
숲가꾸기 표준 교재

- 산림일반 -



산 립 청

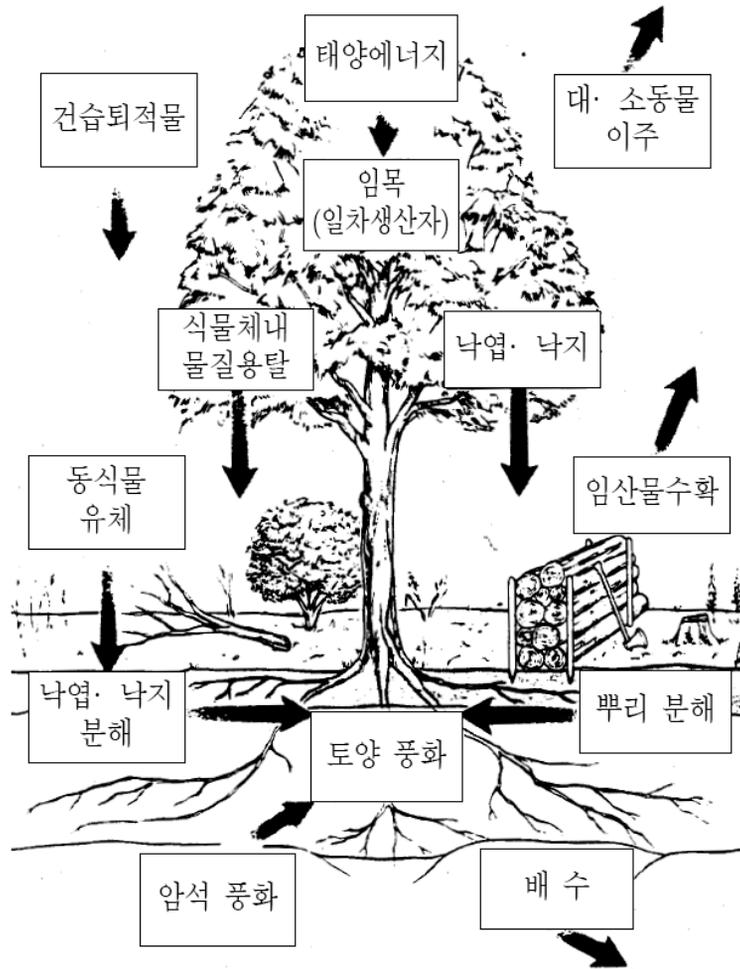
1. 산림입지

1.1. 개념

산림입지(forest site)에는 입지의 잠재 생산력에 관여하는 자연환경적 조건인 지형, 지질, 토양, 기상, 기후, 생물학적 요인 등이 모두 포함된다. 지금까지 여러 수종의 산지 적응시험 등을 통하여 어떤 입지조건 하에서 어떤 수종의 생산력이 높게 나타나는가에 대하여 많은 연구가 있어 왔고, 또한 이를 통해서 선발된 수종을 대량 식재하였다. 그러나 처음에 생리·생태적 측면에서 이상적이라고 판단되는 입지에 식재한 수종이 반드시 생육이 좋을 것이라는 것은 식재 후 수 십년이 지난 다음에 확인할 수 있었다. 예를 들면 독일지역에서 원래 독일가문비나무는 자연적으로 아고산지대에 자라는 수종으로서 습기가 많은 곳이나 다른 수종은 잘 자랄 수 없는 특수한 입지에서도 나타난다. 저지대에서 인공적으로 독일가문비나무 일제 단순림을 조성하여 초기에는 비교적 높은 순수익을 얻었으나 시간이 경과할수록 이러한 독일가문비나무 일제 단순림들은 임분 무육작업과는 관계없이 생태적 균형이라는 측면에서 볼 때 대단히 불안정하다는 것이 지금까지의 많은 관찰과 연구를 통하여 증명되고 있다.

1.2. 산림입지 환경

수목이 생육하는 데는 지상부에서는 탄소동화작용, 호흡작용, 증산작용 등이 이루어지고 지하부에서는 뿌리의 신장, 양분흡수, 호흡작용 등이 이루어지고 있다. 이와 같은 생리작용을 활발히 하기 위해서는 광선, 기온, 습도, 바람 등과 같은 기상인자와 기온, 토양수분, 양분, 토양공기, 견밀도 등 토양인자가 작용하게 되며 그 관계는 그림 1-1-1과 같다.



<그림 1-1-1> 산림생태계내 환경인자

이와 같이 환경요인 자체도 항상 정적인 것이 아니라 기후변화, 일조시간 변화, 토양생성작용 변화 등에 의한 동적인 개념을 포함하고 있을 뿐만 아니라 이에 따라 식생구조가 민감하게 반응하게 된다. 환경인자는 서로 밀접한 관련을 유지해서 수목생육에 복합적으로 작용하게 되는데 가장 알맞은 조건에서 생장이 가장 왕성하고 또 그 반대의 조건에서는 생장이 부진하여 생장이 정지되거나 고사하게 된다.

환경요인 중 가장 부정적인 요인의 미세한 변화에 산림은 크게 반응하게 되는데, 이와 같은 요인을 제약요인이라고도 하며 이것은 생리부분의 리비히의 최소량의 법칙과 동일하다. 여러 가지 환경요인을 크게 구분하면 기상환경, 토양환경, 생물환경

등으로 나눌 수 있다.

1.2.1. 기상환경

기상요인 중에서 기본적인 것은 태양광선으로 이에 따라 대기의 온도, 습도 및 이동이 발생한다. 기상환경이 임목생장에 미치는 직접적인 영향은 물론 병충해 등 간접적으로 미치는 영향도 적지 않다. 간단한 예를 들면 강수량이 적은 사막에는 수목이라고는 전혀 볼 수 없고 다우고온인 열대지방에는 수목들이 무성하고 몹시 온도가 낮은 양극에 가까워짐에 따라 수목생육이 점차 저하된다.

1.2.2. 토양환경

대부분의 토양은 기후와 지형의 영향 하에서 성장하는 생물군과 지질학적인 모양의 상호작용에 의한 생성물이며 기상요인들과 마찬가지로 토양은 산림발달과 임목생장에 중요한 역할을 하는데 토양은 수목과 그 밖의 산림식생의 지지기반이 되고 양분과 수분을 공급해 준다. 토양의 성분은 모재(母材)의 성질에 따라 다르며 이와 같은 토양의 성질 차이는 산림식생의 조성상태와 생장에 영향을 끼친다. 토양은 식물체를 지지하고 뿌리의 생활공간으로서 중요할 뿐만 아니라 각종 유기물질 영양염류 등을 저장하는 장소가 된다.

1.2.3. 생물환경

산림입지 환경 중 생물환경은 인간과 동물의 영향으로 대별할 수 있다. 이 중 인간에 의한 산림파괴는 기후요인이나 토양요인 못지않게 중요한 환경요인이다. 온대지방에서는 인간에 의해서 산불이 많이 발생한다. 자연상태의 천연림이 산불에 의해서 파괴되면 내열성이 강한 두꺼운 수피를 가진 수목 지하부위의 부정아나 잠아(潛芽)를 지닌 식물 등이 나타나게 되고 낙엽층, 부식층 등이 소실된 토양은 지표수가 많아지며 투수성, 저수성 등이 저하된다.

간접적인 인간의 영향이라고 할 수 있는 동물의 영향은 가축에 의한 산림환경변화로 나타나게 있다. 중부유럽 방목지대의 가축이나 사바나지역의 대형동물은 산림구조에 직접적인 영향을 끼치고 있다. 그밖에도 야생의 조류, 포유류, 곤충 등도 있으나 이들은 인간의 간섭이 없는 한 산림환경을 변경시킬 만큼 큰 영향을 주지 못한다.

1.3. 국내 산림입지 개황

우리나라의 지리적 위치는 아시아 대륙의 동쪽 끝에 돌출한 반도로서 동쪽과 남쪽은 동해와 대한해협을 사이에 두고 일본과 인접하고 있으며 북쪽과 서쪽은 압록강, 두만강 및 서해를 사이에 두고 중국 및 러시아와 접하고 있다. 이를 수리적으로 표시하면 극동으로는 경상북도 울릉군 독도 동단 동경 131°52'42"와 극서로 평안북도 용천군 마안도 서단 동경 124°11'0" 사이에 그리고 극남으로 제주도 남제주군 마라도 남단 북위 33°06'40"와 극북으로 함경북도 온성군 유포면 유포진 북단 북위 43°0'39" 사이에 위치하고 있어 세계에서 가장 큰 대륙과 해안사이를 연결하고 있다.

우리나라의 산지는 대부분 미약한 용기량과 장기간의 침식으로 인하여 형성된 태백산맥과 함경산맥 한편 용기량은 미약하나 침식이 진전된 저산성지 특히 한반도의 서부에 많은 잔구성으로 백두산 성인봉 남포태산 등을 들 수 있다.

산림의 분포를 위도별로 보면 2,000m 이상의 고산은 북위 40° 이북에 주로 분포하고 그 이남은 저산성산지로 되어 있다. 최고봉인 백두산은 해발 1,744m이며 남쪽에는 한라산이 1,950m로서 최고봉이며 그 다음이 지리산으로 1,915m이다. 전체적으로 1,500m 내외의 개마고원, 1,000m 내외의 태백산지와 소백산지를 제외하면 대체로 500m 내외 혹은 그 보다 낮은 저산성산지로 되어 있다. 고도별 분포는 2,000m 이상이 전국토의 0.4%, 1,500~2,700m가 4%, 1,000~1,500m가 10%인데 함경남도와 함경북도에 주로 분포하며 총 면적의 20~40%를 차지한다. 해발 500~1,000m 고산지는 한반도의 약 20%를 강원도와 평안북도지방이 각 40%를 차지하며, 그 외 20~500m 저산지는 전국토의 40%이상인데 그 중 충북이 약 75%, 경북지방이 65%이다.

