

第三號

2000

ISSN-1226-8321

山地環境

특 집

• 21세기 임업과학의 전망

• 영월댐이 하류 수질환경에 미치는 영향

社團
法人

韓國山地環境調查研究會

KOREAN SOCIETY OF FOREST
ENVIRONMENT RESEARCH

山地環境

○○○

第三號

韓國山地環境調查研究會

第4回 定期總會 開催

일시 : 2000年 2月 25日

장소 : 한국산지환경조사연구회 회의실



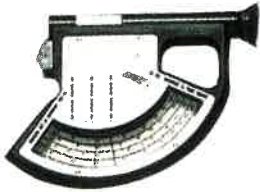
▲ 2000년도 사업계획(안)과 예산(안)을 의결하였다.



▲ 신임 이사의 임명장 수여

산림조사장비

브르메 라이스 측고기



용 도	수고 및 경사도 측정
규 격	15×13cm
제작국	독일

생 장 추



용 도	연륜조사
규 격	20~30cm용
제작국	스웨덴, 일본

경 사 계



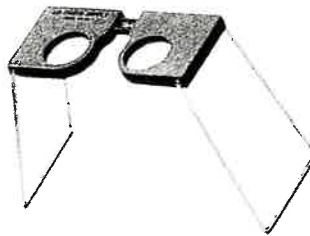
용 도	경사도 및 방위측정
크 기	110×60×15mm
무 게	165g
특 징	반사경 부착
제작국	일본

스파텔 라타 스코프 Relaskop



용 도	수평거리, 수고측정, 홍고단면적, 경사도측정
크 기	6.5×13.5cm
제작국	Austria

휴대용 실체경



용 도	항공사진판독
크 기	66×114mm
간 격	54mm

투 시 대



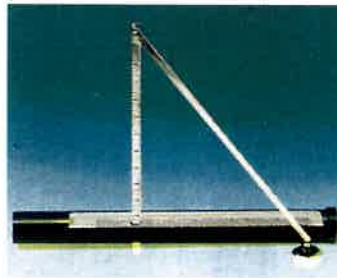
용 도	지도나 도형설계도 복제
크 기	45×60cm
전 원	200w×2(별도규격 주문제작)

하가 측고기 Haga



용 도	수고측정
규 격	14.5×20cm

와야제 측고기



용 도	수목등의 높이측정
측정범위	10~46m

순토 크리노메타 Clinometer



용 도	경사도 및 수고측정
제작국	핀란드(SUUNTO)



임업장비 종합메이커
유 비 물 산(주)
 서울특별시 종로구 종로6가 12-24

전 화 : 762-8588~9, 745-8588~9
 F A X : 742-5871
 수신자부담 : 080-023-8588

山林立地調査 擔當者 WORKSHOP

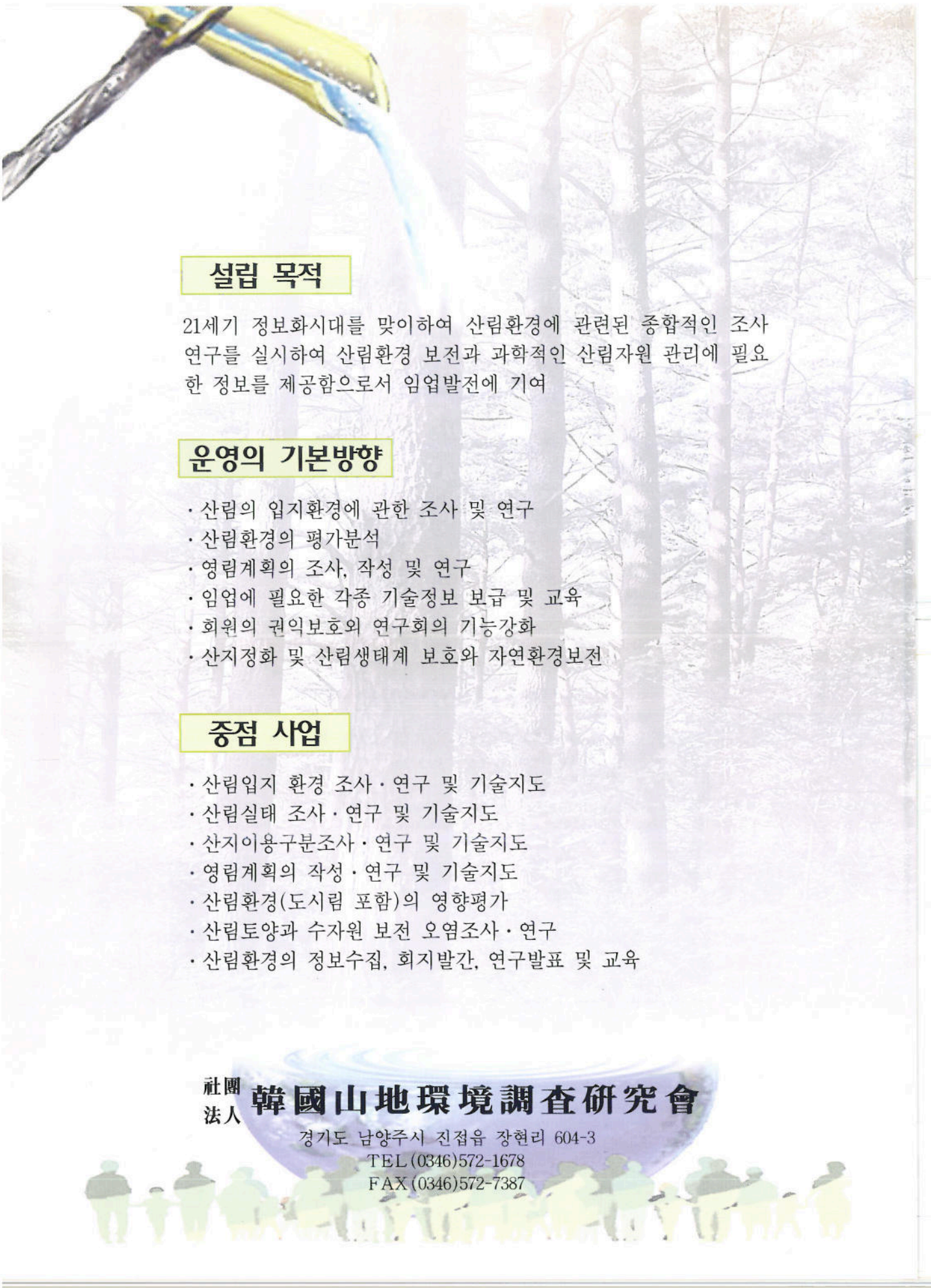


▲ 제주도 제주시 봉계동

WORKSHOP 現地 實習



▲ 제주도 북제주군 구좌읍 평대리(비자림)



설립 목적

21세기 정보화시대를 맞이하여 산림환경에 관련된 종합적인 조사 연구를 실시하여 산림환경 보전과 과학적인 산림자원 관리에 필요한 정보를 제공함으로써 임업발전에 기여

운영의 기본방향

- 산림의 입지환경에 관한 조사 및 연구
- 산림환경의 평가분석
- 영림계획의 조사, 작성 및 연구
- 임업에 필요한 각종 기술정보 보급 및 교육
- 회원의 권익보호와 연구회의 기능강화
- 산지정화 및 산림생태계 보호와 자연환경보전

중점 사업

- 산림입지 환경 조사·연구 및 기술지도
- 산림실태 조사·연구 및 기술지도
- 산지이용구분조사·연구 및 기술지도
- 영림계획의 작성·연구 및 기술지도
- 산림환경(도시림 포함)의 영향평가
- 산림토양과 수자원 보전 오염조사·연구
- 산림환경의 정보수집, 회지발간, 연구발표 및 교육

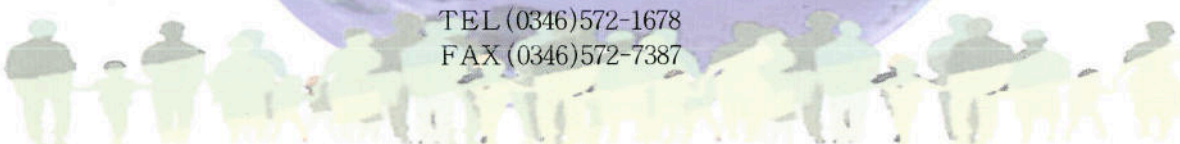
社團
法人

韓國山地環境調查研究會

경기도 남양주시 진접읍 장현리 604-3

TEL (0346) 572-1678

FAX (0346) 572-7387



차례

머리말

김태옥

논 단

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

특 집

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

입지환경

생태미술포 조성관리(1)	구교상 / 54
송이 증산을 위한 입지환경	김재수 · 구창덕 / 60
자생식물을 이용한 임도비탈면 복원	박완근 / 65
지구환경오염을 말한다(II)	이충화 / 73

국내외 기술정보

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

정 관

/ 108

회원 명단 및 임원 주소록

/ 114

題 字 : 石溪 韓昌禹
韓國美協元老作家
表紙寫眞 : 光陵試驗林

山林立地調査 光景



▲ 土壌断面 調査(江原道 洪川郡 瑞石面 筭谷面)



▲ 林況 調査

머 리 말

희망찬 새천년을 맞이 했습니다. 21세기는 “디지털” 세기 라고도 합니다. 산림과학도 각 분야에서 첨단화에 이르고 있으며 새로운 정보문화가 활발하게 창출되는등 눈부신 발전을 거듭하고 있습니다. 앞으로 장족의 임업발전을 확신해 마지 않으며 더불어 쾌적하고 생산적인 산지환경을 기대해 봅니다.

생산적인 산지환경! 그것은 바로 적정한 산림시업을 꾸준히 실행하므로서 얻어지는 임업기술의 산물인 것입니다. 갱신을 비롯해서 육림 산림토목등이 임업고유의 산림시업 기술에 속합니다. 산은 경영 목적에 맞게 잘 가꾸어야 생산성도 높아지고 환경도 좋아 진다는, 이러한 사실은 차라리 자연의 진리라고 해야 될 것 같습니다. 요즘 일부 환경보존론에 편중된 시각을 바로잡고 이해를 촉구하고 싶은 마음에서 새삼스럽게 임업기술의 특이성을 언급했습니다.

실인즉 개발과 보존 양대 틈새에서 우리나라 산지의 앞날은 그리 순탄치만은 않을 것 같습니다. 날로 급변해 가는 도시화와 산업화 과정에서 650만ha의 산림은 어느 위치에 서서 어떻게 제몫을 해내야 하는 것인지, 또 국토보전과 산림의 공익적 경제적 기능은 어떻게 타산업과 조화를 이루며 나가야 할 것인지 등은 앞으로 닥칠 중차대한 과제가 아닐수 없습니다. 산림과학과 우리 모두의 임업인이 풀어 가야 할 과제이기도 합니다.

한국산지환경조사연구회에서는 새천년을 맞이 하면서 주요사업을 정예화 하고 수용업무를 확대하고, 임업 각분야의 기술인력을 회원으로 영입하기 위하여 본회 정관을 개정 하였습니다.

산림자원조사, 산지이용구분조사, 영림계획작성, 산림환경영향평가와 같은 고도의 임업기술업무의 용역에 적극 참여할 계획입니다. 관계당국의 성원과, 산림지식인 여러분의 적극적인 동참과 끊임없는 편달을 바라마지 않는 바입니다.

투고해 주신 여러 회원님들께 감사하며 특히 한국산림과학단체연합회 심종섭회장님과 강원대학교 김범철교수님께서 공사다망하신 중에서도 육고를 보내 주셔서 대단히 감사합니다.

2000년 4월 일

회 장 김 태 욱



논 단

산지 관리제도(요약) 해설

전 범 권

산림청 서기관

1. 국토이용구조와 산지의 역할

우리나라는 좁은 국토에 많은 인구가 살고 있는 고밀도국가로서 98년말 현재 9,960천ha의 면적에 4,643만명이 살고 있어 ha당 467명이 살고 있는 셈이다. 이는 방글라데시와 대만 다음으로 인구밀도가 높은 수치인데, 우리나라 국토를 용도에 따라 구분하여 인구밀도를 계산하여 보면 세계 최고수준이다.

우리나라는 국토의 65%가 산지로 구성되어 있으며 농경지 면적은 21%인 반면 주거용지, 공업용지, 공공시설용지등 도시적 용도로 사용되고 있는 토지는 4.8%에 불과하여 좁은 국토를 더욱 좁게 쓰고 있다고 볼 수 있다.

이와같이 토지자원이 한정되어 있는 국토현실에서 토지를 집약적이고 효율적으로 이용하여야 하는 필요성에 따라 정부에서는 종합적으로 관리할 국토이용계획을 수립하여 운용하고 있다.

한편, 산지는 토지자원으로서 뿐만 아니라

〈국토이용계획상 용도지역별 산림면적〉

(단위 : km²)

용도 지역	계	보 전 임 지			준보전 임 지	비 고
		소 계	생 산	공 익		
합 계	64,520	49,770	35,480	14,290	14,750	
도 시 지 역	5,890	3,230	-	3,230	2,660	공익 : 개발제한, 보전녹지 준보전 : 산업단지, 기타
준 도시 지역	340	-	-	-	340	관광지, 체육시설, 집단묘지등
농 립 지 역	39,660	39,660	35,480	4,180	-	생산 : 요존국유림, 임축권역등 공익 : 보안림, 천연보호림등
준 농 립 지 역	11,750	-	-	-	11,750	
자 연 환 경 보 전 지 역	6,880	6,880	-	6,880	-	공원, 문화재보호구역, 상수원 보호구역, 생태계보전지역등

자료 : 산림청

경제적 환경적 기능등 다양한 기능을 가지고 있는데, 산업화의 진전에 따라 산지의 경관보전, 생활환경의 보호, 수자원보전, 대기정화, 쾌적한 휴식공간 제공, 생태계보호등 환경기능에 대한 수요가 증가하고 있고 국제적으로는 92년 6월 리우환경회의 이후 지구환경보전을 위하여 산림의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 우리나라는 목재수요량의 95%를 도입원목에 의존하고 있는 실정으로서 산림의 환경기능의 제고뿐만 아니라 나무를 잘 가꾸어 목재생산기능도 증진시켜야 할 과제를 안고 있다.

산지의 이러한 기능은 서로 배타적이지 않고 서로 공존하는 관계이기 때문에 어떻게 하면 이러한 기능을 조화롭게 발휘시키느냐 하는 것이 매우 중요하다. 이와 관련하여 최근 논의가 이루어지고 있는 것이 자연친화적인 산지개발 기준에 따른 개발방식의 도입이다.

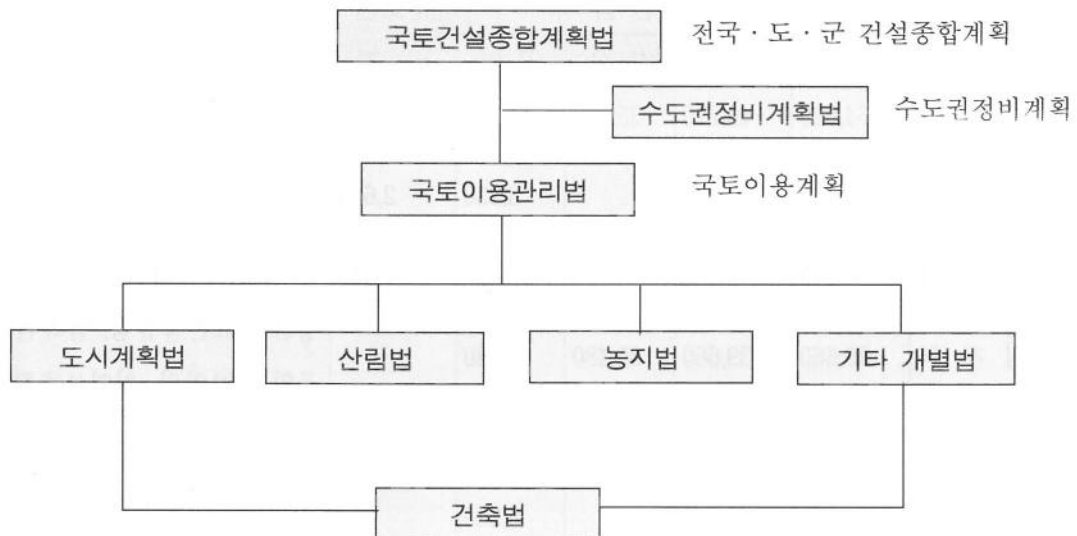
그동안의 산지개발은 일단 산지를 평면으로

만든 다음 그 위에 각종 시설물을 설치하는 평면형 개발방식이었고, 이에 따라 산지가 지니는 환경재로서의 장점을 살리지 못하고 오히려 산지개발에 따른 환경오염을 유발하게 된 측면이 많이 있었다.

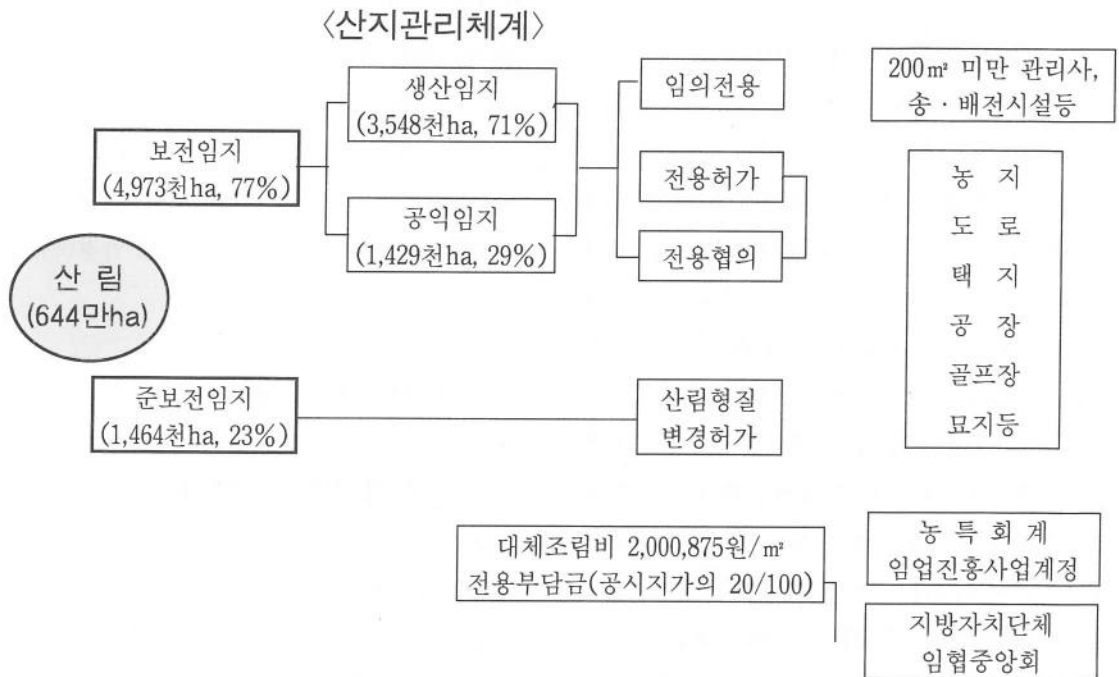
따라서 산지의 경사진 지형을 가급적 유지하고 경관과 생태계를 보전하는 방식으로 개발하는 것이 필요한데 해당지역의 입지여건이 천차만별하기 때문에 획일적인 기준에 의하여 달성될 수가 없다는 것이 제도화의 어려운 점이다. 앞으로 자연친화적 산지개발기준에 대한 연구·개발을 통해 아름다운 국토환경을 만들어 갈 수 있도록 최선을 다할 계획이다.

2. 산지보전·이용관련 법령체계 및 산지관리체계

가. 법령체계



나. 산지관리체계



였다.

3. 보전임지 지정·해제

우리나라는 산지를 효율적으로 관리하기 위하여 산림의 이용목적에 따라 보전임지와 준보전임지로 구분하고 있다.

가. 절대임지, 상대임지 구분(1970년)

69. 2. 1. ~ 69. 11. 30. 기간중 전국산림에 대하여 항공사진 판독, 현지조사, 토양시료 분석 등을 거쳐 절대임지는 산림현황에 따라 성립지, 미립목지, 황폐지, 제지등으로, 상대임지는 경작지, 과수원, 목야, 상전 및 초지가능지로서 산림이외의 용도로 활용할 임지로 구분하

나. 보전임지, 준보전임지 제도의 도입 (1980년)

80.7.1. 산림법을 개정하여 보전임지, 준보전임지 제도를 도입하고 보전임지 지정 고시, 전용제한, 지목변경금지등 규정하였고, 보전임지는 요존국유림·보안림·채종림·시험림·공원(도시공원은 제외한다)·문화재보호구역·관광지(관광사업법의 규정에 의한 것)·사찰림과 경사 36도이상의 산림 및 경사 21도이상 36도 미만의 산림으로서 임목분수도 51퍼센트 이상의 산림으로, 준보전 임지는 도시지역, 농지개발촉진지역, 개간지역등 보전임지 외의 산

림이 이에 해당되었다.

다. 산지이용체계재편(1997년)

종전 보전임지 준보전임지 구분체계는 경사도 위주로 구분함으로써 보전임지가 다른 용도로 많이 전용되는 등의 문제점이 있어 전국의 산림을 이용목적에 따라 재편성할 필요성이 대두되어 보전임지를 다시 생산임지와 공익임지로 세분화하는 등 산지이용체계를 재편하고자 94.12.22. 산림법을 개정하고, 생산임지에는 종전 생산목적의 산림인 요존국유림·임업진흥촉진지역 등을 포함하고 공익임지에는 휴양림·조수보호구·상수원보호구역·개발제한구역·보전녹지지역·자연생태계보전지역 등을 새로 추가하여 97.7.21. 보전임지를 최종확정한 결과 총 산림면적 6,452천ha에 보전임지중 생산임지가 3,548천ha(55%), 공익임지가 1,429천ha(22%), 준보전임지가 1,475천ha(23%)이었다.

라. 보전임지 해제

산림청장은 산림법 제18조의 규정에 의한 보전임지의 전용을 허가하거나 협의한 때 기타 대통령령이 정하는 사유가 발생한 때에는 보전임지의 지정을 해제하고 이를 고시하여야 하며, 대통령령이 정하는 사유는 다음과 같으며, 기타 세부사항은 산림청장이 정하여 운영하고 있다.(산림법시행령 제23조제5항)

①요존국유림 또는 시험림을 보전임지로 존치할 필요가 없거나 채종림·임업진흥촉진지역·보안림·천연보호림 또는 휴양림의 지정이

해제되어 보전임지로 존치할 필요가 없다고 산림청장이 인정하는 경우

②다른 법률에 의하여 지정된 조수보호구·사방지·공원·문화재보호구역·사찰림·상수원보호구역·개발제한구역·보전녹지지역 및 자연생태계보전지역이 해제되어 보전임지로 존치할 필요가 없다고 산림청장이 인정하는 경우

4. 보전임지 전용

가. 보전임지를 전용할 수 있는 경우

보전임지를 전용할 수 있는 경우는 ①산림법 제18조제1항의 규정에 의하여 산림청장(위임 또는 재위임받은 자를 포함한다)의 허가를 받은 경우 ②산림법 제18조제3항의 규정에 의하여 산림청장(위임 또는 재위임받은 자를 포함한다)과 협의한 경우 ③산림법 제18조제1항 단서 및 산림법시행령 제24조제1항의 규정에 의하여 전용허가를 받지 아니하고 전용(임의전용)하는 경우이다.

나. 보전임지 전용권자

보전임지를 전용허가하거나 전용협의할 수 있는 자는 원칙적으로 산림청장이나(산림법 제18조제1항 및 제3항) 산림법 제5조의 규정에 의하여 그 권한의 일부를 시·도지사 또는 지방산림관리청장에게 위임하였으며, 시·도지사 또는 지방산림관리청장은 위임권자의 승인을 얻어 시장·군수 또는 국유림관리소장에게 재위임하였다.(산림법 제5조 및 시행령 제4조)

전 용 권 자	편 입 면 적	
	농지·초지이외	농지·초지
○ 산림청장	20ha이상	20ha이상
○ 시·도지사, 지방산림관리청장	1ha이상~20ha미만	10ha이상~20ha미만
○ 시장·군수, 국유림관리소장	1ha미만	10ha미만

정처분을 받고자 하는 자에게 부과한다.

5. 대체조림비 및 전용부담금 제도

가. 도입배경

산림이 다른 용도로 전용됨에 따라 감소되는 산림자원을 대체조성하고 농수산물 수입개방 등에 따라 구조조정이 필요한 농어촌구조개선 사업에 투자하기 위한 재원을 확보하기 위하여 산림을 다른 용도로 전용하는 자에게 부담금을 부과하는 제도이다.

나. 부과대상

대체조림비는 ①보전임지 전용허가를 받고자 하거나 협의를 거쳐 인가·허가 등의 처분을 받고자 하는 자(이 경우 산림법 제18조제5항의 규정에 의하여 산림의 형질변경허가를 받은 것으로 보는 면적에 한함) ②산림형질변경허가를 받은 자 또는 산림법 제90조제5항의 규정에 의한 산림형질변경을 신고한 자 ③다른 법률의 규정에 의하여 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 행정처분을 받은 자에게 부과하고 있고, 전용부담금은 ①보전임지 전용허가를 받고자 하거나 협의를 거쳐 인가·허가 등의 처분을 받고자 하는 자 ②산림형질변경허가를 받고자 하는 자 ③다른 법률의 규정에 의하여 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 행

다. 부과기준 면적

대체조림비는 ①보전임지 전용허가를 받고자 하거나 협의를 거쳐 인가·허가 등의 처분을 받고자 하는 경우 : 법 제18조제5항의 규정에 의하여 산림의 형질변경허가를 받은 것으로 보는 면적 ②산림형질변경허가를 받고자 하거나 법 제90조제5항의 규정에 의하여 산림형질변경을 신고하는 경우 : 산림의 형질변경허가를 받고자 하는 면적 또는 신고하는 면적 ③다른 법률의 규정에 의하여 법 제90조제1항의 규정에 의한 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 행정처분을 받고자 하는 경우 : 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 것으로 보는 면적에 대하여 부과하고, 전용부담금은 ①보전임지 전용허가를 받고자 하거나 협의를 거쳐 인가·허가 등의 처분을 받고자 하는 경우 : 전용허가를 받고자 하는 면적 또는 인가·허가 등의 처분을 받고자 하는 산림 면적 ②산림형질변경허가를 받고자 하는 경우 : 산림의 형질변경허가를 받고자 하는 면적 ③다른 법률의 규정에 의하여 법 제90조제1항의 규정에 의한 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 행정처분을 받고자 하는 경우 : 산림의 형질변경허가가 의제되거나 배제되는 것으로

보는 면적이 부과면적이다.

라. 부과금액

대체조림비의 경우 장기수 조림비와 식재후 5년까지의 육림비를 합한 금액을 기준으로 매년 산림청장이 결정·고시하며, 2000년도의 대체조림비 단가는 875원/㎡이며, 전용부담금은 전용하고자 하는 산림의 공시지가의 100분의 20을 기준으로 부과한다.



논 단

豊饒로운 새 千年을 위한 林業 設計

이 원 규

전 중부시험장장

20세기는 우리민족에게 고통과 희망을 경험케 하였다. 나라를 빼앗기고 뿔뿔이 흩어져 독립을 위하여 갖은 압박과 서러움을 받았던 뼈아픈 세월, 동족 상전의 통한의 세월을 뒤로한 채 5.16 혁명을 겪으면서 새마을 운동을 출발점으로 온 국민이 일심 단결하여 피땀 흘린 대가로 선진국 대열에 들어서려는 문턱에서 IMF로 다시 한번 시련의 터널로 접어들었으며, 이제 막 터널을 벗어나기 위하여 종착역에 도달한 채 21세기의 새 천년을 맞이하게 되었다. 우리 임업도 국운과 함께 일정하의 수탈 임업과 6.25동란으로 잿더미가 되었던 국토를 치산목화 사업의 성공으로 헐벗은 산은 사라지고 산림자원은 양적으로 질적으로 크게 변화하였으며, 바야흐로 국산 재 시대를 바라볼 수 있는 좋은 기회가 찾아 와 그 첫발을 새 천년에는 힘차게 뒀어야 할 숙명의 과제가 우리 임업인들에게 주어졌다. 현 상태에서 산림 자원 면만으로 보면 그리 멀지 않은 장래에 국산 재 시대가 올 것으로 예상되어 지나, 그 내용을 들여다 보면 쓸만한 목재자원은 찾아보기 어렵고, 녹화 만 된 상태이므로 아직도 요원할 것으로 생각된다. 임업노임은 계속 상승하나 이에 반하여 노동의 질은 떨어지는 현 시점에서 임업경영의 수지는 두드러지게 악화되고 있으

며, 또 대부분을 차지하고 있는 인공림 자원도 아직 육성단계에 있으나, 필요한 보육관리도 충분히 실행되지 않아 국산 재 시대의 조기 달성에 어려움이 따르고 있음을 통감한다.

그나마 희망적인 것은 숲 가꾸기 운동이 성공리에 추진되고 있어 불행 중 다행으로 생각하고, 이들 숲 가꾸기 요원들의 육림기술에 대한 질적 향상이 크게 기대되며 이는 오로지 산림 정책 수행자들이 관심 깊게 집고 넘어가야 할 화급(火急)을 다루는 문제인 것 같다.

이러한 상황에서 임업경영을 실현화할 수 있는 길로서 생각할 점은 노동력을 많이 투입하는 경영방식에서 임업기계를 많이 활용하는 등 노동절약형으로 바꾸어 가면서, 시대 사조의 흐름에 따라 임업생산을 위한 보육기술의 투입 과 환경보전을 병행하는 경영방식을 구상함이 임업 정책상 옳을 것으로 판단된다.

임업을 경영함에는 산림의 보육과정에서 강력한 갱신 보육기술을 도입하고 작업의 기계화 추진을 위한 임도 등의 생산 기반 정비 등 과정에서 가능한 한 저렴한 생산비로 목재생산을 할 수 있게 하는 노동절약형과 산림보육작업의 성력화 만 아니고 각각의 지역환경이나 경영조건에 따라서 목적으로 하는 수종과 생산의 목표를 고려하면서 그에 따른 무리 없는 육

림기술의 확립, 대정재, 무절재, 통나무 등도 포함시킨 집약적인 경영과 조방적인 경영, 단벌기와 장벌기 등 많은 경영타입이 조합된 산림구성, 환경친화적이고 보전 면에서 유효하다고 생각되는 복층림사업 등 다양한 보육기술, 최근 수요가 급증하고 있는 유용활엽수의 생산을 위한 육림기술의 확립 등등의 여러 가지 방법이 있겠으나, 산림생산 기술분야의 가장 기본이 되는 묘포토양 등 산림토양에 관한 문제에 대한 나의 소견을 적어 둔다.

1. 우량묘목 생산을 위한 묘포 토양의 정비

최근 인공조림면적의 급격한 감소로 묘목의 수요가 줄고 있으며, 그에 따라 양묘업에 종사하는 임업인까지 점감하고 있는 정세로 변하였다. 묘목생산량이 남아도는 듯한 정황 하에서는 불량형질의 묘목은 이미 문제로 되지 않는다. 금후는 우량묘목만이 심어지는 방향으로 엄격히 요구되어 질 것이기 때문이다. 우량한 묘목을 생산하기 위하여 가장 중요한 것은 품종 계통이 확실한 우량종묘의 도입과 묘포 토양환경의 정비 및 우량묘목 육성기술의 개선 등이 반드시 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

가. 묘포 토양의 환경 정비

최근 기계화 작업은 토양의 생산력을 증진하는 방향으로 움직이지 않는 것 같다. 과잉한 화학비료나 농약의 사용과 그에 반비례 한 퇴

비 사용량의 감소는 토양생물의 활동을 약하게 하고 토양의 물질순환을 단절시키고 있어 토양의 건전한 기능을 점감 한다고 생각된다. 이러한 시대적 흐름에서 우량한 묘목의 육성을 위한 묘포로서의 좋은 토양환경을 갖추기 위하여 금후 중점적으로 다음의 3가지 사항을 철저히 이행하여야 할 것이다.

① 깊이 갈이 및 심토 파쇄의 실행

산업의 발달과 함께 농림업 분야의 성력화가 이루어 워지면서 인력이나 가축의 힘을 빌려 논밭을 갈던 농경사회가 기계화하기 시작하였다. 따라서 성력작업의 입장에서 임업 묘포에도 대형 기계가 도입될 기회가 많아지게 되었고 그로 인하여 토양은 답압되어 점점 딱딱하게 되어 가고 있음은 동 분야에 종사하는 사람이나 관심을 갖고있는 사람이라면 쉽게 이해가 될 것으로 판단된다. 이 문제의 심각성에 대하여는 금후 임업기계분야와 산림토양분야 및 종묘 연구를 수행하는 연구진이 협동으로 반드시 연구하여야 할 것이다. 표층은 경운으로 팽연(膨軟)하게 되지만, 매년의 기계경운으로 얇은 경운층의 바로 밑에 딱딱하게 된 층이 물이나 공기의 유통을 나쁘게 한다.

이와 같이 경운층의 밑에 딱딱한 층을 심경하여 유효토층을 깊게 하여 줌과 동시에 몇 년 간격으로 윗층과 심토층을 바꾸어 주어야 한다. 이때에 하층토가 중점토와 같이 물리성이 불량할 경우에는 하층의 중점토가 표층의 유효 토층에 섞이지 않도록 심토 파쇄(破碎)만 실시함이 중요하다. 즉 표층토 뿐만 아니고 하층토의

성질에도 주의하며 깊이갈이 및 심토 파쇄를 조정하여야 한다.

② 유기질자재(퇴비)의 확보

먼저 유기질자재의 토양 내 투입으로 생성된 토양유기물은 ①토양생물의 활동을 활발하게 하고, ②토양의 물리성을 개량하며, ③토양내의 양분을 증가시키고, ④양이온의 보존 및 ⑤완충작용을 증대시키는 등 토양의 지력유지증진에 큰 역할을 하고 있다. 그러므로 유기질 자재의 토양에의 공급은 끊임없이 이루어져야 한다. 농업의 경우 수확이 끝난 논과 밭에는 전작물의 많은 근주나 줄기 및 잎이 남아있다. 이들 남아있는 물질들은 그 곳에서 분해되어 토양양분의 일부로서 지력을 유지시켜 가는 것으로 귀중한 역할을 다하고 있다. 그런데 임업 묘포의 경우는 어떠한가? 우리들이 너무나 잘 알고 있는 바와 같이 묘포에는 이러한 남아있는 물질은 고사하고 산행묘(山行苗)의 뿌리에 양분이 풍부한 유효토층 내의 흙을 붙인채 산이나 포지 밖으로 운반되므로 논밭에 비하여 지력의 소모가 격심하게 된다.

따라서 몇 년 동안 계속하여 조림용 묘목을 생산하는 포지에서는 유효토층(耕土層)이 얇아지게 된다. 지력(地力)이 떨어지고 작토층의 깊이가 얇아지는 포지에서는 지력을 유지하기 위하여 녹비(綠肥)재배를 적극적으로 행한다든지 농작물과의 윤작을 추진시킨다든지 하여 농작물을 가꾸는 논밭이상으로 유기질비료를 다량으로 사용한다는 마음가짐이 중요하며 때로는 객토도 하여야 한다.

유기질자재 즉 퇴비라 함은 이전에는 쪼, 낙엽, 야초류를 이용함이 일반이 었으나 최근에는 톱밥, 수피, 나무의 줄기나 잎도 퇴비의 원료로 이용되고 있으며, 하수오니나 가축분뇨를 흡착시킨 톱밥을 넣은 퇴구비 등도 이용되고 있다. 그러나 임업 묘포만이 이들 퇴비 자료를 수집한다는 것은 차츰차츰 어려운 시기가 올 것으로 예측된다. 이는 소를 한 마리 사육하는 농가에서도 풀을 뜯기지 않고 사료에만 의존하며 벼, 보리 수확시에는 알곡만 전답에서 거둬들이기 때문에 쪼 한줌 넣어주지 못하는 현실정 하에서는 옛날과 같이 소 마구간에서 한줌의 퇴구비도 얻을 수 없게 되었다.

금후로는 대규모의 양축농장이나 산업폐기물 관련기관과 공동전선을 펴 서로간에 재료를 제공받을 수밖에 길이 없을 것이다. 즉 임업에서는 양축농장에 깔개로서 톱밥이나 수피를 제공하여 주고 그 대가로 가축의 분뇨가 흡착하여 부숙한 퇴구비를 받아 오는 식으로 임업묘포에 사용할 유기질자재를 확보하여야 할 것이다. 금후에는 지력유지 증진을 위하여 꼭 필요한 유기질 자재의 지속적인 확보를 위하여는 지방자치단체 마다 퇴구비 Center와 같은 조직을 통하여 공동제조하고 수요량을 확보하는 것이 필요할 것이다. 퇴구비의 확보가 우량묘 육성을 좌우하는 시기가 도래하였음을 명심하여야 할 것이다.

③신 유기질자재에 의한 퇴구비의 시용

전 ②항에서와 같이 옛 날에는 퇴비라고 하며는 그 재료가 벼짚, 보리짚, 낙엽, 야초류 등

을 생각하였으며 퇴비의 성질도 재료에 따라 큰 차이를 나타내지 않고 질소 0.5%전후, 인산 0.1~0.2%, 칼륨 0.5%전후가 보통 이었다. 그러나 최근에 생산되는 톱밥이나 수피는 물론 펄프제조찌꺼기, 하수오니퇴비, 도시쓰레기퇴비, 가축분뇨 혼입퇴비 등의 퇴구비가 이용되고 있는 실정이다. 이들 자료의 상이(相異)에로부터, 또 제조법의 차이에 따라 비료의 성분 함량이나 성질이 크게 다르게 된다. 즉 동일 재료인 톱밥을 돈사(豚舍), 우사(牛舍), 계사(鷄舍)의 깔개자료로 넣었을 때 생산되는 톱밥 퇴비는 그 비료적 성분이 각각 다르게 된다. 이는 즉 질소, 인산, 칼륨의 비료성분이 돈분은 0.99, 1.23, 0.91%, 우분은 0.39, 0.41, 0.35%, 계분은 1.22, 3.00, 0.84%이기 때문이다. 따라서 같은 양으로 시용 하여도 묘목의 생장이나 토양의 성질이 변하게 될 것이다. 퇴비의 재료를 달리하여 생산하는 유기질비료는 비료적 가치를 정확히 분석하여 표시하므로써 이용자가 오류를 범하는 일이 없도록 하여야 할 것이다. 또한 석회처리에 의한 토양의 알카리화, 토양 중에서의 분해와 그에 따른 질소의 무기화, 인산의 토양내 축적 등이 문제로 될 것이다.

더우기 하수오니 등은 일단은 중금속류를 함유하지 않는 것으로 이용한다 하여도 오랜 세월을 연용하며는 중금속류의 축적 등도 우려된다. 이들 중금속류는 묘목에 어떠한 영향을 미치게 할 것인가, 우리들은 가끔 1~2년의 시용 시험으로 장해가 나타나지 않으면 안전하다는 생각을 하게된다. 특히 빨리 빠리를 좋아하는 조급한 민족성이라 더욱 그러하다. 그러나 더

욱 오랜 세월을 연용하므로써 염류나 중금속류 등의 과잉 축적으로 인한 묘목의 장해와 그 묘목에서 생산되는 열매를 먹었을 때 인체에 미치는 영향 등은 금후 연구의 과제로 남게된다.

2. 적지적수의 실현

육림기술의 바람직한 방향은 노동절약형의 임업경영과 삼림구성의 다양화라 할 수 있는데 노동절약이나 성력은 결코 수고를 던다 든 가 방치한다는 임업경영은 아닐 것이다. 노동절약형의 임업경영에는 수고가 생략된 것으로 인식하여 자연의 힘을 잘 활용 할 필요가 있다.

금후는 지역환경이나 경영조건에 따라 목적 수종과 생산의 목표를 분명히 확정하여 알찬 육림기술의 체계를 확립할 필요가 있다고 나는 생각한다. 육림기술의 가장 기본이 되는 것은 적지적수 곧 알맞는 땅에 알맞는 수종을 선택하여 그 수종에 가장 잘 어울리는 작업을 철저히 이행하여 복잡한 지형에 따라 미세하게 변화하는 토양조건을 가장 유효하게 이용하여 임업경영을 행할 필요가 있다. 여기서 토양조건 of 미세한 변화란 동일 기후대의 동일 표고를 갖는 어느 한 지점에서 산등성이와 산복부, 산복부와 계곡과는 토양조건이 미세하다기 보다는 그 차가 많은 것이 산림토양의 특성이 아닌가 생각한다.

