탐방객들이나 이용객들이 계곡에 들어가지 못하도록 설치한 철난간 등이 상대적으로 계곡에 들어가려고 하는 이용객들의 호기심을 자극할 우려가 있고, 계곡 주변에 철난간 등이 설치되어 있다는 것은 경관적으로도 불량하므로 이를 철거하거나 목구조물 등 다른 자연적인 구조물로 대체할 필요가 있을 것으로 생각된다. 특히 군부대, 개인소유지 등의 경계에는 철조망이 설치되어 있거나 철문 또는 콘크리트옹벽이 설치되어 있는 등 계곡의 경관을 해치는 사례가 있으므로 이는 친환경적 구조물로 대체하거나 철거하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

16) 자연휴식년제와 연계된 계곡휴식년제 실시

대부분 산림내 등산로는 계곡을 따라 개설되어 있거나 계곡 근처에 위치해 있어 탐방객이나 이용자들이 하여금 자연스럽게 계곡으로 유도하는 결과를 낳고 있으므로 계곡휴식년제를 실시하는 중·상류지역의 계류에 근접한 등산로는 자연휴식년제를 병행하여 시행함으로써 계곡으로의 이용객 접근을 근원적으로 차단하는 대책을 마련하는 것도 필요할 것이다. 특히 장기적으로는 계류 인근 일정한 정도까지의 거리에 있는 등산로는 폐쇄하는 등 계류수질보존을 위한 근원적인 대책을 위한 관리지침을 마련하는 등 계류수질보존을 위한 적극적인 관리 대책을 강구해야 할 것이다.

뿐만 아니라 계류수질보존을 위한 계류 인근 등산로의 폐쇄 부분은 주변식생과 조화되는 자연적·인위적인 식생 도입을 통한 녹화를 유도하고, 장기적으로는 계류 근처에 있던 등산로는 자연지역으로 복원함과 동시에 등산로는 기존에 개설되어 있는 능선부나 산복부에 위치한 등산로를 이용하도록 유도함으로써 탐방객이나 이용자들은 계류의 흐르는 물소리를 들으며 산행할 수 있도록 하고, 계류수질은 자연적으로 보존할 수 있도록 유도해야 할 필요가 있다.

나. 계곡생태계 보존을 고려한 인공구조물 설치 전략 수립

1) 계곡생태계 보존의 기본 개념 정립

어느 시점에서든 종래의 사방공사(야계사방)

가 계곡환경을 악화시킨다는 것을 이해할 수 있다. 따라서 종래의 사방공사나 사방계획이 갖는 문제점 즉, 하상변동의 감소, 생태적 연속성의 상실, 계류의 수온상승, 임도 및 등산로 건설의 영향, 사방효과에 관한 과학적 평가의 누락, 지역특성에 입각한 유역퇴사계획의 부족 등에 대해 연구할 필요가 있다. 그리고 향후 계류관리에서 기본적으로 해야 하는 사고방식을 생물군집의 보존, 어류 및 수생곤충 등 서식지의 보존, 유역의 소통성 확보, 방재효과와 과학적 평가 등 4원칙으로 정리할 필요가 있다.

2) 사방공사에 의한 계곡생태계의 변화 저감 가) 하상변동 감소

사방공사가 계곡생태계에 미치는 영향은 다양한데, 그 핵심을 이루는 것은 사방공사가 토사이동이나 유로변동을 일으키지 않도록 하는 것이다. 즉, 토사의 이동으로 계류의 모양이 변하는 등 환경구조의 동적변화 및 구조가 변경되면 그에 적응하고 있는 생물이 영향을 받는다. 이때 수생곤충에의 영향이 비교적 명료하다. 예를 들면 수생곤충의 서식에 있어서는 웅덩이 바닥의 얇은 둔덕, 웅덩이로 흘러 들어오는 곳 등 특정 공간이 중요한 서식환경이 되고 있다. 이들 미서식지는 계곡의 얇은 곳이나 웅덩이와 같은 곳이다. 따라서 계곡의 얇은 곳이나 웅덩이는 그 자체가 토사이동이나 유로변동에 의존하는 구조이기 때문에 토사이동이나 유로변동의 억제가 군집의 변화에 연결된다. 즉, 홍수시에는 유로가 되지만 평수시에는 오목한 땅(凹地)에 물이 가득 채워지는 부분이 생긴다.

이와 같은 영역은 어느 정도 토사의 공급이나 유송이 생기고 또한, 수생곤충의 서식지로서 중요한 하상공극수역에서는 땅 속이라도 물이 흐르기 쉬워서 공극에 풍부한 퇴적구조를 보전하는 것이 필요하다. 이와 같은 조건은 토사이동이나 유로변동을 통해서 형성된다. 이와 같이 수생곤충의 미서식지가 형성·유지되기 위해서는 토사의 침식이나 퇴적이 필요하다. 그런데 유로공사와 같은 시설은 유로의 직선화, 계천바닥의 경화 등에 의해 토사의 침식이나 퇴적을 억제하고, 사행(蛇行)이나 부유로의 형성을 억제하게 된다.

수변림에 있어서도 토사이동이 그 특성의 중요한 요인이 되고 있다. 토사의 침식, 운반, 퇴적이나 비탈면에서의 토사 공급 등에 의하여 미지형의 파괴와 복원되는 수중, 수령의 복잡한 모자이크형 구조가 만들어진다. 어류에 대해서는 계곡의 얇은 곳이나 웅덩이 구조는 물론 그것보다도 작은 미서식지 조건으로써 유속이나 수심의 차이에 따라서 규정되는 다양한 흐름, 수면이나 수중으로 퍼지는 식물체에 의한 피복 등 각각이 발육단계에 따른 서식환경으로써 큰 의미를 가지고 있다. 그리고 산란처로써 중요한 웅덩이 바닥의 얇은 둔덕에 위치하는 모래 언덕이나 치어의 서식지로 이용되는 웅덩이 등에 대해서는 토사의 이동에 의해서 형성·유지되는 것이 확실하다.

양서류, 조류나 포유류 등에서는 서식지의 주요 부분이 계류의 어떤 장소에서도 서식지역 전체는 육지지역과 겹치고 있다. 그들의 계류에 의존 방식이나 정도는 어류·수생곤충 수

변식생과는 다르다.

토사이동이나 유로변동은 그 시점에, 그 곳에서 서식하는 동물 개체에 있어서는 치명적인 교란으로 작용하는 면도 있지만, 동시에 그 생물에 있어서 필요 불가결한 서식지 자체를 형성·유지하는 면이 있음을 알 수 있다. 사방댐이나 유로공사는 이와 같은 동적인 구조를 저지하고, 오히려 토사나 유로를 고정화하는 것을 목적으로 하고 있다. 그 때문에 서식지의 근본적인 변모를 가져오고 있다. 따라서 산지에서 발생한 산사태 등으로 인한 유출토사가 계곡으로 유입되는 부분에서의 사방댐 등 야계 사방 시설시에는 이러한 계곡생태계 보존을 위한 토사의 유출을 고려한 시설의 설치가 필요하다. 즉, 과거에 시공되었던 비투과형 사방댐 보다는 미세 토사의 유출을 허용하면서 큰 입자는 억제하는 투과형 사방댐의 설치 등을 고려할 필요가 있다.

나) 생태적 연속성의 상실 방지

사방댐이나 낙차공 등 낙차를 수반하는 구조물은 동물의 이동에 장애를 발생시킨다. 특히 생활사 중에서 상류와 하류나 계류와 해양을 왕복하는 회유어에게 있어서는 상류로 이동하는데 장애가 되는 댐의 상류에서 개체군의 소멸로 이어지기도 한다. 또한, 상류부에서만 생존하는 개체군에서도 댐 등으로 분단되면 개체군이 쇠퇴하고, 심한 경우에는 절멸로 이어질 우려가 있다.

수생곤충이나 조류는 공중으로, 포유류나 양서류는 지상으로 댐 입지를 우회할 수 있기 때문에 계곡 내 장애물의 영향은 어류의 경우에

서만 있는 것은 아닐지도 모른다. 그러나 댐의 축설은 하천표류수의 연속성을 단절시킬 뿐만 아니라 하상공극수역도 분단하게 된다. 그 결과 수생곤충 등 저생동물군집에게 주는 영향에 대해서는 거의 조사되어 있지 않다. 또한, 지상을 걸어서 이동하는 동물들에게도 댐이 거대하다면 회유하는 거리가 길어져 그 영향이 우려되는데, 구체적인 사실은 거의 알려져 있지 않다.

수변림의 보전에 있어서 사방공작물이 설치되는 장소나 그 근방은 확실하게 식생이 제거되기에 심각하다 아니할 수 없다. 특히 선상지에서는 유로를 따라 설치되는 유로공(流路工)에 의해서 수변림이 연속적으로 제거되어 왔다.

대대적인 계류공사가 행해지기 이전에는 주변환경이 인공적으로 되어도 계류나 하천은 비교적 자연에 가까운 채로 남아 있어서 동물의 서식지나 이동장소로서 기능하고 있었다고 생각된다. 이와 같이 연속적인 서식지는 그 지역의 생물다양성을 보전하는데 중요한 역할을 담당하고 있다(Forman and Godron, 1986). 그러나 곡형(曲型)인 유로공이 시공되면 계곡이 갖는 회랑으로써의 기능은 저하되고, 유정(流程)에 따른 서식지의 연속성이 소실된다. 특히 사방댐 축설에 따른 퇴사지역의 발달이나 콘크리트호안은 이와 같은 횡단방향의 연속성을 단절하게 된다. 계안이나 물가의 연속성의 중요성은 근래에 이르러 점차 토목기술자에게도 인식되게 되었다(建設省九州地建設局河川部, 1994). 그러나 많은 계류에서는 이미 계류생태계가 사방댐이나 콘크리트호안에 의해서 분단

되어 버린 것이 사실이다. 이와 같은 건지에서 볼 때 계곡생태계를 고려한 사방공작물 또는 인공구조물의 시설은 충분한 검토 후 설치해야 하는데, 계안에 축설되는 구조물 즉, 기슭막이는 현재 대부분이 계류와 계안 부근의 수변림을 차단하는 돌기슭막이, 콘크리트기슭막이, FRP기슭막이 등이 시공되어 있어 경관적으로 생태적으로 불리한 상황에 있다. 따라서 이들 공작물들은 보다 환경친화적인 재료를 사용해야 하며, 그 낙차도 수직보다는 경사를 완만하게 하거나 또는 계단형으로 설치하는 것도 바람직할 것으로 생각된다.

3) 계류의 수온상승 방지

수변림에 의한 일사차단은 여름철에도 하천 수온을 낮게 유지하는 효과가 있고(中村과 百海, 1989), 하도폭이 좁은 계류역에 있어서는 그 효과가 보다 현저하다. 이 점에서 유로공의 시공에 의해서 유로 부근의 식생이 제거되는 것은 유로가 일사에 쏘이는 정도가 증대해 수온상승을 초래한다. 더구나 시공 이전은 수심이나 유로폭의 변화가 풍부했던 것이 한결같이 평탄하고 얇게 흐르게 변화된 것도 수온상승의 원인이 된다.

대형 사방댐 상류의 퇴사면에 있어서는 얇고 넓은 하원(河原)이 출현한 결과, 역시 유로가 일사에 쏘이는 정도가 증대해 수온상승을 초래하게 된다. 계류에서 서식하는 생물에게 수온은 기본적인 환경요소의 하나이고, 이 변화가 생태계에 미치는 영향은 크다. 예를 들면, 냉수성 어류인 금강모치, 열목어 등에게 수온의 상

승은 사활이 걸린 문제이고, 수온변화가 곧 분포지역의 증감으로 이어진다(김익수, 1998; 최기철, 1996). 따라서 계류수는 상승을 억제하기 위해서는 계안에 설치되는 인공구조물 즉, 콘크리트기슭막이 또는 FRP기슭막이 등의 시공을 지양하고 이들 공작물들은 보다 환경친화적인 재료를 사용해야 하며, 그 낙차도 수직보다는 경사를 완만하게 하거나 또는 계단형으로 설치하도록 하며, 수변림의 그늘이 계류를 드리울 수 있도록 조성하는 것이 필요하다. 따라서 계류노출도를 저감하기 위해서는 상기와 같은 방법의 적용이 필요하며, 부득이 기슭막이 공작물을 시공해야 할 때에도 수변림을 파괴하지 않도록 각별히 주의해야 할 것이다.

4) 사방공사나 임도건설에 따른 환경파괴 방지

사방시설의 설치는 본체 공사만이 아닌 부대적인 토목공사가 행해지는 경우가 많다. 대표적인 것이 인근 도로에서 시공지까지의 설치도로이다. 때때로 시공지 부근에 자재를 놓는 곳이나 간단한 작업장 등이 설치되는 일도 있다. 이들 공사에 따라 부주의하게 버려지는 흙, 벌채, 중장비에 의한 토양경화 등으로 인해서 계류나 그 부근의 식생, 토양, 소동물의 서식지가 파괴되는 일이 종종 발생되고 있다. 또, 임도비탈면의 조기피복을 위해서 외래식물을 도입하는 경우가 있고, 이들로 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(崎尾와 鈴木, 1997). 즉, 임도건설 후 계류에서의 토사퇴적이 증가해 웅덩이가 파묻혔다는 사례가 끊이질 않는다(川道, 1997). 이는 사방공사·임도건설·벌채 등의 영향이 산림지역에 영향한다는 결과와 일맥상통하는 것이다(박재현, 1995).

따라서 사방공사의 영향평가에 있어서는 임도건설에 따른 영향에 대해서도 충분히 고려해야 할 것이다. 즉, 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, 낚시꾼에 의한 어류 남획, 인식 부족으로 외래어의 방류나 다른 지역 개체군으로부터의 이입 등이다. 즉, 중장비의 동원으로 산지가 훼손되고 있고 또 이러한 공사로 인한 토사의 유출로 계류수질이 영향 받고 있다.

5) 경관을 고려한 사방공사 시행

최근 일본에서는 계곡 내에 설치되는 인공구조물에 있어서 학식 경험자, 공사 담당자, 지역대표자 등으로 구성된 경관검토회로 하여금 인공구조물 설치에 따른 문제점 등을 파악하여 시설설계에 적극 반영하는 등 계획 당초부터 인공구조물과 주변부의 경관을 검토하고 있다. 즉, 경관공법의 검토 항목은 지역 분단 이미지 배제, 여울과 숲이 풍부한 수변 창조, 콘크리트

나 인공구조물의 표면노출 배제, 유로공의 주변이나 내부에 산책로 확보, 현재의 유로와 자연과의 조화를 위한 콘크리트 표면의 자연석 붙이기와 피복처리, 친수성을 배려하기 위한 우안의 2부 물매 조성, 하류의 경관지역에는 계단 호안 부설, 유로공 등 인공구조물 주변에는 야조, 야초, 지형, 화석림, 광석 등에 대한 설명판 설치 등 지역 특성과 환경에 적합한 공법을 선택하여 부가가치가 높은 시설을 배치하고 있다.

한편 자연하안 및 주변은 수생생물의 중요한 서식공간이므로 생태계의 입장에서는 자연상태로 보전되어야 할 공간이나 홍수시에는 하상변동이 심하므로 물리적 안정을 위해 비환경적인 호안공이 연속적으로 시공되어 문제가 되어왔다(전근우, 2002). 따라서 홍수시에 세굴이 심한 수충부는 하안침식을 방지할 수 있는 공법이 도입되고 있으나 그렇지 않은 구간은 생태계를 배려한 친환경적인 구조의 호안공을 시공하거나 자연식생의 호안보호기능을 증대시키는 방안이 강구되고 있다. 즉, 완만한 호안물매 조성, 큰 입경의 하상재료를 이용한 계단 만들기, 대상지역의 생태계 유지와 증진을 위한 재래종 도입, 수생식물 식재와 같이 살아있는 식물도입 및 하상의 암석이나 토사와 같은 자연소재를 병용하는 방법이 도입되어 식생 호안공, 수생식물 네크식재공법 등의 친자연적인 공법이 시공되고 있다. 이는 결국 계곡과 주변 자연식생지역과의 경관을 향상시키기 위한 방법이므로 주변의 자연 경관과 조화될 수 있는 방법의 선택이 계곡생태계 보전과 계곡

내에 설치되는 인공구조물의 경우에는 대단히 중요하다.

다. 계곡생태계 보전을 고려한 관리 원칙

여러 가지 사례로부터 사방공사가 직접적으로 계류지형을 변화시킬 뿐 아니라, 토사동태를 변화시킴에 따라 계류의 형태나 동물상, 동질수지에 변화를 초래한다는 것은 명확한 사실이다. 따라서 이제부터의 사방기술은 자연환경이 생물과 물질과의 상호작용계로서 성립하고 있다는 생태계의 관점을 포함시킬 필요가 있다. 최근 사방공사에서는 생태계의 배려를 중요한 항목으로 표방하고 있지만 생물과 물질 상호작용계의 본질적 이해에 접근하고 있다고는 말하기 어렵다. 따라서 무엇보다도 생태계보전을 중시한 사방공사로 방향을 전환하기 위해서는 토사동태의 변화에 의한 영향을 저감할 수 있는 인식과 함께 다음과 같은 4항목을 기본원칙으로 설정해야 할 필요가 있다.

1) 생물군집의 보전

지금까지 환경보전사업에서는 보전대상 동·식물을 한정하고, 그들 서식지의 조건이 되는 환경요소를 남기는 것에 주안점을 두는 경향이 있었다. 그 결과 자칫하면 어떤 환경요소를 인위적으로 존립시키는 것으로 환경보전이 달성된다고 생각하는 경향이 팽배하였다. 그러나 생태계를 담당하는 각 생물종은 단독으로 서식하고 있는 것이 아니다. 먹고 먹히는 먹이 연쇄의 관계, 서식지나 먹이 자원에 대한 경쟁 관계 혹은 협력관계 등에 의해서 여러 가지 종

간 관계를 가지면서 서식하고 있다. 따라서 이와 같은 생물종군의 전체 즉, 생물군집 그 자체가 보전 대상이 되어야 할 필요가 있다. 가령 희소종이나 절멸위기종의 보호를 목적으로 하는 경우에도 대상종에 있어서 필요한 환경요소를 개개로 보전하는 것만으로는 불충분하다. 결국 그 종에 관계하는 다양한 종간관계를 보호하는 것, 나아가서는 생물군집을 보전하는 일이 필요하게 된다. 게다가 생태계의 관점에서 평가한다면 물질순환을 맡고 있는 중요한 생물은 오히려 색다를 것 없는 보통 종들인 것이 많다. 그들 생물종군을 총괄하여 보전하는 가치는 희소종의 보호와 같이 높게 평가되어야 할 것이다.

생물종군을 보전대상으로 하기 위해서는 극히 다수의 생물에 대해서 환경조건을 고려할 필요가 있다. 그 방책으로 대표적인 생물, 각종의 생활사에 필요한 환경요소, 그들의 배치양식을 정리하는 것도 기초지식으로써 필요하다(竹門, 1991). 종개체군이 일정한 유역에서 계속 서식하기 위해서는 생활사의 각 단계에서 필요로 하는 서식지가 시간적으로도 공간적으로도 이용가능 하도록 갖추어지지 않으면 안되기 때문이다. 단, 현장에서 생물군집의 전구성원에 대해서 서식지조건을 조사하는 것은 현실적이 아니다. 차라리 사방공사의 영향을 생물군집의 조성에서부터 평가함으로써 생태계 보전상 바람직한 공종·공법(工種·工法) 및 사업의 이상적인 자세를 모색해 가는 것이 바람직하다.

각 계류에서 목표로 해야 할 생물군집과 생

물다양성보전과의 관계에 대해서는 다음과 같이 생각할 수 있다. 우선, 각 계류에서는 각각의 지역특성을 반영한 생물군집이 발달할 것이고, 원래의 자연환경에 있어서도 종다양성이 낮은 유역도 있을 수 있다. 즉, 종다양성에 있어서 여러 가지 정도의 계류생태계가 존재하는 것 또한 생물다양성의 한 측면이다. 따라서 각 계류의 생물군집 평가에 대해서는 전국 일률의 기준설정은 어렵고, 오히려 원래의 자연조건 하에서 추정할 필요가 있다.

2) 서식지의 보전

생물군집의 성립 과정은 생물이 서식하는 장소의 종류·양·배치양식 등으로 측정하는 서식지의 공간적 구조가 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 그 공간구조가 형성되고, 유지되는 과정에서는 토사이동이나 유로변동이라고 하는 동적 변화 현상이 작용하고 있다. 이와 같은 체계를 서식지라고 한다. 생물군집을 보전하기 위한 대책으로는 이와 같은 서식지 자체가 유지되는 것을 지향하는 것이 주요한 과제가 된다.

계류의 불안정성이 계류생태계의 형성·유지에 얼마나 중요한 역할을 하는가는 중요한 논제이다. 다만 서식지의 구조는 복수적 공간 규모에 걸쳐 있고, 각각의 규모에 대응한 공간변동의 현상규모는 다르다. 더구나 대상 생물마다 고려해야 할 서식지조건인 공간규모가 다르기 때문에 서식지의 보전에는 여러 가지 공간규모의 구조를 고려하는 것이 필요하다.

수역 규모는 계류의 서식지에 그치지 않고,

선상지보다 하류 하천과의 상호작용계로써 받아들일 필요가 있다. 구간 규모는 계류 하도(河道)와 산림·수변림의 토사, 지하수, 산림생산물, 생물 등이 오가는 것(계류와 비탈면의 소통성)이 중요한 논점이 된다(中村, 1995). 예를 들면, 수변림에서는 유로를 따라서 여러 가지 임령의 임분이 모자이크상으로 분포하는 특징을 나타낸다. 이와 같은 구조는 토석류에 의한 중·소규모의 퇴적지형이나 홍수에 따른 소규모 독나지의 형성에 대응하고 있다. 또한, 이와 같은 변화는 식생뿐만 아니라 생물군집의 다양성에 공헌하고 있다. 竹門 等(1995)에 의하면 유로 내에 있어서 서식지를 형성·유지하는 데에도 토사공급 및 침식·퇴적 과정이 대단히 중요하다.

더구나 국소 규모에 있어서도 서식지의 유지에 교란이 중요한 역할을 하고 있다. 예를 들면, 어류나 수생곤충 등 많은 하천동물에 있어서 중요한 서식지조건이 되는 구조는 석력이 이동하는 정도의 교란이나 모래와 진흙이 이동하는 정도의 교란의 조합에 의해서 형성·유지되고 있다고 생각할 수 있다. 또한, 사력퇴적물 내 하상공극수역을 서식지로 하고 있는 동물군의 예는 교란의 역할을 보다 명쾌하게 나타내고 있다. 그들에게 있어서 필요한 용존산소를 풍부하게 갖고 있는 하상공극수역의 존재자체는 퇴적물의 교란에 의해서 복원하는 것이다. 이와 같이 토사의 침식·퇴적작용의 과정이 서식지조건의 원인으로써 작용하고 있는 사례는 이후 연구되어야 할 가치가 크다.

어쨌든 토사이동 즉, 교란으로 인한 계류지

형이나 퇴적구조의 변화가 서식지유지의 핵심인 것은 명백한 사실이다. 따라서 원래 계곡생태계를 보전하기 위해서는 교란체계를 완전하게 배제하는 일 없이 자연계류가 가진 서식지의 동적 변화 자체를 유지하는 방향으로 지향하지 않으면 안 된다. 이는 계곡에서의 사방사업뿐만 아니라 하천계획도 포함되고, 토사의 침식·퇴적작용의 과정 그 자체를 보장하는 발상으로의 전환을 의미한다. 즉, 종래 사방사업의 방향성이 영구적 시설에 의한 토사의 고정화라고 한다면, 이제부터는 대규모 토사사해를 방지하면서 가능한 토사이동을 허용하는 중·소규모의 토사이동에 대한 대책(太田, 1997), 말하자면 평상시에는 단속적(斷續的)인 토사이동을 적당히 수용하는 방향으로 사방기술을 전환할 필요가 있을 것이다.

3) 유역적 관점에서 계획 수립

생태계보전에 필요한 기본적 인식은 국소적인 대응이 아닌 유역적 대응을 목표로 함이 원칙이다. 계류사방은 일반적으로 선상지보다 하류에서 실시된다. 그 곳에 서식하는 생물의 생활권은 비교적 정주성이 높은 것에서부터 은어와 같이 바다까지 이동하는 것, 혹은 육상이나 하늘을 통해서 다른 유역까지 이동하는 것에 이르기까지 여러 가지 공간 규모에 걸쳐 있다(玉井 等, 1993). 하천 흐름의 범위에서 보이는 생물군집의 조성은 그것들의 적산(積算)의 한 단면이고, 실제로는 원류에서 하구까지 각각의 유정마다 특징 있는 종 조성을 가지고 있다. 이와 같은 세트가 유정을 따라 배치되고 있는

현상은 서식지구조도 조합되어 변화하기 때문에 생기는 것이라고 할 수 있다. 따라서 생태계보전을 위해서는 상류역에서 하류역에 이르기까지 생물상의 추이나 환경구조의 변화를 인식해서 공사의 영향이나 대응을 생각하지 않으면 안 된다.

그러나 각 계류의 서식지를 개별적으로 받아 들여 대책을 강구한다면 그 발상은 나무를 보고 숲을 보지 않는 것과 같다. 예를 들어, 상류역에서 토사공급량의 변화는 좋은 나쁜든 그것에 의해 하류역의 서식지에 큰 영향을 미치게 된다. 특정 종이나 환경요소에 관해서는 유역적인 시점에서의 파악이 실시되어 온 적도 있지만, 사방사업과 환경보전의 조화에 대해서 이와 같은 유역적인 시점에서 논의되어 온 일은 없었다. 생태계보전의 사고방식에서는 오히려 하류역·하구역·해안역·연해역의 환경보전 및 인접한 유역과의 관계까지도 연결되고, 토사공급량 및 이동량을 적절한 수준으로 유지하는 것이 필요하다. 각 유정의 서식지보전에 대해서도 이와 같은 전체 계획 가운데에서 실현해 나가야 할 것이다. 여기에서도 토사이동과 유로변동을 단순히 안정화시킨다는 방향이 아닌 서식지의 보전을 고려하면서 일정량의 변동을 허용한다는 기본자세가 필요하게 된다.

한편, 사방·치산사업의 현상을 보면 대원칙으로는 수계일관(水系一貫)이 명문화되어 있기는 하지만 꼭 이것이 활용되고 있는 것은 아니다. 일본의 경우에는 최근에 이르러서야 새로운 물순환·국토관리를 위한 종합행정의 이상적인 자세에 대해 검토하고 이를 받아들여 산

림을 포함한 산지부, 산록(山麓)부, 평야부, 하구·해안부 등에 있어서 퇴적·침식 등의 토사에 관한 환경적인 면도 포함하여 검토하기 위해 총합토사관리소위원회가 설립되어, 1998년 7월에야 '유사계(流砂系)의 종합적인 토사관리'라는 보고서를 발간하였다. 토사의 움직임을 다방면에서 종합적으로 검토하는 것은 이것이 처음이다. 치산사업이 산복이나 수원(水源)의 보전을 위한 하류로의 토사유출 조절이나 수원함양을 목적으로 하는 것에 비해, 사방사업은 직접적으로 토사재해의 방지를 목적으로 하고 있다.

동일 유역에서 두 가지가 존재하고 있을 때, 치산은 산복 그 자체나 거기에서 깊게 들어가 있는 작은 산골짜기를 대상으로 하고, 사방은 보다 보전대상에 가까운 부분, 즉 하류역에 시공되는 경향이 강하다. 행정적으로는 치수의 이념으로써 수계일관을 참고하여 조정되고 있다고는 말하기 어렵다. 또, 사방의 중심적 과제인 토사이동현상에 대해서도 유역 내에 있어서 토사수지를 정확하게 파악하는 것조차 아직껏 불충분한 상황이다(高橋, 1988). 따라서 각종 사방사업의 계획을 책정하거나 기술의 재평가·새로운 기술개발 등은 향후 중요한 과제이다.

4) 유역의 안전확보와 생태계보전

이와 같은 자연환경과 조화된 사방공사의 목표 세 가지에 더해 하나를 더 포함시킨다면 그것은 사방본래의 목적인 사방재해의 방지와 유역의 안전성 확보이다. 아울러 계곡생태계 보전과 또 종래 사방에서의 본질적인 것은 아니

지만 이 부분은 생태계로의 논의의 중심이고, 방재에 대한 언급은 적었다. 그러나 사방에 있어서 어떻게 생태계보전을 받아들일까를 근본적으로 다시 평가하고 있는 이상 사방 본래의 목적을 경시하거나 무시하는 일은 있을 수 없다. 따라서 이를 강조하기 위한 구역의 안전성 확보가 필요하다.

지금까지 자연보호론과 방재사업은 서로 배치되는 방식으로 받아들여지는 경향이였다. 그 상대적인 이론은 자칫하면 시야가 좁고 감정적인 경향의 자연보호론과 경직된 사업계획과의 사이에서 생길 수 있다. 지금까지 서술해 온 원칙은 계곡생태계의 보전 관념에서 논의 해 온 것인데, 이들 원칙이나 방향성은 꼭 방재에 위배하는 것은 아니며, 관점을 바꾸면 오히려 사방기술이나 계곡 내에 설치되는 인공구조물의 본질적인 발전으로 이어질 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다.

그 핵심이 되는 것이 토사이동의 양과 질을 과학적으로 평가해서 장래의 토사이동을 예측하는 방법과 기술의 확립이다. 현재의 사방계획에서는 계획유출토사량의 추정을 실시하고 있다. 이 원칙에 따르면 사방계획시 구역 내에 존재하는 토사의 양이나 상태를 파악하고, 그 유출을 예측하는 것이 기본이 된다. 그렇지만 이것이 충분히 달성되고 있지 않는 것이 현실이다.

토사이동 자체는 종래도 이후에도 사방공학 적 기술의 가장 중심적인 과제이고, 토사이동에 관해 정확한 예측은 긴급대책을 요하는 사방의 현장, 장기적인 전망을 가지고 하는 사방

계획 어느 경우에 있어서나 필요한 부분이다. 또, 이들 기법·기술을 발전시키는 동시에 실제 축설된 사방담 등 기능의 평가와 검증, 그에 기초한 사방계획론으로의 피드백도 중요하다. 종래 사방·치산사업에 대해서 과잉되게 공사가 수행되어져 온 것은 아닌가라는 의문과 비판이 종종 있어 왔지만, 이것도 토사이동에 대한 과학적 식견에 의해 검증하는 것으로 그 평가를 정확하게 할 수 있다. 따라서 고려해야 할 점은 평가해야 할 점을 명확히 하고, 이를 바탕으로 기술향상이 이루어져야 한다는 것이다.

계곡생태계보전 원칙은 토사이동 즉, 교란에 의해서도 계류지형이나 퇴적구조가 유지되는 것을 목표로 한다. 토사재해방지의 관점에서 이를 바로 잡기 위해서는 다음과 같이 해야 한다. 기본적으로는 대규모의 토사이동과 거기에 못 미치는 중·소규모의 현상을 구별해서 대책을 강구하는 것이 중요하다. 여기서 말하는 중·소규모의 현상이란 홍수에 의해서 계안이 세굴되거나 부분적인 퇴적에 의해서 계안이 상승하는 정도의 토사이동과 거기에 수반하는 변동을 가리킨다. 유로 근처의 영향도 거기에 응해서 볼 때 국소적이고 소규모이다.

홍수 등은 수년에 1회에서 20~30년에 1회 정도 발생하는 자연 현상이다. 이에 대해 대규모 홍수란 유로 그 자체가 완전하게 변해 버리고, 유로 근처의 평탄지에 상당한 영향을 줄 수 있는 것과 같은, 그 구역에 있어서는 극히 드문 현상이다. 방재적인 면에서 대규모 토사 이동현상에 따른 재해는 그 피해의 심각성이나

크기로 볼 때 피난을 포함한 방재체제를 취하지 않으면 안 된다. 중·소규모의 홍수에 대해서는 파괴력이나 영향이 미치는 범위도 규모에 따라서 작거나 한정되어 있다. 이는 이와 같은 현상을 완전하게 막도록 공사를 하는 것이 아닌, 약간의 변화를 전제로 한 토사이동이나 그에 수반하는 지형의 변화에 공조하면서 재해를 막도록 방향성을 정립해야 한다.

따라서 토사이동의 양과 질을 평가하고 예측하는 기술은 방재상 가장 기초적인 부분이며, 동시에 계곡생태계의 이해로서도 큰 이점을 가져온다. 왜냐 하면 계곡생태계를 규정하고 있는 큰 요소가 토사이동이기 때문이다. 요컨대 계곡생태계를 충분히 이해하기 위해서는 계류에서의 물리구조나 그 변화 과정을 이해하는 것이 매우 중요하다.

이와 같이 토사재해방지라는 사방 본래의 목적을 과학적 측면에서 추구하는 것은 사방계획·사방시설계획 자체의 합리성을 깊게 하는 것뿐만 아니라, 생태계의 본질적인 이해로도 연결된다. 따라서 이를 실현하기에는 여러 가지 문제가 있다. 그러나 계곡에 설치되는 야계사방구조물 즉, 인공구조물은 토사재해 방지 목적을 고려하면서도 계곡생태계에 대한 이해가 충분히 수용될 수 있도록 해야 할 것이다.

