

산림 생태학 (제2부 군집생태학)

이경준 명예교수
서울대학교 식물병원

생태학

- 1. 정의: 생물과 생물간의 상호작용, 그리고 생물과 환경과의 상호작용을 연구하는 학문
- 산림(숲)생태학:
 - 나무가 우점종인 숲에서의 생태학
 - 나무간의 상호작용과 경쟁
 - 숲의 구조, 생물다양성, 생산성, 변화와 역할, 환경의 영향 등을 연구함

산림생태계의 특징

- 1. 단위면적당 바이오메스가 가장 많다.
- 2. 지구상에서 부피가 가장 큰 생물이 산다
(예; 세쿼이아나무)
- 3. 산소를 가장 많이 생산한다.
- 4. 육상에서 종다양성이 가장 높다.
- 5. 육상생물의 가장 안전한 휴식처다.
- 6. 지구의 사막화를 막는 수단이다.
- 7. 육상에서 가장 아름다운 자연을 연출한다.
- 8. 목재와 식량을 제공한다.
- 9. 육상에서 이산화탄소를 가장 많이 흡수한다 (지구온난화 방지)

우거진 숲: 가장 아름다운 생태계 (장성의 치유의 숲: 편백숲)



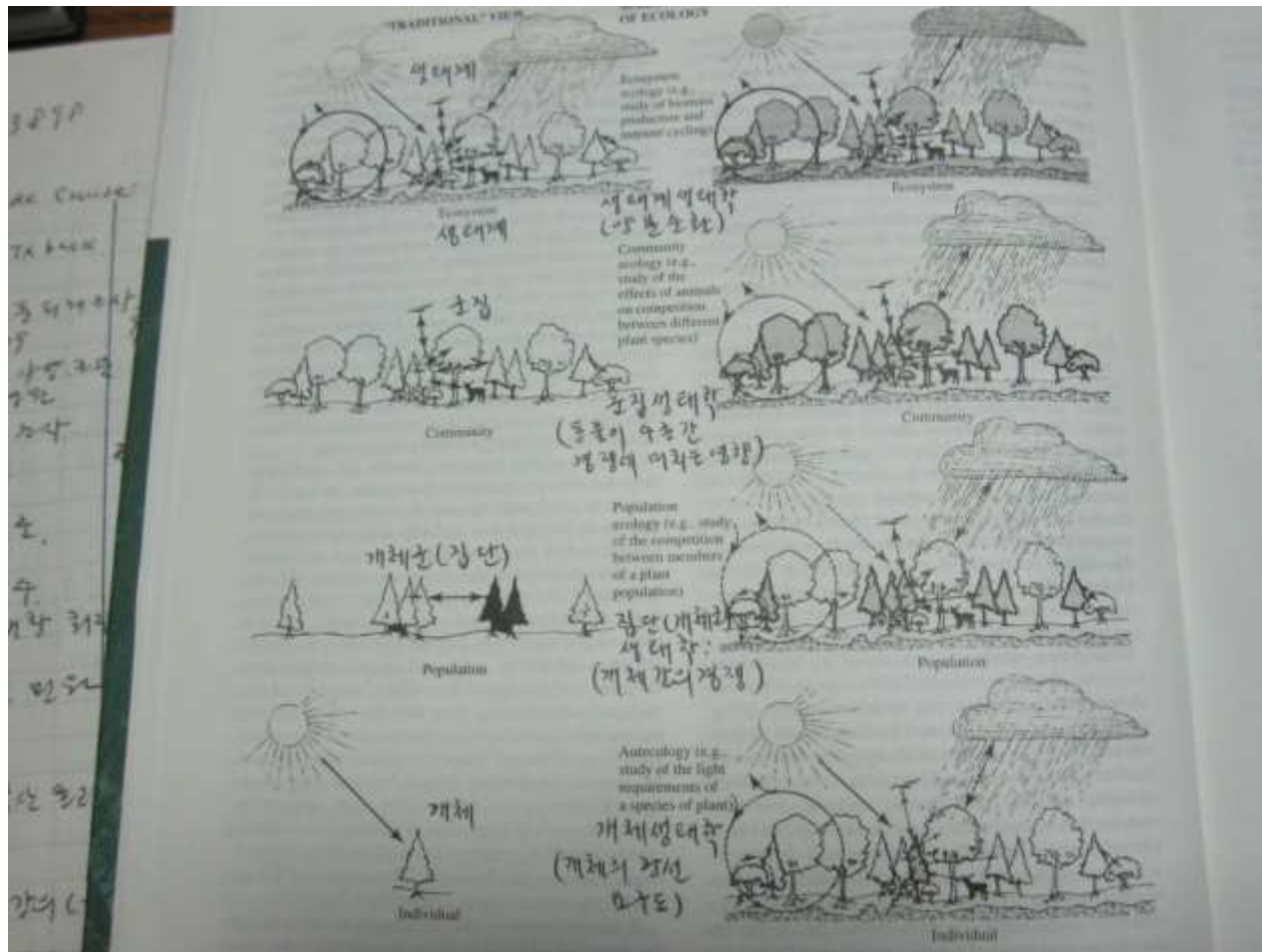
2. 생태계의 단계적 구성 요소

- 1. 유전인자: DNA (분자생물학)
- 2. 세포: 세포학
- 3. 조직과 기관: 해부학
- 4. 개체: 개체생태학, 생리학
- 5. 개체군(집단): 개체군생태학
- 6. 군집: 군집생태학
- 7. 생태계: 생태계생태학

3. 용어 해설

- 개체: 식물 하나 하나를 일컬음(소나무)
- 개체군(집단): 같은 종류 식물의 모임;
예: 소나무림
- 군집: 두 개 이상의 개체군을 합쳐 일컬음
(소나무림과 참나무림)
- 군총: 군집의 특수한 형태 (어떤 분포지역 내 양적 질적으로 균질성을 가진 식물 집단의 총합; 서울 남산의 북사면을 점유하고 있는 신갈나무 숲)
- 생태계; 한 지역 내의 생물(여러 개의 군집, 소나무림, 참나무림, 토끼집단)과 환경(토양, 물, 공기, 기온)을 합쳐 일컬음.

전문 용어의 해설



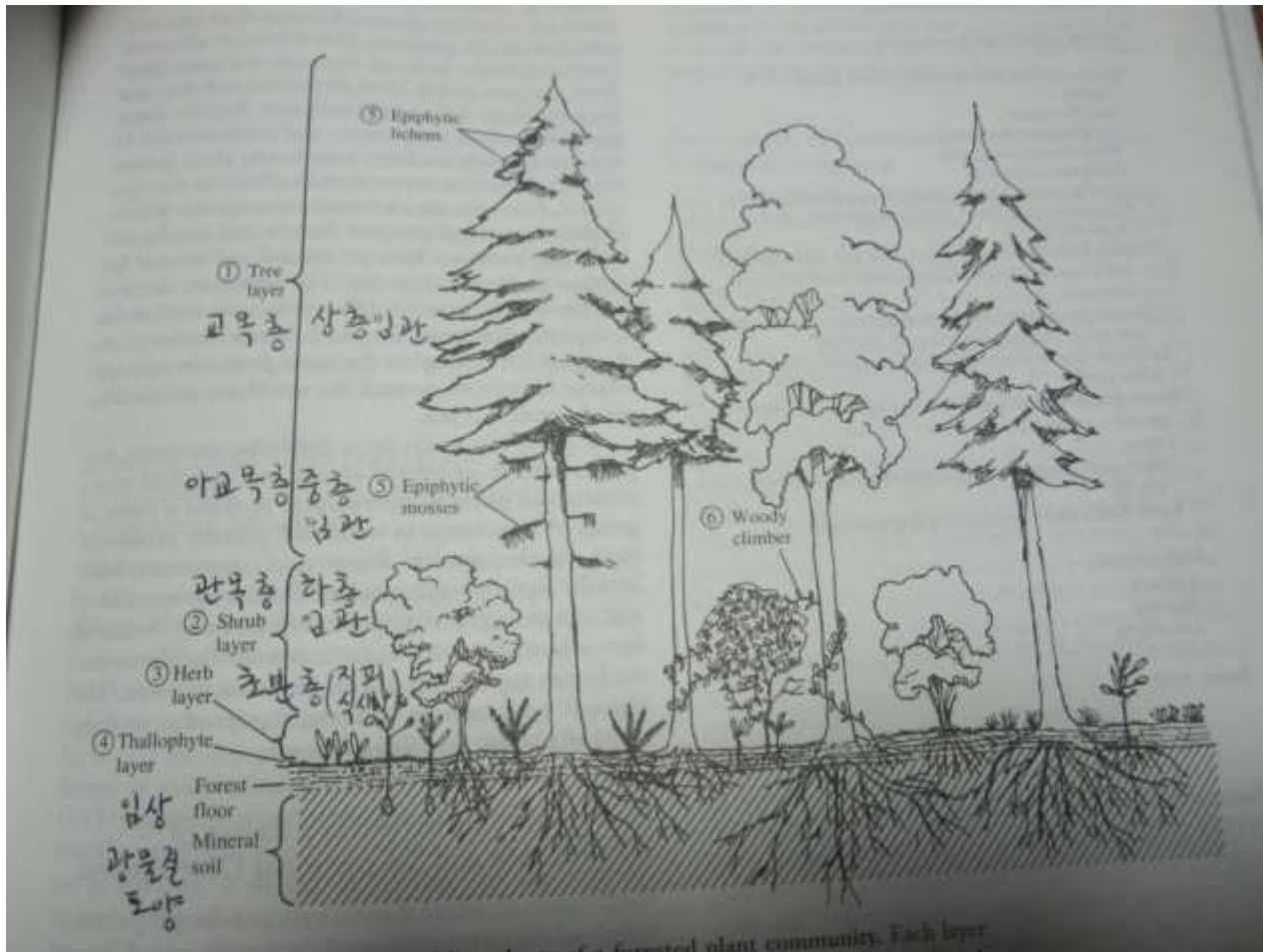
7. 숲의 구조와 분포

- 산림식물의 생육형
 - 생육형: 생육환경에 적응하면서 생겨난 특징적인 외양
- 목본식물: 지상부가 겨울철에 살아남음(상록수, 낙엽수)
 - 교목: 키가 3-4m 이상
 - 관목: 키가 3-4m 이하
- 초본식물: 지상부가 겨울철에 죽음
 - 1년생 초본
 - 다년생 초본
 - 지표식물
 - 덩굴식물
 - 착생식물: 겨울살이, 이끼, 바위옷