이는 토양조건을 조사하기 전에 우리들이 지금까지 조림하여 실패한 곳을 답사하여 보면 조림목의 생장이 산등성이, 산복부, 계곡에 따라 차가 있어, 쉽게 이해 할 수 있을 것이다.

따라서 임업 경영전략을 수립하기 전에 먼저 산지의 자연조건을 구석구석까지 숙지함이 매우 중요하다.

가. 산림 입지조사

국가 GIS(Geographic Information System) 망 구축과 연계하여 산림토양의 정보망 구축과 정부 부처간 자료의 공동이용이라는 배경아래 정밀조사 방법으로 토양, 지위, 지리 등의 입지 환경에 관한 통합정보시스템을 구축한다는 목적으로 1995년부터 2002년까지 8년간에 걸쳐 전국 664만 ha의 산림을 대상으로 기후, 입지, 토양, 지위, 지리급 등의 52개 인자를 조사하여 산림입지도, 산림토양도, 적지적수도 등의 성과품을 얻게되며, PC(Personal Computer)로 GIS망을 통하여 이용자나 임업경영자의 목적에 부합하는 통합정보활용에 도움이되는 산림 입지조사를 실시 중에 있다. 이 때를 즈음하여 한가지 꼭 강조하여 두고 싶은 것은 국가 GIS망 구축이라는 중 차대한 계획하에 이루어 지는 산림입지조사는 그 조사자가 다름아닌 시군의 임업직 공무원에 의하여 실시된다. 자연을 대상으로 하는 조사는 반드시 하나에 하나를 더하면 둘이 되지 않고 둘이 될 수도 있고 그렇지 못하는 경우가 있다. 측정기구의 오작에서, 또 조사자의 그날의 건강상태에서, 조사자의 조사위치에 따라서도 오답은 나올 수 있다. 따라서 일선에서 본 조사업무에 임하는 산림공무원은 내가 조사한 내용이 국가 전산망 구축에 쓰여지는 기초자료의 정확성을 좌우하

게된다는 사실을 항상 염두에 두고 투철한 사명감을 갖지 않으면 이 사업은 결코 성공할 수 없을 것이다. 3~4주간의 짧은 기간동안의 교육을 받고 현지조사를 하게되는 이들에게 특별한 관심을 갖고 보상이나 승진 등의 인센티브를 관리자는 생각하면서 그들의 사기진작에 힘써야할 것으로 생각한다. 가장 기본이 되는 현지조사부터 내용이 정확하지 않는다면 그 결과 얻어진 성과품은 휴지조각이 되고 말 것이다. 컴퓨터는 기계에 지나지 않는다. 잘못된 내용의 기초조사성적으로는 사용할 수 없는 결과만 초래한다. 이런 잘못된 내용으로 얻어진 적지적수도를 이용하여 경영계획을 수립하여 실행하였을 때 그 성공 여부를 판단할 때까지에는 많은 시간과 예산과 인력을 허비한 후라는 사실을 다시 한번 생각하였으면 한다.

나. 적지적수도의 작성 및 이용

기 임업연구원에서 적지적수도 작성을 위한 프로그램이 기후대별(온대남부, 중부, 북부)로 작성되어 실용화를 위한 현지적응성 여부의 평가가 실연사업으로 추진되고 있으며, 산림입지조사가 완료되면 산주나 임업경영자가 이용할 수 있는 적지적수도가 생산될 것이다. 자기가 소유하고 있는 산의 적지적수도를 보면 그 지역 내에 식재 가능한 수종이 적혀있으며 경영 목적에 맞추어 수종을 선정하고 그 수종의 생장특성 등에 알맞는 식재 및 육림작업을 실행할 수 있게 된다.

3. 나무의 생장에 좋은 흙

나무가 충분하게 성장하기 위한 토양조건은 ①토양이 부드럽고 뿌리가 충분히 신장할 수 있을 것, ②충분한 수분, 공기, 양분을 공급할 수 있을 것, 이상의 조건을 만족 시킬수 있는 이상적인 토양은 적윤성(適潤性) 내지 약습성(弱濕性)의 갈색산림토양으로 특히 퇴적양식이 붕적성(崩積性)의 것이 여기에 해당된다고 보면 좋겠다. 퇴적양식은 토양이나 그 모재가 어떻게하여 그 곳에 퇴적하여 있는가를 나타내는 구분으로 잔적토(殘積土 ; 모재가 그 상태의 위치에서 토양으로 된 것으로 주로 산정 부분의 토양), 보행토(圃行土 ; 고생층지역의 평형 사면 등에서 나타나는 것과 같이 흙이나 돌이 위에서부터 중력의 작용으로 조금씩 조금씩 붕괴되어 아래쪽으로 움직이고 있으며 토층의 두께는 대개 일정되어 있는 경사면상의 토양), 붕적토(사면상부에서 이동하여 쌓여있는 토양), 수적토(水積土 ; 물의 힘으로 먼 곳으로부터 운반되어 새롭게 쌓여있는 토양)등으로 구분된다. 나무의 생장에 관한 조건 중 수분 공급에 관하여는 토양형에 따라 판정되며 양분도 대충 토양형에 따라 판정된다. 나무의 뿌리 신장에 관계하는 공기의 공급의 양부(良否)와 견밀도는 퇴적양식과 관계가 깊다. 따라서 토양형과 그 퇴적양식에 의한 세분은 임목의 생육에 필요한 토양조건을 총합 평가하여야 한다고 하는 이론이 지배적이다. 건성토양과 습성 토양의 수습상태의 차이는 PF가(낮을수록 습

함)의 차이에서 분명하고 토양비옥도의 지표의 하나로 생각되는 석회포화도 건성의 토양과 습성의 토양에서 큰 차가 있음을 알 수 있을 것이다. 나무의 생장에 따라서 좋은 토양을 분별하는데는 토양형과 퇴적양식의 판별이 중요한 핵심임을 이해할 수 있다. 삼림구성의 다양화를 생각하여 활엽수시업을 경영계획에 넣을 경우에도 먼저 토양의 종류와 분포를 정밀하게 파악함이 중요하다. 어쨌든 임업을 경영함에는 발 밑에 있는 눈에 보이지 않는 토양을 잘 이해함이 육림기술의 기본임을 역설하고 싶다.

끝으로 우량묘목의 생산을 위한 묘포토양의 환경정비 및 퇴비자재의 항구적 확보를 위한 방안의 검토와 임업의 근간이 되는 산림입지조사, 적지적수 등 산림토양분야의 기초연구가 활성화되어야 할 것이며, 국산재 시대를 하루 빨리 달성하기 위한 임업경영위주의 산림정책의 실현과 숲가꾸기 요원의 질높은 육림기술의 습득을 위한 방안의 창출과 이들의 활용이 매우 중요하다. 또 한편으로 자의건 타의건 간에 1995년부터 추진되고 있는 산림입지조사가 2002년까지 완료되어 그 자료를 바탕으로 산림토양도, 적지적수도, 산지이용기본도 등의성과품을 이용한 과학적인 임업경영이 이루어져야 한다. 그리하여 국산재 시대가 조기에 달성되는 등 임업선진국으로서, 산림부국으로서 온 국민에게 풍요롭고 쾌적한 환경조성으로 삶의 질을 향상시키려 하는 우리 임업인들의 한결같은 소망이 하루라도 빨리 이루어 졌으면 한다.

논 단

대기오염(산성비)에 의한 산림피해 현상과 대책

유 정 환

임업연구원 산림환경부

부터 지키기 위하여 대책강구가 절실히 요구되고 있다.

1. 머리말

최근 도시화 및 공업화에 따라 대량으로 배출되는 오염물질에 의한 생태계의 피해가 급증하고 있다. 이러한 환경문제 중에서도 대기오염분야는 무엇보다도 중요한 세계 공동의 관심사로 대두되고 있다.

대기오염물질은 1차 피해 뿐 아니라 대기중 화학반응에 의한 2차 오염물질 피해까지 유발하여 그 피해는 시간적 공간적으로 우리들의 생각의 한계를 훨씬 넘어선다. 배출된 오염물질은 자연생태계가 가지고 있는 자정능력의 한계를 넘어 주변환경이나 생물체에 축적되어 심각한 환경문제를 야기시키고 있다. 이러한 환경오염에 의한 피해는 단시일 내에 나타나기도 하지만 오랜 기간동안 누적된 효과가 만성적으로 서서히 나타나기도 하여 일단 피해가 발견되면 회복이 불가능하거나 회복할 수 있다 하더라도 많은 시간과 노력을 들이게 된다.

따라서 산림은 대기중의 거의 모든 종류의 대기오염물질을 정화하고 완충시키는 기능이 있어 현대의 고도 산업화 과정에서 발생하는 각종 오염물질로 부터 우리들의 삶을 지킬 수 있는 마지막 보루이므로 이런 산림을 오염으로

2. 대기오염이란

대기오염은 일반적으로 국제보건기구에서 규정하고 있는 대기오염의 정의를 사용하고 있다. 국제보건기구에서 대기오염을 「대기중에 인위적으로 배출된 오염물질의 한가지 또는 그 이상이 존재하여 오염물질의 양, 농도 및 지속시간이 어떤 지역의 불특정 다수인에게 불쾌감을 주거나 해당지역에 공중보건상 위해를 끼치고, 인간이나 동물, 식물의 활동에 해를 주어 생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태」라고 정의하고 있다. 이와 같은 대기오염물질은 가스상(기체), 입자상(고체와 액체의 미립자)으로 대별된다.

우리나라의 대기환경보전법에 의하면 입자상물질을 포함하여 47가지의 종류를 대기오염물질로 규정하고 있다. 이중에 독성이 강한 16종을 특정 대기유해물질로 정하고 있는데, 이 중에 대표적인 오염물질은 기체에서는 이산화황(SO_2), 오존(O_3), 이산화질소(NO_2), 불화수소(HF), 염소(Cl_2)등이 있고, 액체로는 황산미스트, 산성비 등이 있다. 기체와 고체오염물

질에 의한 오염을 건성대기오염이라고 부르고, 액체의 오염물질에 의한 경우는 습성대기오염이라고 부른다.

3. 산성비란

산성비는 전세계적으로 널리 인식되고 있는 대표적인 환경문제중 하나이다. 산성비란 오염에 의해 산성화된 비를 산성비라고 하며, pH 5.6이하의 비를 말한다. 빗물 중에 포함되어 있는 수소이온(H^+ Ion) 농도를 나타내는 것으로 오염되지 않은 대기중에는 350ppm의 CO_2 정도가 함유되어 있어, 대기중의 물방울과 반응하

여 산성화되기 때문에 자연적으로 산성이 된다. 그러므로 빗물은 탄산(CO_2)의 산성물질이 없을 경우 중성인 pH 7.0 대신 pH 5.6을 기준으로 삼은 것으로 산업화와 도시화로 인한 대기오염물질(SO_x , NO_x)이 대기중에 많이 섞여 있으면 이들 이 빗물에 녹아 강우 pH가 5.6보다 낮아질 때의 비를 산성비라고 한다. 산성비라는 말은 산성화된 비 뿐만 아니고 안개, 구름, 눈, 이슬 등을 망라한 보다 포괄적인 의미로 사용되고 있다.

빗물의 산성화 정도를 표시할 때 pH란 기호로 나타냈다. pH는 log의 역수값으로써 pH 값이 1차이(pH5→pH4)이면 10배이고, 2차

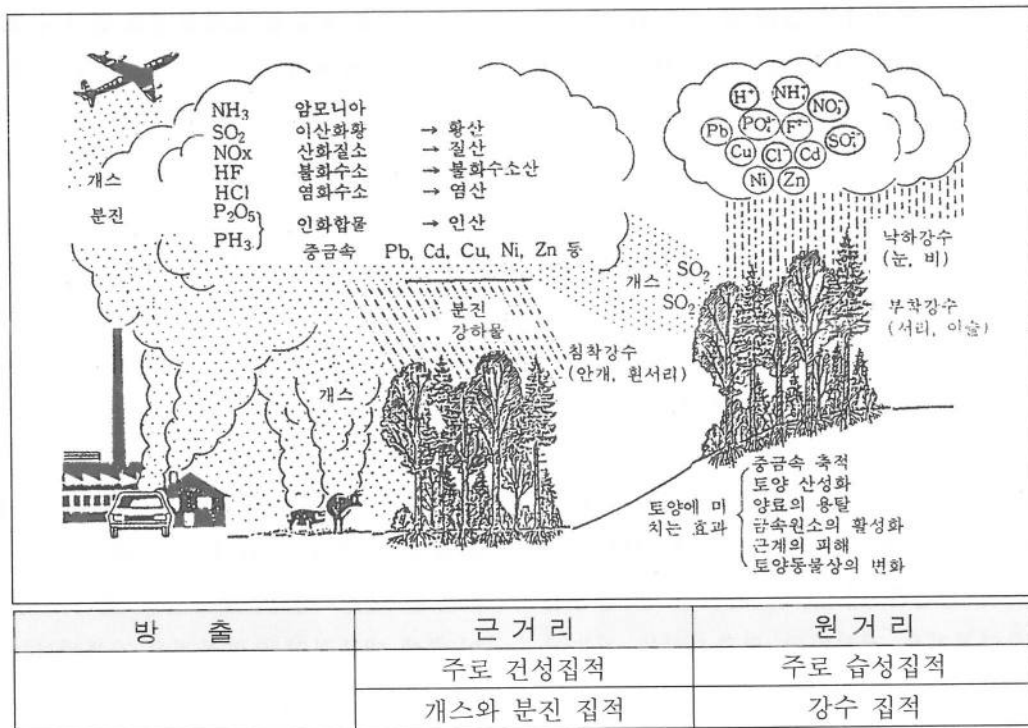


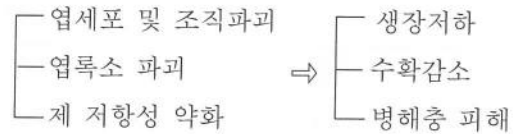
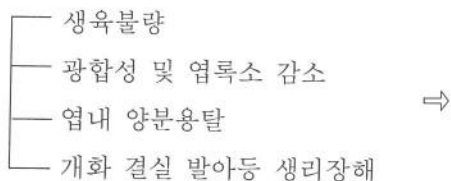
그림 1 거리에 따른 대기오염물질이 산림생태계에 미치는 과정

(pH5→pH3)이면 100배의 높은 산을 내포하는 셈이다. 산성비는 발생후 수시간 또는 수일 후면 없어지며 십수km밖에 확산되지 않는 가스상 오염물질과 달리 산성화된 물방울은 구름이 되어 오랜 시간을 공중에 머물며 수백km를 이동하면서 공해와는 무관한 산간 오지까지 피해를 미친다.

4. 생태계 피해 기작

가. 식물피해 과정

대기오염물질의 종류 및 농도에 따라서 삼림에 대한 피해가 상이하게 나타나는데 농도의 높고 낮음에 따라 직접적인 피해와 간접적인 피해를 주는 2가지 유형이 있다(그림 1). 직접적인 피해는 잎의 표피조직이나 세포물질을 파괴하여 잎조직이 죽게되는 잎주변이나 잎맥간에 갈색, 황갈색 반점이 생기며 칼슘 마그네슘 가리와 같은 체내의 양료성분을 용탈시켜 양료결핍을 초래하기도 한다. 간접적인 피해는 엽록소를 감소시켜 광합성을 저해하여 성장장애를 초래하며 발아, 개화기에는 잎눈 꽃눈을 자극하여 발아나 개화가 지연되고 잎이나 꽃이 작아진다. 이와 같은 피해과정을 요약해 보면 다음과 같다.



한편 식물은 호흡활동에 의하여 대기오염물질을 흡착 또는 흡수하고, 오염물질의 확산을 방지하는 효과도 가지고 있다. 또한 오염물질로 인하여 강산성비가 숲에 떨어지면 나뭇잎 속에 있는 Ca 등이 산성비를 중화시키는 역할을 한다.

대기오염물질에 의한 식물의 피해증상과 식물에 미치는 영향의 차이점을 살펴보면 표 1, 2와 같다.

나. 토양피해 과정

건, 습성강하물이 숲을 통과하면서 오염물질을 1차적으로 정화하고 2차적으로 토양층으로 들어가 토양내의 염기성 이온과 미생물에 의하여 산성물질이 중화되어 하천으로 흘러가게 된다. 그러나 숲의 완충역할이 없이 토양중에 산성물질이 유입, 축적되면 토양산성화가 심화되어 토양내의 칼슘, 마그네슘 등 양료성분이 수소이온(H⁺)과 치환되어 지하수에 녹아 용탈되므로 지력이 떨어지게 되며 이러한 산성물질 중화이온이 고갈되어 독성물질인 알루미늄, 망간과 중금속이온 등이 활성화되어 토양용액중의 농도가 증가하므로 식물뿌리에 독성을 미치게 되어 죽게하거나 활동을 저해하여 생육이 불량해진다.

뿐만 아니라 식물의 영양 공급원인 낙엽, 낙지의 부식화에 관여하는 유용한 미생물의 활동을 억제하여 부식화가 늦어짐으로 영양 공급이

표 1 주요 대기오염물질에 의한 식물의 피해증상

오염물	독성	가시적 피해증상	피해발생농도	약한식물
불화수소 (HF)	극대	어린 잎의 끝부분부터 엽록부의 necrosis(壞死)	0.0005ppm 이하	글라디올라스, 살구, 튜울립
염소 (Cl ₂)	극대	끝부분부터 엽록부 또는 엽맥간의 necrosis(壞死)	0.5ppm이하	알과과, 메밀
PAN (CH ₃ NO ₃)	대	어린 잎의 표면에 은백색, 청동색의 반점 발생	0.05ppm이하	페튜니아, 양상치
오존 (O ₃)	대	잎 표면전체에 작은 반점상의 담색, 갈색반점 발생, 녹색인채로 낙엽	0.05ppm이하	담배, 나팔꽃, 백양
에틸렌 (C ₂ H ₄)	대	낙엽, 봉오리의 낙하, 잎이 상부로 편중하여 성장	0.1ppm이하	참깨, 카틀레야, 토마토
황산화합물 (SO _x)	대	성숙한 잎의 엽맥간에 갈색반, 침엽의 가운데부분에서부터 끝부분에 걸쳐 변색, 괴사	0.1ppm이하	알팔파, 대맥
질소산화합물 (NO _x)	소	상동	수ppm이상	서양무

표 2 대기오염과 산성비의 식물에 미치는 영향의 차이점

구 분	대 기 오 염	산 성 비
쇠퇴징후	잎부터 전체로(생산력 저하)	뿌리부터 전체로(엽량의 저하, 가지마름)
엽량감소의 원인	잎의 수명 단축	새잎을 내는 힘의 저하
쇠퇴의 분포	오염원 중심의 동심원상	토양의 완충력에 따른
수목의 침투	생엽(기공)	세균(근모)
토양의 부하	낙엽성분이 지중에	강수로부터 부가됨
식물체의 축적성	다수는 잎의 수명까지	체내에 축적될 가능성 있음
지상식물의 영향	약간 있다	있다
선태식물등의 영향	크다	크다
무기재질의 영향	직접적인 영향은 작다	부식작용이 크다

제대로 이루어지지 않고 역시 생육을 저해하고
만다. 또한 토양동물인 지렁이 등이 살 수 없는
환경이 되므로 자연적인 토양개량이 억제된다.

- 양분용탈
 - 독성물질 증가
 - 미생물 활동억제
 - 토양동물 감소
- ⇒

- 양분결핍
- 뿌리의 독성피해
- 낙엽의 부식화 지연 ⇒ 토양황폐화
- 물리적성질 악화
- 토양 생산력 감퇴

상술한 여러가지의 복합적 원인에 따라 지상
에 생육하고 있는 식물생태계가 피해를 받아

결국에는 식물이 살 수 없는 임지로 변모하게 된다.

반면 대기오염이나 산성비에 대한 토양의 감수성은 그 지역의 지질적 특성에 관계된다. 화강암이나 화강암에서 유래된 지질로 된지역은 칼슘과 같은 중화물질이 적으므로 토양완충력이 낮아 쉽게 산성화됨으로 피해가 일찍 나타나는 반면 석회암지역은 완충력이 큰 관계로 피해가 가장 늦게 나타난다. 토양생태계에 미치는 영향을 요약하면 아래와 같다.

5. 각국의 산림피해 현황

가. 유럽의 산림피해

대기오염의 피해는 1257년 영국의 헨리 3세 때부터 시작하여 18C 후반 산업혁명 이후 대기오염이 심화되면서 본격적인 사회문제로 대두되었으며, 그 후 1930년대 Belgium의 Meuse Valley사건, 1952년 영국의 London Smog사건 등 크고 작은 인명피해와 재해사건들과 1857년에 산성비라는 용어를 사용한 이후 유럽각국의 1950년대부터 본격적으로 산성비가 내리기 시작하여 1950년에는 강우산도가 pH 6.0에서 1970년대는 pH 4.0으로 산성화하여 호수와 산림에 피해가 나타나기 시작하여 제일먼저 산림피해가 나타나기 시작한 나라는 독일로서 1950년대에는 수목생장 저하가 기록되었고, 그리고 1970년에는 잣나무의 잎이 황화와 낙엽현상등 쇠퇴현상이 발견되었다(사진 1).

이러한 현상들이 유럽전역으로 확산되어 1990년도에 전 유럽의 산림면적의 70%인



사진 1 독일 흑림지역의 대기오염 피해

121×10⁶ha에 대하여 산림피해조사를 실시한 결과 표 3과 같이 폴란드, 체코, 영국, 러시아, 리트비아, 동독 등 15개국이 50%이상의 산림피해가 나타났고, 주로 구 사회주의 국가에서 산림피해가 많이 발생했으며, 이들 지역에서 쇠퇴현상은 고산지역과 노령목에서 심하게 나타났다.

또한 유럽 전체의 산림면적의 30~35%가 고사 또는 쇠퇴하고 있으며, 이 산림피해 원인은 복합대기오염과 산성강하물 때문으로 추정하고 있다.

나. 북미 산림피해 실태

미국의 경우 1950년대에는 일부지역에서 아황산가스 피해가 국소적으로 나타났다. 그후 캘리포니아주의 로스엔젤레스의 소나무류의 쇠퇴현상은 오존에 의한 피해로 추정되고 있으며, 이 지역의 오존농도는 40~60ppb(1987년)로 나타났다. 미국의 산성비는 동북부 지역이 pH4.0~4.5, 동부와 남부지역은 pH4.4~5.0, 서부와 남부지역은 pH5.0~5.5로 나타났으며 동부지역인 아팔라치안산맥의 산악지대에서는

표 3 유럽각국의 산림피해 현황(Materna & Fielder, 1992)

국 명	산림면적 (1,000ha)	등급별 피해율(%)			
		1	2	3+4	1+4
Poland	8,654	47.3	35.0	3.4	85.7
Byelorussian	6,002	30.0	49.0	5.0	84.0
Czechoslovakia	4,491	29.6	28.9	7.7	76.2
United Kingdom	2,200	35.0	31.5	7.5	74.0
Russian	163	48.4	20.1	2.4	70.9
Latvia	1,664	33.0	34.0	2.0	69.0
Lithuania	1,220	48.1	18.8	1.0	67.9
E.Germany	2,468	29.8	33.7	2.2	65.7
Switzerland	1,186	44.0	15.0	2.0	61.0
Greece	2,034	43.0	15.4	2.1	60.5
Belgium	603	41.5	11.1	2.6	55.2
Denmark	466	33.5	17.4	3.8	54.7
W.Germany	7,154	37.0	13.9	2.2	52.9
Hungaria	1,673	28.7	17.5	4.2	50.4
Bulgaria	3,314	21.2	25.9	3.2	50.3
Sweden	19,900	33.7	14.4	1.8	49.9
Austria	3,339	40.1	8.5	0.6	49.2
Portugal	3,060	16.2	24.3	6.4	46.9
Netherlands	281	29.0	14.8	3.0	46.8
Norway	5,928	29.0	13.8	3.4	46.2
Italy	7,154	23.8	11.7	3.1	38.6
Finland	18,484	20.5	15.0	2.3	37.8
Ukrainian	3,350	29.5	6.2	0.2	35.9
Yugoslava	1,044	17.5	11.4	6.8	35.7
France	13,100	16.7	6.0	1.3	24.0
Spain	11,792	17.0	3.2	0.6	20.8

※ 산림피해등급 : 1 : >10~25(微피해) 2 : >25~60(中피해)
3 : >60(深피해) 4 : 100 (枯 死)

가문비나무가 30년전부터 쇠퇴하기 시작하였으며, 이 지역의 안개산도는 pH 2.8~3.8의 강 산성비가 내려 나무가 죽어가는 원인으로 작용하고 있다.

캐나다에서는 사탕단풍나무의 쇠퇴가 중대한 문제로 대두되고 있으며, 특히 퀘벡주에서

심각한 쇠퇴현상이 나타나 1985년부터 3년에 걸쳐 212만ha의 산림을 조사한 결과 경미한 피해가 47%, 중정도 피해가 3% 발생하였다. 1980년대에는 피해정도와 범위가 계속 증가 추세에 있다. 또한 오타리오주에서도 피해가 발생했는데 피해원인은 오존과 산성강하물로 추

정하고 있다.

다. 동북아의 산림피해

중국의 경우 아황산가스 배출량 90% 이상이 1차 에너지원인 석탄연소과정에서 발생하고 있으며, 이 오염물질은 주로 산둥, 정강 등 동남 연해의 경제발전 지역과 하북, 사천 등 낙후된 공업지역에서 배출되고 있다. 또한 산성비조사 자료에 의하면 1980년대 중국의 산성비는 주로 중경, 귀양, 유주 등의 서남지역으로 강하면적은 1백70만 km^2 에 달했다. 1990년 중반들어서는 사천분지를 비롯하여 중국의 서남, 동남부 지역으로 1백만 km^2 이상 확대되었고 그 결과 북미, 유럽과 함께 세계 3대 산성비 강하지역에 속하게 되었다. 특히 長沙 등 화중지역은 연평균 강수산도가 pH4.0이하로 산성비 비율이 90% 이상으로 세계에서 가장 심각한 지역 중에 하나이다. 최근 통계에 의하면 중국 40%에 해당하는 3백80만 km^2 국토가 산성비가 내리고 있으며 계속하여 확대추세에 있다고 보고되고 있다. 이러한 결과로 중국의 대기오염과 산성비 강하는 인체건강, 동식물, 산림, 농작물, 문화유산을 포함한 각종 건물등에 걸쳐 막대한 피해를 입히고 있다고 한다(사진2).

또한 산림피해로는 시츄안성의 마오카오바 소나무숲이 90%가 고사했는데, 이 지역의 강우산도가 pH3.4, 토양산도 pH4.4로 조사되었고, 중경의 남산에서는 pH2.6의 산성안개가 발생했으며, 마미송(馬尾松)이 80%나 피해를 입었으며 그 중 50%가 고사하였다.

또한 1995년 통계에 의하면 중국의 경제적



사진 2 중국 광서성 유주지역의 馬尾松 대기 오염 피해

손실은 약 1천1백억원(한화 약 16조원)에 달해 경제발전을 제약하는 주요한 요인으로 작용하고 있다. 이와 더불어 중국의 오염물질이 장거리 이동하여 한국과 일본 등 주변국가에도 피해를 입히고 있다. 그로인해 한·중·일 삼국 간에 민감한 외교사안이 되고 있어 중국도 산성비규제지역과 아황산가스 규제지역 구획방안을 마련하고 중국 국토의 11%를 규제지역으로 설정하여 집중적으로 오염을 개선할 계획을 수립하고 있다.

일본의 경우 1975년 야마나시현에서는 산성



사진 3 일본 足尾 銅鑛山の 산림피해

비에 의한 사람과 담배 등 농작물의 피해가 기록되었다. 이때 산성비 pH는 2~3.5이었다. 1970년대 관동지방에서 삼나무의 피해가 처음 나타나기 시작하여 1980년대 후반부터 관동, 관서지방에서 산림쇠퇴가 확산되었으며 그 원인은 대기오염, 산성안개, 오존이 원인으로 추정되고 있다. 그리하여 1975~1979년에 습성대기오염조사를 실시했고, 1983~1992년까지 1, 2차 산성비대책조사를 실시한 후 1993년부터 제3차 산성비대책조사 등 심도 있는 연구를 추진중에 있다.

라. 우리나라의 산림피해

우리나라에서는 1930년 홍남비료공장에서 배출된 아황산가스로 인해 농작물의 피해가 발생한 이후 본격적으로 대규모 공단(울산, 여천)이 조성되면서 공단주변에서 농작물 및 산림의 고사가 발생하고 있다. 일부 도시, 공단지역에서 pH 3.7의 산성비가 관찰되고 있으며, 또한 토양산도가 도시지역에서 1996년에 비해 1999년은 pH 4.6 → pH 4.2, 공단지역 pH 5.0 → pH 4.3으로 토양산성화가 심화되어, 수목



사진 4 울산지역 신갈나무의 대기오염 피해

의 간접적인 피해가 발생하고 있다. 따라서 임업연구원에서는 1991년부터 65개소의 전국 네트워크를 설정하여 산림생태계의 변화조사를 실시하여 피해대책을 강구 중에 있다.

6. 피해대책

대기오염과 산성비를 줄이기 위하여 1979년도에 제네바에서 유엔유럽경제위원회 주관으로 대기오염물질의 장거리 이동에 대한 협약을 제정하고 부속의정서에서 1993년까지 오염물질을 30% 줄이자는 의정서가 제정되었다. 1988년도에는 소피아에서 질소화합물의 배출량을 1994년까지 1987년 수준으로 낮추기로 했고, 1992년도 브라질 리우에서는 178개국이 참가하여 환경보존에 관한 유엔 환경개발회의를 개최하여 기후온난화 방지 협약, 생물다양성보호협약 과 산림의정서를 채택하였다. 1995년에는 독일의 베를린에서 118개국이 참가한 환경회의를 개최하여 기후변화협약을 체결했으며, 또한 오존층 보호를 위한 몬트리올의정서, 유해폐기물의 국가간이동 통제를 위한 바젤협약 등 200여개의 국제환경협약을 채택하여 적극적으로 지구환경보호를 추진하고 있다.

1994년과 1995년도에 일본에서 한국 등 동아시아 9개국이 참가하여 동아시아 산성우 Monitoring Net-work구축 전문가회의를 개최하여 산성비조사 요령작성을 협의하여 공동조사를 실시할 예정이다.

그리고 동북아지역의 한국, 일본, 중국에서는 나름대로 실태조사와 대책을 강구하고 있으나

표 4 대기오염 정화수종

구분	오염물질 농도가 높은 곳에서 알맞은 수종		오염물질 농도가 낮은 곳에서 알맞은 수종
교목	상 록 수	소귀나무, 졸가시나무, 가시나무, 종가시나무, 구실잣밤나무, 돌참나무, 태산목, 녹나무, 후박나무, 먼나무, 후피향나무, 가이즈까향나무, 감탕나무, 아왜나무, 황칠나무	좌 동
	낙 엽 수	은행나무, 상수리나무, 참느릅나무, 튜립나무, 가죽나무, 벽오동, 중국단풍, 졸참나무, 버즘나무, 단풍버즘나무, 멸구슬나무, 오구나무, 아카사아, 오리나무, 떡갈나무, 풍나무, 겹벗나무, 산벗나무	느티나무, 팽나무, 푸조나무, 느릅나무, 참오동나무, 은행나무, 상수리나무, 참느릅나무, 튜울립나무, 가죽나무, 벽오동, 배롱나무, 밤나무, 산당풍, 목련, 백목련, 산벗나무, 왕벗나무, 개서나무, 서어나무, 칠엽수, 회화나무, 중국단풍, 졸참나무, 버즘나무, 감나무, 때죽나무, 아카시아나무, 층층나무, 오리나무, 떡갈나무, 매화나무, 복사나무, 겹벗나무, 산벗나무, 풍나무
중목	팽광나무, 사철나무, 광나무, 협죽도, 참빗살나무		팽광나무, 사철나무, 광나무, 협죽도, 매화, 박태기나무, 참빗살나무, 자목련
관목	다정금나무, 팔손이, 차나무, 산철쭉, 땃강나무류, 무궁화, 개나리, 병꽃나무, 낙상홍		다정금나무, 팔손이, 차나무, 산철쭉, 땃강나무류, 무궁화, 개나리, 병꽃나무, 낙상홍, 참싸리, 화살나무, 히어리

공동대처가 미흡한 실정이므로 앞으로 아시아 국가 공동감시망을 설치하여 공동 대처하여야 할 것이다.

또한 원자력이나 태양열 등과 같이 유향과 관계없는 에너지원 사용을 확대하는 방안과 저유향의 연료를 사용하는 방안, 공장에 정화시설을 설치하여 배출량을 감소시키는 방안 등이 있다.

끝으로 산림피해 대책방안으로 먼저 환경오

염의 종류 오염원거리에 따른 산림생태계의 피해정도, 피해종류 및 범위를 조사하여 생태계 장기피해예측 모델을 개발, 저항성과 정화력이 큰 내공해성 수종(표 4)을 선발, 식재와 수종을 적정배치함으로서 저항성이 큰 시업체계를 확립하고, 각종 시비방법에 의한 피해임지 회복방법을 연구하는 등 건전생태계 조성을 위한 종합방안이 있다.

도시 산림, 녹지의 중요성과 식생관리계획

농학박사 조 현 제
대구산업정보대학 산림자원학과

도시화 및 산업화에 따라 생활권주변 자연환경이 질적으로나 양적으로 급속하게 쇠퇴 및 감소됨에 따라, 도시주민들은 쾌적하고 동적인 자연환경의 그늘하에서 심적으로 풍요하게 살아가고 있는 농산촌주민들에 비하여 상대적으로 생활환경의 자연성 저하에 위기를 느끼고 있다. 이에 따라 도시주민들 사이에서는 생활환경 유지의 대표적인 자연환경으로 식물이나 동물이 만들어 내는 산림환경의 중요성에 대한 인식이 점점 높아져 가고 있으며, 이것은 생활환경에 대한 최근, 시민의 의식조사 등 여러 가지 여론조사 결과에서도 잘 나타나고 있다.

도시 생활환경 유지에 있어서 산림과 같은 자연환경의 중요성에 대한 시민들의 의식변화는 국내외적으로 도시계획수립에 있어 자연생태계를 고려한 환경도시(ecopolis)나 자원의 재생(recycle) 등을 중시한 생태도시 등 생태학적으로 건전한 도시만들기의 붐을 가져왔으며, 이와같은 가운데 도시권역 산림 즉, 도시림(urban forest)은 도시주민에게 있어서 가장 중요한 생활환경의 하나로 되고 있으며, 도시생태계에서 가장 전형적인 자연환경을 유지하고 있다.

I. 도시생태계의 특성

자연을 인간의 편리를 위해 나름대로 변화시켜 생물의 서식공간을 인간의 정주공간으로 바꾼 결과가 도시이다. 그 결과 도시내에서의 자연적인 생물의 종수나 개체수는 적어지고 도시민들은 이들 동식물과 접촉하는 기회를 점차 잃어가고 있다.

도시지역의 생물사회는 자연지역의 생물사회에 비하여 그 구성종수의 감소나 생육환경의 악화 등의 왜곡이 끊임없이 일어나고 있으며, 이와같이 왜곡된 생물사회를 “도시생태계(urban ecosystem)”라 부르고 있다.

도시환경의 저변에서는 대기오염, 토양오염, 수질혼탁, 지하수위의 저하, 토양의 빈양화와 건조화, 인위적 교란 등에 의해 식물군락이 정상적인 상태를 유지할 수 없게 되는 경우가 많다. 일본의 유명한 생태학자인 누마다(沼田 1972)는 「도시림은 자연림에 비하여 생물의 구성종수가 적고, 자연성이 떨어지며, 구조적으로도 초본층의 발달이 빈약한 단순구조를 나타내고 있다」고 보고하고 있다.

일반적으로 인공환경이 지배하는 도시생태계는 자연환경이 지배하는 자연생태계에 비하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 즉 ①종

수가 감소하고 특히, 자연생태계의 구성요소가 적다. ②귀화식물이나 귀화동물 등 도시환경에 특유한 종이 출현한다. ③특정한 생물, 즉 아까시나무, 돼지풀, 서양등골나물, 미국자리공 등의 도입 및 귀화식물이나 집비둘기, 야생화된 고양이나 개 등 도시화 동물의 개체수가 증가한다. ④소나무림이나 참나무림 등 이차천이초기의 군락이 성립하기 어렵게되므로 자연생태계에서 볼 수 있는 정상 천이현상도 일어나기 어렵게 된다. 생물적 다양성이 저하하는 것의 의해 생태계의 구조가 단순해지는 것 등이다.

II. 도시환경에 있어 산림보전

1. 도시에 있어서 산림보전의 방법

도시화는 전세계적인 경향으로 앞으로도 그 진행이 현저하게 심화될 것이 예상되므로 앞에서 기술한 도시생태계의 제 특성을 고려하여 도시에 있어서 산림보전의 방법은 다음과 같이 생각할 수 있다.

1.1 식물생육환경의 개선

우리나라에 있어서 도시환경을 생태학적인 시각에서 다룬 것은 1988년 서울올림픽이 끝난 직후부터이다. 필자는 환경적으로 가장 이상적인 도시는 소나무가 살 수 있는 도시이며, 따라서 도시환경계획의 목표도 도시화에 따른 여러가지 환경요인에 저항성이 약한, 바로 이 소나무가 살아갈 수 있도록 하는데 있다고 생각한다. 이것은 소나무를 도시환경의 지표로 생각하는 것이며 이와 같은 사고는 오늘날 생물

지표로서 여러 가지 환경지표로 사용되고 있는 데서도 잘 증명되고 있다.

이와 같은 사고는 도시지역의 산림보전에 있어 가장 기본이 되는 것이며, 이를 위해서는 무엇보다도 소나무와 같은 도시환경의 지표종들의 생육환경을 악화시키고 있는 요인을 찾아내어 제거하는 대책을 시급히 수립할 필요가 있다. 도시지역에 있어 식물생육환경을 악화시키고 있는 요인으로서는 앞에서 설명한 바와같이 대기오염, 토양오염, 수질오염, 지하수위의 저하, 토양의 빈약화와 건조화, 인위적 교란등이 있지만 그들이 식물의 생육에 영향을 미치는 기작을 명확히 밝히는 것은 현실적으로 불가능하다. 이들 요인은 식물에게 각각 개별적으로 작용하고 있을 뿐만 아니고 환경적 총체로서 복합적으로 작용하고 있다는 것을 충분히 인식하여 그 근본적 해결을 위한 개선책 마련이 필요하다고 본다.

1.2 현존식생의 보호

도시의 산림지역에 있어 현존하는 식물군락은 상관적으로나 종조성적으로 오랜시간에 걸쳐 형성된 것이지만 열악화된 도시환경하에서는 비교적 단기간에 그 종조성과 구조가 변화되어 간다는 것이 여러 연구에서 보고되고 있다. 그러나 식물군락의 빈화문제에 대한 인과관계는 아직도 명확히 구명되지 않고 있는 상태이다.

따라서, 환경오염의 심화로 식물군락을 지탱하는 생태학적 잠재력이 저하하고 있는 도시지역에 있어서 건전한 식물군락을 새로이 만드는

것이 어렵다는 것을 고려하면, 현존하는 식물군락의 보호는 도시 산림지역에 있어서 생태적으로 가장 시급한 과제라고 볼 수 있다.

1.3 면적과 배치의 계획

도시지역의 산림이나 공원계획에 있어 지금까지의 주요 관심은 면적과 배치의 문제이며, 그것은 산림이나 공원을 이용하는 주체인 인간 측면에서 적정공간이나 유치거리를 산출함으로써 해결 될 수 있다. 그러나 산림에 있어 가장 기본적인 구성요소인 식생에 눈을 돌리면 식생측면에서의 면적이나 배치에 대한 요구도 중요시된다. 도시생태계에 있어서 환경변화에 대한 적응폭이 좁은 표징종(indicator species) 등의 자연식생의 구성종이 정상적으로 생육하고 소나무나 전나무 등 환경변화에 대한 내성이 약한 식물이 건전하게 생육하기 위해서는 무엇보다 충분한 산림면적이 필요하다. 산림을 유전자정보의 장으로 생각하면 그 면적이 크면 클수록 유전자정보도 많아지고 유전자정보가 많아지면 환경변화에 대한 적응폭도 크게되기 때문이다.

시가지내에서 격리된 소면적의 숲에서 생육하는 식물들의 경우는, 그들의 생활환(life cycle)을 완결하는데 필요한 종자나 화분 등을 공급할 수 있는 개체수가 충분하지 못한 경우는 자연적인 갱신 없이 소멸하게 된다.