한반도 전체의 평균 고도는 약 480m이나 아시아 평균고도의 960m에 비하면 낮은 편이다. 한반도의 주요산맥은 지질구조에 따라 조선방향산계 지나방산계 라오똥방향산계로 크게 나눌 수 있다. 조선방향계는 한반도의 방향에 거의 일치하는 남쪽방향 또는 북북서~남남동 방향의 구조선을 따라 형성된 것으로 주로 단층구조인 산맥이다. 이 산계에 속하는 것으로는 태백, 낭림, 마천령 등이 있으며 오랜 침식으로 인하여 구조선의 식별은 어려우나 산맥의 방향과 하천의 유로가 일치하는 경우가 많다. 지나방향산계는 북북동~남남서 또는 북동에서 남서방향을 취하고 있다. 이 방향의 산계에는 소백산맥 노령산맥 차령산맥 마식령산맥이 속하고 한반도 지형을 남북으로 양분하는 추가령곡을 비롯하여 예성강곡, 금강곡, 영산강곡도 이에 속한다. 라오똥방

향산계는 한반도의 북부지방에 잘 발달되어 있는 동북동~서남서 방향의 산림이다. 요동반도 축에 직각으로 한반도와 돌출하여 최대의 축으로써 대륙에 연결하고 압록강과 두만강의 2대 하천이 이곳을 지난다.

우리나라는 삼면이 바다와 접하고 있어 면적에 비하여 기온의 차이가 심하다. 북쪽 해산진지방은 연평균기온이 3℃인데 비하여 제주지방은 14℃ 이상이다. 그러므로 남해안 이남의 난대림에서부터 중부지방의 온대림을 걸쳐 고산 및 고원지대의 한대림에 이르기까지 범위가 넓은 산림분포를 보이고 있다. 또한 백두산을 비롯하여 고산에서 평지, 해안에 이르기까지 범위가 넓은 산림분포를 보이고 있다. 또한 백두산을 비롯하여 고산에서 평지 해안에 이르기까지 지형이 복잡해서 기후의 차가 심하므로 수종분포도 다양하다.

우리나라의 강수분포는 대체적으로 남에서 북으로 올라감에 따라 점차적으로 감소되고 있으며 강수량을 보면 남해안지대의 1,500mm가 가장 많고 백두산 남동부가 500~600mm로 가장 적으며 제주도의 남동해안지대가 1,500mm가 가장 많고 백두산 남동부가 500~600mm로 가장 적으며 제주도의 남동해안지대가 1,800mm 내외로서 전국적으로 가장 많은 분포를 보이고 있다. 지세에 따른 국부적인 분포상태를 살펴보면 소백산맥과 노령산맥이 남서쪽으로 뻗어있는 관계로 여름철의 남동계절풍이 다량의 습기를 몰아붙이며 또한 중국 양자강유역에서 발생하여 동쪽으로 이동되는 저기압이 부딪치는 관계로 양 산맥의 남부와 서부에 1,400~1,500mm의 최다 강수지역을 형성하고 있다.

또한 양자강과 대륙지방으로부터 동쪽으로 움직여 오는 저기압이 태백산맥과 차령산맥의 영향을 받게 되므로 양 산맥의 북부인 임진강과 한강 상류지역에는 1,200~1,300mm의 분포를 보여 제2의 다우지역을 형성하고 있다. 그리고 우리나라의 최소 분포지대인 백두산 남동부는 위도상의 분포와 해류관계도 있겠지만 함경산맥의 주맥과 지맥에 둘러싸여 있는 관계로 대륙으로부터의 저기압과 남동계절풍을 각각 가로막으므로 최소지역을 형성하고 있다. 중부지방은 연 평균 강수량이 1,000~1,200mm로서 광범한 온대수종이 분포하고 있으나 강수기가 6~8월의 여름철에 편중되어 있으므로 겨울철 건조로 인한 한해를 받기 쉬우며 특히 3~4월의 건조기는 조림목의 활착을 저하시키고 많은 산불을 유발한다.

우리나라의 토양은 기후특성과 관련되어 갈색산림토양, 포드졸토양, 적색토양, 암적토양이 분포한다. 갈색산림토양은 여름기온이 높고 강수량이 풍부한 중부지방과 남부지방의 낙엽활엽수림이 분포하는 곳에 발달한다. 포드졸토양은 기온이 낮고 유

기물이 지표에 많이 집적되는 한랭한 환경에서 분포한다. 침엽수림이 발달하고 있는 개마고원의 토양이 포드졸토양으로 알려져 있다. 적색토양은 남한의 해발고도가 낮은 구릉지와 산록 완사면에 널리 나타난다. 적색토양은 현재의 기후보다는 과거의 고온 다습했던 기후와 관련되어 생성된 것으로 보고 있다. 또한 우리나라는 화강암이 풍화된 사질토양과 편마암이 풍화된 점토질 토양이 많다. 평안남도과 황해도 강원도 및 이에 인접한 충청북도 경상북도의 석회암지대에는 암적색 토양이 분포한다. 화산이 분출한 제주도 울릉도에는 현무암 풍화토와 화산회토가 분포한다, 우리나라 산림 중 임목의 생장과 일정한 관계가 있는 입지환경요인은 낙엽송은 기후대, 토심, 경사, 지형 순이며, 강송은 지형, 사면형태, 방위 순, 중부지방소나무는 지형, 건습도, 토심 순, 상수리나무 지형, 토심, 견밀도 순, 그리고 곰솔은 토심, 건습도, 지형의 순이다.

1.4. 지 형

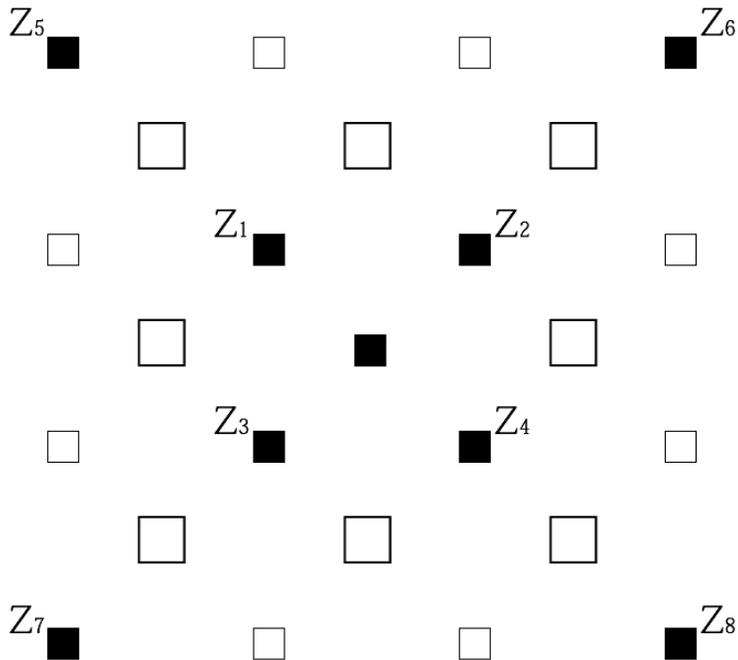
신·중생대 이후 지반운동에 따라 우리나라는 태백산맥 및 낭림산맥과 같은 등줄산맥을 형성하여 북동쪽은 높고 남서쪽이 완만히 기울어지는 동고서저의 경동지형을 이루고 있고 태백산맥은 낭림산맥에 비하여 동해안으로 치우쳐 있는 특성을 보여주고 있다. 임지는 지형의 국부적인 변화가 심하여 토양의 깊이, 이화학적 성질 및 기상요인 등이 지형변화에 따라 달라지므로 임목생산에 큰 영향을 미치고 있다. 산악으로 둘러싸인 임지는 흘러내리는 물과 지하수가 풍부하여 임목생장이 좋으나 일조시간이 짧아지는 불리한 조건이 되기도 한다. 계곡부는 봉적토가 쌓여 비옥한 곳도 있으나 산복에 비하여 일조시간이 짧고 기온이 낮은 관계로 내한성이 약한 나무가 동해를 입을 위험성이 크다.

1.4.1. 지형 측정방법

지형 또는 미세지형을 판정하는 방법에는 여러 가지가 있으나 수학적 공식에 의하여 지형도상에서 지형값을 산출해내는 정량화 방법중 널리 쓰이는 격자망설계에 의한 방법을 소개하면 다음과 같다. 즉, 1/5,000 또는 1/2,5000 지형도(地形圖)를 사용하여 그림 1-1-2와 같이 격자망을 0.25ha 크기 또는 1ha 크기로 설계하고 해당 격자네모서리값(Z_1-Z_4)과 중앙점표고값(Z_0) 및 주위격자의(Z_5-Z_8) 표고값을 가지고

각각의 지형해석 계산공식을 대입하거나 격자간 표고값 비교방식에 의하여 지형을 측정한다.

일반적으로 표고 측정은 네모서리의 표고값을 더하여 나눈 값을 해당격자의 표고로 정한다. 그 외 경사는 네모서리의 표고 값을 가지고 $\theta = \sin^{-1}(a^2+b^2/a^2+b^2+1)$ 식에 대입하여 구한 값으로 하고 방위는 네모서리의 표고값을 가지고 $\delta = \tan^{-1}(b/a)$ 식에 대입하여 구한 값으로 한다. 여기서 a는 $(Z_1+Z_2)-(Z_3+Z_4)/2D$, b는 $-(Z_1+Z_2)-(Z_3+Z_4)/2D$, $Z_1 \sim Z_4$ 는 격자네모서리 표고값, D는 격자간격을 나타낸다.