1) 숲의 수직적 분포

- 상층임관: 교목층(소나무, 신갈나무, 전나무, 피나무)
- 중층임관: 아교목층(당단풍, 까치박달)
- 하층임관: 관목층(생강나무, 철쭉, 노린재나무)
- 지피식생: 초본층(관중, 애기나리)

숲의 수직적 분포: 복층림



2) 숲의 수평적 분포

가. 위도에 따른 분포

- 열대림
- 난대림
- 온대림
- 한대림

숲의 수평적 분포

나. 방위에 따른 분포

- 남사면림: 내건성있는 수종 (소나무, 리기다소나무, 신갈나무, 노간주나무)
- 북사면림: 내건성이 약한 수종(단풍나무, 물푸레나무, 상수리나무)

숲의 수평적 분포

다. 토양 수분에 의한 분포

- 수변림: 강가와 하천 주변
- 습지림: 배수 불량한 평지
- 평지림; 배수 양호한 평지
- 계곡림: 계곡 주변의 습윤한 토양
- 산복림: 산의 경사진 곳의 건조한 토양

숲의 수평적 분포

라. 산림군집의 급격한 변화에 의한 분류

- 임연부(edge) 산림; 숲이 끝나는 곳
- 추이대 (ecotone)산림: 숲의 형태가 별안간 바뀌는 곳
 - 숲에서 초지로 바뀌는 곳
 - 활엽수에서 침엽수로 바뀌는 곳
 - 침엽수에서 관목으로 바뀌는 곳
 - 관목에서 초지로 바뀌는 곳 등

숲의 기능

1. 경제적 기능

임산물 생산: 목재, 펄프, 산채, 약초, 버섯, 밤

2. 공익적 기능

1) 토양보존

2) 수자원함양

3) 야생동물 보호

4) 보건휴양지 제공

5) 공기정화

6) 지구온난화 방지

7) 기후완화, 방풍, 소음방지

8) 풍치 조성

목재생산기능: 침엽수림 리기테다소나무림:



숲의 공익적 가치 평가(2020)

총평가액: 259조원(산림청 자료)

1. 온실가스흡수저장기능: 97.6조원(목재에 저장)
2. 산림경관제공기능: 31.8조원(경관 가치 대체비용)
3. 산림휴양기능: 28.4조원(국립공원, 자연휴양림)
4. 토사유출방지기능: 26.3조원(농경지 보호 기능)
5. 수원함양기능: 20.3조원(수자원 확보)
6. 산림정수기능: 16.5조원(정수 비용)
7. 생물다양성보전기능: 11.6조원(멸종위기 생물 보존)
8. 대기정화기능: 11.2조원
9. 산림방재기능: 9.0조원(산사태)
10. 생활환경보전기능: 4.9조원
11. 소음방지기능: 0.9조원

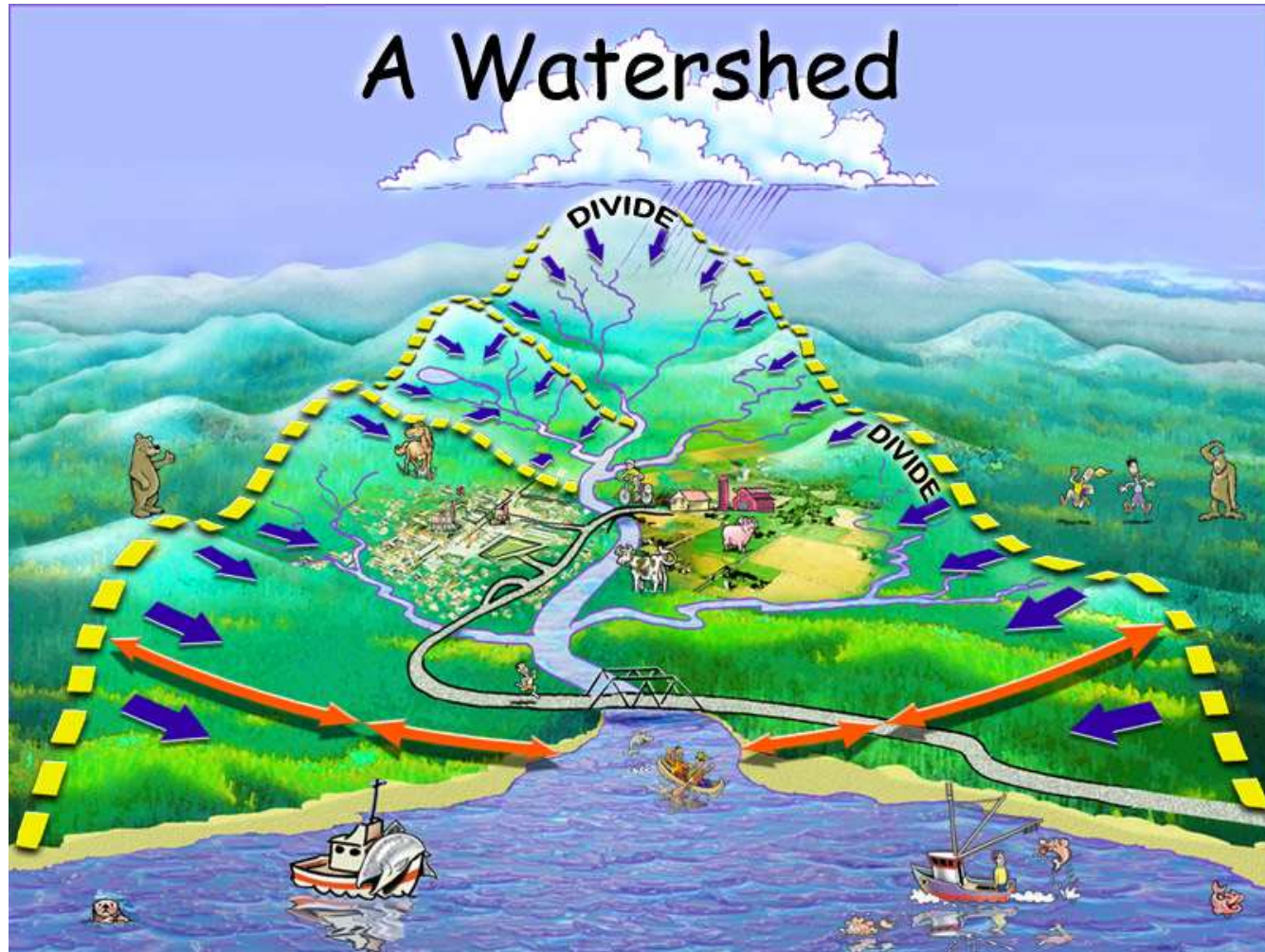
국내 경제 규모와의 비교

- 국민 1인당 연간 499만원 혜택을 줌.
- 국내총생산(GDP) 1,884조원의 13.7%
- 임업총생산 8조1,804억원의 31.6배

산림 휴양 기능: 삼나무림



1) 수자원 함양기능 유역(watershed)



수자원 함양기능

산림의 저수능력: 200억 톤
(소양강댐, 19억 톤의 10배)

전국 17,318개 저수지 총 저수 용량: 213억 톤



수자원 함양기능

토양 낙엽층(유기물)의 저수능력.
홍수의 피크를 20-30분 지연시킴



2) 토사유출 방지기능 수목 뿌리가 흙을 붙잡음



토사유출 방지기능

경사지의 흙의 이동

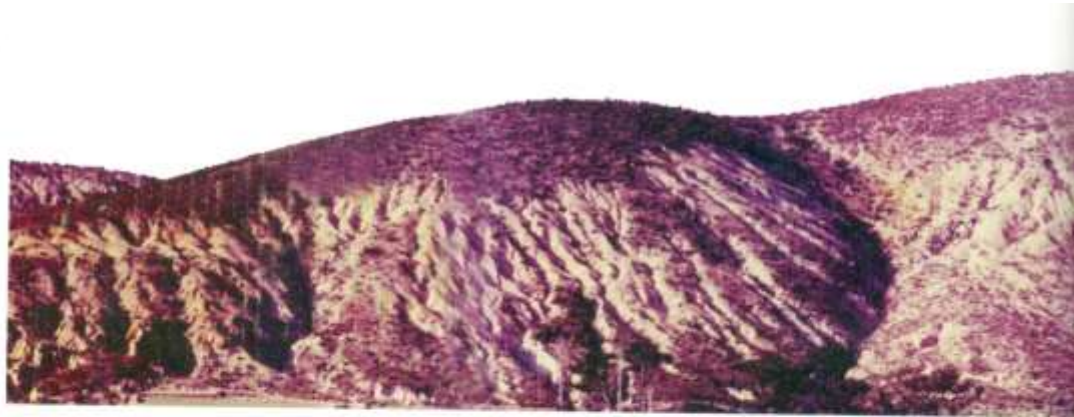


토사유출 방지기능

독나지의 토양 침식



아까시나무의 역할; 왕성한 뿌리 뻗음으로 토사유출 방지함



3) 국민보건 향상과 산림치유 기능 산림욕: 피톤치드(심신안정, 스트레스 해소)



4) 방풍기능: 방풍림

바람이 불어오는 쪽: 나무 높이의 5배까지 감속.