도시지역에서 건전한 식물군락을 유지하기 위해서는 적정면적 산정과 아울러 그 배치도 중요하며, Hooper(1970)는 숲간의 거리가 0.4~0.8km로 되면 식물군락의 고립화가 시작된

다고 추정하고 있다. 숲의 고립화는 그것을 구성하는 식물군락의 고립화로 이어져 숲간의 종자공급을 어렵게 하며, 특히, 참나무와 같이 종자가 중력산포형인 식물종에 있어서는 숲의 고립화가 곧 종의 소멸을 가져올 수도 있다.

이를 해결하기 위하여 최근에는 도시화지역에 있어서 숲과 녹지의 적정면적 산정과 배치 계획수립에 도서생물지리학의 이론을 응용하고 있는데, 그 주요한 이론은 다음과 같이 요약된다.

- 면적효과 : 숲(산림, 녹지) 면적이 클수록 건전한 식물군락을 유지할 수가 있다.
- 형상효과 : 숲가장자리(임연부)의 거리가 길수록 주변으로부터의 영향 즉, 주변효과(edge effect)를 많이 받게 되므로 동일한 면적이라면 가늘고 긴 것보다는 원형에 가까운 형상이 좋다.
- 거리효과 : 각각의 숲은 상호 근접하고 있으면 있을수록 종의 이동이 쉽게되므로 식물군락의 다양화에 있어 유리하다.
- 연결효과 : 각각의 숲은 대상 즉, 벨트모양으로 연결되면 그것이 하나의 네트워크로서 종의 이동에 도움을 준다. 가령, 도시내의 녹도(green road)나 하천녹지 등의 선상녹지는 단절된 숲과 숲을 연결해주는 네트워크로서 중요한 녹의 회랑(corridor)의 역할을 수행할 수가 있다.

1.4 식물군락의 다양화

악화된 도시환경하에서 빈화된 식물군락의 다양성을 회복하기 위해서는 환경오염원의 제

거뿐만 아니고 여러 가지 녹화방법의 이용 등보다 적극적인 대책이 필요하다. 최근 일본을 중심으로 지자체차원에서 진행되고 있는 생태계보전녹화나 생태녹화, 재생녹화 등의 방법은 빈화된 식물군락의 종다양성을 회복하는데 있어 하나의 좋은 예이다.

2. 도시녹지의 입지와 기능

도시환경의 보전에 있어 산림과 같은 녹지의 역할이 중요하다는 것은 분명한 사실이다. 녹지(open space)라고 하는 용어는 다음과 같이 정의할 수가 있다. 즉 녹지는 ①공지 : 건물등에 의해 건폐되어 있지 않는 토지, ②녹피지 : 식물에 의해 피복되어 있는 생물적 공간, ③영속적 토지 : 녹지인 것이 제도적으로 담보되고 있는 토지 등의 3가지 조건을 충족시키는 토지를 말한다.

도시녹지의 계획을 수립할 경우에는 먼저 자연적 입지에 적합한 도시의 토지이용계획을 수립하는 것이 도시의 기반조성면에서 아주 중요하다고 본다. 도시의 자연적 입지의 문제는 기존도시의 경우와 신도시의 경우가 다르다는 것을 생각해야 한다. 기존도시에서는 토지이용은 역사적으로 형성될 수 있고, 일반적으로 과거의 농촌적 토지이용속에서 도시가 외연적으로 확대하고 있는 경우가 많다. 이와 같은 경우에서도 도시의 성립기반의 차이, 즉, 저지, 대지, 구릉지, 산지 등의 차이에 의해 산림과 같은 녹지의 존재형태가 다르게 되므로 이것에 대응한 녹지계획 수립이 필요한 것이다.

한편, 신도시의 토지이용계획에 있어서는 사전에 자연 입지적 특성을 세밀히 조사하여 계획에 충분히 반영할 수가 있는 것이다. 즉, 현존식생도를 이용하여 신도시의 토지이용계획의 개념도를 미리 작성할 수가 있고, 이와 같은 방법으로 자연 입지적 특성을 고려한 신도시의 도시계획을 수립할 수가 있는 것이다.

도시녹지의 계획은 도시계획속에서 위치가 선정되며, 구체적으로는 도시의 마스터플랜을 구성하는 것과 같은 총합적 내지 체계적인 계획이 중요하고, 전체로서는 도시의 토지이용계획과의 관계를 중시하여 계획되어야 한다. 이 경우 가장 기본적인 문제는 자연 입지적 특성에 따라 산림과 같은 녹피지의 기능을 결정하는 것이다.

도시녹지를 도시내에 적정하게 배치하기 위해서는 녹지가 지닌 자연 입지적 특성이 중요한데, 이 경우, 도시녹지의 종류와 기능에 따라서 자연입지의 중요성도 달라지게 된다. 산림을 비롯한 도시녹지의 종류와 자연 입지적 특성과의 관계는 일반적으로 다음과 같다.

- 자연녹지(하천, 수로, 해안, 강변, 산림, 원야, 농지)에서는 자연적 입지조건의 중요성이 아주 높다.
- 공공녹지(공원녹지, 운동장, 광장, 공원묘지)에서는 그 종류에 따라서 자연적 입지조건의 중요성이 높은 것이 있다.
- 공개녹지(사찰경내, 공익시설원지, 민영원지)에서는 자연입지의 중요성은 부분적으로 높다.
- 공용녹지(공용주택원지, 후생시설, 운동장)

에서는 공개녹지와 마찬가지로 부분적으로 높다.

- 전용녹지(개인정원, 시험포장, 급배수시설지)에서는 경우에 따라 고려된다.

또, 이들 도시녹지의 기능과 자연입지성과의 관계는 다음과 같이 생각할 수 있다.

①존재기능(녹피의 성질과 그것의 효용을 구하는 경우)이나, ②방재기능(녹피지의 존재에 의해 방재적 효용을 얻도록 한다.)에서는 자연적 입지조건은 중요하고 입지의 보전은 식생의 보전과도 불가결하다. ③경관적 기능(녹피의 미적, 풍치적 효용을 구한다)이나 ④성역적기능(사찰경내나 묘지 등의 성역으로서의 효용을 구하는 경우)에서는 자연입지의 중요성은 높다. ⑤이용기능(이용시설로서의 효용을 구한다)에 있어서는 입지적 성질보다도 시설의 내용이나 권역 그리고 공간적 배치에 중점을 둔다.

한편, 도시녹지의 계획에 있어서 식생과 그것을 둘러싸고 있는 입지(지형, 토양, 지하수위 등의 조건)에 관한 조사도 중요하다. 이것은 녹지의 질적 및 양적 파악에 이용되는 것이고, ①현존식생의 분류와 분포의 조사, ②식생과 인위적 영향 즉, 토지이용과의 관계의 조사, ③식생과 입지와의 관계의 조사 등으로 구성되고 더구나 식생의 존재효과나 식생의 이용효과에 대해서도 현황 등이 주요한 분석 대상이다.

3. 도시지역 산림관리계획과 식생조사

3.1 도시림의 계획과 식생조사

도시근교의 산림이나 시가지내 자연공원과

같은 면적이 넓은 입지에 있어 산림관리계획을 수립할 경우에는 무엇보다도, 대상 입지에 있어서 생물자원, 경관자원 그리고 환경자원으로서의 중요한 기능을 수행하고 있는 현존하는 식생이나 동물에 대한 정확하고 충분한 조사가 요구된다.

산림관리계획의 기초로서 행해지는 식생조사의 결과는 대상지역의 토지이용구분에 있어서 식생보호지구의 설정이나, 적정한 수용력(이용밀도)의 결정, 식생관리, 식재설계 등에 이용될 수 있다.

식생조사에서 얻어진 현존식생도와 잠재자연식생도를 토대로 하여 보호대상 식물군락을 구분하고, 현존하는 각 식물군락의 식생관리방법과 장래 바람직한 식생관리방법이 제안되며, 식물군락의 경관적 평가와 잠재자연식생에 기인한 식재수종의 선정 그리고 각 토양의 성질과 개량법의 제안 될 수 있다.

식물군락은 그들의 종조성과 계층구조와 수목의 생육상태가 조사되고 각 군락의 공간적 분포가 현존식생도로 나타나게 된다. 그 후 현존식생도와 잠재자연식생도를 중합시켜 자연도가 높은 식물군락이 추출되게 되며, 여기서 자연도가 높은 식물군락은 보호대상식물군락으로서 평가됨과 아울러 경관적으로 아름다운 식물군락이나 귀중한 식물군락도 보호대상으로 중요하게 고려되게 된다.

도시지역에서 현존하는 여러 가지 식물군락은 무엇인가의 인위적 영향(관리행위)에 의해 성립되어 있는 경우가 많다. 가령 인공조림지와 활엽수 잡목림들의 관리방법도 상기의 식생

조사과정을 통하여 도출될 수가 있다.

도시지역 산림내 식재수종의 선정은 식재계획의 주요한 부분이고, 대상임지의 기조를 이루는 식물은 그 토지의 자연식생이나 대상식생 가운데서 선발한 향토수종인 것이 바람직하다. 그 때문에 잠재자연식생을 토대로 하여 이용가능수종의 선정을 행하는 것이 중요하다.

토양의 조사는 식생조사와 동시에 행할 필요가 있고, 식생조사의 일부로 생각할 수 있지만, 식물군락 성립의 기반을 이루는 측면에서 아주 중요한 조사이므로, 토양의 단면구조, 물리적 성질과 화학성 성질을 정확히 조사하여야 하며, 그 결과를 바탕으로 대상임지의 토양의 보전과 개량방법을 검토한다.

III. 맺음말

도시지역에 있어 산림과 녹지는 환경조건, 입지조건, 차이와 인위활동의 영향에 따라 여러 가지 형태로 성립, 발달하고 있고, 양적 및 질적으로 대상지역 자연의 핵으로서 전형적인 자연과 반자연환경을 구성하는 주요한 요소이다.

인간에 의해 하나의 “사회화된 생태계”를 이루는 도시주변 산림은 낙엽, 낙지 및 고사체 등에 의해 유기물이 임지로 환원되고 소동물과 여러 가지 미생물의 작용을 통해 무기화되어 수목의 영양원으로 되는 “자기시비”가 일반 산

림에 비해 정상적으로 행해지고 있지 않으며, 이러한 경향은 산림뿐만 아니라 도시내에 산재하는 제 녹지공간에서도 큰 문제로 대두되고 있다. 도시지역 산림 및 녹지가 지닌 이와 같은 문제는 그 대부분이 인간 간섭에 연유한 것이므로 그 회복을 위해서는 도시지역 자연환경의 골격인 산림에 대한 정확하고 정기적인 생태학적 정보수집을 통한 대책 수립(식생 및 토양관리계획 등)과 더불어 무엇보다도 인간관리가 중요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Hooper, M.D. 1970. Size and surroundings of nature reserves. pp. 555-561. I. E. Duffy and A.S. Watt(eds.), The scientific management of animal and plant communities for conservation. Blackwell, London.
2. 沼田眞. 1972. 都市生態系の特性に關する基礎的研究. 山本正編:人間生存と自然環境, 56-69. 東大出版會.
3. 趙顯濟. 1997. 도시권역 산림식생의 생태적 관리기법개발 : 부산광역시 황령산지역을 모델로 하여, 임업정보 70:42-45. 임업연구원.
4. 井手久登. 1987. 綠地保全の生態學. 東京大學出版會. 122pp.

토양 중 탄소축적에 대한 산림경영의 영향

박 관 수

충남대학교 교수

인간활동에 의해 발생된 지구온난화의 원인 물질인 온실효과가스 중(CO_2 , CFCs, CH_4 , N_2O) 이산화탄소는 대기에서의 그 양과 지구온난화에 미치는 영향 때문에 가장 중요하게 다루어져왔다. 산업혁명 이후 화석연료의 사용증가와 대규모 벌채로 인하여 대기 중 CO_2 함량은 1850년에 약 280ppm 이었던 것이 현재는 약 360ppm으로 증가하였으며, 앞으로도 계속될 인구증가와 경제활동의 가속화로 인해 21세기 후반에 대기 중 CO_2 함량은 산업혁명 이전보다 2배 이상 증가할 것으로 전망된다(Winjum 등, 1992).

대기 중 이산화탄소와 기타 온실효과 가스들의 증가로 인해 지구의 평균온도는 상승해 왔으며, 앞으로도 계속되어질 경제활동과 인구증가 등으로 인해 지구의 온도는 다음 세기에 2-5°C 정도 상승할 것으로 예측되고 있다(Houghton 등, 1996). 지구 평균온도에서의 약간의 변화는 지구의 대기, 해양, 육지 그리고 생명체계에 막대한 영향을 미칠 것으로 보고된다(Hair와 Sampson, 1992).

대기 중 CO_2 함량 증가와 지구온난화 문제로 인하여 산림생태계의 중요성은 그 어느 때보다 크게 부각되어졌는데, 이는 산림생태계가 육상생태계 내 지상부 탄소축적량의 약 90%와

지하부 탄소축적량의 40%를 차지하고 있으며(Waring과 Schlesinger, 1985), 지구에서 육지와 대기사이의 탄소순환은 해양과 대기간 탄소순환보다 크므로(Winjum 등, 1992) 산림생태계는 대기 중 CO_2 증가억제를 위한 어떠한 시도에서도 유용한 매개체로 큰 역할을 할 것으로 기대되기 때문이다.

토양 유기물은 토양에서 탄소를 포함하는 모든 물질들의 총합이며, 다양한 분해 상태에 있는 동물과 식물의 잔존물들로 구성되어있다. 토양 탄소는 지구 전체 탄소순환의 주요 구성요소로서의 그 역할과 입지 생산력을 반영하고 조절하는 토양유기물의 역할(양이온치환용량, 토양구조, 가비중, 질소, 그리고 수분상태) 때문에 중요한 산림생태계의 구성인자이다.

지구 전체적인 규모에서 토양은 지구 탄소순환의 구성인자로서 대기에 대한 탄소의 방출원 또는 축적원으로서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 지구의 육지 내 광합성에 의한 탄소 축적은 연간 약 120Pg(1Pg=1×10¹⁵g)로 평가되고 있으며, 이 중 최소한 그 양의 반은 지하부 뿌리와 토양유기물이 된다(Oades, 1998). 지구 육상생태계에 축적된 탄소의 총량은 약 2000±500Pg로 평가된다. 지구 전체적으로 약 1,500Pg의 탄소축적량과 함께, 토양은 대기 중

탄소량의 2.1배, 존재하는 식생의 2.7배 많은 탄소를 가지고 있는 것으로 평가된다(Metting 등, 1998). 어쨌든, 지구 육상생태계내 유기탄소의 축적량의 약 2/3를 차지하고 있는 토양에 있어서의 탄소순환에 대한 이해는 매우 부족한 실정이다(Metting 등, 1998).

생태학적 천이동안 생물체(autotrophic, heterotrophic)와 환경적 조절인자(기후, 수분 등) 사이의 상호작용은 토양유기물로서 탄소의 축적을 가져왔다(토양유기물은 대략적으로 58%의 탄소를 함유하고 있다). 지난 200년 동안 토지사용의 변화와 계속적인 농업활동은 토양을 대기 중 이산화탄소의 주요 방출원으로 만들어왔다. 그러나, 앞으로 50-100년 동안 여러 개선된 육상생태계의 탄소축적 방법들을 통하여 1850년대 이후에 식생과 토양으로부터 대기 중으로 방출된 탄소량은 다시 회복될 수 있을 것으로 학자들은 보고하고 있다(Lal 등, 1998; Houghton, 1995). 화석연료 사용으로 인해 매년 대기로의 CO_2 방출량은 $5.3 \times 10^{15} \text{g}$ 이며, 낙엽, 낙지, 그리고 뿌리 등에 의한 토양으로의 탄소 공급량은 $60 \times 10^{15} \text{g/yr}$, 그리고 분해에 의한 대기로의 방출량은 $50-60 \times 10^{15} \text{g/yr}$ 로 평가된다(Harrington, 1977; Post 등, 1990). 명백히, 농지나 산림에 대한 경영방법의 개선 등을 통하여 분해에 의한 방출량과 토양으로의 탄소 공급량 사이에서 약 10% 정도의 순이익만으로도 화석연료 사용으로 인한 대기로의 이산화탄소 유입량을 상쇄할 수 있을 것이다.

농지에서 토지 경영 방법의 개선을 통해 탄소의 방출을 억제할 수 있다는 제안처럼, 산림

생태계에 있어서 대기 중 탄소 방출을 억제하고 축적량을 증대시키기 위해 제안된 방법은 1)존재하는 탄소 축적량을 유지하고(즉, 벌채와 산림 파괴 억제) 2)산림 경영 방법을 개선하여 현재의 탄소축적 능력을 증대시키고 3)식재 지역을 확장하여 새로운 탄소 축적원을 만들며 4)대체에너지로서 목재에너지의 사용 등이다(Dixon 등, 1994; Wright 등, 1992). 위와 같은 방법은 대기 중 이산화탄소 증가 억제를 위한 영구적인 방법은 아니지만 최소한 다른 방법을 찾을 때까지의 시간을 벌어주는 효과가 있을 것으로 생각된다.

산림 토양에서 탄소축적의 중요성을 강조하고, 위에서 제안된 여러 산림 경영방법의 개선을 통한 토양 중 탄소축적을 증대시키기 위한 목적으로 Johnson(1992)은 여러 연구 결과들을 가지고 토양 중 탄소축적에 대한 산림 경영의 영향에 대해 서술하고 있다.

1) 식재 수종간 토양 중 탄소 축적량의 차이

식재 수종의 차이에 의해 토양중 탄소 함량은 증가하거나(Turner와 Kelly, 1985; Turner와 Lambert, 1988; Gilmore와 Rolfe, 1980), 또는 식재 25년 후에도 수종간에 차이가 없었으며(Lane, 1989), 그리고 Alban(1982)은 식재된 4개 수종 중에서 aspen 입지에서 가장 적은 토양 중 탄소함량을 보였다고 보고하고 있다. 일반적으로 수종간 생산력 차이에 의해 토양 중 탄소함량에서도 차이가 있는 것으로 보여진다.

2) 버려진 농지에 대한 식재 또는 벌채 후 조림에 의한 토양 중 탄소함량의 변화

일반적으로 수목 식재 후 토양 중 탄소함량은 증가(Johnson 등 1988; Jenkinson, 1970) 하였으며, Wilde(1963)에 따르면 적송 식재 후 토양 중 탄소함량은 수령과 함께 증가하였다고 보고하였다. 최근 미국, 캐나다 등에서 버려진 농지에 속성수 식재의 경우도 식재 후 일정기간이 지난 후에 지상부에서의 탄소축적과 함께 토양 중 탄소함량도 증가하는 것으로 보고된다(Hansen, 1992). 버려진 농지에 대한 수목의 경우와는 달리 자연림을 벌채 한 후 인공림을 조성한 경우 토양 중 탄소함량은 큰 차이가 없었거나 또는 벌채 전의 수준에 도달하는데 상당한 시간이 필요한 것으로 보고되는 바(Lugo 등, 1986; Schiffman과 Johnson, 1989; Hamburg, 1984; Boone 등, 1988), 현존의 임분을 생장이 빠른 수종으로 전환하는 것은 강우 등에 의한 토양 유실이 많은 우리나라의 경우 벌채 후 초기에 나지로 변화된 지역에서 많은 유기물의 손실이 있을 것으로 사료된다.

3) 시비처리에 의한 영향

일반적으로 시비처리는 수목의 생산력에 영향을 미쳐 토양 중 탄소함량의 증가(Nohrstedt 등, 1989; Van Cleve와 Moore, 1978; Turner와 Lambert, 1978; Gilmore와 Bogge ss, 1963; Gilmore, 1977; Baker 등, 1986)를 가져오는 것으로 보고된다. 어췌든, McCarthy (1983)는 slash pine에 시비처리 25년 후에 시

비의 영향은 거의 없는 것으로 보고하였다. 양분 상태가 양호한 지역의 경우 시비효과는 거의 없는 것으로 보고되어진다.

4) 벌채에 의한 영향

수목의 벌채 후 토양 중 탄소함량 변화에 대한 결과는 매우 다양하다. 그러나, 일반적으로 벌채 후 토양 중 탄소함량은 큰 변화가 없었거나 또는 약간의 변화만 있었다고 보고하고 있다(Johnson 등, 1991; Raich, 1983; Aztet 등, 1989; Huntington과 Ryan, 1990; Hendrickson 등, 1989; Dyck 등, 1991; Mattson과 Swank 등, 1989; Alban과 Perla, 1990). 다른 결과로서 Cunningham(1963)의 보고에 따르면 벌채 후 노출에 의해 0-5cm 토양 깊이에서 토양 온도의 증가로 인해 최대 반 이상의 탄소 유실을 가져왔다고 하였다. 또한 Ellis와 Graely(1987)도 벌채 후 23%의 토양 중 탄소함량의 손실을 가져왔다고 보고하였다.

맺음말

앞에서 언급한 여러 가지 보고된 결과가 각기 다르고, 실험 조건이 매우 다른 경우도 많지만, 벌채 후 burning을 시행하였을 경우 표토의 나출로 인한 토양탄소의 급격한 유실 이외에는 일반적으로 벌채 후 토양 중 탄소함량은 크게 변화가 없는 것으로 보여진다. 시비처리 후 수목의 생산력 증가로 인해 토양 중 탄소함량은 증가하는 것으로 보이며, 비식재지에 수목 식재 후 일정기간이 경과한 후에 지상부

에서의 탄소축적과 더불어 토양 중 탄소함량도 크게 증가하는 것으로 보인다. 지상부와 지하부에 많은 탄소축적을 할 수 있는 수종을 선택하여 식재하는 것이 바람직하지만, 기존에 존재하는 임분을 벌채하고 생장이 빠른 수종을 식재하는 것은 벌채 후 초기에 많은 토양 중 탄소함량의 감소가 예상되므로 주의를 하여야 할 것으로 사료된다. 산림생태계에서 토양의 물리, 화학적 특성을 지배하고, 지구온난화와 관련하여 매우 중요한 역할을 하는 토양유기물의 중요성은 소홀히 다루어져 온 것으로 생각된다. 지구온난화방지협약에 대한 대책으로서 앞으로 좀더 많은 연구가 필요하며, 특히 산림생태계내 토양 중 탄소순환에 대한 연구가 꼭 필요하다고 사료된다.

인용문헌

- 1) Alban, D.H. 1982. Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 46:853-861.
- 2) Alban, D.H., and D.A. Perla. 1990. Impact of timber harvesting on soils. p 377-391. In: S.P. Gessel, D.S. LacCate, G.F. Weetman, and R.F. Powers(eds.). *Sustained Productivity of Forest Soils. 7th North American Forest Soils Conference, University of British Columbia, Vancouver, B.C.*
- 3) Baker, T.G., G.R. Oliver, and P.D. Hodgkiss. 1986. Distribution and cycling of nutrients in *Pinus radiata* as affected by past lupin growth and fertilizer. *For. Ecol. Managem.* 17:169-187.
- 4) Boone, R.D., P. Sollins, and K. Cromack. 1988. Stand and soil change along a mountain hemlock death and regrowth sequence. *Ecology* 69:714-722.
- 5) Cunningham, R.K. 1963. The effect of clearing a tropical forest soil. *J. Soil Sci.* 14:334-345.
- 6) Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. Vol. 263:185-190.
- 7) Dyck, W.J., P.D. Hodgkiss, G.R. Oliver, and C.A. Mees. 1991. Harvesting impacts on second-rotation productivity on sand dune forests. Rep. No. 2710, Forest Research Institute, Rotoura, New Zealand.
- 8) Ellis, R.C. and A.M. Graley. 1983. Gains and losses in soil nutrients associated with harvesting and burning eucalyptus rainforest. *Plant and Soil* 74:437-450.
- 9) Gilmore, A.R. 1977. Changes in a reforested soil associated with tree species and time. II. Soil organic content and pH in hardwood plantations. *Univ.*

- Illinois Agr. Exp. Sta. For. res. Rep. No. 80-3.
- 10) Gilmore, A.R., and G.L. Rolfe. 1980. Variation in soil organic matter in shortleaf pine and loblolly pine plantations at different tree spacings. Univ. Illinois Agr. Exp. Stat. For. Res. Rep. No. 82-2.
 - 11) Gilmore, A.R., and W.R. Boggess. 1963. Effects of past agricultural practices on the survival and growth of planted trees. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:98-102.
 - 12) Hair, D. and R.N. Sampson. 1992. Climate change-history, prospects, and possible impacts. p 1-10 In: Sampson, R.N. and Hair, D.(eds.) Forests and Global Change. Vol. I: Opportunities for increasing Forest Cover. Am. For., Washington, D.C.
 - 13) Hansen, E.A. 1992. Soil carbon sequestration beneath hybrid poplar plantations. Nor. Cen. For. Expe. Sta. USDA For. Serv. For. Sci. Lab.
 - 14) Harrington, J.B. 1987. Climate change: A review of the causes. Can. J. For. Res. 17:1313-1339.
 - 15) Henderickson, O.Q., L. Chatarpaul, and D. Burgess. 1989. Nutrient cycling following whole-tree and conventional harvest in a Northern mixed forest. Can. J. For. Res. 19:725-735.
 - 16) Houghton, R.A. 1995. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart(eds.). Soils and Global Change. CRC Lewis Publishers, Boca Raton: 45-65.
 - 17) Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callendar, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell(eds). 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, England.
 - 18) Huntington, T.G., and D.F. Ryan. 1990. Whole-tree harvesting effects on soil nitrogen and carbon. For. Ecol. Managem. 31:193-204.
 - 19) Jenkinson, D.S. 1970. The accumulation of organic matter in soil left uncultivated. Comm. Bur. Soil Sci. Rothamsted Exp. Sta. Rep. for 1970.
 - 20) Johnson, C.E., A.H. Johnson, T.G. Houghton, and T.G. Siccama. 1991. Whole-tree clear-cutting effects on soil horizons and organic matter pools. Soil Sci. Soc. Amer. J. 55:497-502.
 - 21) Johnson, D.W. 1992. Effects of forest management on soil carbon storage. NCASI Technical Bulletin No. 628:1-41.

- 22) Johnson, D.W., G.S. Henderson, and D. E. Todd. 1988. Changes in nutrient distribution in forests and soils of Walker Branch Watershed, Tennessee, over an 11-year period. *Biogeochemistry* 5:275-293.
- 23) Lal, R., J. Kimble and R.F. Follet. 1998. Land use and soil C pools in terrestrial ecosystems. In Lal, R., J. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart(eds.). *Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Lewis Publishers, Boca Raton: 447-454.
- 24) Lane, C.L. 1989. Forest stand conversion from hardwoods to pine: 23 years later. p 253-256. In: S.P. Gessel, D.S. LacCate, G.F. Weetman, and R.F. Powers(eds.). *Sustained Productivity of Forest Soils*. 7th North American Forest Soils Conference, Univ. of British Columbia, Vancouver, B.C.
- 25) Lugo, A.E., M.J. Sanchez, and S. Brown. 1986. Land use and organic carbon content of some subtropical soils. *Plant and Soil* 96:185-196.
- 26) Mattson, K.G., and W.T. Swank. 1989. Soil detrital carbon dynamics of following forest cutting in the Southern Appalachians. *Biol. Fert. Soils*. 7:247-253.
- 27) Metting, F.B., J.L. Smith, and J.S. Amthor. 1998. Science needs and new technology for soil carbon sequestration. p 1-34 In: Rosenberg, N.J., R.C. Izaurralde, and E.L. Malone(eds.). *Carbon Sequestration in Soils: Science, Monitoring, and Beyond*. Proceedings of the St. Michaels Workshop, December 1998.
- 28) McCarthy, J.W. 1983. Soil changes resulting from phosphorous fertilization of slash pine (*Pinus elliotti* Engem. var *elliotti*). ph.D. thesis, University of Florida, Gainesville.
- 29) Norrstedt, H-O., K. Arnebrant, E. Baath, and B. Soderstrom. 1989. Changes in carbon content, respiration rate, ATP content, and microbial biomass in nitrogen-fertilized pine forest soils in Sweden. *Can. J. For. Res.* 19:323-328.
- 30) Oades, J.M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5:35-70.
- 31) Post, W.M., T-H Peng, W.R. Emmanuel, A.W. King, V.H. Dale, and D.L. DeAngelis. 1990. The global carbon cycle. *American Scientist* 78:310-326.
- 32) Schiffman, P.M., and W.C. Johnson. 1990. Phytomas and detrital storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. *Can. J.*

- For. res. 19:69-78.
- 33) Raich, J.W. 1983. Effects of forest conversion on the carbon budget of a tropical soil. *Biotropica* 15:177-184.
- 34) Turner, J., and J. Kelly. 1985. Effect of radiata pine on soil chemical characteristics. *For. Ecol. Managem.* 11:257-270.
- 35) Turner, J., and M.J. Lambert. 1988. Soil properties as affected by *Pinus radiata* plantations. *New Zealand J. For. Res.* 18:77-91.
- 36) Van Cleve, K., and T.A. Moore. 1978. Cumulative effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer additions on soil respiration, pH, and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42:121-124.
- 37) Waring, R.H. and Schlesinger, W.H. 1985. *Forest Ecosystems; Concepts and Management*. Academic Press, N.Y. 340p.
- 38) Wilde, S.A. 1964. Changes in soil productivity induced by pine plantations. *Soil Sci.* 97:276-278.
- 39) Winjum, J.K., R.K. Dixon and P.E. Schroeder. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air, and Soil Pollut.*, 64:213-227.
- 40) Wright, L.L., R.L. Graham, A.F. Turhollow and B.C. English. 1992. The potential impacts of short-rotation woody crops on carbon conservation. p 123-156 In: Sampson, R.N. and Hair, D. (eds) *Forests and Global Change*. Vol. I: Opportunities for increasing Forest Cover. Am. For. For., Washington, D.C.

논 단

기후변화와 산림내 탄소

임학박사 김 춘 식
임업연구원 산림환경부

머리말

지금까지 산림이 가지는 목재생산 기능은 우리가 산림에서 얻을 수 있는 가장 큰 혜택으로 고려되어 왔다. 그러나 최근에는 산림이 가지는 다른 혜택에 대하여 관심이 증가되고 있으며 목재생산 뿐만 아니라 환경에 미치는 경제적인 가치에 대한 인식과 함께 산림이 가지는 환경정화 기능으로서의 산림의 위치에 대한 재평가가 필요하다. 최근 기후변화에 대한 관심의 증가와 함께 산림부분은 지구온난화 같은 지구환경변화에 대응을 위한 여러 가지 정책수립에 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 산림을 통한 온실가스의 저감노력은 가장 적은 비용으로 온실가스를 감축할 수 있는 수단으로서 온실가스와 관련된 사업은 세계경제의 중심부분 중의 하나가 될 것으로 예측되고 있다. 특히 산림은 온실가스인 이산화탄소를 감소하는데 결정적인 역할을 하고 있다는 점의 인식과 함께 온실가스와 관련된 사업은 지금까지의 목재생산이 주가 되던 전통적인 임업이라는 테두리에서 벗어나 탄소권(Carbon credits)이나 탄소배출권 거래(Carbon emission trading), 탄소임업(Carbon forestry) 등과 같은 새로운

용어를 창출하고 이와 관련된 많은 새로운 사업과 직업이 만들어지고 있으며 새로운 투자가치가 있는 매력적인 수단으로서 인정되고 있다.

산림이 대기중의 이산화탄소 흡수를 통하여 지구온난화를 완화하고 탄소저장고로서의 기능을 다시 한번 확인한 것은 유엔기후변화협약(United Nation Framework Convention on Climate Change)의 1997년 교토회의에서 채택된 교토의정서 제3조 3항에 기초를 두고 있다. 현재 우리 나라는 개발도상국에 포함되어 교토의정서상 온실가스감축에 대한 의무당사국은 아니지만 앞으로 의무당사국이 될 경우를 대비하여(제3차 공약기간(2018~2022)이 될 가능성이 있으며 자발적 비구속적인 감축노력에 참여를 계획중임) 산림이 어떤 방법으로 탄소를 흡수하고 기후변화와 어떠한 관계가 있는지를 알아보는 것은 산림관계 종사자들에게 앞으로 대응방안 수립을 위해 의미가 있을 것으로 생각된다.

기후변화

유엔기후변화협약에 의한 기후변화란 “인간 활동에 의해 직·간접적으로 기여되어 발생한 지구대기 구성성분의 변화에 의한 기후의 변화

나 비교가 가능한 기간동안 관측된 자연적인 기후변동에 덧붙여서 발생하는 기후변화”를 의미한다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 “인간활동의 결과나 자연적인 변동에 기인하여 기후에 어떤 변화가 오는 것”을 말한다고 보다 광범위하게 정의하고 있다. 인간활동 특히 화석연료의 연소나, 토지이용패턴의 변화는 주로 이산화탄소, 질소산화물, 메탄 같은 온실가스의 대기중 농도증가를 초래하고 있으며 이들은 대기온난화에 기여하고 어떤 지역에서는 연무질(aerosols)에 의해 대기가 냉각되는 경향이 있다. 과학자들은 온실가스의 증가나 연무질은 온도, 강수량, 토양수분, 해수면 등의 기후나 기후관계 파라메타의 지역적, 지구적 변화를 초래하게 될 것으로 예측하고 있다. 비록 평균지구온난화는 다음세기의 끝에 1~3.5 정도 변화 될 것으로 예측되고 있으며 그러한 온난화는 지구전체가 균등하게 변화하지 않아 지역평균기온은 현재보다 상승하거나 하강하는 지역도 있을 것이다. 고위도 지방은 지구평균보다는 상승할 것으로 예측되며 비록 많은 불확실성이 있지만 IPCC는 2100년경 지구평균 표면 온도는 1~3.5℃, 해수면의 15~95m 상승을 예측하고 있다.

산림내 탄소고정 및 측정방법

임목이 성장하면서 잎내에서 발생하는 광합성을 통하여 대기중의 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 생산하며 이러한 탄소는 수간, 가지, 뿌

리, 잎 등에 저장된다. 이 과정을 탄소고정(carbon sequestration)이라고 하며 이 과정에서 흡수된 탄소는 탄소배출거래가 도입이 된다면 잠재적으로 탄소권(Carbon credits)이 될 수 있다.

산림내 고정되는 탄소측정을 위한 방법 중 지상부 임목의 경우는 수고와 직경을 이용하여 재적을 환산한 후 비교적 쉽게 계산할 수 있다. 이때 재적은 임목건중량으로 환산할 수 있으며 건중량의 50%를 탄소량으로 일반적으로 사용하고 있다. 만일 수간부위의 재적증가량이 년 $10\text{m}^3/\text{ha}$ 인 속성수 임분이 있을때 1m^3 당 500 kg의 건물질을 얻을 수 있다면 1년에 얻을 수 있는 이 임분의 탄소흡수량은 $2.5\text{tonC}/\text{ha}$ (건물질의 50%를 탄소함량으로 계산)이다. 그 외에도 가지, 뿌리, 엽 등에 의한 탄소흡수량은 비례식이나 기 개발된 바이오매스 추정식 등을 이용하여 계산할 수 있다. 비록 임목의 지상부 탄소량이 비교적 쉽게 측정이 가능하지만 임상(forest floor)이나 뿌리, 토양부분의 탄소저장량이나 흡수량 추정을 위한 방법은 아직까지 뚜렷하게 표준화되어 있지 않으나 지금까지 알려진 방법은 다음과 같다.

산림내 지하부 바이오매스의 대부분은 직경 2mm 이상으로 정의 되는 굵은 뿌리에 저장되어 있다. 그러나 연년생장의 대부분은 세근에 할당된다. 비록 어떤 뿌리들은 토심이 깊은 지역까지 신장할 수 있지만 전체 뿌리바이오매스의 대부분은 토심 30cm 부위에서 발견된다. 뿌리바이오매스의 대부분은 지상부 바이오매스와 밀접한 상관이 있는 것으로 알려져 있으

며 어느 특정한 지형에서 지상부와 지하부 바이오매스와 관계가 알려져 있으면 비록 어느 정도 편차가 있을 수 있지만 추정치의 정확성에는 특별한 영향을 미치지 않는다. 일반적으로 세균은 토양탄소의 일부분으로 고려될 수 있다. 낙엽바이오매스는 광물질 토층의 상부와 낙엽층의 하부와와의 경계 결정이 어렵기 때문에 토양의 한부분으로 종종 정의된다.

낙엽층은 임상, 낙엽층, 유기물층 등으로 알려져 있으며 광물질토양의 윗부분에 위치한 분해되지 않은 식물체의 층을 말한다. 식물 litter의 양은 산림수확 후 즉시 현저하게 증가할 가능성이 있으며 전형적으로 표토에 많은 양의 유기잔재를 남긴다. 이러한 잔존물은 산림수확 후 수년내에 분해되게 될 것이다. 산림이 성숙하는 동안 임상은 급속하게 축적이 되며 탄소에 대한 이러한 변화는 산림내 탄소의 중요한 구성요소가 된다. 그러나 산림수확의 순환이 계속되고 임목이 다시 자람으로서 임상내 탄소 저장량의 전체적인 변화는 크지 않다. 표면 litter 양을 추정하기 위해 필요로 되는 시료수는 생태계사이에 크게 다르다. 어떤 산림지역은 10-15개의 임의로 선정된 지점에서 시료채취는 대면적에 대한 임상의 양의 변화에 대한 비교적 정확한 추정치를 제공할 수 있다. 반면에 사막 관목지역에서는 보다 많은 시료가 필요하다. 어떤 특정지역에서 요구되는 수준의 정확한 총량을 추정하기 위해서는 필요로 되는 임상시료의 수를 결정하기 위한 예비조사가 요구된다.

토양은 유기탄소와 무기탄소의 2가지 형태를

포함하고 있다. 토양무기탄소는 주로 탄산염으로 발생하며 건조나 반건조지역에서 토양탄소의 총량은 무기탄소에 의해 우세하다. 광물질 토층내에 유기탄소는 주로 무정형의 유기질 분자인 부식에서 발견되며 이러한 것들은 식물바이오매스의 미생물 분해로부터 유래된 것으로 생각된다. 부식의 많은 부분은 토양내 점토같은 광물질 입자에 부착되어 있다. 토양유기물의 총량중 비교적 적은 양이 죽은 뿌리로부터 구성되며 그들의 껍질은 토양유기물로 고려되기도 하나 토양층위내 총탄소의 <5%정도로 적은 비율을 차지한다. 채취되어야 할 토양시료의 수는 지역에 따라 달라질 수 있으며 토양 분포에 있어서 지형변이나 장소적인 이질성에 따라 결정된다.

단위면적당 탄소 저장량은 다음과 같은 식에 의해 계산될 수 있다.

$$\text{토양 유기탄소(SOC)저장량(Mg ha}^{-1}\text{)} = ((\% \text{SOC}) \times \text{깊이(m)} \times \text{토양가비중(Mg/m}^3\text{)}) \times 10^4 \text{m}^2/\text{ha}$$

현재까지 탄소저장량 측정을 위한 깊이는 주로 토지이용에 따른 토양내 탄소량 변화가 주로 이 부위에 한정되므로 지하부 30 cm 깊이까지를 기준으로 하고 있으나 아직까지 확실한 깊이는 정의되지 않고 있다.

산림내 탄소와 교토의정서 의미

1992년 브라질 리우에서 열린 유엔환경정상

회담에서는 온실가스배출량을 감소하기 위한 국가적인 목표설정이 필요하다는 것을 인식하였으며 온실가스농도를 감소시키기 위한 목표로 기후변화협약을 채택하였다. 그후 세계 여러 나라에서 그 목표를 달성하기 위한 협상을 시작하였다. 1997년 교토의정서는 산림을 통한 탄소흡수에 대하여 커다란 진보를 가져왔으며 산림생장에 의한 탄소흡수를 온실가스 감축이행수단으로서 인정한다는 내용을 포함하는 국제적인 합의이다. 교토의정서는 기후변화협약 과정에서 파생된 법적인 부속 문서로서 유엔기후변화협약의 목적은 안전한 수준까지 대기중의 온실가스농도를 감축하는데 있다. 교토의정서는 온실가스배출을 감소하기 위해 선진국에 대해 법적인 온실가스배출 목표의 범위를 할당하고 있으며 결과적으로 기후변화협약의 목표달성에 기여할 수 있게 될 것이다.

세계 각국은 교토협약이행을 위해 공동이행제도(Joint Implementation), 청정개발체제(Clean Development Mechanism), 탄소배출권 거래(Emission trading) 같은 유연성 메카니즘(Flexibility mechanism)을 도입할 수 있다. 여기에서 공동이행제도는 선진국이 선진국에 투자하여 발생된 온실가스 감축분을 배출저감실적으로 인정하는 제도(교토의정서 제6조)이며, 청정개발체제는 선진국이 개도국에 투자하여 발생된 온실가스 감축분을 자국의 탄소권으로 인정받고 개도국은 이 과정에서 기술 및 재원이전의 혜택을 보는 것을 말한다(교토의정서 제12조). 탄소배출권거래는 이산화탄소의 배출이 많은 나라에서는 교토협약 이행을 위해

보다 많은 탄소권을 구입해야 하며, 배출이 적은 나라에서는 배출에 대한 여력과 함께 여분의 탄소권을 판매할 수도 있어, 배출거래를 통하여 그들의 저감 목표를 달성할 수 있다.