<그림 1-1-2> 격자망 설계

1.4.2. 지형별 기후특성

1.4.2.1. 평지

위도와 해발고도에 따라 차이가 있으나 대개 기온이 높고 산악이나 고원에 비하여 바람의 힘이 약하고 강우량도 적다. 그러나 일조시간이 길고 산란광선이 주로 작용한다.

1.4.2.2. 산악지

기온은 해발고도가 같은 고립봉(孤立峰)에 비하여 따뜻하다. 강우량은 해안가 산악림의 경우 일정한 높이까지는 평지보다 많으나 경사 때문에 지표수로 흘러내리는 물이 많고 증발산이 많아 지형과 계절에 따라서는 건조되기 쉽다. 직사광선의 작용이 강하여 일조시간은 평지에 비해 구름 등의 영향 때문에 짧다. 바람은 평지보다는 강하고 낮과 밤의 온도차이가 심하며 고산지대는 눈, 서리, 바람 등의 영향을 심하게 받아 임목의 생장에 좋지 않다.

1.4.2.3. 고원

연평균 기온은 평지보다 낮으며 햇볕이 강하기 때문에 따뜻하나 밤에는 열의 방출이 심하여 기온이 낮아짐으로 낮과 밤의 온도차이가 심하다. 또한 여름과 겨울의 온도차이가 심하나 년 평균값은 고립봉(孤立峰) 보다 심하지 않으나 바람이 강하여 임목생장이 불량하고 서리 피해를 받기 쉽다.

1.4.2.4. 고립봉

평균온도와 그 교차(較差)는 고원보다는 심하며 구름의 양이 많아서 햇빛이 약해지는데 열의 방출이 심하여 특히 겨울철과 밤에 냉각현상이 심하다. 바람이 강하여 증발산이 심하며 기온이 떨어지는 영향이 크므로 산악지 및 고원보다 임목생장이 불리하며 수직적인 임목한계선(林木限界線)도 산악지보다 낮다.

1.4.2.5. 산정

일반적으로 산정의 기온은 산복에 비해 낮고 바람이 강하여 증발산이 심하므로 임목생장은 불량하다.

1.4.2.6. 산복

산복은 계곡에 비하여 밤의 온도가 다소 높으며 특히 겨울철이 그러하다. 바람이 막힌 곳에서는 임목 생장이 오히려 골짜기보다 양호하다. 음지의 산복은 습도가 높아서 지표면의 습도보전이 잘 되므로 음수의 생육에 적합하다. 기온 교차가 심하지 않고 식물의 성장개시가 늦기 때문에 골짜기보다 서릿발 피해가 심하지 않다. 그러나 눈이 많이 쌓이는 곳과 바람맞이가 되는 곳은 임목생장이 떨어진다.

1.4.2.7. 계곡

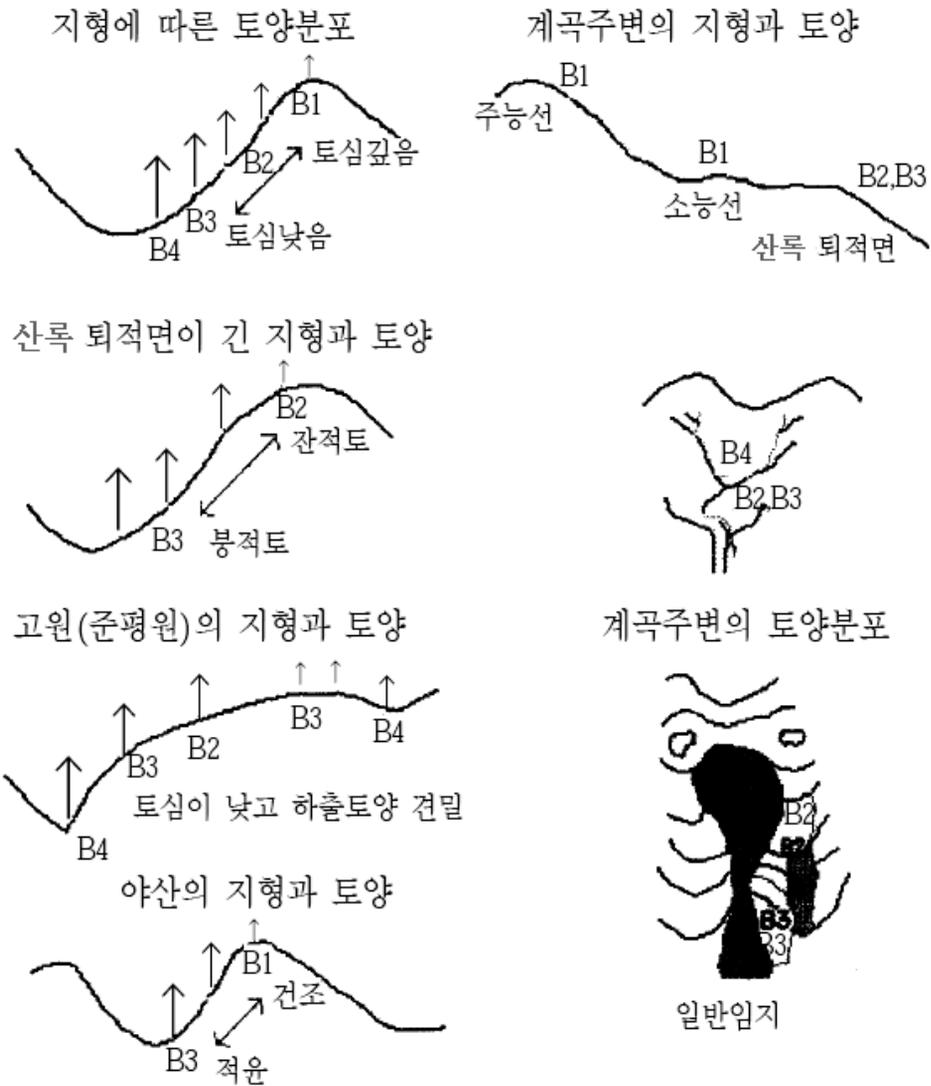
산지 계곡은 일조시간이 짧고 야간에 산정에서 찬바람이 불어 내려오므로 산복보다 기온이 낮고 겨울철에는 한랭하여 서리 피해가 자주 발생한다. 낮과 여름철의 기온은 계곡의 형태에 따라 일정하지 않으나 일조량과 지면습도의 적고 많음에 따라 산복보다 높거나 또는 낮다. 계곡이 넓은 곳은 평지기후와 유사하며 바람이 강하고 증발이 심할 때는 내음성이 약한 활엽수림을 이루게 된다. 좁은 계곡은 낮의 일조시간이 적은 반면에 밤의 열방출이 적기 때문에 온도변화가 저고 바람이 약하여 증발산이 적어 습도가 높고 개방지보다 저온이 되기 쉬우므로 침엽수의 생장에 적합하다. 계곡이 곧지 못하고 굽어진 경우는 통풍이 나쁘고 서리 피해가 많으나 개방된 경사진 계곡은 서리 피해의 위험이 적다.

1.4.3. 지형별 토양특성

표고, 경사 등 산지 지형 조건에 따라 토양특성도 변하게 된다. 이에 우리나라 산지지형의 조건별 일반적인 토양변화 상태를 그림 1-1-3 및 그림 1-1-4에 나타내었다. 특히 산정에는 모암이 제자리에서 풍화된 잔적토가 산복 평행면 및 산복의 볼록면에는 흘러내리는 포행토가 산록 퇴적면 및 산복 오목면에는 흘러내려 쌓인 붕적토가 자리 잡고 있으며 붕적토지역은 잔적토지역에 비해 토심(土深)이 깊고 토양수분의 함유상태가 좋아 임목생장이 양호하다.



<그림 1-1-3> 지형 조건별 산림토양의 퇴적양식

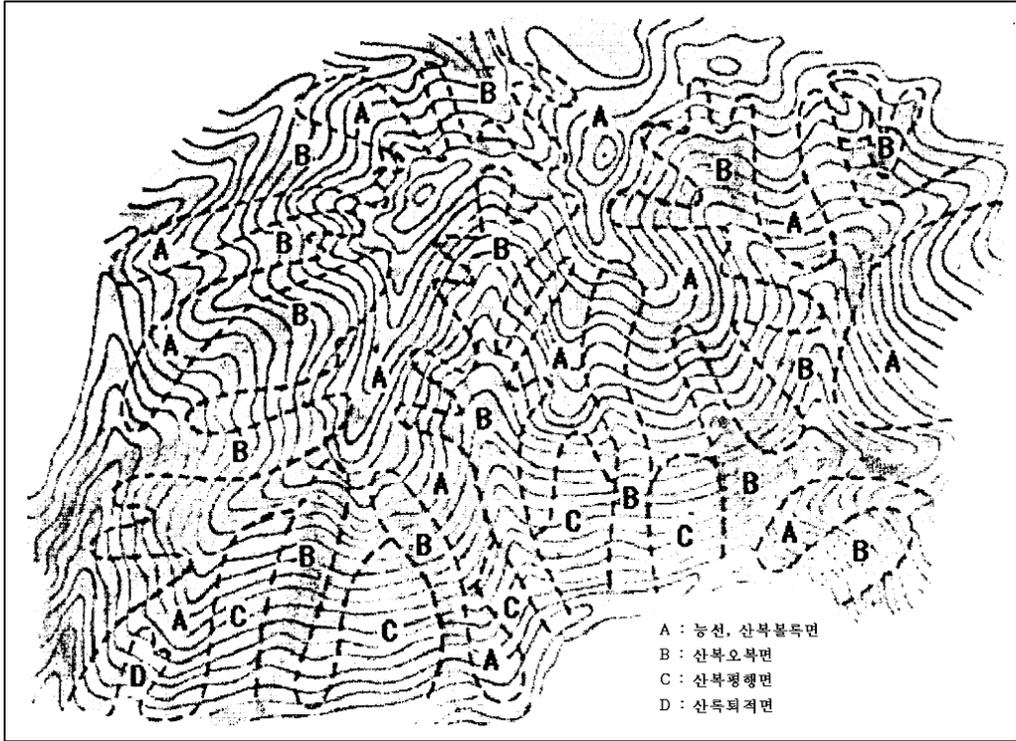


<그림 1-1-4> 지형 조건별 산림토양의 분포상태

격자망 설계에 의한 미세지형의 모식도는 그림 1-1-5에 나타냈으며, 지형도에서 이들의 위치를 알아볼 수 있는 등고선상 미세지형 분포는 그림 1-1-6과 같다. 그리고 이들 격자에 의한 미세지형별 측정법은 다음과 같다.