바람이 불어가는 쪽: 35배 거리까지 감속



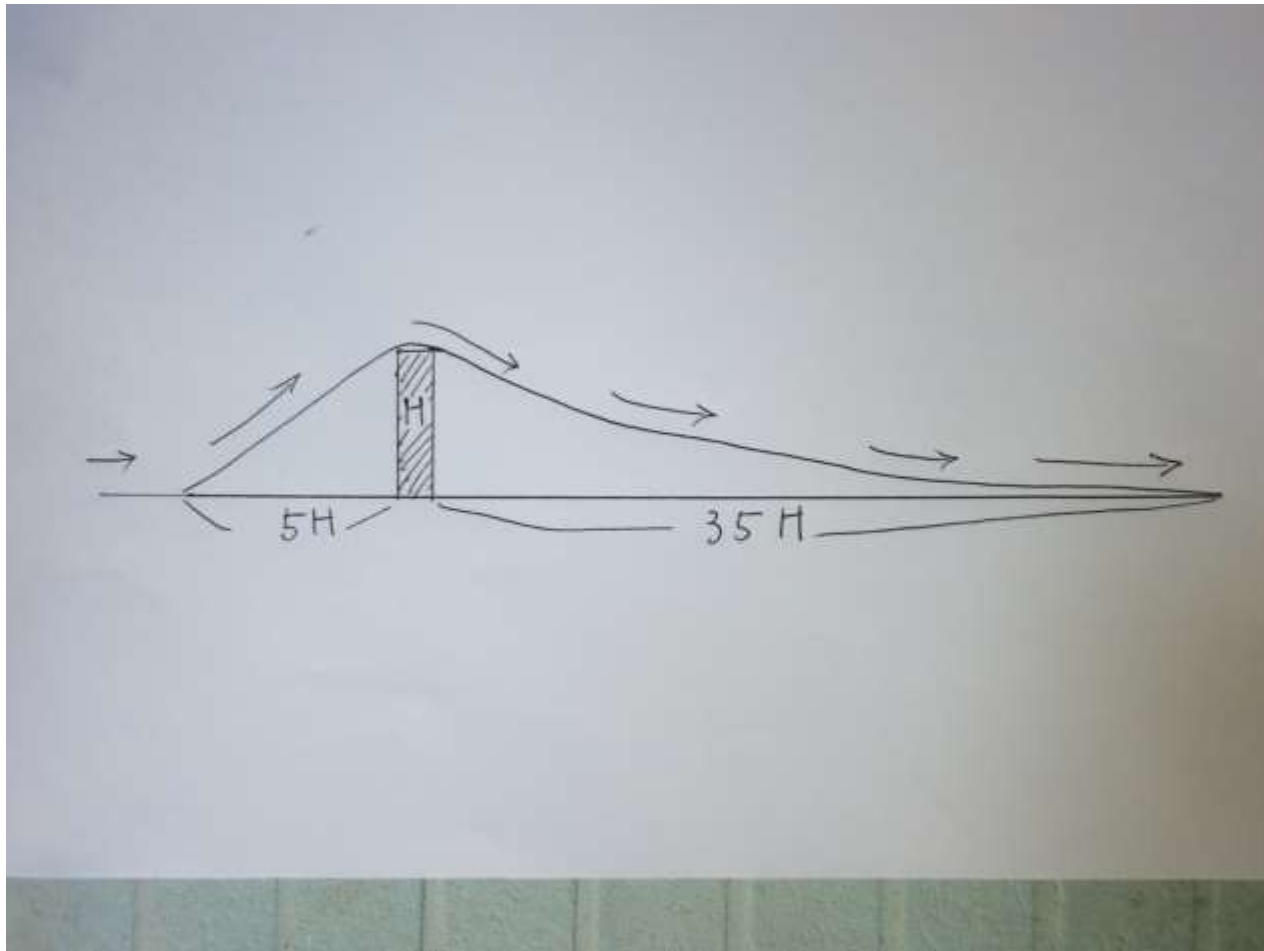
방풍기능

방풍림: 해안방조림의 경우
물건리 방조어부림: 경남 남해군 물건리
(천연기념물: 길이1,500m)



숲의 풍속 감소 효과

바람 불어오는 쪽: 나무높이의 5배
바람 불어가는 쪽: 나무높이의 35배



8. 숲의 변화: 식생천이

- 1) 뜻; 세월이 경과하면서 숲의 모양이 변화하는 현상
- 2) 방향:
 - 단순한 모양에서 복잡한 모양으로
 - 불안정한 상태에서 안정된 상태로
 - 불모지에서 우거진 숲으로
 - 단순한 종 구성에서 종다양성의 증가로
 - 초본-양수-중간수-음수의 방향으로

3) 천이의 종류:

기존 식생 여부에 따른 분류

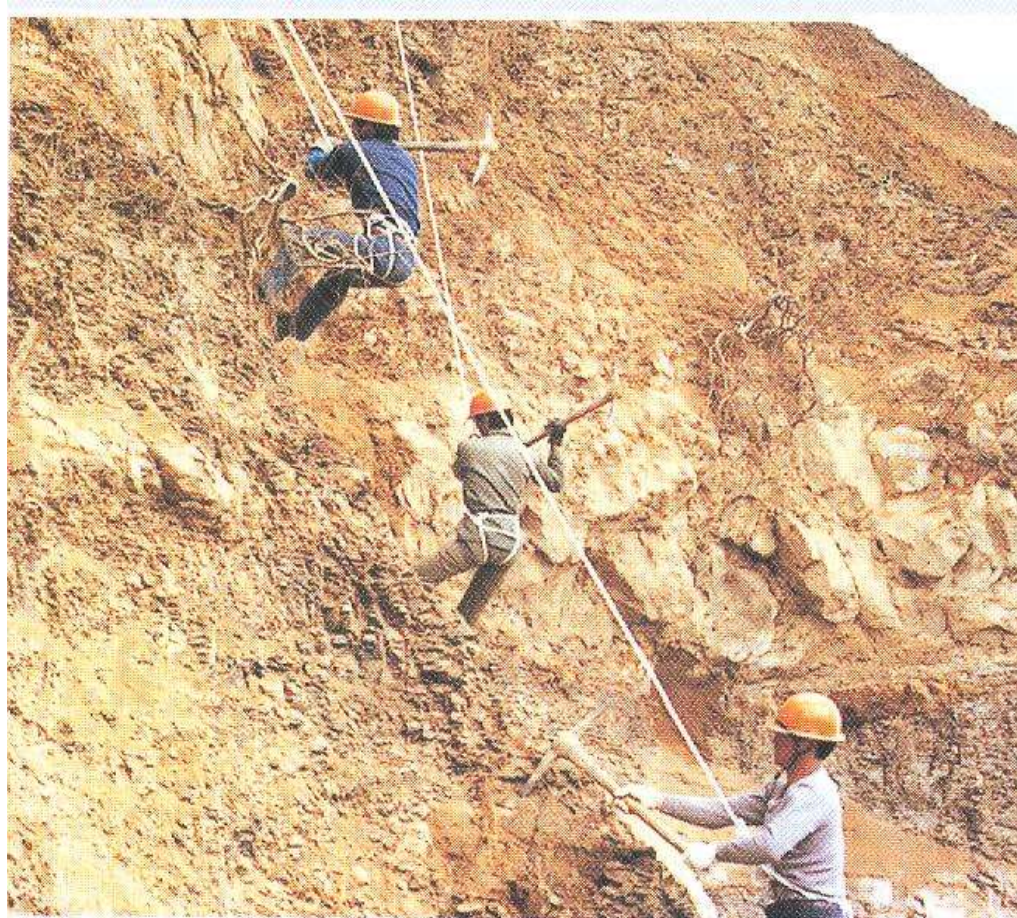
- **1차 천이:**

- 식물이 자라지 않던 곳에서 시작되는 천이
- 진행 속도가 매우 느리다.

- **2차 천이:**

- 식물이 자라던 곳이 파괴된 후 다시 시작되는 천이
- 진행속도가 빠르다

한국의 사방공사; 1차 천이의 속도를 높여주는 행위

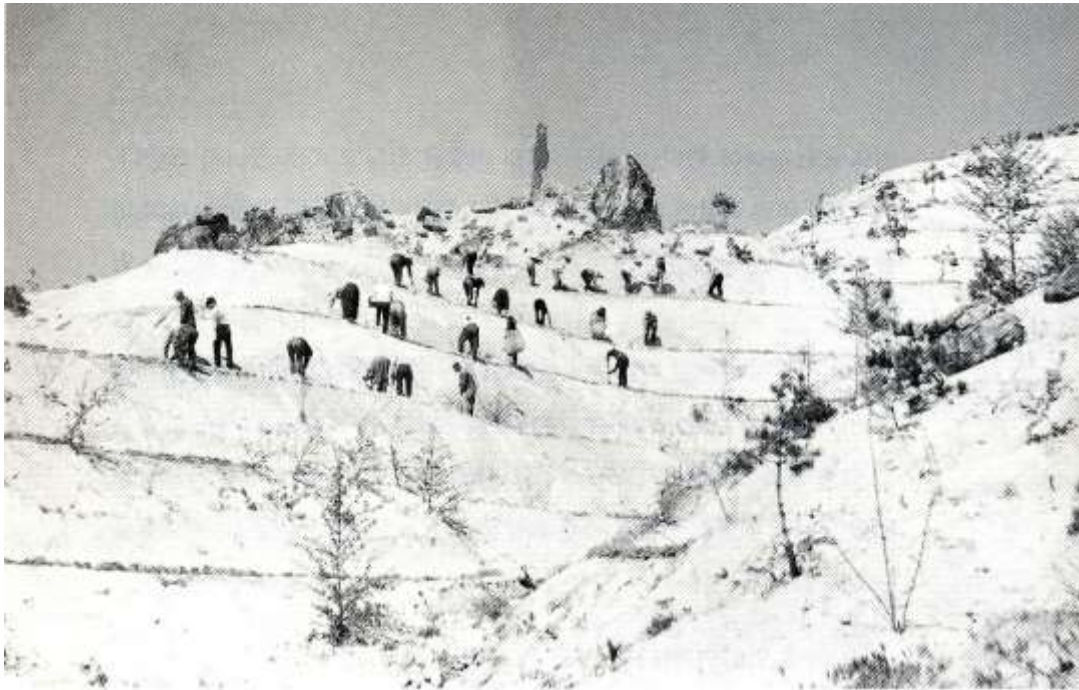


1960년대 경북 금릉지구 황폐지



사방사업;