5) 계곡생태계 보전을 위한 인공구조물 설치 방향

계곡생태계보전의 기본적 사고방식에 따라 사방·치산사업을 추진하기 위해서는 여러 가지 제도적·기술적 문제가 존재한다. 그 중 공중·

공법 등의 기술적 문제에 한해서는 생태계와 조화된 사방공사의 추진방책을 검토해야 한다.

가) 계류를 분단하는 비투과형 구조물을 가능한 배제하고, 토사조절방식을 개발할 것
지금까지 사방이나 치산 분야에서는, 계류는 물만이 아닌 토사도 이동하는 장소라고 인식되어 왔다. 그러나 생물이 이동하는 장소라는 것은 거의 강조되어 오지 않았다. 계류는 물과 토사뿐만 아니라 생물이 서식을 위해 이동하는 장소이고, 생물은 하류에서 상류로 향해서도 이동한다. 뿐만 아니라 최근에는 수질형성 물질, 즉 이온이나 유기물의 이동도 주목되고 있다. 따라서 그와 같은 이동에 방해가 되는 구조물, 특히 낙차가 큰 비투과형의 구조물은 생물군집의 보전에 있어서 좋지 않다. 즉, 생물군집의 건전한 서식을 가능하게 하는 서식지의 유지에 있어서 계류환경의 연속성 확보는 필요불가결한 것이다. 이것에 의해서 생물군집을 구성하는 각 개체군의 분포나 이동이 보장되고, 유역 전체에서 생물군집이 보전되기 때문이다.

한편, 중력식 콘크리트댐으로 대표되는 비투과형댐은 토사의 저류(貯留)·조절효과 때문에 유해토사의 제어방식으로서 매우 유효하고, 긴 역사를 갖는 대표적인 구조물이다. 따라서 토사의 유출이 심한 계류에서의 사방·치산사업으로 이것 대신 토사조절방식을 개발하는 것은 상당히 어렵다. 그러나 생태계와의 조화를 고려할 때 이는 피할 수 없는 문제이고 그 대안을 진지하게 검토할 필요가 있다. 다행히 강철제 댐 외의 투과형 구조물의 개발이 진척되고 있다. 그것들은 반드시 생태계보전적 관점

에서의 개발은 아니지만 생태계와 조화된 투과형 구조물 개발의 돌파구가 될 것이다.

또한, 유로를 전체 단면에 걸쳐서 차단하지 않고, 토사의 저류·조절기능을 발휘할 수 있도록 구조물을 개발하지 않으면 안 된다. 구체적으로는 물을 뽑아내는 구멍의 거대화나 슬릿트댐과 같은 댐 구조의 변화뿐만 아니라 인공적인 협착부(狹窄部)를 만들어 중·소규모의 토사이동에 대해서는 토사의 유출을 허용하지만, 대규모 토사이동에 대해서는 이를 저류·조절하도록 인공적인 계류구조를 만드는 것을 생각할 수 있다. 소규모 댐이나 유로공 내의 상고공(床固工) 등에 대해서도 각각의 장소에서 기대되는 기능을 확보하면서 계류적 물리환경의 연속성도 확보할 수 있는 구조물을 개발하는 것이다. 최근 일본에서는 사방댐이나 상고공(床固工)으로 인한 하류비탈면의 완만한 경사도(緩勾配)화 등도 시험되고 있으므로 충분히 검토할 필요가 있다.

나) 계류생물군집 서식지의 동적안정성이 확보되는 공법의 실현, 교란에 의한 동적변화가 보장되는 공법 실현

교란에 의한 동적 변화란 구체적으로는 유출 토사에 의한 단구의 형성, 계안침식에 의한 유로의 변동, 세굴과 퇴적의 반복에 의해서 계상이나 계안에 형성되는 사력퇴적물을 비롯해서 여러 가지 퇴적형태 등을 가리킨다. 게다가 이에 부수하여 형성되는 역류지역 등 여러 가지 계상 내의 미세구조나 하상공극수역도 포함되고, 보통 동적인 서식지를 유지하는 것이 계곡 생태군집보전의 요건이라고 할 수 있다. 따라

서 얇은 강과 웅덩이의 구조가 고정되어 버리는 것은 동적이라고 말할 수 없다.

사방댐에서는 토사의 조절을 목적으로 하는 것이 있는 등 계류에서 토사의 동적안정을 의식한 사방공법은 종래에도 행해지고 있었지만, 대다수의 공법은 계상이나 계안의 고정이 목적이고, 수심을 억제해서 소류력(掃流力)을 저하시키고, 계상을 평준화해서 국소적으로 깊게 침식되는 것을 막고, 계상이나 계안비탈면을 피복시켜 침식을 막아왔다. 그 결과, 계류 내·외에서의 동적인 변동은 억제되었는데, 그것이 계류공사에 있어서 토사처리의 기본원리이다. 그런데 계곡생태계와 조화해서 사방사업을 추진하는 경우에는 사력퇴적물의 이동이나 계안의 붕락 또는 포락을 허용하면서 토사재해를 방지하는 공법을 찾아내지 않으면 안 된다.

최근 일본에서는 이러한 사방댐의 단점을 보완하기 위해 간벌재를 이용 통나무로 사다리꼴의 사방댐 틀을 짜맞춘 다음 댐 틀 안에는 현지에 분포하고 있는 토석 등을 채워 넣는 목제댐이 시공되고 있는데(北海道林務部治山課, 1994), 이와 같은 목제댐은 우리나라와 같이 중·소규모의 토사이동이 빈번히 발생하고 있는 산지급류소하천에서는 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 특히 계곡의 산지급류소하천의 산사태발생지 등의 경우 콘크리트사방댐보다는 자연경관의 보전을 위해서 적용이 가능할 것이다.

이 중 서식지의 동적유지를 꾀하는 데 중요한 것 가운데 호안공이 있다. 이미 사람들의 생활공간이 되어버린 선상지 등에서는 일반적

으로 유로의 변동은 허용되지 않는다. 그러나 그와 같은 선상지 상의 유로공작물은 상고공(床固工)·호안공 등을 포함시켜 얇은 강-옹덩이(瀨-淵)구조를 비롯한 다양한 미지형의 형성, 하이포레이크존(hypolake zone)이나 역류지역 등 다양한 물 동태의 존재, 게다가 자연생태계를 유지하는 여러 가지 요소에 대한 육지지역과의 연속성의 확보를 될 수 있는 한 허용하는 이상적인 상태의 시설을 검토할 필요가 있다. 즉, 호안공은 직선적, 평면적인 표면형상과 콘크리트 표면이 주변의 경관에 어울리지 않으므로 식물재료를 이용한 호안공, 수제공, 수해방비림을 조성하고, 목재, 석재 등을 이용하면 숲이 증가하여 자연경관을 창출할 수 있고, 요철이 증가하여 호안공의 위화감이 감소되는 등 장점을 발휘할 수 있다. 한 예로 근자연형하천 공법에서는 콘크리트와 같은 딱딱한 호안의 물 표면 쪽에 토사를 쌓아 올리고 그 위에 식재하는 방법이 행해지고 있다. 이것 자체가 뛰어난 방법이라고 생각되지만, 수경면(修景面)만으로 이러한 종류의 공법이 채용되고 있다면 생태계와의 조화는 이루어지기 힘들다.

실제로 동적인 서식지 그 자체가 아직 충분하게 연구되었다고는 말할 수 없기 때문에, 즉시 우수한 공법을 개발하는 것은 어렵다고 생각되지만, 그와 같은 연구와 보조를 맞추어 계곡 내에 시설하는 인공구조물은 호안공이나 상고공의 구조를 재평가하고, 매설 또는 예비호안의 검토, 수제공(水制工)의 재검토, 자연과 어우러지는 호안공 사용으로 대나무를 원통 모양으로 엮어 속에 돌을 채운 것 등이나 현지의

식생이나 자연석의 활용 등 환경친화적인 재료를 사용하는 방법 등을 구체적으로 고려하는 것이 좋다.

다) 사방·치산공사실행 중 생태계의 영향 최소화

작업용도로나 작업지의 계획·설계·시공을 신중하게 행하는 등의 항목에 대해서는 특별한 설명이 필요없겠지만, 많은 생태학자들은 이구동성으로 이를 강조하고 있다. 기술적인 면 이외에도 시공관리면 즉, 기술자의 의식개혁이나 작업원의 교육, 공사비 등 모든 면에서 노력이 필요하다.

라) 경관과 조화한 사방·치산시설의 계획·설계·시공에 대해서도 생태계와의 조화를 충분히 고려

사방·치산시설은 대부분 자연경관 속에서 존재한다. 이 자연은 중요한 요소로서 계류나 비탈면상의 자연생태계를 포함한다. 따라서 경관과 조화되는 사방·치산시설의 계획·설계·시공에 대해서도 생태계의 보전을 충분히 고려할 필요가 있다. 이를 위해서는 자연생태계와 경관과의 관계에 대한 고도의 지식이 집적되지 않으면 안 된다.

생태계와 조화한 사방사업을 추진하기 위한 기본방침은 현시점으로 극복 곤란한 문제가 상당히 포함되어 있다. 그러나 이러한 문제들은 어떻게 해도 피할 수 없는 문제이다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서는 많은 사람들의 지혜를 모은 기술개발이 필요하며, 사방·치산관계자와 생태학자의 협력이 필수불가결한 요소이다. 결국 계곡 내에 시설하는 인공구

조물의 설치시에는 생태학자 치산사방관계자 등의 종합적인 판단에 의해 결정하는 것이 필요하다.

마) 하상의 평탄화 및 콘크리트화 지양

계류를 포함한 일반적인 중·소하천은 하상이 불규칙적으로 연속되어 있고, 평상시의 수심도 대단히 얕다. 따라서 하상의 평탄화는 계류 및 하천의 수심저하를 발생시키기 때문에 어류생태계에 큰 손상을 입히게 한다. 뿐만 아니라 하천의 평탄화로 인하여 기존의 수생곤충이나 어류의 중요한 피난처인 식생의 소실로 인하여 하상이 콘크리트화 되기가 쉽다.

더욱이 이러한 하상의 콘크리트화로 인한 수심저하는 수온상승을 초래하여 수질악화의 요인이 된다. 따라서 하천생태계 복원시 하상의 평탄화를 지양하고 평상시 일정 수심을 가지는 저수로와 함께 여울이나 웅덩이 등 미지형이 풍부하게 회복하도록 복원전략을 설정해야 할 필요가 있다.

라. 계곡생태계 보전을 위한 사방기술

자연하천의 유로 형태는 자연의 법칙성을 유지하고 그 상태로 일정한 평형을 유지하고 있다. 유수는 그 하천 고유의 유로를 형성함과 동시에 하상이나 호안의 변화를 나타내는 미지형을 형성한다. 일반적으로 하천개수는 하천의 자연지형을 크게 변화시키고 단조롭게 만든다(松永, 1993). 따라서 이로 인하여 계류 및 하천의 자연성에 맞는 안정성을 잃게 된다. 한 예로 하천개수를 통하여 하천의 사행부분을 직강화 한 장소에서는 이러한 계류 및 하천의 자

연성이 상실될 수가 있다.

계류 및 하천생태계의 종다양성은 여울이나 소 등 계류나 하천의 미지형으로 인해 유지되는 부분이 크지만 대지형의 변화는 미지형 형성에 불안정을 가져오게 된다. 즉, 사행유로에서의 여울과 소는 안정적이지만 계류 및 하천의 직강화는 계류 및 하천생태계를 불안정하게 만드는 요인이 되며, 계류 및 하천의 미지형 회복에 심각한 변화를 안겨준다. 따라서 계류 및 하천생태계의 자연성을 나타내는 현재 계류나 하천의 사행유로를 고려하여 계곡 내에 설치되어 있는 인공구조물의 영향을 평가하고 계류 및 하천생태계 복원계획을 설정하는 일이 매우 중요하다고 할 수 있다.

1) 유역의 토사동태

온난습윤기후 하에서 산림이 국토의 65% 이상을 점하는 일본이나 우리나라에 있어 토사생산형태는 비탈면붕괴가 주가 된다는 사고방식이 강하게 인식되어 있다(檜垣, 1987; 柳井, 1989; Nakamura et al., 1995; 清水 등, 1995). 그러나 산림으로 덮여 있는 비탈면에 있어서 표면침식의 주된 원인이 되는 표면유하수가 발생하는 경우는 거의 없다. 강우의 대부분은 낙엽낙지층, 부식층 및 하부산림토양으로 흡수되고, 중간류(中間流) 혹은 기저류(基底流)를 통해서 계류로 유출한다. 또한, 몇몇 특수한 지형·지질구조를 나타내는 구역을 제외하고 붕괴발생 후 신속하게 식생에 의해 피복되기 때문에 표면침식은 적다고 할 수 있다.

대개 비탈면붕괴는 0차곡(0次谷)이라고 불리

는 계류원두부요지(溪流源頭部凹地), 혹은 천급선(遷急線)이라고 불리는 경사변화점의 하부 비탈면에서 발생하는 것으로 알려져 있다(羽田野, 1974). 0차곡의 매설과정에 대해서는 Reneau와 Dietrich(1987, 1989)가 미국서해안에서 0차곡에 매설되어 있는 나무 조각의 탄소동위원체 검정으로 장기적 토사생산과정을 추정하였다. 이에 의하면 0차곡붕괴의 발생빈도는 $10^3 \sim 10^4$ 년이다. 일본이나 우리나라에서 조사된 사례는 없지만 비탈면붕괴의 빈도와 비류사량(比流砂量)을 파악해 보면 이보다 더 짧아진다고 생각된다. 0차곡붕괴의 발생빈도와 비교하여 천급선 하부비탈면의 붕괴빈도는 일본에서도 다수 발생하고 있다. 지금까지 실시되어 온 일본에서의 연구결과, 0차곡붕괴의 발생빈도는 약 $10^1 \sim 10^2$ 년이다(柳井과 薄井, 1989; 中村, 1990; 清水 等, 1995). 더구나 천급선이란 후빙기의 하각(下刻)·측각(側刻)작용에 따라서 비탈면하부가 세굴을 받은 결과, 새롭고 급준한 비탈면이 계안에 발달해서 형성된 지형변화선으로 이러한 측면에서 이 부분은 침식최전선이 되고 있다.

일본이나 우리나라의 하도에서 장기간 토사이동을 현지 관측한 사례는 거의 없다. 그러나 미국은 일찍부터 연구를 시작하여 흥미 있는 관측 결과가 다수 보고되고 있다. 하도 내 토사유송에 대해서 장기 모니터링을 실시한 사례로는 Gilbert(1917)의 연구가 최초일 것이다. 그는 대규모 채광으로 인해 산지상류지역에서 생산된 토사가 하도 안을 유하하는 모양을 장기 모니터링 데이터에 근거해서 설명하고 있다.

이에 따르면 하류역본류지점의 계상이 최고 수위에 달하는데 약 10~20년이 걸리고, 그 후 원래의 계상 높이까지 저하하는데는 다시 30~40년이 더 걸린다고 보고하였다. 이와 같은 현상은 산림벌채, 호우에 의해서 대량으로 토사가 생산된 캘리포니아주 북부의 레드우드크리크유역에서도 보고되고 있고, 흙덩어리가 하도를 파상적으로 이동하는 모양이 장기관측에 의해 확인되고 있다(Ozaki, 1991; Madej and Ozaki, 1996). 이 모니터링조사에서는 계상이 상승해서 피크에 달한 후 하강하여 원래의 계상 상태로 돌아가는데 약 15년이 걸리고, 피크시 하류로의 이동속도는 약 700m/년으로 계산되었다.

일반적으로 토사유출에 수반해서 계상이 상승하고 하강하는 경우, 횡단형의 최저계상위는 빠른 속도로 원래의 계상으로 돌아가지만, 평균 계상 위로 돌아가기 위해서는 장시간이 걸린다(Meade, 1982). 이는 계상이 저하하는 과정에서 측방에 퇴적지(lateral deposits)를 남기기 때문이고, 이들 퇴적지는 짧으면 수년, 긴 경우에는 수 십 년에서 수 백년까지 체류하게 된다.

수변림은 이런 퇴적면에 성립한다. 결국, 하도 내 토사체류에 의한 토사이동의 물결(wave of sediment)은 하류로 향하여 편평하게 되어 가는 것이라고 말할 수 있다(Hey, 1979). Everitt(1968)는 토사퇴적지 상에 성립한 선구성활엽수 일제동령림(一齊同齡林)의 분포해석으로부터 평균침식률을 계산하였다. 마찬가지로 Nakamura(1986), Nakamura 등

(1995)는 연대분포 및 그 연속식으로부터 $10^1 \sim 10^2$ 년 정도의 평균토사체류시간과 사행천에서의 토사의 이동속도 1,000m/년을 산출하였다.

비탈면에서 토사생산과 하도의 유송을 장기적으로 논의한 연구는 매우 적다(Nakamura et al., 1995). 그러나 이 문제는 토사수지와 토사운반경로의 문제로 계류에서의 생물상과 관계되고, 사방사업계획을 논할 때 어떻게든 해결하지 않으면 안 되는 과제이다. 따라서 개개의 현상에 관한 역학적 해석이 진척되고는 있지만 시공간 규모를 확대한 경우, 거의 추측 단계를 벗어나지 못하는 것이 현재의 상황이다. 아무리 실험실 내에서의 이론을 현지 유역에 적용하려고 해도 이론이 요구하는 높은 정도로 평가할 수는 없다. 예를 들면 비탈면붕괴의 경우, 붕괴의 한 요인인 풍화토양깊이에 따른 유역분포를 정확히 평가할 수 없다. 유사량(流砂量) 계산의 경우에도 사력의 대표적인 입경분포를 어떻게 결정할 것인가에 대해서도 현지조사방법조차 확립하지 못할 뿐만 아니라 풍화·마모에 따른 입경의 시간적 변화도 고려되고 있지 않다(池田 등, 1986). 또한, $10^1 \sim 10^2$ 년 정도의 장기적인 토사유출과정에 대해서도 초 단위의 계산식으로 산출하는 것은 실질적으로 불가능하다.

유역의 토사동태에 대해서는 산지비탈면에서 계측된 토사생산량과 하도에서 관측된 토사수송량의 불균형에 따라 논의가 시작되었다. 이 불균형은 최초 토사수송률(sediment delivery ratio)의 형태로 논의되었다(Roehl, 1962). 토사수송률은 산지비탈면토사생산량에 대한

하도수송토사량의 비율로 정의되고, 유역면적의 증가에 따라 저하하는 것이 일반적이다. 미국에서는 100km^2 의 유역에서 10%정도의 수송률이 보고되고 있는데, 이러한 저하경향도 유역조건에 따라서 다르고, 평균값으로 논의하는 것도 어렵다(Walling, 1983). 결국, 유역을 블랙박스라 다룬 연구에는 한계가 있고, 생산에서 유송, 유송에서 체류, 다시 체류에서 재이동이란 일련의 토사의 움직임을 명확하게 할 필요성이 있다. 이러한 관점에서 선구적 연구자는 Dietrich와 Dunne(1978)이었다. 이들이 수행한 연구에서는 산지소유역에서의 토사생산·체류·수송형태가 상세하게 논의되었고, 체류시간(residence time)의 추정도 시도되었다. 그 후, 미국서해안지역에서 지형학 팀이 산림 유역에 있어서 이 문제를 집중적으로 논의하고 흥미 있는 결과를 이끌어 내었지만, 모델을 만든 다음에도 가정의 타당성 등 아직 많은 문제점을 안고 있다(Swanson et al., 1982).

실지유역에서 토사수지에 대한 과학적 상황은 아직 현상론적 단계에 있다고 할 수 있다. 또한, 지역성도 강해 그 계산결과를 항상 현지현상과 대비시키고, 모니터링 할 필요가 있다. 그 때문에 이제까지 만들어진 사방댐의 퇴사자료와 현행의 계산결과와의 합치성을 검사하는 것이 최대의 필요하다. 그러나 일본이나 우리나라에서 실시되고 있는 사방댐에 대해서 댐 퇴사상황이 계속적으로 관측되고 있는 예는 적다.

기존시설의 모니터링은 사방계획의 타당성 및 계류환경의 보호를 목적으로 한 계류관리에 있어 필수적이라 할 수 있다. 유역에서 생산된

토사의 대부분은 비탈면 끝이나 하도범람원에서 체류하고 있고, 순간적으로 유하할 가능성은 세립토사를 제외하고는 극히 적다. 또한, 하류의 하도 뿐만 아니라 계곡생태계를 유지하기 위해서도 이후 어느 정도의 토사는 유하시키지 않으면 안 된다. 수계일련의 토사관리를 실현하기 위해서도 하도조절량, 허용유사량(許容流砂量) 등 산출과정의 정확성과 과학적 검증을 어떠한 형태로든 실시하지 않으면 안 된다.

2) 토사동태 및 계류 구조, 기능

산지계류에서의 토사이동은 토사생산과 유출의 시간적 불연속성 및 이로 인해 초래되는 토사생산량과 수류(水流)에 의한 수송가능량의 불균형에 의해서 특징지어진다. 즉, 유역비탈면에서 광범위하게 붕괴가 발생하고 토사가 생산되어도 수계차수(水系次數)가 작은 계류는 이것을 운반할 수 없고, 계상이나 계안, 비탈면각부에 저류된다. 저류된 토사를 운반하기 위해서는 토석류형태가 필요하고, 수 십 년, 수 백 년에 한번 토석류가 발생해서 불안정 퇴적물을 계류로부터 제거한다. 토석류가 발생한 후의 계류에는 수m에 이르는 토석류단구나 계상에 노출된 기암이 관찰되는 일도 많다. 이런 계류에서는 그 후 호우가 발생해도 토사는 유출되지 않고, 불안정토사가 다시 모이기까지 면역성을 확보하게 된다.

토사생산과 유출의 상반적 대치는 계상의 급격한 상승과 하강을 초래하고, 횡단적으로 요철(凹凸)이 있는 계단모양의 범람원지형을 형성한다. 또한, 곡저부(谷底部)가 넓은 구간에서

는 그물모양의 유로가 발달하고, 유로변동에 따른 2차유로, 방사상 유로가 형성된다. 범람원의 최저나 2차유로 등의 지형은 그 후 토사동태에도 영향을 미치고, 여러 가지 기반지질·수분조건·교란강도·교란빈도 등 입지환경을 제공한다. 나지면이 홍수에 의해서 형성되면 수목이나 초본류의 종자가 일제히 침입하고, 외관적으로는 나무의 높이가 잘 맞는 천연생 일제림(一齊林)이 성립되는 경우가 많다. 아울러 유로로부터 멀어짐에 따라 퇴적물의 평균입경은 작아지고, 수분함유율, 유기물함유율은 동시에 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 기질조건과 계류지형은 매우 밀접하게 관련되어 있음을 알 수 있다.

일반적으로 유로주변은 계상으로부터의 높이가 낮고, 여름철의 홍수, 초봄의 눈 녹은 물에 의한 홍수(融雪洪水)에 의해서 항상 침수되고, 유수에 의한 교란을 받고 있다. 또한, 유로변동이 빈발하고 교란강도도 매우 높다. 이 때문에 운반되기 쉬운 유기물·세립토사(細粒土砂)는 항상 하류로 유송되고, 유수에 의해서 운송되기 힘든 굵은 모래만이 잔존하게 된다. 이와는 대조적으로 유로에서 떨어진 퇴적면이 높다면, 드물게 발생하는 대규모 증수에 의해서 침수된다고 해도 퇴적물을 씻어낸다는 것보다는 상류에서 운반되어 온 세립토사 및 유기물을 퇴적시키는 경향이 있다(Johnson et al., 1976).

이런 수변구역의 다양한 지형구조와 수변립의 다양성은 계곡생태계에서의 물질순환에도 많은 영향을 미친다. 수변립의 종다양성을 통

해 다른 분해속도를 갖는 낙엽은 서로 다른 시기에 공급된다. 낙엽·낙지의 분해속도는 수변에서 볼 수 있는 질소성분이 많은 오리나무과가 가장 분해되기 쉽고, 단풍나무과, 자작나무과가 중간 정도, 비탈면의 노령림(老齡林)에서 볼 수 있는 너도밤나무과 등의 잎은 분해되기 어렵다(Cummins et al., 1989; 柳井과 寺澤, 1995). 또한, 오리나무과, 자작나무과, 버드나무과는 여름에도 잎을 떨어뜨린다고 알려져 있다(Kikuzawa, 1983). 이런 분해속도와 공급시기의 차이는 섭식하는 수생곤충의 군집구조에도 영향을 준다. 온대낙엽활엽수림 지역을 흐르는 계류의 낙엽·낙지는 봄의 홍수에 의해서 급격하게 감소한다(岸과 中村, 1995). 한편, 사력퇴 및 범람원 상의 낙엽·낙지는 높이에 따라서도 다르지만 봄이 지나도 남아 있는 경우가 많다. 사력퇴·범람원은 식생이 계상조도(溪床粗度)를 높이고, 높은 지형면에 따른 수심저하에 의해서 계류가 운반해 온 낙지를 포착하는 경우도 많다. 계류의 물질수지는 생산과 유송이 한 시기에 집중하는 경향이 있다. 낙엽은 지역에 따라서 다소 다르지만 10~11월에 집중하고, 유송은 봄의 융설 융해 시기든지 여름의 호우 시기에 집중한다. 집중적인 침식에 의한 토사가 단숨에 바다까지 흘러나간다면, 유기물은 수생생물이 이용하지 못하게 된다. 유로에 직접 들어가지 않는 가을의 낙엽은 일단 이런 계류의 지형면에서 저류되어 분해되고, 물의 수위가 높아질 때 조금씩 유로로 공급된다(Jones and Smock, 1991). 계류의 활동으로 형성된 다양한 지형면은 유로 내 낙지현존량의 급격한

변동을 가져오고, 이를 서서히 공급하는 중요한 기능을 하고 있다.

유로가 넓은 확폭부에서는 빈번하게 발생하는 계상교란의 영향으로 공급되는 일사량은 산지 계류 중에서도 매우 높다. 게다가 2차유로의 발달과 이들 유로에서의 알고 느린 흐름도 영향을 주어 계류수온의 상승과 계류 내 1차생산량의 증가가 나타난다. 확폭부에서의 계류수송력(stream power)의 저하는 결과적으로 토사, 낙엽 낙지, 물에 떠서 흐르는 나무(流木) 등 상류에서 운반되어 오는 물질의 정체를 재촉한다. 산지계류에서 Lamberti 등(1989)이 실시한 낙엽유하실험에 의하면, 확폭부의 낙엽저류기능(落葉貯留機能)은 협착부(狹窄部)와 비교해서 5배 이상 높아지고 있다. 도류목(倒流木)의 분포량도 이런 확폭부에서 2~5배정도 높고, 특히 유량(流量)과 유로폭이 급격하게 변화하는 2차유로의 입구 부근에서 체류하는 경우가 많다(Nakamura and Swanson, 1994). 또한, 도류목이 유하해 오는 낙엽낙지를 차단시켜 확폭부에서의 물질저류효과를 높이는 것도 사실이다(Speaker et al., 1984). 아울러 어류서식지인 웅덩이의 형성기능도 높아진다. 2차유로가 발달하는 확폭부에서는 정체하는 도류목의 약 17%가 웅덩이형성에 관여하고 있는데 반해, 단일유로의 협착부에서는 5% 정도에 지나지 않는다(Nakamura and Swanson, 1994).

계상에 발달한 두꺼운 퇴적물은 광범위하게 퍼진 하상공극수역(hyporheic zone)을 형성한다. 사력퇴, 범람원 등의 지형면을 통과할 때

공극수역이 영양염인 질소의 근원으로써 기능을 하는 것인가, 수조(sink)로써 기능하는 것인가는 산림계류와 같이 질소성분이 제한되어 있는 계통인가, 발에 인접해서 유입하는 질소성분이 높은 계통인가에 따라서 다르다(Jones and Holmes, 1996). 따라서 계곡에 설치되어 있는 인공구조물에 의하여 계류에 떨어진 낙엽 낙지 성분들로 인해 계류의 물질 공급이 차단되거나 집적되는 것은 질소성분의 집적과 관계되므로 이에 대한 영향을 평가하는 것도 대단히 중요하다.

3) 환경보전형 사방의 전망과 과제

계곡생태계를 보존하기 위한 기술적 중심과제는 생태계구성요인의 연계를 유지하는 것이다. 이를 위해서는 토사나 물질의 이동, 유로변동 등 계류가 가진 동적구조가 유지되지 않으면 안 된다. 일본에서는 1997년에 신하천법이 제정되어 하천환경의 정비·보전이 내부목적화 되고, 현재는 산지에서 평야, 바다로 도달하기까지의 유역종합토사관리가 요구되고 있다. 이제까지 야계에 설치되는 각종 사방구조물공사의 목적이 어떤 방법으로 토사생산을 억제해서 평야부 하류역으로 유하시키지 않게 하도록 억제할 것인가에 초점을 두었으나, 이후에는 어떤 하류로 공급하는가가 중심과제가 되고 있다. 따라서 재해출처로서의 토사억제, 생태계유지를 위해 필요 불가결한 토사조절의 발상전환이 필요하다. 버드나무 등 수변림을 구성하는 종들 대개는 사력이 빈번하게 이동하는 입지를 좋아하고, 안정한 입지에서는 다른 수종과의

경쟁에서 도태된다. 내구년수(耐久年數)가 긴 구조물의 설치에 계상의 안정화를 초래하고, 계류가 본래 가진 동적구조를 억제한다. 따라서 동적구조유지의 관점에서는 대상으로 하는 자연현상의 시간에 응하는 구조물의 내구성을 설정하는 것이 타당하고, 짧은 시간단위에서 파괴되는 것을 전제조건으로 한 구조물설치도 생각하지 않으면 안 된다. 이러한 관점에서 구조물파괴는 실패사태가 아니고, 자연교란(유로변동, 계상변동 등)을 허용하는 성공사례로써 해석된다. 즉, 계곡 내에 설치되는 각종 인공구조물의 철거는 실제로 계곡생태계의 안전 및 보존을 위하여 필요한 조치이다. 따라서 식물 등의 생물재료에 의해서 만들어진 구조물은 파괴돼 유출되어도 유해한 폐기물로는 작용하지 않는다. 한편, 토지이용과 그에 따른 계류재해를 생각하면 이런 변동의 허용성, 구조물의 유연성에 대해서도 한계가 있다.

계류에 대한 계층구분은 이미 Frissell 등(1986), Swanson 등(1990)에 의해서 제안되었다. 아마도 구조물의 안정성을 요구하는 크기는 유역 및 수계차수에 따라 다를 것이다. 이보다 넓은 구역에서 발생하는 자연재해에 대해서 현재의 사방이 기술적으로 대응하는 것은 거의 불가능하다. 또한, 이보다 좁은 영역에서 발생하는 자연교란에 대해서는 유역 전체에서 처리하는 것을 고려한다면 변동을 허용하는 것이 가능하고, 유연한 구조물설치를 생각할 수 있다. 유역적 관점에서는 수 십 년에서 수 백 년단위로 발생하는 토사재해로부터의 안전확보가 중심과제로 거론되고, 계곡환경의 분단을

최소한으로 억제하는 시설계획을 생각하지 않으면 안 된다. 유로구간 크기에서는 토지·생물·유수환경계의 연계 유지가 중심과제로 시선이 집중되고, 내구년수가 짧은(10년에서 수십 년) 구조물을 생각한다. 즉, 이러한 관점에서라면 계곡 내에 설치되는 인공구조물은 내구년수가 짧은 친환경구조물이 적합하다고 할 수 있다.

실제적이고 계층적으로 이보다 상위의 계류환경이 유지된다면 이러한 규모에서의 서식지는 자연적으로 형성되는 것이라고 생각되지만, 여기서는 상위규모의 기술적 대응이 토지이용 등의 제약으로 어렵고, 우선 서식지 조성을 진척시키지 않으면 안 될 경우가 있다. 아울러 토사동태와 계곡생태계의 연계에서 이해할 수 있듯 다양한 기술에 걸친 생물과 물리현상의 상호작용을 허용하기 위해서는 계상평면형 유지관리가 필요하다.