구분	평면	종 단면	횡 단면	격자망설계(그림 2)에 의한 미세지형 설명
산정면			15°이하 	경사측정값이 15° 이하이면서 안쪽면(21~24)이 바깥면(25~28)보다凸형일 때
			15°이하 	
산복평행면				안쪽면 경사가 15~30°이면서 20값이 안쪽면에 대하여 수평면에서 1/15이내일 때
산복볼록면				안쪽면 경사가 15~30°이면서 20값이 안쪽면에 대하여 수평면에서 1/15이상凸형일 때
산복오목면				안쪽면 경사가 15~30°이면서 20값이 안쪽면에 대하여 수평면에서 1/15이상凹형일 때
			10m이하 	
산록침식면				경사가 31°이상 험준한 사면일 때
산록퇴적면				경사측정값이 15° 이하이면서 안쪽면(21~24)이 바깥면(25~28)보다凹형일 때
		15°이하 		
		15°이하 		
참고	산복평행면, 산복볼록면과 산복오목면에 있어서 1/15이란 $(D \times \tan \alpha) / 15$ 를 뜻함.			

<그림 1-1-5> 미세지형 유형별 모식도 및 특징



<그림 1-1-6> 등고선상의 미세지형 분포

1.4.3.1. 산정면

산의 정상 및 능성 부분으로서 비교적 경사가 완만한 15° 이하 지역으로 해당 격자를 중심으로 한 주위 격자(Z_5-Z_8)의 표고값 비교시 해당 격자가 볼록 튀어나온 격자에 해당하며 이 지역의 토양은 건조한 산림토양이 분포하고 임목생장은 불량하다.

1.4.3.2. 산복 평행면

산정과 산록사이에 존재하는 평행사면으로 경사는 $15\sim 45^\circ$ 범위이며 평면으로 본 등고선 모양이 거의 평행을 이루며 등고선 곡률이 $1/15$ 범위 이내인 격자에 해당한다. 여기서 곡률을 계산하는 식은 $(D \times \tan \delta) / 15$ 이며, D는 거리, $\tan \delta$ 은 \tan 경사각을 나타낸다. 이 지역의 토양은 약건한 산림토양이 주로 분포하며 임목생장은 보통 또는 그 이하이다.

1.4.3.3. 산복 불록면

산정과 산록 사이에 존재하는 사면으로 경사는 15~45° 범위이며 평면으로 본 등고선 모양이 아래쪽을 향하여 불록한 모양을 이루며 1/15 이상인 격자에 해당한다. 이 지역의 토양은 약건한 산림토양이 주로 분포하며 임목생장은 약간 불량하다.

1.4.3.4. 산복 오목면

산정과 산록 사이에 존재하는 사면으로 경사는 15~45° 범위이며 평면으로 본 등고선 모양이 아래쪽을 향하여 오목한 모양을 이루고 있으며 곡률이 1/15 이하인 격자에 해당한다. 이러한 지역은 일반적으로 적운한 토양 및 약습한 토양이 분포하며 임목생장은 양호하다.

1.4.3.5. 산록 침식면

산록부근으로 산복과 이어져 있으면서 경사변환점이 있는 곳으로 산복면보다 경사가 급한 45° 이상인 격자에 해당한다. 이 지역은 경사반환점이 있어 가끔 암석지 또는 레토졸토양이 분포하는 경우도 있으며 험준한 지역으로 임목생장이 불량하다.

1.4.3.6. 산록 퇴적면

산록부근으로 산복과 이어져 있으면서 산복면보다 경사가 완만한 15° 이하이고 해당격자($Z_1 \sim Z_4$)를 중심으로 한 주위격자의($Z_5 \sim Z_8$) 표고값 비교시 해당격자가 오목하게 들어간 격자에 해당한다. 이 지역의 토양은 약건~적운 산림토양이 주로 분포하므로 임목생장이 양호하다.

1.5. 지 질

1.5.1. 우리나라의 지질대

한국의 지질은 그 절반 이상이 화강암, 화강편마암 및 화강암질편마암으로 편마암복합체를 이루는데, 이는 신생대이전의 암석에서 관입(貫入)된 화강암과 이로부터 변성된 화강암질편마암이 각 지각변동 시기와 백악기 이후에 일어난 융

기(隆起) 작용과 삭마(削磨) 작용으로 지표에 나타나게 된다 기인한다. 이들은 지역에 따라 경기변성암복합체 소백산변성암복합체 지리산변성암복합체 등으로 구분된다.

이 후 황하분지와 마찬가지로 트라이아스기 초기까지 큰 지각변동을 받지 않았으며, 중생대 중기부터 격렬한 수평운동을 수반한 지각요동으로 인하여 지층의 습곡작용을 일으켰다.

현재에는 활화산은 없고 다만 한라산의 최종폭발이 1007년에 있었다는 기록이 동국여지승람에 있을 뿐이다. 즉 환태평양조산대에서 벗어난 내륙 쪽에 있어 지진과 화산작용의 영향을 받지 않고 비교적 안정된 육괴(陸塊)를 형성하고 있다.

한반도에 나타난 암석의 시대별, 지역별 분포의 특징을 요약하면 선캠브리아의 것으로 생각되는 변성퇴적암의 주요 분포지는 개마지대, 경기육괴 및 영남육괴이며 옥천누층군은 과거 시생대에 속하는 결정 편마암계 일원으로 알려져 왔으나 여러 가지 새로운 사실들의 발견으로 고생대에 속하는 지층으로 보기도 하나 아직 그 지질시대는 밝히지 못하고 있다.

고생대에 속하는 조선누층군과 평안계층군의 분포지는 평안분지와 옥천 지양사대 내에 있으며 상부 사일루리아기부터 하부 석탄기에 이르는 대결층(大決層)이 두 누층군 사이에 나타나고 하부 고생계 지층들은 주로 해성층이나 고생대 후기부터는 육성층이 우세하게 나타나며 소위 평안누층군의 최상부인 녹암통은 중생대 트라이아스기 초기에까지 이르는 것으로 보이거나 확실치는 않다.

중생대 쥬라기의 대동계층군도 옥천지양사대와 경기육괴의 서측에 분포하는데 전자는 반송층군 후자는 남포층군에 포함시켰으며 쥬라기 말의 대보조산운동에 수반되어 관입한 화강암의 저반은 옥천지양사대와 평행하게 지나방향에 따라 분포(서울-원산곡 이북에서는 무질서하게 분산)하며 백악기말의 불국사화강암은 불규칙적인 분포를 보이며 주로 경상분지내에 분포하게 된다.

제3계의 퇴적암층과 화산암류는 동남해안과 제주도 남해안에 분포하는데 전자는 장기층군과 연일층군으로 후자는 서귀포층군으로 분류하였고, 제 4기의 화산암은 백두산부근 반도 중앙부 동남해안 울등도와 제주도에 그 분포지를 보이고 있다. 한국의 지질계통표(표 1-1-1)는 한국(1:1,000,000) 지질도에 사용된 지질통계와 종래의 사용된 것과 대비하여 표시하였다.

<표 1-1-1> 한국의 지질계통

지질시대구분		지질계통(남한, 시간층서적)		주요 암석		분포	
신생대	제4기	현세	제4계	(충적층)		역암, 사암, 점토, 이토, 암쇄	충적평야
		플라이스토세		신양리통		역암, 사암, 점토, 이탄, 현무암, 조면암	강원, 경기, 제주
	제3기	플라이오세	제3계	서귀포통		현무암, 응회암, 혈암, 역암, 사암	경북, 제주, 강원
		마이오세		영일통			
올리고세		양북통					
에오세							
중생대	백악기	경상계	(유천층군)		석영반암, 화강암, 섬록암, 응회암, 혈암	경남북, 전남북	
			(하양층군)		혈암, 사암, 역암, 응회암, 반암	경남북, 전남북, 충북	
			(신동층군)				
	จู라기	대동계	반송통		혈암, 사암, 역암, 무연탄	경기, 강원, 충남	
트라이아스기		황지계(동고층)					
고생대	페름기	철암계	고한층		사암, 혈암, 점판암, 무연탄, 석회암, 역암	강원	
			함백산층도토곡층				
			장성통				
			밤치통				
	석탄기	고목계	(중간층)				
			금천통				
만항통							
데본기, 사일류리아기		대결층					
오오도비스기	상동계	예미산통		석탄암, 혈암, 점판암, 사암, 규암, 운모편암	강원, 경북		
		문곡통					
	삼척계	호명통					
이연내통							
원생대 시생대					화강편마암, 운모편암, 각섬암, 점판암, 규암, 각섬편암, 휘암, 석회암	강원, 경기, 전남, 전북, 충북	
		변성퇴적암류		화강편마암류			

1.5.2. 주요 암석의 성분

1.5.2.1. 화성암류

화성암(igneous rocks)은 화산에서 분출된 용암이 굳어서 생긴 것으로 식는 속도에 따라 암석의 조직이 다르다. 깊은 곳에서 생긴 암석을 심성암이라 하며, 화강암은 그 한 예이다. 지표면 가까이서 응고한 것이 유문암이며 반심성암류(hypabyssal or dyke rocks)에는 화강반암(granite porphyry)이 있다. 이상의 화성암은 모두 규산의 함량이 66% 이상이며 주성분은 석영, 장석, 흑운모 또는 백운모, 각람석, 휘석 등이다.