군사정부 초기부터 관심
1962년 사방사업법 제정



사방사업의 기본: 수평 단 만들기로 토양 안정화



열악한 사방사업 환경 지게로 묘목, 잔디, 돌, 흙 나르기



마을부녀회의 돌 나르기



사방사업: 철저한 점검과 사후 관리



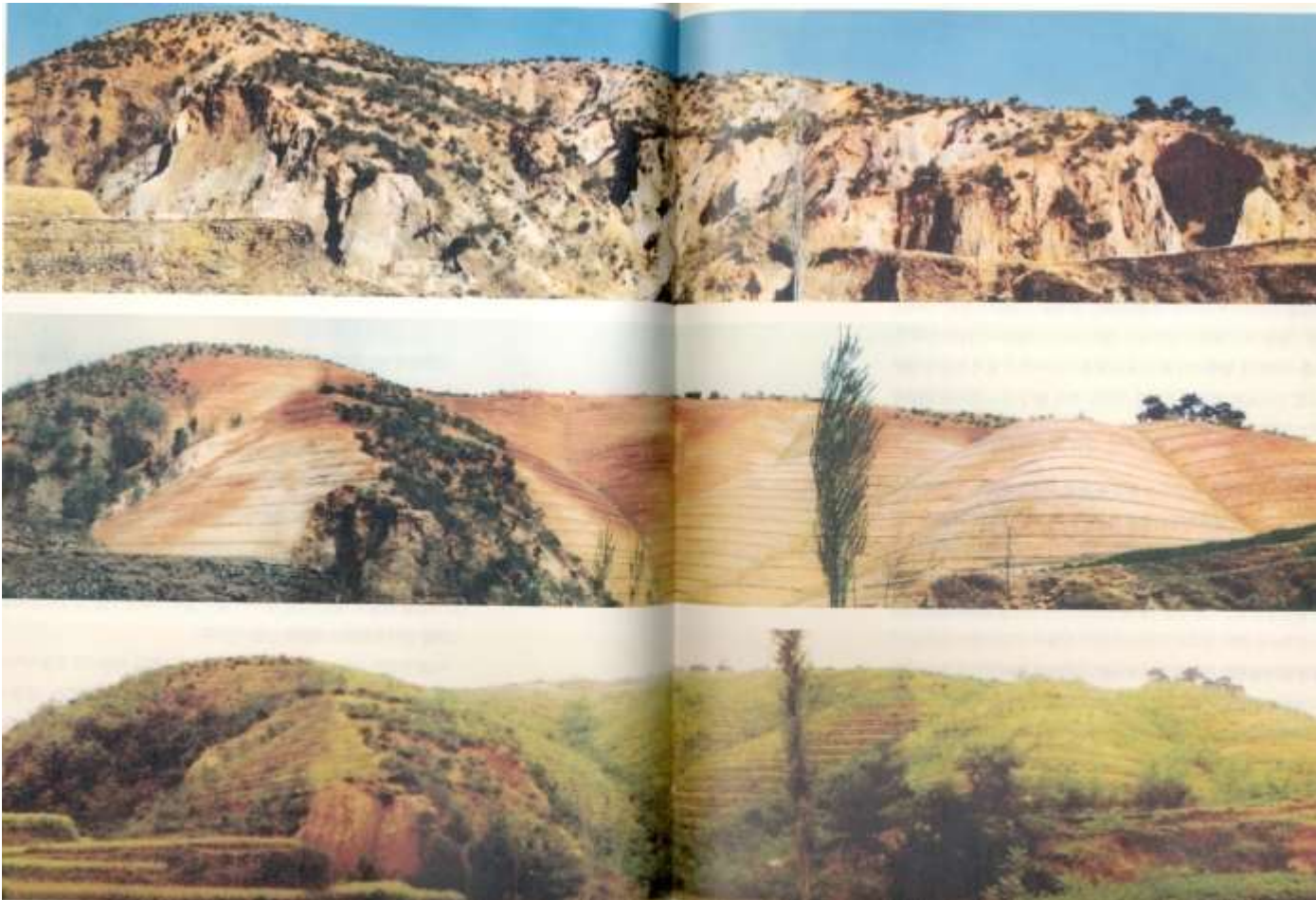
경북 외동지구 사방사업 (1967년) 울산공업단지 보호 목적(498ha)



영일지구 사방사업의 연차적 효과

총 사방 면적: 4,538ha (여의도의 12배)

3개 시군(영일군, 월성군, 포항시), 9개 면, 115개 마을의
107,408ha에 흠어져 있었음



영일지구 사방사업

- 기간; 1973-1977
- 총예산: 38억 원
- 연인원: 356만 명
- 묘목: 2,389만 본
- 때: 2,241만 매
- 석재: 225만 점
- 객토: 213만 톤
- 비료: 4161 M/T
- 종자: 102 M/T

화전 정리 사업

2차 천이의 속도를 높여 줌



화전 정리 절차:

20도 이상 지역에 표주 설치,
인근마을로 이전



화전정리 지침

- **현지정착:** 경사도 20도 미만의 농지만 경작 허가
30년 연부상환으로 토지 매입을 독려함
 - **이전:** 20도 이상에 있는 가옥 철가 후 인근 마을로 이사
 - **이주:** 도시로 이사시킴
 - 정착금; 40만원 지급
 - 직업 알선: 광부, 청소부, 수위, 취로사업 등
 - 3년 동안 6개월마다 3개 팀에 의한 거주 확인 실사
 - 영림서 직원
 - 군 산림과 직원
 - 경찰서
- 위의 3개 팀 각각 청와대로 직접 보고함

화전민 이주 정책:

담당공무원이 정착지까지 동행 의무화
(3년간 꼬리표 붙여 산림청, 군청, 경찰이 3중으로 감시함)



화전민 정착촌:

정부 정착금 지원,
영농자금 융자 및 영농기술 지도
(경북 봉화군 춘양면 서벽4리)



화전 정리사업

- 기간; 1974-1978
- 총예산: 163억 원
- 정리면적; 12만6천 ha
- 정리가구수: 총30만 가구 (당시 인구의 6%, 농민의 13%)
- 경상도 20도 이상의 경작지: 모두 산림으로 전환

3) 천이의 종류

(초기 토양 수분에 따른 분류)

- 건성천이: 마른 땅(노출된 흙, 화산 폭발 후)에서 시작되는 천이
- 습성천이: 습지(늪, 배수불량지)에서 시작되는 천이
- 수성천이: 물속(호수)에서 시작되는 천이

4) 1차 천이의 단계

방편으로 시차적인 단계마다의 생태계의 구조와 기능을 논의하는 경우가 많다. 표 11-2는 1차천이 3가지 유형인 전성·중성 및 습성천이별로 10가지의 전형적인 천이단계를 구분하여 나타낸 것이다(Spurr & Barnes, 1980).

[표 11-2] 1차천이의 천이단계

단계	건성천이	습성천이	수성천이
1	건조 암석지	습윤 암석지	호수 또는 습원
2	피각성 선대류	—	수중식물(submerged)
3	엽상 선대류 및 이끼류	—	부유식물(floating)
4	이끼 및 1년생초본류	1년생초본류	수생식물(emergent)
5	다년생초본류	다년생초본류	사초류 및 물이끼류
6	혼합 초본류	혼합 초본류	혼합 초본류
7	관목류	관목류	관목류
8	양수류	양수류	양수류
9	중간수류	중간수류	중간수류
10	음수류	음수류	음수류