교토의정서에 나타난 현재까지 탄소배출거래가 가능한 산림은 이산화탄소 배출할당량 산정기준연도인 1990년 1월 1일 이후 산림지역 내에서 발생한 재조림(reforestation)림과 산지전용(deforestation)활동, 산림지역 외에서 발생한 신규조림(afforestation)활동에 제한되며, 전체 산림이나 심지어는 현재 경영되고 있는 산림은 포함되지 않기 때문에 이러한 산림은 총 지구탄소 수지의 아주 적은 부분을 차지한다. 여기서 재조림은 역사적으로나(historically), 예전에 산림으로서의 배경을 가지고 있었지만 타용도로 사용된 적이 있는 지역에 임목을 식재하는 것을 말하며 신규조림지역은 역사적으로 산림을 포함하지 않았던 지역에 새롭게 임목을 식재하는 것을 말한다. 특히 임업적인 관점에서 재조림이란 산림경영의 한부분으로서 산림수확 후 갱신을 포함하는 것으로 알려져 있지만 교토의정서에서는 토지이용변화와 관련지어 재조림을 정의하고 있으며 현재도 뚜렷한 정의를 확립하기 위한 노력이 진행중이다.

교토의정서에서는 천연림에서의 시업이나 처녀림에서의 수종갱신림의 탄소권을 인정하지 않으며 신규조림이나 재조림에 의해 조성된 산림에서의 탄소흡수량 만을 인정한다. 2008-12년 사이에 흡수된 탄소저장량 증가분만 교토협약 이행에 이용 될 수 있으며 이때 흡수된

탄소는 거래가 가능한 상품으로서 거래단위는 1톤의 이산화탄소 배출과 동등한 영구적인 저장량으로서 정의된다. 거래단위는 탄소흡수에 이용된 것이 무엇인지에 중심을 두고 출처 등을 식별할 수 있는 고유의 일련번호를 가지는 전자식 증권(Electronic certificates)이 될 수 있다. 임분에 관련된 내용, 식재년도, 지리적인 위치 같은 다른 세부적인 사항이 거래단위에 동반되어 질 수 있다.

맺음말

지금까지의 산림은 임목생산이 주가 되었으나 최근 산림이 가지는 혜택에 대한 인식이 새로워지면서 환경에 미치는 영향에 관심이 집중되고 있다. 1997년 교토의정서에서 지구 온난가스 방출을 상쇄하는 수단으로서 새롭게 식재된 산림을 인정한 이후 산림을 탄소의 거대한 흡수원(Sink)으로서 새로운 평가와 함께 산림소유자나 기업은 효과적인 산림관리를 통하여 산림내 탄소저장량을 증가하는 것은 목재수확으로부터 얻을 수 있는 수입외에 부수적인 수입을 올릴 수 있는 기회가 될 것으로 예측되고

있다. 특히 신규조림지의 확대는 임업과 관련 산업의 고용기회를 확대하고 토지이용의 효율성 증대뿐만 아니라 탄소권의 거래를 통하여 산림소유자에게는 목재생산으로부터의 수입과 함께 부수적인 수입을 올릴 수 있는 기회가 되며 탄소권 구매자에게는 탄소배출을 상쇄할 수 있는 기회를 주기 때문에 개인과 기업들의 산림에 대한 투자는 매력적인 사업이 될 것으로 예측되고 있다. 또한 신규조림의 확대나 침식지나 폐경지 등에 조림을 실시함으로써 이러한 지역의 친환경적인 복원이 가능하게 될 것이며 산림내 생물다양성의 증진이나 토양을 보전하는 기회가 될 것이다. 그러나 현재까지 탄소권 거래가 가능한 지역이 주로 타용도 토지를 임지로 전환한 지역이나 과거에 임지가 아닌 지역을 새롭게 개발하여 신규조림을 실시한 지역에 한정되기 때문에 산림내 탄소 배출권 거래와 관계되는 산림지역은 극히 제한된 지역에 한정된다 하겠다. 현재도 산림이나 토지이용변화 등에 관한 개념의 정의나 측정방법 등에 연구가 실시되고 있으나 지금까지 알려진 내용에서 크게 변하지 않을 것으로 판단된다.

21세기 임업과학의 전망

심 종 섭

한국산림과학기술단체연합회장

내일을 예측하기도 어려운 요즈음 21세기 임업과학을 전망한다는 것은 매우 어려운 일이다. 21세기는 20세기와 무엇이 다른 것일까? 1초를 사이에 두고 가는 세기와 오는 세기로 갈라진다. 이제 20세기는 과거사가 되었고 21세기는 희망 속에 현실로 다가왔다. 가버린 시간과 다가오는 시간 이것은 인간이 피할 수 없는 시간의 궤도 위에서 살아가야만 한다는 것을 다시 한번 깨우쳐 주는 것이다. 그러기에 인간은 언제나 가는 것보다는 새롭게 다가오는 것을 큰 희망 속에 기다리는 것 같다. 온 세상 사람들이 밤잠을 설쳐가면서 큰 잔치 속에 새천년을 환호하여 맞아 드렸던 뜻을 알만도 하다. 새롭게 다가오는 시간을 기다리는 인간의 마음에는 언제나 희망과 의지의 불길이 타오른다. 인간에게 희망과 용기가 없다면 살 맛이 없을 것이다. 우리에게 언제나 새로운 희망을 가져다주는 이 새로운 시간들! 하루가 가면 다음 새날을 마지하게 되며 일년이 가면 다음 새해가 온다. 한 세기가 가면 새로운 한 세기가 오기 마련이다. 인간은 이와 같은 시간의 흐름 속에 계속 새로운 꿈을 찾아 삶을 이어가는 것이 아닐까? 21세기는 우리에게 이와 같은 꿈을 갖게 하는데서 그 의의를 찾아야 할 것이다.

20세기는 왔지만 지금까지 계속 되어온 많은

일들은 그대로 21세기에 물려주고 갔다. 21세기는 이 바탕 위에서 버릴 일이면 과감히 버리고 계승할 것이면 계승하면서 그 위에 새로운 것들을 창출하여 발전하여 나아가야 할 것이다. 20세기의 특징을 말하자면 여러 가지를 들 수 있으나 과학과 기술의 급속한 발전에 힘입어 공업화를 이끌어 내어 산업화로 경제발전에 크게 기여한 세기라 할 것이다. 이어 후반에는 컴퓨터의 출현으로 정보화시대의 막을 열어 놓았다. 이것을 물려받은 21세기는 정보화시대의 원숙속에 큰 변화가 예견된다.

정보화시대는 정보가 힘의 원천이 되며 경우에 따라서는 천연자원이나 중화학공업계 버금가는 힘의 원천이 될 수도 있다. 정보화시대의 특징을 짓는 요소라면 데이터와 통신 그리고 컴퓨터라 할 수 있다. 이 중에서도 컴퓨터가 중요한 역할을 담당하게 된다. 모든 일의 처리가 지극히 빨라지며 그 범위도 무한히 넓어져서 과거는 상상조차 할 수 없었던 일들을 빠르게 쉽게 처리하여 갈 수 있기 때문이다. 요즈음 정보의 홍수라고 표현할 만큼 하루에도 엄청난 양의 자료들이 쏟아 나오고 있다. 이 많은 정보들을 개인이 종전과 같은 방법으로 처리 소화한다는 것은 도저히 불가능한 일이다. 그러나 컴퓨터 베이스 프로그램을 이용하면 자

료의 정리와 분류 등에 걱정할 필요가 없게 되었다.

이와 같은 꿈의 시대, 정보화시대를 맞이하여 우리 임업인들은 임업에 대한 꿈은 무엇일까? 첫째 이 세상 모든 사람들이 감사하고 만족할 수 있는 풍부한 산림자원을 육림조성하여 이용하고 지속 가능한 산림경영이 이어갔으면 좋겠다. 둘째 임업에 관한 과학과 기술이 세계 수준으로 발전되어 산림과 임업발전에 기여하였으면 좋겠다. 셋째 국가의 중요한 산업의 하나로 경제적 가치 있는 임업으로 발전하였으면 좋겠다. 넷째 국민적 존경을 받는 임업인으로서의 사회적 경제적 지위가 향상되었으면 좋겠다. 이것들은 상호 밀접한 연관성이 있으므로 순차적인 발전은 가능할지 모르나 별개의 것으로는 생각하기 어려울 것이다.

이 큰 희망의 시대에 우리 임업과학은 어떻게 기여할 것인가 지난 세기의 우리 나라 임업과학은 임업에 관한 신학문의 조류를 타고 겨우 뿌리를 내려간 세기였다고 생각하여도 무방하리라. 전반기는 학술적인 면보다는 기술도입면에 많은 노력을 하였다. 후반기에서부터 학문의 시대가 열리기 시작, 비교적 빠른 발전을 하여 오고 있다. 그러나 임업자체를 보면

극도의 수탈임업에서 바닥을 칠 정도까지 갔다가 요즈음 겨우 녹화기를 거쳐 자원조성시대에 들어가고 있어 다행한 일이라 생각한다.

이것을 이어받은 21세기에는 우리가 바라는 희망을 달성할 수 있는 임업과학발전의 올바른 방향을 정하여 착실히 끌어가야 할 것이다. 그 방향은 지금까지와는 달리 순수학문적인면 보다는 새로운 기술개발에 기여할 수 있는 현장을 인식한 연구개발이 요청되리라 생각된다. 물론 세계적인 흐름을 경시하여서는 안되겠지만 보다 우리나라 임업발전에 기여할 수 있는 과학기술의 개발에 더욱 전념하여야 할 것이다.

요즈음 일들을 하여가는 것을 보고 있으면 모든 것을 다 잘하여 보려다가 하나도 제대로 잘 안되어 실패하는 경우가 있는가 하면 일을 너무 크게 벌이다 자금 부족이나 일손 부족으로 일을 그르치는 경우도 많다. 또한 머리는 커서 이것저것 생각이 많아 아래로 내려가는 명령은 많으나 이것에 따라 움직여야 할 손발이 맞지 않아 일을 그르치는 경우도 많이 본다. 지난날 우리는 이와 같은 우를 범하지는 않았는지 깊이 생각하여 보면서 두번 실수하는 일이 없도록 지혜롭게 계획하여 나아가야 할 것이다.

영월댐이 하류 수질환경에 미치는 영향

김 범 철

강원대학교 자연과학대학 환경과학과 교수

우리나라와 같이 강우가 집중되어 있는 기후 여건에서 댐은 홍수피해를 줄여주고 갈수기에 수자원을 공급하는 중요한 기능을 가지고 있다. 그러나 근래에 들어서 과거에는 간과하였던 댐의 환경생태학적 영향들이 연구되고 인식되기 시작하면서 댐건설 타당성을 평가하는 cost-benefit analysis 에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있다.

우리 나라에는 이미 많은 수심이 깊은 대형 댐들이 건설되어 있으며, 앞으로도 새로운 댐의 건설이 검토되고 있으므로 댐의 영향에 관한 인식을 새로이 할 필요가 있다. 본고에서는 기존의 대형댐의 사례를 바탕으로 우리 나라의 자연여건에서 대형댐들이 수중생태계와 수질 환경에 미치는 영향 및 대책을 고찰하여 보고자 한다.

1. 방류수의 수온변화에 따른 하류하천에 미치는 영향

수심이 깊은 호수에서는 여름에 표층의 수온만 상승하고 심층의 수온은 겨울에 냉각된 상태로 남아 있으므로 수온이 낮다. 기존의 우리나라 대형댐의 대부분은 댐의 방류구가 중층에 만들어져 있기 때문에 여름에 수온이 낮은 중

층수가 방류되어 하류 하천의 수온이 댐이 없을 때보다 크게 낮아져 여러 가지 냉수피해를 가져온다. 이러한 냉수현상은 소양댐을 비롯하여 중층방류를 하는 모든 대형댐에서 나타나고 있다(그림 1). 소양댐 하류에서는 한여름에도 15℃이하의 찬물이 방류되어 물놀이를 할 수 없으며 겨울에 빙어가 출현하는 외에는 어류가

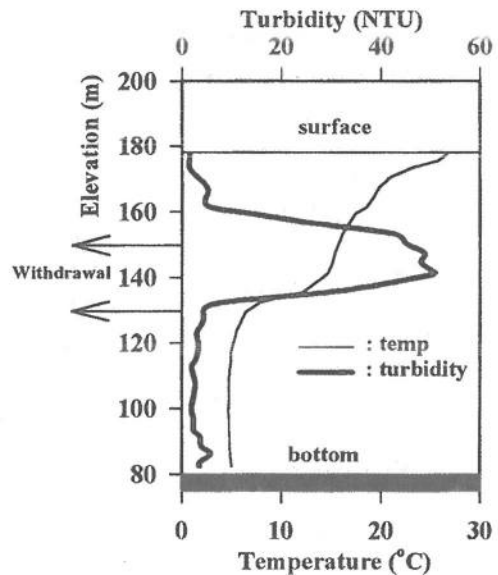


그림 1 소양댐에서 홍수 후 측정된 수온과 탁도의 수직분포.

방류구가 중층에 위치하고 있으며 방류구 수심의 수온은 15℃이하를 나타내고 있다. 폭우시에 유입한 강물이 중층으로 유입하여 수심 20m에서 50m 사이에 탁도가 높은 탁수층이 형성되어 있다.(1996년 8월 4일)

거의 살지 않는다. 반면에 겨울에는 방류수의 수온이 높아 기온보다 높아 증발이 많고 안개의 원인이 되고 있다.

호수는 수면이 넓기 때문에 태양광선을 충분히 받아서 표층수온이 강물보다 더 높아질 것이며 여름에 호수의 표면온도는 25-30℃에 이르므로 인근 지역보다 수온이 높아질 것이다. 또한 호수의 큰 열용량으로 인하여 겨울에는 기온보다 늦게 냉각되므로 따뜻한 강물이 방류될 것이며 강물의 증발량 증가로 인하여 가을과 겨울에 하류지역에서 안개가 증가할 것이다. 따뜻한 방류수로 인한 늦가을과 초겨울의 안개 증가현상은 춘천에서 그 예를 찾아 볼 수 있으며 춘천시는 소양댐건설 이후 전국에서 가장 안개가 많은 도시가 되었다.

그러나 영월댐에서는 방류수의 수심을 선택할 수 있도록 만들어 표층수를 방류할 계획이므로 냉수로 인한 하류의 피해는 없을 것이며 원래의 강물보다 수온이 오히려 높아질 것이다. 그러나 댐에서 방류되는 수온이 높은 물도 냉수와 마찬가지로 생태계의 교란을 가져올 수 있다.

2. 탁수의 장기화 현상에 따른 정수방해

우리 나라 하천의 유량은 강우량에 따라 크게 변동한다. 홍수기와 갈수기의 유량비는 300을 넘는 예가 많다. 이렇게 유량이 증가할 때는 지면에 내리는 강우의 강도도 강하고 하천의 유속도 빠르므로 많은 토양이 침식되어

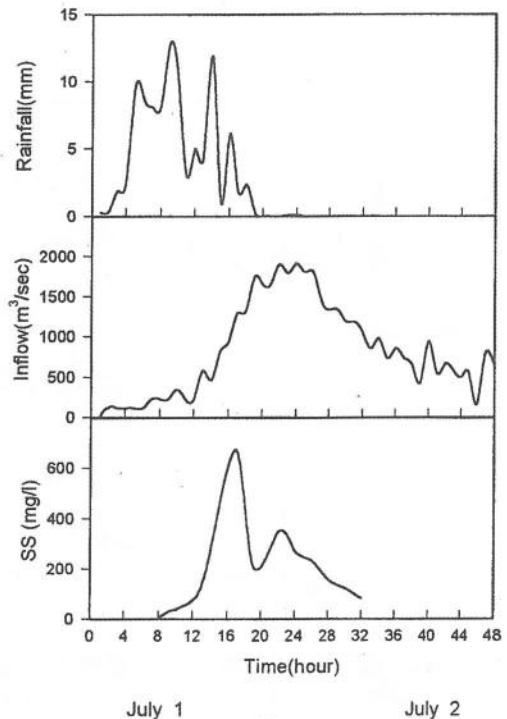


그림 2 소양강의 강우에 따른 유량과 SS의 변화.

폭우후 유량과 SS가 급격히 증가하는 모습을 보인다.(1995년 7월 1일-2일)

하천에 탁수가 흐르게 된다(그림 2). 강우시 탁수가 흐르는 것은 농경지나 토목 공사장과 같이 노출된 토양이 있는 곳에서는 필연적인 현상이다.

댐이 없는 경우에는 폭우시 발생한 탁류가 곧 바다로 흘러가며, 비가 그치면 곧 유량이 감소하고 물이 맑아진다. 그러나 댐이 있는 곳에서는 탁수가 댐에 저장되어 있으며 서서히 방류되므로 하류의 하천에서는 장기간 탁수가 흐른다. 댐의 건설목적이 홍수기 하천수를 가두어 홍수를 방지하고 갈수기에 수자원으로 사용하는 것이므로 탁수를 저장하는 것은 당연하

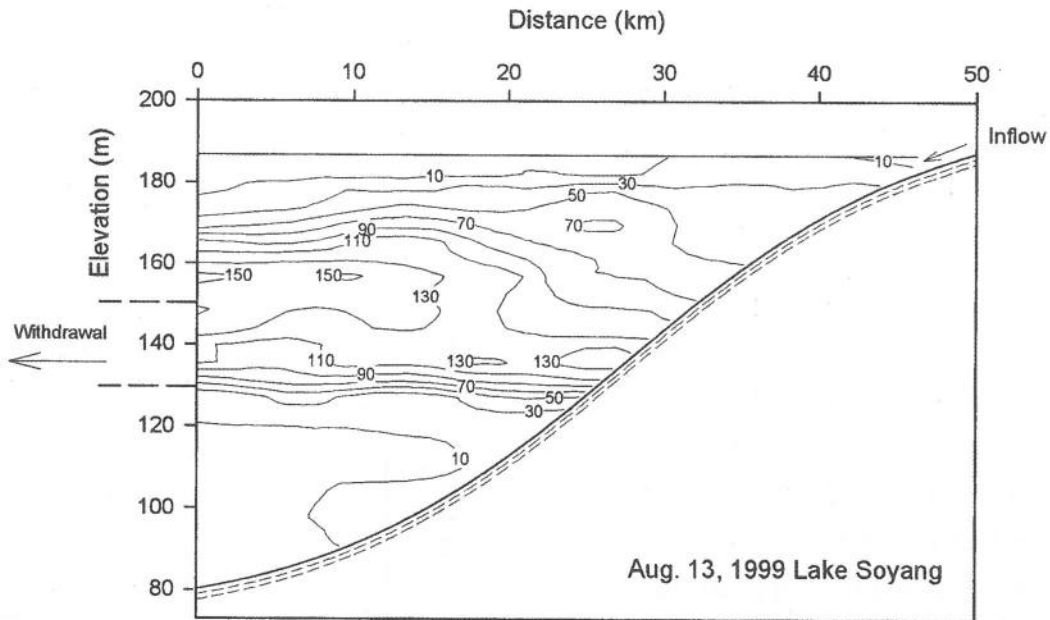


그림 3 홍수후 소양댐내에 저류된 탁수를 보여주는 탁도(NTU)의 수직수평분포.

다량의 탁수가 저장되어 호수 표층을 제외하고는 거의 대부분 탁도 20이상의 탁수입을 보여주고 있으며 이 탁수가 모두 방류되는 데에는 수개월이 걸린다.

다. 즉, 홍수기에 물을 저장하는 것이 수량 확보에는 필요하지만, 이렇게 홍수기에 저장하는 물의 수질이 나쁘다는 점이 문제를 야기한다.

소양호의 예를 보면 여름에 큰비가 내린 후 유입되는 탁수의 양은 7-18억톤으로서 전체 저수량 20-29억톤의 절반을 차지한다(그림 3). 탁수중의 토사는 입자의 크기가 클수록 침강속도가 빠르므로 입자가 큰 토사는 댐의 상류부에서 침강한다. 그러나 콜로이드 수준의 작은 입자는 표면의 전하가 서로 배척하는 힘을 가지므로 응집제를 투입하지 않는 한 쉽게 침강하지 않고 수개월동안 수중에 부유한다. 그 결과 탁수가 수개월에 걸쳐 댐의 하류로 방류되므로 댐하류에 위치한 춘천시 정수장, 소양강, 의암

호에서 높은 탁도가 나타나고 있으며, 이 탁수는 청평호와 팔당호에까지 영향을 미치고 있다. 탁도가 높으면 정수장에서는 정수장해를 겪게 된다. 탁도가 높지 않은 경우에는 응집제를 사용하지 않거나 적게 사용하고 정수를 할 수 있으나 탁도가 높으면 응집제의 소비량이 증가하여 정수비용이 많이 들고 수돗물의 잔류알루미늄의 농도도 증가할 수 있으므로 바람직하지 않은 현상이다. 춘천시의 경우 탁수의 장기화로 인하여 발생하는 추가 정수비용을 수자원공사에 요청하고 있는 상태이다. 탁수현상은 앞으로도 도처에서 빈발할 것으로 예상되므로 이에 대비하여 정수시설의 확충과 고도 정수기술의 도입을 위해 투자하여야 할 것이다.

3. 탁수의 장기화로 인한 생태계 변화

탁수의 장기화는 정수장해를 일으킬 뿐 아니라 하류의 하천과 호수의 생태계변화도 초래한다. 장기간 지속되는 탁수현상은 수중의 빛투과도를 감소시켜 호수의 침수수초(SAV; submerged aquatic vegetation)를 사멸시킨다. 수초는 광합성을 위하여 빛이 필요하므로 빛이 투과하는 호숫가 얕은 곳에서만 서식할 수 있다. 홍수후 탁수가 유입되면 투명도는 1m 이하로 감소하여 수초가 살 수 있는 범위가 감소하고, 수초의 잎표면에는 clay가 퇴적되어 광합성이 저해되어 수초가 사멸한다. 침수수초는 갑각류, 곤충의 유생, 어류 등 수중 무척추동물의 먹이가 되고 서식처를 제공하며 어류의 산란장을 제공하므로 수중생태계의 생물다양성을 유지하는데 매우 중요하다. 수초가 사멸하면 미소동물이 감소하고 미소동물을 먹이로 하는 어류가 감소하는 파급효과가 서서히 연쇄적으로 나타난다. 탁수의 무기성 부유물질은 동물플랑크톤과 같은 여과섭식생물에게도 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 걸러먹는 먹이의 무기물 함량이 증가하므로 에너지 획득에 장애를 일으키며, 무기부유물을 많이 먹으면 동물플랑크톤의 비중이 증가하여 침강한다는 것도 보고되고 있다.

하천에서도 탁수는 생태계 변화를 유발한다. 하천생태계의 주요 에너지원은 낙엽의 형태로 유입되는 육상식물의 광합성산물과 돌표면의

부착조류이다. 돌표면의 부착조류는 다슬기, 하루살이 애벌레 등의 미소동물의 먹이가 된다. 그러므로 하천생태계의 먹이연쇄는 부착조류와 낙엽 → 수서곤충유생 → 어류의 순으로 이루어진다.

그러나 토사가 포함된 탁수가 빠르게 흐르는 하천에서는 수중의 토사입자가 돌표면을 스치면서 돌표면의 부착조류와 미생물막을 침식하는 효과가 크기 때문에 부착생물막이 정상적으로 형성되지 못한다. 한편, 하천의 유속이 느린 수역에서는 돌표면, 수초잎표면, 낙엽표면 등의 부착생물막이 형성되는 장소에 토사가 침적되어 덮임으로써 부착생물의 성장을 방해하고 그 결과 이를 먹고사는 무척추동물이 감소하고, 이어서 무척추동물을 먹고사는 어류가 사라진다.

부착생물의 감소는 하천의 자정능력을 감소시키는 결과도 가져온다. 하천의 유기물 분해는 호수와는 달리 수중부유생물에 의해 일어나는 것이 아니라 저서부착생물에 의해 주로 일어난다. 즉, 수중 유기물은 부착미생물에 의해 흡수 분해되고 이 부착미생물은 미소동물의 먹이가 되는 과정을 통하여 제거된다. 결론적으로 탁수로 인하여 부착생물군집의 형성과 기능이 저해되면 하천의 생물다양성이 감소하고 동물의 양이 감소하며 자정능력이 감소하는 큰 변화가 연쇄적으로 나타나는 것이다.

호수가 많은 우리나라의 하천에서 탁수의 피해를 줄이고 막는 길은 철저한 유역관리를 통하여 토양의 침식을 막는 것 뿐이다. 흙탕물의 발생지는 대개 토목 공사현장인데 공사가 끝난

곳은 즉시 표면보호처리를 하여 폭우시 유출되지 않도록 대비하는 조치가 필요하다. 대부분 환경영향평가서에는 이와 같은 조치가 명시되어 있으나 이를 실행하는 현장은 거의 없다. 흙탕물도 중요한 환경오염물이라는 인식을 가지고 원천적으로 발생지에서부터 조치를 취해야 하며, 감독기관에서는 이를 철저히 관리 감독하여 흙탕물의 발생을 줄여야 한다. 경사가 급한 밭에서도 많은 표토유실이 발생하므로 경사가 큰 농경지의 경작을 억제하는 대책을 마련하거나 등고선평행 고랑, 작물잔재로 토양덮기등의 표토유실방지를 위한 농법개선이 필요하다.

4. 표층방류로 인한 호수표층의 혼탁화

영월댐은 표층방류를 계획하고 있기 때문에 폭우후에는 호수전체가 흙탕물로 변하는 탁수 현상이 일어날 것이다. 여름 폭우후에는 많은 양의 탁수가 호수로 유입되는데 이러한 폭우시에 유입되는 하천수는 수온이 호수보다 낮다. 소양강의 경우 여름에 호수 표층수온은 25℃이고 비강우시 유입수의 온도는 20℃ 정도이다. 그러나 강우시에는 수온이 15℃로 낮아진다. 그러므로 폭우시 유입되는 탁수는 밀도가 동일한 수층을 찾아 수심 20m 깊이로 잠류한다(그림 3). 방류구가 호수의 중층에 위치한 곳에서는 이 탁수가 방류구를 통하여 배출되므로 호수의 표층수는 맑은 상태를 유지한다. 호수의 대부분의 생물은 표층에 서식하므로 중층에 탁

수가 유입되더라도 생태계에 큰 영향이 없다. 현재 우리나라 대형댐들은 모두 여름이 지나면 중층에 탁수를 저장하고 있음에도 불구하고 물 밖에서는 이를 느낄 수 없는 것은 바로 중층방류를 하고 있기 때문이다.

그러나 영월댐에서는 표층방류를 계획하고 있기 때문에 이와는 다른 상황이 일어날 것으로 예상된다. 표층방류는 하류의 냉수피해를 줄일 수 있는 장점을 가진 반면에 우리 나라처럼 홍수기의 물이 흙탕물인 경우에는 탁수가 표층까지 확산되어 호수전체가 완전히 혼탁해지는 단점을 가진다. 여름 홍수기에 다량의 탁수가 유입되면서 초기에는 표층의 맑은 물이 배출되지만 이 맑은 표층수가 모두 배출되나면 아래층의 탁수가 표층으로 올라와 결국 곧 하류로 방류되는 물도 탁수가 된다. 결국 하류하천의 탁수도 장기화되지만 호수내에서도 혼탁한 상태가 장기간 지속될 것이다. 흙탕물의 미립자들은 수개월간 가라앉지 않으며 게다가 여름이 지나 기온이 낮아지면 표층수온이 냉각되면서 혼합수심이 깊어지고 이에 따라 중층으로 가라앉았던 탁수는 계속 표층으로 재부유하여 확산된다. 결국 여름에 홍수가 발생한 이후에는 다음해 봄의 성층기를 맞을 때까지 계속 탁수가 유지될 수밖에 없다.

표층방류로 인한 호수의 혼탁화는 현재 도암댐에서 예를 찾아 볼 수 있다. 도암댐에서는 남대천으로 방류되는 물의 냉수피해와 탁수피해를 줄이기 위해 선택적 취수에 의해 탁도가 낮은 물을 우선 방류하고 있다. 그 결과 중층의 탁수가 호수 표층까지 확산되어 호수전체가

혼탁한 상태가 되었으며 탁수는 폭우가 내린지 3개월이 지날때까지 지속되고 있다. 현재의 수질조사자료로는 영월댐의 수질을 정확히 예측할 수 없으나 도암댐과 유사한 혼탁화가 나타날 것으로 예상된다.

장기간 지속되는 호수의 혼탁한 상태는 부영양화를 유발하며 동물플랑크톤, 저서생물, 어류의 성장을 저해하는 등, 수중생태계에 큰 영향을 준다. 또한 혼탁한 호수물은 호수의 관광지로서의 가치도 크게 하락시킬 것이다. 결국 홍수기에 흙탕물이 유입하는 우리나라 실정에서는 표층방류는 하류의 냉수피해를 줄이는 이점을 가지는 반면에 호수내의 수질의 입장에서 본다면 호수전체의 수질악화와 생태계 피해를 가져오는 단점을 가지고 있다고 할 수 있다.

따라서 영월댐의 경우에도 표층방류로 고정할 것이 아니라 상황에 따라 적절한 층을 선택하여 방류한다면 호수의 탁수화를 줄일 수 있다. 물이 바다로 빨리 배출되는 홍수기에 가능한 한 고농도의 탁류를 빨리 배출한다면 같은 양의 탁류를 배출하더라도 저수지표층수와 하류하천의 피해기간을 단축할 수 있을 것이다. 일본에서는 홍수기에 탁류를 방류구 수심으로 끌어들이어 표층으로의 확산을 막고, 빨리 하류로 배출함으로써 저수지의 표층수질을 보호하는 방안이 좋은 대안으로 인정받고 있다.

5. 체류시간 증가에 의한 부영양화현상

댐이 만들어지면 하천생태계에서 호수생태

계로 생태계의 변화가 일어난다. 호수생태계와 하천생태계의 큰 차이점은 식물플랑크톤의 서식여부라고 할 수 있다. 식물플랑크톤은 수중에 부유하므로 물에 따라 이동하며 수체에서 번성하기 위해서는 성장속도가 유하와 침강에 의한 제거속도보다 커야한다. 일반적으로 체류시간이 짧은 하천에서는 하류로 흘러가기 때문에 식물플랑크톤의 번성이 어렵다. 한강수계는 국내의 다른 강에 비해 유속이 빠른 편이므로 전체적으로 식물플랑크톤이 서식할 수 없다. 그러나 댐이 만들어져 정체되면 수중의 영양염류의 농도에 따라 식물플랑크톤이 번성하게 된다.

호수에서 인의 농도가 0.02 mgP/l 이상이면 식물플랑크톤이 번성하여 물색이 변하는 water bloom(물꽃현상)이 발생할 수 있다. 영월댐 건설예정지인 동강의 총인 농도는 0.03-0.08 mgP/l로서 물꽃현상이 일어나기에 충분한 높은 농도를 보이고 있다. 지금은 흐르는 강물이기 때문에 조류의 번성이 없지만 댐을 만들어 정체되면 호수에 식물플랑크톤이 번성하게 된다. 방류수에는 호수 표층에서 번식한 조류세포가 포함되어 방류될 것이며, 식물플랑크톤은 광합성에 의해 유기물을 생성하므로 BOD, DOC를 증가시켜 수질의 악화를 초래한다.

또한 식물플랑크톤가운데에는 독소를 생성하거나 냄새를 내기도 하고, 정수장애를 일으키는 종들도 있어 상수원으로서의 가치를 하락시키기도 한다. 강물의 무기영양염류 농도가 낮은 경우라면 댐을 만들어도 수질의 악화가

없지만, 영양염류의 농도가 부영양화를 만들 수 있는 수준이라면 댐으로 인한 정체는 수질의 악화를 가져온다. 동강의 총인을 비롯하여 무기영양염류의 농도가 식물플랑크톤의 물꽃 현상을 일으키는데 충분한 높은 농도를 보이는 이유는 비료를 많이 사용하는 고냉지채소 재배지등의 밭이 유역면적의 7%를 차지하고 있으며, 31개소의 송어 양식장이 있으며, 축산농가 등의 오염원이 많고, 도암호에서 동강쪽으로 방류할 때는 대관령 채소밭과 축산단지의 유출수도 유입되기 때문이다.

동강의 무기영양염류 농도자료로 볼 때 팔당호와 유사한 수준이므로 영월댐이 건설된다면 팔당호 정도의 부영양화도를 예상할 수 있다. 그러나 지금까지의 보고서에서는 폭우시의 자료가 포함되어 있지 않으므로 실제로는 이보다 부영양화도가 더 심할 것으로 예상된다. 현재 환경영향평가서의 수질자료는 폭우시의 자료

가 측정되지 않은 것인데 수량이 가장 많은 폭우시에는 인을 많이 함유한 흙탕물이 짧은 시간내에 대량 유입되므로 이를 저류하는 영월댐의 수질은 정확히 예측하기 위해서는 폭우시의 집중적인 정밀조사가 필요하며 영월댐의 수질은 현재 예측하는 것보다 훨씬 나쁠 것으로 예상된다.

소양강의 예를 보면 갈수기에 비하여 폭우시의 인농도는 10배 이상으로 높아진다(그림 4). 인 농도가 높은 탁수는 중층으로 흘러 들어가고 방류되므로 호수 표층에는 큰 영향을 주지 않으며 일부만이 표층으로 확산되는데도 소양호에서 홍수후에 인의 농도가 증가하고 남조류의 독조현상이 발생하고 있다. 만일 인농도가 높은 이 물이 표층으로 유입되고 확산된다면 호수전체의 부영양화가 심각하게 나타날 것이다. 영월댐의 경우에는 표층방류를 계획하고 있으므로 홍수후 표층의 인 농도가 매우 높아

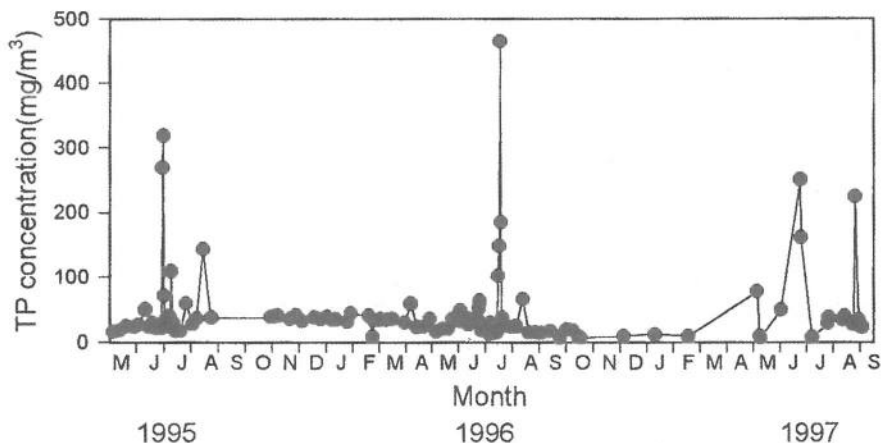


그림 4 소양강의 총인 농도 변화. 폭우시 급격히 증가하는 것을 보여주고 있다. 시간적 변화가 크므로 호수로 유입하는 부하량을 정확히 측정하기 위해서는 폭우시 1일 수회이상의 정밀조사가 필요하다.

질 것으로 예상되며 조류의 번성이 나타날 것이다.

영월댐의 수질을 보전하기 위해서는 정선읍 등, 마을의 하수를 처리하는 것이 급선무이다. 대규모 마을이외에 소규모 마을에 대해서도 합병정화조의 도입 등의 방안으로 하수를 완벽히 처리하여 영월댐의 수질을 보전할 수 있을 것이다. 그 외에 송어양식장의 배출수를 규제하는 방안도 필요하다. 송어양식장은 저오염도의 다량의 물을 배출하기 때문에 기존의 하수처리 개념으로는 처리할 수 없으며 별도의 대책이 필요하다. 지금은 유명무실한 양식장침전지의 성능을 개선하고 감독하여 고품배설물을 방류하지 않도록하는 것은 필수이며, 그 외에도 용존물질 제거를 위한 방법, 침전된 배설물의 처리법, 저오염사료사용 확대방안 등의 대책을 개발하여야 한다. 또한 고랭지 채소밭의 시비를 적절히 하여 과다한 비료유출이 발생하지 않도록 환경친화적 농업기술을 지원하는 대책도 필요하며, 축산분뇨의 퇴비화를 지원하여 화학비료를 대체함으로써 유역의 영양염류유출 총량을 줄이는 방안에 투자를 늘여야 할 것이다.

6. 댐의 수위변동으로 인한 수중생물다양성 감소

대형댐에서는 연간 수위변동이 크다. 댐의 건설목적상 갈수기에 수위를 낮추었다가 홍수기에 물을 가두어 홍수를 막고 수자원을 확보하여야 하기 때문이다. 댐의 수위변동은 호숫

가에 안정된 생물상이 형성되지 못하게 하는 큰 원인이 된다. 호수에서 생물이 주로 서식하는 곳은 호숫가 얕은 곳이다. 어류의 서식지와 산란장이 호숫가 수초대이며 먹이가 되는 저서생물도 호숫가에 주로 분포한다.

수위변동이 크면 생물다양성의 원천이 되는 수초대가 형성되지 않으며 저서생물도 급격한 수위변동의 영향으로 다양성이 감소한다. 일반적으로 댐의 생물 다양성은 수위변동에 반비례하는 것으로 보고되고 있다. 영월댐의 홍수조절과 용수공급의 기능을 최대화 하기 위해서는 수위변동을 크게 해야만 한다. 따라서 영월댐이 건설되면 기존의 하천생태계에 비하여 저서생물상과 어류상의 다양성이 크게 감소할 것으로 예상된다.

수위변동으로 호안수초대가 상실된 대형댐에서 동물다양성을 회복하는 방안으로 물위에 뜨는 인공수초섬도 하나의 대안이 될 수 있을 것이다. 수초섬은 수중에 뻗은 뿌리가 동물의 서식처가 되며 어류의 산란장이 될 수 있기 때문에 수위변동으로 인하여 수초대가 없는 댐에서는 많은 동물의 서식을 가능케하는 매우 좋은 생태계 보전책이 될 수 있다. 일본에서의 예를 보면 수초섬부근에서 더 높은 밀도의 동물플랑크톤이 출현하며 어류가 밀집하여 낚시꾼이 수초섬 주위로 몰려들기 까지 하는 긍정적인 효과를 보고하고 있다. 인공수초섬은 영월댐 뿐 아니라 전국의 모든 댐에서 생물다양성 제고의 방안이 될 것으로 생각한다.

생태띠숲 조성과 관리(1)

- 불용토지를 활용한 띠숲조성 -

구 교 상

임업연구원 산림환경부

유럽이 본산인 생태띠숲은 형태적으로 볼 때 가늘고 길게 조성하는 숲이다. 또한 조성된 숲은 산림의 기능을 그대로 생산할 수 있어 생활 환경림으로 평가 될 수 있을 것으로 판단된다. 각종 산림부산물과 함께 사라져 가는 동물과 식물의 서식지, 먹이를 제공하는 숲으로 평가되고 있는 생태띠숲은 산지가 아닌 찌투리 땅과 같이 작고, 토지를 합리적으로 활용하기 어렵거나 사용하지 않는 토지에 조성할 수 있어, 생활 주변 등 도시의 어떤 공간에서도 조성할 수 있기 때문에 필요한 숲이다. 아직 우리나라에서는 개념이 정립된 바 없는 생태띠숲에 관하여 독일 바이어른주의 생태띠숲 조성과 관리를 소개한다.

1. 서 론

1.1 용어정의

□ 생태띠숲은 유럽에서 나온 용어로 원어로는 Hag에서 왔으며, 하그(Hag)는 관목류 또는 덤불류의 수종으로 울타리를 조성한다는 의미이다. 영어로는 hedge(독어; Hecken)라 하며 우리나라에서는 산울타리 또는 생울타리로 번역되었다. 오늘날 환경보전의식 고양과 국민정서에 맞는 용어가 필요하여 환경의미를 담고 숲의 모양을 지칭하는 의미로 필자가 의역하였다.

□ 불용토지라는 것은 사용되지 않는 토지가 아니라 기능과 목적으로 분류는 되어 있으나, 적극적으로 이용되지 않는 토지를 의미한다. 예를 들면 하천과 개천의 부지, 뚝의 사면지,

도로(고속도로와 일반국토 등)와 철도의 성토사면, 밭과 임연부의 경계지, 산림훼손 복구지, 도로의 녹지대와 공원녹지를 들 수 있다.