<표 1-1-2> 화성암류의 종류 및 특성

구 분	산장에 의한 분류	암석명	조직 및 특성
산성암류 (Acid rocks)	심성암류	화강암	완정석리 결정립의 크기의 따라 조립화강암, 세립화강암, 중립화강암 등으로 구분하고 보편적인 것은 흑운모화강암, 백운모화강암, 복운모화강암, 각섬화강암임.
	반심성암류	화강반암	반정석리, 반정은 석영 및 장석으로 되었으며 석기의 광물은 화강암에 비해 작음.
		석영반암	전종과 동질 석기는 석영 및 장석의 미정질 내지 隱晶質 집합
분출(화산) 암류	유문암 (석명조면암)	반정석리 때로는 반정이 없다. 반정은 석영 및 장석, 석기는 담색 때론 粗面狀 또는 流狀임,	
중성암류 (Intermediate rocks)	심성암류	섬록암	완정석리, 중립내지 세립의 것이 많다. 유색광물이 많고 화강암보다 암색임.
	반심성암류	석영섬록암	완정석리, 화강암과 식별곤란함, 정석류는 사장석인 점이 다름.
	반성심암류	각섬분암 및 흑운모분암	반정석리, 반정은 사장석, 각섬석 및 휘석 때로는 흑운모 엷은 석영, 석리는 세립 또는 치밀한 갈색 또는 암갈색임.
		석영암	
분출(화산) 암류	각섬안산암 및 흑운모안산암	반정석 석기는 회색, 갈색, 녹색 등 비현정질, 치밀함	
	석영안산암	다공질 안산암중 석영을 많이 함유한 석영안산암임.	
염기성 암류 (Basic rocks)	심성암류	반려암	완정석리, 세립내지 중립의 것이 많다. 보통 휘석을 함유하거나 감람석을 함유한 종류도 많음.
	반심성암류	휘록암	완정석리, 보통세립, 암색내지 녹색, 휘석은 녹리암에 감람석은 사문암이 변화하는 경우가 많음.
	분출화산암류	유석안산암	안산암중 가장 보통인 것, 감람석을 많이 함유하는 것을 감람휘석 안산암이라 함.
		현무암	흑색 치밀 또는 반정석리, 반정은 휘석을 병한 감람석. 석기는 단책상의 사장석 및 미정질 내지 입상의 휘석 비중이 큼(2.9-3.1).
		흑반암	현무암이 풍화되는 것 대적 또는 대녹색을 띰.
심성암류	감람암	완정석리, 암녹색, 휘석, 각섬석, 운모, 장석등 함유, 변질하여 사문암이 됨.	

1.5.2.2. 변성암류

암석이 생성당시와 다른 환경 하에 놓이게 되면 변화를 받게 된다. 이를 변성작용이라 하며, 변성작용은 암석이 큰 압력이나 높은 온도가 가해질 때 또는 화학성분이 가깝기 일어날 때 변질작용이 심하여 생성된 암석을 변성암(metamorphic rocks)이라 한다.

<표 1-1-3> 변성암류의 종류 및 특성

암 석 명	주요 성분	조직 및 특성
편 마 암 (Gneiss)	석영 장식 및 유색광물	편상석리, 유색광물로서 운모, 감섬석, 녹리석, 석영, 활석 등, 화강편마암, 흑운모편마암이 있음.
운 모 편 암 (Micaschist)	석영 및 운모	편마암과의 차이는 장석을 함유하지 않거나 심히 결핍되어 있음. 흑운모편마암이 보통임.
천 매 암 (Phyllite)	석영 및 유색광물	편상석리, 광물성분은 편암류 등 편암에 비해서 변질 현상이 현저, 성질은 편암과 수성암의 중간임.
각 섬 석 (Amphibolite)	각 섬 석	공히 유색광물의 이름으로 명명되고 때로는 다소의 장식, 석영 등이 함유되고 있음
휘 석 (Pyroxenite)	휘 석	
사 문 암 (serpentine)	사 문 석	감람석, 반려암 등의 염기성 화성암에서 변성, 암록, 황록 또는 암적 반문이 있으며, 부드럽고 지방광택이 있음.
규 암 (Quartzite)	석 영	소량의 운모 및 장석을 함유, 유색광물을 함유하는 것은 적음. 편상의 것과 석영편암을 말함.
대 리 석 (Marble)	방 해 석 (CaCO ₃)	석화암이 변질작용을 받아 결정질로 된 것, 정질석회암이라고도 함.
자 철 광 (Magnetite)	자 철 광 (Fe ₃ O ₄)	철질변성암의 주가 되는 것, 자철광의 완전질집합, 흑색불투명 비중은 큼.

석영, 운모, 장식, 기타 유색광물을 주성분으로 하고 있으며 대표적인 것은 편마암으로서 국토의 30% 이상을 차지한다. 이의 특징은 표면적으로부터 잘 풍화되는 동시에 화강암과 달리 암층의 열선(裂線)이 발달하고 그 틈 속으로 근계가 뻗어 수목생육에 도움을 준다. 그러므로 석리가 발달된 바위에서는 평토가 어느 정도 얕더라도 수목이 자랄 수 있는데 이것이 화강암지대와 다른 점이라 하겠다. 그리고 장식과 흑운모가 많을수록 분해가 빠르며 더욱이 조직이 조잡하고 층리가 수직일 때 분해가 빠르다. 대체로 화강암질 토양에 가깝고 칼륨의 함량이 비교적 많다.

1.5.2.3. 퇴적암류

지표에 나타난 암석은 표면으로부터 끊임없는 풍화작용과 침식작용을 받아 암석이 분리되고 물에 용해되어 기압에서 분리된다. 이렇게 분리된 물질과 여러 종류의 유해(遺骸)가 육상 또는 수저에 쌓여서 만들어진 암석이 퇴적암(sedimentary rocks)이다. 육지표면에 분포되어 있는 암석의 75%는 퇴적암이고 25%만 화성암으로 되어 있다. 혈암이 이에 속하며 점토가 약간 굳어진 것으로 잘 갈라지는 성질이 있고 회색 내지 흑색으로 변화하는 각종 색상을 가지고 다소의 석영과 운모를 가져 잘 풍화되면 좋은 이학적 성질을 보인다. 혈암이 고압에 의하여 한층 굳어진 것이 점판암이며 보통 평면에 따라 박리가 잘 발되어 있다. 석회암은 화학적 침전으로도 생기고 또 복합적인 작용으로도 생긴다. 대부분의 석회암은 이 두 종류가 합하여 만들어진 것이다. 화학적 침전에 의하여 만들어 졌다고 생각되는 석회암은 황폐하기 쉽고 알카리성이다.

<표 1-1-4> 퇴적암류의 종류 및 특성

구 분	암 석 명	조직 및 특성
화산쇄설암류 (Volcanic Fragmentals or Clastic rocks)	응 회 암 (Tuff)	화산회 화산사 등이 응고한 것.
쇄설암류 (Fragmentals or Clastic rocks)	역 암 (conglomerate)	각력이 풍수 등에 깎이어 능력이 없어진 것을 렉(Gravel)이라하고 역이 응고된 것을 역암이라 함.
	사 암 (send stone)	사립이 규산 규산석회 등에 따라 고결된 것.
	규 암 (Quartzite)	석영사립이 석영질의 교결물이 있어 틈을 충당시키고 또 석영의 각 입자가 적어서 암석전체가 하나의 석영의 각 입자가 적어서 암석전체가 하나의 석영덩어리의 감을 주는 석회암에 비하여 경도가 높아 구별이 용이함.
	이판암(혈암) (Shale)	점토가 응결한 것, 많은 얇은 층을 이뤄 잘 쪼개짐, 다량의 탄산석회를 함유한 것을 이회암(Marl)이라 함.
	점 판 암 (Clayslate)	이판암이 고압에서 한층 응고되어 질이 단단하게 굳어서 치밀함, 일정한 평면으로 박리가 잘 발달되어 있음.
유기암류 (Organic rocks)	석 회 암 (Limestone)	유공층류 바다백합류 또는 연체동물의 껍질이 퇴적응고된 것, 점판암질석회암이 보통임.
	이 탄 (Peat)	일반적으로 암갈색 내지 흑색 식물원임.
	무 연 탄 (Anthracite)	치밀하며 부드럽고 철흑색의 암석임, 경도 2~2.5 비중 1.4~1.8, 연소시 무연, 무취, 열도(熱度) 높음.

1.5.3. 암석의 풍화작용

암석이 오랜 세월을 거쳐 비, 바람, 기온, 생물 등의 작용을 받으면 그 조직이 변화되어 기계적으로 붕괴(disintegration)됨으로써 점차 미세한 입자로 변화되고, 다시 화학적으로 분해(decomposition)되어 그 본질이 변하게 된다. 이와 같이 토양단면의 층위가 이루어지기 직전, 즉 부드러운 물질이 생성될 때까지의 작용을 풍화작용(weathering)이라 하고, 그 후 토양단면이 이루어지는 작용을 토양생성작용(soil formation)이라 한다.

풍화작용은 암석광물이 환경조건에 의해 그 형태가 변화되는 물리적(기계적) 풍화작용(physical weathering, mechanical weathering), 그 성분이 분해되어 그 성질이 변화되는 화학적 풍화작용(chemical weathering), 생물에 의한 물리적·화학적 작용이 따르는 생물적 풍화작용(biological weathering) 등으로 나눌 수 있다.