지금까지 토사관리를 목적으로 한 사방계획의 사고방식이 사방댐이나 유로공사와 같은 공작물에 의한 안정계류종단형(安定溪流縱斷形)의 수립이었던 것에 반해서(武居, 1998), 계곡생태계 보존을 위한 야계사방공사의 시점은 횡단형이 중요시된다. 수변림 수관(樹冠)에 의해 일사차단이 탁월한 산지계류에서는 수생식물에 의한 광합성량은 극히 적고, 에너지의 대부분을 계류 외에서 생산하는 유기물에 의지하지 않으면 안 된다. 이 에너지원의 대부분이 가을에 수변림에서 떨어진 낙엽이고, 계류 내의 생물군집은 계외(系外)로부터의 에너지공급에 의지하고 있다고 할 수 있다(Fisher and Liken-

s, 1973). 계안 비탈면에서 단구, 범람원을 거쳐서 사력되, 유로에 이르는 횡단변화는 영양염 등 물질의 생산·채류·유출구조와 강하게 관계되어 있고, 유지지역과 수역의 연속성을 확보하는 의미에서도 중요하다. 계류에 시공된 상고공(床固工)이나 대공(帶工) 등의 횡단구조물은 국소 세굴이나 퇴적을 막는 효과는 매우 높지만, 계곡생태계의 기본구조인 여울과 웅덩이의 구조를 소실시킨다(Takahashi and Higashi, 1984). 따라서 허용범위 내에서 형성되는 얇은 여울과 웅덩이의 반복, 사력되·범람원의 발달, 유로변동 등은 생물서식지를 제공하는 의미에서도 보전되고 확보되지 않으면 안 된다. 이러한 의미에서 계곡 내에 설치되는 인공구조물의 영향은 계곡생태계 보존을 위해서는 마이너스 효과를 가진다고 평가할 수 있다.

4) 유역의 토사동태와 환경보전형 야계사방 실시

유역의 곡선부 비탈면에서 표면침식, 비탈면 붕괴, 사태 등에 의해서 생산된 토사는 대부분 직접 계류에 유입되지만, 일부는 애추(崖錐)로써 비탈면각부(斜面脚部)에 머무르기도 한다. 이러한 붕적토(崩積土)는 계류에 의한 측방침식에 따라서 서서히 유출하는 한편 때때로 계류를 막아 토석류로 유하하기도 한다. 계류 내로 공급된 토사는 계상의 상승과 저하를 반복하면서 유하하는데, 계곡의 밑바닥이 넓은 구간에서는 토사가 정체하여 범람원을 발달시킨다. 계류의 지형은 이런 계상변동의 반복에 의해서 형성되고, 계류나 수변에 생육하는 동물

이나 식물은 이러한 지형의 구조와 지형변화의 빈도에 의해 규제되면서 그 서식지를 확보하고 있다. 따라서 이런 토사동태와 계류·수변의 생물과의 연계를 개관하고, 환경과 조화한 새로운 사방·치산사업 즉, 환경보전형 사방사업의 실시가 요구된다. 이는 계곡 내에 설치되는 인공구조물과도 직접적인 연관성을 가지고 있고, 그 인공구조물 자체가 사방공사에 의해 시공된 사방공작물이기 때문이다.

이러한 의미에서 2002년 산림청의 사방사업 시책을 살펴보면 중점추진사항으로 사방댐, 야계사방은 자연생태 및 주변환경에 조화롭게 시공한다. 즉, 어류가 서식하는 계천에는 우회수로, 계단식 낙차공 등 어도를 설계에 반영하여 어류생태계를 보전하고, 계류는 직선화하기 보다는 가급적 자연선형을 유지하며, 시공재료는 콘크리트보다는 가급적 전석 등을 이용한다. 사방댐은 집중호우로 인한 산사태발생지와 하류의 마을, 농경지 등에 재해발생이 우려되는 지역에 우선 시공하는 등 마을권의 재해 우려지와 연계 시공하도록 되어 있다. 즉, 일본에서 최근 실시하고 있는 경관보전, 생태계의 배려, 친수성 향상, 구조물의 주변환경과의 조화 등에 입각하여 시행되어야 한다. 이는 계곡 내에 시설하는 인공구조물도 적용받아야 할 사항이다.

한 예로 일본 닛코국립공원의 대곡천(大谷川)에는 최근 주민들의 여론에 따라 콘크리트구조물보다는 자연석을 이용한 구조물로 변경하고 있다. 즉, 기슭막이나 바닥막이는 커다란 자연석(전석)을 이용하여 축조하고 주변에 친수공원을 만들기 위해 하천부지에 공원을 만들어

주민들의 쉼터로 이용하고 있다. 특히, 대곡천의 깨끗한 물에는 다양한 어종이 살고 있어 주민들이 자치적으로 입어권(入漁權)을 1년에 45,000원에 팔고 있으며, 어류를 아무나 잡지 못하게 하고 있다. 뿐만 아니라 강원도 횡성군 서원면 유현리와 공근면 어두원리, 홍천군 두촌면 장남리, 인제군 상남면 상남리에 설치한 개량사방댐(버트레스형, 슬리트형)은 대부분의 수해가 계곡에 쌓이는 나무와 토석에 의해 발생되는 점을 감안하여 설치하였는데, 이는 투과형 사방댐의 일종으로써 2002년 8월에 발생한 2차 장마에 따른 수해를 적기에 예방한 인공구조물이다. 특히 이러한 인공구조물은 토사와 물은 그대로 빠져나가고 유목과 토석 만을 걸러주어 계곡에서의 포락을 방지하는 역할을 하고 있다.

III. 참고문헌

1. 건설부. 1982. 河川施設基準. 건설부. 504 pp.
2. 건설부. 1994. 자연형 하천계획기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사·연구. 1994년도 하천환경관리기법개발연구·조사 보고서. 489pp.
3. 건설교통부. 1998. 하천구역내 나무심기 및 관리에 관한 기준. 건설교통부. 58pp.
4. 건설교통부. 1999. 하천법 법률 제5893호 전문개정.
5. 경남일보. 2002. 하천오염 서식지 훼손 토착 어종 줄어...줄어...경남일보 3월 6일자 16면.

6. 경상남도산림환경연구원. 2001. 21세기 선진 산림 문화 창출의 동력 경상남도산림환경연구원. 경상남도산림환경연구원. 24pp.
7. 국립공원관리공단. 1994. 지리산국립공원 훼손지 복구 환경조사 및 실시설계. 국립공원관리공단. 138pp.
8. 국립공원관리공단 북한산관리사무소. 1997. 북한산국립공원 자연생태계 보전계획. 국립공원관리공단 북한산관리사무소. 128pp.
9. 국립공원관리공단 북한산동부관리사무소. 1998. 북한산국립공원 생태조사 모니터링 보고서. 국립공원관리공단 북한산동부관리사무소. 86pp.
10. 국립공원관리공단. 1999. 생태계 보전을 고려한 공원시설물의 정비 및 조성기법 개발에 관한 연구. 국립공원관리공단. 326pp.
11. 국립공원관리공단. 1999. 북한산국립공원. 한국의 국립공원:104-111.
12. 국립공원관리공단지리산관리사무소. 2000. 지리산 모니터링 보고서. 국립공원관리공단 지리산관리사무소. 171pp.
13. 국립공원관리공단. 2001. 국립공원백서. 국립공원관리공단. 540pp.
14. 국립공원관리공단. 2001. 국립공원 산사태 지 복구대책 수립을 위한 조사. 국립공원관리공단. 106pp.
15. 국립공원관리공단. 2001. 국립공원내 훼손지에 대한 환경친화적인 복구방안 세미나. 국립공원관리공단. 174pp.
16. 국립공원관리공단. 2001. 북한산국립공원 자연자원조사. 국립공원관리공단. 289pp.
17. 국립공원관리공단 자연생태연구소. 2002. 북한산국립공원 자원 모니터링 과업 지침서. 165pp.
18. 국립환경연구원. 1994. 비점오염원 유출부하량 조사지침. 125pp.
19. 기상청. 2001. 적설통계자료. 기상청 <http://www.kma.go.kr>
20. 김정하. 2002. 자연친화적 산지야계 복원 기법. 임업연구원. 68pp.
21. 김규호. 2002. 생태서식 환경을 위한 큰돌 군(boulder cluster)의 구조. 2001년도 한국수자원학회 기초과제 연구보고서. 125-156.
22. 김기홍, 신영철, 이형래. 2002. 산지 소하천 유역의 지형특성에 관한 조사 연구. 산업과학기술연구소보 제9호:53-58.
23. 김성일. 2001. 생태계 관리기법. 아름다운 국립공원 제28호:12-14.
24. 김영숙. 2001. 목재보존제의 국제적 사용동향. 제4회 한국목재공학회 2001산학연심포지엄 목재의 방부·방충 세미나. 한국목재공학회·임업연구원. 3-21pp.
25. 김익수. 1998. 은빛 여울에는 쉬리가 산다. 중앙M&B. 305pp.
26. 김재진. 1992. 산성조건하에서 옥외용 목재의 성능저하. 석사학위논문. 고려대학교 대학원. 71pp.
27. 김학범, 장동수. 마을숲. 1994. 설화당. 204pp.
28. 낙동강환경관리청. 2002. 낙동강유역 환경지도 - 물관리 부문 중심으로 -. 낙동강환경관리청. 149pp.

29. 마호섭. 2002. 사방사업의 발전방안 토론자료. 한국산림토목환경연구회보 43:42-46.
30. 박재철. 2000. 물순환모델에 의한 산지소유역의 유출특성 및 계류수의 수질변화 분석. 영남대학교 대학원 석사학위논문. 74p.
31. 박재철, 이현호. 2000. 유출량의 변화가 산지 계류수의 수질변화에 미치는 영향-팔공산유역을 대상으로-. 한국임학회지 89(3): 342-355.
32. 박재현, 우보명. 1989. 비탈면의 동결융해 침식에 관한 연구. 서울대 농학연구 14(1): 9-15.
33. 박재현. 1995. 백운산 성숙활엽수림 개별수확지에서 벌출직후의 환경변화와 운재로 침식에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 137pp.
34. 박재현. 1996. 산림유역에 있어서 계류수질 평가기준 정립에 관한 고찰(II). 자연보존 95:38-52.
35. 박재현. 1999. 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수질 특성. 한국임학회지 88(1): 101-110.
36. 박재현, 마호섭. 1999. 북한산국립공원내 휴식년 계곡의 수질관리를 위한 계류수질모니터링. 한국환경복원녹화기술학회지 2(2):88-96.
37. 박재현. 2001. 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수질 특성(IV) - 이화학적 특성의 계절별 변화를 중심으로 -. 한국임학회지 90(1):146-154.
38. 박재현. 2001. 북한산국립공원 북동사면에서 동결융해침식 및 토사유출이 계류수질에 미치는 영향. 한국임학회지 90(4):513-523.
39. 박종관. 1997. 물환경조사법. 청문각. 186pp.
40. 복제주군. 2001. 복제주군 해양국립공원 관리방안 연구. 복제주군. 123pp.
41. 산림조합중앙회홍보실. 2002. 사방댐으로 집중호우 피해 막았다. 산림 440:42-43.
42. 산림청. 1998. 사방기술교본. 산림청. 515pp.
43. 산림청. 2000. 산림법 법률제6222호 일부개정.
44. 산림청. 2001. 산림에 대한 국민의식조사 보고서. 산림청. 157pp.
45. 산림청. 2002. 강원 개량사방댐 수방역할 특목. <http://www.foa.go.kr/>.
46. 서규우. 2002. 국내 도시하천의 생태환경 조성을 위한 모형의 개발 및 적용 - 부산 온천천유역의 적용사례를 중심으로 -. 2001년도 한국수자원학회 기초과제 연구보고서. 157-204.
47. 안상진. 2002. 바람직한 하천살리기 방향. 한국수자원학회지 35(4):7-8.
48. 우보명. 1992. 신제사방공학. 향문사. 310pp.
49. 우호섭. 2001. 수변복원의 이해(I) - 미국의 수변복원 가이드라인을 중심으로 -. 하천복원에 관한 국제 심포지엄:275-284.
50. 환경부, 한강수계관리위원회, 한강유역환경관리청. 2001. 한강수변구역관리 기본계획 및 설계 현황조사 보고서(종합). 환경부, 한강수계관리위원회, 한강유역환경관리청. 865pp.
51. 환경부. 1999. 자연공원법 법률 제5914호.
52. 岡村俊邦. 1996. 生態學的播種法による自然林の再生法. 水辺環境林造成に關する研究會.

53. 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. 農業農村整備とビオトープ-3 69(9):937-940.
54. 上野幸一, 小原敏郎. 2001. ビオトープの保全に配慮した 棚田地域の整備手法. 農業農村整備とビオトープ-5 69(9):945-949.
55. 廣瀬慎一, 佐藤久三, 竹中妙子. 2001. 水路底改修に伴う水生植物群落の遷移. 農業農村整備とビオトープ-10 69(9):971-974.
56. 丹治 肇. 2001. プリティッツシコ・コロンビア 州に見る水系環境整備の考え方. 農業農村整備とビオトープ-12 69(9):981-986.
57. 建設省九州地方建設局河川部. 1994. 川づくり参考資料(案)(多自然型川づくりの理解のために).(財)建設工法研究所.
58. 北海道林務部治山課. 1994. 北海道における省力森林土木工法等開発パイロット事業の概要について. 治山 39(1):15-20.
59. 中村太士, 百海琢司. 1989. 河畔林の河川水温への影響に関する考察. 日本林學會誌 71:387-394.
60. 中村太士. 1990. 地表變動と森林と成立についての一考察. 生物科學 42(2):57-67.
61. 中村太士. 1995. 河畔域における森林と河川の相互作用. 日本生態學會誌 45:295-300.
62. 平井敬三, 加藤正樹, 岩川雄幸, 吉田桂子. 1990. 樹幹流が林地土壌に與える影響(II)-スギ・ヒノキ林における林外雨, 林内雨, 樹幹流, 土壌水の pH-. 日林論 101:243-45.
63. 大類清和, 生原喜久雄, 相場芳憲. 1992. 降雨イベントの溪流水の溶存物質の流出特性と流出成分の分離. 日本林學會誌 74(3):203-212.
64. 佐藤冬樹, 笹架一郎, 藤原滉一郎. 1996a. 北海道北部低地の新雪に含まれる化學成分の空間變動-選擇的溶出と NH_4^+ 沈着の影響-. 北海道大學農學部演習林研究報告 53(2):205-218.
65. 佐藤冬樹, 笹架一郎, 藤原滉一郎. 1996b. 北海道北部山地の積雪の化學組成-森林の影響と有機物質収支解明への豫備調査-. 北海道大學農學部演習林研究報告 53(2):219-234.
66. 佐藤冬樹, 笹架一郎, 本浩志, 藤原滉一郎. 1997. 北海道北部における積雪底面融雪水のイオン組成. 北海道大學農學部演習林研究報告 54(2):175-187.
67. 佐藤冬樹, 野村 駿, 榎本浩志, 芦谷大太郎, 笹架一郎. 1999. 北海道北部における春期融雪時期の酸性積雪からのイオン溶出. 北海道大學農學部演習林研究報告 56(2):1-10.
68. 志水俊夫, 藤枝基久, 吉野昭一. 1987. 融雪期における河川水質の變動特性. 日林論 98:561-564.
69. 羽田野誠一. 1974. 崩壊性地形(その2). 講座 最近の地形學8.土の基礎 22(11):85-93.
70. 檜壇大助. 1987. 北山山地中部の斜面物質移動期と斜面形成. 第四紀研究 26(1):27-45.
71. 清水 收・長山孝彦・齋藤正美. 1995. 北海道日高地方の山地小流域における過去8000年間の崩壊發生域と崩壊發生頻度. 地形 16(2):115-136.

72. 武居有恒. 1998. 砂防計畫に想う. 新砂防 16(2):29-30.
73. 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.
74. 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.
75. 崎尾 均, 鈴木和次郎. 1997. 水辺の森林植生(溪畔林・河畔林)の現状・構造・機能および砂防工事による影響. 砂防學會誌 49(6):40-48.
76. 池田 宏, 伊勢屋ふじこ, 飯島英夫. 1986. 實驗水路に形成される河川の縦斷形. 築波大學水理實驗センター報告 10:115-123.
77. 柳井清治. 1989. テフクロクロノロジ-による北海道中央部山地斜面の年代解析. 地形 10(1):1-12.
78. 柳井清治, 薄井五郎. 1989. 火山灰層 指標にした斜面崩壊の年代的解析-災害地域における過去300年間の崩壊發生覆歴. 新砂防 42(1):5-13.
79. 柳井清治, 寺澤和彦. 1995. 北海道南部沿岸山地地域における森林が河川および海域に及ぼす影響(II). 山地溪流における闊葉樹9種落葉の分解過程. 日本林學會誌 77(6):563-572.
80. 岸 千春, 中村太土. 1995. 小河川における落葉リターの収支と帶留量および保持構造に關する研究. 北海道大學 83-107.
81. 川道武男. 1997. 溪流のオオサンショウウオなどと砂防工事. 砂防學會誌 50(2):50-54.
82. 竹門康弘. 1991. 動物の眼から見た河川のあり方. 關西自然保護機構會報 13:5-18.
83. 竹門康弘, 谷田一美, 玉置昭夫, 向井 宏, 川端善一朗. 1995. 棲み場所の生態學. シリーズ共生の生態學 7. 平凡社. 24-56pp.
84. 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六. 1993. 河川生態環境工學-河川生態と河川計劃-. 東京大學出版會. p.321.
85. 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.
86. 松永勝彦. 1993. 森が消えれば海も死ぬ-陸と海を結ぶ生態學. 講談社. 112-145pp.
87. 清水 收, 長山孝彦, 齋藤正美. 1995. 北海道日高地方の山地小流域における過去8000年間の崩壊發生域と崩壊發生頻度. 地形 16(2):115-136.
88. 管原正孝. 1997. 持續可能な水環境政策. 技報堂出版. 173pp.
89. 高橋 裕. 2000. 河川工學. 東京大學出版會. 311pp.
90. リバーフロント整備センター 2000. ふるさとの川づくり育てる-ふるさとの川整備事業事例集-. 大成出版社.175pp.
91. Baldwin, W. J., Pasek, E. A. and Osbourne, P. D. 1996. Sediment toxicity study of marine piles treated with CCA-C. Proceedings American Wood Preservers Association 90:300-316.

산림시업관리가 산림토양에 미치는 영향

김 춘 식

진주산업대학교 산림자원학과

I. 머리말

여러 가지 산림시업관리가 산림토양에 미치는 영향은 세계 여러 기후대에서도 많은 유사성을 가진다. 특히 북반구 환경에서는 토양 동결, 강설량, 낮은 토양온도, 두꺼운 임상층의 발달과 같은 요인들 때문에 여러 가지 토양특성에 상당한 변화가 초래되게 된다. 특히 고위도 지역에서의 식생과 토양미생물의 주요한 생장 제한 인자는 낮은 토양온도이다. 본 보고는 산림시업관리가 산림토양에 어떤 영향을 미치게 되는지에 대한 개략적인 고찰이다.

1. 임목수확과 기계적인 지존작업의 영향

임목을 벌채할 때 수확되는 목재내 함유된 상당량의 양분이 임외로 방출되게 된다. 특히 산림지역에서 전임목이 수확(whole-tree harvesting) 되었을 때 양순 손실은 크게 나타난다. 예를 들면 건물량을 약 107ton/ha 정도 가지는 65년생 가문비나무임분내 수간 및 수피에 들어있는 다량영양분(macronutrients)은 질소(N) 43kg/ha, 인(P) 12kg/ha, 칼륨(K) 25kg/ha, 칼슘(Ca) 98kg/ha, 마그네슘(Mg) 8kg/ha정도이나, 이 임분의 전체임목에 들어

있는 양분량은 N 167 kg/ha, P 42 kg/ha, K 84 kg/ha, Ca 277 kg/ha, Mg 27kg/ha 정도이다. 65년생 방크스소나무 경우 전체 임분의 임목내 N 185kg/ha, P 14kg/ha, K 93kg/ha, Ca 132kg/ha, Mg 20kg/ha정도를 포함하고 있다. 원칙적으로 산림이 가지는 임분사이의 biomass의 변이 때문에 양분이 손실되는 크기는 입지에 따라 다르게 나타난다. 그러나 이러한 자료들은 침엽수 벌채에 의해 손실되는 다량영양분의 비율과 양분크기에 대한 여러 가지 점을 시사하게 된다. 특히 북반구 산림에 광범위한 질소 결핍은 산림수확으로부터 발생하는 질소손실이 그 원인일거라는 개념의 타당성을 설명한다고 할 수 있다. 그러나 양분저장과 재분배 기작을 고려할 때 장기적인 면에서는 질소보다는 다른 양분들이 보다 중요할 수 있다. 예를 들면 산림수확에 의한 칼륨손실의 경우 전통적 산림수확(수간과 수피만 수확) 보다는 전임목의 수확으로부터 갈륨의 손실이 2배 이상 높게 나타나며, 때때로 칼륨함량이 낮은 지역내 토양의 치환성 칼륨함량은 성숙한 임목내 지상부에 축적된 칼륨함량보다 적을 수 있다. 결과적으로 새로운 임분이 조성되었을 때 식물에 유효한 치환성 칼륨함량은 광물질 토양층내 풍화가 신속하게 발생하지 않는 한은 극히 제

한적일 수 있다. 특히 가장 문제가 되는 경우는 칼륨을 함유하는 광물질이 풍부하지 않은 지역이나, 풍화작용이 신속하지 않은 지역, 조립질 토양의 경우 토양내 입경의 표면적이 적기때문에 문제가 된다.

목재수확에 의한 산림내 임관 제거는 토양온도 변화를 수반하게되며, 비록 증산손실량이 감소되고, 여러 가지 다른 인자가 에너지 분배에 영향을 줄수는 있지만 이러한 것들은 토양표면에 도달하는 광선 수지의 변화가 원인이다. 벌채 후 초기 천이단계동안 임관의 발달은 토양내 온도 반응에 상당한 차이를 초래할 수 있다. 개별지역내 임연부는 바람, 그늘, 강설축적, 해동, 토양온도, 수분영역에 영향을 미친다. 특히 지표면을 통한 벌채목의 운반은 토양답압(soil compaction) 뿐만 아니라, 토양의 구조적 변화를 초래할 수 있으며 토양수분보유력이나, 토양 통기성 감소, 배수상태, 토양층내 뿌리침투 등에 영향을 미칠 수 있다. 세립질이며 습윤한 토양지역은 특히 민감한 반면에 동결된 토양은 산림작업기계의 이용에 따른 토양구조적 파괴에 상당한 저항성을 가진다. 여러 가지 벌채목을 운반하는 활동으로부터 초래되는 토양구조의 변화는 수고, 임목직경, 임목재적 생장에 감소를 초래하는 것으로 관찰되고 있다. 토양용적밀도의 경우 차량의 첫주행에 따라서도 아주 큰변화가 발생하게되며 심지어는 지표면에 낮은압력(35~75kPa)에서도 상당한 답압을 초래 할 수 있다. 그러나 계속적인 주행이 발생하게되면 답압에 상당한 증가는 초래되지 않으나, 대신 토양공극 분포에 변화가

발생할 가능성이 있으며 대공극이 파괴되고 미소 공극량이 증가할 수 있다. 대공극의 손실은 수분보유력이나, 통기성, 배수성, 호기적, 혐기적 토양미생물의 군집에 상당한 영향을 미치게 된다. 초지지역의 경우 토양 공극용적 0.1~1.2 μm 크기 사이에는 세균 biomass와 토양 공극용적 30~90 μm 크기는 선충 biomass와 높은 상관성이 있는 것으로 알려져 있으며 곰팡이와 원생동물 등은 토양 공극용적과 밀접한 관계는 없는 것으로 알려져 있다.

공극율 특히 대공극의 감소는 포화 수리전도도(hydraulic conductivity)의 상당한 감소를 초래하게 되며 이러한 것은 토양내 투수능력(infiltration capacity)을 제한하게 된다. 비록 많은 교란 받지 않은 산림토양의 경우 정상적인 최고 강우 강도를 초과하는 포화 수리전도도를 가지고 있지만, 산림작업기계와 관계되는 답압은 국소적인 지표유거수를 발생하게 한다. 특히 이러한 것은 작업기계의 사용후 발생하는 차량 바퀴 주위에서 심하게 발생한다. 기계적인 지존작업은 어떤면에서는 혜택을 줄수 있지만, 반면에 여러 가지 잠재적인 문제를 초래하게된다. 토양구조의 파괴는 기계적인 지존작업이 습윤 토양에서 수행되었을 때 심하게 발생한다.

임상(forest floor)의 이동 또한 산림수확 동안 발생할 수 있다. 강우충격에 의한 광물질 토양의 노출은 임상이동시 발생하는 몇가지 가능한 영향 중의 하나이다. 이런 지역에서는 국소적인 양분 손실이 상당히 발생한다. 적은 양의 임상제거된 지역은 상당량의 양분이 묘목이

신장할 수 있는 근계의 도달 범위내에 남아 있을 수 있다. 그러나 대규모의 임상 제거는 대면적에 양분을 고갈 시킬 수 있다. 예를 들면 벌채잔존물의 연소시 질소의 경우 500kgN/ha 손실되는 것으로 추정되고 있다. 오리나무같은 질소고정 식물이 침입하는 지역은 벌채 후 8년 내에 상당량의 양분이 회복되며, 오리나무와 인접하여 식재된 가문비나무 묘목은 신속한 생장을 하는 것으로 보고되고 있다. 토양 생물상은 영양원, 또는 양분 공급원일 뿐만아니라 토양생물의 주서식지로서 제공되는 임상의 이동에 의해 상당한 영향을 받는다.

산림수확이나 지존작업동안 발생하는 임상층의 제거는 토양내 열반응에 영향을 미친다. 유기물층과 비교할때 광물질 토층은 열전도도, 열 보유능력, 열의 유입과 확산능력이 높다. 결과적으로 임상층이 제거되고 광물질 토층의 노출은 유기물층보다는 온도의 극단적인 변동이 심하지 않다. 그러나 노출된 토양은 지표면 온도의 변동에 따라 급격한 온도 변화를 보일 수 있다. 낮은 토양온도는 고위도지방에서 토양생물학적 활동의 가장 중요한 제한 요인이기 때문에 수확이나 지존작업동안 토양층의 제거는 토양 생물학적 활동에 상당한 영향을 미치게 된다. 특히 산림수확에 의한 상층임관이나 하층임관의 제거는 열 수지의 변화에 의해 토양 온도에 유의적인 변화를 초래한다. 야간에 발생하는 토양온도의 저하는 낮 동안 토양표면에서 유입되는 단파장보다는, 수관이 없는 상태에서 감소되는 장파장이 원인으로 생각된다. 온도영역에 변화는 임목수확 후 증가되는 생물

학적 활동의 주요한 원인으로 추정된다. 이러한 것은 유기물 분해의 증가와 질소 무기화율의 증가를 포함하고 있다. 또한 벌채 후에는 토양 양분의 용탈 손실이 증가한다. 이때 발생하는 용탈손실은 식물에 의한 흡수율의 감소 뿐만아니라, 토양미생물에 의한 증가되는 순무기화율이 중요한 요인이다. 유기물 분해정도는 온도변화에 따라 다양하게 나타나며 어떤지역에서의 Q10은 약 1.8이나 벌채된 습지의 경우 6.0까지 다양하게 분포한다.

산림사업관리 활동은 토양물리적인 측면 뿐만아니라 토양 화학적인 특성에 영향을 미칠 수 있다. 여러 가지 다양한 산림사업활동은 토양의 통기성에 영향을 미친다. 예를 들면 공극 크기 감소와 수분보유력의 증가는 토양내 가스교환을 방해하는 경향이 있다. 예를들면 물에서의 가스교환속도는 대기에 비해 0.0001 정도에 불과하다. 답압에 의한 공극의 감소는 가스교환을 방해하며 뿌리의 대사작용과 토양미생물의 활동을 제한한다. 기상이 액상과 평형을 이루면서 토양내 이산화탄소 용해를 증가하여 탄산염농도를 상승하게 한다. 만일 pH가 극단적으로 낮지 않으면 생산된 수소이온은 칼슘, 마그네슘, 칼륨같은 치환성양이온을 토양으로부터 해리하여 토양내 물이 침투하고 하부로 이동함으로써 이러한 이온은 집단 유동을 통하여 이동이 발생하게 된다. 토양내 이산화탄소가 축적되면 산소는 상대적으로 줄어들게 된다. 토양의 입단이나 심토층이 무산소상태가 되고 산소가 고갈되면 산화환원 잠재력이 저하되고, 탈질작용, 망간과 철의 환원, 황의 환원 등이

발생한다.

2. 산불의 영향

산불에 의한 알베도의 감소, 상층임관 제거, 하층관목 제거, 낙엽층 소실 등은 토양온도 영역의 변화를 유발한다. 엽분석으로부터 추론된 식물의 양분상태는 비산화지보다는 산화지가 빈약한 것으로 알려져 있지만 묘목의 생장은 때로는 산화지에서 보다 더 양호할 수 있으며 이는 임목생장기간동안 높은 온도의 영향 때문으로 알려져 있다.

산불발생 후 광물질 토층내에는 불투수층이 생성될 수 있다. 산불발생은 열분해에 의해 토양 비극성 유기물질의 토양내 증가에 기여한다. 특히 열이 직접 침투하는 지역내 불투수성 물질의 휘산과 농도구배에 따른 토양내 확산, 토양입자 표면에 응축 등은 광물질 토층 표면 가까이 불투수층을 유발 할 수 있다. 조립질토양의 경우 심한 불투수층이 발달될 수 있으며 그 이유는 주로 조립질 토양의 경우 토양 표면적이 낮기 때문이다. 불투수층의 발생은 소규모 범위에서는 토양-수분영역을 극단적으로 변화하게하며 대규모로 산불이 발생할 경우 대면적의 유역내 지표수 흐름과 침식을 유발할 수 있다. 산불이 반복해서 발생할 경우 토양내 공극은 감소하게 되며 임목 잔존물의 연소는 양분의 손실을 초래하게 한다. 임상이나 다른 기타 연소물질의 연소동안 발생하는 질소휘산 손실의 추정치는 질소함량의 50~100% 범위이다. 또한 연소물내 포함된 황은 20~90%가 휘산에 의해 손실 수 있다. 칼슘, 마그네슘, 칼륨,

인과 같이 재속에 들어 있는 다량 영양분의 손실 또한 상당하다. 토양 pH는 산불후에 증가될 수 있으며 열분해에 의해 생성된 재에 풍부한 염기성 양이온 산화물이 토양 pH 상승에 기여한다. 토양 pH 상승의 크기와 기간은 완충력이 빈약한 토양에서는 매우 크게 되며 점토나 유기물이 많은 토양에서는 비교적 크지 않다. 수용성 재는 쉽게 용탈되며 주로 표면 유거수에 의해 손실이 쉽게 발생한다. 인산은 대부분 재나 숯 등에 의해 흡수되나 계류수에 인산염의 농도의 상승이 관찰되기도 한다. 어떤 경우에 있어서는 토양내 무기 질소의 축적이 산화지가 비산화지보다 증가하는 경우가 있다. 토양온도영역의 변화, 토양 pH, 기타 미생물의 활동에 영향을 미치는 인자들과 유효태질소의 경쟁에 대한 변화가 이러한 무기질소의 증가 원인 일 수 있다.

3. 시비와 영향

산림토양의 관리를 위해 주로 사용되는 시비의 경우 질소질 비료가 가장 일반적으로 사용된다. 질소질 비료로는 초안(ammonium nitrate), 유안(ammonium sulfate), 요소(urea) 등이 있으나, 요소비료가 산림에서 가장 많이 사용되고 있다. 요소비료의 시비는 단기간에 토양 pH를 상승한다. 그러나요소비료의 수화작용동안 발생하는 암모니움 탄산염에 의한 반응 때문에 요소비료가 대면적에 사용되었을때 pH의 상승과 암모니아태질소 이온 농도의 상승은 임상내 부식산이나 점토표면에 부착된 토양교질물에 분산을 초래하여 이러한 것

들이 토양공극에 침투하게되면 토양공극이 막히는 결과를 초래하게 된다. 또한 이러한 교질물은 구리, 철, 알루미늄과 복합체를 형성하고 이동을 촉진한다. 요소나 암모늄염이 포함된 비료의 시비는 장기적으로 pH를 저하하며 이는 질산화작용의 첫단계에서 발생하는 수소이온의 방출과 관계된다. 이러한 토양 pH의 저하는 망간, 아연, 알루미늄등과 같은 금속성 이온의 용탈을 가속화 할 수 있다. 시비 후 토양 양분상태의 변화는 생물의 활동을 활발하게 할 가능성이 있지만, 너무 높은 질소농도는 어떤 종에는 독성 반응을 일으킬수 있다.