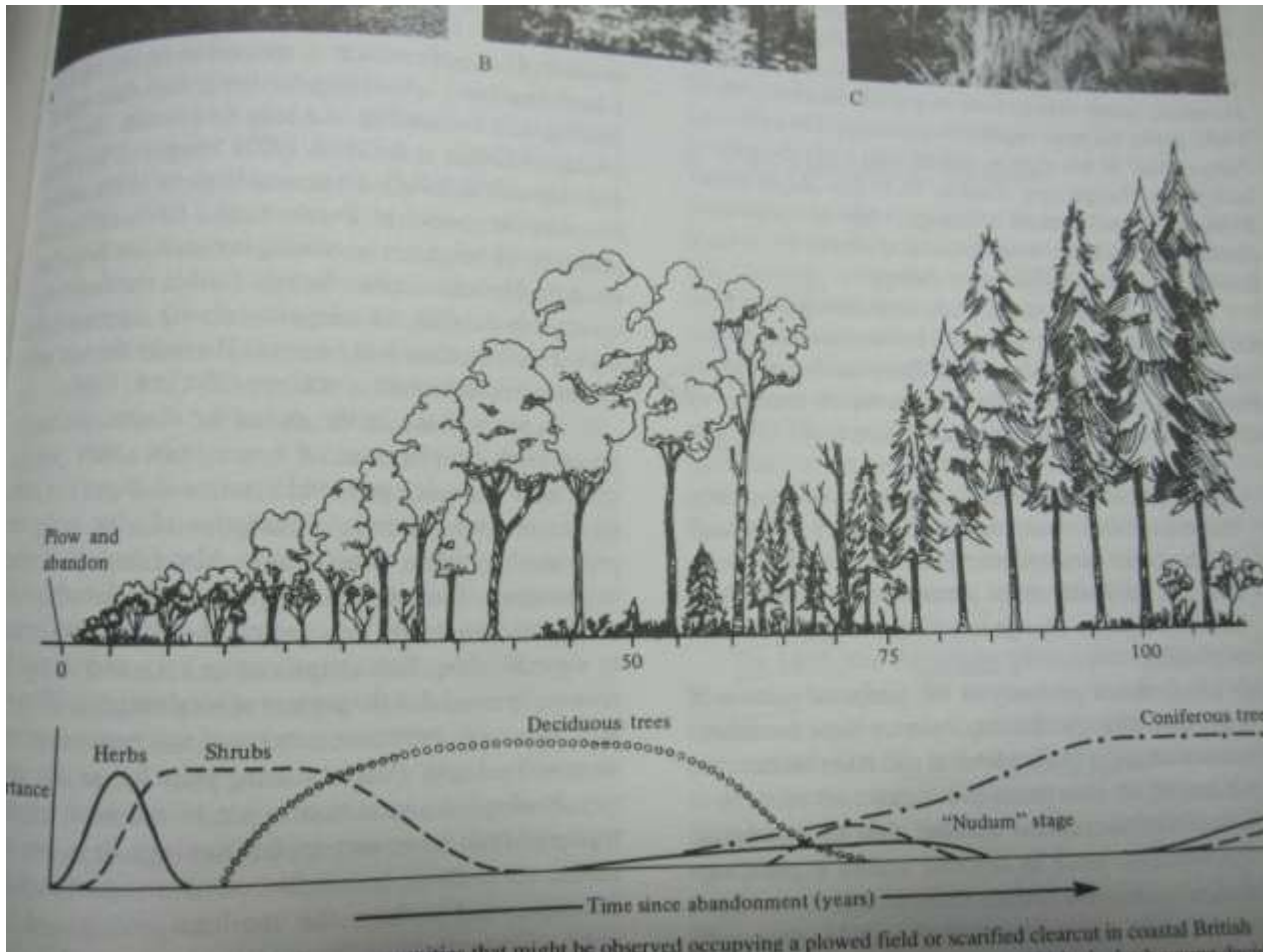
Dansereau의

개척단계

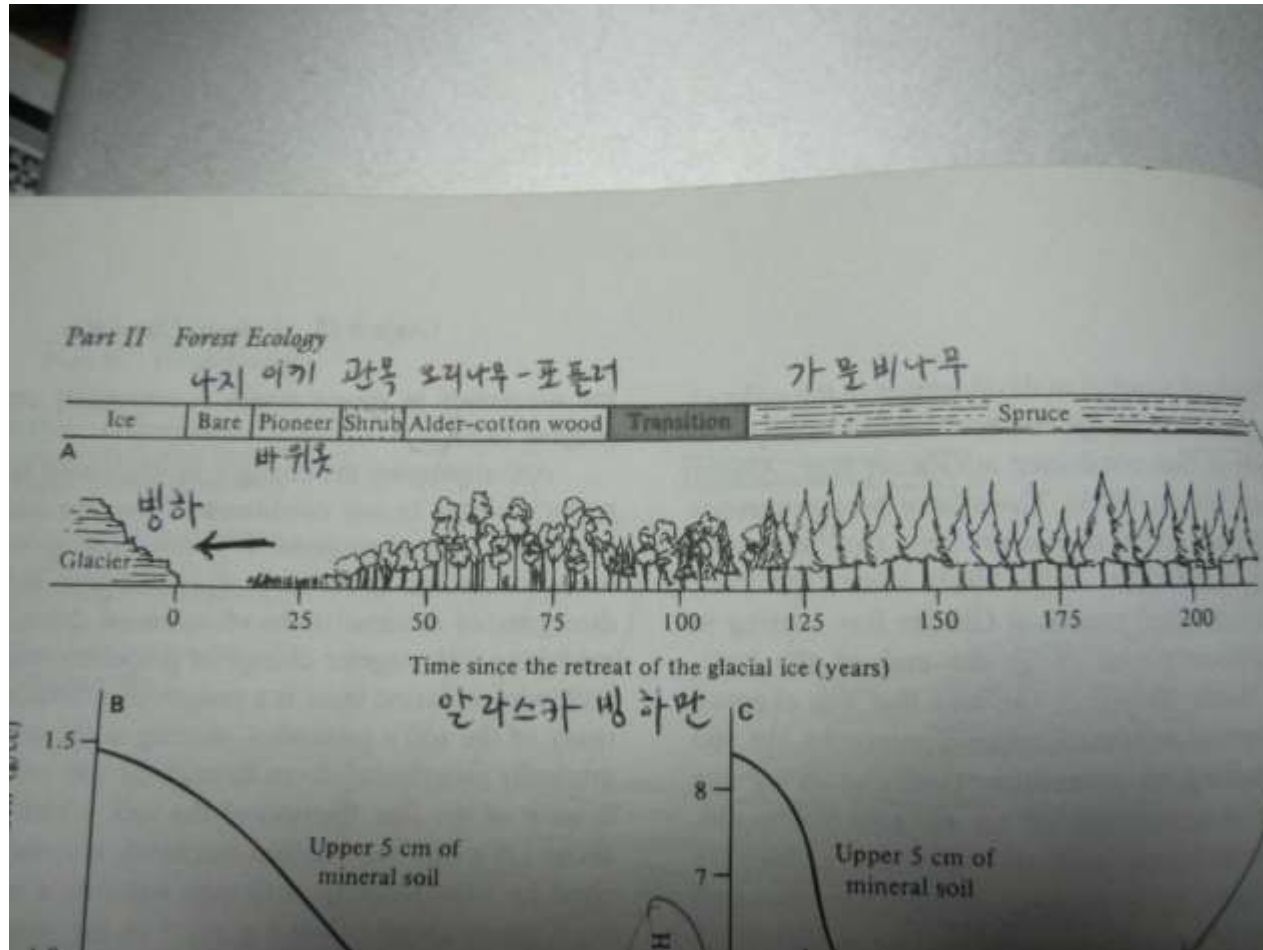
정착단계
아극상
극상

식생이 없는 초기상태에서 하등식물이 가장 먼저 이주하고 그 다음으로 초본식생, 그 후에는 목본으로 구성되는 군집단계로 변화하면서 점차

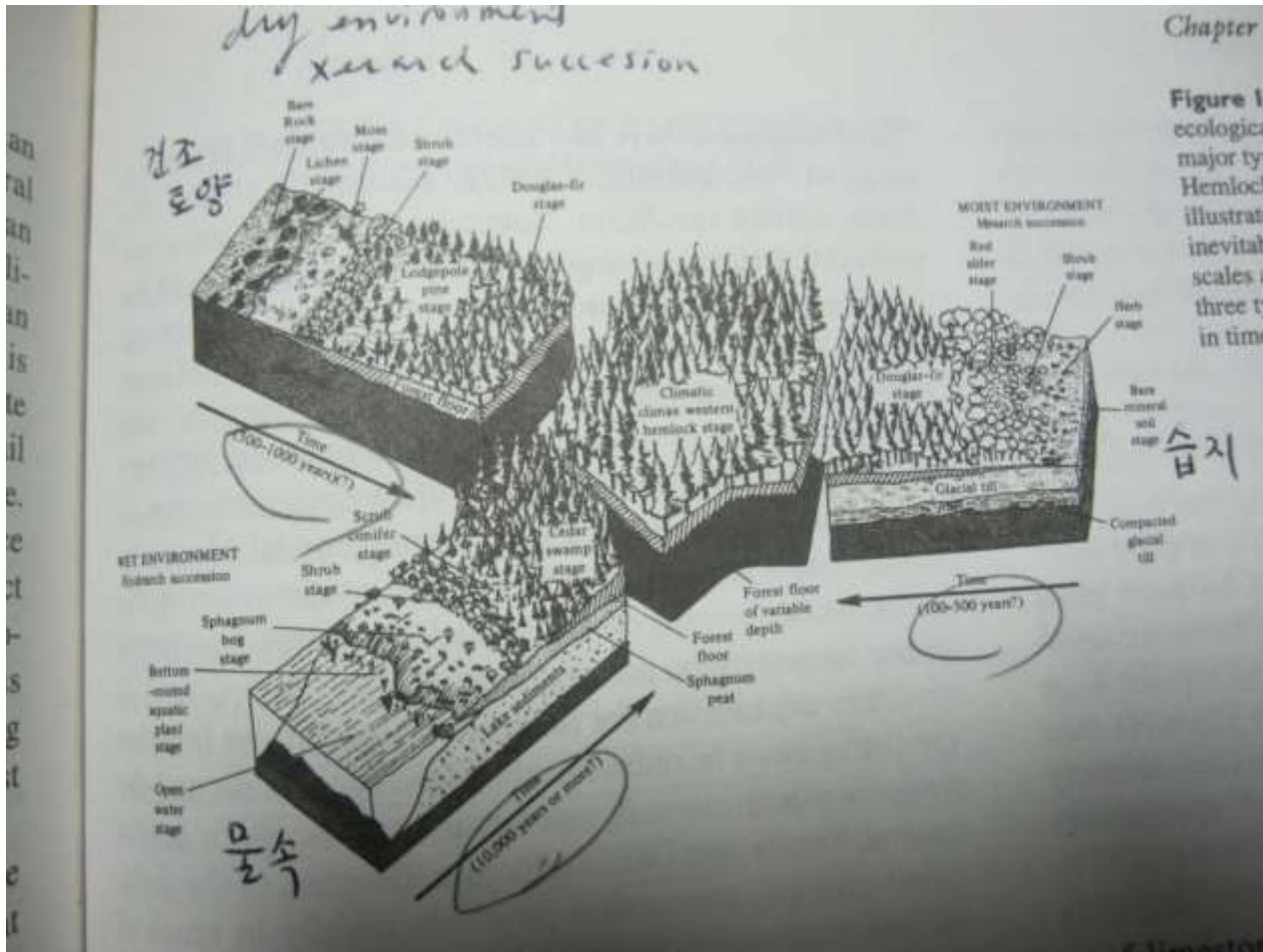
식생천이(건성천이)



4) 알래스카 빙하만에서의 식생천이; 빙하가 1년에 0.4km 씩 물러남



세 가지 천이의 귀결점: 모두 숲으로 끝남



5) 한국 산림의 천이

- 대부분 건성천이로 시작됨
- 인위적인 파괴로 시작됨; 2차 천이
- 척박한 토양에서 시작됨;
- 사방사업: 토사유출을 막기 위한 응급 조치
 - 도입식물: 안고초, 솔새, 아까시나무, 오리나무, 싸리, 리기다소나무
- 초본-양수(소나무, 질소고정식물: 오리나무, 아까시나무)- 중간수(참나무류)- 음수(단풍나무)로 진행 중임

경북 외동지구 사방사업 (1967년)

건성천이의 예에 해당함(498ha)



산림천이(관악산): 40년 전 민둥산



11. 생태계의 에너지와 물질 이동 (순환)

- 에너지에 대한 이해: 유기화합물에 존재함
- 유기화합물: 광합성으로 만들어짐
- 녹색식물: 햇빛에너지를 화학에너지(유기 화합물)로 바꿈

태양: 지구 에너지의 근원



녹색식물



녹색식물

- 태양에너지를 화학에너지로 바꿈.
- 화학에너지: 탄수화물의 형태로 저장됨.
- 탄수화물: 동물 에너지의 핵심.
동물이 필요로 하는 유기물의 기본형임.

유기물(예: 감자)
에너지를 가지고 있음



무기물:

- 에너지를 가지고 있지 않음
- 생물이 에너지를 생산하고 이용하는 과정에서 꼭 있어야 함.
- 예; 철분, 칼슘, 질소,

무기물(예; 비료)



동물

- 유기물로 된 먹이를 필요로 함.
- 동물은 종속영양자임
- 먹이(food): 유기물과 무기물을 함께 가짐.
- 동물: 유기물과 무기물을 함께 혹은 따로 섭취함.

동물의 먹이: 유기물(빵)



동물의 먹이:
무기물(물)을 따로 먹을 수 있음.



식물

- 광합성으로 유기물(설탕)을 직접 만듦.
- 식물은 독립영양자임.
- 식물에게 양분은 무기 양분(예: 질소)을 의미함
- 뿌리를 통해 무기물을 흡수함.
- 무기물: 이온(ion)의 형태로 흡수됨
(예: NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-})

에너지와 물질의 이동

- 에너지와 물질: 함께 이동함
- 에너지(유기화합물) 이동:
 - 생산자에서 소비자 방향으로 이동
 - 일방적
 - 비순환적(지속적 공급이 필요함)
- 물질 (무기화합물)이동:
 - 순환적
 - 토양 중에 저장됨 (토양이 유실되면 없어짐)

산림생태계

- 산림 토양:
 - 무기 양료를 저장하는 저장고
 - 무기 양료의 순환을 연결하는 징검다리 역할을 함.