1.5.3.1. 물리적 풍화작용

가. 온열의 작용

온열(溫熱)의 변화가 심하면 암석의 표면은 팽창 또는 수축된다. 암석은 열에 대한 부전도체이므로 표면과 내부의 온도차가 크데, 이것이 오랫동안 되풀이됨으로써 균열이 생기고 붕괴된다. 암석이 부스러져 떨어져 나온 암석광물도 더욱 미세한 입자로 나뉘어 진다. 이와 같은 온열에 의한 암석광물의 풍화작용을 온열풍화(temperature weathering)라고 한다.

나. 대기의 작용

바람은 침식, 운반, 퇴적의 3가지 작용으로 토양생성에 관여한다. 모래나 가벼운 풍화물질을 날리며, 이것이 암석에 부딪혔을 때에는 그 표면이 깎이고 부스러진다. 이와 같이 바람에 의하여 암석이 부서지는 현상을 풍식(wind erosion)이라고 한다.

다. 물의 작용

물의 기계적 작용으로는 빗물, 하류 물결, 빙하 등에 의한 작용을 들 수 있으며, 이것들은 모두 침식·운반 및 퇴적작용을 한다. 빗방울은 암석을 분쇄하는 작용이 매우 미약하지만, 이것이 오래 계속되면 마침내 암석이 깎이고 만다. 건조한 지방의 점판암이 성층면에 빗방울이 떨어지면 자국이 생기는데, 그 자국을 우량(雨痕, rain drop) 이라고 한다.

1.5.3.2. 화학적 풍화작용

암석이나 토양 중의 광물은 여러 가지 영향을 받아 그 화학적 조성이 다른 새로운 물질로 변화된다. 기계적 풍화작용을 붕괴라고 하는데 대하여 화학적 풍화작용을 분해라고 한다. 화학적 풍화작용에 있어서는 산화(oxidation), 환원(reduction), 가수분해(hydrolysis), 탄산화작용(carbonation), 수화작용(hydration), 킬레이트화(chelation), 용해(solution) 등 여러 가지 반응이 일어나며, 이들은 단독으로서가 아니라 서로 관련되어 작용한다.

가. 산화작용

암석광물은 환원조건하에서 만들어졌기 때문에 공기와 접촉하면 공기 중의 산소에 의해 산화(oxidation)되어 풍화작용이 진행된다. 장석, 운모, 각섬석, 휘석, 활석, 사문석 등과 같은 광물을 다량 함유하고 있는 암석은 철이나 망간의 저급산화물을 주성분으로 하고 있으므로 이들은 산화되어 고급산화물이 된다.

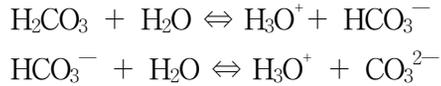
나. 가수분해작용

가수분해(hydrolysis)는 기후조건에 따라 다르며 건조지방에서는 생성물의 손실이 거의 일어나지 않지만, 습윤지방에서는 분리된 강산기나 규산이 쉽게 유실된다. 따라서 건조지방에서는 분리된 강염기가 탄산염, 황산염, 염화물 등으로 되고, 유리규산은 알루미늄 또는 철과 결합하여 교질복합체를 만들고 다시 여분의 규산은 석회, 고토 등과 결합하여 침전하게 된다.

냉온대지방에서는 생성물의 유실에 반하여 유기물이 쌓이므로 용액은 산성반응을 나타내게 되고 규산을 침전하게 된다. 이에 반해 알루미늄과 철은 산성액에 용해되고 부식과 혼합되어 교질상태로 되어 유실된다. 그러므로 이와 같은 지방의 표층토는 규산의 함량이 많고 알루미늄과 철의 함량이 적다. 이와 같은 규산광물의 분해는 곧 산성가수분해이며, 그 주요한 생성물은 점토가 된다.

다. 탄산화작용

물 속에 산이 가해지면 암석광물의 풍화작용이 한층 촉진된다. 대기 중에는 약 0.03% 내외의 이산화탄소(CO₂)가 함유되어 있지만, 토양 중에는 유기물의 분해와 식물뿌리의 호흡작용으로 0.3%~1.0%의 이산화탄소가 함유되어 있다. 이산화탄소는 14℃에서 물에 같은 양이 용해되어 그 중 1%가 탄산형태로 되는 탄산화작용(carbonation)을 거치는데 아래 반응식과 같이 이온 해리된다.



라. 수화작용

수화작용(hydration)은 무수물(無水物)이 합수물(含水物)로 되는 작용을 말하며, 물이 가해져 수화(水和)가 일어나게 되면 팽창되고 물리적 풍화를 조장하게 된다. 수화작용을 받은 광물은 고온·건조한 상태에서는 탈수작용(dehydration)에 의해 수화수를 잃게 된다. 기온의 변화로 수화와 탈수의 현상이 되풀이 될 때 암석광물은 더욱 풍화가 진행된다.

1.5.3.3. 생물적 풍화작용

풍화작용에 관여하는 생물에는 동물, 식물, 미생물 등이 있다. 동물에 의한 풍화작용은 주로 기계적인 작용이며, 화학적 작용에 관여하는 주요 생물은 식물뿌리와 미생물이다. 이들은 호흡작용을 통해 이산화탄소를 생성하여 OH^- 를 중화시키거나 탄산염(炭酸鹽) 또는 중탄산염(重炭酸鹽)을 생성하여 암석광물의 분해를 촉진한다.

1.5.4. 주요 암석의 풍화생성 토양

1.5.4.1. 화성암류

가. 화강암

화강암(granite)은 우리나라 임지의 약 23%를 차지하며, 심성암중에서 가장 분포가 넓다. 주요광물 성분은 석영, 장석, 운모, 각섬석 또는 휘석 등이며 장석, 운모, 휘석, 각섬석, 석영의 순으로 풍화된다. 장석과 운모가 풍화되면 산화철을 함유한 점토를 생성한다. 석영이 가장 풍화되기 어렵고 이것이 부서지면 모래가 된다. 화강암의 풍화는 일반적으로 결정입자가 거칠며 풍화가 용이하여 토심은 중정도 이다. 양호한 토양을 형성하나 세립일 때는 풍화가 어려워 토심이 얇고 척박한 역질 사토로서 좋지 않은 임지를 형성한다. 보통양질 또는 사질의 토양이 되며 때로는 식질토양이 되는 경우도 있다. 성숙토양은 양호한 임지를 형성하나 칼슘분이 적고 유기물 분해가 나쁘므로 산성의 모재를 형성한다. 남벌에 의해 황폐되기 쉽고 토심이 얇은 곳에서는 적송이 많고 심토에서는 침활엽수림이 생육한다.

나. 섬록암

섬록암(diorite)은 화강암과 비슷하지만 흑백의 조립반점으로 된 결정질로 화강암보다 다소 검게 보이며 암록색을 띤다. 성분은 사장석과 각섬석의 혼합물로 중성암이며 풍화는 결합상태에 따라 차이는 있으나 풍화되기 쉬우며 식질토양 또는 중점토를 이룬다. 석영이 함유된 석영섬록암은 화강암의 풍화도와 유사한 토양을 형성하고 다른 토양에 비해 붕괴되지 않는 성질이 있다.

다. 반려암

반려암(gabbro)의 주성분은 사장석과 휘석이지만 각섬석, 각람석, 자철광 등을 함유하기도 한다. 흑색을 띤 무거운 세립의 결정질인 염기성암으로 분해가 잘되고 있으나 특히 휘석이 먼저 풍화되며 산화철을 다량 함유한 식토가 된다. 간혹 중점토도 있으며 비옥한 임지가 된다.

라. 석영반암

석영반암(quartz-porphyry)은 화강암과 성분이 대략 같고, 석영이 많고 치밀하며 풍화가 곤란하여 토심이 얇고 석괴(石塊)가 많으며 척박한 사토가 된다. 일반적으로 황폐되기 쉬우므로 불량임지를 형성한다.

마. 반암

반암(hornblende-resp, biotite-porphyrte)은 섬록암과 성분이 대략 같고 석영이 많고 치밀하며 풍화가 곤란하여 토심이 얇고 석괴가 많으며 그 생성토양은 석괴를 함유한 것이 많지만 토심이 깊은 점토로서 유기물의 분해가 늦고 임지의 지위는 중(中)정도 이다.

바. 석영조면암

석영조면암(liparite)은 화산암으로서 성분은 화강암과 같은 산성에 속하며, 분해는 화강암과 같이 풍화가 용이하지만 빗물에 손실되기 쉬운 관계로 얇고 척박하며 건조한 토양을 형성한다. 미세립의 치밀한 암석인 조면암은 사질토양을 생성하며 칼륨이 많고 계곡에서는 깊은 토심을 이룬다.

사. 안산암

안산암(andesite)은 중성 화산암으로서 종류도 많다. 주성분은 사장석이며, 그 외에 휘석 각섬석 흑운모 등이고 때로는 소량의 감람석과 석영을 함유하고 있다. 안산암은

미정질의 주성분인 광물반정이 산재되어 있어 치밀한 것부터 다공질인 것 등 물리적 성질을 달리하는 것도 있고 풍화상태에 따라 생성물의 성질도 다르다. 가장 보편적인 휘석안산암은 대개 식질토양으로서 보수력은 크지만 물리적 성질이 불량하다.

아. 현무암

현무암(basalt)은 반려암과 같은 휘석, 감람석, 자철광으로 구성되어 있으며 암색을 띠는 세립질의 척박한 염기성암이다. 풍화가 곤란하고 풍화토는 산화철이 풍부한 적갈색의 중점식토로 된다. 급사지에서는 척박지가 되기 쉽지만 저지대에서는 토심은 중(中) 정도의 비옥지 토양을 만든다. 제주도 토양의 대부분은 이러한 모암을 기암(基岩)으로 하고 있다.