II. 맺음말

여러가지 산림사업활동은 산림토양환경에 상당한 변화를 유발한다. 특히 산림토양에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서는 삼림수확, 기계적인 지존작업, 산불, 시비 등을 들 수 있다. 이러한 산림사업활동으로부터 유발되는 토양 물리·화학적 변화는 식물생장과 토양 생물상에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 산림수확으로부터발생되는 양분손실은 상당히 크며 어떤 입지에서는 장기적인 측면에서 식물에 유효한 양분수지에 영향을 미칠 수 있다. 산림수확에 따른 임관의 제거는 토양온도와 수분영역에 영향을 미친다. 수확된 목재의 운반동안 발생되는 토양구조의 변화는 수분보유력과 이동, 통기성, 근계의 토양내 침투불량 등을 초래 할 수있다. 산림사업활동으로부터 발생된 토양가

스교환의 손상은 토양내 탄산형성을 촉진하고 그로인한 양이온의 용탈을 초래한다. 토양내 가스교환의 불량은 미소환경에 무산소상태를 초래하여 탈질작용이나, 망간, 철, 황 등의 환원현상을 발생하게 한다. 산불발생시상당량의 양분이 휘산(특히 질소나 황) 또는 재속에 포함되어 손실이 되기도 한다. 특히 여러 가지 별채잔존물의 연소시 발생하는 재는 수화작용을 통해 토양 pH의 상승을 초래하지만 pH변화의 크기와 기간은 토양완충능력에 의해 영향을 받는다. 재속에 남아있는 양분은 수용성이며, 식물에 이용가능한 형태이고 용탈에 매우 민감하다. 그러나 산불발생 후 토양 pH 상승은 토양내 미량원소인 금속성이온과 인산 등의 유효도를 제한하기도 한다. 요소시비는 단기적으로 토양 pH를 상승하지만 금속성이온의 용탈을 초래하기도 하며 장기적으로는 시비된 질소성분의 질산화작용을 통하여 어떤 중금속이온들이 용탈되기도 한다. 이상과 같이 여러 가지 산림사업활동은 산림토양의 물리, 화학, 생물학적 성질의 변화를 초래하며 산림생산력과 밀접한 관계를 가진다. 산림사업관리로부터 발생하는 토양 교란 및 토양특성변화를 보다 잘 이해하는 것은 장기적인 산림생산성의 유지·증진의 관점에서 중요하다.

〈본 자료는 Ballard, T.M. 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. Forest Ecology and Management 133: 37-42 가 참고되었음〉

국내외기술정보

뉴질랜드 라디아타 소나무의 지속가능한 조림

구 창 덕

충북대학교 농과대학 산림과학부 조교수

머리말

라디아타소나무(*Pinus radiata* D. Don)는 뉴질랜드가 선택한 나무이다. 뉴질랜드에는 약 180만 ha의 인공조림지가 있으며 이중에서 약 90%인 160만 ha가 이 소나무이다(표 1, 3, 4). 뉴질랜드의 라디아타소나무 관련 임산물 수출액은 36억5천만NZ\$ (1NZ\$ $\approx$ 800원)로 낙농에 이어 두 번째로 중요하다(표 2). 현재 라디아타 소나무 벌채수확량은 매년 19백만 m^3 이지만(표 1) 20년 이후에는 2배로 증가 할 것으로 예상하고 있다. 뉴질랜드는 라디아타소나무 생산이 지속가능하고, 재생산가능하며 고유수종을 대체할 수 있는 목재자원이므로 계속 연구 개발을 촉진시키고 있다.

이것은 장기간 동안 현재의 산림을 감소시키지 않으면서 계속해서 수확 될 수 있음을 뜻한다. 또한 매 25년마다 조림하여 수확될수 있고 자연림의 고유한 목재를 대체할 소나무 목재이다. 우리나라는 뉴질랜드의 3번째로 중요한 임산물 수입국이다. 5억 7백만불을 수입하고 이중 75%는 원목이다. NZ 총 수출원목 714만 m^3 의 54%인 386만 m^3 을 수입한다. 여기서는 뉴질랜드의 지속가능한 라디아타소나무 조림에 대하여 뉴질랜드 산주협회가 작성한 내용을

소개한다.

참고로 뉴질랜드의 산림업자료(표 1), 뉴질랜드 경제지표(표 2), 토지이용비율(표 3), 인공조림지면적(표 4), 라디아타소나무 임목의 부위별 경제적 가치비율(표 5) 첨부하였다.

1. 왜 라디아타 소나무가 가치가 큰가?

라디아타소나무는 지구상에서 가장 광범위하게 조림되는 속성수 소나무이다. 이 수종의 원산지는 캘리포니아 해안과 몇 개 섬(그곳에서는 Monterey 소나무라고 함)으로 자연 분포는 매우 좁지만, 뉴질랜드, 호주, 남아프리카, 그리고 칠레 등 남반구 여러 나라에서 조림되고 수확되어 우리나라 뿐만 아니라 일본, 중국에도 수출되고 있다. 비록 이 나무가 어느 나라보다 뉴질랜드에서 더 빨리 자라지만 북아메리카에서도 가장 빨리 자라는 소나무이기도 하다.

라디아타소나무가 빨리 자라는 이유는, 열대지방의 나무들처럼 생장시기가 유전적으로 정해져 있지 않기 때문이다. 열대성이 아닌 대부분의 수종들은 연중 오직 정해진 기간(155일) 동안만 생장한다. 그 생장 조건이 얼마나 이상

적이든 간에 그 이외의 기간에는 이 비열대수종들은 자라지 않는다. 반면에 라디아타소나무는 매일 그날 생장조건이 이상적이라면 자란다.

뉴질랜드의 북섬 Bay of Plenty 지역에서는 라디아타소나무가 거의 매일 자라는데 특히 해안지방에서 그렇다. 직경생장은 여름에 가장 크지만 뉴질랜드 남섬같은 좀 추운지역에서는 여러 주 동안 생장이 멈춘다. 그렇다고 열대지방 같은 여름이라도 가장 잘 자라는 것은 아니다. 북섬 다른 지역에서는 토양이나 수분조건이 같더라도 Bay of Plenty 지역에서 만큼 잘 자라지는 않는다.

그 이유는 라디아타소나무는 따뜻할 경우에는 생장을 멈추지 못하는 성질 때문이다. 밤에도 온도가 높으면 생장을 계속한다. 이것은 목재가 될 에너지를 소비하는 경우이다. 열대지방에서는 3000m 이상되는 고산지대에서만, 즉 밤에는 추운 곳에서만 자랄수 있다. 환경이 좋을 때는 언제나 자랄 수 있는 능력은 오히려 심각한 약점이 될 수도 있다. 말하자면 라디아타소나무는 진정한 휴면에 들어갈 수가 없다는 것이다. 라디아타는 약한 동해에는 견딜수 있지만 혹독한 동해에는 견딜수가 없는 것이다 (견딜수 있는 최저온도는 -12°C 이다). 그동안의 연구결과로써 라디아타소나무가 어디에서 잘 자라며 어디에서 잘 자라지 못하는지 예측할 수 있다. 열대지방은 라디아타소나무가 자랄 지역이 아니다(추운 고산지대를 제외).

마찬가지로 대륙성 기후 지역에서도 생장이 좋지 않다. 이런 곳들은 혹독한 추위가 있다. 이들 지역에서는 -20°C 되는 경우는 드물지만

10년에 한번 주기로 동해가 있어 이 낮은온도에서는 라디아타소나무가 죽는다. 이런 것으로 볼 때 라디아타소나무가 잘 자라는 곳으로는 다음과 같다.

- 뉴질랜드
- 칠레중부
- 오스트레일리아 일부
- 남아프리카의 남부해안지대 (강수량과 토양조건이 적합한 곳)
- 스페인과 포르투갈의 북쪽해안
- 이탈리아, 그리스, 터키 의 중부해안 (흑해의 바로 남쪽)
- 섬지역의 몇 곳

이런 지역 중에서도 뉴질랜드가 생장하는 데에 가장 좋은데, 뉴질랜드 라디아타소나무의 평균 수확량은 스웨덴의 7배, 러시아의 13배 캐나다의 20배가 된다. 라디아타소나무가 가지고 있는 많은 특징 중에서 조림에 이상적인 장점을 들면 다음과 같다.

- 종자채취가 용이하다.
- 발아가 빠르다.
- 양묘하기가 쉽다.
- 묘목 활착률이 높다.
- 간벌 후 생장이 빠르다 (잎의 발생).
- 가지치기 상처가 신속히 치유된다.
- 수형개량은 선발과 육종으로 쉽게 이루어진다.

라디아타소나무는 속성수이므로 비교적 적은 산림면적에서(160만 ha, 전국토의 4%) 국내 수요량의 약 3배 재적을 얻고 있다. 그렇지만 뉴질랜드는 목재생산량이 적은 나라로 전

세계 목재생산량의 0.6%를 공급할 뿐이다.

2. 단일수종 문제

라디아타소나무는 쉽게 조림할 수 있고 빨리 자라고 잡초와 잘 경쟁하므로, 뉴질랜드에서 조림지 90%이상이 이 수종이다. 이 나무의 목재는 일반용도(건축포장 등)면에서 성질이 우수하고 방부처리기술이 잘 되어 있으므로 자연림 목재보다 내구성이 좋다. 그렇지만 이런 단일수종에 의지하는 뉴질랜드산업은 다음 같은 이유로 비판되고 있다.

- 단일 동령순림은 산림병해충 피해와 기상 변화에 취약하다.
- 외래 조림수종은 고유수종보다 병해충에 더욱 취약하다.
- 소나무림의 장기생장은 토양비옥도를 낮출 수 있다.

뉴질랜드 임업연구원(New Zealand Forest Research)이 이런 단일수종 산림이 갖고 있는 위험도를 평가한 것을 보면 위에 나열된 비판은 대부분 잘못된 근거에서 온 것이다. 즉 동령순림은 북아메리카의 미송(Douglas-fir)처럼 여러 건강한 자연림에서도 일반적으로 나타난다. 뉴질랜드의 경우가 그러한데, 한 조림지에서 유전적변이가 유지되는 한, 동령순림이 혼림보다 병충해에 취약하다고 할 근거는 없다.

사실 조림수종은 원산지의 병충해로부터 멀리 떨어져 있을 때 보다 건강하다. 원산지인 캘리포니아에서는 흑녹병(gall rust)이 심하지만 뉴질랜드에서는 피해가 없다. 그리고 매우

엄격한 검역조치로 뉴질랜드로 병해충이 들어오는 것을 비교적 효과적으로 막아내고 있고 목재검사와 산림방역 공무원들이 계속해서 수입품과 산림을 점검하고 있다.

3. Agroforestry 혼농림업

조림에 의한 임업이 계속 발달함에 따라 뉴질랜드에서는 혼농임업이 실행되고 있다. 1990년 이래로 주로 소규모 재배자들에 의한 혼농임업(Agroforestry)은 뜻이 여러 가지이지만, 농업과 임업의 긴밀한 연합이다. 그래서 농부가 농장에 나무를 심으면 나무 아래 초지에서 가축사육 여부에 관계없이 혼농임업으로 간주된다. 현재 뉴질랜드의 인공조림면적은 약 1,800,000ha이고 이중에서 90%인 160만 ha가 라디아타 소나무조림지이다. 라디아타소나무는 지속적으로 선호되는 조림수종이지만 대체 수종으로 미송, 측백, 유칼리 등도 고려된다. 뉴질랜드에는 대략 3가지 형태의 혼농림업이 있다.

- 농장 기반형태 : 농장에 조림한다.
- 산림 기반형태 : 기존산림에 가축을 기른다.
- 방풍림 형태 : 농장에서 방풍림도 고품질의 목재를 생산하도록 관리한다.

혼농임업의 목표는 총생산성과 토지의 수익성을 높이는 동시에, 경제적인 것과는 관련이 없는 침식방지, 잡초방제, 가축의 안정, 미적가치 증대 등과 같은 목표도 만족시키는 것이다.

1) 농장기반 혼농림업

최근에 조림은 대부분 초지에 행하고 있다.

이것은 비용절감차원에서 임지정리비가 없고 기존 도로의 인프라를 이용하기 때문에 큰 이익을 가져다 준다. 하지만 육림을 하지 않으면, 저질의 목재를 생산하게 된다. 특히 가지치기를 자주 실시하여야 하며 식재본수도 높여야 가지가 크게 자라지 않게 된다. 전체농장에 조림할 경우 가축이 없이 나무만 키울 수도 있다. 한편 양 방목은 처음 몇 년동안은 이익이 되는데 육림에 방해가 되는 것을 줄이고 화재위험을 감소시킨다. 혼농임업에서 처음 몇 년동안에는 방목을 극히 조심스럽게 해야 한다. 그렇지 않으면 며칠 동안에도 양들이 식재목이 다 없앨 수도 있기 때문이다. 농부가 농장의 일부에 조림을 한 경우 방목은 종합적 농장경영의 일부가 된다.

2) 산림기반 혼농임업

2차 윤벌림에서는 잡초를 억제하기 위해서 질소고정식물과 목초종자를 뿌린다. 대부분의 경우 이런 산림에서는 방목하더라도 목축으로 얻는 소득은 매우 적고 어려운 일이 많다. 관수시설, 울타리 설치와 유지에 어려움이 있기 때문이다. 그러나 몇 개 지역에서는 특히 pampas잡초가 문제인 곳에서 소 방목은 이 잡초를 제거하기 위한 가장 효과적이며 비용이 적게드는 방법이다. 간벌한 후에 가지치기도 하면 임상에 도달하는 햇빛의 양이 많아져서 하층목초의 생장이 나아진다. Maku lotus 콩과 목초는 가축에게 근본적으로 필요한 단백질을 공급하고 나무에게는 질소를 제공한다. 목초파종과 방목은 다음과 같은 이점이 있다.

- 질소양분 추가로 나무생장 촉진
- 문제잡초(예 pampas)제거와 가지치기 및 간벌작업 접근성 용이
- 산화발생 감소
- 경관개선
- 목축에 의한 소득

3) 목재생산을 위한 방풍림

목재를 생산하는 방풍림이 뉴질랜드 경관에서 점점 증가되고 있는데 가지치기한 나무는 미래에 더 좋은 가격을 받을 수 있다. 비록 방풍림의 목재는 내부에 좀 열등한 부분이 있을 수 있지만, 방풍림을 이용하여 목재를 생산하는 이 기술은 상당히 새로운 것이다.

4. 라디아타소나무 조림지의 경영

1) 경영원리

뉴질랜드에서 조림지의 경영 원리는 환경적으로 우수한 것을 이루려는 의지가 있다. 이 원리들이 뉴질랜드의 산림법과 상호보완적이다. 뉴질랜드 산림법은 세계에서 가장 앞서가는 협약으로 환경그룹과 산림업간의 협약으로 새로운 조림은 기존 자연림을 해치지 않는다는 것을 확실히 하는 것이다. 이 원리는 뉴질랜드 조림지 경영에서 생태학적, 사회적 그리고 경제적인 면에 적용된다.

2) 라디아타소나무의 생장 사이클

- ① 묘목은 따뜻하고 습기가 있는 토양에서 발아한다.

- ② 식재시기는 겨울로 휴지기이고 물이나 공기를 별로 필요로 하지 않는 때이다.
- ③ 가지치기로 옹이가 없는 무절재 임목을 생산할 수 있다.
- ④ 벌기령은 기상과 토양에 따라 25~40년 사이이다.
- ⑤ 솔방울은 나무 중에서 높은 가지에 달린다.
- ⑥ 8월에 미세하고 노란 화분이 바람에 날아가서 암꽃 솔방울을 수정한다.
- ⑦ 수꽃은 나무의 아래가지의 꼭대기에 달리고 같은 나무의 암꽃 솔방울에는 거의 수정하지 않는다.
- ⑧ 암꽃 솔방울이 성숙하여 씨를 맺는 데에는 수정 후 2.5년이 걸린다.
- ⑨ 성숙한 솔방울은 맑은 날에 열려서 종자가 나온다.
- ⑩ 솔방울의 한개 실편에는 2개씩의 종자가 있다.

3) 라디아타 소나무 식별

- 학명: *Pinus radiata* D. Don
- 원산지: 캘리포니아, 미국 (Monterey pine)
- 줄기특성: 굴곡이 많은 진갈색 수피가 있음.
- 잎 : 3개의 잎이 한 묶음으로 되어 있으며 15cm 길이.
- 종자: 솔방울에 달림.
- 재질: 변재는 밝은 색, 심재는 분홍갈색, 재질은 고름. 목재밀도는 중 정도,
- 특성: 방부처리 않으면 영구성이 적음. 접착성, 못질, 기계가공성은 뛰어남.

- 용도 : 뉴질랜드, 칠레, 호주에서 널리 쓰임. 방부처리를 하면 용도는 매우 다양. 구조물, 가구, 철도침목, 펄리트, 전주, 말목, 합판, 종이, 주택건조 등에 쓰임.

5. 종자에서 산림까지

라디아타소나무는 뉴질랜드 조림의 90% 이상을 차지한다. 이 수종은 빨리 자라므로 고품질의 목재를 생산하는 것을 목적으로 하는 집약적인 경영에 효과가 잘 나타나고 다양한 용도에 맞는 목재를 공급하므로 라디아타소나무는 계속해서 주요 조림수종으로 될 것이다.

1) 번식

소나무가 성적으로 성숙하게 되면(6~12년생), 수꽃화분과 암꽃을 만든다. 암꽃은 바람을 타고온 화분으로 수정이 된다. 이것은 자연에서 일어나는 완전히 임의적인 선발과정이다. 이런 경우에는 자손의 유전적 구성을 조절할 만한 방법이 없다. 화분이 수정된 후 2년 반 남짓 후에 솔방울이 마르고 벌어지며 성숙된 종자가 그 솔방울로부터 떨어진다. 일부 종자는 임상에 곧장 떨어진다. 라디아타소나무 종자는 날개가 달려서 모수 주위보다도 넓은 지역으로 퍼질 수 있게 된다. 그래서 빛과 양분 수분에 대한 경쟁을 감소시키고 이들의 생존기회를 증가시킨다. 그러나 이렇게 자손이 임의로 선택되었기에 고품질의 산림이 일제히 이루어지지 않는다는.

자연림에서의 천연갱신은 조림지에서의 갱

신과는 다르다. 많은 고유수종의 묘목들은 발아해서 산림내 산란광에서 자란다. 유년기에는 이 고유수종의 유묘들은 성숙한 나무들로부터 보호를 필요로 한다. 그러나 소나무림에서는 성숙목이 서 있는 동안에는 가장자리를 제외하고는 자연적으로 갱신하지 못한다. 그 소나무를 베어 넘기면 그 묘목들은 자연갱신을 한다. 그들은 유년기 성장기간 동안에는 충분한 빛을 필요로 한다.

라디아타소나무의 질을 향상시키기 위해서 유전연구 프로그램을 1950년부터 시작하여 유전형질을 계속해서 개량시켜 왔다. 라디아타소나무는 다음 3가지 방법으로 번식시킬 수 있다.

- 종자
- 삽수
- 미세조작으로 생긴 클론(조직배양으로 형성)

① 종자

30년 전에 라디아타소나무 종자는 모두 임분 내에서 우량해 보이는 나무나 대량 공급처로부터 개량되지 않은 종자 뿐이었다. 현재 라디아타소나무 개량프로그램에서 개량된 것은 선발 기준에 따라 혈통품종으로 분류하고 있다. 주요한 품종은 성장속도와 줄기의 모양(GF)을 기준으로 하였다. 개량 정도는 계급을 수치로 나타내는데, 예를 들면 0는 개량되지 않은 것이고 높은 숫자는 개량 정도가 높은 것을 나타낸다. 현재까지 육종프로그램에서 얻은 종자는 GF30까지 있다.

나무재배업자들이 선호하는 특징들을 고려한 육종프로그램의 결과로 현재의 종자가 나왔다. 이러한 특징들로는 양호한 생장율, 나무의

육종품종과 특징

품 종구별 기준	기호	주 요 특 징
생장과 형태	GF	개량된 생장율과 상품성 있는 재적
마디간 길이	LI	가지치기를 최소로하면서 최대무질재목 생산
엽진병 저항품종	DR	엽진병 위험지역에서 생장율이 높음

직립성, 심각한 결점이 없는 성질과 내병성 등이다. 이러한 것들은 고품질의 모수들을 선발하고 교잡시켜서 만든 것들이다. 인공교잡은 소나무 수꽃에서 온 화분을 가지고 선발된 나무의 암꽃에 인공적으로 수정시키는 것이다.

1차 채종원에서는 인접한 채종원나무들의 화분이 바람에 실려 암꽃으로 날아가지만 채종원 바깥에서도 날아들어온다 (자연수분). 이런 경우 개량되지 않은 야생 화분도 암꽃을 수정할 수 있기 때문에 유전적 개량의 정도는 크지 않다. 좀 나은 시스템은 인공수정(controlled pollination)으로 이때는 오직 선발된 나무의 화분만이 그 암꽃을 수정할 수 있다. 부계의 나무는 수분이 필요한 1년 전에 골라서 그 화분을 수확하여 조심스럽게 건조시킨 후 냉장고나 냉동고에 보관한다.

선발된 나무에서 암꽃이 수분할 준비가 되기 전에 그 가지의 순 달린 암꽃은 플라스틱 봉지로 씌어둔다. 암꽃이 피고, 그 화분으로 수분될 준비가 되면 전년도에 모아둔 수꽃화분을 그 플라스틱 봉지 속으로 뿜어 넣어서 암꽃을 수정시킨다. 플라스틱 봉지를 씌움으로써 다른 화분이 수분되는 것을 막고, 생산된 종자의 계

통을 정확히 알게 된다.

② 삽목

삽수는 작은 가지의 순의 끝부분이다. 이것을 땅에 묻으면 뿌리가 나와서 새로운 식물로 자라는데 이것은 원래식물과 유전적으로 동일하다. 유전적으로 품질이 좋은 라디아타소나무의 종자생산은 가장 좋은 모수를 선택하여 인공수분으로 교잡시켜서 얻는다.

이 방법은 비용이 많이 들고 종자공급은 모자라므로 이 문제를 극복하고 생산된 종자의 잇점을 완전히 얻기 위해서 먼저 종자를 과종해서 1년간 기른다. 그 묘목이 적어도 1년생이 되었을 때 묘목으로부터 여러 개의 삽수를 채취한다. 가장 간단한 방법으로는 모체 묘목에서 전정가위를 이용하여 7cm정도 길이의 삽수를 자른다. 이 삽수를 직접 임업묘포에 심고, 뿌리가 나오면 1년 후에 산지에 이식 할 수 있다. 원 모체 묘목은 전정하여 낮은 생울타리높이로 유지하면 매년 삽수를 채취할 수 있다. 이 간단한 번식 방법으로, 한 개 묘목에서 매년 4~20개의 삽수를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 삽수와 이후에 자란 나무들은 유전적으로 모수와 정확히 같은 것이다. 이렇게하여 한 개의 고품질 종자로부터 첫 1년 후에 20개까지의 치수를 얻을 수 있다. 모든 식물체를 삽목으로 쉽게 번식할 수 있는 것은 아니지만, 다행하게도 라디아타 소나무에서는 이 방법이 잘 되고 있다.

③ 클로닝 (Cloning, 조직배양)

클론이라는 것은 동일한 자식들의 영양번식체 그룹이다. 같은 클론에서 각 개체는 유전자가 서로 같다. 삽수는 원래 모개체의 영양번식

체인 클론인 셈이다.

라디아타소나무의 조직배양은 실험실에서 미세조작으로 번식시켜 기관발생, 즉 조직배양으로 할수 있다. 이 번식과정은 한 개의 종자에서 시작하는데 이 종자는 부모를 알고 인공수분하여 얻은 것이다. 그 종자를 표백제로 표면 살균하고 밤새 담궈 두었다가 배를 꺼낸다. 이 배를 조직배양 배지(식물이 자랄 수 있도록 양분이 들어있음)에 올려둔다. 이 배는 약 1달 후에 한다발의 순(shoot)을 낸다. 이 순을 잘라서 각각을 같은 배지에서 좀더 키운다. 이 새로운 작은 식물체는 모체 배의 복사체처럼 원래 종자와 유전적으로 같은 체질이다. 이 작은 식물체를 6주~8주마다 잘라서 나눈다. 2년이 지나면 이 작은 식물체에서 뿌리가 나오도록 발근처리를 한다. 이모든 조직 배양번식은 모두 무균상태에서 수행한다. 그 다음 온실로 가지고 가서 식재하고, 공중습도가 높은 상태에 둔다. 그리고 온실 환경조건을 점차로 바꾸어서 묘포장 환경과 비슷하게 만든다. 이런 과정으로 1개의 종자로부터 100,000개의 작은 식물체를 만들게 된다.

다른 번식기술은 배발생, 즉 배의 형성기술이다. 배를 발생시키는 과정은 미성숙 종자에서 시작하는데, 1개 종자에서 유전형이 다른 수 백만개의 미성숙배를 증식할 수 있다. 이 배는 자라서 적당한 조건에서 성숙하게 되는데 나중에는 자연 종자처럼 발아할 수 있게 된다. 이 과정의 효용은 아직 매우 낮지만 이 기술은 현재 인공수분보다 낮은 비용으로 바람직한 유전형의 배(embryo)를 무제한으로 생산할 수 있다.

고품질의 라디아타소나무로부터 얻은 클론을 가지고 조립한 산림은 보다 균일한 수고와 직경을 갖는 성숙림으로 된다는 장점이 있다. 이런 방식으로 하면 기계화로 나무를 무육, 수확, 가공할수 있게 될 것이다. 또한 목재의 성질이 비슷해서 특정한 용도에 맞도록 적합하게 선택될 것이다. 결국 임업인들은 특징적인 클론을 가지고 특정 산림지역에서, 특정용도에서 투자자본 이익률이 높은 나무를 요구할 것이다.

2) 묘포에서 산림으로

조립의 성공여부는 묘포에서 자라는 묘목의 품질에 달려있다. 묘포에서 굴취하여 포장, 수송, 식재까지 세심한 주위가 필요하다. 임지정리 작업도 잘 해야하고, 묘목도 잘 취급해야 하며 식재할 묘목도 잘 선택해야 한다. 이러한 것들을 다 고려해 볼 때 식재한 나무의 90%가 수확할 까지 생존해야만 한다. 묘포에서는 다음과 같은 과정이 행해진다.

① 식재간격 : 각 묘목이 성장하기에 충분한 간격을 파종되어야 한다.

② 단근 : 일단묘목이 잘자라게 되면 정기적으로 단근작업을 한다. 이 작업은 일정깊이의 땅 속에 칼날을 지나가게 해서 깊게 뺀 뿌리를 잘리는 것이다. 이 직근을 자르면 땅 표면에 뿌리가 더 많이 된다. 이렇게 하면 뿌리가 더 많아져서 산지에 식재된 묘목의 활착률이 높아지게 된다.

③ 굴취 : 묘상에서 묘목을 주의깊게 굴취한다. 될 수 있는 한 상하는 것이 적도록 한다. 약간의 토양과 균근이 뿌리에 붙어 있게 하여

묘목을 이식하였을 때 생존율을 높일 수 있다.

④ 뿌리전지 : 아무렇게나 길게 나온 뿌리는 10cm 이하로 절단한다. 왜냐하면 긴 뿌리가 있으면 식재하기가 어려우며 이들은 구부러져서 이상해지고 결국 묘목의 생장이 불량해지고 바람에 잘 넘어질 수 있다.

⑤ 포장 : 묘목의 굴취, 뿌리전지, 포장까지는 한 사람이 주로 한다. 포장은 묘목을 수평으로 눕어서 하여 뿌리 손상을 막고 수송하는 동안 부러지는 것을 최소화 한다. 묘목은 보통 직접 굴취하여 상자에 담고 그 상자 그대로 산지까지 내보내서 될 수 있는 한 손이 덜 가고 노출도 최소화한다. 다른 경우에는 묘목을 비닐봉지에 포장하는데 이 방법은 견고성은 떨어지지만 보습력은 좋다.

⑥ 뿌리기습 : 묘목을 수송하는 동안 뿌리가 마르지 않도록 주의한다. 젖은 황마, 거친 삼베 섬유를 뿌리에 덮어서 묘목상자의 습기를 유지한다.

⑦ 직접수송 : 묘목상자를 프레임에 포장해서 수송하면 손상을 줄일 수 있고 저온저장고로도 겸용할 수 있다. 이것들을 묘포장에서 실어 밤동안이나 같은 한날에 직접 식재지까지 운반한다.

모든 묘포장작업을 잘 관리에서 묘목이 식재지에 좋은 상태로 도착하도록 한다. 산지에서는 다음과 같은 작업을 하여 묘목이 가장 좋은 조건으로 자라도록 한다.

① 묘목의 품질점검 : 상자에 담긴 묘목을 점검해서 식재하는 동안 좋은 상태를 유지하도록 한다. 뿌리는 축축해야하고 묘목 굵기는 균일해야 한다.

② 좋은식재지선정 : 나무그루터기와 뿌리 등 이전의 나무가 있는 곳과 큰돌 같은 것은 식재하는데 방해가 되므로 피해야 한다. 이들이 있으면 뿌리가 뒤틀리고 생장이 위축되기도 복되기 쉽다.

③재배 : 삽으로 일일이 식재한다. 식재깊이는 한 삽 정도의 깊이이다. 식재방법은 뿌리가 곧장 똑바로 자라게 한다. 딱딱한 토양은 기계로 60cm 깊이까지 경작해 둔다. 깊게 갈아두면 뿌리생장이 개선된다.

3) 식재

(1) 손식재

① 흙에 삽질을 하여 부드럽게 하고 묘목의 뿌리가 자리할 만큼 삽으로 길게 틈을 만들어 둔다. 이렇게 해서 경쟁이 되는 뿌리를 제거하고 식재한 묘목뿌리가 잘 뻗게 도와준다. V자형으로 좁게 틈을 내면 뿌리가 한쪽으로 치우쳐서 묘목이 바람에 도복될 수가 있다.

② 묘목을 삽질한 틈에 놓고 주위 토양으로 뿌리를 덮어준다.

③ 묘목을 위로 5cm정도 잡아 올려서 꼬이거나 한쪽으로 모였던 모든 뿌리를 곧게 펴지도록 한다. 발바닥으로 묘목주위의 흙을 단단하게 다진다. 경험이 많은 식재기술자들은 하루에 800-1500개 묘목을 심는다.

(2) 기계식재

기계식재의 방법으로는 연속 고랑식재와 간벌식재가 있다. 기계식재의 장점은 신속함과 정확한 간격이다. 그러나 이 방법은 장소에 따

라 제한이 있다. 그래서 기계식재보다는 손식재가 좋은 경우는 다음과 같다.

① 입지조건 : 경사가 급하고 지형이 불규칙하며, 잔존나무가 많은 경우.

② 균일하지 않은 식재묘의 크기 : 식재묘의 크기가 고르지 않은 경우.

(3) 식재밀도

미래상황을 고려하여 조림할 필요가 있다. 입지 상태와 조림목의 미래 용도를 고려하여 수종이나 ha당 식재본수를 결정하게 된다. 최종 잔존본수보다 많이 심어서 간간히 간벌하고 최종 잔존목으로는 가장 좋은 것을 선발하여 남긴다.

4) 정지 작업

(1) 식재 예정지 정리

묘목을 식재하기 전에 먼저 식생지 토양을 정리하여야 한다. 토지정리 작업은 다음과 같다.

① 치수생장과 경쟁할 수 있는 식생의 제거

② 기계의 접근로 조성

③ 잔존목 제거

④ 상황에 따라 경작함.

(2) 식재지 정리

다양한 방법으로 식재지를 정리할 수 있는데, 제초제살포, 기계작업, 입화 등 여러 기술을 조합하면 가장 적합한 조건을 얻을 수 있다.

제초제살포

제초제를 사용하여서 식생을 모두 제거하거나 기계적 정지작업이 가능하게 한다. 제초제 살

포할 때 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 살포계획 - 적절한 약제를 안전한 방법으로 적합한 장비를 가지고 작업하도록 한다.

- 살포시 목표로 하는 종 - 정확한 약제 선택한다는 것은 특정 식생종에 대해서 사용한다는 것이다. 또한 정확한 사용량을 고려하여야 한다.

- 지형 - 지형의 경사에 따라 손이나, 지상, 또는 항공 살포방식 등을 결정한다.

- 기후 - 살포 시기는 바람이 없는 평온한 때에 이루어져야 한다. 왜냐하면 바람의 흐름으로 인한 과도한 살포가 재배작물이나 인접한 식생에 영향을 끼치기 때문이다.

- 근접성 - 주거지나 다른 작물까지는 거리를 두어서 제초제로 인하여 수로, 계류 그리고 계류생물과 제거대상이 아닌 종이 영향을 받지 않도록 한다.

② 기계를 이용한 정리

기계작업으로 식생과 잔존목을 정리한다. 기계적 정리에 고려할 요점은 아래와 같다.

- 지형 - 고려해야 할 사항은 지세이다. 특정 지역조건에 가장 적합한 여러 기계적 방법들을 적용한다.

- 식생 - 식생의 규모와 종이 가장 실질적인 기계적 방법선택에 영향을 준다.

- 숙련자의 이용 - 모든 관련된 작업을 수행하는데 있어서 능력과 자질이 매우 중요한데, 성공적이고 안전한 작업의 기초이다.

- 기후 - 진흙은 중장비사용으로 인해 심하게 답압될 수 있다. 그러므로 이는 식재를 어렵게 하고, 묘목의 뿌리생장에 영향을 끼칠 수 있다.

- 토양침식의 영향, 토양유형과 수질 - 정리작업 기간동안 심한 토양 교란으로 임지 생산성을 감소될 수 있다. 이것은 그 지역의 토양침식의 원인이 될 수도 있고 침식물들이 인접한 수로로 떠내려가서 그 수로를 막아 버릴 수도 있다. 식생이 없어지면 유출이 증가될 것이며, 이것은 산림이 복원될 때 까지 계속된다. 그러므로 통로에 차단벽을 세워서 침식을 줄일 필요가 있다.