에너지와 물질의 이동

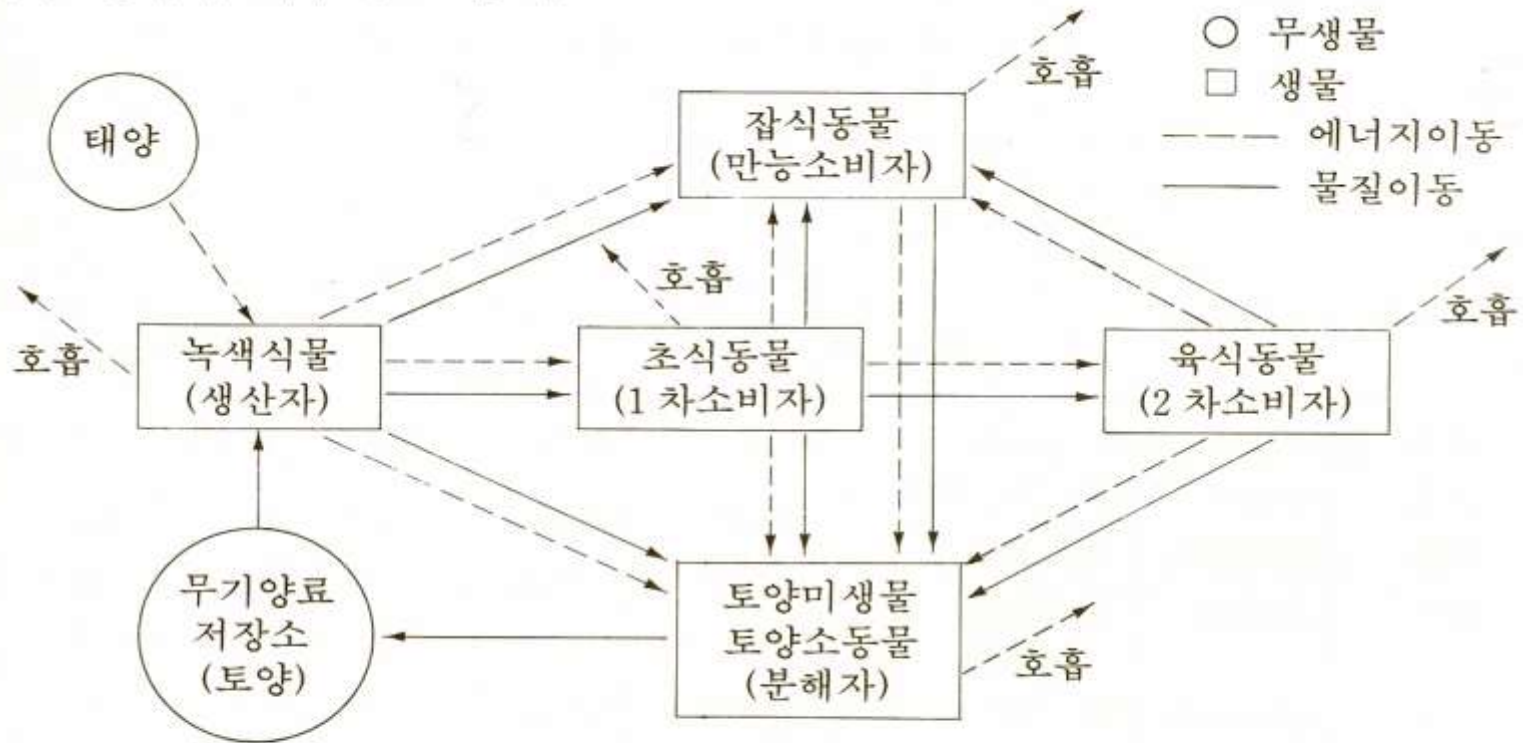


그림 10-1 산림생태계의 물질순환과 에너지흐름의 연관성

12. 미네랄(양분)

- 필수 (무기)양분: 식물의 생장과 개화 및 결실에 절대적으로 필요한 양료
- 다량원소: 식물 조직 내 건중량의 0.1% 이상 함유됨(예: 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황)
- 미량원소: 건중량의 0.1% 이하 함유됨(예; 철, 망간, 붕소, 아연, 구리, 몰리브덴)

4) 산림수목의 양분 요구도

- 농작물 > 활엽수 > 침엽수 > 소나무
- 수목: 작물보다 생장이 느린 만큼 양분 요구도가 낮다.
- 비옥한 땅: 농사용
- 척박한 땅: 산림으로 된다.

벼 다수확종: 비료를 많이 요구함



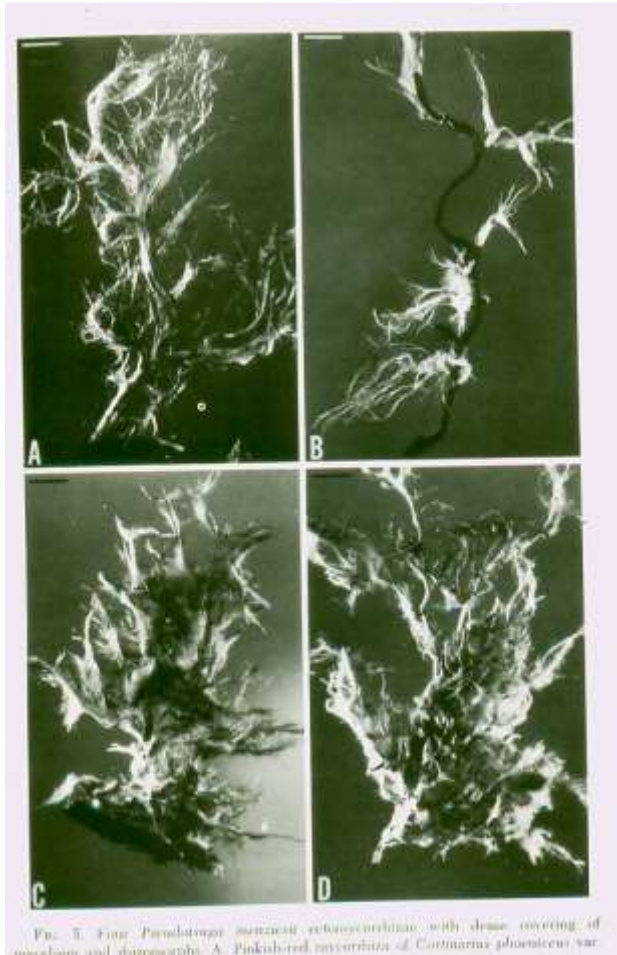
6) 수목의 양분 보존(절약)

- 잎의 생존기간 연장 (예: 고산지대 수목: 전나무 20년)
- 종사생산 억제로 양분 절약
- 낙엽 전에 양분 회수
- 균근:
 - 뿌리와 토양 곰팡이와의 공생 형태
 - 뿌리: 곰팡이에게 탄수화물을 제공.
 - 곰팡이: 기주에게 무기 양분을 제공 (균사를 뺀어 무기 양분을 흡수함)

수목의 효율적 양분 이용: 균근



미송: 뿌리를 싸고 있는 균근균의 균사



곰팡이 균사가 뿌리보다 더 넓게 퍼져 양분을 흡수함



13. 생물지화학적 순환

- 기체형 순환: 탄소, 산소, 수소, 질소, 황
- 침전형 순환: 인, 마그네슘, 칼슘, 철,

14.수분 순환

- 태양; 지구를 불규칙하게 데우면서 바람을 일으킴.
- 바람이 비구름을 이동시켜 육지에 비가 옴.
- 지구 자전: 편서풍이 수분 순환을 촉진함.

3) 산림이 강우에 미치는 영향

- 온대지방: 산림으로 인하여 5% 가량 증가함.
- 열대지방:
 - 아마존 유역: 총강우량의 50%가 자체 산림에서 증발한 수증기임.
- 열대림 벌채: 강우량이 20% 이상 감소함.

15. 탄소 순환

- 지각: 탄소의 대부분이 가지고 있음
- 석탄, 석유: 공기 중의 이산화탄소가 고체의 형태로 저장됨.
- 산림: 탄소를 고체(수목 자체, 낙엽층)로 저장함
- 토양: 미생물이 낙엽을 분해하여 CO₂ 발생 시킴.
- 대기권: CO₂ 농도(0.037%)

3) 이산화 탄소 (CO_2)

- 탄소 순환에서 핵심적 역할 담당.
- 공기 중 농도:
 - 20세기 초: 0.028%(280ppm)
 - 현재: 0.037%(370ppm)
 - 화석연료 남용으로 증가함.

4) 지구온난화

- 이산화탄소의 온실효과:
- 태양 광선의 장파장(적외선)을 흡수하여 대기권에 붙잡아 둠
- 대기권이 온실처럼 더워짐: 온실 효과
- 북극과 남극의 빙하가 녹음
- 해수면 상승

온실 효과: 대기가 더워짐



지구온난화

- 산림에 미치는 영향:
- 난대식물의 북상
- 상록수의 수난:
 - 겨울철 이상난동으로 증산량 증가: 비가 오지 않으면 말라 죽음.
 - (예; 고산지대의 구상나무, 도시림의 잣나무)
 - 2009년 봄: 경상도와 전라도에서 소나무가 300만 그루 말라 죽음.

5) 지구온난화 방지책

- 에너지 절약
- 대중교통 이용
- 산림 면적 확대
- 가구와 목조주택의 형태로 탄소를 저장
- Bioenergy 활용(목재 연료, pellet boiler)

16. 질소 순환

1) 질소의 중요성

- 단백질, 효소, 색소, 대사 촉진 물질
- 풍화된 토양: 질소가 없음
- 질소: 유기물에만 존재함.
- 유기물: 생명체가 만들어 낸 물질임.

2) 질소 순환; 경로

- 대기권: 78%
- 식물: 무기태 질소(NO_3^-)를 흡수하여 유기태(NH_4^+)로 만듦.
- 동물의 배설물과 시체, 낙엽(유기태 질소): 토양미생물이 분해하여 무기태 질소로 만듦.
- 토양의 무기태 질소: 혐기성 상태에서 질소 가스로 바뀌어 대기권으로 돌아감.

유기태 질소의 분해

A. 암모늄화 작용

- 동물의 시체와 낙엽 속의 단백질이 토양미생물에 의해서 암모늄(NH_4^+)으로 바뀌는 것.
 - 광물질화 작용으로도 불림.
 - 동물의 시체; 박테리아 담당
 - 낙엽: 낙엽부후균이 담당함
 - 암모늄: 식물이 잘 흡수하지 못함

B. 질산화 작용

- 암모늄태 질소(NH_4^+)를 질산태 질소(NO_3^-)로 바꾸는 것
- 토양 박테리아가 담당함.
- 산성토양에서 잘 일어나지 않음.
- 질산태 질소: 식물이 흡수하는 형태임.
 - 물에 잘 녹아서 토양 밖으로 유출됨.