1.2 생태띠숲 조성목적

폭발하는 인구의 도시집중으로 주택 등 주거지는 대규모로 조성되었으며, 또한 인간중심의 쾌적한 생활환경을 만들기 위해서 자연체인 토지개발은 필연적이었다. 그리고 농촌의 도시화는 산지를 무분별한 개발을 촉진하였기 때문에 자연생태가 파괴되었다(Reif 1989). 특히 많은 수의 동식물은 개발과 함께 설자리를 잃어버려 거의 사라졌다(BSfLU/ANL 1996). 파괴된 우리 환경을 복원하면서 생물다양성, 종다양성 등 현안 과제를 함께 해결할 수 있는 기법과 기술이 요구된다. 즉, 임업을 통하여 우리 환경을 개선하면서 동시에 산림부산물도 생산할 수



사진 1 경작지의 경계에 조성된 생태띠숲의 한 종류(여름과 겨울)

강우와 바람에 의한 토사유출, 침식을 방지하며 농경지에 유기물을 공급

있는 적극적인 토지이용이 요구된다. 아울러 사라져 가는 식물과 동물을 새로운 개념의 생태띠숲을 통하여 복원할 수 있을 것이다.

2. 본 론

2.1 생태띠숲의 기능과 역할

지금까지 연구결과 밝혀진 생태띠숲의 기능은 매우 다양하다. 가장 대표적인 기능은 방풍과 방음이라 하겠다. 여름철의 녹음과 가을철의 단풍 등 경관기능도 갖고 있다. 식물과 동물의 서식지 제공은 물론 농업에서는 유기물의 공급, 축산에서는 울타리와 가축의 먹이제공이 가능하다. 더나가서 채종원과 같은 특수한 지역은 다른 지역에서 화분이 날아드는 것을 막는 기능도 생각할 수 있다. 최근 연구에서는 신탄재 공급과 짚과 차의 원료, 그리고 농기구 자재 생산 등 기능과 역할이 점점 확대되고 있는 실정이다(Starkmann 1991).

2.2 독일의 생태띠숲 조성

최근 독일남부지방의 바이에른주는 1985년 3월 생태띠숲으로 동물과 식물보호를 위한 새로운 서식공간확보에 관한 법률을 제정하였다(BSfLU/ANL 1996). 그러나 이미 독일북부지방에서는 농작물 보호를 위한 방풍림을 지속적으로 경작지 주위에 조성하여 왔다. 바이에른주와 같이 법으로 생태띠숲을 보호하거나 조성



사진 2 농촌의 거주지, 경작지와 산림을 연결하는 생태띠숲(독일)

농경지 경계에 조성된 생태띠숲, 경지 소유 구분은 물론 아름다운 경치와 열매를 부산물로 획득

하도록 규정한 지방도 있으나 농민과 환경보호 단체, 그리고 일반인들이 스스로 자연재해를 예방하고, 생활환경을 개선하기 위한 목적으로 생태띠숲을 조성하거나 생태띠숲을 보호하는 등 새로운 인식을 갖게 되었다(BSfLU 1991).

2.3 생태띠숲의 조성적지

생태띠숲의 조성적지는 집약적으로 목재를 생산하는 산지가 아니라 경작지, 주거지 주변이라 하겠다. 또한 토지를 개발하고 남은 찌투리 토지-이곳에 토지의 특성을 파악하고 식물 사회구조에 기초하여 수종을 선정 후 생태띠숲을 조성-는 생태띠숲을 조성하기에 적당한 곳이다(Starkmann 1991). 일반적으로 토지생산력은 일반임지보다 낮은 토지이나, 녹지조성이 필요한 곳, 담과 벽을 대신하고 철망이 아닌 살아있는 울타리조성이 필요한 곳에 적지가 될 수 있다. 우리나라의 경우는 뚝이나 제방과 같은 적극적으로 이용하기가 어려운 지역에 조성할 수 있으며, 도로(고속도로 포함)나 철도변의 성토지, 녹지대는 생태띠숲조성하기에 적당한 곳이라 할 수 있겠다. 특히 혼농임업으로서 목축업에서는 목장의 울타리로 조성할 수 있어서 적지가 될 수 있다. 강우에 의한 토양 침식과 바람에 의한 건조를 방지하여야 하는 곳도 생태띠숲조성 적지가 될 수 있다.

2.4 생태띠숲의 형태와 종류

생태띠숲은 숲을 구성하는 수종과 띠숲의 크기, 형태에 따라 매우 다른 삶의 공간이 된다. 또한 생태띠숲의 외형은 주로 인간 간섭으로

형태와 모습에 차이가 있으며, 기후와 생육지의 입지 그리고 토양 조건에 따라서도 모습이 다르게 나타난다. 생태띠숲의 모습은 다음의 몇 가지로 구별될 수 있다.

- 키가 작은 생태띠숲: 이는 대부분 밀도가 짙은 덩불류로 구성되었다. 예로 산딸기류와 장미과 등이 주요한 수종이다.

- 키가 중간인 생태띠숲: 수고가 10m 이하의 관목류인 뽕나무속(*Prunus spinosa*), 장미속(*Rosa canina*), 산사나무속(*Crataegus*), 층층나무속(*Cornus*), 딱총나무속(*Sambucus*), *Ligustrum vulgare* 으로 구성되었다.

- 키가 큰 생태띠숲: 목재를 생산할 수 있는 물푸레나무, 단풍나무류, 서어나무류와 물오리



사진 3 생태띠숲의 종류(관목류, *Prunus spinosa*)

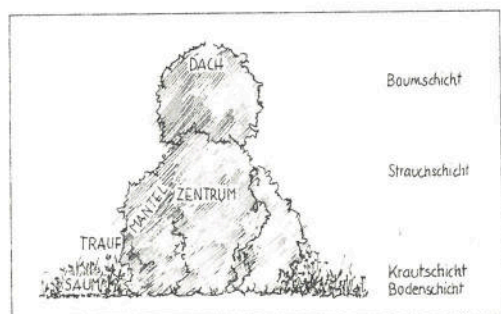


그림 1 생태띠숲의 단면



사진 4 띠숲의 유형(벨기에)

나무류 등으로 구성된다.

2.5 생태적 의미

생태띠숲은 많은 생물의 생활공간이다. 특히 나비와 같은 소곤충류의 삶의 터전이 된다(Parisch 1994). 생태띠숲은 다양한 생물들에게 먹이를 제공하고 있으며 쉼터를 제공하고 있는 것이다. 논과 밭에서 집약적으로 경작되는 작물 때문에 이들이 살 수 있는 공간은 점점 줄어들게 되었다. 이동성이 강한 동물에게는 숲과 연결시켜주는 매우 중요한 “길과 도로(생태다리 역할)”가 된다. 이러한 의미로 볼 때 생태띠숲은 유전자 보전과 교환이 일어날 수 있는 장소를 제공하는 것이다(Reif 1989). 식물에 있어서 생태띠숲은 기후와 토양 등 입지환경인자에 크게 영향을 받으므로 자연히 식물종과 띠숲구조는 매우 다양하게 나타나 식물

종다양성에 있어서 유리하다. 바이에른주의 북부지방에서는 90종이상의 수종이 생태띠숲을 이루고 있고, 그 가운데 10종 이상 야생 장미(*Rosa*)류가 들어 있음을 보고하였다(BSfLU 1991).

생태띠숲을 구성하는 전형적인 활엽수로는 오리나무류, 물오리나무류, 사시나무류, 물푸레나무류, 마가목류, 뱀나무류, 단풍나무류, 피나무류, 너도밤나무류, 서어나무류와 참나무류를 들 수 있다.

관목류로 가장 잘 알려진 수종은 인동과(*Viburnum lantata*, *V. opulus*), 노박덩굴과(*Euonymus europaea*), 장미과(*Crataegus monogyna*), 물푸레나무과(*Ligustrum vulgare*), 장미과(*Prunus spinosa*), 매자나무과(*Berberis vulgare*), 갈매나무과(*Rhamnus catharticus*), 층층나무과(*Cornus mas*, *C.*

sanguinea), 인동과(*Sambucus racemosa*)가 있다. 지피식생종은 대부분 입지조건에 따라 매우 다양하게 출현하는데 크게 나누어 다음과 같다.

- 따뜻하고, 건조한 입지에서는 물레나물과(*Hypericum perforatum*), 국화과(*Tanacetum vulgare*), Vincetoxicum hirundinaria가 나타난다.

- 양분이 풍부하고 수분이 많은 입지에서는 국화과(*Artemisia vulgare*), 쐬기풀과(*Urtica urens*, *U. dioica*), 꿀풀과(*Glechoma hederacea*), 장미과(*Geum urbanum*), 미나리아재비과(*Ranunculus ficaria*)가 있다.

2.6 농업에 이용

생태띠숲은 농업에 있어서도 아주 다양하게 이용할 수 있는 숲으로 평가된다(Reif 1989, BSfLU/ANL 1996). 경작지 주변의 띠숲은 지금까지 밝혀진 단점보다 알려지지 않은 장점이 더 많이 있다. 즉, 경작지의 그늘로 인하여 작황이 나빠진다는가 작물 뿌리와의 양분, 수분 경쟁 등인데, 기후와 토양 그리고 작목과 관계 없이 생태띠숲은 작물 수확에 영향을 주지 않는다고 보고되었다(BSfLU 1991). 또한 생태띠숲은 매우 훌륭한 방풍벽이다. 생태띠숲 키의 약 30배 정도 떨어진 곳까지 바람으로부터 보호된다(Reif and Guenter Aulig 1993). 이와 함께 매우 효과적인 기온과 습도를 경작지 주변에서 조절하고 있는데, 특히 빗물과 안개, 서리와 이슬로부터 수분을 보수하며, 경작지의 토양침식을 방지하고 있다. 잘 조성된 띠숲은



사진 5 경작지에 새로이 조성된 생태띠숲(벨기에)

띠숲은 일반적으로 가로 10m 내외, 길이 100-150m 정도로 조성되며 새로이 조성되는 띠숲은 평지숲으로 발달

높은 지하부의 뿌리밀도로 호우와 강한 바람으로부터 토양을 보전한다(DNF 1996).

3. 결 론

생태띠숲은 우리에게 다소 생소한 개념이 되겠지만 과거 생활속에서 우리는 생태띠숲을 조성하고 가꾸면서 살아왔다고 할 수 있다. 특히 전통생활환경림 가운데 호안림(護岸林)은 이러한 기능과 형태를 갖추고 있다. 그러나 기계농업화가 확산되고 수확량을 증산하기 위한 경작지 정리와 확대는 필요하였다. 그로 인하여 농경지주변의 숲은 점진적으로 사라지게 되었던 것으로 생각 할 수 있다. 전술한 것 처럼 많은 연구결과에서 생태띠숲의 기능과 효과는 건전한 생태계를 유지할 수 있다는 의미에서, 특히 우리 국토를 효율적으로 활용하기 위한 방안으로 불용토지를 발굴하여 생태적으로, 환경적으로 친화적인 띠숲조성과 생활환경림 복구는 더욱 바람직 할 것으로 생각된다.

4. 참고문헌

1. Alber Reif. 1989. Nordbayerische Hecken -abiotische Standortsfaktoren und Bewertungsverhandlungen der Gesellschaft fuer Oekologie(Goettingen 1987) 657-562.
2. Albert. Reif und Guenther Aulig. 1993. Naturschutz und Landschaftplanung 25,(3): 85-93.
3. Bayerisches Staatsministerium fuer Landesentwicklung und Umweltfragen. Lebensraum Hecke: 1-31. 1991.
4. Bayerisches Staatministerium fuer Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayerische Akademie fuer Naturschutz und Landschaftspflege. pp.342. 1996.
5. Division de la Nature et des Forets. 1996. Guide pour la plantation de baier.
6. Parish, K.H. Lakahni and T.H. Sparks. 1994. Modeling the relationship between bird population variables and hedgerow and other field margine attributes. Jour. Appl. Ecol. 31: 764-775.
7. Thomas Starkmann. 1991. Neue und alte Hecken im Muensterland Oekologie, Planung und Pflege von Neuanpflanzungen in der freien Landschaft. Schriftreihe des Westfaelisches Amtes fuer Landespflege Heft 2. 1-128.

송이 증산을 위한 입지환경

- 2000년 송이버섯 환경개선 효과 증진에 대하여 -

김 재 수 · 구 창 덕

충북대학교 산림과학부 교수 · 한국과학재단 브레인 폴 초빙과학자

서 론

송이가 나는 자리는 매년 새로 생겨나는 것이 아니고, 땅속에 있는 송이의 모체 균환으로부터 매년 발생하는 것이다. 이 균환을 증가시키기 위하여 산림청은 2000년 2월 홈페이지에 송이 환경개선 사업 추진 계획안을 올렸다. 이 사업의 추진이유는 1313톤에 이르렀던 송이생산이 계속 감소하여 1999년의 충분한 강우에도 불구하고 600여톤에 그친 이유가 송이발생림내 과다한 활엽수-관목류와 낙엽층 때문이라고 하였다. 산림청은 10억원의 자금으로 송이산의 간벌, 가지치기, 하층식생 정리 등의 생산기반 사업에 사업비의 40%를 보조할 계획이다. 이 사업의 혜택은 평균 1kg에 10만원씩이나 하는 송이의 가격을 고려하여 보면 지대할 것이라는 생각이 든다.

하지만 이 환경개선사업의 효과가 언제, 얼마나 나올 것인가를 가지고 사업투자의 경제성을 분석해 보면 과학적인 전략이 절실히 필요함을 금방 느끼게 된다. 이 사업의 실시방법안을 보면, 대상지로는 1)송이발생림, 2)발생림 주변, 3)송이 발생가능성이 높은 송이 미발생림이다. 이 사업의 기간은 송이발생림에서 임

상상태에 따라 2-4년간, 송이발생림 주변에서 3년간, 미발생림에서 2년간을 계획하고 있다. 사업비의 실행비용은 ha당 약 160만원이다. 이 비용은 송이 약 16kg에 해당한다. 이 사업의 필요성을 대부분의 송이재배자와 연구자, 그리고 산림정책 결정자들이 인정한 것이지만, 그 효과는 언제 나타날 것이며, 경제성은 어떠한 것인가에 대하여는 제시된 것이 없는 실정이다. 불확실성이 매우 높다. 송이가 안 나던 곳에 송이포자가 드러가서 송이버섯이 나올려면 적어도 3년이 걸릴 것이라는 추측이 일본에서 있었다. 이 단계에서 우리는 다음 단계 의사결정에 직면하게 된다. 할 것인가 말 것인가? 한다면 어떻게 사업효과의 불확실성을 줄일 수 있을까?

사업의 효과는 어떤 형태로 나타날 것인가?

송이환경개선사업의 효과는 사업대상지에 따라 다르게 나타날 수 있다.

1) 송이발생림에서는 기존 균환의 사멸현상이 없어지는 동시에 활력이 증가하여 송이생산량이 증가할 것이다. 이와 함께 균환주위에서 새로운 균환이 생겨날 것이다.

하지만 활력이 증가하여 얼마나 많은 송이가 더 날 것인가? 언제 그것이 눈으로 드러날 것인가? 또 새로 송이가 나는 곳은 언제 생기며 얼마나 많이 생길 것인가?

2) 송이 발생립 근처에서는 새로운 송이 군환이 생길 것이다. 그러면 언제 그럴 것인가? 얼마나 그럴 것인가?

3) 송이 미발생립에서도 송이가 나게 될 것이다. 하지만 이것도, 언제 그렇게 될 것인가?

사업투자 후 본전 생각 :

현금흐름(cash flow)

송이산 경영자의 입장에서 송이환경개선 사업으로 ha당 송이 16kg 분의 자금을 투자한 후 일어나는 수입은 어떨 것인가를 생각해 보고자 한다.

1) 이미 송이가 나고 있는 발생립에서는 풍년과 흉년의 차이가 크더라도 계속 송이는 생산이 되므로 사업투자후 송이증산으로 인한 소득상승의 기대감이나, 본전 생각에 대한 압박감이 덜할 것이다. 하지만 새로운 군환의 형성은 3년 후에야 기대한다 하더라도, 기존 군환의 활력 증가나 신장에서 오는 생산량 증가는 그 다음 해부터 기대를 할 수 있다. 지금까지 알려진 송이군환의 신장 생장은 연간 10-20cm이다. 이것을 평균 16cm로 가정하면 정확한 원형 군환인 경우 군환의 길이 증가량은 매년 $2 \times 3.14 \times 16\text{cm} = \text{약 } 100\text{cm}$ 가 된다. 즉 송이나는 자리가 1m 더 늘어나게 될 것이다(그림 1).

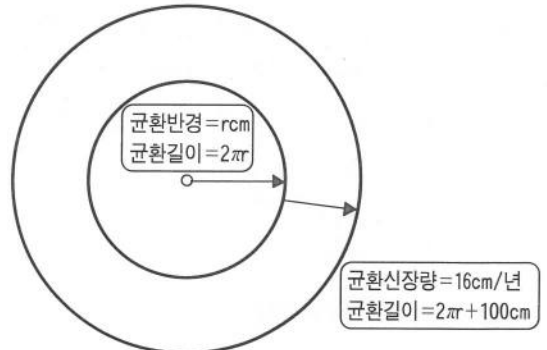


그림 1 원형인 송이군환의 신장 및 길이생장 모식도

한 개의 송이군환이 정확한 원형이고, 이 군환이 1년에 방사방향으로 16cm씩 자라 나간다고 가정하면, 이 군환에서 송이가 날수 있는 길이는 1년에 약 100cm 씩 길어진다.(Koo and Bilek, 1998)

그러므로,

사업 투자 효과 = 사업으로 증가된 송이생산량 - 사업하지 않은 경우의 송이생산량
= 사업으로 증가된 군환길이 - 사업하지 않은 경우의 군환 길이

만일 사업투자 효과가 연간 군환 1m증가이고, 군환 1m가 송이 0.5kg을 맺는다고 가정한다면, 160만원의 투자 즉 송이 16kg은 군환 32m 증가만큼의 가치가 있어야 할 것이다. 어떻게 하면 이 32m를 조기에 얻을 수 있을 것인가?

2) 발생립 근처의 송이산과 미발생립에서의 투자에서는 새로운 군환의 형성을 눈이 빠지게 기다려야 한다는 압박감이 있게된다. 우선 생긴다면, 군환 32m를 조기에 얻으려면, 원형의

균환이 많이 생겨서 각 균환이 매년 1m씩 자람으로 해서 투자효과가 나타날 것이다. 이 32m가 채워지고 난 후부터는(이자를 생각아니한다면) 모두 남는 장사가 될 것이다. 하지만 언제 그것이 오나?

불확실성을 줄일려면,

우리는 송이가 언제 얼마나 새로 나게 될 지 모른다. 이 두가지 불확실한 것을 어떻게 확실한 방향으로 끌어 갈 것인가? 어떻게 투자에 대한 확실성을 높여갈 것인가? 이 점에 대해서 몇 가지를 언급하고자 한다.

- 1) 우선 송이균환의 분포상태를 파악한다.
- 2) 사업비용을 절감하면 그래도 해 볼 만하다고 생각하게 될 것이다.
- 3) 사업효과의 발생이 단기적인가, 장기적인가를 세분화한다.
- 4) 송이균의 존재를 조기에 검정할 수 있는 방법을 개발한다.
- 5) 인위적인 송이균환형성 기술개발을 동시에 추진한다.
- 6) 수익성이 있는 다른 버섯(특히 능이버섯)의 생산도 고려한다.

1) 송이균환의 분포 파악

송이발생림에서 사업을 할 경우 그 지역에서 실제로 송이를 맺게 할 땅속의 균환이 얼마나, 어떤 상태로 분포(그림 2)하는지를 알면 계획을 세우기가 쉽다. 여기저기서 나오는 송이는 균환이 따로 있는 것처럼 생각될 수 있으나 땅

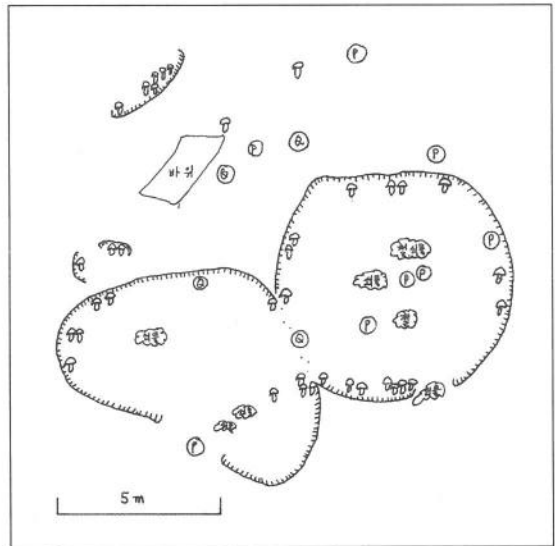


그림 2 월악산 총북대 연습림에서 확인된 송이균환과 1999년도 송이발생지점 표시. P=소나무, Q=참나무, 철=철쭉, 쇠물=쇠물푸레

속에서는 이미 한 개의 균환으로 이루어진 것이지도 모른다. 이런 경우 균환이 진행하여 나가는 방향을 판단하여, 이미 지나간 자리에는 사업을 실행할 필요성이 적을 것이다.

2) 사업에서 비용절감

현재 송이가 나고 있고, 앞으로도 송이가 계속 나올 장소를 정하여 정확한 환경개선사업을 하면 작업면적을 우선 줄일 수 있다. 특히 두꺼운 낙엽층 제거는 쉬운 일은 아니다. 우선 발생하고 있는 지점을 대상으로 한다.

3) 단기적인 사업효과의 발생을 먼저 추구

송이균환 주변의 과도한 유기물 퇴적이나, 활엽관목류, 또는 소나무 뿌리가 뻗어갈 토양이 없는 것 등이 균환을 사멸시킬 수 있다. 균

환의 진행방향을 고려하여 이 사멸 원인을 제거하는 것은 효과가 확실한 단기적인 사업이 될 수 있다.

4) 송이균 감지기술 개발

새로운 송이균환이 생겨서 송이가 날려면 3년은 있어야 한다하므로 그 전에 이것을 감지할 수 있으면, 마냥 기다리는 것보다 부담감이 덜할 것이다. 현재로서는 뚜렷한 방법이 없지만, 송이 특유의 유전자나 동위효소를 분석하는 방법을 모색할 필요가 있다. 하지만 균환을 일일이 파서 확인하는 방법도 있으나 이것은 오히려 새로 생긴 작은 균환의 사멸을 초래할 수 있다.

5) 인위적인 송이균환형성 기술개발을 동시에 추진

현재 송이가 나고 있지 않은 지점에 송이가 나게 할려면 이 곳에 송이균을 넣는 것이 필요하다. 지금까지 우리나라와 일본에서는 송이포자, 송이균사체 접종원, 송이균환이식 등으로 송이가 새로 나도록 심혈을 기울여 시도하였으나 성공하지 못하였다. 이것을 바탕으로 하여

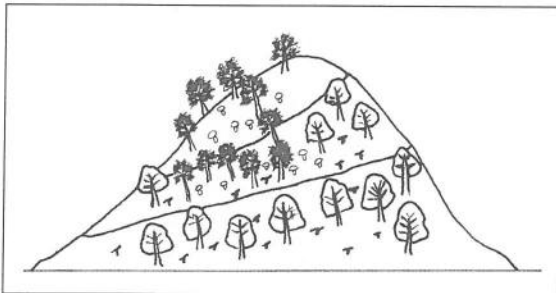


그림 3 송이산 관리에 송이와 능이버섯도 고려해 볼 만

새로운 접종방법의 모색이 필요한 단계이다. 지금도 송이가 어떻게 전파되고 어떤 과정으로 새로 나게 되는 지 알려지지 않고 있다. 송이균의 전파 과정에 대한 연구는 인공송이균환형성 기술을 개발의 길을 열 것이다.

6) 수익성이 있는 다른 버섯(특히 능이버섯)의 생산도 고려

한편 송이산에는 송이 이외에도 능이 같은 현재 인식도가 증대되어 가치가 높아지고 있는 버섯도 나오고 있으므로, 이를 송이산 관리에 고려한다. 충북 괴산군 청천면의 한 송이산에서는 송이와 능이가 같이 나온다고 한다(그림 3). 능이는 참나무와 공생하므로 소나무와 공생하는 송이의 생산에는 불리한 여건을 만들지만 단기 소득으로서 고려할 가치가 있다.

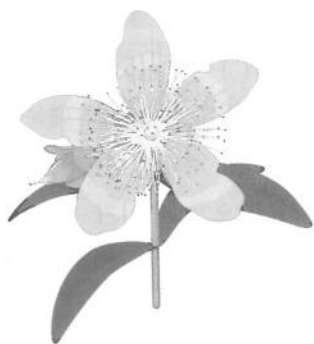
결 론

송이환경개선 사업의 효과가 지대할 것이나, 국비 40%, 지방비 20%, 자비 40%를 들이는 이 투자에 선불리 나서지 못하는 이유로는 투자효과에 대한 불확실성이 높기 때문이라고 생각할 수도 있다. 이 불확실성을 줄이는 한 가지 방법으로서 앞으로 송이가 나게될 균환의 전방을 과학적으로 관리하는 것을 생각할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김재수 등 7인. 1999. 송이, 지속가능한 생산

- 전략. 농민신문사. 신농민강좌시리즈 #38. 277p.
2. 김현중 등 14인 1998. 송이발생예찰에 의한 환경관리기술 개발
3. 이태수 등 6인. 1999. 송이증수 및 인공재배 연구. 임업연구원. 274p.
4. 한국임업신문. 1999. 송이산업 활성화와 저장. 166p.
5. Hall, I., 등. 1998. Edible and poisonous mushrooms. An introduction. NZ Food & Crop Research. 189p.
6. Koo, C.-D. and E.M. Bilek. 1998. Financial analysis of vegetation control for sustainable production of Songyi(*Tricholoma matsutake*) in Korea. 한국임학회지 87:519-527.



임지환경

자생식물을 이용한 임도비탈면 복원

박 완 근

강원대학교 교수

I. 서 론

산림경영의 합리화와 임업 기계화를 위해 임도밀도를 2010년까지 10m/ha로 확대하는 것을 목표로 매년 1,000km 이상의 임도를 전국적으로 개설하고 있다. 주로 산악지역에 개설되는 임도에는 많은 비탈면이 발생되어 절개지의 붕괴, 토사유출 등과 같은 자연재해가 유발될 뿐만 아니라, 지형 개변으로 인하여 자연생태계의 변화가 초래되며, 식생의 자연침입에 의한 녹화가 매우 어렵다. 따라서 지금까지는 이러한 변화를 최소화하고 조기에 녹화시키기 위하여 주로 외래 도입초종을 이용한 종자뿌어붙이기공법과 종비토뿌어붙이기공법이 이용되어 왔다. 그러나 이러한 공법은 주변 식생의 교란 및 경관과의 부조화 등 효과면이나 경제적인 측면에서 많은 문제점이 제기되고 있는 실정이다.

산악지역에 개설되는 임도는 산림경영의 합리화, 농산촌의 생활도로로서의 역할 등을 위하여 다목적으로 이용되는 필수적인 임업생산 기반시설이지만, 특히 비탈면 처리와 같은 질적인 측면에서 아직도 미흡한 단계에 머무르고 있다. 비탈면 녹화의 목적은 여러 가지 목적에

의해 인위적으로 조성된 비탈을 빠르고 안전하게 피복하여 침식 및 붕괴현상을 방지하고, 경관을 조속히 회복시키며, 야생동물의 서식처와 밀원식물의 서식지로서의 역할을 하도록 하는데 있다고 한다(禹, 1998). 그러나 임도의 비탈면은 일반도로나 고속도로의 비탈면과는 달리 급한 물매로 조성되는 것과 낮은 시공비로 인해 적극적인 비탈면 보호공의 시공이 불가능한 경우가 많다. 따라서 임도 비탈면은 물리적 안정화가 장기간 동안 이루어지지 않으며, 식생의 자연회복도 기대하기 어려운 실정이다. 임도 비탈면의 물리적 안정은 비탈면의 침입 식생과 밀접한 관계가 있으므로 자연 상태에서 어느 정도의 식생 회복이 가능한가를 파악하는 것과 식생에 의한 비탈면 조기 회복을 위한 물리적 식생적 안정공법을 개발하는 것이 병행되어야 한다. 지금까지 우리나라의 비탈면에 관한 연구는 주로 고속도로를 대상으로 녹화공법의 적용, 식생선발, 식생구조 및 천이과정의 규명 등이 수행되어 왔다(禹 등, 1996a, 1996b ;禹와 金, 1997, 1998 ;程과 金, 1994 ;李, 1998). 반면 산악림의 임도에 관한 연구로는 개설에 따른 지형개변, 식생침입 변화 및 임도의 이용적 측면만이 주로 연구되어 왔다(全 등, 1994a, 1994b, 1995, 1996, 車 등, 1998).

식생은 생장이 일정하지 않고 목적달성을 위한 시간이 많이 걸리며, 일정한 생육공간이 요구될 뿐만 아니라, 그 형태가 일정하지 않다는 점이 토목 구조물에 비해 불리하다(江崎, 1989). 그러나 식물 재료의 이용은 비탈면 주변 생태계와의 보전과 조화 및 경관형성에 유리하다는 점에서 친환경적 재료로 많이 활용되고 있다. 특히 불안정한 임도 비탈면은 종자가 발아하여 완전히 활착되기 이전에 강우로 인한 토양 및 종자의 유실이 발생하기 쉽고, 건조 등에 의해 식물의 착생이 어렵다. 따라서 조기 녹화를 위한 식생의 선정에는 이러한 점을 충분히 고려하여, 江崎(1984)가 지적한 바와 같이 침식방지 관점, 시공관리 관점 및 식물 자체에 요구되는 특성을 충분히 고려하여 선정해야만 할 것이다.

따라서 본 연구는 인위적으로 조성된 임도 비탈면에 우리나라 자생 식물재료를 이용하여 현지 실정에 맞는 침식방지 및 경관을 고려한 자연생태계가 보전될 수 있도록 녹화공을 수행하였다.

II. 비탈면 녹화를 위한 시도

우리나라에서는 자연보호(치산치수)라는 생각은 옛부터 있었다. 그러나 고도의 성장기를 맞이하여 개발 사업에 수반되는 지형 개변 또는 식생 파괴가 환경 문제로서 인식되기 시작한 것은 최근의 일이라고 할 수 있다.

미국과 일본을 비롯한 선진국가들도 처음에는 이와 같은 비탈면이 발생하면 어떻게 빨리

식생피복을 완성시킬까 하는 급속녹화에 초점이 맞추어 왔지만, 경험과 연구를 축적해 가던 중 점차 녹화의 목표를 어디에 둘 것인가, 즉 어떤 식생으로 복원하며, 시공 당초의 녹화공법과 그 후의 식생 변화(천이)의 관계는 어떠한가 등에 관한 문제를 취급하게 되었다. 당초 녹화공에서는 발아율이 좋고, 조기에 전면 피복이 가능한 외래 목초가 적용되었지만, 외래종은 유전자의 교란을 초래하며, 그 지역 고유종을 쫓아내는 위험성이 있으며, 또한 향토 경관에 적합하지 못하다는 이유 등으로 기피되고 있다.

우리나라도 이러한 경향에 공감하여 자생식물을 이용한 비탈면 녹화공을 실시하려 하고 있지만, 자생식물의 비탈면 녹화 적용 가능성 등에 관한 연구가 아직까지는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본인들은 강원대학교 부속 연습림내에 1993년 개설된 임도 4.459km중 약 3.68km 구간을 대상으로 절, 성토 비탈면에 각각 36, 37개의 조사구 [폭(2m)×사면 길이(m)]를 설정한 후 비탈면을 상, 중, 하로 구분하여 현재까지 식생의 침입 및 피복 현황을 지속적으로 조사해 오고 있다.

또한 지질학적인 조건이 다른 구절임도 비탈면 2지역과 산림과학대학 2호관 비탈면에 피복재(M.F.F : Multi Function Filter)를 설치한 조사구와 설치하지 않은 조사구로 구분하여 식생 침입, 그리고 종자 파종 및 삽목에 의한 녹화 관계를 연구하고 있다.

피복재의 이용에 따른 비탈면 녹화에 관한

연구로는 3지역(A, B, C)에 우리나라 자생종인 목본류 6종류, 반관목성 1종류와 초본류 6종류를 적용하여 경관성을 고려한 조기 녹화를 시도하고 있다.

한편 비탈면 녹화 수종으로 적합하다고 판단되는 버드나무과의 눈개버들에 대한 삼목번식을 온실과 야외로 구분하여 실시하였으며, 산악 임도 개설지에 많이 발생하는 연암 및 암석지대와 풍화마사토 지역에 비탈면 경사를 달리하여 삼목 증식한 개체의 이식을 통한 녹화를 시도하고 있다.

III. 자생식물에 의한 비탈면 녹화

인위적으로 발생한 비탈면의 녹화에 대한 성패여부는 여러 가지 환경인자들에 의해 영향을 받는다. 그 가운데 식물은 자연친화적인 비탈면 녹화를 위한 가장 중요한 요인중의 하나이다. 그러나 비탈면이라는 특수성으로 인하여 조기녹화가 이루어지지 않으면 산사태, 토사유출, 수질악화 등 여러 가지 환경문제가 대두된

다. 또한 지금까지는 주로 외국에서 도입된 초본류 위주의 녹화공법이 시행되어 경관적인 면이나 자연성을 회복할 수 있는 자생식물의 적극적인 이용이 지적되고 있다.

따라서 비탈면 녹화공으로는 생태계 보전 및 경관성이 고려된 조기녹화가 요구된다고 할 수 있다.

1) 주변식생의 자연침입과 피복재의 영향

임도 비탈면의 식생침입 상황을 파악하기 위해 강원대학교 산림과학대학 부속연습림의 임도 절 성토 비탈면에 조사구를 설치하여 1994년부터 1998년까지 5년간의 식생천이 과정을 조사하였다. 종수 및 개체수는 절 성토 비탈면 모두 임도개설후 초년도부터 3차년도까지는 증가하는 경향을 나타냈지만, 5차년도 이후에는 감소하는 경향을 나타냈다.

또한 식생의 평균 피복율은 절토 비탈면의 경우 초년도 5.7%, 2차년도 19.5%, 3차년도 19.6%, 5차년도 28%로 2차년도 이후에는 크게 변화하지 않았으나, 성토 비탈면은 초년도

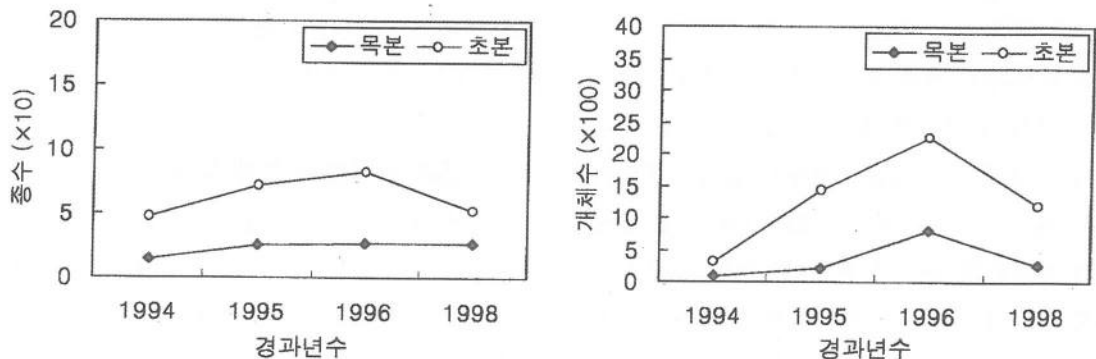


그림 1 절토 비탈면에 있어서 침입식생의 종수 및 개체수의 변화

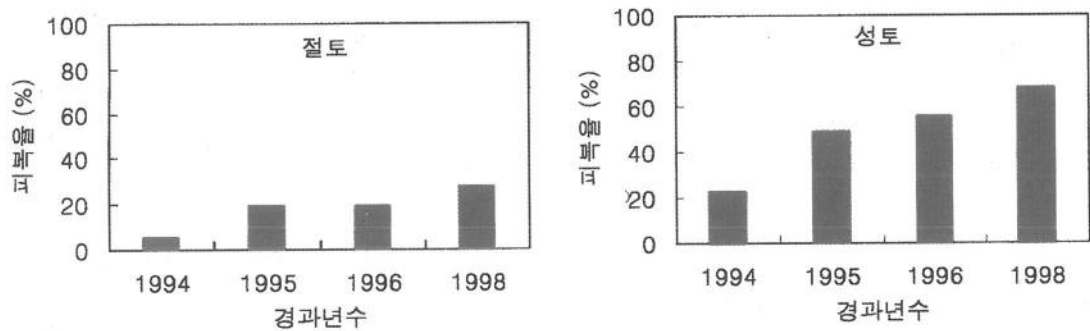


그림 2 절 성토 비탈면에 있어서 식생의 자연침입에 의한 평균피복율 변화

22.7%, 2차년도 48.8%, 3차년도 55.7%, 5차년도 68%로 지속적으로 증가하였다. 따라서 절토 비탈면은 성토 비탈면과는 달리 비탈면 조성후 방치하게 되면 식생의 자연침입에 의한 비탈면 안정을 기대하는 데에 한계가 있는 것으로 나타났다. 피복재의 설치가 주변 식생 침입에 미치는 영향을 파악하기 위해 새롭게 개설된 3지역을 선정하여 식물의 종류조성을 조사하였다. A지역이 11과 15속 17종 총 17종류, B지역이 35과 49속 51종 7변종 총 58종류, C지역이 11과 17속 16종 2변종 총 18종류의 관속식물이 출현하였다(박 등, 1998). 이것은 쉰 등(1994)이 산악림에 개설된 임도 3.68 Km를 대상으로 개설 초기년의 식생 침입 상황을 조사하여 전체 조사구에는 목본류 14종류와 초본류 44종류가 침입하였으며, 개설 초기년에는 조사구당 평균 4종류가 출현하였으며, 3년간의 조사 결과에서는 조사구당 평균 17종류가 출현하였다는 결과와 비교하면 금번 피복재를 설치하여 조사된 3지역 모두 많은 종류의 식생이 침입한 것으로 나타났다. 따라서 비탈면에는 피복재의 설치에 따라 다양한 종류의

식생이 비탈면 조성초기부터 침입 가능한 것으로 판단된다.

또한 각 조사지역에 대표적으로 출현하는 식물종을 살펴보면, 임도비탈면지역 2곳은 국화과, 콩과 및 벼과 식물의 순으로 전체의 40% 이상을 차지하며, 교내의 조사지역은 콩과, 국화과, 벼과의 식물이 약 60% 정도를 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 사실로 볼 때, 국화과, 콩과 및 벼과의 식물들이 모든 조사지역의 나출된 사면에 선구종으로 침입하는 것으로 조사되었다. 따라서 비탈면의 녹화 식생공으로는 실제 임도가 개설되는 산지의 척악한 지역에 선구적으로 침입하는 식물들을 파악한 후, 비탈면 안정에 효과가 큰 식물들을 선택적으로 적용하는 것이 바람직하다.