- 지피 - 교란되지 않은 지피 식생지가 남겨진 곳(토양퇴적물을 잡기위한)이 유출물질을 거를 수 있도록 수로나 늪지 옆에 조성한다.

- 기계적 토양정비의 선택 - 장소에 맞게 최적의 기계를 선택한다는 것이 매우 중요하다. 적당하지 않는 기계는 위에 기술한 여러 상황에 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 그리고 산림 소유자에게도 큰 손해가 될 수 있다. 이러한 작업은 대부분 경작기를 붙인 트랙터를 이용한다. 잘 계획하여 토양정비를 잘 하면 다음과 같은 효과가 있다.

- 다양한 크기와 밀도로 이루어진 식생지와 관목지의 정리

- 퇴적물 침식과 토사유출 감소

- 묘목식재를 위한 접근로 제공

- 묘목식재를 위한 토양정비

③ 입화작업

입화(연소)작업은 아래와 같이 신중하게 시작하여야 한다.

- 수동식점화 - 화염방사기를 갖춘 작업자가 입화한다. 이때 안전을 기하여야 하는데 대개 입화할 때 트랙터, 물탱크 그리고 소방대원

들이 대기한다.

· 헬리콥터를 이용한 점화 - 헬리콥터는 인화성 젤리나 불쏘시개를 떨어뜨려 입화한다. 이 방법으로 신속하게 일직선상으로 입화할 수 있다. 그러나 입화는 안정된 상태에서 시행관리되어야 한다. 이 방법으로 작업자에게는 위험이 줄어들지만 여전히 안전은 매우 중요하다.

입화작업에서 고려되어야 할 중요한 요인은 다음과 같다.

· 지형 : 작업자는 작업을 수행할 영역을 알아야 한다.

- 토양특징
- 경사
- 산재해 있는 식생으로부터 밀집해 있는 식생
- 수로 유역의 위치
- 인접식생의 위치와 유형
- 거주지와 도로까지의 거리

· 일기 : 일기상태는 상당히 중요하다. 잘 조절된 입화가 분명 바람직하다. 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

거주지와 인접한 임분으로부터 멀어지는 풍향

- 화재위험이 줄어들었을 때인 초겨울의 입화
- 온도가 내려갈 때인 늦은 오후부터 초저녁까지의 입화

· 지피 : 타게될 물질의 양을 안다는 것은 중요한 것이다. 왜냐하면 연소시간, 불의 강도, 조절조건 같은 요인들을 알 수 있기 때문이다. 지피식생의 함수량 같은 요인도 같은 이유로 알아야만 한다.

· 방화대 : 방화대에 데 대하여 심사숙고해야 한다. 방화대는 충분히 큰가, 그리고 적절한

장소에 설치되었는가 등은 매우 중요하다.

또한, 방화대 설치로 인하여 수로로 들어가는 토양 퇴적물과 토사 유출물이 증가할 수 있다. 토양형에 따라 토양침식을 막는 방법을 결정할 필요가 있다. 언덕 위에서의 차단이 일반적으로 퇴적물 유출을 조절하는데 용이하다.

· 훈련받은 자 : 성공적인 작업을 수행하려면 훈련되고 경험이 있는 사람이 매우 중요하다. 고려사항은 다음과 같다.

- 작업기간 동안 작업자의 안전
- 보호의복 및 보호장비사용
- 불을 조절할 적절한 수단책
- 눈에 잘 보이는 비상통로
- 잘 구성된 통신절차

6. 무 육

두가지 주요한 임목보육작업은 가지치기와 간벌이다. 이 작업은 대개 임목이 성숙하는 처음 4~10년 안에 실시한다.

1) 가지치기

가지치기는 임목으로부터 밑가지를 제거하는 작업이다. 가지들은 목재내부에 웅이를 형성한다. 만약 임목이 성장하면서 수간이 살아있는 가지들 주변으로 자란다면 형성된 웅이는 단단히 붙게되므로, 꼭 저질의 목재로 되지는 않는다. 그러나 죽은 가지 둘레로도 새로운 목질부가 자란다. 그 부위 목재를 톱질하였을 때 이 죽은 가지로부터 형성된 웅이들은 느슨한 웅이(loose knot, 혹은 수피가 있는 웅이라고 한다)인데, 쉽게 빠져나와

서 목재내부에 구멍을 남긴다.

따라서 고품질 목재에는 웅이가 없는 것이 바람직하다. 가지를 제거하면 잘려진 가지부위로 목질부가 자라 웅이가 없는 무절재 목재가 된다. 무절재목은 가구 같은 용도로 사용될 고품질용으로 절단한다. 그렇지 않으면 베니어나 합판을 위한 용도를 위해 얇게 절단한다. 가지치기는 목재의 질과 가치를 크게 개선하는 동시에 다음과 같은 사항을 개선시켜준다.

- 병방제 개선
- 산림에 진입로 제공
- 산불진화에 도움
- 혼농임업에서는, 임상에 빛이 들어가게 하여 목초생장 촉진.

① 가지치기 공정

가지치기부위 위로 새로운 목재가 자란다. 가지치기한 수목줄기의 직경을 DOS(Diameter Over Stubs)라 부른다. 결함이 있는 목재를 결함심부(defect core)라고 하는데, 이것은 가지치기된 부위와 상처도 포함한다. 그것은 가지치기로 생산된 원목내부에 수직 축 길이로 존재하는 심부목재이다. 잘된 가지치기 작업은 돌출된 가지나 돌기를 남김없이, 가능한 한 수간에 가깝게 제거하는 것이다. 돌기부위는 목재가치를 떨어뜨리는 내부의 웅이와 수피부분을 포함한다.

② 가지치기방법

가지치기에는 다양한 기술이 이용되고 있다. 높은 곳의 가지를 치기위해 휴대용톱부터 조종이 가능한 긴 막대기 톱까지 사용하며, 낮은 부위의 가지들을 자르기 위한 전지기구(조종이

가능한 긴 전지가위)를 사용한다. 여전히 가끔씩 큰 가지를 자르는데 사용하는 손톱은 느리고, 많은 노력이 요구되며, 오랜 시간동안 작업해야 하고, 많은 단단한 가지들이 조밀하게 있는 부위에서는 일하기가 어렵다.

가지치기 전문가들은 집에서 가지치기하는 사람들과 같다. 그러나 그들은, 보다 빠르고, 노력을 적게 들이고, 가지가 심한 곳에서도 쉽게 잘한다. 특히 그들은 환경에 맞는 체인톱을 사용하고 있다. 그들은 손으로 전지하는 것 보다 훨씬 빠르며 그들의 속도가 빨라서 다음과 같은 불리한 점에 비하여 더 큰 가치가 있다.

- 체인톱과 장비의 무게
- 시간적인 비용, 연료공급동안 중지 및 정비
- 휘발유와 오일교환에 대한 비용
- 심각한 부상의 위험
- 소음

③ 가지치기 높이

뉴질랜드에서는 높이가 5.5m 내지 6.0m까지 가지치기하는 것이 일반적이다. 이것은 5-6m의 무절재목 원목을 제공한다. 이정도 원목 길이는 기존 수송과 제재방법에 잘 부합하는 것이다. 과거에는 모든 수목은 크기와 관계없이 같은 높이에서 가지치기를 하였는데, 이것은 가지치기를 작은 나무는 과도하게나, 큰 나무는 덜하는 문제를 발생시켜서 결함내부목재의 크기가 너무 크게 되었다.

④ 적당 높이 가지치기

나무에 따라 각각 적당한 높이에서의 가지치기를 하는 적당높이 가지치기 기술은 전체수고와 줄기직경과를 상대적으로 고려한다. 이것은

과거 과대 또는 과소 가지치기를 피하고 결함 내부목재부의 크기와 변이를 조절하는 효과적인 방법이다.

가지치기는 각각의 수목에서 가지치기 부위 위로 3~4m 높이의 녹색 잎이 달린 수관을 남기는 것을 목표로 한다. 그 수관길이는 과다 수관제거(임목생장이 느리게 됨)와 과소 수관제거(가지생장을 촉진시켜서 결함내부목재를 많이 남김)를 고려하여 결정한다. 실질적으로 3~4m 길이의 수관을 남기기 위해서 얼마나 많이 가지치기를 할 것인가를 판단하기는 쉽지가 않다.

라디아타 소나무는 가장 아래 가지발생부위에서 평균직경이 목표 DOS에 도달했을 때 가지치기를 한다. 가지치기전문가들은 윤척은 사용하여 이러한 결정을 내린다. 그 윤척은 나무 꼭대기부터 수관길이가 3~4m되는 지점에서의 평균수간직경을 말한다. 새로운 컴퓨터 모델기술로 수고와 직경관계를 예측하여, 가지치기 높이와 관계가 깊은 DOS 크기를 추정한다.

2) 간벌

결점이 있는 나무에 가지치기 작업을 하는 것은 시간과 돈의 낭비이다. 결함이 있는 나무를 보자마자 제거해야만 하며, 우량목이 잘 자랄 수 있도록 공간을 남겨야만 한다. 간벌은 임분으로부터 일부 나무를 제거하는 것인데, 보통 저질의 나무들이 제거된다. 간벌함으로써 남아 있는 나무들이 햇빛, 수분, 양분 등 자원들을 이용할 수 있으며, 우량목들이 최대 잠재력까지 양분을 잘 섭취하게 된다. 간벌로써 아

래와 같은 업무가 가능해진다.

- 크고 곧은 나무선발
- 병에 저항력이 있는 나무 선발
- 가지크기가 작은 나무 선발
- 임목들 사이를 개방하여 잠재적으로 우량 성장을 할 수 있도록 허용
- 나무크기 증가, 그리고 판매용 크기로 도달할 때까지의 성장기간의 단축

① 간벌할 시기

1차 간벌은 1차 가지치기 단계 동안이 가장 좋다. 2차와 연속적인 간벌은 중정도와 심정도 가지치기할 때와 같은 시기에 실시한다. 두 작업(가지치기와 간벌) 모두 보통 같은 업자가 한다. 마지막 간벌은 아래와 같은 상황이라면 연기할 수도 있다.

- 가지크기를 조절할 필요성 있을 때
- 말목, 지주목, 펄프, 등으로 수확될 때.(간벌된 생산물)
- 잡초문제가 심각할 때.

나무생장은 임목밀도에 영향을 받으므로 간벌정도는 ha당 임목수로서 계산한다. 그러나 간벌로 임목간격이 일정하게 되지는 않지만 너무 가깝게(임목간 거리 2.5m)해서도 안 된다. 너무 가까우면 경쟁으로 인하여 두 임목모두 생장이 느려질 것이다. 반면에 임목간 공간이 12m보다 더 크면, 그 공간을 덜 이용하는 것이므로 질 좋은 토지를 낭비하는 꼴이 된다.

② 잔존목 선발

잔존목의 품질은 주원목(butt log)과 그 윗부분에 해당되는 제2원목(2nd log)의 특성에 따라 평가된다. 그 주원목은 벌채되면 최고의

경제적 수익을 내는 부위이다. 나무에서 아래 부분에 해당하는 이 두가지 원목부위는 실질적으로 원목전체의 상업적 가치 중에서 98.5%를 차지한다. 산림에서 어떤 임목을 솜아낼 것인지 결정하기 위해서는 궁극적으로 생산될 임목의 잠재적 품질을 평가해야한다. 수간의 아래 부분인 주원목은 6m정도 길이가 되었을 때 제일 가치가 있다. 제2원목(주원목의 바로 윗부분)의 품질은 대략 수고가 12m정도 길이가 되었을 때 평가를 내릴 수 있다. 결점을 가진 나무를 모두 솜아내는 것은 아니다. 잔존목의 가치를 결정하는 3가지유형의 결합이 있다.

- 생산목의 가치를 분명히 저하시키는 결합
- 그 자체적으로 교정될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있는 결합
- 연속적인 가지치기로 인하여 교정될 수 있는 결합

생산목의 가치를 저하시키는 심각한 결합은 외형이 변하는 것으로 뒤틀리거나, 바나나처럼 수간이 굽는 것이다. 또한 수직축으로부터 5 이상 기울어져서 생장한 곧은 나무들도 간벌되어야 한다. 일반적으로 이러한 나무는 자체적으로 교정이 되나 결국에는 굽은 기형이 될 것이다. 이것은 결국 압축이상재가 되어 제재하기 어려우며 원목의 가치를 저하시킨다. 임목의 기울기 정도는 지면부분으로부터 축방향으로 생각해볼 때 1.4m 길이의 직선자를 놓고서 점검할 수 있다. 만약 직선자의 끝부분이 임목으로부터 끝부분이 120mm이상 떨어지면 그 임목은 간벌되어야 한다. 그러나 임목의 결합이 정정될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있는 사항은 아래와 같다.

- 죽은 주줄기의 순
- 부러진 주줄기의 순
- 두 개 이상의 주줄기 순

만약 주줄기 순이 손상을 입으면 다른 순이 주줄기 순으로 된다. 이러한 임목은 완전히 그 결합을 극복할 수 있을 것이다. 주줄기 순이 치수들 사이에서 손상을 받으면 꼬부라진 줄기로 자랄 것이나 미래에 그 임목은 제거될 것이다. 연속적인 가지치기를 하여 개량할 수 있는 결합은 다음과 같다.

- 여러 개의 줄기
- 여러 개의 주줄기 순
- 비정상적인 가지

가지치기가 이러한 문제를 해결하므로, 1차 간벌에서 이런 결합을 가지고 있는 임목들이 종종 남겨진다. 이러한 임목들은 다음 간벌할 때 검토할 수 있다.

결 론

라디아타소나무는 뉴질랜드가 선택한 수종이다. 뉴질랜드 산림업은 거의 라디아타소나무에 의존하고 있는 실정이다. 라디아타소나무는 유전적으로 개량 가능성이 높고, 연생장량이 $23\text{m}^3/\text{yr}/\text{ha}$ 이면서, 27년만에 벌채수확하므로 경제적 회임이 빠르다. 그리고 ha당 수확재적이 482m^3 에 이르므로 소면적으로도 지속가능한 생산을 할 수 있다. 이 소나무는 현재 약 160만 ha에 조림되어 있는데, 전체 180만ha 인 공조림면적의 약 90%이다. 연간 약 38,000 ha에서 19백만 m^3 이 생산되고 있다. 이런 높은

생산성을 이루기 위하여 뉴질랜드는 양묘에서 인공적으로 수분한 종자와 개량된 개체의 삽목과 조직배양묘를 조림하고, 무육에서는 가지치기와 간벌을 하여 1개체목당 약 2.4m³의 재적과 함께 6m 길이의 주원목에서 60%의 임목가

치를 내고 있다. 우리나라는 뉴질랜드로부터 연간 5억NZ\$의 라디아타소나무 임산물을 수입하고 있으며 이 중에서 75%가 원목이다. 우리나라는 뉴질랜드 최대의 원목 수입국이다.

[부록] 출처: New Zealand Industry Facts & Figures 2002/2003. New Zealand Forest Owners Association Inc.

표 1. 2001년도 뉴질랜드 산림업 자료

항 목	자 료
총 조림지면적(ha)	1,799,000ha
라디아타소나무	1,608,000ha
Douglas-fir(미송)	103,000ha
기타 해외수종	88,000ha
총 임목축적량	382,000,000m ³
ha당 임목축적량	212m ³ /ha
평균연령	13.4년
신규 조림면적	33,600ha
재조림 면적	35,700ha
벌채 면적	26,300ha
수확	
개벌 면적	38,000ha
벌채 재적	19,021,000m ³
평균벌채 재적량	482m ³ /ha
평균 벌기령	27.0년

표 2. 뉴질랜드의 경제지표(2001/2002)

항 목	자 료
인구	3,940,000명
GDP	108,306 NZ백만 \$
1인당 GDP	27,502 NZ백만 \$
수출	31,059 NZ백만 \$
임산물 수출	3,650 NZ백만 \$
해외부채	109,1 NZ백만 \$
연간 GDP생장율	+3.2 %
인플레이션	+2.8 %
GDP에 대한 임업기여도	4.0 %

표 3. 뉴질랜드의 토지이용

항 목	면 적	비 율
국토면적	27.1 백만ha	100%
초지 + 경작	13.9 백만ha	51%
자연림	6.4 백만ha	24%
무임목지	5.0 백만ha	18%
인공조림지	1.8 백만ha	7%

표 4. 뉴질랜드 지역별 인공조림지 면적(ha)

지 역	면적(ha)
북섬지역	
Nothland	205,105
Auckland	54,940
Central North Island	577,385
East Coast	153,311
Hawke's Bay	123,367
Sourthern North Island	156,934
남섬지역	
Nelson/Marlborough	174,132
West Coast	33,482
Canterbury	118,147
Otago/Southland	210,954
합 계	1,807,757

표 5. 뉴질랜드 라디아타소나무 임목의 부위별 경제적 가치 비율

목재 부위	길이	수확 재적(m ³)	경제적 가치 비율(%)
Waste	5.0m	0.1	0
산업용 원목	8.0m	0.25	1.5
제재용 원목	16.8m	1.48	38.5
가지치기한 무절재목	5.2m	0.58	60.0
기 부	0.2m		
합 계		2.41m ³	100%

□ 인용문헌

1. Sustainable Plantations and Natural Forest. www.insights.co.nz
2. New Zealand Forest Owners Association. 2004. New Zealand Forest Industry Facts & Figures 2002/2003. www.NZfoa.NZforestry.co.nz
3. Hammond, D. editor. 1995. Forestry Handbook. New Zealand Institute of Forestry Inc. Christchurch, New Zealand p.240.
4. Taylor, R and Smoth, I. 1997. The State of New Zealand Environment. 1997. The Ministry for Environment. Wellington, New Zealand.

국내외기술정보

산림경관 보전을 위한 철강재 사방댐의 경관향상 기법 개발

안병영 · 최 경 · 오종환 · 홍한표

한국산지환경조사연구회

○ 서 론

지형은 평형화작용에 의하여 계속적으로 변화한다. 과거 구한말과 왜정시대를 거치면서 산림의 무절제한 도·난벌로 전국의 산지는 황폐화 되어 매년 장마철이면 토양침식으로 인한 유출토사에 의하여 개울바닥이 평지보다 높아지는 현상(天井川)을 곳곳에서 발견 할수 있었다. 이러한 현상은 대부분이 산지 사면표토의 침식에 의한 것으로 이를 방지하기 위하여 1970년대부터 본격적인 산지사방공사가 실시되었다.

산지사방공사의 결과로 황폐산지는 푸르게 녹화되어 오늘에 이르렀으나 근래에 이르러서는 토석류에 의한 산사태 피해가 극심하게 나타나고 있다. 2002년 태풍 “루사”에 의한 산지재해는 대부분이 토석류에 의한 산사태 피해로 보고 되고있다(임업연구원,2002). 토석류 피해는 주 피해지역이 계류(凹지)가 된다. 과거 산지사방으로 사면이 안정되어 토층이 점차 깊게 형성되는데 산지계류 또는凹지에서는 붕괴 또는 퇴적작용에 의하여 그 깊이가 더 깊게 형성된다. 이러한 계류에 집중호우가 내릴 경우 상류지역에서의 산사태 또는 계류의 종횡 침식에 의하여 계상에 깊게 쌓여있던 토석이 일시

에 유출되어 토석류가 발생하게 되는데 이를 방지하기 위해서는 사방댐 설치가 필수적이다.

우리나라에서의 사방댐은 산지사방사업이 마무리 단계에 이르는 1986년부터 본격적으로 설치되기 시작하였으며, 1986년부터 2002년까지 1,123개가 이미 설치되었고 2003년에는 250개가 신설될 계획(산림청, 2003)이며, 2004년에서 2007년 까지 4년동안 1,771개의 사방댐이 신설될 계획이다(산림청). 그러나 산지 개발과 더불어 점차 증가 추세(최경,2001)에 있는 산지재해(토석류 피해) 방지를 위해서는 앞으로 이보다 훨씬 많은 사방댐의 신설이 시대적으로 요구되리라 사료된다.

사방댐의 소재로 과거에는 석재, 흙, 콘크리트를 주로 사용하여 왔으나 최근에는 입지조건에 따라 철강재, 블록(Block), 목재들이 이용되고 있다. 이들 사방댐 소재중 흙과 목재를 제외한 석재, 콘크리트, 철강재 등의 구조물은 재해 방지를 위한 안정성은 인정되나 주위 환경과의 조화가 잘 이루어지지 못하고 있기 때문에 이들 구조물에 대한 녹화기법과 같은 경관향상기법 개발이 절실히 요구되고 있다.

본 연구는 농특연구과제인 “새로운 치산구조물 철강재 사방댐의 개발 및 친화적 적용 체계에 관한 연구과제의 일부로서 2001년 9월부

터 2003년 9월까지 2년간 강원도 철원군 김화읍 청량4리에서 식생을 이용한 철강재 사방댐의 경관향상 기법을 개발하기 위하여 실시한 시험결과를 소개하고자 한다.

○ 재료 및 방법

1. 철강재 사방댐의 녹화 적응가능식생 및 녹화방법

적용가능식생은 기존 연구자료(한국종합조경공사, 1978; 한국도로공사, 1991, 1997; 농사원 시험국, 1961; 윤국병등, 1988; 산림청, 1987; 산림청, 1998; 이창복, 1979)와 현지조사에 의하여 검토하였으며 적정 녹화방법은 국내외의 기존연구 자료(堀江保夫, 1981; 増田拓朗, 1998; 건국대학교 농업자원개발연구소, 1995; 박재현외, 2000; 한국도로공사, 1994,1995; 우보명, 1983; 산림청, 1998)와 현지 경험을 참작하여 선정하였다.

2. 철강재 사방댐의 녹화시험

가. 시험지

1) 시험지 위치

시험지는 강원도 철원군 김화읍 청량 4리 삼막골에 위치한 직립형 철강재사방 댐이다. 이 댐은 1999년 11월 20일에 착공하여 12월 24일



시험지 전경

(35일만)에 준공한 것으로 이 지역위치와 댐체 규모는 표 1과 같다(장상기, 2001).

2) 시험지 집수구역의 입지개황

가) 지 형

시험지의 지형은 비교적 규모가 작은 산악지로서 대체적으로 하강사면형을 이루며 경사도 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 로서 철강재 사방댐 시공지 집수구역 면적은 232ha에 이른다.

나) 지질 및 모암

이지역에 분포하고 있는 지질은 백악기의 화강암류로서 모암은 대보화강암이 분포하고 있다.

화성암 주요 조암광물의 화학적 조성은 석영, 장석, 운모, 휘석, 등이 대부분이며 풍화속 도는 휘석, 운모, 장석, 석영 순서로 풍화가 진행된다. 화강암은 조립질로서 풍화가 어려운 석

표 1. 댐체규모

댐 체(m)				방수로(m)		
상장	하장	유효고	전고	상장	하장	깊이
48	34	1.3	8	21	18	1.5

* 댐체부 중량: 1,467 ton(철강재 70 ,조약돌 1,397)

영질이 많이 함유하고 있기 때문에 사질양토가 많으며 배수가 빠르고 침식이 우려되는 토양을 생성하기 쉽다. 화강암류가 풍화되어 형성된 토양은 대체적으로 Fe, 염기함량이 부족하여 식물생육이 저조하다.

다) 토양 및 식생

토양의 생성발달에 영향을 끼치는 환경인자

들은 그지역에 자생하는 식물군락의 형태에도 영향을 끼친다. 주어진 입지환경 조건하에서 생성된 토양의 성질은 식물의 천이, 성장에 큰 영향을 미치며 주요인자는 토성, 토양습도, 온도, 강수량, 토심, 토양의 양료함량 등이다.

암석과 이를 모재로 한 토양은 그지역에 형성된 산림군락과 밀접한 관계를 형성하고 있다. 본 조사지역은 화강암류의 대보화강암으로 토



중부지방소나무 임상 수고:11.2m 수령:20년생



그림 3.2.4 갈색 건조산림토양(B₁형)

토 심 : A층 : 0~10cm
B층 : 10~50cm

토 색 : A층 : 7.5YR 4/6
B층 : 7.5YR 5/6

토 성 : A층 : SL(사양토)
B층 : SL(사양토)

건습도 : 건조

경 사 : 20~25°의 급경사로 소나무
및 활엽수가 자생

방 위 : 남동방향

성은 대부분 사질양토를 형성하고 있으므로 3상(3相)중 수분과 양분의 보유량은 낮으나 공기의 함유량이 많아 통기성은 양호하다. 그러나 과거에 인위적인 피해(도·남벌)와 전란으로 인한 산림 피해 때문에 토양침식으로 안정적인 토양형성을 이룬 시기가 짧아 토심이 비교적 얕으며 강우시 토사유출이 심하여 철강재댐을 시공한 지역이다. 토양은 A층이 0~10

cm로 토색은 7.5YR 4/6의 갈색이며 토성은 사질양토로 건조하고 토양의 응집력이 적다. 심토층은 10~50cm 정도로 토색은 7.5YR 5/6의 황갈색이며 토성은 사질양토 및 사토로서 결합력이 약하고 건조하여 침식을 받기 쉬운 토양이다. 상층식생은 활엽수 및 중부지방소나무가 자생하고 있다.

하층식생의 관목류는 조팝나무, 싸리, 개암나



활엽수(신갈 수고 : 11.2m 수령 : 20년생)

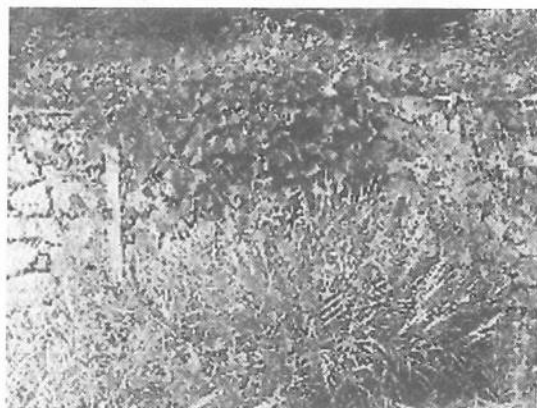


그림3.2.8 갈색의 약건~적윤한 산림토양(B₃형)

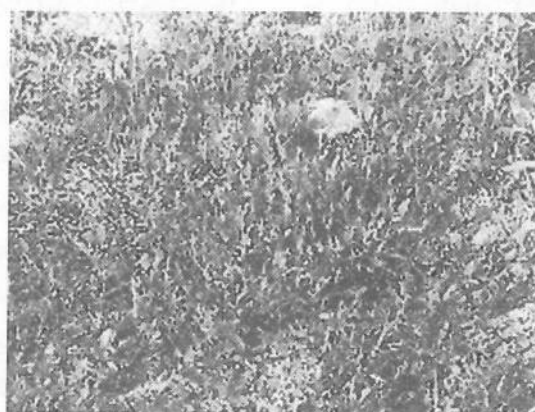
토 심 :	A층 : 0~21cm
	B층 : 21~63cm
토 색 :	A층 : 10YR 2/2
	B층 : 10YR 4/4~4/6
토 성 :	A층 : SiL(미사질사양토)
	B층 : SL(사양토)
건밀도 :	A층 : 0.5
	B층 : 0.75~1.0
건습도 :	약건~적윤
경 사 :	15~30°의 급경사지로 대부분 활엽수지역
방 위 :	남서 방향



쑥과 달뿌리풀



버들과 달뿌리풀



개여뀌



조팝나무



용가시나무

댐하부 개천변에 자생하고 있는 식생

무, 고추나무, 노린재나무, 국수나무, 음나무, 붉나무, 다래나무, 옷나무, 노간주나무, 산초, 매발톱, 병꽃나무, 아그배나무, 진달래, 인동, 칩, 쪽동백등이 자생한다. 초본류는 산거울, 김의털, 기름새, 역새, 앙고초, 실새, 뚜껑, 마타리, 호랑이발톱, 참취, 미역취, 차풀, 고사리, 까치수영, 맑은대쭉, 제비쭉, 도둑놈의 지팡이, 구절초 등이 분포하고 있다.

사방댐 주위 초본류는 달맞이꽃, 기름새, 역새, 산거울, 김의털, 맑은대쭉, 차풀, 명아주, 달뿌리풀, 개여뀌, 환삼덩굴, 인장쭉, 엉겅퀴, 개똥쭉, 더위지기, 돼지풀, 참쭉, 돌피, 망초, 솔새 등이 분포하고 있다.

관목류는 갯버들, 조팝나무, 국수나무, 용가시나무, 칩, 다래, 인동덩굴, 사위질빵 등이 자생하고 있다.

나. 시험구배치 및 방법

1) 댐체사면 녹화시험

가) 그린톱(Green top)공법

(1) 이방법은 현재 댐체사면이 자갈로 채워져 있기 때문에 댐체사면 전면에 약 22cm 두께로 토양을 채우고 녹화하기 위한 공법으로 댐체전면에 가로 2.0m, 세로 1.6m, 폭 0.25m의 크기의 틀을 앵글로 잔후 채워진 토양이 중력에 의하여 하단부로 집중되어, 상단부에 생기는 공동(空洞)현상을 최소화 하기 위하여 높이 10cm 간격마다 폭 10cm의 판자를 틀전단 3cm부위에 가로로 설치하여 식재상을 제작하였다.

(2) 틀의 좌우,하부,뒷면은 판자로 막고 각

판자 벽면을 반투과성 부직포 (GF40)로 막아서 실제사방댐의 자갈틈 사이로 공기의 유통과 장마시 물의 흐름으로 인한 피해를 최소화 하였다.

(3) 식재상틀에 토양을 채우고 종자가 부착되어있는 코코넛매트(Coconut mat)와 5mm×5mm 크기의 격자형 철사망을 식재상 최전면에 부착시킨후 고정시켰다. 파종종자는 비수리, 벌노랑이, 향유, 도라지, 역새, 사방오리나무, 잔디류 「블루그라스류(Poapratensis Newport, Poapratensis Aware, Poa pratensis Bluemcon), 라이그라스류(Lolium perenne Aggcont, Lolium peremm Caddicshagk), 웨스크류(Festucaarundiancea Kv31, Festuca arundiancea Fawn, Festuca arundiancea Pixie)」8종 등 14종이다. 종자의 함량배합비는 블루그라스류가 30%, 라이그라스류가 20%, 웨스크류가 45%이며 그 밖의 종자는 5%로 하였으며 식재상 틀의 벽면기울기는 1:0.3 으로 설치하였다. 2003년에는 2002년에 설치한 시험구에서 종자Sheet(Coconut mat)를 사면 최전면에 설치하였기 때문에 종자와 토양이 잘 밀착되지 아니하여 이를 보완하기위하여 종자Sheet를 토양사면표면으로부터 2cm깊이에 위치토록 하여 2002년도와 동일한 규모로 동일한 식생을 사용하여 시험처리하였다.

나) 그린마대공법 (I)

이공법은 가로60cm,세로40cm 의 주머니 론생백(Lonseng bag)으로 주머니에는 종자가 부착된 종이가 붙어 있어서 흙을 채운후 쌓아

올리면 종자가 자연발아되어 녹화된다.

철강재 사방댐 전면에 폭30-40cm의 공간을 확보하여 녹화하기 위한 시험이다.

쌓는 방법은 기울기 1:0.3으로 폭 2m,높이 2 m로 쌓았다. 파종종자는 싸리, 새 비수리, 양 잔디류(Italian rygrass, Tall fescue) 등 4종 류가 들어있다. 이들 종자의 함량 배합비는 재 래종자인 싸리, 새, 비수리가 20~30% , 양잔 디류는 70~80%이었다.

다) 그린마대공법 (II)

이 공법은 그린마대공법 (I)와 동일한 목적 으로 동일한 론생백 (단 종자가 부착되어있지 않음)을 사용하여 동일한 규모로 시험을 실시 하였다. 파종 종자대용으로 부근 산야에서 흔 히 자라는 쑥과 산거울의 분근을 채취하여 마 대1개당 2개체를 중앙에 식재(투입)한후 그린 마대공법 (I)과 동일한 방법으로 시험구를 설 치하였다.

라) 그린마대공법(III)

이공법은 그린마대공법 (I)(II)와 동일한 목적으로 시험하였다. 시험구 설치방법은 그린 마대공법(II)와 같이 종자가 없는 마대에 흙을 채우고 쌓아올린후 마대 1개당 3개의 식혈을 뚫고 종자를 파종하였다. 파종 종자로 싸리, 들 잔디(Korean lawngrass), 양잔디(Perennial

ryegrass, Tall fescue), 켄터키 블루그라스 (Kentucky bluegrass), 오차드그라스(Orchard grss), 펜크로스 (Pennncross)등으로 들잔디를 제외한 양잔디류는 도입종자이다. 파종방법은 점파식으로 10cm간격으로 혈(구덩이)당 5-6립 (粒) 정도씩 파종하였다. 규모와 설치방법은 그린마대공법(II)와 같다.

파종종자에 대한 실내발아시험(2002년4월 9일-23일)결과는 표 2와 같다.

들잔디 및 양잔디의 발아율이 매우 저조하다.