C. 탈질 작용

- 질산태 질소(NO_3^-)가 질소가스(N_2 , NO_2 , NO , N_2O)로 바뀌어 대기권으로 되돌아가는 현상
- 질소 순환을 완성하는 단계임.
- 혐기성 상태에서 일어남
(예: 늪지대, 바닷속, 물순환이 안 되는 논)

늪지대에서의 탈질작용: 질소가 대기권으로 되돌아가는 현상



4) 질소 고정

- 생물학적 질소 고정: 콩과 식물
- 광화학적 질소 고정; 번개
- 산업적 질소 고정; 비료 공장

5) 생물적 질소 고정

- 콩과식물과 오리나무류, 보리수
- 뿌리혹에서 이루어짐
- 질소고정박테리아가 고정함.
 - Nitrogenase 효소를 가진 미생물만이 질소를 고정할 수 있음.
 - 기주식물: 탄수화물을 제공함.

질소 고정량

- 오리나무림: 연간 40kg/ha/년
- 미송림: 15kg/ha/년
(지의류와 혼자 사는 토양박테리아)
- 포플러림: 33kg/ha/년
- 참고; 콩밭: 연간 100kg/ha 이상 고정함.

아까시나무: 1960년대 사방공사용



7) 산림 내 질소 순환

- 온대지방: 55년생 활엽수림의 연간 질소 공급량
 - 낙엽 분해: 70kg/ha/년
 - 질소 고정: 14kg/ha/년
 - 강우: 6kg/ha/년
- 연간 질소 요구량: 120kg/ha/년
(66%는 토양에서, 33%는 체내 재분배)

17. 황 순환

- 황: 단백질과 핵산의 구성 성분
- 질소 순환과 매우 흡사함.
- 경로: 대기권의 아황산가스(SO_2)가 황산이온(SO_4^-)으로 토양으로 유입됨.
- 바닷 속 황산이온: 미생물에 의해 H_2S 로 바뀌어 다시 대기권으로 돌아옴.

3) 미생물의 역할

- 황 순환에서 미생물의 중요성:
- Desulfovibrio 황박테리아: 바닷 속과 늪지대에서 혐기성 상태에서 SO_4 -를 H_2S (유화 수소)로 만듦.
 - 황순환을 완성하는 중요한 미생물임.

4) 산성비

뜻; pH 5.6 이하의 빗물.

- 원인:

- 질산이온(NO_3^-)과 황산 이온(SO_4^-)이 녹아 있음.

- 질산이온: 자동차 매연(NO , NO_2)의 산화로 생김

- 황산이온: 아황산가스(SO_2)의 산화로 생김

5) 산림 쇠퇴

- 넓은 지역에 걸쳐 수목의 활력이 점진적으로 감퇴하는 현상
- “산림 고사”라고도 함
- 원인:
 - 산성비가 발단 원인임
 - 후에 기상 재해와 병해충으로 죽어감

d. 산림 쇠퇴 발전 기작

- 1. 대기오염가스와 산성비의 피해
- 2. 무기양료의 용탈
- 3. 토양의 알루미늄 독성; 잔뿌리의 고사
- 4. 영양의 불균형: 과다한 질소와 칼슘의 부족
- 5. 기후에 대한 저항성 약화: 저온, 한발
- 6. 병해충 피해 확산; 뿌리썩음병, 나무좀.

산성비로 인한 토양의 백화 현상



산성비로 인한 피해: 독일



18. 인 순환

- 인: 염색체, 핵산의 주성분
- 인: 기체로 존재하지 않음
- 인: 침전형 순환을 함
- 인의 공급원: 인광석과 guano 뿐임.
- Guano: 바닷새의 배설물

갈매기의 역할: 구아노 생산



인 순환과 균근

- 균근의 혜택
 - 산성 토양에서 암모늄과 인의 흡수를 촉진시킴.
- 균근 곰팡이:
 - 산성토양에서 암모늄태 질소 흡수.
 - 불용성 인산을 수용성으로 만들어 흡수하여 뿌리에 전달함.
 - 예: 소나무와 송이버섯의 공생
 - 송이버섯: 25-80년생 사이 소나무 숲에서만 발생함.

3) 인 순환의 문제점

1. 육상에서 바다로 들어감
2. 바다에서 다시 육지로 돌아오는 방법이 거의 없음
3. 육지에서 부족 현상이 생길 가능성 있음.
4. 인공 세제(인 포함)에 의한 "부영양화"
5. 육상으로 이동 수단: 바닷새의 배설, 연어의 이동, 해초 채취 밖에는 없음

세제의 인: 호수의 부영양화



19. 낙엽 분해



낙엽 분해

- 토양 곰팡이가 담당함.
- 낙엽 현상: 생엽 질소의 75%, 인의 60%를 회수한 후 떨어짐.
- 낙엽:
 - 아직도 질소의 25%, 인의 40%가 남아 있음.
 - 썩히면 좋은 비료가 됨.
 - 그 나무에 필요한 모든 양료를 가지고 있음.

낙엽: 썩히면 훌륭한 비료가 됨



3) 광물질화와 토양 생물

- 토양 생물의 중요성:
- 토양 동물: 지렁이, 실지렁이, 쥐며느리, 노래기, 툭툭이.
 - 낙엽을 작게 부숨.
 - 잎의 각피층을 파괴함
 - 부서진 조각을 땅속에 집어 넣음.
 - 동물의 장 내에서 성질이 바뀜

20. 토양 생물의 중요성

- 탄소순환, 질소순환, 황순환, 인순환, 낙엽 분해에서 필수적인 역할 담당
- 토양동물
- 토양미생물

지렁이: 땅을 갈아엎고 낙엽을
분해하는 농사꾼



쥐며느리: 낙엽을 먹어서 분해함



10) 토양 오염과 낙엽 분해

- 토양 오염:
 - 토양생물의 생장을 방해함.
 - 낙엽 분해가 느려짐.
- 산성비: 낙엽 분해 속도가 느려짐
- 토양 생물이 죽으면, 낙엽 분해가 중단됨.

22. 산림생태계와 버섯

- 산에 버섯이 많은 이유
 - 낙엽부후균(버섯)이 많음
 - 균근 곰팡이(버섯)이 많음:
- 외생균근 형성하는 수목:
 - 소나무과, 자작나무과, 버드나무과, 참나무과 숲에서 버섯이 많음.

버섯의 생태학적 분류

1. 부후균

- 낙엽부후균
- 목재부후균
- 동물배설물 부후균

2. 공생균: 외생균근을 형성하는 이로운 균.

3. 기생균:

- 동충하초
- 뿌리썩음병균

낙엽부후균: *Marasmius pulcherripes*
(애기버섯)



Marasmius siccus (애기낙엽버섯)



Macrolepiota procera (큰갓버섯)



목재부후균

Auricularia polytricha (털목이)



Pleurotus ostreatus (느타리버섯)



Lentinus edodes (표고버섯)



동물 배설물 부후균
Coprinus 먹물버섯



균근버섯

Tricholoma matsutake (송이)



Laccaria laccata (졸각버섯)



광대버섯류(독버섯)

사발(대주머니)위에 올라 앉은 버섯



무당버섯류
Russula virescens (기와버섯)



젓버섯

Lactarius hygrophoroides

(흰주름젓버섯)



Boletus edulis(그물버섯)



피꼬리버섯류
Cantharellus lutescens
갈색털피꼬리버섯



Ramaria botrytis (싸리버섯)



Sarcodon imbricatum (능이)



Polyozellus multiplex (까치버섯)



Rhizopogon sp.(알버섯 류)



Pisolithus tinctorius (모래밭버섯)



기생균

Cordyceps militaris (동충하초)



Cordyceps nutans
(노린재동충하초)



Isaria japonica (눈꽃동충하초)



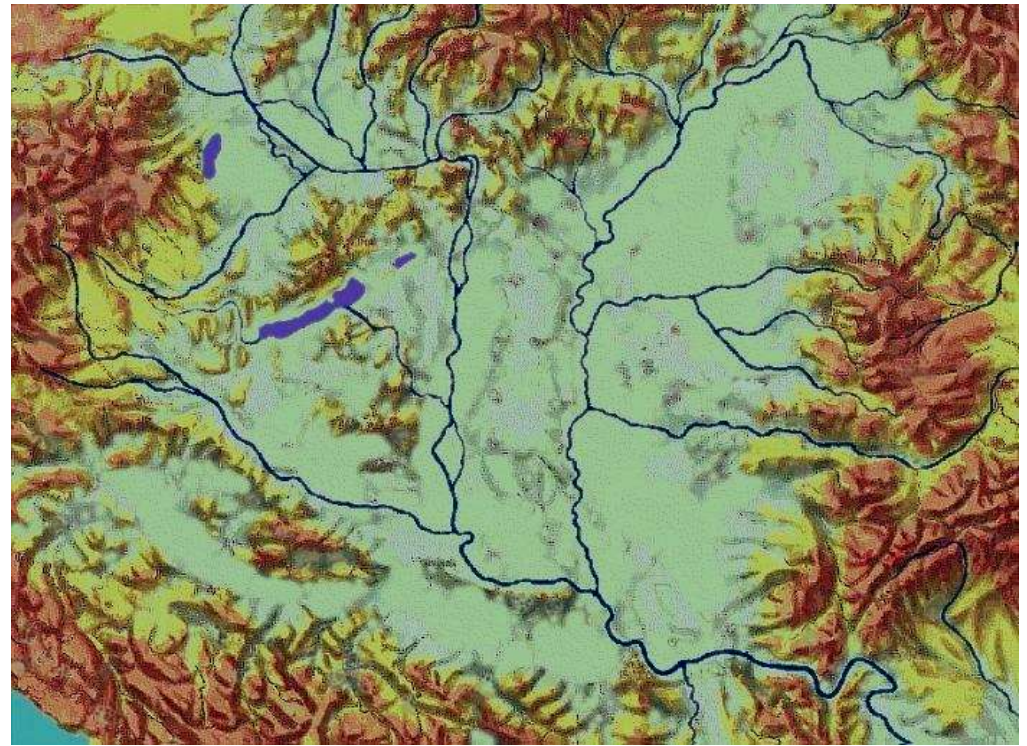
뿌리썩음병균
Armillariella mellea(뽕나무버섯)



아까시나무 이야기

- 숨은 공로가 많다.
- 예전(일제시대-1970년대 초까지):
 - 농촌 연료 해결
- 한국 산림녹화의 1등 공신: 사방공사
- 산림토양을 비옥하게 만들고 있다.
- 꿀 생산: 국내 최고급 꿀

헝가리의 아까시나무



헝가리

- 아까시나무 조림과 이용 현황
- 200년 전 미국에서 도입
- 전국 산림 면적의 20%에 아까시나무 조림
- 총 70여 품종 개발
- 목재 생산용 품종 개발: shipmast
- 가장 중요한 조림수종이다

헝가리의 자연 환경

- -연 강우량: 600mm
- -중부 지역: 폐농 후 버려진 모래 토양
- -쓸모 없는 땅: 모든 농민들이 앞 다투어 아까시나무를 심고 있음.
- (식재 시 정부 보조 70%, EU 연합 보조 30%)

모래 땅을 깊게 갈고 나무 심음



가뭄: 심을 때 지상부를 제거함



아까시나무림의 초기 생장

- Site requirements, techniques of stand establishment



식재 간격: 2.5 x 1m (1ha당 4,000본)



12년생 아까시나무 조림지



헝가리의 아까시나무 조림지: 20년 생



직립성 품종 (돛대용)

Black locust was the first forest tree species to be imported from North America to Europe (to France) in 1601.