2) 종자번식과 피복재의 영향

각 조사지역에 대하여 파종종자를 포함하여 침입한 식물들을 살펴보면, 피복재를 설치한 조사구와 피복재를 설치하지 않은 조사구 사이에는 일관된 경향을 나타내지 않으며, 종수 및 개체수는 피복재가 설치되지 않은 지역과 유사

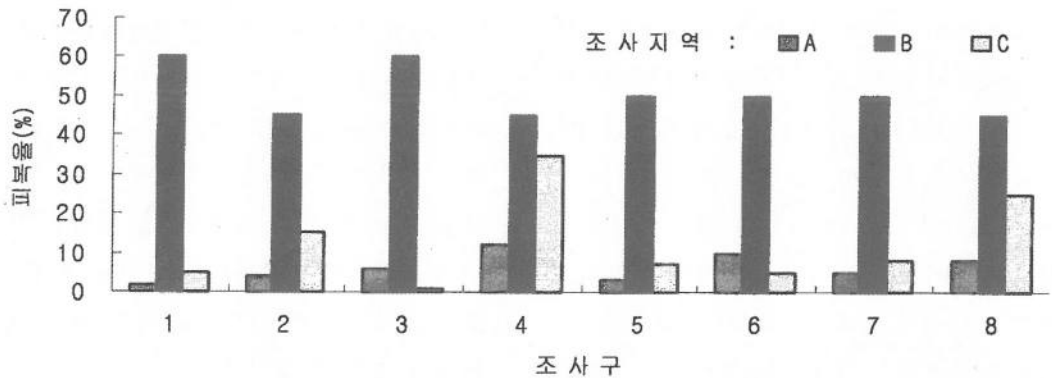


그림 3 각 조사지역의 식생 피복 현황

하거나 혹은 적게 나타나는 경우도 있었다(박 등, 1998). 따라서 비탈면에 침입하는 식물종들은 피복재의 설치에 의해 커다란 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

설치 후 1년된 각 조사지역에 대하여 피복상황(그림 3)을 살펴보면, 마사토의 척박건조한 A와 C지역은 평균 6-13%로 매우 낮은 피복을

을 나타냈으나, 갈색 삼림토양으로 습윤한 B지역은 평균 51%정도 피복되어 비탈면이 조성된 후 적절한 조치를 취한다면 단기간에 녹화를 달성할 것으로 판단되었다. 그러나 척박한 지역의 조기 녹화를 위해서는 척박하고 건조한 곳에서 잘 자라며, 토사를 고정할 수 있는 능력이 있는 자생 식물종의 발굴이 시급하다고

표 1 경관미가 고려된 비탈면 녹화를 위한 자생식물의 적용

학명	개화시기(월)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<i>Pulsatilla koreana</i> 할미꽃		○									
<i>Capsella bursa-pastoris</i> 냉이			○	○							
<i>Iris nertschinskia</i> 붓꽃			○	○							
<i>Aquilegia buergeriana</i> var. <i>oxysepala</i> 매발톱꽃				○	○						
<i>Lespedeza cuneata</i> 비수리						○	○				
<i>Aster scaber</i> 참취						○	○	○			
<i>Indigofera pseudo-tinctorea</i> 낭아초					○	○					
<i>Lindetura obsiloba</i> 생강나무	○										
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> 철쭉꽃			○								
<i>Spiraea blumei</i> 산조팝나무			○								
<i>Spiraea trichocarpa</i> 갈기조팝나무			○	○							
<i>Staphylea bumalda</i> 고추나무			○	○							
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> 참싸리					○	○					

할 수 있다. 또한 갈색 삼림토양의 습윤한 B지역의 피복율은 피복재를 설치한 조사구와 피복재를 설치하지 않은 조사구간에 차이가 인정되지 않았으나, 마사토의 척박건조한 A와 C지역에서의 피복율은 피복재를 설치한 지역이 피복재를 설치하지 않은 지역보다 훨씬 양호하게 녹화되는 것으로 나타났다. 따라서 건조하고 척박한 비탈면의 녹화를 위해서는 적극적으로 피복재를 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그러나 피복재를 설치한 지역도 아직 약 30% 이하의 생존율을 나타내, 식생이 쉽게 활착할 수 있는 피복재의 개발이 요구된다.

한편, 인위적으로 조성된 비탈면에 대하여 경관을 고려한 조기녹화의 성과를 얻기 위하여 몇몇 종류의 자생식물과 M.F.F라는 피복재를 이용하여 녹화 관계를 조사하고 있다(표 1). 현재까지 파종한 식물들의 발아 상태는 매우 불량한 것으로 나타났으며, 일부 발아된 식물들은 피복재를 설치한 조사구가, 피복재를 설치하지 않은 지역에 비해 양호한 발아율을 나타내고 있다. 따라서 피복재는 파종 종자를 고정하는 능력이 있어 종자의 발아에 높은 효과를 나타낸 반면, 피복재를 설치하지 않은 지역은 강우로 인한 토양 및 종자의 유실로 낮은 활착율을 나타낸 것으로 사료된다. 그러므로

조기녹화를 위한 종자 파종시에는 피복재를 적용하는 것이 매우 효과적일 것이라고 판단된다. 계절의 경관성을 고려하여 선정된 식물 종자는 종자의 수명이 길고, 발아율이 높은 식물을 위주로 선정하여 조기녹화가 이루어지도록 하여야 할 것이며, 특히 자생식물을 도입할 경우에는 유통경로와 보존방법의 불확실, 낮은 발아율 등의 문제점이 있으므로 이에 대한 해결책을 강구해야 할 것이다.

3) 삼목번식과 피복재의 영향

삼목번식은 모식물의 수가 적고 또한 종자번식이 어려운 경우 주로 수행되는 방법으로 모식물의 형질을 그대로 유지하는 특성을 갖는다. 특히 버드나무과의 눈갯버들은 갯버들과는 달리 건조한지역, 냇가의 바위틈 또는 사면 절개지의 노출된 암반지역 등에 주로 분포한다(朴, 1994). 또한 약간의 토양만 있으면 활착이 가능하며, 지면으로 늘어진 가지는 지면과 접촉되는 부분에 뿌리를 내리는 특성을 가지고 있기 때문에 토사 고정 능력이 매우 뛰어나다. 그러나 버드나무과 식물의 종자는 휴면성이 없고, 종자의 수명이 짧다고 보고되고 있어(佐藤, 1955) 종자 비산시 환경이 부적당한 곳에 정착할 경우 종자는 활착하지 못한다. 또한 붕괴지,

표 2 눈갯버들의 삼목 번식 비교

배 지	온실 실험		야외 실험	
	모래	인공배지	나지	나지+피복재
활착율(%)	81.9	90.0	37.5	38.9

인공배지 ; Peatmoss + Pearlite + Vermiculite (1:1:1)

표 3 삼목 증식된 눈갯버들 개체의 임도 비탈면 이식 활착율 비교

조사 지역	연암 및 암석지대		풍화마사토	
비탈면 경사도(°)	35	53	33	55
활착율(%)	95	100	100	90

도로 비탈면 등의 나지에 선구적으로 침입하고 있지만, 종자 파종에 의한 양묘가 어렵기 때문에 종자를 통한 사면안정 녹화공법에 적용하는 것은 매우 어렵다. 따라서 이러한 특성을 갖는 눈갯버들과 같은 버드나무과 수종들은 종자보다는 삼목을 통한 번식이 적절하며, 사면의 녹화공법에 유효할 것으로 판단된다.

눈갯버들의 임도사면 적용을 위해 삼목 실험을 실시한 바에 의하면 온실내의 모래상과 인공배지에서는 약 80% 이상의 높은 활착율을 나타냈으며, 임도 비탈면에 피복재를 설치한 조사구와 피복재를 설치하지 않은 조사구에서는 2지역 모두 약 40% 정도 활착하는 것으로 나타났다. 삼목 활착율은 실내실험과 야외실험간에 차이가 인정되었지만, 피복재 설치에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 피복재의 설치에 따른 종자 파종에 관한 연구에서, 일부 식물들의 종자 활착율은 동일지역에서 피복재가 설치된 지역과 설치되지 않은 지역간에 커다란 차이를 나타내는 결과와는 다르게 나타났다. 특히 피복재가 설치되지 않은 조사구에 종자를 파종할 경우, 강우로 인하여 종자가 유실되어 활착율이 저조하나 눈갯버들의 삼목을 실시한 경우, 삽수가 어느정도 지하부에 고정되어 있기 때문에 종자 파종시와 같이 유실되는 개체는 발생되지 않았다. 그러나

마사토의 척박 건조한 비탈면이라는 특수성 때문에 활착율은 약 40% 정도로 나타났다. 따라서 눈갯버들을 나출된 비탈면의 녹화공법에 적용하기 위해서는 시기별, 토양별로 삼목실험을 통하여 녹화공법에 적용할 수 있는 시기 및 토양간의 관계 등을 명확히 규명하여 적용한다면 높은 활착율을 기대할 수 있을 것이다.

반면, 삼목으로 증식한 눈갯버들을 임도 비탈면에 이식하여 활착율을 조사한 결과, 연암 및 암석지대와 풍화마사토지역의 비탈면 경사도를 달리한 모든 조사구에서 90% 이상 양호하게 활착하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 비탈면 등의 토석류 고정 능력이 뛰어난 눈갯버들의 경우에는 비탈면에 직접 삼목을 실시하는 것보다는 삼목 증식한 개체를 비탈면에 식재하는 것이 활착율을 높일 뿐만 아니라 조기 녹화에도 효과가 클 것으로 기대된다.

IV. 참고문헌

1. 朴完根. 1994. 韓國産 科 屬 分類學的再檢討. 110pp. 東北大學博士學位論文
2. 朴完根 全權雨 廉圭眞 劉錫仁. 1998. 피복재가 식생 생육에 미치는 영향. 1998 한일공동심포지엄 논문집: 33-47
3. 禹保命, 金南椿, 金慶勳, 全起成. 1996a. 高

- 速道路 切土비탈면의 植生遷移過程에 關한 研究. -中部高速道路를 中心으로-. 韓國林學會誌 85(3) : 347-359
4. 禹保命, 全起成, 金慶勳, 崔炯太. 1996b. 高速道路 비탈面에서 周邊環境을 考慮한 綠化工法과 植生選拔에 關한 研究. 韓國林學會誌 85(4) : 619-633
5. 禹保命, 金慶勳. 1997. 高速道路 切開비탈面에서 綠化工法 選定基準 設定에 關한 研究. 韓國林學會誌 86(4) : 476-488
6. 禹保命. 1998. 한국의 비탈복원 및 녹화기술. 한국환경복원녹화기술학회 심포지움 논문집 83-97
7. 禹保命, 金慶勳. 1998. 岩切取 毀損비탈면에 대한 環境生態의으로 安定된 綠化工法에 關한 研究(I). -山林表層土를 利用한 綠化土의 效能分析을 위한 室內實驗-. 韓國林學會誌 87(2) : 308-315
8. 李承炫. 1998. 高速道路 비탈面 綠化施工地의 環境因子와 經過年數에 따른 植生構造變化. 서울대학교 농학석사학위논문 54pp.
9. 全槿雨, 吳在萬, 池炳潤. 1994a. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(V). -調査區의 地形改變-. 江原大學校 林科大學 演習林研究報告 14 : 110-120
10. 全槿雨, 車斗松, 朴完根, 吳在萬. 1994b. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(VI). -開設後 初期年の 植生侵入-. 江原大學校 林科大學 演習林研究報告 14 : 121-134
11. 全槿雨, 朴完根, 吳在萬, 車斗松. 1995. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(VII). -開設後 2次年度の 植生侵入 變化-. 江原大學校 林科大學 演習林研究報告 15 : 45-63
12. 全槿雨, 朴完根, 車斗松, 金旻南, 金玟植, 廉圭眞, 西門原, 吳在萬, 江崎次夫. 1996. 山岳林의 林道開設에 關한 研究(VIII). -開設後 3年間の 植生侵入 變化-. 江原大學校 林科大學 演習林研究報告 16 : 109-131
13. 車斗松, 池炳潤, 金旻南, 崔麟和. 1998. 林道開設에 따른 森林施業의 實態分析 및 效果分析. 韓國林學會誌 87(2) : 239-252
14. 江崎次夫. 1984. 林道のり面保全に關する研究. 愛媛大學演習林報告 21 : 1-116
15. 江崎次夫. 1989. のり面の綠化について. 平成元年度第1回愛媛縣土質工學研究會發表要旨集 : 1-10
16. 佐藤義夫. 1955. ヤナギ科種子の生存期間. 北大演報 17(2) : 225-266

입지환경

지구환경오염을 말한다(II)

- 지구 온난화 -

농학박사 이 충 화

임업연구원

본 호에서는 전호의 「성춘권 오존층의 파괴」에
이어서 지구 온난화에 대하여 살펴보고자 한다.

1. 지구 온난화의 원인

지구의 대기에는 어느 정도의 온실효과가 있고 이것에 의해 쾌적한 기후가 유지되어 왔다. 그런데 인간활동에 의해 온실효과가 커져 지구 기후가 변화되는 문제가 발생한다. 그런데 왜 이와 같이 지구기후의 변화가 일어날까요? 지구의 지표면 및 대기의 온도는 태양으로부터 유입된 일사(日射)에 의한 에너지와 지구자체가 우주공간을 향해 방출(放出)하는 열 방사와의 balance에 의해서 결정된다. 태양으로부터 방사된 빛에너지의 상당 부분은 가시광역에 있으며 이것은 대기를 거쳐 지표면에 흡수된다. 이 가시광을 흡수하여 가열된 지표면은 적외선의 열을 방사한다. 이때 대기중에 존재하는 『온실효과가스』라고 불리는 가스가 지표면으로부터의 열을 일단 흡수한다. 이 온실효과가스에 의해 흡수된 열의 일부는 지표면을 향해서 다시 방사되나 일부는 상층의 대기로 방사된다. 따라서 일사뿐 만 아니라 대기로부터의 아래로 방사에 의한 가열 때문에 지표면의 온도는 더

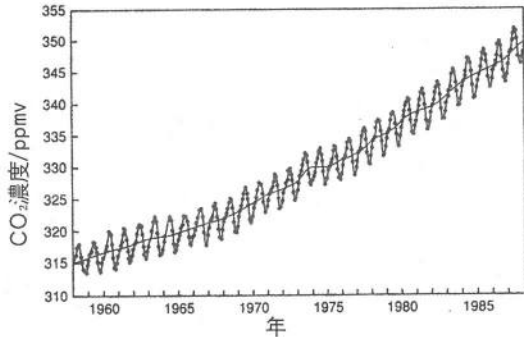
욱 높아지게 된다. 이 효과를 온실효과라고 하며, 결국 지구 온난화는 인간활동에 의해서 대기중에 있는 온실효과가스의 농도를 상승시켜 이것에 따르는 온실효과가 강하여진 결과 지표면 및 대기의 온도가 상승하는 현상이다.

2. 온실효과가스

지표면으로부터 방사된 적외선을 흡수하는 온실효과가스는 이산화탄소(CO_2), 수증기(H_2O), 메탄가스(CH_4), 일산화질소(N_2O), 프레온가스(CFC), 오존(O_3) 등을 들 수 있다. 이와 같은 온실효과가스의 대기농도는 인류가 석탄, 석유 등과 같은 화석연료를 에너지원으로 이용하는 산업활동의 확대에 최근에 이르러 급증하고 있는 실정이다.

한편, 온실효과가스 중 가장 주목받고 있는 대기중의 CO_2 농도는 18세기 중엽의 산업혁명 이후부터 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 대기의 CO_2 농도는 산업혁명 이전에는 280ppm전후로 거의 일정한 값을 유지하였는데, 이후 서서히 증가하여 1980년대 후반에는 350ppm이상으로 약 25% 증가하였다(그림 1).

이러한 증가경향은 점차로 가속화되어 최근에는 연간 약 1.5ppm씩, 년 0.4%의 비율로 증

그림 1 대기중 CO₂ 농도의 변화

가하고 있는 추세이다. 또한 대기중의 CO₂ 농도는 명백하게 계절변화를 나타내고 있어 4~5월에는 극대치를, 8~9월에는 극소치를 나타낸다. 이러한 현상에는 여러가지 요인이 관여되고 있으나, 주로 북반구 중위도 지방에 있어서 식물활동의 계절변화가 큰 영향이라고 생각된다. 그리고 CO₂ 이외의 온실효과도 매년 증가추세에 있으며, 그 중 특히 CH₄가 주목받고 있다. 그 이유는 CO₂ 농도의 년 증가율이 0.4% 인데 비하여 CH₄의 년 증가율은 1%를 상회하고 있기 때문이다. 또한 대기중의 CH₄, N₂O, CFC 등의 온실효과가스의 농도는 CO₂ 농도보다는 확실히 낮은 농도지만, 기체성분의 증가에 의한 온실효과가 등량(분자수)의 CO₂ 증가에 대하여 온실효과가 몇 배에 해당하는가를 지구온난화 포텐셜이라고 하는데, 이 수치가 CH₄는 약 21배, N₂O는 약 206배, 그리고 CFC는 1만 수천배에 해당된다. 이 때문에 CO₂에 비해서는 양적으로는 적은 온실효과가스지만 지구 온난화 촉진요인으로서 결코 무시될 수 없다.

3. 온실효과에 의한 대기기온 상승

실제로 1880년경부터 현재까지 약 120년간 지구의 평균기온이 약 0.5℃ 상승되었다는 보고가 있다. 미국과학아카데미의 이산화탄소평가위원회는 대기중의 CO₂ 농도가 현재의 2배로 상승할 경우, 지구전체 평균 지표기온이 $3.0 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 상승한다고 경고하고 있다. 최근에는 온난화에 의한 기온상승의 정도를 비교적 크게 평가하는 경향도 있으며, 국제학술연합(ICSU)의 환경문제과학위원회(SCOPE)는 1985년에 CO₂ 농도의 증가에 의해 $3.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 상승할 것이라고 예측하였다.

한편, IPCC(기후변동에 관한 정부간 판넬)의 보고에 의하면 지구 평균기온은 산업혁명

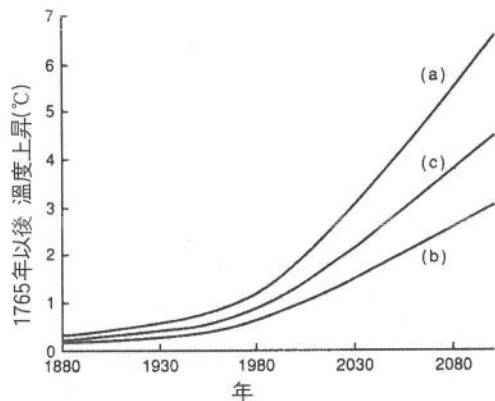


그림 2 IPCC의 평균기온 상승 예측(IPCC, 1990)

- (a) 온실효과가스가 규제 없이 배출될 경우(가장 높게 예측)
- (b) 온실효과가스가 규제 없이 배출될 경우(가장 낮게 예측)
- (c) (a)와 (b)의 양자를 고려하여 규제 없이 배출될 경우(가장 타당하다고 추측)

이전에 비하여 2020년까지 $1.3\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 상승하고, 2070년까지 $2.4\sim 5.1^{\circ}\text{C}$ 상승할 것이라고 예측하고 있다(그림 2). 또한 최근의 보고에 의하면, 1860년 이후 지구평균 기온은 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 상승하였으며, 100년간의 해수면의 높이는 10~20cm상승하였다고 보고하였다.

4. 지구 온난화에 의한 영향

지구 온난화에 의하여 세계 각지에서 여러 가지 영향이 나타날 가능성이 지적되고 있다. 기온상승 정도는 위도에 따라 다르게 나타나며, 그 중에서도 북반구 고위도지방에 있어서 기온상승이 가장 심각할 것이라고 예측하고 있다. 농업에 있어서는 기온상승에 의한 작물수확량

의 증가도 지적되고 있으나, 고온장해나 병충해의 증가 등의 작물생산에 대하여 악영향도 예상된다. 또한, 온난화가 계속되면 각지에서 한발이 발생하고 세계 곡창지대에서는 농업생산에 여러 가지 악영향을 미칠 것으로 예상된다. 더욱이 지구 온난화에 따르는 영향으로서 해수면의 상승도 큰 문제가 될 수 있다. 지구평균기온이 $1.5\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 상승할 경우, 해수의 팽창이나 극지방 빙하의 용해 등에 의하여 해수면이 20~110cm상승한다고 예측하고 있다. 특히 생태계를 이루고 있는 동식물이 급속히 기후변화에 적응할 수 있을지? 세계 곡창지대의 농업생산에 어떤 악영향을 미칠 것인지 대단히 우려되고 있다.



산림입지도의 활용

- 독일 바덴-뷔르템베르크(Baden-Wuerttemberg)주의 예 -

이학박사 배 상 원
임업연구원 중부임업시험장

1. 개 요

바덴-뷔르템베르크주에서는 영림계획서의 범위내에 산림기본도, 산림백도, 자연경관무육도, 산림입지도, 임도지도, 행정도, 항공사진계획도, 경계도, 경영기본도, 개괄도 등이 포함된다. 이와 같이 산림입지도는 영림계획을 세우기 위한 기본도이며 영림계획서의 일부로 되어 있다.

바덴-뷔르템베르크주 산림입지조사에는 지리학, 지학, 토양, 기상, 식생, 화분분석, 역사 분야와 이 분야들의 조사방법이 모두 종합되어 있다. 산림입지조사시에는 조사부터 분석·평가 전체 작업 과정을 공동으로 하는 종합적인 조사를 한다. 바덴-뷔르템베르크주는 경관에 따라 7개 생육권역으로 구분되고 생육권역은 다시 생육구역집단, 소생육구역 등으로 세분한다. 위와 같은 구분된 지역을 기준으로 다시 산림입지형을 구분하여 산림입지도를 제작하며 입지도 작성과 연결하여 입지도 설명서를 작성한다.

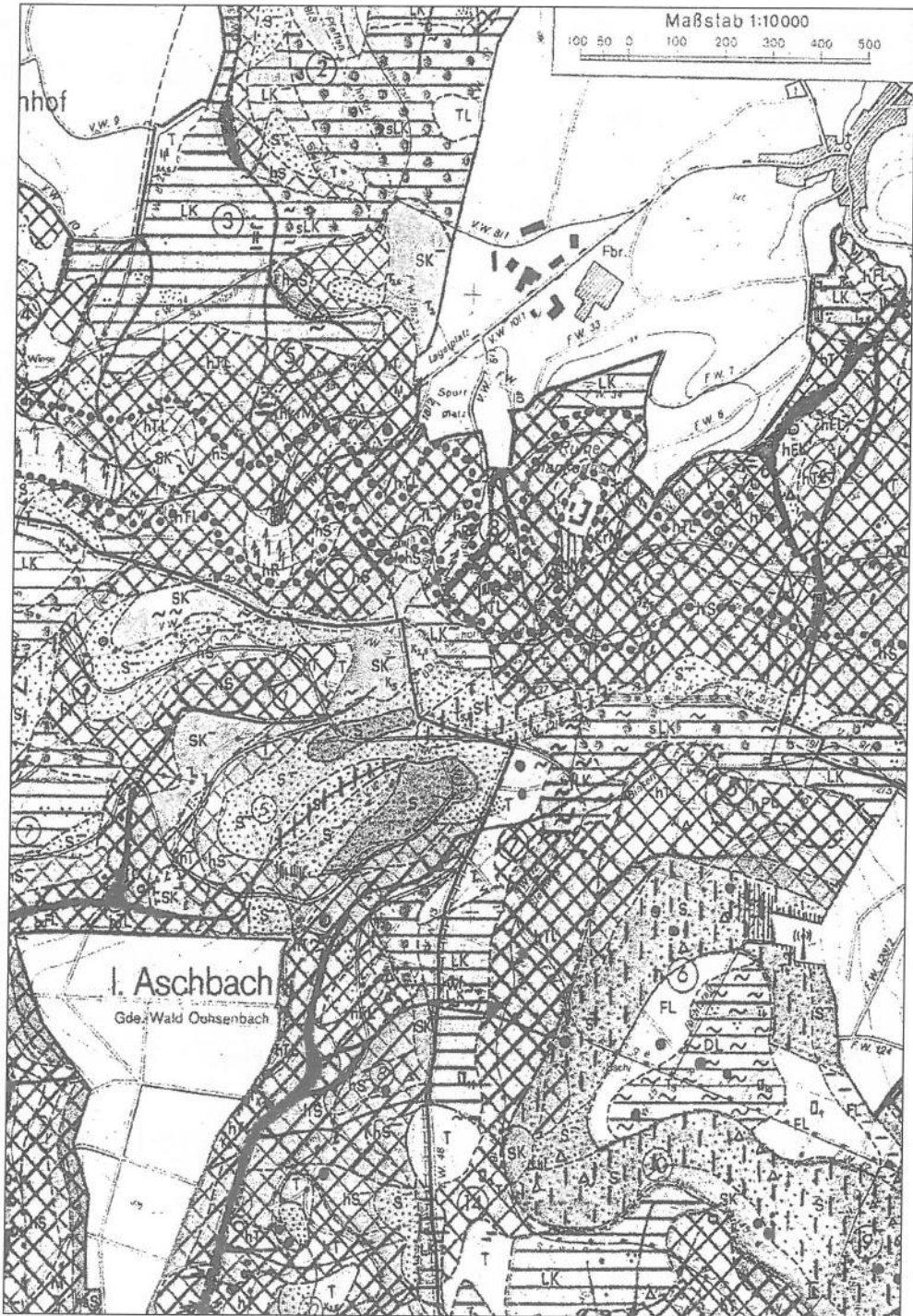
산림입지도 작성시 주요한 인자는 토양으로서 바덴-뷔르템베르크주의 경우 생태적 토양시리즈를 이용한다. 생태적 토양시리즈의 구분은 토양생성 관점이 아닌 생태적 관점에 그 바탕

을 두고 있기 때문에 생태적 토양시리즈는 특정한 입지적 공통점을 나타내는 여러 토양형을 포함한다(예 : 습하지 않은 미세양토의 생태적 토양시리즈, 점토질로 조성된 사면의 생태적 토양시리즈). 생태적 토양시리즈는 토양 수분과 양분 상태에 따라 산림입지구가 구분된다. 습하지 않은 그리고 습한 생태적 토양시리즈 사이의 수목 생태적, 조림적 차이점은 입지조사에서 중요하다(예 : 사토의 생태적 토양시리즈와 과습 사토의 생태적 토양시리즈). 생태적 토양시리즈는 토성에 따라 형성된 토양형이 아닌 생태적 산림 입지적 개념이다.

산림입지도는 그림과 같이 다양한 정보를 보여주고 있지만 이중에 가장 주요한 인자로 활용되는 것이 생태적 토양시리즈이다. 토양시리즈는 S, SK, LK, sLK 등의 기호로 나타내고 있으며 이와 동시에 격자무늬는 산림식생을 표시하고 있다.

2. 입지도 이용

산림입지도상으로 구분된 산림입지형은 영림계획서 작성시 조림수종의 선정에 이용이 된다. 각 입지형별로 적합한 수종을 선발하기 위하여 여러 가지 인자를 바탕으로 한 기준을 설



〈그림 1〉 바덴-뷔르템베르크주 산림입지도의 예

정하여 평가를 한다. 평가의 기준은 활력도, 관리도, 경영 안전도, 생산력 4가지로 활력도는 갱신의 용이성, 성장동태, 경쟁력 등이, 관리도는 수종과 입지간의 상호작용, 지력의 유지 등이, 경영 안전도는 생물학적 피해, 비생물학적 피해, 피해종류 등이 그리고 생산력은 재적생산, 가치생산, 미래에 끼치는 영향 등이 주요 평가대상이 된다.

평가시 등급을 설정하여 구분하는데 상(최적), 중(평균), 하(최하)이며 표는 평가 불가능으로 정하고 있다.

이와같은 기준으로 활력도는 갱신용이도와 중·노령목일때의 등급을 아래와 같이 정한다.

갱신용이도

1. 천연갱신이 용이하고 경쟁력이 강함
2. 천연갱신 가능
3. 천연갱신시 문제가 있으며, 다른 수종의 경쟁력이 큼

중, 노령목

1. 노령화 현상이 늦게 나타남; 수종점유율이 간벌등의 무육이 없이 상승
2. 수종점유율이 간벌 등의 무육에 의해 상승
3. 간벌 등의 무육시 수종유지를 위하여 집중적인 무육이 필요

관리도는 수종과 입지를 대상으로 아래와 같이 평가한다.

수종

1. 토양양분이 많아 낙엽이 빨리 분해됨
2. 낙엽 품질이 중간정도
3. 낙엽분해가 어렵고 탄소/질소 비율이 낮음

입지

1. 물리적, 화학적으로 토양이 좋아짐
2. 입지력이 현상태로 유지
3. 물리적, 화학적으로 토양이 척박해 짐

경영안전도는 비생물학적, 생물학적 피해가 능력을 대상으로 아래와 같이 평가한다.

비생물학적

1. 수종이 임분안정도에 기여
2. 수종이 임분안정도에 긍정적인 기여도가 없음
3. 수종이 임분을 불안정하게 함

생물학적

1. 해충이 군에 의한 피해도가 낮음(저항력이 높음)
2. 임분전체가 피해를 입을 위험이 없음
3. 임분전체가 피해를 입을 위험가능성이 있음

생산력은 재적과 가치생산을 대상으로 평가한다.

생산력

1. 재적과 가치생산이 양호하거나 최상
2. 재적과 가치생산이 평균

3. 재적과 가치생산이 낮거나 최하

위와 같은 기준으로 조림수종들을 입지별로 평가를 하여 아래와 같은 표를 작성하여 조림 가능한 수종들을 선정할 수 있다.

예를 들면 1번의 S토양에는 너도밤나무가 2112의 평가를 받았다.

2112의 의미는 활력도, 관리도, 경영 안전도, 생산력순서로 중간, 상, 상, 중간의 등급을 받

았고 종합적으로는 “적합”관정을 받은 것이다. 이러한 토양에서는 가문비나무, 전나무, 미송이 “적합”관정을 받아 조림대상 수종이 된다.

입지형별로 적합한 수종들이 선정되면 이 중에서 영림서의 현황에 따라 가장 적합한 수종을 선정하여 조림을 할 수 있다.

이와같이 산림입지도는 단순한 도면작업으로 이루어진 지도로 이용을 하는 것이 아니라 각각의 입지형에 적합한 수종들을 선발하고 이에 따른 조림수종을 확정하는 기초자료로 활용

〈표〉 입지별 적수관정표

No.	입지	면적 (ha)	활엽수종				침엽수종				
			너도 밤나무	참나무	단풍 나무	기타	가문비 나무	전나무	소나무	미송	기타
1	S	147.4	g 2112	w/u 3223	w 2222		g 1312	g 1112	m/w 2332	g 1111	
2	glS	18.9	g 1211	w 3222	m 2222		g 1211	g 1221	w 3221	g 1211	
3	IS	323.5	g 2112	w/u 3222	m/w 2223		g/m 1311	g 1222	w 3322	g 1211	
:											
7	wzMi	14.8	u 313※	u 3223	w/u 2233		m 1231	g 1111	m/w 321※	u ※231	
8	MLa	8.6	천이중 313※ 3233 3233				m/w 2232	u 3232	m 2212	u 3※3※	
:											
12	SWH	389.1	g 2112	w 3222	m 3122		g 1211	g 1121	w 3322	g 1211	
13	pSWH	117.4	w 3123	u 3233	w 3133		m 2222	g 2112	m 2212	g 2122	
:											
17	SSH ⁻	125.3	w 3213	m 2212	u 3※※3		w 3232	u 3233	g/m 2312	g 2212	

1 최상 2 중간 3 하 ※ 불확실

g = 적합 w = 약간적합 m = 가능 u = 부적합

되고 있다.

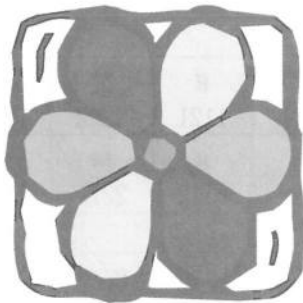
3. 참고문헌

Arbeitskreis Standortkartierung in der
Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung
(1985) : Forstliche Standortaufnahme. p.

188

Forstliche Versuch- und Forschungsanstalt
Baden-Wuerttemberg (1992) : Lehrgangsm-
appe fuer den standortlichen Referedarleh-
rgang. p.49

Speidel G.(1972) : Planung im Forstbetrie-
b, Verlag Paul Parey p.265



산사태 유형

농학박사 최 경

임업연구원 보전과장

인구의 증가와 산업화에 따라 산지개발이 급격히 증가되고 있으며 이상기후에 의한 게릴라성 또는 국지성 집중호우로 산사태(Landslides)가 발생되어 매년 많은 인명과 재산피해를 받고 있으며 피해량도 점차 증가추세에 있다.

이러한 산사태는 지질과 지형에 따라서 발생 원인과 형태가 각기 다르게 나타나며 발생규모도 달리한다. 따라서 우리가 막연히 부르는 산사태는 여러유형으로 구분되며 이들 각각의 유형들을 정확히 식별함은 산사태의 발생원인, 피해규모를 이해하는데 도움이 되며 더 나아가서는 산사태 발생 위험지를 찾아내고 산사태방지 대책을 수립하는데 중요한 열쇠가 되기 때문에 산사태 유형에 대해 검토하고자 한다.

1. 산사태란 말의 뜻

산사태(Landslides)라는 말은 모든 Mass movement events를 총괄적으로 지칭하는 뜻으로 사용하여 왔는데 이 Mass movements는 순전히 중력작용만에 의한 사면에서의 토양과 암설(岩屑)의 이동이라고 정의하고 있어서, 흐르는물(流水), 바람(공기), 얼음(氷河)등과 같은 운동매개체가 개입되어 이동되는 Mass transports와 구별하기도 한다.

그러나 Mass movements에서 물이나 공기, 얼음과 같은 이동매체가 증가됨에 따라 감지할 수 없을 정도로 Mass transports로 변화하기 때문에 Mass movement와 Mass transports를 명확하게 구분한다는 것은 실제로 곤란한 일이다.

따라서 Mass movements과 Mass transports를 포함하는 토양과 암설이 사면 아래로 이동하는 일련의 과정을 산사태라 정의할 수 있다.

2. 산사태유형 구분을 위한 기본인자

산사태의 유형구분을 위한 기본적인 구분인자는 이동물질의 유형과 이동의 유형 이동물질 또는 활동면의 형태와 토질공학적인 특성 등 크게 3구분할 수 있다. 이들을 세분하면 다음과 같다.

가. 활동시기

과거에 발생한 산사태는 변위가 일어난 지질시대와 흔히 관련되어 있기 때문에 산사태 유형 분류인자로서의 활동년대의 효과는 반드시 연관되어야 하며 이는 장래 붕괴의 잠재력을 평가하는 수단으로서 이용되어야 한다.(Popov, 1946)

나. 활동의 정도

현재 또는 최초로 붕괴현상(활동)의 정도 즉 붕괴현상이 나타나고있느냐, 아니면 활동현상이 나타나지 않으나 잠재력이 있느냐와 같은 사면활동의 정도는 활동년대보다 더 장래붕괴의 가능성 추정에 상당히 효과적인 수단이 된다.(Erskine, 1973)

다. 지리학적 유형

이분류 인자에 기초한 분류체계는 그 부근장소를 제외하고는 덜 이용된다. 이 분류형태를 다른 지형에 적용하기 위해서는 이용자는 원래 지형의 특성에 정통하여야 하며 그 지형과 완전히 같은 지형을 찾아낼 수 있는 가능성은 희박하기 때문에 대부분의 체계는 기본적인 차별화로 그 변이와 관계되는 눈에 띄는 뚜렷한 요인들을 사용한다.(Reynolds, 1932)

라. 지리학적 위치

이 분류에서는 절벽(Cliff)붕괴와 산지붕괴 등 두가지로 구분하였다. 절벽붕괴는 수직적인 면을 따른 붕괴와 수평적인 면을 따른 붕괴로 구분하고 있으며 산지형 붕괴는 Alps와 같이 높은지대로 제한된다. 여기서는 Rock falls는 포함되나 보다 낮은지대 또는 보다 낮은 경사지의 지형은 포함하지 않고 있다.(Reynolds, 1932)

마. 기후형

이분류는 이류(泥流:Mudflow), 빠른유동성 이동의 다른형태 사이와의 관계를 이류와 관계가 있는 기후형태와 환경 즉 반건조, 고산성, 화산성 및 습지등으로 구분하고 있다.(Sharp, 1938)

표1. Varne's의 산사태 구분

산사태 유형			이동물질		
			암 석	공학적인 토양	
				대부분 조립질	대부분 세립질
Falls			Rock fall	Debris fall	Earth fall
Topples			Rock topple	Debris topple	Earth topple
Slides	Rotational	Few units	Rock slump	Debris slump	Earth slump
	Translational		Rock block slide	Debris block slide	Earth block slide
			Many units	Rock slide	Debris debris slide
Lateral spreads			Rock spread	Debris spread	Earth spread
Flows			Rock flow (Deep creep)	Debris flow (Soil creep)	Earth flow
Complex			2개 혹은 그 이상의 산사태 유형이 혼합되어 발생		

※ Units는 변형되지 않은 이동 토괴(Moving mass)의 수를 말함.

바. 이동물질의 유형과 크기

이동물질의 유형과 크기는 현재 존재하고 있는 분류기준으로 가장 널리 사용하고 있는 인자들이다. 이들 인자들은 많은 분류체계에서 상호의존적이어서 암석, 암석부스러기, 토양과 같은 큰 이동물질은 분류기준의 주류가 되나, 세분화된 flow에서는 이동물질의 유형과 입자의 크기가 반영되어 Wet sand flow, Clay flow, Earth flow, Dry sand flow 및 Loess flow와 같이 구분된다.(Varnes, 1978)

사. 하층의 지질

산사태와 하부의 지질 사이의 관계를 다음과 같이 분류하였다.

- 점착력있는 동질의 토양에서 발생하는 불연속적인 산사태
- 성층면 또는 불연속(절리)면을 따라 발생하는 연속적인 산사태
- 사면의 경사 방향과 동일한 방향을 가진 성층면을 가로질러 발생하는 불연속적인 산사태로 구분된다.

초기산사태 분류에 지질학적 유형으로 가장 많이 사용되어 온 것은 아직까지는 모질물(Parent material)의 크기와 형태에 관계되는 말로 표면물질과 지질학적 불연속면이 중요한 영향을 미친다는 인식이 있음에도 산사태 분류에 자주 이용되지 못하고 있다.

아. 이동형태

이동의 형태는 많은 분류체계에서 가장 많은 차별인자이다. Coates(1977)는 이것을 Slides,

Flow와 Fall로 구분하였고 Varnes(1978)는 Falls, Topples, Slides, Lateral spreads, Flow와 Complex movements로 구분하였는데 Complex 유형은 앞에 열거한 다섯가지 유형중 2개이상의 유형이 혼합되어 나타나는 유형으로서 특수지역을 제외하고는 대부분이 이에 속한다.

자. 이동속도

산사태 발생시 이동물질의 속도는 Soil creep(땅밀림)과 같이 사람이 감지할 수 없을 정도로 매우 느린 것으로부터 Rock fall이나 Debris avalanches와 같이 굉장히 빠른것에 이르기까지 많은 종류가 있다.

표2. 이동속도의 구분
(Cruden and Varnes, 1992)

구 분	속 도(mm/sec)
굉장히 빠름	5×10^3 이상
매우빠름	50
빠름	0.5
보통	5×10^{-3}
느림	50×10^{-6}
매우느림	0.5×10^{-6}
굉장히 느림	0.5×10^{-6} 이하

차. 수분함량, 공기 또는 얼음

이것은 이동형태에 가장 많은 영향을 주는 이동매체인 수분(물)과 얼음의 유무로서 전술한바와 같이 중력작용만에 의한 Mass movements보다는 Mass transport와 관계가 크다.

공기의 함량은 물이나 얼음이 없을 때 단순히 다른 경우로서 무시되어서는 안된다. 왜냐하면 공기는 이동물체를 유연성있게 이동시키

는 유동화(流動化) 과정에서 중요한 역할을 하기 때문이다.

카. 활동의 원인과 기구

산사태는 토괴의 전단저항(Shear resistance)의 감소 또는 전단응력(Shear stress)의 증가에 의하여 발생되는데 전단저항을 감소시키는 원인으로 다음과 같이 외부적인 원인과 내부적인 원인 및 이들 두 요인이 복합된 복합적인 원인등으로 구분할 수 있다.

○ 산사태 원인(Terzaghi, 1950 ; Brunsden, 1979)

- 외부적원인

- 기하학적인 변화 : 하부절개, 침식, 개류절취, 인위적굴착
- 하중감소 : 침식, 절개, 인위적인 굴착
- 하중증가 : 복토
- 충격 및 진동 : 인위적폭파, 지진등
- 수위의 저하 (저수지, 늪, 호수등의)
- 수분체제의 변화 : 강수, 하중의 증가, 간극수압

- 내부적인 원인

- 진행성 붕괴(Lateral expansion 또는 갈라진 틈 및 침식에 따른)
- 풍화 : 동결-융해, 응집력감소, 건조-탈수, 접합제 제거
- 누수에 의한 침식 : Piping 등

- 복합적인 원인

- 외부적인 원인과 내부적인 원인이 복합됨

타. 퇴적물과 파괴면의 형태

이것은 퇴적된 물질의 형태와 파괴(붕괴)면의 형태로 구분된다. 붕괴의 정확한 운동률(Moment)은 흔히 사람에 의하여 감지되지 않기 때문에 이동의 성질과 유형을 설명하는데 산사태발생으로 형성된 붕괴형태가 이용되어야 한다.

이러한 붕괴형태를 설명하기 위하여 여러가지의 형태학적인지수(Skempton, 1953)가 개발되었다. 즉 D/C률은 변위의 형태에 따라 다르게 나타난다.

(여기서, D; 붕괴토괴의 최고깊이, L: 붕괴길이)

또, 사면의 기하학적 성질과 토괴의 이동특성과의 관계를 그림으로 나타내는 여러종류의 형태계량지수(Morphometric index)와 여러가지 붕괴과정(기구)을 반영하는 지수들(The dilation index, The flowage index, Displacement index, Viscous flow index, Tenuity index와 수분함량을 나타내는 Fluidity index)이 개발되었는데 이들 지수들은 산사태의 깊이, 폭 및 지형의 여러부분의 깊이를 측정하여 산출하였다. 이러한 모든 지수들은 산사태의 초기 진행중에 나타나는 모든 이동과정의 특성을 추정하는데 사용할 수 있기에 산사태 유형을 구분하는 요지로 사용할 수 있다.