2003년에는 발아상태가 불량한 ①번 들잔디 파종구와 ⑤번 참싸리 시험구에 역시 우리나라 재래종인 족제비싸리와 비수리는 ①번 시험구 의 상단부와 하단부에 참싸리와 낭이초는 ⑤번 시험구 상단부와 하단부에 각각 파종하였다

마) 댐둑마루 녹화시험

댐둑마루 녹화시험은 댐둑은 물론이고 댐체 사면을 녹화하기 위하여 실시하였다.

댐둑마루 댐체내부에 폭1m, 깊이60cm의 식 재상을 조성할 계획으로 기존 댐둑마루상에 그 린마대(론생백)를 이용하여 폭1m, 높이60cm, 길이 8m의 식재상을 댐 양쪽 둑 마루에 조성 하였다.

댐체사면을 피복하기 위한 식재수종으로는 칩 ,인동, 담쟁이덩굴, 사위질빵 ,환삼덩굴등 덩 굴류와 댐둑마루 녹화용으로 국수나무 ,조팝나

표 2. 파종별 발아율

종	참싸리	들잔디	양잔디	켄터키 블루그라스	오차드 그라스	펜크로스
발아율 (%)	33.0	3.8	12.1	39.7	73	81.0

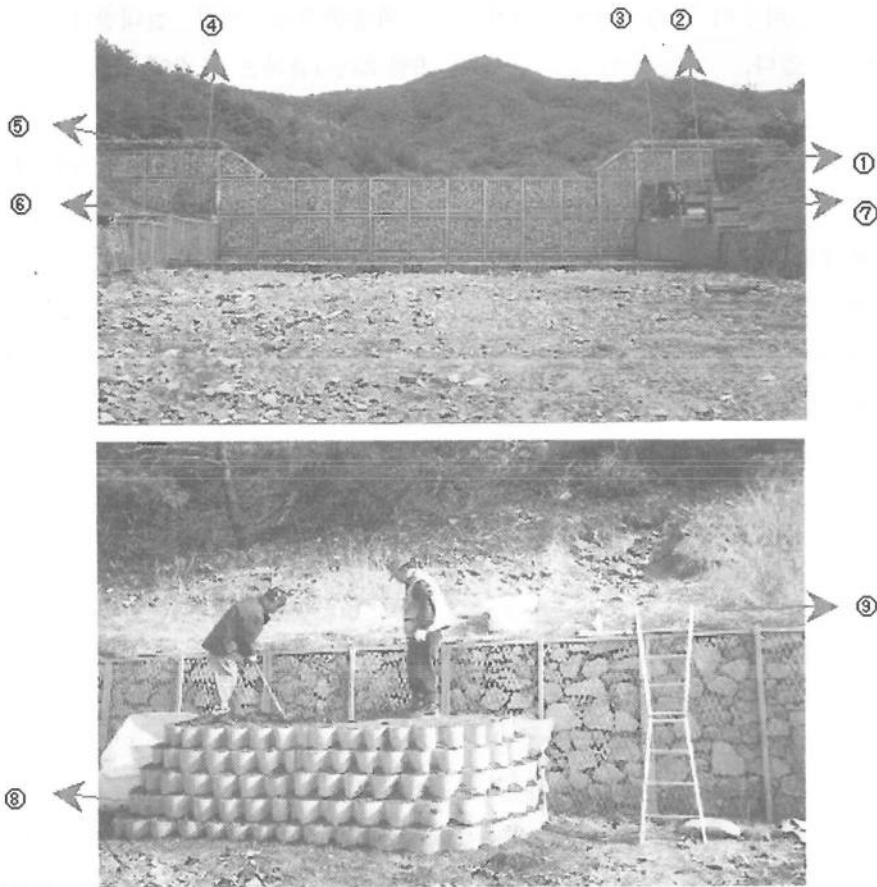
무, 개나리, 달맞이꽃, 망초, 쑥등을 식재하였다.

바) 댐둑마루 하단부 녹화시험

댐둑마루 하단부 녹화시험은 댐체사면을 차폐하거나 덩굴류를 상부로 올려 피복녹화 시키기 위하여 댐체 하단부에 식재상을 조성한 후

차폐수종으로는 노간주나무, 조팝나무등을 식재하였으며 벽면피복을 위한 덩굴류로는 담쟁이덩굴, 칩, 인동 등나무, 사위질빵 등을 식재하였다.

사) 벽면걸이 (화분)녹화시험



시험구 배치도(2002년 3~4월 설치)

- | | |
|------------------|------------------|
| ①: 그린톱 공법시험 | ②: 그린마대공법(I) |
| ③: 그린마대공법(II) | ④: 그린마대공법(III) |
| ⑤: 댐둑마루 녹화시험 | ⑥: 댐둑마루 하단부 녹화시험 |
| ⑦: 벽면걸이 녹화(화분)시험 | ⑧: 기슭막이 벽면 녹화시험 |
| ⑨: 기슭막이 상단부 녹화시험 | |

본 시험은 댐체사면 철강재 틀 설계시 화분이 들어 갈 수 있도록 설계하여 화분을 설치 녹화하거나 댐체사면에 걸어놓아서 녹화효과를 추구하려는 시험이다. 댐체내 또는 댐체에 화분이 걸려있기 때문에 다른시험과 비교할 때 수분부족현상이 심하리라 예상되어 보습재(테라코렘 또는 토양개량제)시험을 병행하여 실시하였다.

녹화 수종은 댐체벽면을 피복할 수 있는 덩굴류로서 칙, 인동덩굴, 사위질방을 식재하였다. 시험구 배치는 남동향과 북서향으로 나누어 대조구와 보습재 처리구등 2처리 2반복으로 8개의 화분시험구를 조성하였으며 2003년도에는 남서방향과 북동방향으로 나누어 대조구와 토양개량제 처리구등 4개의 화분 시험구를 추가 조성하였다.

식재수종은 칙, 인동덩굴이며 보습재로는 토양개량제(Bio-Gro soil 1)로 화분1개 당(토양 0.14m³당) 5kg을 객토와 골고루 섞어서 식재하였다. 사용된 객토토양은 No2와 동일하다.

다. 조사내용 및 방법

1) 생장상황조사

과중식생에 대한 발아상태는 피도(%)에 의하여 조사하였으며 식재수종에 대하여는 활착률(%)을 조사하였다.

생장량(간장생장량)은 초본류는 평균간장(최저생장치, 최고생장치)을 cm단위로 조사하였으며 목본류는 신초 생장량을 cm단위로 조사하였다.

표 3. 층위별 토양습도 측정

토양습도(Cb)	수 분 상 태
0~10	완전침수 토양
10~20	적윤토양(모래땅 제외)
30~60	관수요망토양(점토질토양 제외)
60~100	점토질토양에서도 관수요망
100~200	과건상태로 위험수준

2) 식재상의 토양습도 및 토양온도조사

각 공법시험구(植栽床)의 수분부족현상을 구명하기 위하여 TDR Soil moisture meters에 의하여 Centibar(Cb)단위로 표3과 같이 토양습도를 측정하였다.

토양온도는 지표 및 지중(5cm깊이) 온도로 구분하여 곡간지중온도계로 측정하였다.

라. 시험지 관리

1) 시험처리 초기의 식생관리

가) 식재 및 파종 처리한 시험대상 식생의 유지관리를 위하여 매토종자 및 외부로부터 침입되고 있는 잡풀의 피해가 우려된다고 판단될 시 잡초를 제거하여 주었다.

나) 식재목이 고사될 경우 보식을 하였다.

다) 기슭막이 벽면녹화 시험구에서 식재상의 토양유실과 식재한 축류의 피압현상을 방지하기 위하여 시공1년차 무성하게 자란 식재목을 전정하여 주었다.

2) 식생안정을 위한 유지관리

가) 수분부족현상이 나타나는 그린톱공법시험구와 벽면걸이 녹화시험구에 1~2회 관수하

였다.

나) 담쟁이덩굴, 등나무 등 벽면올림수종의 등반을 도와주는 등반보조재(登攀補助材)로 그물망(網)을 댐체벽면에 설치하였다.

결과 및 고찰

1. 철강재 사방댐의 녹화 적용가능 식생 및 녹화공법

콘크리트댐이나 철강재 틀댐과 같은 야계사방 구조물은 산지재해 방지에 안정성이 높다는 장점을 가지고 있으나 주위 환경에 이질감을 줄 뿐 아니라 시각적(경관적)으로도 아름다움을 주지 못하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 인공구조물에 식생을 이용하여 경관미를 향상시키는 기술은 단순히 식생을 구조물에 이식 또는 부착시키는 경관문제라는 개념(조희두, 1999) 이외에 생태복원(Ecological restoration)이라는 환경문제 개념으로 접근하여 환경을 보전하는 것이 타당하리라 여겨진다. 왜냐하면 이들 구조물은 댐(Dam)체 뿐만이 아니라 댐체를 지지하고 있는 측벽과 기슭막이 등은 계류수변의 한 부분을 이루고 있기 때문에 생물의 소 생활권인 바이오토프(Biotope)의 개념이 성립되기 때문이다.

특히 철강재 사방댐은 강재틀내에 식생기반을 조성할수 있는 공간을 형성할수 있기 때문에 양쪽 댐마루와 댐 어깨부분은 산지사면과 연결되는 Biotope의 선적(線的)인 유형으로 취급할 수 있다(五十嵐鐵朗, 2002). 친환경적인 생태복원의 녹화기술의 중요한 특징은 ① 식물

생태학의 관점에서 선정된 입지환경에 알맞은 식생의 이용, ② 식재에 알맞은 녹화공법(기반조성 방법) 선정, ③ 가급적 다양하고 풍부한 종을 이용하는 것과 ④ 종자 또는 콘테이너 묘를 이용하여 식생활착에 효과를 기대하는데 있다.

가. 입지환경에 따른 녹화가능 식생

1) 적용가능식생 분류

식생은 기후조건과 수분, 토양등 입지환경조건에 따라서 종을 달리하고 생육상태도 다르다. 우리나라 산림기후대 구분에 의하면 남해안의 일부지역과 제주도를 포함하는 난대지역을 제외한 대부분의 지역이 온대지대에 포함된다. 따라서 온대지방에서 분포하는 식생으로서 식재기반이 불량한 철강재 댐체녹화에 가능한 목본류(주로 관목류와 만경류)와 초본류를 대상으로 내한성(耐寒性), 음양성(陰陽性), 수분조건, 성장속도, 맹아력(萌芽力), 토지요구도(肥沃度)등으로 구분분류 할 필요가 있다.

나. 철강재 사방댐의 녹화가능 공법

1) 녹화공법 분류

사면녹화는 비탈의 토질조건과 입지환경조건에 부합하는 공종·공법이 채택되고 그 지역 토양조건에 적합한 녹화식물이 선택되어야 한다.

환경보전을 위한 일반적인 표4와 같이 사면 녹화공법으로는 크게 파종공과 식재공으로 구분할 수 있다(우보명, 1998).

표 4. 사면녹화공법의 분류

녹화공법	방 법	공 법
식재녹화공법	초식공법	줄떼, 평떼, 선떼붙이기, 식생반심기, 식생대심기 식생자루심기, 식생구멍심기
	묘목식재공법	묘목식재, Pot묘식재, 분근묘식재, 소단상객토식재 차폐수벽공법
과종녹화공법	인력파종공법	점파, 조파, 산파공법
	기계파종공법	종자뿌어 붙이기(Seed spray), 종비토 뿌어 붙이기(Seed spray-net멀칭)
	녹화자재이용공법	식생반, 식생자루, 식생대, 식생구멍, 벗짚거적덮기 종자부착네트피복, 종자부착매트피복
	항공파종공법	항공파종공법

2. 철강재 사방댐의 녹화시험

가. 시험처리별 생장상황

1) 댐체사면 녹화시험

가) 그린톱(Green top) 공법시험

이공법은 종자부착 Coconut mat를 이용하여 댐체벽면을 녹화하기 위한 공법이다. 경사형 강재틀댐에 이용할 목적으로 댐체벽면 기울기를 1:0.3(약75°)으로 하였기 때문에 사면을 유지하기 위하여 철사망을 이용하여 고정시켰다.

식재기반재로서의 토양은 주위 절개면의 표층토양으로 토성이 사질양토이다. 토양의 이·화학적 성질은 우리나라 화강암 산림토양의 평균치와 비교할 때 유기물 함량은 다소 떨어지나 유효인산은 높은편이며 치환성 염기총량은 유사함을 알수있다(이수옥, 1981). Coconut mat에 부착시킨 종자는 비수리, 벌노랑이, 향유, 도라지, 억새 등 재래종 초본류와 블루그래스류(3종), 라이그래스류(2종), 웨스큐류(3종) 등 도입초종과 목본류로서 재래종인 오리나무

등 18종이다.

(1) 생장상황

○ 발아상태

2002년 5월 2일 파종한 이후 발아상태를 식별할 수 있는 종으로는 사방오리나무, 비수리, 억새, 향유, 벌노랑이와 도라지는 발아가 확인되지 못하고 있다. 주로 도입초종인 잔디류의 발아상태가 가장 양호한 편이며 사방오리나무, 비수리, 억새 등은 몇몇개체에 지나지 않는다. 발아상태가 비교적 불량한 이유는 파종상이 거의 수직상태로 토양과 종자부착 Coconut mat와의 접촉면이 충분히 밀착되지 못하고 강수의 내부침투가 어렵기 때문으로 판단된다.

2003년에 파종한 시험구에서도 사방오리나무, 비수리, 억새, 향유, 벌노랑이, 도라지등 재래종자의 발아는 전무한 상태이며 외래초종인 잔디류만 국부적으로 발아 생육되고 있었다. 전체적으로 그린톱공법시험구의 발아상태는 고루지 못하여 발아된 부분과 발아되지 않은

부분등이 명확히 구분되고 있다. 발아상태가 고루지 못할뿐 아니라 불량한 이유는 건조한 토(수분부족 현상)도 있겠으나 식재면이 거의 수직에 가까운 75°의 급사면으로 부착종자의 유실이 많았기 때문인 것으로 추정된다. 피도는 2002년 에는 40% 2003년 시험구에서는 60% 정도를 보이고 있다.

○ 생장량

목본류인 사방오리나무는 발아후(2002년 11~2003. 3사이) 고사되었으며 그 외 초종은 모두가 겨울에 지상부가 말라죽고 지하부만이 월동하는 숙근성(宿根性)이기 때문에 년차적으로 생장량이 증가되지는 않는다.

다만 첫년도에는 발아, 생장하기 때문에 생장량이 떨어지나 파종 2년차에는 뿌리로부터 싹이 돋아나기 때문에 파종 1년차에 비하여 생장이 빠르다. 도입초종의 경우 파종 1년차인 2002년 9월에는 초장이 평균 15cm(10~40cm)이었던 것이 2003년 7월에는 23cm(11~37cm)로 다소 크게 자랐으며 2003년도에 파종한 시험구에서는 평균 23cm(7~38cm)로 파종당시 종자부착 Mat가 사면표토 2cm 깊이에 위치하게끔 설치(2002년도에는 종자부착 Mat가 사면표토와 접하게 설치하였음)하여서 발아조건이 좋았기 때문에 생장이 양호하게 나타난 것으로 판단되어진다.

(2) 침입종

식재상 조성시 개토한 주변 토양내 함유되어 있는 매토종자에 의하여 발아되고 있는 침입종으로는 2002년 시험구에서는 닭의장풀, 메꽃,

쑥과, 싸리이었으며 2003년 시험구에서는 명아주, 망초, 냉이, 바랭이, 메꽃, 비름등 주위 식생이었다. 개체수는 대부분 1~3개체이었으나 명아주만은 많은 개체가 자라고 있었다.

나) 그린마대 공법(I)시험

이 공법은 종자부착 그린마대(Lonseng bag)을 이용하여 댐체벽면을 녹화하기 위한 공법이다. 이 시험에서 댐체 벽면 기울기를 1:0.3으로 하였으며 식재기반체로서의 토양은 주변에서 채취한 토양으로서 양질토양(L)이었으며 이 토양역시 지표토양으로서 화강암 산림토양의 평균치에 비하여 유기물함량은 다소 떨어지나 유효인산 함량을 비롯한 치환성 카리, 칼슘등은 높게 나타나 보이고 있다. 론생백에 부착된 종자는 싸리, 새, 비수리, 양잔디등 4종이다.

(1) 생장상황

○ 발아상태

2002년에는 싸리와 비수리는 몇 개체만 발아되었고 일부 새와 대부분을 양잔디가 점유하고 있었으며 2003년의 발아상황은 2002년에 비해 다소 쇠퇴한 것으로 나타나보인다. 이 시험구역시 종자 유실이 많았다. 2002년에는 거의 100% 피복되었으나 2003년 7월말 전체 약 80%의 피도를 보이고 있다

○ 생장량

2002년 8월 14일에 새15cm, 양잔디는 60cm의 생장량을 보였으며 2003년도 7월 14일에는 새는 23cm, 양잔디는 51cm로 발아 2년차부터 도입종인 양잔디의 생장이 다소 떨어지고

있다.

(2) 침입종

식재상 조성시 객토에 포함된 매토종자에 의하여 2002년도에는 쑥, 명아주, 닭의장풀, 까마중, 강아지풀, 돼지풀등이 자생되고 있었으며 2003년 7월말 현재 쑥, 망초, 쑥바귀, 양지꽃, 달맞이꽃, 명아주등이 자생하고 있으나 그 개체수는 매우 적다.

다) 그린마대 공법(II) 시험

이 공법은 종자가 부착되지 않은 그린마대를 이용하여 댐체벽면을 녹화하기 위한 공법으로 식재기반 조성방법은 그린마대공법(I)과 같으며 객토 또한 동일한 토양을 이용하였다. 단 식재초종으로는 산거울과 쑥의 분근을 사용하였다.

(1) 성장상황

○ 활착상태

식재한 분근의 활착율(식재분근수에 대한 활착분근수의 비율)은 쑥 98%, 산거울 95%로 2개초종 공히 높게 나타났다. 쑥은 2002년, 2003년 공히 100% 피복상태를 보이며 산거울은 2002년 8월 14일 피도 40%이었으나 2003년 7월 14일 현재 60%이상을 보이고 있다.

○ 성장량

2002년 8월 14일 쑥의 간장 성장량은 평균 90cm(60cm~100cm이상)로 크게 자랐으며 산거울은 평균 30 정도의 성장을 보였다.

2003년 7월 14일 현재 쑥은 평균 102

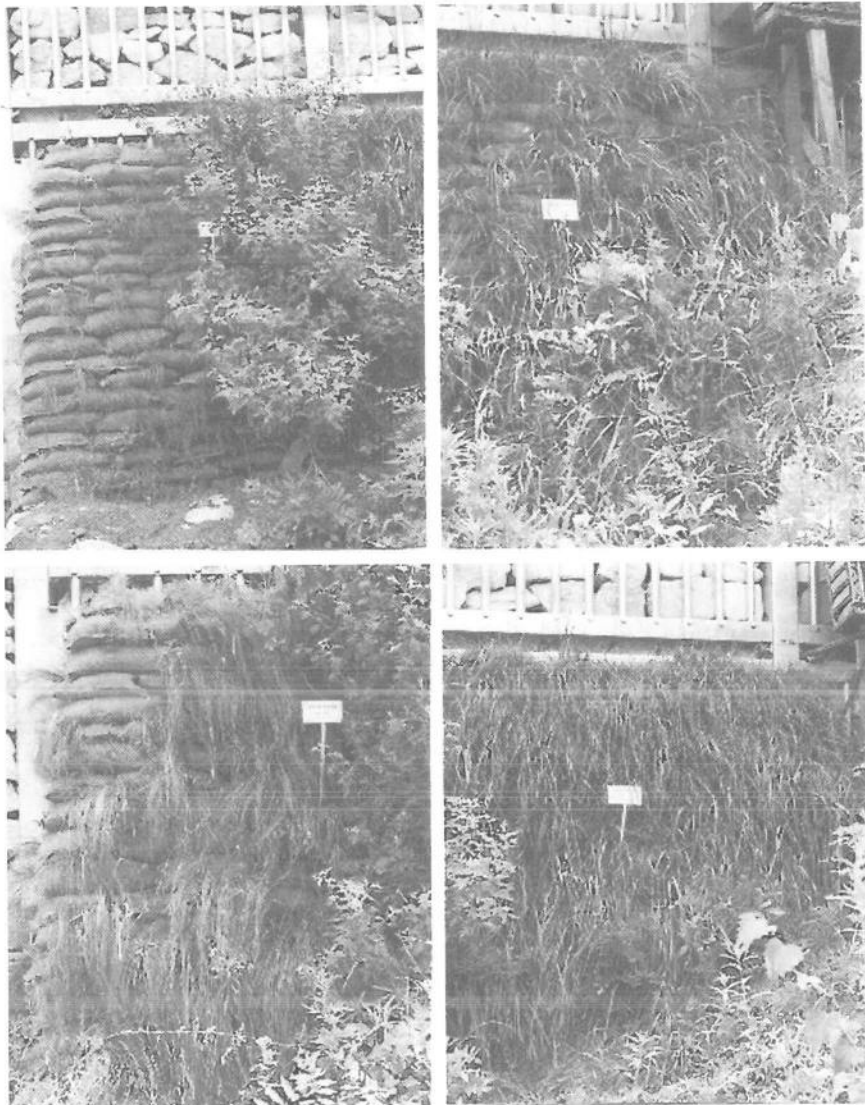
cm(70~123cm), 산거울은 51cm(48~56cm)의 성장상태를 보이고 있어 2초종은 식재후 점점 생육이 양호해지는 것으로 나타났다.

특히 산거울의 생장이 빠르며 분얼수도 증가되었다.

(2) 침입종

이 공법 시험구 역시 매토종자에 의하여 많은 초종이 자생되고 있는데 2002년에는 쑥 시험구에서는 명아주가, 산거울 시험구에서는 명아주, 솔나물, 환삼덩굴, 여뀌, 쑥, 달맞이꽃, 돼지풀, 별꽃, 매꽃, 바랭이, 소리쟁이, 팽이밥등이 자생되고 있었다. 2003년 7월 14일 현재 쑥 시험구에서는 쑥바귀, 양지꽃, 망초등이 산거울 시험구에서는 닭의장풀, 달맞이꽃, 명아주등이 자생하고 있다. 산거울 시험구에 비해 쑥 시험구에서 침입종의 수가 적은 것은 쑥의 왕성한 성장에 피압되기 때문인 것으로 관찰되며 산거울 시험구에서도 산거울의 생장이 왕성해짐에 따라 침입종의 수가 줄어드는 것으로 고려된다.

사진 상은 2002년도 8월 14일에, 사진 하는 2003년 7월 14일의 성장상태로 오른쪽부터 왼쪽으로 그린마대공법(I), (II)의 시험구이다. 2002년에 비교하여 2003년도에는 도입종자가 주를 이루고 있는 그린마대공법(I)의 성장상태는 떨어지고 있으나 재래초종인 쑥과 산거울 시험구인 그린마대공법(II)에서의 성장량은 증가 되고 있어 외래 초류보다는 재래초종을 도입하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



그린마대공법(I), (II)시험구의 생장상황.
사진 상(2002년도), 사진 하(2003년도)

라) 그린마대 공부법(III)시험

이 공법은 종자 무부착 그린마대를 이용하여 그린마대공법(II)와 같이 동일한 방법으로 식재상을 조성 한 후 그린마대에 사방 10cm간격으로 점파식으로 씨리, 들잔디, 양잔디, 켄터키

블루그라스 오차드그라스, 펜크로스를 파종한 시험이다.

(1) 생장상황

○ 발아 및 생장량

파종종자의 실내실험결과는 표 2에서와 같

이 펜크로스가 81.0%, 오차드그라스 74.3%, 켄터키블루그라스 39.7%, 참싸리 33%, 양잔디 12.1%, 들잔디 3.8%로 도입초층이 비교적 높고 도입초층중 양잔디와 재래종인 참싸리가 들잔디의 발아율이 매우 낮았다.

2002년에 현지 파종결과 오차드 그라스와 양잔디를 제외하고는 발아상태가 불량하였다. 8월 14일에 조사된 피도를 보면 들잔디가 5% 미만, 오차드그라스 100%(발아율60%), 양잔디 40%, 켄터키블루그라스 20%, 참싸리 5%미만 펜크로스 20%(발아율5%)으로 나타나 역시 재래종의 발아생육상태가 가장 불량하였다.

2003년에는 발아상태가 제일 불리한 들잔디구와 참싸리구에 각각 상,하단부로 나누어 족제비싸리, 비수리와 참싸리, 낭아초를 각각 보파(補播)한 후 7월 14일 조사한 결과이다.

2002년도에(표5) 파종한 종자의 성장상태

(7월 14일현재)를 2003년(표6) 성장상태(7월 14일 현재)와 비교해 보면 들잔디는 약간 생장이 촉진된 반면 오차드그라스는 파종 2년차에 완전 고사된 것으로 나타나고 있다. 이는 오차드 그라스는 내한성이 강하나 건조에는 약하기 때문인 것으로(농사원시험국, 1961) 판단된다. 양잔디와 켄터키 블루 그라스는 전년도에 비해 생장이 상당히 촉진되었으며 참싸리는 침체상태를 보이고 있다.

펜크로스는 전년도에 비하여 점차 생장이 촉진되고 있었으며 많은 종자가 하부로 유실되어 많은 개체가 발아 생육하고 있었다. 2003년도에 파종한 족제비싸리, 비수리, 참싸리, 낭아초 등의 콩과 식물의 발아율은 족제비싸리와, 참싸리가 다소 양호한 편이고 낭아초는 낮은 편이며 비수리는 무슨 이유에서인지 전혀 발아가 이루어지지 않았다.

표 5. 2002년 파종 종자별 활착율과 성장상황(2003년 7월 14일현재)

파종종자	활착율(%)	평균 성장량(cm)		비 고
		2002년	2003년	
들잔디	13	15	26(14~37)	15개 혈(穴)중 2개혈 활착
오차드그라스	17	32	0	2002년 완전고사
양잔디	100	22	26(21~32)	15개 혈중 15개혈 활착
켄터키 블루그라스	100	16	22(7~31)	"
참싸리	7	17	55	15개 혈중 1개혈 활착
펜크로스	30	12	23	30개혈중 9개혈 활착

표 6. 2003년 파종 종자별 발아율과 성장상황(2003년 7월 14일 현재)

파종 종자	발아율(%)	성장량(cm)	비 고
족제비싸리	63	5(3~7)	24개혈중 15개혈 발아
비수리	0	0	미 발아
참싸리	54	12(7~8)	24개혈중 13개혈 발아
낭아초	33	7(5~11)	18개혈중 6개혈 발아



그린마대 공법(III) 시험구의 성장상황 좌(2002도), 우(2003년도)
사진 왼쪽은 2002년 8월 14일, 사진 오른쪽은 2003년 7월 14일의 식생생장 상태이다.

(2) 침입종

이 시험구 역시 매토종자에 의하여 2002년 (8월 14일현재)에는 돌피, 바랭이, 크로바, 쑥 등이 개체별로 침입자생하고 있었으며 2003년 (7월 14일현재)에는 망초, 개망초, 바랭이, 민 바랭이, 쑥, 크로바 등이 침입되고 있었다.

마) 댐둑마루 녹화시험

이 공법은 댐 둑마루 내부에 식재상을 조성할 계획으로 기존 댐 둑마루에 그린마대를 이용, 식재상을 조성하여 댐체사면(벽면)을 피복하기 위하여 만경류로서 칩, 인동, 담쟁이덩굴, 사위질방과 환삼덩굴을 식재하였으며 댐 둑마루 조경용으로 국수나무, 조팝나무, 개나리의 목본류나 주위 초종인 망초, 달맞이꽃, 쑥 등

초본류를 식재한 시험이다.

(1) 활착 및 생장 상황

식재상 조성용 론생마대 자체에서 발아 및 활착된 식생(새, 양잔디 등)의 생장상태는 종자 부착마대 시험구에서는 그린마대공법(I)에서와 유사하였으며 산거울, 쑥 식재구에서는 그린마대공법(II)에서와 유사한 피도와 생장상태를 보였다. 식재상(植栽床)에 식재된 목본류는 평균 70%이상 활착율을 보이고 있으나 칩과 사위질방의 활착율이 저조하였으며 환삼덩굴, 달맞이꽃, 쑥, 망초 등 초본류는 생장이 너무 왕성해 숨아낼 정도였다. 식생별 생장상황은 표 7과 같았다.

식재수종 중 칩의 생장이 가장 양호하며 재

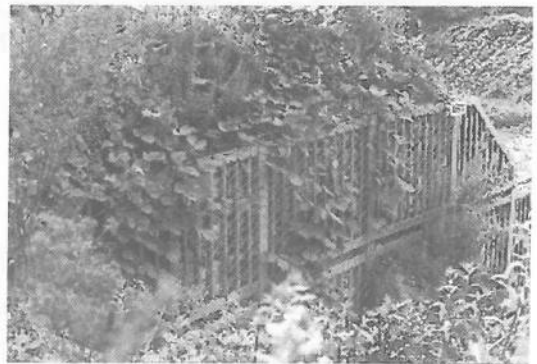
표 7. 시험구 성장상황

시험구	식재 수종	식재본수	활착율(%)	평균신초성장량(cm)		비 고
				2002년8월	2003년7월	
댐체좌측	쑥	5	30	175	260	쑥은 개체에따라 생장이 왕성하여 2m~5m까지 성장하고 있다.인동덩굴의 활착상태는 매우 양호(100%)하나 생장이 담쟁이 덩굴과 함께 초기 생장이 빠르지 못하다. 환삼덩굴은 2002년도에 너무 무성하여 2003년에는 제거하였다.
	담쟁이덩굴	3	100	52	37	
	인동덩굴	11	100	63	68	
	조팝나무	2	67	59	21	
	국수나무	2	100	42	56	
	개나리	3	100	21	9	
	환삼덩굴	3포기	-	200~300	-	
댐체우측	쑥	7	63	250	210	사위질빵은 고사 되었으며 쑥은 너무 무성하여 제거하였다.
	인동덩굴	5	100	58	74	
	사위질빵	1	0	14	0	
	망초	1포기	-	195	63	
	쑥	1포기	-	110	-	
	달맞이꽃	1포기	-	153	88	

래 초본류는 모두 생장이 왕성하나 그중에서도 환삼덩굴이 가장 무성하게 자라고 있다.

(2) 침입종

식재식생 이외의 침입종이 다양하여 명아주, 민바랭이, 크로바, 개똥쑥, 그렁, 참비름, 까마중, 새, 소리쟁이, 닭의장풀, 바랭이, 여뀌, 환삼덩굴, 망초, 비수리, 까치수염, 쑥, 달맞이꽃, 머누리밑씻개, 냉이, 돌피등이 자생하고 있다



댐둑마루 녹화시험구 성장상황
(댐체좌측 반수면 방 향에서 바라본 전경)

(3) 토양습도 및 토양온도 조사

식재상의 토양습도는 강우 경과일수에 따라 변화가 있으나 건조현상을 거의 보이지 않고 있으며 토양온도 변화도 일기에 따른 변화이외에는 큰 변화가 없는 것으로 관찰된다.

사진 상은 2002년 8월 14일당시, 다음 사진은 2002년 9월 14일 당시의 전경으로 그린마대에 부착되었던 도입초종의 성장상태는 2002년 파종당년도에 왕성하였으며, 식재목 쑥, 인동덩굴, 조팝나무, 국수나무, 개나리등은 2003년도에 생장이 왕성함을 보인다.



◀ 쑥 ▶



◀ 환삼덩굴 ▶

댐둑마루 녹화시험지의 식생생장 상황

바) 댐 둑마루 하단부 녹화시험

본 시험은 댐 둑마루 하단부 비탈면에 덩굴

류와 차폐수종을 식재하여 댐체벽면을 피복 또는 차폐하기 위한 시험이다.

덩굴 올림(등반형) 수종으로서 쑥, 인동, 담쟁이덩굴, 등나무, 사위질빵을 식재하였고 차폐수종으로는 노간주나무, 조팝나무를 식재하였다.

(1) 활착 및 성장상황

2002년 7월에 식재한 사위질빵을 제외하면 식재수종의 대부분은 활착상태는 양호한 편이나 기존 토양이 척박하여 성장상태는 비교적 불량한 편이다. 수종별 성장상황은 표8과 같다. 식재 2년차에 조팝나무, 등나무, 쑥의 일부개체가 고사되었는데 이는 무성하게 자란 달맞이꽃, 망초, 쑥, 명아주와 같은 주위 식생에 의해 피압되어 고사된 것으로 판단된다.

식재 1년차에 생육이 불량하던 쑥, 담쟁이덩굴 등 우리나라 고유의 피복용 만경류가 2년차부터는 생육이 촉진되는 것으로 보아 2~3년 내로 댐벽면을 완전히 피복할것으로 기대된다.