1.5.4.2. 변성암류

변성암은 우리나라 임지의 40%를 차지한다. 변성암은 화성암이나 퇴적암이 고온, 고압, 수증기 등의 영향을 받아 구조, 조직 등에 변화를 일으켜 새로 형성된 암석을 말한다. 편상석리를 갖고 표면으로부터 잘 풍화되는 동시에 화성암과 달리 암층의 틈이 발달하여 그 틈으로 근계가 뻗어 임목생육에 도움이 된다. 이 점이 화성암과 약간 다르다.

가. 편마암

편마암(gneiss)은 화강암과 같은 광물조성을 가지지만 장석을 주성분으로 하는 편마상의 변성암이다. 일반적으로 장석과 흑운모가 많은 것은 분해가 빠르며 조직이 거칠고 층리가 수직일 때는 분해가 용이하여 암석열 사이로 뿌리를 뻗을 수 있어 임목생장이 비교적 양호한 편이다. 화강암질 토양과 유사하며 칼륨함량이 풍부하고 분포지역은 강원, 경기, 전남 등이다.

나. 천매암

천매암(phylite)은 점판암이 변질된 것으로서 석영, 장석으로 구성되어 있으며, 석영이 많으면 풍화가 느리고 적으면 빨라진다. 풍화토는 역질 식양토를 이루며 척박한 건조지가 되기 쉽고 조부식이 형성되기 쉽다.

다. 편암

편암(schist)은 혈암, 점판암, 염기성 화성암 등에서 유래된 엽편상(葉片狀)의 변성

암이다. 광물질의 조성 성분에 따라 여러 종류로 나뉘어진다. 일반적으로 석영이 풍부하며 화강암보다 풍화가 느리고 풍화도는 사양토이다.

1.5.4.3. 퇴적암류

가. 점판암

점판암(clay slate)은 혈암이나 이암 등이 변질된 것으로 판상으로 쪼개지는 성질을 갖는 대부분 암회색을 띠는 암석이다. 옛날의 암석이 더운 해수에 용해되어 분리된 침전물이 굳어서 된 것이다. 주성분은 석영, 장석 외에 녹리석(chlorite), 견운모 등이며 혈암이나 이암에 비하여 풍화가 매우 늦으며 다소의 유기물이 있지만 적색풍화토는 점질로 수분통기성 등 물리적 성질이 불량하다.

나. 혈암

혈암(shale)은 모래가 점토와 같은 미세한 입자와 고결한 것으로 구성입자는 육안으로 식별하기 어렵다. 조성광물은 장석, 석영, 점토광물 등이며 빛깔은 사암의 경우와 같이 여러 가지이다. 혈암의 분포는 전체 퇴적암의 절반 정도이며 생성토양은 점판암과 비슷하다.

다. 석회암

석회암(limestone)은 회백색 내지 갈색으로서 방해석(CaCO_3)을 주성분으로 하고 다소의 백운석을 함유한 암석류에서는 알카리성 토양으로 발달한다. 우리나라에서는 중부 이북에 많으며 강원도 남부와 충북 단양지방에 분포한다. 토양은 강우에 의하여 잘 손실되며 타 암석의 혼합비율에 따라 토성이 달라진다. 경사면에서는 토심이 얇고 돌이 많으며 저지대의 유기질 분해가 양호한 곳에서는 지위도 양호하다. 우리나라의 석회암 지대에서는 회양목, 노간주나무, 수수꽃다리 같은 것이 자라고 있다.

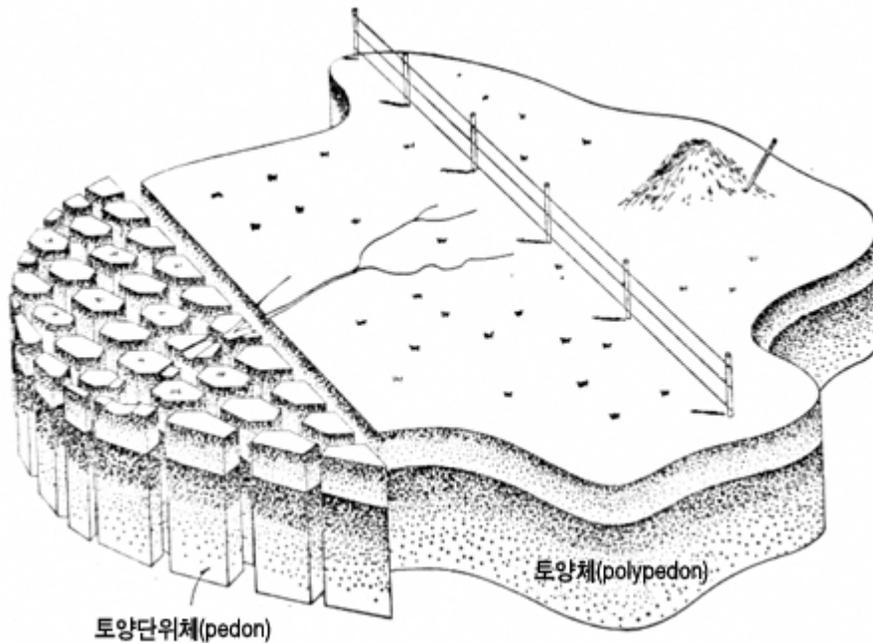
라. 응회암

응회암(tuff)은 퇴적암류로 화산 분출물에 의해 이루어진 것으로 풍화는 용이하나 대부분이 점토질이어서 물리적 성질이 불량하여 생산력이 낮은 임지를 형성한다.

1.6. 토 양

1.6.1. 토양의 정의

토양이란 한자의 「土」는 지평선 상의 초목이 생육하고 있는 상태를 표현한 상형 문자이며 「壤」은 덩어리로 되지 않은 부드러운 흙을 말한다. 영어 표기인 soil은 고대 프랑스어와 라틴어의 solum이란 말에서 유래된 것으로서 바닥(floor) 또는 지면(ground)의 뜻을 지니고 있다. 이러한 바닥이나 지면에 해당하는 것이 곧 토양단면(土壤斷面)에서 암석이 풍화된 위 부분(A층과 B층)인 토양을 말한다.

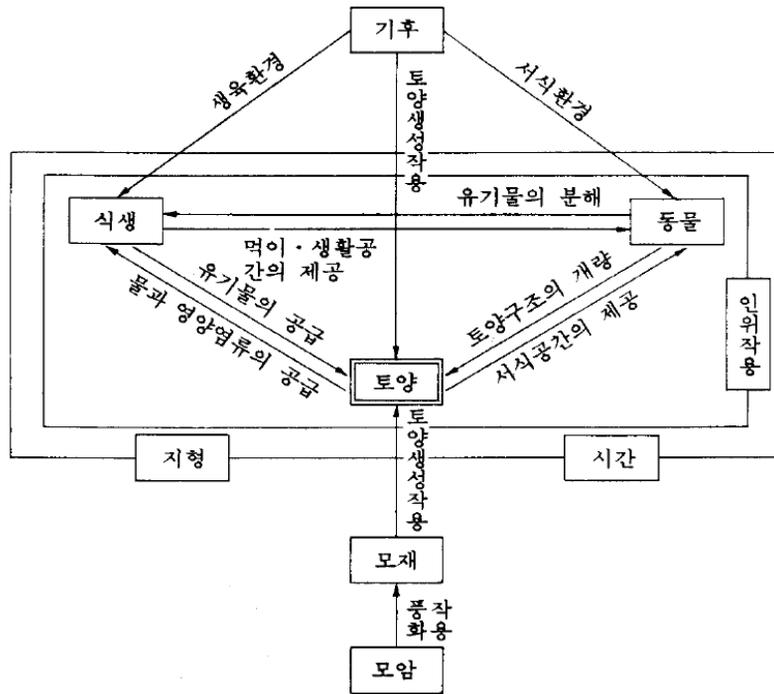


<그림 1-1-7> 토양체와 토양단위체

1.6.2. 토양 생성인자

지표면을 구성하고 있는 암석은 장구한 세월 동안 비바람의 풍화작용에 따라서 점점 잘게 부서져 다시 식물과 물의 작용으로 부서지는 과정이 계속되어 토양이 형성된다. 이 과정에서 암석 중의 여러 성분이 유출되기도 한다. 이와 같은 작용은 기상

조건과 지형, 생물, 모암에 따라 다양한 형태로 나타나 많은 종류의 토양이 형성된다. 토양생성에 관계된 인자는 기후, 모재, 지형, 생물, 시간, 인위 등인데 이들 인자가 서로 작용하여 토양을 만든다. 이를 토양생성작용이라 하며, 지역적인 차이가 크지 않은 조건 하에서 토양특성은 모재와 지형에 의해 좌우된다. 이러한 토양생성 인자간의 상호관계는 그림 1-1-8에서 보는 바와 같다.



<그림 1-1-8> 토양생성인자간의 상호관계

1.6.2.1. 기후

기후가 토양생성작용에 미치는 영향은 매우 크며 특히 강우량과 습도는 중요한 인자로서 주로 토양 중 유기물, 토양 수분 함량 및 점토광물의 생성과 암석 풍화에 영향을 준다. 우리나라 연평균기온은 7~14℃이고, 연강수량은 600~1,500mm이며, 연강수량의 60% 이상이 7~9월에 집중한다. 이와 같은 우리나라 기후의 특징은 만주 및 몽고지방의 대륙성 기후와 일본의 해양성 기후의 중간적인 성질(반도성 기후)을 형성하므로 겨울에는 한랭 건조하고 여름에는 온난 다습하여 온도의 차가 심하고 증발산량이 많아 토양은 건조하고 척박한 토양이 생성되기 쉬운 기후 특성을 갖고 있다.