Shipmast 품종 (35년 생)



푸츠타비치:
흉고직경 30cm, 키 24m



48년생 아까시나무



헝가리의 아까시나무 가로수



헝가리: 아까시나무 목재 이용



벌채된 35년 생 나무



심재의 갈색 색소: 잘 부패하지 않음



특수 제작된 칼날로 된 제재기:
(비중 0.69 · 참나무만큼 단단함)



아까시나무 목재의 이용
(마루판, 불란서 포도밭 지주, 술통,
독일 어린이 놀이터 무공해 공작물)



아까시나무 목재 마루바닥용



포도밭 지주용



포도밭 지주용



프랑스 포도밭 지주용(왼쪽)과 실내수영장 지붕 빔(오른쪽) 내구성이 큼(방부처리 안 함)



8. 아까시나무 이야기:

못 쓸 나무?, 산을 망치는 나무?

(최근 산을 가꾸지 않아 효과를 얻지 못한
결과이다)



과거 국내 아까시나무 이용: 연료림 조성

1950-70년대 농촌 연료 해결하여
산림녹화에 크게 기여함(효자나무)



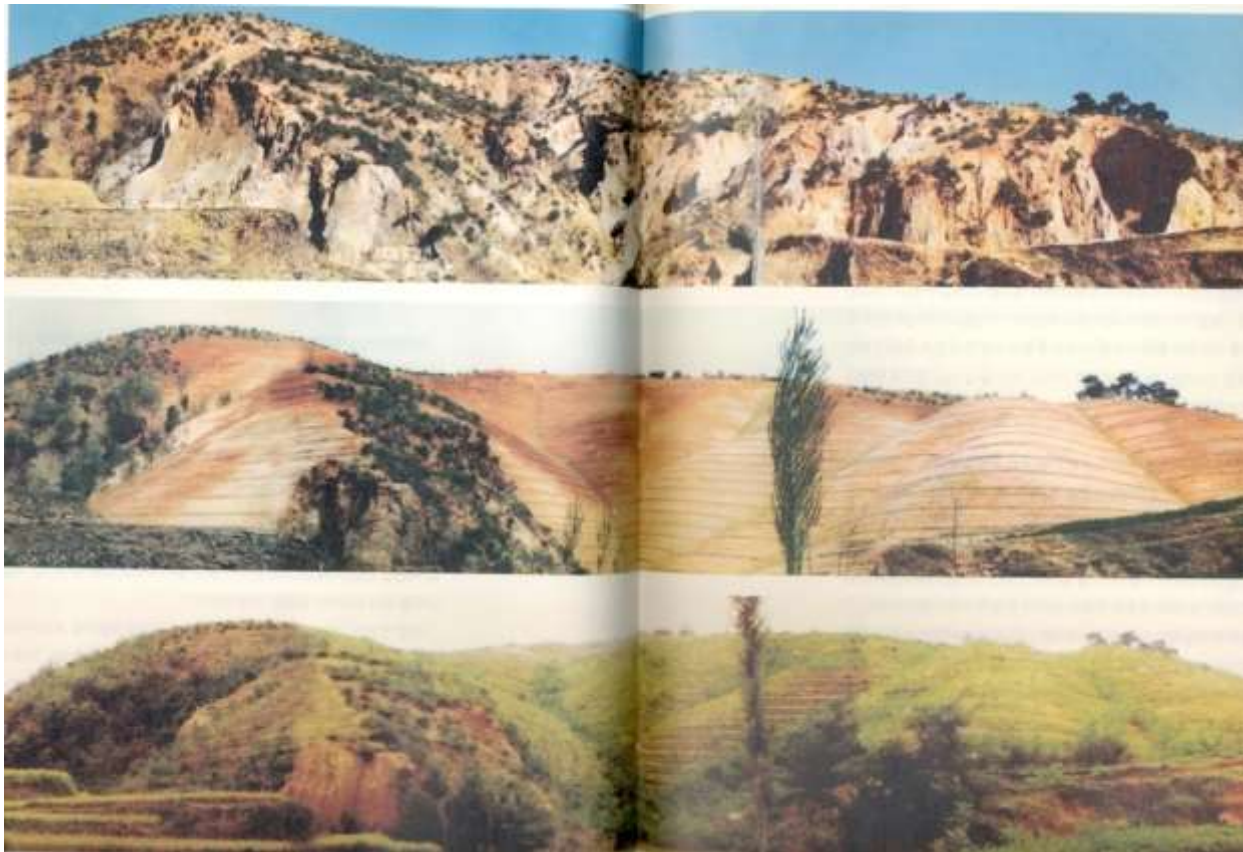
사방사업에서 아까시나무의 역할:

왕성하게 뿌리를 뻗어 토사유출 방지 및 토양 개량
(콩과식물: 비료목 역할)



경북 영일사방지구의 기적

(1974-1977): 여의도 면적의 12배
아까시나무의 공적



아까시나무 잎:

예전 농촌 가축 사료 활용: 염소와 토끼의 녹사료
(조단백질 함량: 건중량의 23%)

사진: 4배체 아까시나무(중국에서 재배 중)



국내 아까시나무 이용: 실험 제작



아까시나무의 숨어 있는 가치:

숲가꾸기사업으로 생산된 목재(버드나무,
리기다소나무, 현사시, 참나무, 밤나무, 소나무)
중에서 유일하게 활용됨



국내 어린이 놀이터 공작물: 독일 수입 로비니아 목재 (방부처리 안 한 아까시나무)



아까시나무의 진정한 가치; 꿀 생산

30년 간 매년 꿀을 생산하면서 목재로 이용되는 유일한
"가장 수익성이 높은 경제 수종"



아까시나무의 밀원수 가치: 한국의 양봉 산업(2022년도 통계)

★ 양봉 농가: 26,805가구

★ 봉군 수: 2,504,703 군

★ 양봉 생산량 (총 1,746억 원)

- | | | |
|----------------------|---------|----------|
| 1. 꿀: | 22,089톤 | (795억 원) |
| 2. 화분: | 140톤 | (56억 원) |
| 3. 로얄젤리: | 15톤 | (21억 원) |
| 4. 프로폴리스: | 200톤 | (359억 원) |
| 5. 봉독: | 9kg | (30억 원) |
| 6. 기타(수분, 종봉, 밀납 등): | | (485억 원) |

양봉산업에서 아까시나무의 중요성

★ 아카시아 꿀: 총 꿀 생산량(795억원)의 70% 점유
795억 원 x 70% = **556억 원**,
556억 원/2.35만ha = **연간 237만 원/ha**

★ 비교: 국내 송이버섯 소득(2022년)

- 170톤(17만kg) 생산

- **총 소득: 350억 원**

★ 문제점: 양봉소득은 축산 통계로 잡힘

(산림 소득이 아니라서 "산림청"의 관심이 없어

"식재기피수종"임)

★ 양봉산업이 망하면 과수산업과 비닐하우스 농사가 망함.

왕벚나무와 사쿠라 이야기

- 왕벚나무; 제주도와 해남 대둔산에 자생지가 있다.
 - 1908년 불란서 타케 신부가 발견함.
- 올벚나무; 제주도 해발 500m 부근
 - 꽃이 잎보다 먼저 핀다.
- 벚나무, 산벚나무; 제주도 해발 600-700m
 - 꽃과 잎이 동시에 핀다. 8만대장경 경판의 65% 차지함
- 왕벚나무: 해발 600m. 올벚나무와 (산)벚나무 사이의 자연 잡종으로 알려짐(꿀벌에 의한 수분)
 - 2018년 현재: 235주 발견함(어린 나무부터 265년생까지)
 - 일본에 자생지가 없어서 일본 사쿠라는 한국에서 가져간 것이라고 주장하고 있음.

사쿠라의 원조는 제주도 왕벚나무?

110년간 논쟁을 계속하고 있음

- 2018년 9월 국제 학회지 "게놈 바이올러지"
- 국립수목원의 후원으로 명지대와 가천대 교수팀: 게놈을 완전히 분석함.
 - 8개의 염색체, 2,300만개의 DNA 염기 쌍, 41,294 유전자를 가짐.
 - (제주도) 왕벚나무: 올벚나무와 (산)벚나무 사이의 자연잡종(신칭: 제주왕벚나무)

일본산 왕벚나무

- 소메이 요시노 벚나무로 불리고 있음.
- 일본인: 18세기에 인공 교배로 만들었다고 주장하고 있음.
- 명지대 교수: 올벚나무와 오시마벚나무 사이의 인공교배종으로 판독됨.
- 결론; (제주산) 왕벚나무와 일본산 왕벚나무(사쿠라)는 서로 다른 계통이다.
- 110년간 지속된 논쟁이 싱겁게 끝남.

국내 왕벚나무의 실체

- 일제시대 일본인이 일본에서 왕벚나무를 가져와서 진해, 서울 등 전국에 심음.
- 서울 창경원의 왕벚나무: 일본산 왕벚나무. 모두 제거해서 없어짐.
- 현재 진해, 전국에 심은 왕벚나무; 기존의 왕벚나무(일본산)에서 접목하여 양묘하였음. 일본산이다.
- 여의도 윤중로 왕벚나무: 제주산?
- 기존의 왕벚나무: 모두 제거해야 한다?
- 국제화시대에 "적폐청산"을 할 필요가 없다.
- 미래; 제주산 왕벚나무를 양묘하여 심으면 된다.

경청해 주셔서 감사합니다