표 8. 수종별 성장상황

식재상	식재 수종	본수	활착율(%)		평균신초성장량(cm)	
			2002년	2003년	2002년	2003년
댐체좌측	노간주나무	8	100	100	5	12
	조팝나무	5	100	83	13	33
	담쟁이덩굴	4	75	75	52	20-30
	쑥	14	93	93	174	300이상
댐체우측	등나무	10	100	80	86	98
	사위질빵	2	50	50	5	48
	쑥	1	100	79	62	500이상
	담쟁이덩굴	1	100	100	121	20



댐둑마루 하단부 녹화시험

사진 좌는 만경류의 담쟁이 덩굴, 칩(덩굴올림)과 차폐수종인 노간주나무, 조팝나무 식재 시험구이며 사진 우는 등나무, 사위질빵, 칩, 담쟁이 덩굴(덩굴 올림) 식재 시험구의 생장 상태임.

사) 벽면걸이(화분걸이) 녹화시험

본 시험은 댐체내에 화분이 들어갈 수 있는 공간을 확보하여 식재상을 조성, 녹화하거나 댐체벽면에 화분을 걸어서 녹화하기 위한 시험이다. 식재수종으로서 인동덩굴, 칩, 사위질빵을 이용하였다.

(1) 활착 및 생장상태

2002년 5월 2일 시험구 설치후 처리별 첫년도 2002. 8. 14일의 생장 상태는 표 9, 10, 11, 12와 같으며 표에 의하면 처리 1차 년도에는 보습재, 방위 및 식재상(植栽床)의 층위등 처

리별 생장차이는 뚜렷하게 나타나지 않고 있으며 처리간 침입종은 큰 차이가 없으나 식재상의 상,하간에는 광량(光量), 통풍성 및 수분 상태(상층은 강우시 강우전량을 받을수 있으나 하층은 극히 제한적으로 받기 때문에 상층에 비하 건조한 편이다)의 차이에 따라 하층에 비하여 상층에서 침입종의 피도가 월등하게 높게 나타나고 있다. 활착율에서는 칩이 고사율이 67%로 높게 나타났다.

다음표는 처리 2차년도인 2003. 7. 14의 처리간 생장차이는 1차년도에서와 같이 큰 차이는 없으나 개체간의 생장차이가 크게 나타나고있

표 9. 보습재 처리별 생장상황(2002. 8. 14)

보습재처리	식재수종	본수	활착율 (%)	평균신초 생장량(cm)	침입종	
					피도(%)	종명
무처리구	인동덩굴	2	100	33	68	강아지풀, 명아주, 여뀌, 바랭이, 닭의장풀, 돼지풀
	칩	3	83	130		
처리구	인동덩굴	7	100	61	33	강아지풀, 바랭이, 명아주, 차풀, 달맞이꽃, 쑥, 박주가리, 여뀌
	칩	6	83	81		
	사위질빵	2	100	12		

표 10. 방위별 생장상황(2002. 8. 14)

방위	식재수종	본수	활착율 (%)	평균신초 생장량(cm)	침입종	
					피도(%)	종명
남동향	인동덩굴	5	100	54	41	강이지풀, 명아주, 여뀌, 바랭이, 닭의장풀, 돼지풀
	쑥	4	50	111		
	사위질빵	2	100	12		
북서향	인동덩굴	4	100	55	41	강이지풀, 바랭이, 명아주, 닭의장 풀, 쑥, 박주가리, 차풀
	쑥	5	20	110		

표 11. 방위별 생장상황(2002. 8. 14)

층구분	식재수종	본수	활착율 (%)	평균신초 생장량(cm)	침입종	
					피도(%)	종명
상	인동덩굴	3	100	30	76	강이지풀, 냉이, 여뀌, 명아주, 닭 의장풀, 돼지풀, 쑥, 차풀, 돌피
	쑥	6	33	126		
하	인동덩굴	6	100	68	6	강이지풀, 명아주, 바랭이, 차풀, 달맞이 꽃, 닭의장풀, 쑥, 박주가 리, 돼지풀
	쑥	3	33	81		
	사위질빵	2	100	12		

표 12. 식재수종별 생장상황(2002. 8. 14)

식재수종	본수	활착율(%)	평균생장량(cm)	비 고
인동덩굴	9	100	55	쑥 6본고사하고 사위질빵 생장불량
쑥	9	67	111	
사위질빵	2	100	12	

다(생장기간인 9월 말까지는 많은 생장이 기대된다). 2차년도에는 식재상의 상층에서는 많은 침입종이 무성하여 3회에 걸쳐 제초작업을 실시하였다.

시험 1년차 겨우내 사위질빵 2본 모두 고사하였으며 인동덩굴 3본, 쑥 1본이 추가로 고사하였다.

처리 2차년도의 침입종은 남동향 처리구에서는 망초, 바랭이, 달맞이꽃, 매듭풀, 민바랭이, 여뀌, 돼지풀, 강이지풀, 까마중, 닭의장풀, 냉이, 비름등이며 북서향 처리구에서는 쑥, 돼지

풀, 바랭이, 민바랭이, 달맞이꽃, 망초, 까마중, 비름, 냉이등이었다.

2003년에 새로이 처리한 시험구의 처리별 생장상황은 표와 같다. 이 시험역시 2002년 시험 처리구에서와 같이 토양개량제, 방위, 식재상의 층위간 생장차이는 뚜렷하게 나타나지 않으나 침입식생의 차이가 층위간 현저하게 나타나서 식재상 상층에서 침입종이 무성하게 자라고 있었다.

침입종으로는 북동향에서 비름, 돌피, 민바랭이, 까마중, 명아주, 냉이, 망초등이며 남서향

처리구에서는 비름, 민바랭이, 명아주, 닭의장풀, 망초, 애기똥풀, 쑥, 돌피, 달맞이꽃, 까마중 등 주위초본류와 같이 나타났다.

활착율은 인동덩굴 100%, 칩이 84%(1본고사)로 비교적 양호한 편이다.

(2) 토양습도 및 토양온도 조사

표13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20에 의하면 그

린톱 공법시험구에서와 같이 토양이 건조하며 강우 3일 까지는 수분상태가 양호(적윤)한 편이나, 그 이후에는 점차 건조해지며 식재상 층위간에도 차이가 나타나서 전체적으로 상층에 비하여 하층에서 습도계수(Cb)가 높게 나타났으며 보다 건조함을 보여주나 토양온도는 수광량의 차이에 의하여 상층에 비하여 하층에서 낮게 나타남을 보인다.

표 13. 보습재 처리별 생장상황(2003. 7. 14)

보습재처리	식재수종	본수	활착율(%)	생장량(cm)	비 고
무처리구	칩	3	67	132(92-200)	칩 1본고사
	인동덩굴	1	100	67	
처리구	칩	6	83	82(39-200)	사위질빵 2본고사 인동덩굴 3본보식 칩 1본고사
	인동덩굴	10	70	62(58-70)	

표 14. 방위별 생장상황(2003. 7. 14)

방위	식재수종	본수	활착율(%)	생장량(cm)	비 고
남동향	칩	4	75	936(60-114)	사위질빵 2본고사 칩 1본고사
	인동덩굴	5	100	66(62-70)	
북서향	칩	5	100	106(39-200)	인동덩굴 3본 보식
	인동덩굴	6	50	56(42-69)	

표 15. 층별 생장상황(2003. 7. 14)

층구분	식재수종	본수	활착율(%)	생장량(cm)	비 고
상	칩	6	100	111(92-200)	
	인동	3	100	59(42-69)	
하	칩	3	67	72(60-83)	사위질빵 2본고사 칩 1본고사 인동, 3본보식
	인동	8	63	64(58-70)	

표 16. 식재수종별 평균 생장상황

식재수종	본 수	활착율(%)	평균생장량(cm)	비 고
인동	11	73	62	인동 3본고사
칩	9	89	98	칩 1본고사

표 17. 토양개량제 처리 및 생장상황(2003. 7. 14)

토양개량제처	식재수종	본수	활착율(%)	평균생장량(cm)	비 고
무처리구	인동	2	100	90(78-102)	
	쑥	2	100	75(43-96)	
처리구	인동	7	100	86(49-170)	쑥 1본 고사 2본 생장 정체 상태
	쑥	4	75	110	

표 18. 방위별 생장상황(2003. 7. 14)

방위	식재수종	본수	활착율(%)	평균생장량(cm)	비 고
북동	인동	4	100	78(49~102)	쑥 1본 고사
	쑥	4	75	83(43~110)	
남서	인동	5	100	95(60-70)	쑥 2본 생장정체 상태
	쑥	2	100	0	

표 19. 방위별 생장상황(2003. 7. 14)

층구분	식재수종	본수	활착율(%)	생장량(cm)	비 고
상	인동	5	100	86(49-170)	쑥 1본 고사
	쑥	2	50	110	
하	인동	4	100	89(78-110)	쑥 2본 생장정체 상태
	쑥	4	100	70(43-96)	

표 20. 식재수종별 평균 생장 상황

식재수종	본수	활착율(%)	생장량(cm)	비 고
인동	9	100	87	쑥 1본 고사
쑥	6	84	78	

○표에서 보면 쑥은 1년차에는 발아후 생육이 양호하였으나 2년차에는 생육이 불량하거나 고사하는 것이 많았으며 인동덩굴 역시 쑥보다는 덜하나 역시 생육이 불량한 것으로 보아 건조기에 건조피해를 받는 것으로 생각된다.

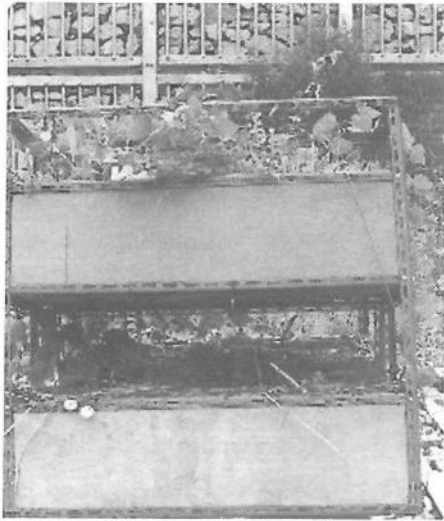


사진 2002 시험 처리한 벽면걸이 녹화시험구 식생 성장상황(2003. 7. 14)
왼쪽 사진은 북서향 시험구, 오른쪽은 남동향 시험구의 전경, 식재상의 상층은 하층에 비해 두 시험구 공히 침입종이 무성하게 자라고 있으며 식생이 건조로 시들어 보이고 있다.



사진 2003년 시험처리한 벽면걸이 녹화시험구 전경(2003. 7. 14)
사진 왼쪽은 북동향, 그림 오른쪽은 남서향 시험구의 식생 성장상황으로 건조현상으로 식생이 시들어 보이고 있으며 이 시험구 역시 식재상 하층에 비해 상층에서 침입종이 무성하게 자라고있다.

2) 기슭막이 벽면녹화(Geo-Web공법)시험

본 시험은 철강재 기슭막이 벽면을 녹화하기 위한 시험이다. 철강재 기슭막이 자체로 사면의 안정성을 유지시키며 본 공법으로 식생을 도입하여 철강재 기슭막이의 경관미를 향상시키기 위한 시험이다. 자연 하천에서 친 자연적인 공법으로 이용되고 있는 맹아지 고정공법, 통나무 고정공법과 다공성 식생 콘크리트를 이용한 Geo-green공법, 유목, 통나무와 전식을 이용한 기슭막이 공법, 식생을 도입한 Geo-web공법등이 있으나(김경하 2002; 유호섭. 1998) 사방댐 설치지역은 강우시 유량이 많아 서 사면붕괴에 대한 안정성이 우선되어야 한다. 본시험에서는 Geo-web자체만으로도 안정성이 유지되는 Geo-web 공법에 식생을 도입 시험하였다. 장마철 또는 집중강우시 유량이 증가되어 수위가 상승하게 되므로 일정기간 동안 특히 수위변동구간(Waterlevel fluctation areas)으로 추정되는 부위에는 갯버들, 국수나무, 조팝나무를 식재하였으며 식재상의 토양유실을 방지하기 위하여 쭉의 분근을 식재목과 함께 식재하였다.

(1) 활착 및 성장상황

식생수종의 활착상태는 85%이상으로 모두 높았으며 성장상태도 개나리를 제외하면 양호한 편이었다. 하천이 범람시 식재상의 토양유실을 방지하기 위하여 식재된 쭉은 시험처리 1년차에는 생장이 왕성하여 몇차례 줄기를 잘라주었으며 시험2년차에는 식재목에 피압되어 전부고사하였다. 수종별 활착 및 성장상태는 표 21과 같다.

시험구하단(Geo-web공법) 개천변에서 식재한 달뿌리풀은 쭉 또는 주위 잡풀의 피압으로 대부분 고사한 것으로 미루어 피압에 매우 약한 것으로 추정된다.

시험 2년차에는 갯버들의 생장이 가장양호하게 나타나고 있으며 조팝나무, 국수나무 개나리 순으로 개나리의 생장이 가장 불량하였다.

개울 바닥(기슭막이 하단부)에 식재한 갯버들과 조팝나무는 100% 활착되었으며 성장량도 왕성하여 갯버들이 평균 145cm 조팝나무 81cm로 크게 나타나고있다.

이상의 결과로 볼때 지오웹공법을 도입하여 위에 열거한 수종을 식재하면 벽면의 피복은 물론 강우시 벽면보호에 큰 도움이 될것으로 사료된다.

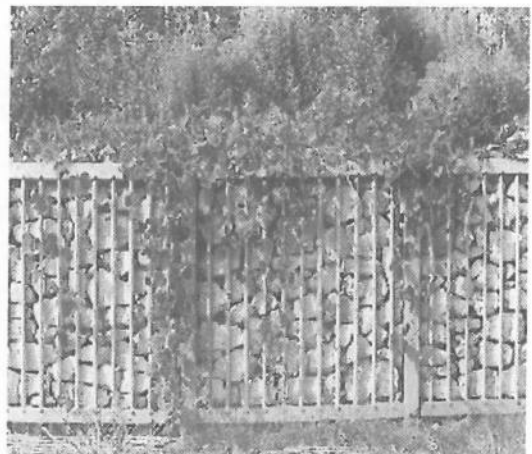
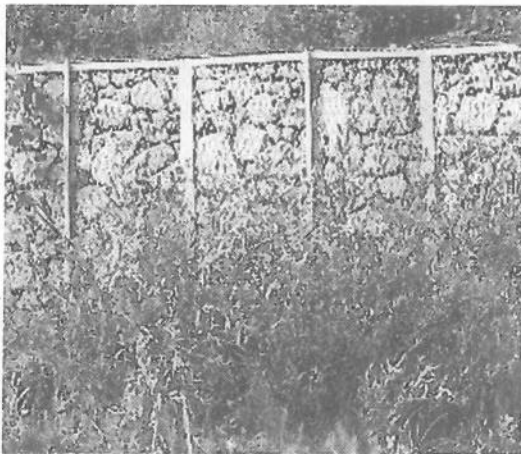
표 21. 수종별 성장상황(2003. 7. 14)

식재 수종	본수	활착율(%)	평균 성장량(cm)
개나리	3	100	106(97-119)
조팝나무	36	89	121(114-132)
국수나무	20	85	118(100-140)
갯버들	37	98	138(124-150)
쭉	93	0	피압고사



기슭막이 벽면녹화시험구 식생생장 상황

사진 왼쪽은 2002년 8. 14일 쭉 및 잡풀제거후의 시험구 전경이며 사진 오른쪽은 2003년 7월 14일 현재 식재목 성장 상황이다.



기슭막이 벽면 녹화시험지 식생 성장상황

사진 왼쪽은 철강재 기슭막이 하단부에 식재한 갯버들 성장전경이며 사진 오른쪽은 댐둑마루 하단부 녹화시험에서 식재된 칩이 철강재 기슭막이 부분을 피복해 가고 있는 전경이다.

3) 기슭막이 상단부 녹화시험

본 시험은 기슭막이 상단부에 가지가 늘어지는 수형의 수종을 식재하여 철강재 기슭막이의 경관미를 증진시키기 위한 시험으로 조팝나무, 국수나무, 개나리를 식재하였다.

(1) 활착 및 성장상황

활착율은 개나리, 조팝나무, 국수나무 순으로 개나리가 가장 양호하게 나타났으며 신초생장량은 식재지의 토양조건이 토심이 얇고 척박지역이기 때문에 작은편이며 개체간에 차이가 심

식재목의 활착율과 성장상황(2003. 7. 14현재)

식재위치	식재수종	본수	활착율(%)	평균신초생장량(cm)	비 고
댐체좌측	조팝나무	10	70	32(20-42)	생장불량
	국수나무	7	29	34(28-40)	생장이 극히불량
	개나리	6	100	10(2-30)	생장불량
댐체우측	조팝나무	6	100	37(29-48)	생장불량
	국수나무	6	83	46(29-70)	"
	개나리	13	100	51(25-91)	"

히게 나타나 보인다. 주변의 달맞이꽃(120~184cm), 쑥(82~153cm), 망초(51~69cm)등의 자연초종의 생장이 왕성하여 생장에 지장을 받는 것으로 측정된다.

기슭막이 상단부는 석축위에 돌+자갈+흙이 복토된 곳으로 토심이 얇고 건조하기 쉬워 외부로부터의 목본류의 식생도입이 어려우므로 인접초본류의 천연도입에 의한 피복을 기대하는 것이 좋을 것이다.

다. 공종별 경제성

시험에 활용한 각 녹화 공법 시험들은 기존의 철강재담상에서 실시하였기 때문에 식재상 조성을 위하여 여러 가지 재료가 많이 소요되었다. 그러나 식재상을 철강재 틀담 구조설계에 반영할 경우 식재상이 철강재 틀 담체내에 배치되기 때문에 식재상을 조성하기 위한 식재상틀(예를 들면 앵글, 합판, 그린마대 등)등, 많은 재료가 줄어들게 될 뿐 아니라 철강재 틀



기슭막이 상단부 녹화 시험지 식재목생장 상황

댐에 채워지는 자갈의 양도 줄어들게 된다. Green마대공법이 Green-top공법과 벽면걸이 녹화공법 및 댐둑마루 녹화공법에 비하여 경제적인 것으로 나타나고 있으며 기슭막이 벽면녹화시험은 가장 많은 예산이 소요되는 것으로 나타나 보이나 이 공법은 철강재 기슭막이 대용으로 활용될 수 있기 때문에 추후 세밀한 효과분석이 이루어져야 하겠다.

라. 적정녹화공법 및 유지관리

1) 적정 녹화공법

철강재 사방댐 녹화는 댐체가 반투과성으로 평상시에는 공기의 원활한 유통으로 건조하며 강우시에는 물의 통로가 되기 때문에 녹화가 어려울 뿐만 아니라 강우시 댐부위 (방수로와 최종적으로 토석으로 채워지는 대수면(對水面))에 따라 녹화가 불가능하다는 녹화부위의 제한성이라는 단점이 있으며 기반조성(식재상 조성)에 경제성이 떨어지고 시공성이 불리하다는 정도의 차이는 있겠으나 객토등 기반조성 공간을 충분히 확보할 수 있다는 장점이 있다.

때문에 녹화기반조성 공간이 극히 제한되어 있는 벽면녹화 보다는 오히려 조건이 유리하다 할 수 있다. 단지 댐체 벽면이 거의 수직에 가깝기 때문에 기반조성에 많은 부대시설(부직포, 각종 Mat 또는 Net, 철사망과 같은 토양지지 자재시설물)이 소요되고 또 그 설치기술이 개발되어야 한다.

본 연구에서는 파종시험에서는 종자부착 Mat공법은 기존 제품을 이용하였기 때문에 부착종자의 선택이 자유롭지 못하였으며 직파시

험에서도 향토재래 초목종자의 확보가 어려워 향토재래종으로 싸리, 낭아초, 새, 비수리 등의 발아율이 저조한 종자이외에는 도입초종을 이용하였기 때문에 몇몇 도입초종(Perennial ryegrass, Tall fescue, Italian ryegrass 등) 이외에는 발아상태가 고루지 못한 결과를 얻었다. 발아 상태가 양호한 도입종자들도 파종년차가 경과됨에 따라 쇠퇴현상이 발생되고(한국도로공사 1995, 한국도로공사 1997) 주위 재래식생과 조화를 이루지 못한다는 단점이 있기 때문에 추후에는 본시험에서 공시종자로 이용한 재래종자들 보다 발아율이 높고 종자확보가 용이한 재래식생을 개발할 필요가 있다. 분근 식재초종으로 산거울과 쑥의 생장이 양호하게 나타나 본 시험에서 가장 성공적이 초종으로 간주된다. 다만 쑥은 초장이 크게 자라기 때문에 타 침입초종을 피압 고사시키며 미관상으로도 별로 아름답지 못하다는 조정적인 측면에서 단점이 있다. 그러나 산거울은 초장이 길지 않고 광량(光量)요구도에 있어서 중용성으로 양지, 음지 어느쪽에서도 생활력이 강하며 경관적인 측면에서도 양호하기 때문에 철강재 사방댐 녹화용으로 산거울 분근이 가장 효과적인 초종으로 평가되며 식재상 조성(기반조성)공법으로 Green 마대공법이 Green-top공법과 벽면걸이(화분걸이) 녹화공법보다 경제적이고 효과적인 것으로 나타나고 있다. 그러나 식재상 토양두께가 얇아 건조피해가 우려되므로 식재상의 규모(객토량 또는 객토두께)를 크게하고 관수등 적절한 관리가 이루어진다면 Green-top공법과 벽면걸이 녹화공법들도 활용 가능하다고 판단된다.

2) 유지관리

녹화된 철강재사방댐의 유지관리는 식생안정 유지관리와 구조물 유지관리로 구분할수있다.

가) 식생안정 유지관리

○ 등반보조재 설치

댐둑마루 하단부식재 만경류의 등반을 위하여 등반보조재(Mat, Net류, 철골, 목재, 밧줄등)를 설치하여 준다.

○ 보식

고사목은 보식해 준다.

○ 제초 및 불량목 제거

자연천이 과정에서 타 식생을 피압할 정도로 무성하게 자라거나 물의 흐름을 방해하는 식생은 제거하여 준다.

○ 관수

벽면에 식재상을 조성하여 파식한 지역은 건조하기 쉬우므로 벽면이 완전 피복되어 녹화되기전 얼마기간 동안은 건조기에 관수하여 준다.

○ 전정

폭목 또는 필요없는 가지는 제거하여 준다.

○ 시비

생장촉진을 위하여 필요할시 추비를 실시한다.

○ 병충해 반제

병해충목에 대한 약제살포

나) 구조물 유지관리

철강재 댐에서 특히 변형(침하)되거나 파손되기 쉬운 댐둑마루, 측벽, 물받이 관리에 유의하여야 한다.

철강재 틀댐은 대부분 인가에서 떨어져 있는 산록부에 위치하고 있기 때문에 관리한다는 것은 어려운 일이다. 그러나 주위 식생으로부터 자연천이가 이루어질때까지 녹화초기에는 얼마 기간 동안은 식생유지 관리가 필요하다. 사방댐이나 구곡막이, 바닥막이 등과 같은 횡공작물이 설치되어 계상이 안정될 경우에는 황폐계단 일지라도 손쉽게 주위로부터 식생이 천이되어 녹화하게 한다(안영상등, 2003). 본 시험지에서도 댐 설치시기인 1999년에는 황폐계단이었으나 현재에는 주변으로부터 달뿌리풀, 갯버들, 개여뀌, 펜크로스(본 시험을 위하여 파종한 종자가 유실되어 계상에 발아 활착함)등으로 급속히 녹화되고 있는 것으로 미루어 본 시험지인 철강재 사방댐의 녹화도 앞으로 1~2년 후에는 완전 피복 되리라 여겨진다.



도입종자의 발아 생육상태

Tall fescue(잎이 넓은 식생)와 Italian ryegrass(잎이 좁은 식생)의 파종2년 차의 생장상태(2003. 7. 14)로 파종 1년차에 비교하여 생장이 쇠퇴되어 보인다.

○ 결 론

산지재해 방지를 위하여 점차 증가 추세에 있는 철강재 사방댐의 단점이기도 한 비 경관성을 개선하기 위하여 댐체내에 식재기반을 조성하거나 녹화공간이 부족한 도시내에서 건축물의 벽면, 각종울타리, 방음벽, 콘크리트 옹벽 등과 같은 수직적인 立面에 녹화하는 벽면녹화에서와 같이 댐체상·하단부에 식재상을 조성 녹화하는 시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 댐체벽면 녹화시험

댐체벽면 녹화방법은 식재기반(식재상)을 댐체내에 조성하여 녹화하는 방법과 댐체상단부 또는 하단부(댐체하단부사면)에 식재상을 조성하여 사면을 피복 또는 차폐하는 2가지 방법을 고려할 수 있다.

댐체 사면내에 식재기반을 조성하는 방법으로 Green top공법과 Green마대(론 생백)공법(I, II, III), 벽면걸이 녹화시험을 실시하였으며 댐체 사면 피복 또는 차폐 시험으로는 댐둑마루 녹화시험과 댐둑마루 하단부 녹화시험을 실시한바

가. Green top공법은

㉠댐체내에 식재기반조성이 가능하나 ㉡식재상의 토양두께가 얇아서(22cm)건조피해가 심하며, 파종종자의 발아상태가 고루지 못한 것이 단점이다. 또한 재래종(사방 오리나무, 비수리, 역새, 향유, 벌노랑이, 도라지등)의 발아가 도입종자에 비하여 매우 저조하므로 재래

종자의 발아촉진 및 발아율이 높은 식생으로의 전환이 요구된다.

나. Green 마대 공법(I, II, III)은

㉠댐체내에 식재기반 조성이 가능하며, ㉡건조피해도 거의 없는 것으로 나타나고 있으며, ㉢Green 마대공법(III)을 제외하면 식재 및 파종(종자부착 른생백)식생의 성장상태는 양호한 편이다.

본 공법에서 문제점으로 Green 마대공법(I)에서 부착종자(Tall fescue, Italian rygrass)의 발아상태는 처리 1차년도에는 양호하였으나 2차년도에는 전년도보다 생장이 쇠퇴 현상을 보이며(그림25) Green 마대공법(III)에서 역시 재래종인 참싸리와 들잔디의 발아상태가 저조하다는 것이다.

본 공법에서 파종종자로는 양잔디가 식재 초종으로서 산거울과 쑥이 가장 효과적이라 판단된다.

다. 벽면걸이 녹화시험은

㉠댐체내에 식재기반 조성이 가능하며 댐체에 화분걸이 형태로 부착이 가능하다. 그러나 이 공법은 댐체내에 설치할 경우 강우시 직접적으로 강우를 접하지 못하기 때문에 건조피해가 심하여 식생이 고사하기 쉽다. 식재수종으로는 인동덩굴이 효과적이다.

라. 댐 둑마루 녹화시험은

㉠댐 둑마루 댐체내에 식재기반(식재상)을 조성할 수 있으며 댐의 규모에 따라 식재상의

크기를 충분히 조정할 수 있다. 이 공법은 식재상의 토심과 길이(제방둑과 연결시키므로 Biotope를 형성할 수 있다)를 자연사면(제방둑)과 연결시킬 수 있기 때문에 식재기반이 타 공법에 비하여 유리한 조건을 가지고 있다. ㉠하수형(下垂型)녹화식생으로서 침이 가장 효과적이며 인동덩굴도 생장이 양호하였다.

주위사면의 표토를 객토로 사용하였기 때문에 주변 식생 침입이 용이하여 자연친화적이었으나 망초, 달맞이꽃, 명아주, 쑥등의 침입종이 번무하여 식재목에 피해를 주기 때문에 제거하여 주었다.

경관용으로 식재한 개나리, 조팝나무, 국수나무의 생장도 양호하였으며 환삼덩굴은 피복효과가 빨랐으나 주위 식재목을 피압고사 시키기 때문에 제거하여 주었다.

마. 댐둑마루 하단부 녹화시험은

㉠식재기반은 자연사면(제방)에 식재상 조성이 가능하다.

㉠하수형(下垂型)및 등반형(登攀型)녹화식생으로 침, 담쟁이, 등나무의 생장이 양호하며 특히 이들 수종은 식재 1년차에 비하여 2년차부터 생장이 급격히 상승세를 보이고 있어 빠른시일내에 댐체벽면이 완전 녹화되리라 확신

한다.

차폐수종으로서 노간주 나무, 조팝나무의 생장이 양호한 편이나 생장속도가 보다 빠른 버드나무류도 좋을것으로 사료된다.

2. 기슭막이(철강재 기슭막이)벽면녹화 시험

기슭막이 하단부는 수위변동구간으로 식재상의 유실피해가 우려되므로 Geo-web공법시험을 실시한바 ㉠식재상 조성이 가능하며, ㉠식재수종의 생장량도 양호하였다. 특히 갯버들, 조팝나무의 생장이 가장 양호하였으며 국수나무 생장도 양호하였다. 토양유실 방지를 위하여 식재목과 함께 식재한 쑥은 식재목에 피압되어 고사하였다.

3. 기슭막이 상단부 녹화시험

본 시험은 자연제방이 식재기반이 되기 때문에 입지조건에 따라 식재상의 조건이 결정된다. 본 시험구는 토심이 얇은 지역이어서 식재목의 생장이 왕성하지는 못하였다. 입지조건과 주변 침입식생의 활력에 따라 개체간 생장차이가 심하게 나타났으며(개나리), 국수나무, 조팝나무 생장이 다소 양호하였다.

국내외기술정보

중국서부지역 사방조림 지원사업 추진현황

최 경

한국산지환경조사연구회

1. 머리말

중국서부지역 사방조림 지원사업은 중국서부대개발 사업의 일환으로 이동사구고정등 사막화방지를 통한 생태환경개선, 수원보호림 조성을 통한 수원함양 기능개선, 인적교류를 통한 자료 및 정보교환과 다양한 처리의 사업실연을 통한 사막화방지 신 기술 개발을 위하여 1998년 11월 김대중대통령 방중시 한중 양국 공동성명에 합의하에 이루어진 사업으로 2000년도에 1, 2차 조림사업지 타당성조사를 실시하여 감숙성 백은시와 북경 밀운현, 신강성 투루판시와 내몽고 통료시등 4개지역이 사업대상지로 선정되었으며 2001년부터 5년간 5개지역 5,000천불 규모의 예산이 확정되었다(밀운저수지는 별도예산임). 그러나 M/M(minutes of meeting) 체결, 제3차 사업지 타당성조사와 사업대상지에 대한 세부사업 추진계획 협의가 늦어지는 결과로 실제 사업은 2003년부터 시작되었다고 보는 것이 타당하다. 다음 내용은 본사업의 추진경위와 KOICA(국제협력단)의 요청에 의하여 수행하여온 본 사업의 입지개황, 사업내용과 사업추진 실적에 대하여 소개코자한다.

2. 추진경위

- 1998. 11. : 김대중대통령 방중시 한·중 공동성명으로 합의
- 2000. 2. 15 : 주중대사관, 중국 서부지역 개발사업에 우리나라 참여 요청
- 2000. 3. 8 : 주중대사관, 북경 밀운저수지 수원보호림 조성사업 사전 타당성 조사 실시
- 2000. 4. 17 4. 26(10일간) : 서부지역 및 북경 밀운저수지 유역 수원보호림조성 사업 1차 타당성 조사(감숙성 백은시, 밀운저수지 유역 선정)
- 2000. 9. 14 9. 22(9일간) : 서부지역 사방조림사업 2차 타당성 조사(내몽고 통료시, 신강성 투루판시 선정)
- 2000. 10. 5 : 서부지역 사방조림사업 추진 계획 수립(외교통상부 500만불 확정)
- 2000. 10. 18 : 중국 주룽지 총리 방한 정상회담시 지원 표명(500만불)
- 2000. 12. 8 12. 27(20일간) : 사업대상지(통료시, 밀운저수지유역) 정밀조사 및 세부사업계획 수립
- 2001. 3. KOICA : 밀운저수지 수원보호림 조성사업 실시협의(R/D 체결)

- 2001. 6. KOICA : 사업현장관리자(신교승 과장) 파견
- 2001. 7. : 밀운저수지 2001년도 사업추진을 위한 입업연구원 전문가 파견
- 2002. 10. 8 10. 27(20일간) : 사업대상지(백운시, 투루판시) 정밀조사 및 세부 사업계획 수립
- 2003. 3. 6~3. 18(13일간) : 서부지역 사방조림사업 3차 타당성조사(영하회족 자치구 평라현, 귀주성 귀양시 수문현 선정)
- 2003. 8. 13~23(11일간) : 영하회족자치구 평라현, 귀주성 귀양시 수문현 정밀조사

및 세부사업 계획수립

- 2003. 12. 1~12. 10(10일간) : 감숙성 백운시 사방조림 지원사업 추진 을 위한 전문가 파견

3. 사업지와 사업규모

사업지는 3회에 걸친 타당성 조사 결과 내몽고 톈진시, 감숙성 백운시, 신장성 투루판시, 영하회족자치구 평라현과 귀주성 귀양시 수문현 등 5개 지역이 선정되었으며 이들 지역의 위치와 사업규모는 각각 지도1과 표1과 같다.