파. 토질공학성질

토질공학성질은 움직이는 토괴의 특성을 나타내는 것으로 매우 중요하다. 그러나 그러한 성질에 기초한 포괄적인 분류 기준이 없다.

많은 유형의 산사태에 대한 충분한 자료가 축적된다면 보다 공학적인 분류가 이루어질 것이다. 전술한 산사태 발생의 외부적, 내부적 원인은 이러한 공학적분류를 위한 기초자료가 되며 사면의 안정경사각 보다도 작은 사면에서 가장 중요한 인자가 된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 현재 존재하는 산사태 유형 구분들은 대부분이 유형구분을 위해 짜여진 기본적인 구분인자들에 의하여 쉽게 특징지어지는 것이었다.

보다 질적인 분류형태 구명을 위하여 형태학적지수에 의하여 현재까지 시도되어 왔으나 D/C률과 같은 지수들은 개개의 산사태를 구분하는데 불충분하므로 더 명확한 구분을 할 수 있는 다른 자료가 모색되어야 하겠다.

토질공학적인 자료는 그 문제를 해결하는데 확실하게 필요하다고 생각되나 아직까지 그러한 자료를 이용한 정확한 분류는 없는 실정이다.

그러나 지표면의 재조성(Remoulding)과정, 액화(용해), 배수불량으로 인한 과하중과 과대 간극수압은 구분인자로서 평가되어야 한다.

3. 산사태 유형

산사태 유형을 간단하게 구분하는 방법으로 발생위치와 형태(外形)에 의한 구분방법이 있다. 발생위치에 의한 구분은 발생하는 위치에 따라 산복붕괴, 와지(窪地)붕괴와 계안(溪岸)붕괴 등으로 구분하는데 산복붕괴는 산복부이상 지역에서 발생하는 산사태이며 와지붕괴는

산록부의 地(주로 하강사면에서 변각점이 되는 곳)에서 발생하는 산사태로 패각상(조개껍질모양)이 많다. 계안붕괴는 계류를 따른 개천변에서 발생하는 것으로 계류의 종횡침식이 주요발생원인이 된다. 외형에 의한 산사태 구분은 붕괴된 산사태의 형태로서 선상(線狀), 수지상(樹枝狀), 여상(狀), 설상(楔狀), 안상(岸狀), 패각상(貝殼狀), 표자상(杓子狀), 판상(板狀) 등으로 구분하고있다. 보다 세분화한 방법으로는 앞에서 설명한 바와 같은 산사태유형구분을 위한 기본인자들을 이용하는 방법이다. 이들 기본인자중에서 주 인자와 2차적인 인자를 선정하여 주 인자는 유형구분의 기준 형태를 구분하는데 이용되고 2차적인 인자는 주 인자를 세분하는데 이용된다. 주 인자와 2차적인 인자는 모두 2~3개가 대부분이다. 여기서는 현재까지 가장 널리 이용되고 있는 Varnes의 유형에 대하여 검토하였다.

Varnes는 이동물질의 이동형태를 주인자로 하여 이동물질의 이동속도, 이동물질의 종류(Rock, Debris 및 Earth)와 수분함량을 2차적인 인자로 하여 표1과 같이 구분하였다. 구분유형과 세부적인 차이점은 다음과 같다.

가. Falls(落下)

급경사지 또는 절벽에서 풍화산물(암석, 돌부스러기 토양 등)이 비교적 자유롭게 밑으로 떨어지거나 튀거나 굴러서 내려오는 붕괴현상이다.

이동물질의 종류에 따라 암석낙하(Rock falls), Debris fall과 흙낙하(Earth falls)로 구

분되는데 암석낙하가 많으며 이동속도는 매우 빠른편이다.

- 암석낙하는 기저부의 훼손, 동결과 융해, 화학적 풍화, 기온차이 및 식물의 뿌리와 수압차이에 의한 켜기효과(Wedging effect)에 의하여 발생한다.
- Earth falls은 강을따른 황토(Loess)벼랑에서 잘 발생된다.
- 채석절개암반, 도로를 따른 급경사 절개사면과 강, 바다에 접한 벼랑지대에서 잘 발생된다.

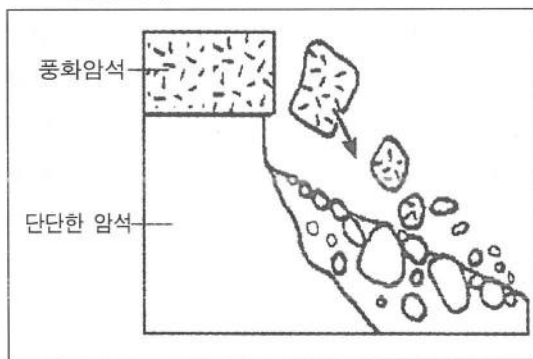


그림 1 암석낙하(Rock falls)

나. Topples

물체(암석, 암석부스러기, 흙 등)가 중심을 잃고 앞으로 회전하여 전복되는 붕괴현상으로 비교적 최근에 붕괴의 한 형태로 분류되었다.

이동물질의 종류에 따라 Rock topples, Debris topples, Earth topples가 있으며 수직 절리가 발달되어 있는 지역에서 잘 발생된다.

- 사면의 경사방향과 불연속면(절리)의 경사방향등 두방향에 따라 일어나는 붕괴는 크고 작은 3차원의 켜기형 암편이 포함되거나 불연속면만을 따른 붕괴는 2차원의 판

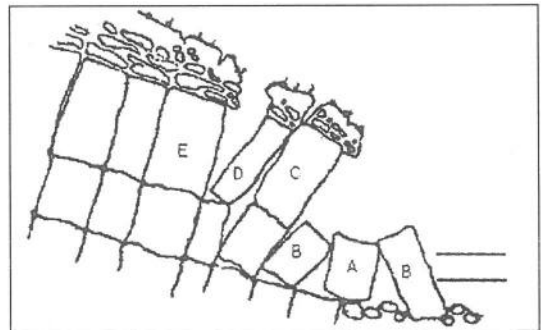


그림 2 Rock Topples

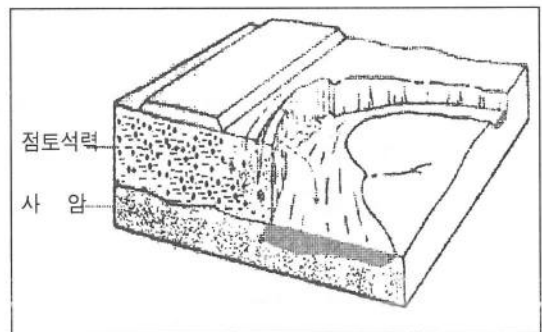


그림 3 Debris Topples

상형 암편으로 구성된다.

- Topples은 떨어지는 물체의 기하학적 위치와 불연속면의 경사방향과 크기에 따라서 Falls 또는 Slides로 되기도 한다.
- 도로절개사면 또는 강이나 바다에 연한 벼랑지대로 2방향이상의 절리가 발달된 지역에서 잘 발생된다.

다. Slides

하나 또는 몇 개의 전단면(滑動面)을 따라 미끄러져 내리는 붕괴형태로 비교적 좁은 지역에서 발생되며 움직임이 눈에 띄거나 감지된다.

Slides는 물체가 미끄러지는 전단면의 형태에 따라 Rotational slides와 Translational

slides와 이들 현상이 함께 나타나는 Compound slides로 구분되며 이동물질의 종류에 따라 Rock slides, Debris slides와 Earth slides로 구분된다.

- Slides의 첫 징후는 지표면의 균열이며 전단면(滑動面)이 많거나 토심이 비교적 얇은 지역에서 잘 발생된다.
- 붕괴원(전단면을 따른 초기의 붕괴지점)에서 미끄러짐이 시작되어 점차 하부로 진행되며 토괴가 전단력(Shear force)을 잃고 점차 수분함량, 유동성(공기에 의한)과 운동의 확대등의 변화가 일어나면 점차적으로 Flows로 바뀌질 수 있다.

1) Rotational Slides

전단면(활동면)이 활처럼 위로 굽은 지역에서 발생되며 노출된 균열(Cracks)들은 수평적으로 붕괴방향을 향하여 동심원으로 나타난다. 이 형태의 붕괴중에서 가장 일반적인 것이 다소 변형된 Slumps로서 Slumps와 다른 유형의 산사태가 복합된 Complex slumps는 산사태 문제에 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

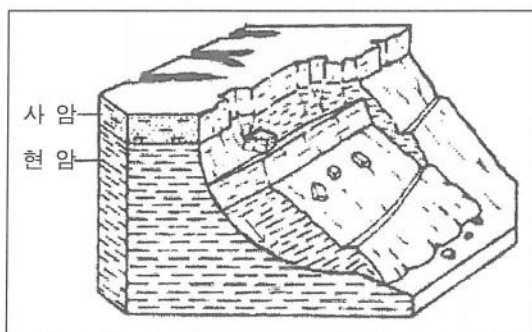


그림 4 Rock Slumps

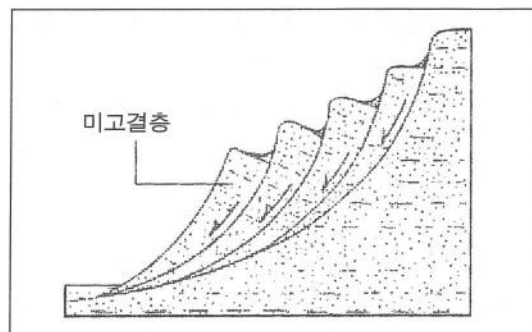


그림 5 Debris Slumps

이동물질에 따라 Rock slumps, Debris slumps와 Earth slumps가 있다.

- Slumps의 파괴면(Rupture surface)은 사면상부를 향해 오목하지만 일정한 곡률 반경의 반원형 모양은 드물다. 왜냐하면 그 모양은 흔히 단층, 절리, 성층면 또는 기존에 존재하는 불연속면에 따라 영향을 받기 때문이다.
- Rock slumps는 단층지대, 절리가 발달된 암석지대에서 많이 발생되고 Debris slumps는 미고결층 퇴적암지대에서 잘 발생되며, Earth slumps는 성토사면이나 제방과 같이 이동물질이 비교적 동질적인 지역에서 발생하는 것이 일반적이다. 하

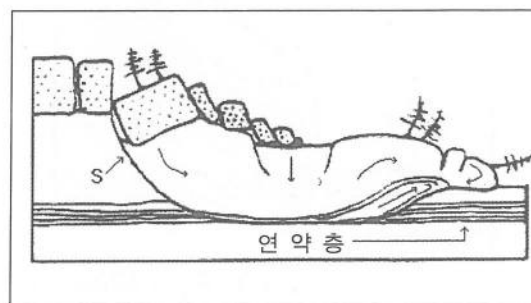


그림 6 Earth Slumps

강사면의 변각점이 되는 산록부의 형사면에서도 잘 발생된다.

- 이동속도는 느린것에서부터 빠른것까지 분포한다.

2) Translational slides(Planar slides)

전단면이 직선이거나 약간 기복이 있는 지역에서 발생되기 때문에 이동물질은 사면과 평행하게 이동된다. 이동물체는 보통 원래지표면을 벗어나 미끄러져 내린다. 이동물질의 종류에

따라 Rock slides, Debris slides와 Earth slides로 구분된다.

- 명확한 불연속면 또는 전에 발생된 붕괴면과 같은 연약면(Weakness planes)을 따라 잘 발생한다.
- 이동물질이 균일하거나 크게 변형되지 않은 경우에는 Block slides라하고 이동물질이 크기가 각기 다르게 파쇄되어 이동될 경우 Broken 또는 Disrupted slides라고 한다. 이들 Broken slides는 수분함

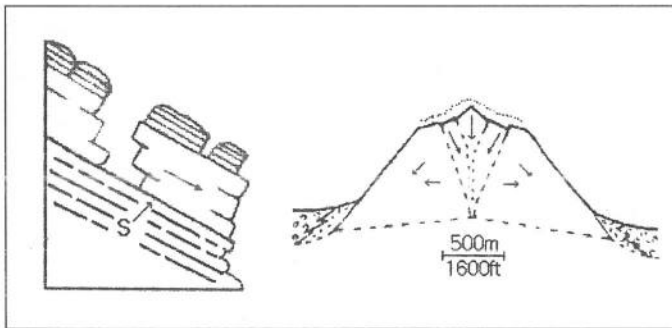


그림 7 Rock block Slides

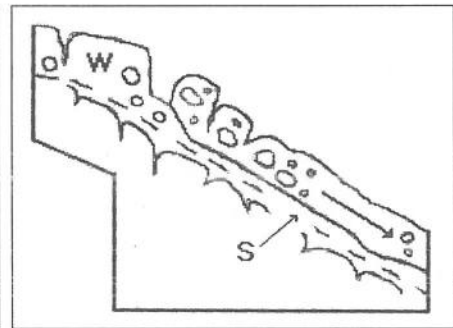


그림 8 Broken Slides

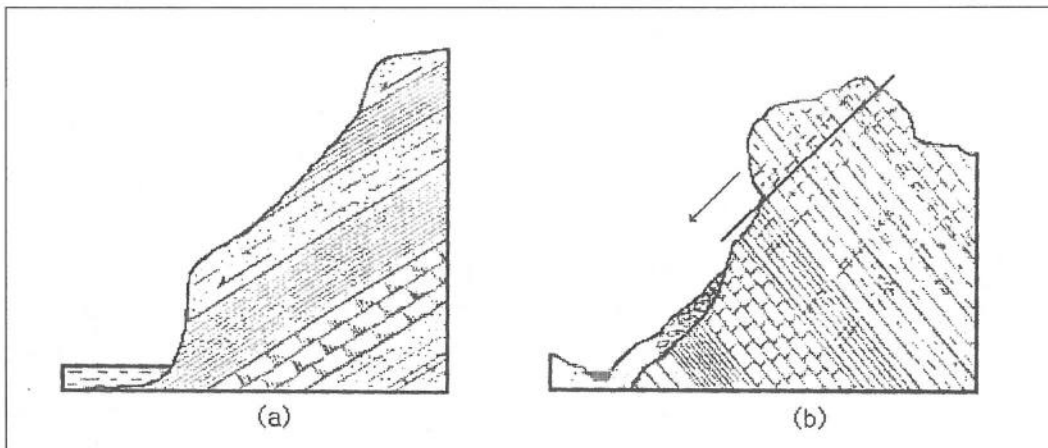


그림 9 Rock Slides Rock Planar slides)

- (a) 사면의 경사방향과 절리의 경사 방향이 같은 경우(퇴적암지대)
- (b) 사면의 경사방향과 절리의 경사방향이 다른경우(퇴적암지대)

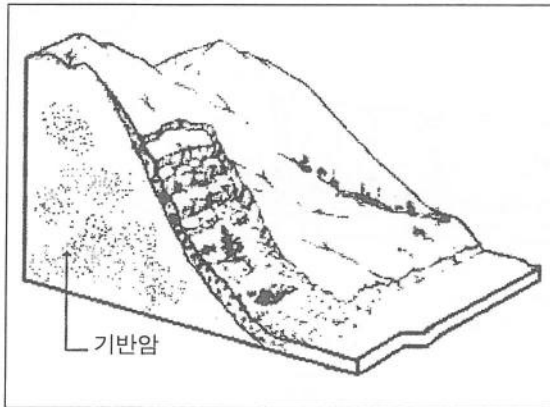


그림 10 Debris Slide

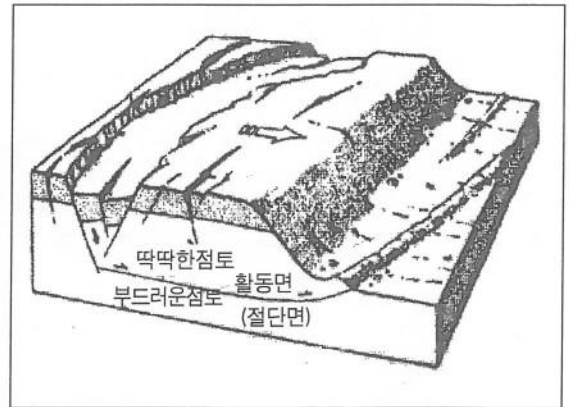


그림 11 Earth Block Slides

량이 많아지거나 이동속도가 증가되면 Flows로 발전된다.

- 점토질 토양에서는 포화된 모래 또는 미사질층(연약층)을 따라 미끄러져 내리는데 특히 사면의 경사방향과 이들연약층의 경사방향이 같을 경우 잘 발생된다.

4. Lateral Spreads

파괴된 덩어리(토괴)에 전단(剪斷) 혹은 장력열극(張力裂隙)에 의하여 측방신장(側方伸張) 이동이 일어나는 붕괴현상으로 두가지 유형이 있다. 첫번째는 인식되거나 뚜렷한 기반전단면이 없거나 소성(塑性)흐름(Plastic flow)구역이 없는 지역에서 발생하는것으로 기반암지대로 특히 산등성이에서 많이 발생한다.

두번째는 하부물질의 액화또는 소성흐름에 의하여 결합력있는 물질과 암석 또는 흙 어느 하나가 파쇄되고 신장되는 현상이다. 결합력있는 상부이동물체들은 밑에있는 소성흐름(보다

부드러운 물질)속으로 가라앉거나 평행이동하거나 회전붕괴되거나 작은입자로 분리되거나 액화되거나 유동한다.

- Spreads는 입상퇴적물이 물로 포화되거나 사면내에 응집력이 약한토양에서 잘 발생되며 토심이 보통 얇은지역에서 발생된다.

- Earth spreads는 토심이 얇은 세립질토양 특히 미사질토양, 점토질 및 황토질 토양에서 토양의 교란과 재형성으로 전단강도가 상실된 지역에서 발생한다. 이것은 초기에 한부분에서 시작하여 점차 확대된다.

- 흔히 초기 Earth spreads는 제방이나 해안변에서 Slumps 형태로 발생되나 이것이 역방향인 뒷쪽으로부터 제방으로 점차 멀리 진행되어 확대된다. 이동의 형태는 회전적이기 보다는 평행이동적이다. 붕괴속도는 보통 조짐(징후)없이 갑자기 매우 빠른 속도로 진행된다.

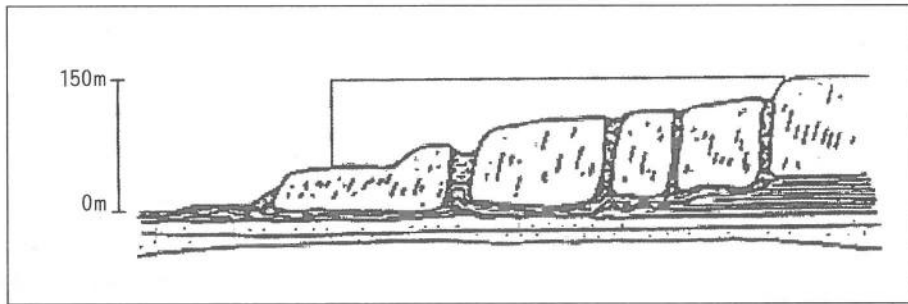


그림 12 Rock Lateral spreads

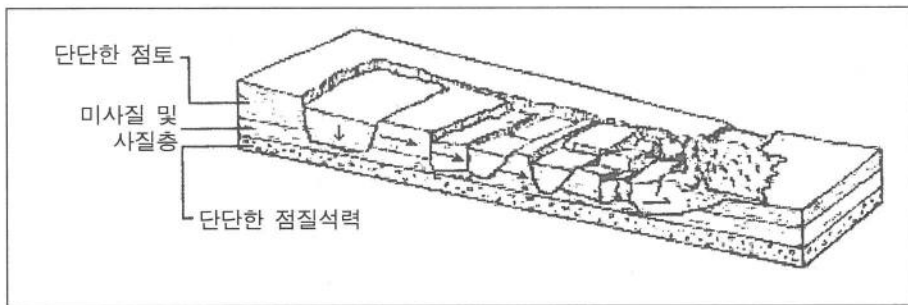


그림 13 Earth lateral spreads

5. Flows

Flows는 공간적으로 단명하고 아주 얇고 항상 보존되지 않는 전단면에서의 지속적인 이동 현상으로 대부분 고화(固化)되지 않은 토층(미고결층)에서 발생되며 점성의 액체에서와 같이 이동속도는 느린것부터 빠른것까지 분포한다.

이동물질에 따라 Rock flows, Debris flows, Earth flows가 있으며 특히 이동속도가 느린 것을 Creep(땅밀림)이라고 한다.

Flows라고하면 물이 연상되는데 물에 의한 Flows와 모래와 같은 입상의 물질이 흘러내리는 Dry flows가 있다. 대규모의 Dry flows가 빈번히 발생하고 있는데 주로 해안을 따른 사

구지역과 모래와 같이 입상의 흙으로 축조된 제방에서 많이 발생된다. Debris flows와 Earth flows는 흔히 암석 flows에 비하여 변위가 크고 빈번하게 발생된다.

- Rock flows는 공간적으로 지속적인 변형이 일어나며 표면적으로는 깊은 땅밀림 현상이 일어난다. 서서히 그리고 일반적으로 Rock flows의 이동은 외견상 불연속 전단면을 따라 휘어지고 구부러지고 부풀어지며 속도의 분포는 점성의 유체에 서의 그것과 같다.
- Debris slides는 수분함량, 공기에 의한 유동성과 이동 특성에 따라 Debris flows로 되며 낮은 점착력 또는 높은수분 함량과 더 급한 경사지를 만나게 되면

Debris avalanche movement로 된다. Debris avalanche는 일반적으로 길고 좁으며 흔히 붕괴된 꼭대기에 톱니 모양이거나 V자형의 붕괴흔을 가진다. 이는 Slumps의 편자(Horseshoe)모양(U자형)과 비교된다. Debris flows는 보통 폭우나 눈 혹은 동결된 토양이 녹을 때 발생한다.

- Soil flows는 이동물질에 의하여 형성되는 토괴의 움직임 또는 속도의 개략적인 분포와 변위는 점성질의 흐름에서의 그것과 유사하다. 이동물질의 활동면을 볼수 없거나 곧 없어지며 이동물체와 그 밑의 물체사이의 경계는 운동이 아주다른 예리한 면으로 되어 있거나 압쇄대(Shear zone, 전단대)지역이다. 이동속도는 굉장

히 빠른것부터 아주 더딘것까지 분포한다. Mud flows는 모래, 미사, 점토 크기의 입자들이 적어도 50% 함유된 토양이 유동될 수 있을 정도로 충분히 포화된 Earth flows를 말한다.

- Creeps(땅밀림)은 기본적으로 이동속도(년 1 inch이하)가 느리기 때문에 붙여진 이름이며 발생면적이 대면적이어서 다른 형태의 산사태와 구분된다. Creeps는 계절적으로 진행되는 Seasonal creeps 즉 천층의 땅밀림(Surface creep)과 계속적으로 진행되는Continuous creeps 즉, 심층의 땅밀림(Depth creeps)가 있다.

계절적으로 진행되는 땅밀림은 전단응력이 낮은 지역에서 발생되며, 사면파괴 없이 장기간 계속된다. 계절적인 땅밀림은 근본적으로

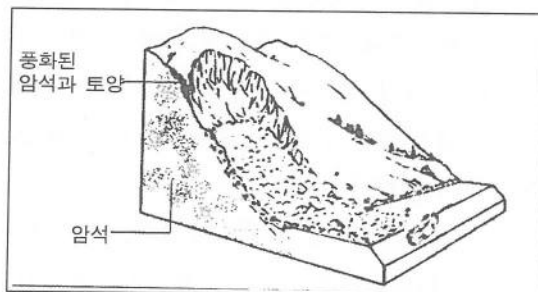


그림 14 Debris avalanches

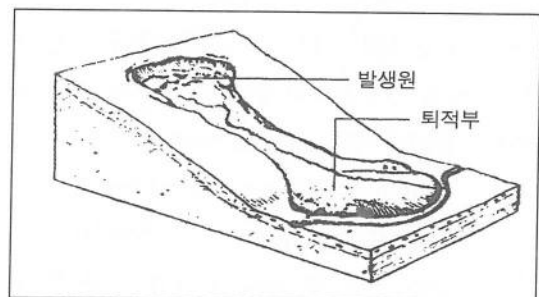


그림 15 Earth flows

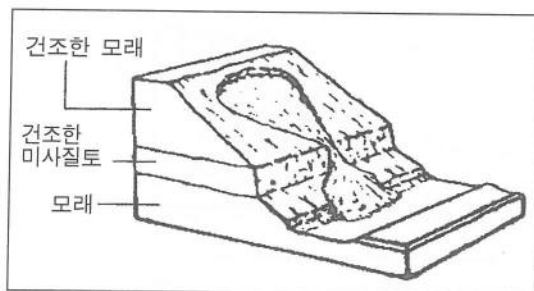


그림 16 Dry sand flows

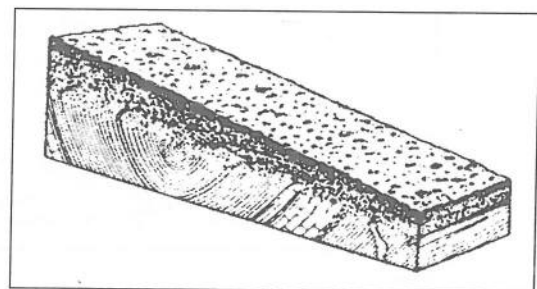


그림 17 Soil creeps

중력보다는 토양수분, 토양온도와 같은 기후변화에 영향을 받는다.

많은 산사태는 오랫동안 진행되는 땅밀림현상이 가속화되어 발생되기 때문에 땅밀림현상은 산사태의 한 과정이라 할 수 있다.

계속적으로 진행되는 땅밀림은 모래질의 토양과 단단한 암석질 지대보다는 점토질토양과 암석지대에서 잘 발생한다.

Solifluction movement는 Seasonal creep의 일종으로 빙하지대에서 매년 되풀이되는 동결-융해 작용에 의하여 발생된다.

6. Complex

앞에 설명한 기본유형 5가지중 2개 이상의 기본유형이 복합되어서 발생하는 유형으로 대부분의 산사태가 이에 속한다.

이상의 산사태유형을 다시 정리하여 보면 산사태유형을 이동물질의 종류, 이동유형, 이동속도와 이동매체(물, 공기, 얼음)의 유무에 따라 Falls, Topples, Slides, Lateral spreads와 Flows등 5가지 기본유형으로 구분하였다. 이들 유형들은 각각 몇 개의 일반적인 형(型)을

가지고 있으나 일반적으로 전자의 Falls와 Topples는 흔히 암석사면과 관계가 많으며, 후자의 Slides, Spreads와 Flows등 3유형은 흙사면(Soil slopes)과 관계가 깊다. 그외 차이점으로 Falls와 Topples는 미끄러지는 전단면(滑動面)이 없는 자유낙하형이며 Slides, Spreads와 Flows는 전단면이 있으나 Spreads에서는 전단면이 뚜렷하지 않고, Flows는 전단면이 단명하여 보존되지 않는다. Slides에서는 전단면이 확실하며 세부유형에 따라 많은 전단면을 가진다.

이동속도 측면에서 보면 Falls와 Topples는 비교적 빠른편이며, Slides는 세부유형에 따라 느린것에서부터 굉장히 빠른것까지 분포한다.

Spreads는 매우 빠르며 Flows는 굉장히 느린것에서부터 굉장히 빠른 것까지 분포한다.

이동속도는 수분함량, 공기 및 얼음과 같은 운동매체가 있을 경우 빠르게 되며, 특히 이동물질이 토양인 경우에는 수분함량이 증가됨에 따라 이동속도가 증가되어 Slides에서 Flows로 전환되기도 한다.

Flows에서 특히 이동속도가 느린 것을 Creep(땅밀림)이라하여 구분하고 있으며 이러

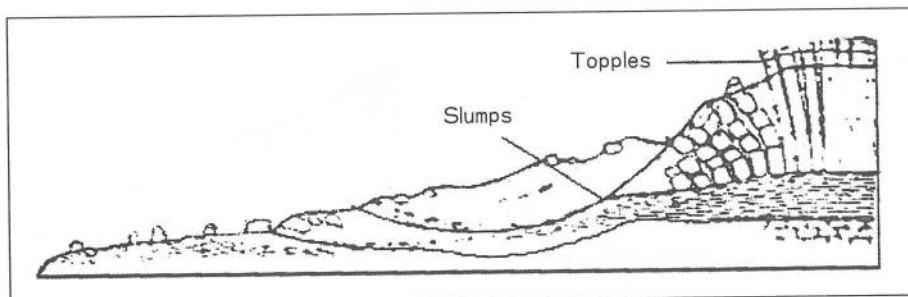


그림 18 Slumps와 Topples의 복합형

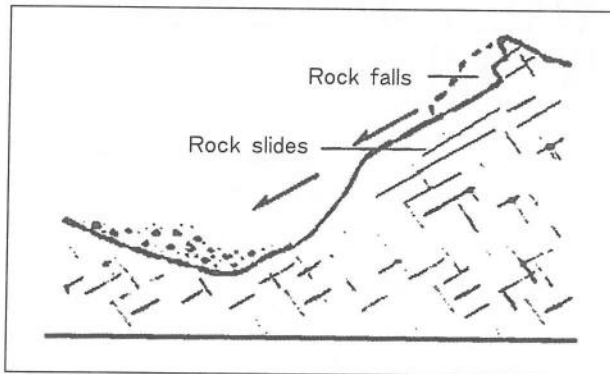


그림 19 Rock slides와 Rock falls의 복합형

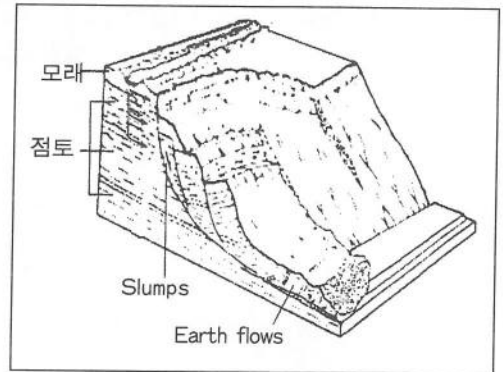


그림 20 Earth slides와 Earth flows의 복합형

한 현상들은 움직임의 징후가 서서히 나타나기 때문에 피해방지에 는 문제가 되지 않으나 그 밖의 이동속도가 빠른 산사태 유형들은 피해방지에 세심한 주의가 요구된다.

참고문헌

- 권혁재. 1980. 지형학. 법문사
- 우보명의 18인. 1997. 山林工學. 광일문화사
- 이인기. 1985. '85 암반사면의 안정분석을 위한 현장조사 지침서
- 정창희. 1970. 신 지질학개론. 박영사
- 진병익,신방웅. 1974. 土質工學. 건설연구사
- 최경. 1986. 한국의 산사태 발생요인과 예지에 관한 연구. 박사학위논문.
- Chowdhury R.N., 1978. Slope analsis. Developments in geotecnical engineering Vol.22. Elsevier scientific publishing company
- Denys Brunsdan, and David B. Prior. 1984. Slope instability. A wiley interscience publication. John wiley & Sons.
- Lee W. Abrason, and Thomas S. Lee, Sunil Sharma, and Glenn M. Boyce. 1996. Slope stability and stabilization methods. John Wiley & Sons. Inc.
- Robert F. Legget, and Allen W. Hatheway. 1988. Geology and engineering. McGraw-hill book Co.
- Rober L. Schuster, and Raymond J. Krizek. 1978. Landslides analysis and control. Special Report 176. National academy of sciences Washinton, D.C.

수량·수질확보를 위한 수원함양보안림 확충 및 관리

농학박사 정 용 호
임업연구원 산림수자원연구실장

I. 보안림의 의의와 개념

保安林(protection fores, forest reserve)은 法定制限林 가운데 가장 전통적으로 규제되고 있는 制限林으로서 산림의 특성으로 간주되는 국민에 대한 공익기능을 충분히 발휘할 수 있도록 산림법에 의하여 보호되고 각종 시업에 제한을 가하는 산림을 말한다.

따라서 보안림은 목재생산 등 현실적인 임업을 위주로 하기 보다는 국가적 차원에서 산림을 잘 보호 육성하여 산림의 복지적 기능을 최대로 발휘시키기 위하여 산림시업을 간섭하고 제한을 가하는 것이다.

보안림은, 요구되는 산림의 복지기능 내용에 따라 이를 넓은 의미로 해석하는 公益保護說(Graner, 1896년)과 좁은 의미의 개념인 危害防止說(Endres, 1905년)에 따라 내용과 범위를 달리하고 있다.

즉, 후자인 위해방지설은 제3자를 위협하는 위험이나 직접적으로 가해지는 불이익을 방지하기 위하여 지정하는 것으로 산림의 수원함양과 국토보전 및 방재적 기능 등의 발휘를 위한 것이고, 공익보호설은 위해방지설에서 다루어지는 사항외에도 산림의 공중위생과 풍치기능

등을 포함한다.

오늘날 보안림정책에서 실질적으로 중요시하고 있는 것은, 홍수조절과 갈수완화를 목적으로 하는 수원함양기능과 같은 협의의 보안림 개념인 국토보전과 직접관계가 있는 것들이다.

II. 우리나라 보안림의 역사

산림이 잘 조성되어 있고 산림의 혜택을 고루 받았던 시절에는 보안림의 필요성을 느끼지 못했을 것이다. 산림이 벌채 또는 개발, 이용되면서 특정지역에 대한 산림보전을 필요로 하게 되었던 것이다. 고려시대 산림은 무주공산(無主空山)의 개념이 강하여 어떤 산이든지 관리들의 산책, 수렵, 무술훈련장으로 이용되었지만, 산림피해가 너무 심해졌기 때문에 산림 보호를 위하여 입산을 금지하기도 하였는데 이는 실제적인 보안림의 역할을 하였던 것으로 볼 수 있다.

기록에 의하면, 고려 성종 1년(987년)에 특정 산림에서는 어떠한 경우에도 산에 불을 놓는 행위와 살아 있는 나무의 벌목을 금하고 개성의 송악산에는 특히 소나무림을 조성하고 관리하도록 하였다.

조선시대에는 봉산(封山), 금산(禁山)제도를 실시하여 특정지역의 산림에 대해 벼슬을 주어

특별보호하도록 하였으며 서울 남산의 소나무림, 명산이나 큰 하천에 식재된 산림, 왕릉이나 사찰주변의 산림도 보호대상으로 하였다.

대한제국에 들어와서 1908년 법률 제11호로 공포된 森林法 2조에는 국토보안 또는 국유림 경영상 국가가 보전할 필요가 있는 산림은 매각, 양여, 교환 또는 대부를 할 수 없다고 규정하였다. 이에 따라 토사붕괴 및 유출방지, 비사의 방지, 수해 풍해 조해방지, 눈사태 낙석의 방지, 수원함양, 어부, 항해목표, 공중위생, 제단, 왕묘, 궁궐 또는 경치가 수려한 곳, 풍치유지가 필요한 지역을 정하여 산림의 벌채와 이용을 금지시켰으며, 산림작업을 마음대로 할 수 없는데 따른 손해가 발생하면 그 손해금액에 대한 보상금을 청구할 수 있도록 함으로써 현재 보안림제도에 대한 기초가 만들어졌다.

이와같이 보안림은, 舊 森林法(1908년)에서 처음으로 제도화된 이후, 한일합방이 이루어진 1911년 6월에 발표된 森林令에서 조선총독이 국토의 보안, 재해방지, 수원함양, 항해목표, 공중위생 또는 풍치를 위하여 필요하다고 인정되는 산림은 보안림으로 편입할 수 있다고 규정하여 일본의 제도와 비슷하게 만들었다.

현재의 산림법은 1961년에 제정된 이후 수차의 개정이 있었으며, 이 과정에서 보안림의 종류가 최대 12개까지 늘어난 시기도 있었으나 7종류로 축소되어 오늘에 이르고 있다.

더욱이 우리 나라 산림은 역사적 격동기를 거치면서 산림이 극도로 황폐됨에 따라 특히 위해방지설을 중시하였기 때문에 국토보전에 직접 관계가 있는 토사방비보안림과 수원함양

보안림의 지정비율이 높았으며, 보안림의 전체적인 면적을 보면 1963년을 정점으로 점차 줄고 있는 실정에 있다.

III. 우리나라 보안림제도의 개요

1. 보안림의 지정

保安林制度를 채택하고 있는 나라의 보안림 지정 방법에는 職權主義와 申請主義의 두 가지가 있다. 전자는 정부가 공익상 필요하다고 인정하는 목적을 달성하기 위하여 자발적으로 지정하는 것이고, 후자는 이해관계를 가지고 있는 지방자치단체나 직접 이해관계가 있는 자의 지정신청이 있으면 소정의 절차를 거쳐 정부가 보안림으로 지정하는 것이다.

우리나라는 직권주의를 채택하고 있으며 독일은 신청주의를, 일본은 처음에는 양자를 병용하고 있었으나 최근에 와서는 압도적으로 직권주의에 의하여 지정하고 있다.

보안림으로 편입되면 사업제한 등으로 개인에게 불이익이 있게 되므로 다음 여건이 갖추어졌을 경우에 한하도록 신중한 검토가 필요하다.

① 제한하는 목적이 반드시 공익적이어야 할 것

② 제한함으로써 얻는 공공의 이익, 이로 인한 산림소유자의 손해보다 클 것

③ 이와 같은 제한이 아니고서는 공공위해의 방지나 복지증진을 다른 방법으로는 달성할 수 없다고 인정될 것

④ 위해방지를 하기 위하여 다른 방법으로 대책을 강구했음에도 불구하고 산림사업의 제

한이 인정될 것.

따라서 이상과 같은 요건이 갖추어져 보안림에 편입시킬 필요가 인정되면 일정한 절차에 의하여 보안림 지정조치를 취하게 된다.

보안림은 시·도지사 또는 지방산림관리청장이 지정하되 그 목적에 따라 지면 단위 또는 능선 계곡 등 천연경계로 구획을 정하여 구분 지정하도록 되어 있는데, 특히 제1종 수원함양 보안림의 경우는 만수위로부터 1천미터 이내로 하며 1천미터 이내에 분수령이 있는 경우에는 분수령을 경계로 지정하도록 되어 있다(산림법 제56조, 시행규칙 제44조).

특히 保安林 指定과 解除에 있어서 그 설정 기준이 명확하고 보다 과학적인 검토가 필요하다. 즉 산림의 수원함양기능, 토사유출과 붕괴 방지기능 및 기타 산림의 기능에 대한 평가가 보다 과학적으로 이루어져야 한다. 이는 보안림제도가 공공의 이해관계 못지 않게 개인의 사유재산에 영향을 미치기 때문이다.

또한 보안림의 지정 목적을 위하여 필요하다고 인정될 때는 국가는 해당 산림을 매수하거나 다른 국유림과 교환하는 조치를 취할 수 있다. 이 때의 조치는 산림청장이 하도록 되어 있다.

2. 보안림의 해제

보안림으로 지정된 산림은 영구히 보안림으로 존속되는 것이 아니고 시·도지사 또는 지방산림관리청장이 공익상 필요치 않다고 인정할 때 또는 보안림으로 존치할 필요가 없다고 인정될 때는 보안림의 지정을 해제할 수 있다

(법 제57조).

즉, 보안림의 지정목적이 달성되면 전부 또는 일부에 대하여 그 지정을 해제할 수 있는 것이다. 구체적인 解除基準은 다음과 같다.

① 보안림의 지정목적이 달성되었다고 인정되는 산림

② 천재 지변 등으로 인한 피해로 지정목적이 상실되었다고 인정되는 산림

③ 학교시설, 농로시설, 주요산업시설, 또는 군사시설 기타 대통령령이 정하는 공용 공공용 시설의 용지로 사용하기 위하여 지정해제가 불가피하다고 인정되는 산림

④ 농업·임업·어업·광업이나 공익목적 을 위하여 지정해제가 불가피하다고 인정되는 경우로서 대통령령이 정하는 사유가 발생할 때

⑤ 토사유출 등의 방비 또는 수원함양목적의 보안림으로서 그 지정목적에 장애가 없고 온천 개발 또는 토석채취가 불가피하다고 인정할 때

⑥ 수원함양목적의 보안림의 경우 10ha이상, 기타 보안림의 경우 3ha이상을 8년 이상 소유한 산림소유자가 보안림의 지정목적에 장애가 없는 범위 내에서 부지면적 100㎡ 미만의 관리사를 설치할 필요성이 있다고 인정할 때

3. 보안림 안에서의 제한

보안림은 공익증진을 위하여 산림의 복리기능 발휘를 최대로 하기 위한 산림이므로 여러 가지 시업제한과 시업지정 등이 수반되게 된다.

이와 같은 시업제한의 목표와 제한의 정도는 산림의 임상구성과 산림의 보안기능 등에 따라 차이가 있다.

施業制限에 속하는 내용은 임목의 벌채, 각종 임산물의 굴취와 채취, 가축의 방목 기타 토지의 형질변경 등인데 이러한 행위를 하고자 할 때는 감독관청의 허가를 받도록 규정하고 있다(법 제62조).

그러나 무육을 위한 벌채는 신고만으로 가능토록 규정하고 있고 또한 산림소유자의 동의를 얻은 부산물 채취와 단순한 치수무육을 위한 벌채 등은 신고 없이 임의로 시업할 수 있는 규정을 두고 있다(동 시행규칙 제48조, 94조). 또한 시업지정에 속하는 내용으로는 벌채방법, 벌채량, 윤벌기, 시업구역, 조림방법, 기간 및 수종과 시설공사 등을 들 수 있다.

만일 시업제한이나 시업지정을 위반하였을 경우에는 조림이나 원상복구에 필요한 조치를 명할 수 있고 이 명령을 이행하지 않았을 때에는 임업협동조합으로 하여금 이를 대행케 하고 그 비용을 부담시킬 수 있도록 한다(법 제65조).

4. 보안림의 손실 보상

保安林指定에 따라 산림소유자는 여러가지 불이익을 받는 것이 보통이다. 즉, 보안림안에서의 벌채와 같은 여러 가지 산림시업에 제한이 가해질 뿐만 아니라 비록 산림을 이용한다고 하더라도 그 수속절차가 복잡하고 임의로 이용할 수 없는 데서 오는 불편, 이로 인한 물질적 정신적인 부담이 있게 된다.

보안림 지정은 산림소유자로 하여금 재산권 행사상 적지 않은 희생이 강요되므로 이에 대한 손실보상이 요구되는 것은 당연하다. 따라서 이들 산림이 비록 크고 작은 공익기능 발휘

를 위한 의무가 있고 또한 보안림에서 실시되는 시업이 그 산림에 대하여 적절한 방법이 적용되기 때문에 산림 자체의 절대적 가치가 떨어지는 것은 아니라 하더라도 보안림 내에서의 施業許可를 받지 못한 산림소유자에 대하여 그 행위의 제한으로 인하여 받은 손실은 법률의 정하는 바에 따라 보상을 하도록 되어 있다(법 제63조).

補償은 수익자부담을 원칙으로 하여 보안림지정으로 인하여 이익을 받는 수익자로 하여금 보상하여야 할 금액의 전부 또는 그 일부를 부담하게 할 수 있도록 규정하고 있다(법 제64조).

손실보상은 보상해야 할 내용에 대하여 감정인, 참고인 기타 이해관계인의 의견을 청취하여 결정한다. 그러나 보상금지급에 있어서 수익자의 범위와 수익의 정도를 정한다는 것은 실제 어려운 문제가 있다. 따라서 수익자 부담은 수익자가 보안림 지정으로 받는 수익의 범위 내에서 시업제한으로 인한 손실의 평가를 하여야 하는 어려움이 있다. 즉 공익기능의 효과에 대한 평가와 더불어 산림소유자의 손실평가가 동시에 이루어져야 하기 때문에, 특히 공익기능효과 평가의 기술적인 평가의 어려움이 있는 것이다.

일반적으로 손실보상의 대상이 될 수 있는 보안림은, ①금벌(禁伐)이나 단목택벌(單木擇伐)로 지정된 보안림 ②기준벌기령 이상의 임목으로 구성된 보안림 ③과거에 보안림 시설사업을 하지 않은 사유림으로서 보안림에 편입된 산림으로서 이에 대해서는 손실보상책이 강구되어야 할 것이다.

IV. 보안림 종류 및 실태

1. 보안림 종류

보안림은 그 목적에 따라 수원함양보안림, 토사방비보안림, 비사방비보안림, 어부보안림, 보건보안림, 풍치보안림, 낙석방비보안림 등 7가지로 구분하여 설정하고 있으며 그 지정목적은 다음과 같다.

가. 수원함양보안림

산림의 이수기능을 고도로 발휘하여 하천의 유량을 조절하기 위한 산림

○ 제1종 수원함양보안림 : 하류의 농업용수·발전용수·공업용수 등 주요산업용수의 서수량에 절대적인 영향을 미치는 저수지 주위의 산림

○ 제2종 수원함양보안림 : 상류 수원지대로서 한·수해에 큰 영향을 준다고 인정되는 산림

나. 토사(土砂)방비보안림

표토의 침식에 의한 토사유출을 방지하기 위해, 붕괴지·민둥산·황폐 이행지로서 토사가 유출되고 있거나 유출이 우려되는 산림

다. 비사(飛砂)방비보안림

해안의 비사지대로서 비사 또는 해풍으로 인한 내륙지방의 가옥 및 농경지 기타의 시설보호를 위한 산림

라. 어부(魚附)보안림

해류가 급하지 아니하고 간만의 차가 적은 해안에 연하여 어류의 유치·증식에 필요한 산림

마. 보건보안림

공기정화, 소음방지 등으로 생활환경을 보전하고 산림 레크레이션의 장을 제공하기 위한 산림
바. 풍치보안림

○ 명승지·유적지·관광지·공원·유원지 등의 주위 산림과 그 진입도로변 등 풍치보전상 필요한 산림

○ 고속도로변·주요간선도로변·철도변 및 도시주변으로서 풍치보전상 필요한 산림
사. 낙석방비보안림

도로 또는 인가에 근접하고 있는 급경사지의 산림으로서 낙반 또는 낙석사고가 빈번하거나 위험도가 높은 산림

2. 보안림 실태(정비 및 면적추이)

1950년 진후반 사회혼란의 격동기에는 산림 황폐로 인하여 많은 산림이 보안림으로 편입되었으며 그 대부분은 토사의 유출을 방지하기 위한 토사방비보안림이었다.

이는 당시 많은 황폐지 복구를 위하여 실시한 砂防施設을 관리 보호하기 위하여 작은 면적의 사방지를 모두 보안림에 편입 분산시켰을 뿐 아니라, 그간 이들 산림이 여건변화로 인하여 지정이유가 희박하여짐에 따라 정비의 필요성을 느껴지게 되었다. 이와 같은 상황에서 保安林整備作業은 첫째, 보안림의 지정목적에 효율적으로 달성하게 하고 둘째, 산지이용의 합리화를 도모한다는 주요목표를 세우고 1차로 1964년~1968년까지의 2개년에 걸친 2차정비작업을 실시하였다.

정비작업 결과 토사방비림의 면적은 줄어들고 상대적으로 수원함양보안림의 면적이 늘어

〈표 1〉 우리나라의 산림면적과 보안림면적 변화(1983-1997)

연 도	산림면적(ha)	보안림면적(ha)	산림면적 대 보안림면적 비(%)
1983	6,546,829	407,197	6.22
1984	6,539,558	395,336	6.05
1985	6,531,102	389,735	5.97
1986	6,523,966	354,009	5.43
1987	6,499,082	333,819	5.14
1988	6,491,494	315,979	4.87
1989	6,484,704	247,032	3.81
1990	6,476,030	207,127	3.20
1991	6,467,665	206,144	3.19
1992	6,463,764	208,531	3.23
1993	6,459,834	207,873	3.22
1994	6,455,550	207,910	3.22
1995	6,451,885	200,194	3.10
1996	6,447,936	197,463	3.06
1997	6,441,304	196,562	3.05

※ 산림청, 1998, 임업통계연보

났으나 전체적인 보안림면적은 점차 줄어들게 되었다.

이와 같은 결과는 산림의 변화와 산림에 대한 공익기능의 확대에 따라 다음과 같은 구체적인 정비작업방침에 따라 실시하였기 때문이다.

- ① 토사방비보안림을 축소한다.
- ② 수원함양보안림을 확장한다.
- ③ 비사방비보안림과 조해방비보안림을 늘린다.
- ④ 기타 보안림은 각각 지정목적에 따라 적정규모의 면적으로 조정한다.

1963년~1965년의 3개년은 보안림 편입면적이 100만ha가 넘었으며 이 때 토사방비보안림이 전체의 97%에 달했다.

정비작업 후에는 보안림 총 면적이 약 75만

여ha로 줄었고 토사방비보안림도 36만여ha로 축소되었다. 그러나 수원함양보안림은 1965년 1.5만여ha에서 1968년에는 27.6만여ha로 확대되었으나, 1998년 현재의 보안림 총 면적은 19.7만여ha에 불과하다(표 1). 현재의 보안림의 종류는, 기존의 보안림에서 항해 항공목표를 위한 보존, 水害, 風害, 潮害 등의 방비를 위한 보안림이 각각 삭제되어 7종류의 보안림으로 정비되어 있다.

V. 외국의 보안림

1. 일 본

일본에서는 1953년과 1954년에 집중호우와 태풍으로 많은 재해가 발생했기 때문에 치산치

수의 근본적 대책에 대한 높은 사회적 요청이 있었으며 이에 대해 國會에서의 決議도 있었다. 이러한 사회적으로 높은 관심과 성원 속에 제정된 것이 保安林整備臨時措置法이다. 이 법률은 10년 時限立法이었으나 기간 만료 시마다 연장을 거듭하여 현재에 이르고 있다. 이 법의 주요 내용은 보안림의 적절한 배치를 목표로, 전국을 수계로 구획한 218구역에 대하여 10개년 계획의 보안림 정비계획을 수립한 것이다. 이 계획에 따라 보안림의 지정·해제 및 보안림 편성을 위하여 사유림 매입이 추진되게 되었다. 매입 대상지는 오지 수원지대에 있는 대단지로서 당초에는 50만ha를 매입할 계획이었으나 제1기 10년간의 실적은 20ha 밖에 되지 않았다.

제1기 계획기간 중 보안림 면적은 252만ha에서 408만ha로 늘어났으며, 입법의 계기가 된 내용만 보더라도 이 시기의 보안림 정비의 목표는 재해에 대한 예방이었다.

1964년에는 제2기 보안림 정비계획이 수립되었다. 이 시기는 고도 경제성장기로서 공업부문에서 대량의 물 수요가 발생하였다. 뿐만 아니라 생활수준 향상에 따라 도시 생활용수의 수요도 급증하였다. 이에 대응하기 위하여 수원함양보안림 확충에 중점을 두고 실시되었으며, 그 결과 1974년에는 보안림면적이 크게 늘어나 697만ha나 되었다. 특히, 이 기간동안 국유림에 속한 오지의 대단지가 보안림으로 편입되었다.

1974년에는 제3기 보안림 정비계획이 수립되었다. 이 시기는 자연보호·환경보호에 대한

국민들의 관심이 높았으며, 또한 산림 레크레이션 기능에 대한 요구도가 컸다. 이에 따라서 그 이전까지 600ha에 불과하던 보건보안림을 급속히 늘리는 지침을 세웠다.

제3기 시책에 의해 보안림 면적은 834만ha로 늘어났으며, 이 기간동안의 지정면적 가운데 49만ha가 보건보안림이었다.

이와 같이 일본의 보안림의 양적 확충 목표는 제1기에서 제3기까지의 시책에 의해 거의 달성되었다고 해도 무방하다. 1984년부터 시작된 제4기 정비계획은 산록의 위험지대에 거주하는 주민들을 보호하기 위하여 치산사업과 연계한 局地的 防災林(土砂崩壊防備林)을 아주 세밀히 배치하는데 역점을 두었으며, 이 때 신규지정계획 면적은 17만ha였다.

보안림 모범국가인 일본의 보안림은 전 산림면적의 34%나 되는데(국유림의 52%, 민유림[공유림 및 사유림]26%), 종류별로는 수원함양보안림이 72%로 가장 많고, 토사유출방비보안림이 23%, 보건보안림 1.3% 순이다.

보안림의 지정·해제권한은 국유림과 민유림 가운데 수원함양보안림, 토사유출방비보안림, 토사붕괴방지보안림 이상 3종의 보안림(流域保全保安林 이라고도 부름)에 대해서는 농림수산부장관에 있으며, 나머지 보안림은 都道附縣 지사에게 위임되어 있다.

1962년 「森林法」 개정 이래 민유림 보안림에 대해서는 각 단지별로 지정시업요건을 정하였다. 지정시업요건은 ①벌채방법, ②벌채한도, ③식재방법, 기간, 수종 등을 명시한 3항목이었다. 이 가운데 벌채방법에 대해서는 보안림 중

류에 따라 개벌(皆伐), 택벌(擇伐), 금벌(禁伐) 등으로 구분, 명시하였다. 개벌행위를 인정하는 보안림의 경우라 하더라도 벌채면적 한도를 수원함양보안림의 경우 20ha이하, 토사유출방지림, 비사방비림, 한해방비림은 10ha이하로 규정하였다. 보안림 벌채허가는 지사에게 위임하였는데, 원칙적으로 표준 벌기령을 넘는 임분에 대해서만 벌채허가를 하고 있다.

1988년까지 실시한 벌채방법별 면적은 개벌 76.2%, 택벌 20.6%, 금벌 3.2%이다. 보안림으로 지정되면 시업이 제한되게 되므로 산림소유자가 입는 손실에 대하여 국가가 보상하도록 규정하고 있다. 또한 소유자에 의한 적절한 관리를 기대하여 세제상의 우대, 조림보조금 추가지원, 농업어업금융공고(金融公庫) 저리융자 등의 조치를 강구하고 있다. 보상은 택벌과 금벌의 경우에만 시행하며, 금벌의 경우는 산림의 자산가치의 5%를 매년 지불하는 것으로 되어 있다.

보안림에 관한 근자의 정책적 현안사항은, 임업을 둘러싼 경제환경의 악화로 인하여 시업

이 실행되지 못하고 보안림 기능의 저하가 계속되고 있는 상황에 어떻게 대처할 것인가 하는 문제이다. 제3기 정비계획 종료당시의 조사에 따르면, 소림화(疏林化)로 보안림으로서의 기능이 현저하게 저하되고 있는 산림은 전체 보안림의 12%인 89만ha로 나타났다. 이에 일본 정부는, 1984년 임시조치법 기한 연장 당시, 법률에 조문을 추가하여 特定保安林制度를 설치했다. 이 제도에 의하면, 농림수산부 장관은 사업실행이 충분치 못해 기능이 저하되고 있는 보안림(특히 민유림)을 특정보안림으로 지정하고, 都道府縣 지사는 지역산림계획에 이와 같은 산림을 要整備林으로 지정하여 기능회복을 위한 사업을 지정하도록 되어 있다.

2. 미 국

미국은 보안림이라는 용어를 쓰지 않고, 보안림처럼 산림을 지정·관리하고 있다. 워싱턴주 등 미국 서부 8개 주의 경우, 보안림 기능을 하는 산림면적은 총 303,395.9ha이며, 이 중 조수보호림이 22.4%로 가장 넓고, 다음으로는

〈표 3〉 미국에서 보안림 기능을 하는 산림면적

구 분	면적(ha)	전체 면적에 대한 비율(%)
Wildlife(조수보호림)	67,797.3	22.4
Streamside Corridors(수원함양림)	19,820.8	6.5
Watershed Protection(토사방비림)	59,120.1	19.5
Scenic Corridors(풍치림)	36,052.1	11.9
Recreation Historical Archeological(휴양림)	41,077.9	13.5
Research, Natural, Study, Primitive(원시학술)	49,585.0	16.3
Other(기타)	29,942.7	9.9
Total(합계)	303,395.9	100.0

※ 이 자료는 미국 서부지역인 워싱턴, 캘리포니아, 콜로라도, 아이다호, 몬타나, 뉴멕시코, 오레곤, 와이오밍주를 합한 자료임.

※ Bureau of Land Management Department of the Interior, 1974, Timber Management.

토사방비림이며, 수원함양림의 기능을 하는 산림은 6.5%를 차지하고 있다. 미국 서부 8개 주에서 보안림 기능을 하는 산림면적은 표 2에서와 같다.

VI. 수원함양보안림

1. 실 태

우리나라의 보안림 전체 면적은 전 국토의 2.0%, 산림전체면적의 약 3.1%에 불과한 반면,

일본은 전 국토의 약 23%, 산림면적의 약 34%를 차지하고 있으며, 그 면적은 850만ha가 넘는데 이는 우리 나라 전 산림면적 약 650만ha를 훨씬 초과하는 것이며 전국토면적 약 1000만ha를 육박하는 실로 광범한 면적이다. 우리나라와 일본의 보안림 면적의 비교는 표 3과 같으며 연도별 면적 추이는 그림 1과 같다.

우리나라 수원함양보안림 면적을 보면, 1962년에 1.6만여ha였던 것이 1979년에는 27.7만여ha를 정점으로 매년 감소하여 현재 15.

〈표 3〉 우리나라와 일본의 보안림 면적 비교

(단위 : ha, %)

보안림종별	보안림면적 및 비율			
	한 국(1997)		일 본(1995)	
	면적	비율	면적	비율
토사방비보안림	5,227	2.7	土砂流出防備 1,952,654 土砂崩壊防備 46,564	22.9 0.6
수원함양보안림	1종 138,238 2종 18,318	70.3 9.3	6,165,712	72.4
비사방비보안림	1,033	0.5	16,264	0.2
방풍보안림	-	-	54,882	0.6
수해방비보안림	-	-	720	0.0
조해방비보안림	-	-	11,910	0.1
한해방비보안림	-	-	40,437	0.5
방설보안림	-	-	3	0.0
방무보안림	-	-	55,483	0.7
눈사태방지보안림	-	-	16,974	0.2
낙석방비보안림	57	0.0	1,675	0.0
방화보안림	-	-	333	0.0
어부보안림	4,185	2.1	26,002	0.3
항행목표보안림	-	2.1	344	0.0
보건보안림	33	0.0	107,569	1.3
풍치보안림	29,471	15.0	14,911	0.2
합 계	196,562	100.0	8,512,437	100.0
전국 산림면적에 대한 비율(%)	3.1		33.8	
전체 국토면적에 대한 비율(%)	2.0		22.5	

※ 산림청, 1998, 임업통계연보

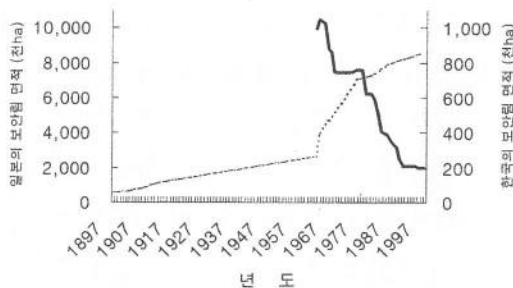
※ 林野廳治山課, 1996, 保安林及 保安施設地區制度 概要

〈표 4〉 우리나라의 연도별 보안림 전체 면적 대 수원함양보안림 면적, 비율
(단위 : ha)

연 도	89	90	91	92	93	94	95	96	97
보안림 전체	247,032	206,947	206,144	208,531	207,873	207,910	200,194	197,463	196,562
수원함양보 156,556	174,668	160,634	156,259	157,875	157,291	안림	158,505	157,531	156,961
	(70.7)	(77.6)	(75.8)	(75.7)	(75.7)	(76.2)	(78.7)	(79.5)	(79.6)

※ ()는 보안림 전체 면적에 대한 수원함양보안림의 비율(%)임.

※ 산림청, 1998, 임업통계연보



〈그림 1〉 우리나라와 일본의 보안림 면적

7만여ha에 불과하다. 이는 전체 보안림 약 80%를 차지하는 것이긴 하지만, 절대면적이 매우 협소하여 전산림면적의 2.4%에 불과한 실정이다. 우리 나라의 연도별 보안림 전체 면적에 대한 수원함양보안림 면적 및 비율은 표 4에서와 같다.

2. 보안림 대책

가. 수원함양보안림 확충

우리나라의 수원함양보안림은 1983년에 24만여ha이었으나, 시간이 경과함에 따라 도시화 및 산지의 개발 등에 의해 그 면적이 매년 감소하고 있어 현재는 16만여ha에 불과한 실정이다. 그나마 강을 중심으로 설정되어 있는 수원함양보안림은 고작 2만ha 정도이며, 대부

분 소규모 농업용 저수지나 소류지 상부에 지정되어 있기 때문에 하천의 유출에는 큰 영향을 미치지 못하고 있다.

일본의 경우, 전 산림 면적의 34%나 되는 850만ha가 넘는 면적이 보안림으로 지정되어 있는데, 이는 우리 나라 국토 면적을 육박하는 것이다. 이 가운데 수원함양보안림은 617만ha로서 전체 보안림 면적의 72%를 웃돈다.

산림이 지닌 수원함양기능을 고도로 발휘하게 하기 위해서는 유역단위로, 가능한 한 대면적의 수원함양보안림을 지정·관리하여야 한다. 「팔당호등한강수계상수원수질관리특별대책」에 따라 남·북한강, 경안천 본류와 1차 지류 양안 5km 이내 국·공유림에 대한 보안림 지정계획이 추진되고 있다. 경기도의 경우, 국·공유림이 25% 밖에 되지 않으며 특히 남양주시 관내 팔당유역에서는 3% 정도에 불과하다. 물론 산림 소유자들의 강한 반발 때문에 당초 안이 후퇴된 것이긴 하나 5km 그 자체는 다소 무리한 것이었다고 본다. 현행 제1종 수원함양보안림의 거리상 지정기준은 1km 이내로 되어 있다.

우리나라의 큰 하천의 경우, 하류로 내려올

수록 사유림 비율이 높아지게 되므로 사유림을 제외한 국·공유림만의 수원함양보안림 지정으로 보안림 설치효과를 거둘 수 있을지 의문이 생기지 않을 수 없다. 사유림까지 확대지정하기 위해서는 매입을 통한 국유림화나 손실보전 이외에 특별한 대안이 없다고 본다. 이를 위해서는 추가적 재원이 필요한데, 가장 현실적인 방법은 수혜자부담원칙에 입각하여 수도요금에 일정액을 부과하는 것으로 생각된다.

이와 관련하여, 환경부에서 추진한 것이긴 하지만, 「한강수계및주민지원에관한법률」에 근거하여 서울을 비롯한 경기도 22개 시도의 가정과 업소에서는 오는 8월부터 상수도 톤당 요금에 80원씩 물 이용부담금을 추가하여 지불하도록 되어 있다. 이 법률안의 이름은 물론 재원의 용도에 수원함양보안림 확충 등이 배제되는 등 내용이 97년 제출 당시와 크게 달라지긴 하였으나 앞으로 보안림 확충을 위한 매입 혹은 손실보전 등과 같은 산림부문에 사용될 수 있도록 발전시켜 나아가야 할 것으로 생각한다.

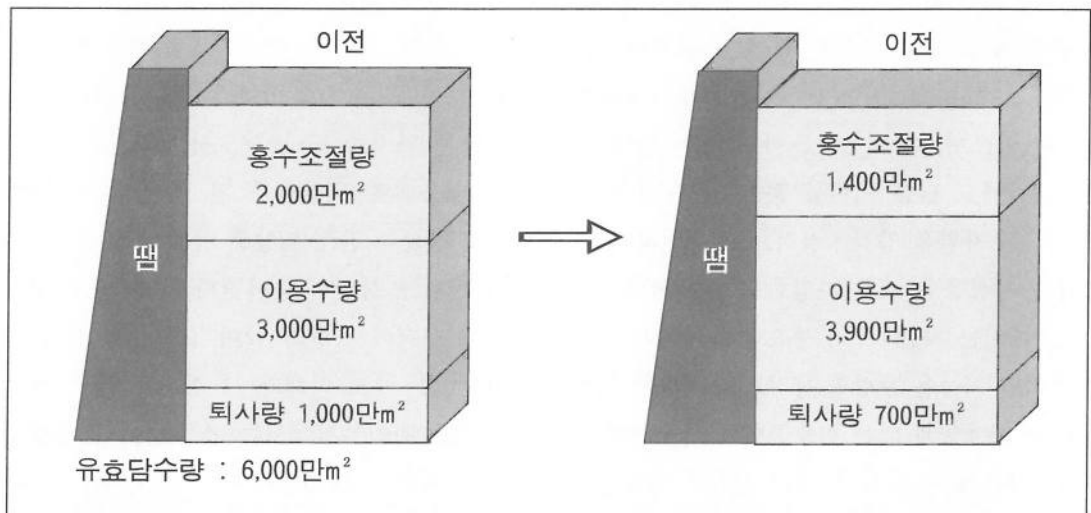
더욱이 보안림을 지정만 하고 방치해서는 지정목표를 달성할 수가 없다. 지정 목적에 맞는 산림시업을 실시하여 그 기능이 고도로 발휘되도록 해야 한다. 또한, 보안림 가운데 적어도 수원함양보안림의 지정·해제권자는 현행 시도지사에서 산림청장으로 환원하여 보다 강력하게 추진해야 한다고 생각한다. 그것은 하나의 하천이 발원하여 하류에 이르기까지 수많은 행정구역을 경유하게 되므로 지자체간 충돌이 상시 일어나기 쉽기 때문이며, 또 선출직인 지

자체장들은 추가지정은 고사하고 지정해제를 요구하는 주민의 요구를 묵살하기 어려울 것이기 때문이다.

나. 인공댐측의 보안림에 대한 인식제고와 참여

인공댐은 다량의 수자원을 확보하는 주된 방법임에는 틀림이 없다. 그러나 수자원 확보대책으로서 다목적댐과 같은 인공댐 건설만이 최선의 방법은 아니다. 인공댐이 제기능을 유지하기 위해서라도 산림의 기능을 간과해서는 안 된다. 「녹색댐」 즉, 산림의 수원함양기능(저류 및 정화)과 토사유출방지기능이 고도로 발휘되어야만 인공댐도 제구실을 할 수 있게 되며 수질보전도 훨씬 수월해지기 때문이다. 따라서 녹색댐과 인공댐은 어느 한쪽이 더 중요하다고 할 수 없는 것이며, 두 댐은 「공존·양립」해야 하는 불가분의 존재이다.

산림이 물을 저장·분산유출시키는 「평준화」 기능이 저하되면 강우시엔 빗물이 한꺼번에 유출되어 인공댐이 넘치고 강도 넘쳐 곧 바로 바다로 빠져 나가고 만다. 비가 그치고 나면 산림은 물을 저장하지 못했으므로 계류는 곧 말라 건천이 되어버리며 큰 하천도 말라 버리게 된다. 따라서 아무리 큰 댐이 있어도 댐 바닥을 드러내는 날이 많을 것이며, 계속 다량으로 유입되는 토사로 댐바닥은 점점 높아져 댐으로서의 기능을 상실할 수도 있을 뿐만 아니라 산지로 부터 유입되는 다량의 토사는 과다한 영양염류 공급으로 부영양화를 유발시키는 등 수질오염을 가속화 시키게 된다.



〈그림 2〉 산림정비에 의한 녹색댐 기능 증대 분석 예(일본 Kusaki 댐)

예로부터 『治山治水』라는 말이 있듯이 治山 없는 治水는 없다고 단언해도 좋다. 치수를 위해서는 치산을 해야 한다는 말일 게다. 즉, 물의 원천인 녹색댐을 도외시하고 산지를 벗어난 中·大 하천에서 만의 치수는 공허한 노력이 될 수도 있다. 녹색댐의 수원함양기능(홍수조절·저류 및 정화)을 높이는 것이야 말로 인공댐의 효율과 기능을 유지할 수 있는 지름길이며 특히 호소, 하천 등의 수질보전을 위해서도 산림이 지닌 녹색댐 기능의 중요성이 강조된다.

일본에서, 산림관리가 인공댐에 얼마나 기여를 할 수 있는지에 대해 연구를 한 사례가 있다. 그림 2와 같이 산림을 잘 관리하면 홍수조절기능이 커질 뿐만 아니라, 갈수기 유출량이 늘며 토사유출량도 감소하는 것으로 나타났다. 독일의 경우 홍수경감을 위하여 투자하는 예산을 보면 수위 1cm당 1조원 가량이나 되는 것으로 알려져 있다.

일본의 경우, 댐 완공 후 30년 이전에 이미 90% 가까이나 퇴사한 댐도 있으며, 2/3 정도 퇴사된 댐도 있다. 더욱이 근년에 발전용 댐으로서 저수길이 2km가 토사로 완전 매몰되어 용도폐기된 사례로는 일본 시즈오카(靜岡)현 오오이가와(大井川)에 있는 하타나기(畑薙)댐이 있다.

이상과 같이, 산림의 녹색댐 기능과 역할을 간과해서는 기존 인공댐의 수명을 보장할 수 없다. 새로운 댐의 건설도 중요하겠지만 기존 댐의 관리도 중요하다고 생각한다. 따라서 보안림 확충을 위한 산지매수와 산림관리 비용등을 인공댐 관리부처 등에서 분담할 필요가 있다.

3. 치산시설물 다양화와 설치 확대

우리나라는 산지의 황폐계류에 연간 100여 개의 사방댐과 바닥막이, 기슭막이 등의 치산

시설물을 설치하고 있으나 우선 설치물량이 적고 종류 또한 매우 단순한 편이다. 설치목적은 산사태, 토석류 등으로부터 인명과 재산피해를 막는데 있으며, 이 시설물들이 수자원 확대 및 수질보전에도 많은 기여를 하고 있는 것은 사실이나, 수자원을 양적·질적으로 보전하기 위해서는 시설물을 보다 다양화하여야 한다.

외국에서는 치산치수가 중요한 유역에서는 산림이 지닌 기능을 보강할 목적으로 계류에 치산댐 혹은 야계공과 같은 이수공법을 시공하여 홍수비류량을 줄이고 있다. 우리나라도 이와 같은 시설의 설치를 통해 침투·저류효과를 높여 홍수유량을 경감하는 노력이 필요하다고 본다.

외국에서의 연구결과를 종합하면, 통나무울(목책)이나 구곡막이 등 침식 방지공사를 시공하면 직접유출량이 11~48%나 감소되고, 피크유량도 10~30%나 감소됨으로써 산림토양의 침식발생도 작아지게 되는 등 수원함양기능증진에 치산시설의 효과는 매우 크다고 할 수 있다.

따라서 황폐지 복구가 완성되었다고 치산시설 설치를 축소하여서는 안된다. 오히려 산림으로부터의 유출 토사량은 인공댐의 담수량 유지 및 수질보전에 직접적인 영향을 하게 됨으로 인공댐의 기능유지를 위해서라도 다양한 치산시설의 확대설치가 강조된다. 치산시설은 과거 황폐지 복구시대의 유물로서 간주하거나 다루어져서는 안 된다고 본다.

VIII. 맺음말

불과 10년 전까지만 해도 「민둥산」이 존재하

였던 산림, 특히 사람들이 오랫동안 살아온 마을 근처의 산은 수 백년만에 녹색으로 덮여 있게 되었다. 이제야 비로소 외관상이나마 푸른 산림을 가지게 된 것으로서, 산림토양의 보전도 나름대로 보장받게 된 셈이다. 따라서 그동안 산림이 만든 토양층 덕택에 수원함양기능의 발휘는 상당히 높아졌다고 볼 수도 있다.

그 덕택에 작년과 같이 강수관측 사상 유례 없는 호우에도 피해가 그 정도로 끝난 것이다. 인공댐 관리부서에서는 소양댐이나 충주댐의 역할 때문이었다고 하나 그게 전부는 아니다. 그것은, 만일 예전과 같이 아직도 민둥산 상태였다면 그 피해는 실로 막대했을 것이라는 예상은 누구나 할 수 있기 때문이다.

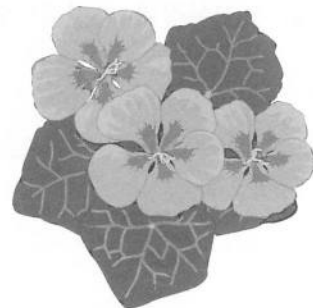
그러나 문제는 지나치게 우거진 채, 손질 미흡으로 산림이 다시 황폐화가 진행되고 있어 홍수조절과 같은 수원함양기능이 낮아지고 있다는 사실이다. 이와 관련하여 심히 우려되는 것은, 우리 산림의 외관상 푸르름을 가지고 모두 완성된 것인 양 생각을 하는 경향이 많다는 점이다. 그러나 실제 우리 산림의 실상은 사람의 손길을 가장 필요로 하는 시점에 와 있다. 결코 완성이 아니라 이제부터 시작인 것이다. 자연선진국들이 가지고 있는 산림다운 기능을 하는 산림을 갖는 길은 아직 멀다.

근자에도 홍수피해가 클 뿐만 아니라 물 부족 시대를 맞이하여 수자원의 원천인 산림은 당연히 그 역할을 다 해야 한다. 그러기 위해서는 그 동안 방치되다시피 해온 산림을 부단히 가꾸는데 힘을 모아야 할 것으로 생각한다. 산림이 너무 우거지면 강수침투구조 악화로 홍

수조절·갈수완화기능이 모두 줄게 된다. 물이 줄었다는 불만의 소리 또한 산림을 잘 가꾸면 해결되는 문제이다.

그러기 위해서는 수원함양보안림을 확충하고 그 설치 목적을 달성할 수 있도록 투자가 이루어져야 하는데, 이를 위해서는 사유림 매입을 통한 국유림 확대나 손실보전대책이 반드시 선행되어야 한다고 본다. 또한 치산시설은 결코 황폐지 복구시대의 유물이 아니기 때문에 이 시대에 걸맞는 새로운 의미와 역할을 부여

하여 사업을 확대할 필요가 있다. 더욱이 인공댐의 기능과 수명유지를 위해서는 산림의 기능을 간과해서는 안된다. 홍수조절, 수자원 확보 등을 위해 신규 댐 설치도 필요하겠으나 기존 인공댐의 기능을 제대로 확보하는 것이 더 중요하다고 생각한다. 그것은 바로 산림에 대한 투자를 늘리는 것이며, 이에 대해서는 인공댐 관련부처 등도 현상인식을 바탕으로 보안림 확충을 위한 사유림 매입, 관리 등에 소요되는 비용분담에 적극적 참여가 요망된다.



정 관

1996. 8. 9 허 가
1998. 4.28 개 정
1999.11.13 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) 회장, 부회장, 이사, 감사는 회원중 총회에서 선출한다. 단 회장은 산림청장의 승인을 받아 취임한다.
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, 상임이사로써 이사회를 구성한다.

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

③이사회는 다음 각호의 사항을 심의 의결한다.

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

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

제5장 자산 및 회계

제18조(재정)본 회의 재산과 경비는 다음 수입으로 충당한다.

1. 회원의 회비
2. 사업수익금
3. 찬조금 및 기부금
4. 기타

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

제20조(회계년도) 본 회의 회계년도는 정부의 회계년도에 준한다.

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

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

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

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

1. 재산대장
2. 회의록
3. 금전출납부
4. 예산결산서
5. 지출 증빙서

- 6. 사업계획서
- 7. 기타 필요한 서류

제6장 보 칙

제25조(정관의 개정)

- ①정관의 개정은 재적회원 과반수 이상의 출석과 출석회원 3분의 2이상의 찬성으로 의결한다.
- ②전항의 정관개정은 주무부처의 승인을 받아야 한다.

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

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

부 칙(1996. 8. 9)

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

부 칙(1998. 4. 28)

- ①(시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

부 칙(1999.11.13)

- ①(시행일) 이 정관은 산림청장의 승인 날로부터 시행한다.

회원 명단 및 임원 주소록

임원

- 자문위원 : 이여하, 김사일, 김태훈, 이진규
- 회 장 : 김태옥
- 부 회 장 : 류택규, 최영호
- 상임이사 : 안병영, 김정환
- 이 사 : 이원규, 손요환, 이창석, 진현오, 이명종, 박재인, 김재수, 최 관, 마호섭, 송장호
정진현, 김규현, 오종환, 홍인표, 박관수, 연정수, 박재순, 임응호, 곽준일, 박동근
- 감 사 : 장영기

회원

강창호, 구교상, 구윤서, 김정하, 김덕식, 김상협, 김성식, 김숙진, 김용래, 김용증, 김재호, 김종찬, 김준섭, 김철수, 김춘식, 박경용, 박광우, 박남창, 박동근, 박성신, 박정신, 박종현, 반기민, 배상원, 변재경, 서호석, 손창우, 송춘호, 심경용, 심우범, 안경모, 안병덕, 안병석, 어윤갑, 원현기, 원형규, 유정환, 윤은용, 윤종원, 이광섭, 이병춘, 이병한, 이충화, 이태수, 이해문, 이해주, 임호범, 장석창, 조현제, 조현진, 주성현, 최 경, 최재채, 한상용, 홍의기, 한 훈

임원주소록

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
자문위원	李麗夏	전 임업연구회 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 11-1 경남아파트 10-406호	(02)677-3926
"	李鎭珪	전 임업연구원 부장	서울 중랑구 신내동 783 성원아파트 101-705호	(02)439-1765

직 위	성 명	소 속	주 소	전화번호
회 장	金泰玉	한국산지환경조사연구회	경기 남양주시 화도읍 창현리 745 두산아파트 205-1303	(0346)511-8863
부 회 장	柳澤圭	원광대학교 교수	서울 동작구 신대방1동 565 우성아파트 1-1802	(02)843-0773
"	崔永五	한국산지환경조사연구회	서울 관악구 신림11동 1574-4	(02)855-9903
상임이사	安秉榮	"	경기 의정부시 호원동 우성3차아파트 303동 1408호	(0351)874-5109
"	金正煥	"	성남시 분당구 정자동 90 느티마을 406동 1802호	(0342)712-9547
이 사	李元圭	전 임업연구원 중부시험장장	서울 동대문구 용두동 신동아아파트 3-310호	(02)953-2488
"	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
"	陳鉉五	경희대학교 교수	서울 송파구 송파동 116 삼익아파트 209동 1203호	(0342)720-7553
"	李明鐘	강원대학교 교수	강원 춘천시 퇴계동 한주아파트 103-306	(0361)50-8314
"	朴在仁	충북대학교 교수	충북 청주시 흥덕구 개신동 삼익아파트 101-1204호	(0431)261-2532
"	金載水	충북대학교 교수	충북 청주시 상당구 율량동 럭키아파트 6-301호	(0431)261-2532
"	崔寬	경북대학교 교수	대구 수성구 만촌2동 1021-17	(053)753-8160
"	麻鎬燮	경상대학교 교수	경남 진주시 하대동 삼호맨션 다동 305호	(0591)753-4549
"	宋長鎬	전 임업연구원 산림조사과장	서울 도봉구 창1동 663-28	(02)902-8254
"	鄭鎭炫	임업연구원 농학박사	서울 노원구 상계9동 주공아파트 1213-1102	(02)937-4826
"	金圭憲	전 임업연구원 산림자원부장	서울 구로구 구로1동 주공아파트 110-1303호	(02)869-2133
"	吳宗煥	임업연구원 임산공학부장	서울 강북구 미아5동 450-9	(02)982-7044
"	洪寅杓	임업연구원 재료공학과장	서울 동대문구 청량리2동 407	(02)961-2561
"	박관수	충남대학교 교수	대전광역시 유성구	(04)823-5450
"	延正秀	한국산지환경조사연구회	서울 도봉구 창4동 동아아파트 3-1001호	(02)995-0194
"	朴宰淳		서울 강동구 고덕동 시영아파트 32동 404호	(02)426-8186
"	林隆鎬		서울 성북구 정릉1동 181-46 로얄아트빌라 202호	(02)913-0668
"	郭準鎰		강원도 원주시 단구동 139-63 5통 1반	(0371)763-0570
"	朴東根		강원도 원주시 단구동 80-5 2통 2반	(0371)762-0081
감 사	張永基	한국산지환경조사연구회	경기 의정부시 의정부동 신도아파트 201-802호	(0351)876-2999

주요 일 지

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

96년 ~ 99년 사업실적

- 시군 산림입지조사 담당자 교육 : 8회
- 산림입지도작성 순회 기술지도 : 12회
- 항공사진판독 : 2,482,959ha
- 산림입지조사용역 : 1,219,285ha
- 산지환경회지 발간 : 2회

2000년 사업계획

- 시군 산림입지조사 담당자 교육 : 2회
- 산림입지도작성 순회 기술지도 : 3회
- 항공사진판독 : 800,000ha
- 현지조사 : 400,000ha
- 영림계획편성(산림조사) : 30,000ha
- 산지환경회지 발간 : 제3호

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 내외
- 원고의 채택
 - 편집위원회에서 결정
 - 등재된 원고는 소정의 고료 지불
 - 수시 접수

편 집 위 원

위원장 : 김 태 옥

위 원 : 류택규, 손요환, 진현오

이명중, 이창석, 박관수

주성현, 김재수, 정진현

배상원, 조현제, 안병영

山地環境

第三號

發行人 겸 編輯人 金泰玉 2000年 4月 印刷

2000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(0346)572-1678, FAX 572-7387

印 刷 삼정인쇄공사(☎ 2261-4431)

정밀한 항공사진 판독에 의한 토양특성과 지위급 파악으로 산림생산력 증대

임 상



토 양 단 면



항 공 사 진

(사)한국산지환경조사연구회