지도 1. 조림사업지 위치도

표1. 사업지별 목적과 규모

사업지	목 적	사업기간	조림면적 (ha)	사업비(천 \$)		
				계	한국측	중국측
내몽고 통료시	방풍림 조성	2001~2005	3,000	1,720	1,000	720
감숙성 백은시	방풍림, 경제림, 환경림 조성	"	1,540	2,880	1,000	1,880
신강성 투루판시	방풍림, 경제림 조성	"	1,200	1,800	1,000	800
영화회족자치구 평라현	방풍림, 경제림 조성	2003~2005	1,000	1,590	1,000	590
귀주성 귀양시 수문현	석막화방지림, 경제림 조성	2003~2005	1,300	2,000	1,000	1,000

중국에서 사막화방지를 위하여 생태환경림 조성, 수토보전림조성, 고사(固沙)림조성이라는 말을 흔히 사용하고 있다. 그러나 이말은 광의의 뜻이며 구체화 할 경우 사업의 목적이 방풍림조성과 경제림조성(농경림, 목초지 조성도 포함될수 있음), 환경림조성 등으로 좁혀질수 있다.

감숙성 백은시 조림사업구는 구릉지 조림면적이 많고 국도, 지방도를 따른지역이 많기 때문에 환경림조성 목적이 큰 것으로 고려된다. 신강성 투루판시의 사업기간이 2001년부터 2005년까지 되어 있으나 2002년도 10월에 정밀조사가 이루어져서 실제 사업기간은 2003년부터가 타당하다.

4. 사업지별 임지개황과 사업내용

가. 내몽고 통료시

- 1) 사업명 : 임업생태환경 개선사업
- 2) 사업장소 : 내몽고 자치구 통료시 과좌중기(Horqin 沙地의 중심부)지구로 주일하, 회백화, 화호석 3개 지역으로 구분되어 있다.
- 3) 사업지 임지개황

가) 기후

이지역은 온대 대륙성 계절풍기후로 온대반 건조지역(temperate semi-arid region)에 속하며 연평균 강수량은 340~430mm로 주로 6~8월에 집중되어 있다. 연 증발산량은 2,000mm(강수량의 5~7배)이며 연평균기온은 5.5~6.5℃(최고 36℃, 최저 -25℃)이다.

연 평균풍속은 3.4~4.4m/s이며 지하수위는 3~10m로 지표수, 지하수자원이 풍부하다. 바람이 많아서(초속 18m이상 강풍이 연 25~40일 발생) 황사현상을 일으킨다.

나) 지질 및 모암

이지역은 홍적기에 생성된 미고결 충적층이 융기되어 이루어진 沙地이며 그하부는 신생대 제3기층, 중생대 백악기, 쥐라기 지층이 분포하고 있으며 풍적층으로 되어 있다.

다) 지형

이지역은 표고 180~212m로 대부분이 평탄지와 국소적으로 크고 작은 사구(砂丘)가 분포하고 있으며 일부지역은 이동사지를 형성하고 있다. 사업지 주변에 사료허, 신카이허, 우리지

무전허등 3개의 강이 통과하고 있다.

라) 토양

풍사토(고정, 반고정 및 이동 풍사토)로 모래함량이 90%내외의 사토(S), 또는 양질사토(LS)가 대부분이며 토층은 매우 깊다. 토양산도는 6.7~8.8로 대부분 알칼리성토양이며 대부분 지역이 유기물함량이 1.0%이하의 척박한 토양이다. 토양중에 석력이 없으며 가비중이 1.36~1.61g/cm³로 높다.

4) 사업내용

가) 기본사업

(1) 조림작업

(가) 면적 : 3,000ha

- 망림대 : 1,438ha
- 편림대(파종조림) : 1,272(45)ha
- 주림대 : 290ha

(나) 정지 및 조림방법

- 트랙터 부착 부착기계조림 : 대부분 지역으로 식혈, 식재, 관수, 진압, 복토의 일괄처리
- 인공조림 : 기계식재가 불가능한 급경사지 또는 기복이 심한 곳에서 실시
- 직파조림 : 화호석 편림대 조성지(10개소)중 관목식재지에 적용

(다) 조림수종

- 조림수종은 백양나무, 골담초, 보리수, 장자송

(2) 기초시설

(가) 관정설치 : 300개소(관정깊이 60m이상, 취수량 60ton/일/개소)

(나) 보호망설치 : 92,300m

(다) 작업로

나) 실연사업

(1) 비닐피복시험 : 6,372m(17.0ha)

- 공시수종 : 장자송
- 처리방법 : 단목피복, 식재열 피복

(2) 토양보습제시험 : 7,350본, 7,400kg(15ha)

- 공시수종 : 백양나무 (식재망(網)당 폭 100m, 2구역)
- 처리방법 : 1주당 개량제 1kg(토양보습제 30g함유)사용

(3) 토양개량제시험 : 11,650본(12ha)

- 공시수종 : 백양나무
- 처리내용 : 1주당 토양개량제 1kg사용

(4) 항공파종시험 : 200ha(2개지역)

- 공시수종 : 골담초, 보리수나무, 초류종자

나. 감숙성 백은시

1) 사업명 : 환경녹화사업

2) 사업장소 : 감숙성 백은시 평라현

3) 사업지 입지개황

가) 기후

이 지역은 대륙성기후에 속하여 남에서 북으로 갈수록 반 습윤기후구에서 점차 반 건조, 건조기후구로 변화한다. 연평균 강우량은 254.7mm이며 연 증발산량은 2,196.9mm(강수량의 8.6배)이며 연 평균풍속은 2.1m/sec으로 북풍이 주로 불고있다. 지하수위가 깊어서 황하강으로부터 물을 끌어와 관개수로 활용하는 지역

이다.

나) 지질 및 모암

이 지역은 신생대 제4기의 미고결 퇴적암류와 중생대 백악기의 퇴적암류 및 원생대의 변성암류가 분포한다. 신생대 제4기의 퇴적암류로는 충적황토상(沖積黃土狀)의 미사질토로 되어있으며 중생대 백악기의 퇴적암류로는 미홍색, 황갈색, 벽돌색(홍색)의 중 세립질 사암으로 되어 있다. 이들 퇴적암류에는 모두 화석류가 발견되고 있다.

다) 지형

지형은 서북부가 높고 동남부가 낮으며 사방이 산으로 둘러쌓여 있다. 완구릉지, 구릉지, 산간분지 등으로 구분되며 평균해발고도는 평균 1600m(1530~1900m)에 이른다. 경사로는 평탄지에서 급경사지(35°이상)까지 다양하게 분포하고 있다.

라) 토양

이 지역의 토양은 석질토와 적색토(홍토), 검은마로토(黑色麻礫土), 황면토(黃綿土), 회색칼슘토와 풍사토 등이 분포하는데 주로 회색칼슘토양(82.2%)으로 되어있다. 토성은 미사질양토(SiL)가 대부분으로 매우 건조하며 토양투수성이 불량하다. 토층은 지역에 따라 깊은지역(1m이상)과 얇은지역이 있으며 토양산도는 8.2~9.0까지 약 알카리에서 강 알카리성으로 분포하며 유기물함량과 유효인산함량이 매우 낮은 척박한 토양이다. 석력함량은 미 고결역암

지역에서는 많이 분포하나 황토상(黃土狀) 토양에서는 전무하다.

4) 사업내용

가) 기본사업

(1) 조림작업

(가) 면적 : 1,540ha

- 루방구(樓房溝) : 331ha
- 적가대(狄家臺) : 170ha
- 조지구서(弔地溝西) : 589ha
- 조지구동(弔地溝東) : 270ha
- 정자구(井子溝) : 180ha

(나) 정지(整地) 및 조림방법

- 정지방식은 주로 대상정지(帶狀整地)방식으로 수평대(水平帶) 정지방식과 수평구(水平溝)정지방식을 이용하며 피상정지 방식으로는 소괴상(小塊狀)정지방식과 어린갱(魚鱗坑)정지방식을 이용하고 있다.
- 조림방법은 인공식재 위주이다.

(다) 조림수종

- 조림수종은 측백나무, 백양나무, 아까시나무, 살구나무, 대추나무, 가중나무, 좁골담초, 팔배나무, 사막보리수, 홍류, 족제비싸리 등 11개수종.

(2) 기초시설

주 관개시설인 송수관, 전기시설등은 중국측에서 부담

나) 실연사업

(1) 토양개량제시험(8ha)

- 공시수종 : 아까시나무, 측백, 백양나무, 살구나무, 좀 골담초
- 처리방법 :
 - 토양개량제 및 UF완효성 비료 처리구 : 2ha
 - 토양개량제 처리구(Bio-gro soil I : 구덩이당1):2ha
 - UF완효성 비료 처리구(구덩이당 100g) : 2ha
 - 대조구 : 2ha

(2) 피복재시험(4ha)

- 공시수종 : 아까시나무, 측백, 백양나무, 살구나무, 좀 골담초
- 처리방법 :
 - 피복재처리구(AT-240G) : 2ha
 - 무 처리구 : 2ha

다. 신강성 투루판시

- 1) 사업명 : 고사(固沙)조립사업
- 2) 사업장소 : 신강 위구루자치구 투루판시 애정호향, 야얼향, 차특 칼허향 3개향의 농업구 지역

3) 사업지 입지 개황

가) 기후

이 지역은 전형적인 대륙성 온대 황막기후에 속하며 연 평균강수량은 38mm(투루판시 16.6mm)이고 증발산량은 2,837.8mm(강수량의 약75배)이다. 연 평균기온은 13.9℃(최고 49.3℃, 최저기온 -28.6℃)이며 바람은 주로 서북풍으로 8급이상 바람이 년 평균 31회이다. 4~6월에 집중분포하며 최대풍속은 초당 40m가

초과하며 풍사피해로 매년 투루판시에서 1천만원(元화) 이상의 경제손실을 보고있다. 지하수위는 10m정도로 지하에 상수공급원으로 칼징(塹兒井 ; Karez)이 있다.

나) 지질 및 모암

이 지역은 신생계의 2급 臺地 충적황토와 중생대 백악계의 퇴적암지대로 사암, 역암, 점토암이 분포한다.

다) 지형

이 지역은 세계에서 가장 낮은 저지대(애정호는 해발 -154m)로 북쪽이 높고 남쪽이 낮으며 서부가 높고 동부가 낮은 지형으로 기복량이 적은 평탄지에 가깝다. 지모는 평절형(平切形) 유동사지 유형이며 일부지역은 풍식아단지모(風蝕雅丹地貌)이다. 풍식이 심하여 풍식구덩이도 크고 많으며 사구 및 작은사구가 많은 5°미만의 평탄지이다.

라) 토양

이지역 토양은 경질의 풍사토와 갈색황막토로 풍식이 심하며(1년에 4~5cm정도 풍적층이 형성되기도함) 미사와 점토분은 날아가고 모래와 자갈이 쌓인 자갈층이 많다. 토성은 양토(L), 사토(S), 미사토(Sil), 양질사토(LS)로 지역에 따라 차이가 심하며 토층은 매우 깊다. 토양산도는 8.1~9.6으로 알칼리성이며 유기물함량은 1%미만으로 척박한 토양이다. 토양중 석력함량이 20~30%로 높고 가비중은 1.2~1.5g/cm³로 높은편이며 토양이 매우 건조하고

단단하다(건고도 2.5~3.5kg/cm³)

4) 사업내용

가) 기본사업

(1) 조림작업

(가) 면적 : 1,200ha

- 사괴조 : 592ha
- 사사(梭梭) : 552ha
- 대추나무 : 32ha
- 포도나무 : 14ha
- 호양 : 4ha
- 사막대추 : 4ha
- 살구나무 : 2ha

※ 쥐과나무 및 낙타가시나무는 하층지표 식재

(나) 정지 및 조림방법

- 조림전년도 늦가을(9~11월)에 트랙터로 정지작업 및 고랑파기(開溝)작업을 실시한후 10월~11월에 관수(冬灌)한다.

(다) 조림수종

- 사괴조, 사사(梭梭), 대추나무, 포도나무, 호양, 사막대추, 살구나무

(2) 기초시설

(가) 관정(우물) : 3개소(지하 150m)

(나) 관개수로 설치

- 주 수로 : 15km(폭1.5m, 깊이 1.0m)
- 부 수로 : 24km(폭1.0m, 깊이 0.8m)

(다) 임도

- 주 임도 : 15km(폭 8m)
- 부 임도 : 26km(폭 4m)

(라) 관리실 : 벽돌건물 100m²

나) 실연사업

(1) 토양개량제 시험(15ha)

- 공시수종 : 사사(梭梭), 사괴조(沙拐棗)
- 처리내용 :
 - 개량제 처리구(37.5ton)
 - 무처리구

라. 영화회족 자치구 평라현

1) 사업명 : 영하 평라현 황하 생태림 조성사업

2) 사업장소 : 영화회족자치구 평라현 통북향, 오향향, 육중향, 거구향, 두갑진, 양사향 등 6개 향,진과 접한 지역

3) 사업지 개황

가) 기후

이 지역은 전형적인 대륙성기후로 온대 건조 사막지구에 속하며 연 평균강수량은 176mm(160~200mm)이고 주로 7,8,9월에 집중되어 있다. 연 증발산량은 1,755mm~2,329mm로 강수량의 10~13배에 이르며 연 평균 기온은 8.3℃(최고기온 37.9℃, 최저기온 -28℃)이다. 태풍, 모래바람의 피해가 심하며 해마다 태풍이 부는 횟수가 60여회에 이르며 매년 황사에 묻히는 곡식은 670ha에 이른다. 사업지 주위에 황화강이 흐르고 있어 지하수위는 1m내외로 지하수 자원이 풍부한 편이다.

나) 지질 및 모암

평라현의 지질은 신생대 제4기의 충적층, 풍적층, 호적소택층 등 대부분이 퇴적기원의 퇴적암으로 구성되어 있으며 사업대상지는 전지

역이 하성(河成) 층적층으로 토층이 깊다.

다) 지형

사업대상지는 표고 1,100m 내외로 기복량이 1~2m에 지나지 않는 평탄한 지역이다. 현재 옥수수, 밀 또는 해바라기를 재배하거나 목초지로 활용하고 있는 하만탄지(河蔓灘地)의 고정 및 반고정 사지이다.

라) 토양

사업대상지의 토양모재는 신생대 4기의 충적물로부터 유래된 천색 초전토(淺色 草甸土)로 연한색의 방목지 토양유형에 속한다. 토층이 깊고 토성은 미사질양토가 대부분으로 점토와 미사함량이 비교적 많아서 배수가 불량하다. 토양산도는 8.6~9.3으로 강 알칼리성이며 유기물 함량과 유효인산 함량이 매우 낮은 척박한 토양이다.

토양중에 석력함량이 전무한 편이며 가비중은 1.3~1.6g/cm³으로 높은 편이다.

4) 사업내용

가) 기본사업

(1) 조립작업

(가) 면적 : 1,000ha

- 북경버들(실생묘) : 417ha
- 북경버들(삼목묘) : 192ha
- 족제비싸리 : 122ha
- 사막보리수 : 45ha
- 구기자 : 56ha
- 목초(자주개자리) : 168ha

(나) 정지 및 조립방법

- 얕은 수평구 정지
- 인공식재 및 삼목묘 조립
- 인공파종(자주개자리)

(다) 조립수종

북경버들, 족제비싸리, 사막보리수, 구기자

(2) 기초시설

(가) 작업로 신설 : 16km(폭 6m, 높이 60cm)

(나) 수로 설치 : 121km

- 작은수로(斗渠) : 21km(밑너비 1.0m, 윗너비 1.75m, 높이 1.2m)
- 농수로(農渠) : 100km(밑너비 0.5m, 윗너비 1.0m, 높이 1.0m)

(다) 교량설치 : 221좌

(라) 펌프설치 : 13좌

(마) 관리보호소 설치 : 340m²

(바) · 농용수로 수문설치 : 84개소(개구 0.3m)

나) 실연사업(10ha)

(1) 토양개량제 시험(8ha)

- 공시수종 : 북경버들, 구기자
- 처리방법
 - 토양개량제 및 UF 완효성 비료처리구 : 2ha
 - 토양개량제 처리구 : 2ha
 - 완효성 비료처리구 : 2ha
 - 무처리구 : 2ha

(2) 피복제 시험(4ha)

- 공시수종 : 북경버들, 구기자

· 처리방법

-제초 sheet 처리구 : 2ha

-무처리구 : 2ha

마. 귀주성 귀양시 수문현

- 1) 사업명 : 귀주성 귀양시 수문현 석질 황막 화토지 조림녹화사업
- 2) 사업장소 : 귀양시 수문현 서부 육광진, 대석량, 소청향, 사평향 등 4개 향, 진에 분포
- 3) 사업지 입지개황

가) 기후

이 지역 기후는 중 아열대 습윤기후에 속하며 강우량이 많고 기온이 높다. 년 강우량은 1,235mm이고 연 평균기온은 12.6℃로 년10℃ 이상의 기온을 보인다. 지형과 위도의 영향으로 기후의 수직변화가 수평변 화보다 심하여 해발고도에 따라 아열대에서 온대의 선명한 입지기후 특성을 보인다.

나) 지질 및 모암

석회암이 주로 분포하여 카르스트(karst) 지형을 이루며 탄산염암류 석영사암, 판암, 현무암이 분포한다. 바위가 많이 노출되어 있다.

다) 지형

지형이 복잡하며 평균해발 1,250m(최고해발 1,607m, 최저해발 666m)이고 구릉지에서 산악지까지 다양하게 분포한다.

상대해발고(기복량)은 300m내외로 나타나며 경사도는 완만한 지역 에서 급경사에 이르기까지 다양하다.

라) 토양

탄산염암류와 사암, 석회암등 풍화침전물로 이루어진 토양은 황양, 황중양, 홍양, 석회암토양인 자색토 등이 출현하고 있다.

토층이 매우 얇으며 토양이 단단하고 척박하며 침식이 심하게 발생되고 있다. 토양산도는 6.5~8.0으로 알칼리성이며 토성은 미사질 양토(SiL)내지 미사질식양토(SicL)로 점토성분이 많아서 투수성과 공극량이 불량하여 건조하기 쉽다.

4) 사업내용

가) 기본사업

(1) 조림작업

(가) 면적 : 1,300ha

- 백운질사 석산지 : 100ha
- 반 석산지 : 146.6ha
- karst관충지 : 204.5ha
- 석막화 경지 : 705.7ha
- 잠재석막화 경지 : 143.2ha

(나) 정지 및 조림방법

- 정지방식은 등고선구 공법
- 조림방법은 토지유형별로 달리하여 다음과 같이 식재한다.
- 백운질사 석산지 : 용기묘 식재
- 반 석산지와 karst관충지 : 실생묘 (1~2년)
- 석막화 경지 : 실생묘와 산목묘(근원경 1.0cm이상)
- 잠재석막화 경지 : 접목묘(호접구경 1.2cm이상)

(다) 조림수종

주요조림수종은 5개의 토지유형별로 구분 조림한다.

- 백운질사 석산지 : 아까시나무, 편백, 측백, 온남백, 백목
- 반 석산지 : 야생대추, 아까시나무, 고런, 가증나무, 유동
- karst관충지 : 갈참나무, 굴참나무, 상수리, 야생대추, 개오동, 마미송, 화산송
- 석막화 경지 : 산초나무, 금은화, 고정차나무, 은남백
- 잠재석막화 경지 : 금은화, 호두나무, 배나무, 대추나무, 자두나무, 감나무, 복사나무

(2) 기초시설

(가) 저수조 : 300개소(관개수용) 25m³용량

(나) 매탄가스조(연료 대체용) 설치 : 100개소(100호)

나) 실연사업

(1) 토양개량제 시험(9ha)

- 공시수종 : 측백, 온남백, 고정차, 금은화, 호도, 배, 대추나무 등 21,820주
- 처리방법
 - 개량제처리구(1주에 1.0~1.5kg시용) : 6ha(석막화 경지, 백운질사 석산지 잠재석막화 경지 각 2ha)
 - 무처리구 : 3ha

(2) 식생대(그린마데) 공법시험(3ha)

- 공시수종 : 측백, 온남백, 고정차, 금은화, 호도, 배, 대추나무 등

· 처리방법

-식생대공법구 : 2ha

-무처리구 : 1ha

5. 현재까지의 사업 추진실적

가. 조림 및 실연사업 실적

· 감숙성 백은시는 2000년 4월 제 1차 타당성 조사결과 사업지로 선정되었으며 정밀조사에 의한 세부계획수립과 R/D(Record of Discussion) 체결이 2002년 말에 이루어져서 “한국 전문가”가 사업에 참여하게 된 것은 2003년부터이나 중국측에서는 2001년부터 조림사업을 착수하여 왔다 하여 KOICA측에서 이를 인정한 상태로 사업이 추진되고 있는 실정이다.

2003년 12월 최초로 사업추진현황 점검을 위하여 현지에 출장 조사한 결과 임목생장 상황은 비교적 양호한 상태이었으나 식재묘목규격, 식재지누락, 식재목의 배치(수종배치) 및 관리상의 문제점이 지적된 바 있다.

· 내몽고 톡토시는 2000년 9월 사업대상지로 선정되었고 당년 12월에 세부추진계획이 수립되었으나 M/M(Minutes of Meeting) 체결이 늦어졌다. 그러나 중국측에서 조림사업은 2001년부터 착수하여 M/M 체결시에는 이미 883ha에서 조림이 이루어져 2002년 10월 사업점검시 조림방법(기계화조림, 관정설치등)과 식재목 규격상에 문제점이 지적된 바 있다.

또한 “실연시험”도 2000년 세부추진계획 수립시 전술한 바와 같이 “비닐 피복시험”, “토양보습제 시험”, “토양개량제시험”, “항공파종

표2. 2004년 2월 현재 사업실적

사 업 지	사업실적(ha)		비 고
	기본사업(조림사업)	실연사업	
내몽고 톈진시	1,446(48%)		2001년:292ha, 2002년:595ha 2003년:558ha조림
감숙성 백은시	820(53%)	추진중	2001년:150ha, 2002년:240ha 2003년:430ha조림
신강성 투루판시	400(33%)	추진중	2003년 400ha조림
영화회족자치구 평라현	추진중	추진중	2004년 조림예정
귀주성 귀양시 수문현	추진중	추진중	2004년 조림예정

※ ()내 숫자는 사업진척률(%)

시험” 등이 계획되어 있었으나 그후 무슨 이유에서인지 누락되어서 현재로서는 실시하지 않는 것으로 되어 있는 실정이다.

표2에서 보는 바와 같이 신강성 투루판시는 공식적으로는 2001년부터 사업이 시작된 것으로 되어있으나 사업지 타당성조사, M/M(minutes of meeting)체결, 현지정밀조사의 지연으로 인하여 실제사업은 2003년부터 시작되었으며 영화회족자치구 평라현과 귀주성 귀양시 수

문현은 2004년부터 조림이 계획되어 있어 사업진척이 매우 저조한 실정이다.

나. 식재목의 생장상태

다음 표3은 감숙성 백은시에서 2003년 12월에 조림목의 생장상황을 조사한 결과표이다. 조사시기가 겨울철이라 조사의 정확도가 낮을 것으로 고려되나 비교적 좋은 활착률과 생장량을 보이고 있다.

표 3. 조림년도별 지역별 식재수종의 생장량

년도별	지역별	수종별	활착률(%)	간장(cm)	편차(cm)	신초생장(cm)	편차(cm)
2003	A	아까시	89	240.9	56.2	125.4	38.5
		살구	70	116.8	25.4	36.7	20.5
		좁골담초	88	56.3	17.2	36.1	15.7
	B	살구	90	127.6	35.5	56.4	23.3
		측백	91	93.6	18.0	17.5	6.9
		족제비싸리	86	76.9	28.0	51.6	23.6
		사막보리수	94	104.4	30.1	56.9	22.8
		대추	94	96.2	24.1	62.1	22.3
	C	아까시	91	180.9	70.2	96.7	42.0
		백양	86	270.1	62.4	64.0	33.2
	E	대추	90	50.2	10.4	26.3	13.7
		홍류	97	71.6	24.8	14.5	10.5

년도별	지역별	수종별	활착률(%)	간장(cm)	편차(cm)	신초생장(cm)	편차(cm)
2002	A	야생살구	90	196.6	42.1	60.9	28.0
		아까시	96	298.3	78.4	116.5	50.9
		측백	97	155.9	47.6	32.4	10.6
		팔배나무	98	187.9	50.5	66.5	30.2
		백양	98	414.7	60.0	104.1	29.2
	D	아까시	93	214.8	61.2	97.4	30.4
2001	A	측백	96	197.9	43.2	44.9	13.4
		백양	96	496.8	89.4	126.1	25.8
		살구	91	263.2	49.4	70.3	20.5
	B	홍류	88	173.5	36.7	48.6	15.5
		사막보리수	92	223.9	66.0	84.5	31.7
		아까시	92	329.2	89.6	93.0	34.1
		백양	90	438.8	89.8	139.8	31.9
		측백	90	152.4	41.8	37.9	15.0

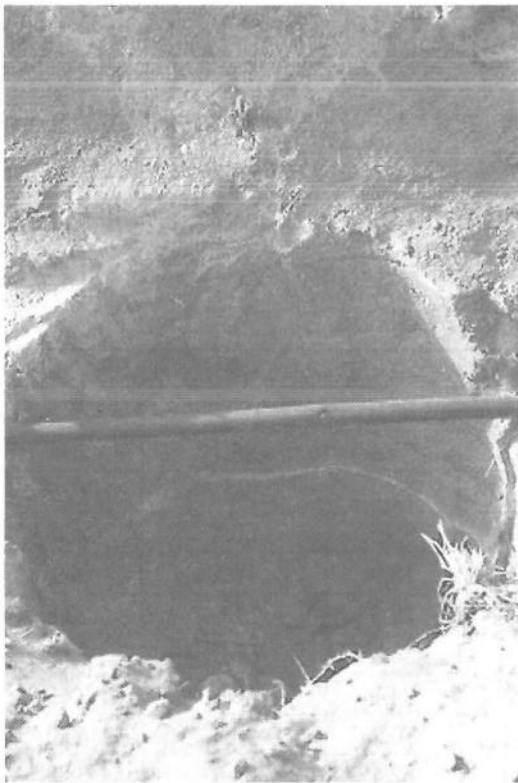


사진 1. 적관(滴灌)관개시설 근경
(튜브에 구멍을 뚫어 물이 점점이 떨어지게 되어있다.)



사진 2. 적관 관개시설 설치구 전경

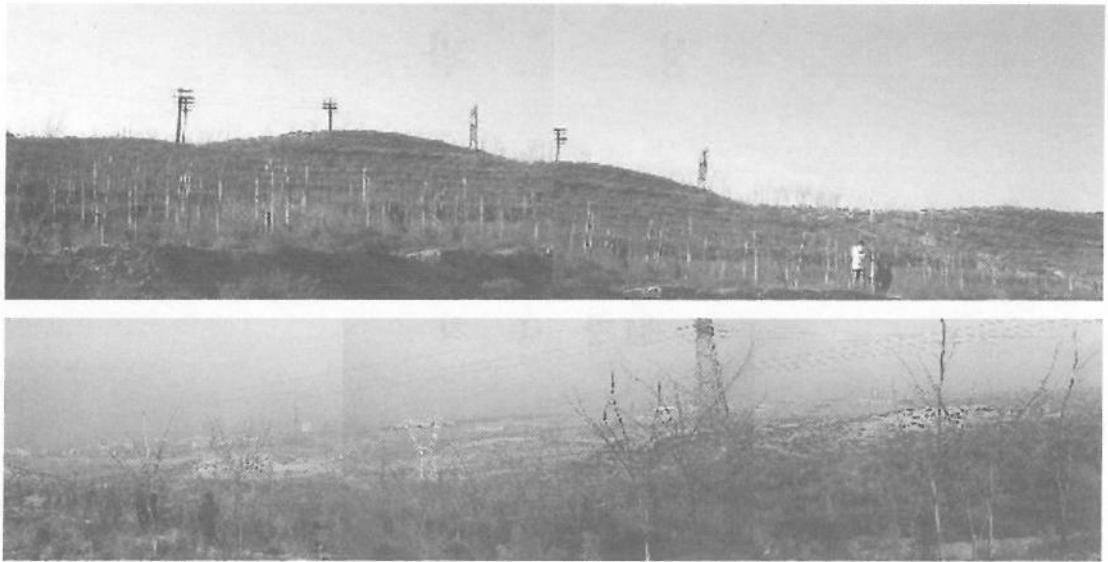


사진 3. 2002년 조림지 전경
(백양나무, 아까시나무 및 측백나무 조림지)

6. 맺는말

지금까지 중국서부지역 사방조림 지원사업의 입지개황과 사업추진상황에 대하여 검토하여 보았다.

사업지의 입지여건으로 보았을때 사업에 어려운 지역임에는 틀림이 없으나 현재까지의 여러정황으로 미루어 성공가능성이 높다는 확신은 있다.

그러나 사업추진 실적으로 미루어 볼때 당초 계획과는 많은 차이를 보이고 있다. 사업기간

5년중 3년이 이미 흘러갔는데 추진실적은 50%에도 훨씬 미치지 못하고 있다. 또한 관리상의 문제와 사업의 질 자체에도 문제가 있다고 본다. 국제협력단(KOICA)과 전문가가 긴밀한 협조체제하에 사업이 추진되어야 하는데 현 체제하에서는 그렇게 할수 없었다는 것이 그 가장 큰 이유로 들을 수 있다.

KOICA는 앞으로의 보다 효과적인 사업수행을 위하여 여러사람들의 전문가들이 사업현장에서 충분히 지도·감독할 수 있도록 시간과 예산을 배려하는 것이 중요하다고 판단된다.

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) 본 회는 사단법인 한국산지환경조사연구회 (이하“본회”)라 한다.

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

제3조(사업) 본 회는 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) 본 회의 주사무소는 경기도 남양주시 진접읍에 두고 필요에 따라 서울특별시 및 시, 도에 지회를 둘 수 있다.

제2장 회 원

제5조(회원자격) 본 회의 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 이사회회의 의결을 거쳐 이 조사연구회의 기본 자산으로 적립한다.

제20조(회계년도) 본 회의 회계년도는 정부의 회계년도에 준한다.

제21조(예산편성) 회장은 사업년도 초에 사업계획서와 예산을 편성하여 이사회회의 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, 김태옥, 박순조
- 회 장 : 유택규
- 부 회 장 : 김규현
- 상임이사 : 안병영, 김정환, 연정수
- 이 사 : 이원규, 손요환, 이창석, 권상원, 이명종, 박재인, 김재수, 최 경, 마호섭, 송장호
정진현, 오종환, 홍인표, 이천용, 박승중, 박재순, 임용호, 곽준일, 박동근, 원현기
- 감 사 : 장영기

회원

강창호, 구교상, 구창덕, 김경하, 김교수, 김도경, 김인호, 김철수, 김춘식, 박관수, 박남창, 박정신, 박종봉, 박지두, 배상원, 변재경, 서수안, 서호석, 신상철, 심경용, 심우범, 안경모, 어윤갑, 원형규, 윤호중, 이시영, 이종학, 이충화, 이태수, 정영호, 조용철, 조현제, 홍한표, (33명)

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 당산동5가 당산삼성레미안 412-1902	(02)2677-3926
"	李鎭珪	전 임업연구원 부장	경기 구리시 수색동 수색주공아파트 103-1006	(031)556-1765
"	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 1차 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
"	權翔遠	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
- 2004. 2. 23 제8차 정기총회 개최

1996년 ~ 2003년 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) : 201,243ha
- 국유림 잡종재산 실태조사 : 2,877필지
- 철강재사방댐 녹화 시험연구 : 1건
- 산림훼손 허가 예정지 입목축적조사 : 12건
- 산지환경회지 발간 : 6호

2004년 사업계획

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ○ 영림계획편성(산림조사) : 30,000ha | ○ 광릉시험림의 소나무림 입지환경조사 : 1건 |
| ○ 산림훼손허가 예정지 입목축적조사 : 15건 | ○ 제주도난대시험림의 입지환경조사 : 1건 |
| ○ 산지환경회지 발간 : 7호 | ○ 중국서부지역 조림사업지 조사 : 2건 |

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, 이천용, 정진현

안병영, 연정수, 최 경

1. 關於「臺灣省教育廳」之設立，係由蔣中正總統於民國三十四年（一九四五年）九月間，在重慶發表談話，主張應設臺灣省教育廳，以統籌全省教育行政。此後，行政院遂於民國三十五年（一九四六年）一月間，正式頒布臺灣省教育廳之組織規程，並任命蔣經國為首任廳長。此舉不僅標誌著臺灣省教育行政之獨立，亦為後續各項教育政策之推行奠定了基礎。

2. 在蔣經國擔任首任廳長期間，其治臺政策以「教育救國」為核心理念，強調透過教育之普及與提升，以促進臺灣社會之現代化與民主化。他積極推動各項教育設施之建設，並致力於提高教師之素質與待遇，以確保教育品質之提升。此外，他亦重視學生之品德教育，強調愛國精神與社會責任感之培養，為臺灣社會之長遠發展奠定了堅實之基礎。

山地環境

第七號

發行人 編輯人 柳澤圭 2004年 4月 印刷

2004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

E-mail: ipji7387@hanmail.net

印 刷 삼정인쇄공사 ☎ (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

E-mail : ipji7387@hanmail.net