1.6.2.2. 모재

암석은 토양의 모재로서 토양의 성질에 관계가 깊을 뿐만 아니라 토양생성인자의 하나인 지형의 형성에 크게 관여하고 있다. 한국의 지질은 화강암, 화강편마암 및 석회암이 주종을 이루고 있는데 석회암은 주로 경상도, 강원도 일부 지역, 화강암 및 화강편마암은 그 외 전국지역, 그리고 화산암은 제주도와 울릉도에 분포되어 있다. 토양의 생성은 모암과 관계가 깊으며 풍화에 의하여 식질(植質)이 되기 쉬운 것, 혹은 제3기 홍적세의 퇴적물과 같이 미고결(未固結)의 재료에서 유래한 것 등은 토층이 치밀하여 층위의 발달도 불량하게 되기 쉬운 것도 있다. 또한 표면배수가 불량한 경우에는 표층 grei화의 경향이 있다. 고생대의 암석 등으로 비교적 세력화(細礫化)되기 쉬운 것은 공극이 많은 토양이 생성되며 일반적으로 부식 등의 침투가 좋고 층위 발달도 양호하다. 화산회에 유래하는 토양은 미사질(微砂質)~식질(植質)인 토양이 되어 일반적으로 보수력 및 인산흡수력이 강하다.

1.6.2.3. 지형

지형은 기후에 큰 영향을 주며 특히 토양물질의 안정도, 퇴적상태 및 수분상태에 영향을 준다. 사면지형에는 토양의 모 재료나 생성과정 중의 토양이 사면을 따라 이동하여 침식, 포행, 퇴적 등이 진행되어 토양층위의 발달에 차이가 생긴다. 저지 및 평탄지는 경사지에 비하여 토양수분 함량이 달라 토양배수 등급에 차이가 있으며 급경사지는 평탄지에 비하여 토양침식이 심하므로 일반적으로 토심이 얇다.

우리나라 산지는 태백산맥이 동으로 치우쳐 있어 동해 쪽은 급경사를 이루고 있으며 서해 쪽은 완경사면을 이루고 있다. 산악지 사이에는 경사가 비교적 완만하고 해발이 낮은 구릉지가 분포하며, 구릉지 하부에는 곡간지가 분포한다. 이와 같이 각 지형에 따라 분포되어 있는 토양의 종류가 달라 산악지에는 갈색산림토양 및 암쇄토양이 분포하고, 낮은 구릉지에서는 적황색토양이 주로 분포한다.

1.6.2.4. 식생

지상에 생육하는 수목이나 초목의 낙엽, 낙지 또는 토양내 뿌리의 고사유체(枯死遺體) 등은 토양의 유기물 공급원으로서 매우 중요하다. 현재 우리나라의 임상은 대체로 유령림이 주종을 이루고 있어 산악지 일부를 제외하고는 토양중 유기물의 함량이 적으며 비교적 담색(淡色)토양이 많다.

난대림, 즉 상록활엽수대는 북위 35° 이남의 지역으로서 연평균기온이 14℃ 이상이며 주로 남부해안에 연한 좁은 지방과 제주도와 그 부근의 섬들이 이에 속한다. 이 산림대의 고유임상인 상록활엽수림의 대부분이 산화와 벌목으로 파괴되어 낙엽활엽수림, 침엽혼효림, 소나무림으로 바뀐 곳이 많다.

온대림, 즉 낙엽활엽수대(落葉闊葉樹帶)는 북위 35°~43°2′ 에 이르는 지역으로 산악지역과 높은 지대를 제외한 연평균 기온 5~14℃인 지역이다. 온대림의 고유임상인 낙엽활엽수의 대부분은 사람에 의해 파괴되어 소나무림으로 변화하여 준극성상을 이루고 있으나, 계속적으로 파괴된 곳은 황폐된 곳도 많다. 온대림은 다시 온대남부, 온대중부, 온대북부의 세 지역으로 나눈다.

한대림, 즉 침엽수대는 평지에서는 볼 수 없고 평안남북도와 함경남북도의 고원지대와 높은 산을 차지하는 지역으로서 연평균 기온이 5℃ 이하의 지역이다. 한대림의 고유임상인 침엽수림이 화재와 남벌로 파괴된 곳은 사스레나무, 자작나무, 사시나무, 황철나무, 느릅나무, 피나무류 등으로 이루어진 낙엽활엽수림 또는 이들과 잎갈나무의 침활혼효림으로 변하고 다시 천이(遷移)되어 잎갈나무의 순림으로 바뀐 곳도 많다.

1.6.2.5. 시간

시간은 토양생성인자의 한 요인으로서 시간의 경과와 함께 토양의 발달은 가속화된다. 토양의 생성연대는 토양이 발달해 온 시간을 말하며 토양은 생성초기에는 모재의 성질이 강하게 지배하지만 시간의 경과에 따라 모재의 특성이 약해지고 기후조건과 식생의 영향을 받아 환경에 적응하여 각각 특징을 가진 토양이 규칙적으로 분포하게 된다. 토양구조의 발달, 토양의 숙성화, 유기물의 분해 및 집적은 비교적 빠른 생성연대에 속하고 점토 및 철의 집적은 최적의 환경조건이라도 비교적 생성시간이 오래 걸린다.

1.6.2.6. 인위

인위에 의한 토양 성질의 변화는 특히 농경지에 있어서 크며 임지에 있어서도 벌채나 식재 등으로 토양성질변화에 막대한 영향을 미친다. 특히 고려, 이조시대의 도자기문화의 발달에 따른 다량의 화목재 필요와 동절기 혹한으로 인한 연료가 필요물자였던 관계로 인위에 의한 산지의 황폐가 급속히 진전되어 왔다. 그러므로 완전히

성숙된 산림토양도 인위에 의해 미성숙도로 변하기 쉽다.

1.6.3. 토양 생성작용

토양생성인자의 질적, 양적 차이에 따라 여러 형태의 토양이 만들어지며 이 과정에서 토양생성작용이 강하게 작용한다. 현재까지 개념적으로 밝혀진 특징적 토양생성작용은 다음과 같다.

1.6.3.1. 염류화 작용

건조한 사막지대는 지표의 증발산작용이 크므로 모세관작용에 의하여 지하수가 지표 부근으로 올라와 염류가 집적되는데 이를 염류화작용(salinization)이라 하며, 염류 식물은 그 활동을 돕는다. 지하수위가 높거나 정체된 곳에서 많이 발견된다.

1.6.3.2. 석회화 작용

온대 및 냉온 지방에서는 건조 및 반건조 지역, 열대지방에서는 건기가 있는 기후대에서 나타난다. 석회화작용(calcification)은 염류화작용과 같은 기작으로 일어나나 주로 식물뿌리가 지하수를 흡수하여 발생한다. 건기와 우기가 반복되는 곳에서는 이 작용이 억제되는데, 건기에는 Ca 등이 상승하는 토양수와 함께 지표로 올라와 침적되나 우기에는 반대로 내려간다. 그러나 용탈되지 못한 Ca과 Mg은 화합물로 토양에 남아 있다.

1.6.3.3. 라테라이트화 작용

라테라이트화작용(laterization)은 토양내 규산 유실에 따라 철과 알루미늄화합물이 토양층에 남아 있는 작용으로 주로 열대지방에 많다. 열대지방은 강우량이 많고 기온이 높아 암석의 화학적 풍화작용과 유기물의 분해작용이 빠르게 진행되고 그 결과 모재와 유기물에 있는 염류의 용탈이 심하다. 토양이 중성에서 약알칼리성일 때 규산은 무수규산이 되어 물에 녹기 쉽다. 무수규산은 우기에 용탈되어 결국 철(Fe)과 알루미늄(Al)으로 산성을 띠는 적색~적황색의 토양이 생성된다. 그러나 사바나기후 등의 건기가 있으면 이 작용은 발생하지 않는다.

1.6.3.4. 점토화 작용

점토의 이동·집적작용은 최근에 문제가 되고 있는 토양생성작용으로서 고체상태의 점토입자가 물에 분산된 후 토양 중의 공극을 통해 밑으로 이동하여 퇴적하는 작용을 점토화 작용(siallitization)이라 한다. 따라서 점토의 이동은 점토입자의 분산조건과 크기에 좌우된다. 어떤 종류의 유기물이 금속원소를 갖고 점토에 흡착하거나, Na과 K가 다량으로 흡착된 점토는 이동하기 쉽다. 점토가 아래로 이동할 경우 토양내 공극이 많으면 많을수록 그 속도가 빠르다. 이 작용이 발달하여 하층에 점토가 쌓이면 물의 이동이 어려워져 표층에 물이 정체되고 토양은 환원상태가 된다.

1.6.3.5. 포드졸화 작용

포드졸화 작용(podzolization)은 여러 가지 토양생성작용 중 가장 특징적이다. 지표에는 철과 알루미늄이 수용성의 유기물에 용해되어 나오고 하층에 유기물 등이 퇴적되는 작용이다. 한냉다습한 조건에서 전형적으로 나타나며 물의 이동방향이 항상 밑으로 내려가므로 염류가 상승하지 않는다. 한냉다습한 곳은 유기물의 분해가 늦어 토양표층에 유기물층이 두껍게 퇴적하고 미생물의 활동도 억제되므로 polyphenol과 polysaccharite 등 미분해 수용성의 유기물이 산출되어 철과 Al을 감싸고(chelate작용) 하층으로 이동한다. 보통 강산성 토양에서 진행되며 표층의 점토광물은 부분적으로 변질 생성되는데 특히 montmorillonite 점토광물이 많이 생성된다.

표층에서 생성된 Fe, Al 유기물복합체는 산성이 적은 토양에 유기물→Fe→Al의 순으로 집적된다. 이작용으로 표층은 규산질이 되고 Fe, 염기류가 결핍된 회백색을 나타내며 그 아래에 암갈색의 부식집적층, 그 밑에 적갈색의 철과 알루미늄이 풍부한 층이 생긴다. Podzol 토양은 강우가 많더라도 볼록형(凸형) 지대와 같이 위와 옆에서 물의 공급이 없는 장소에서 생성되기 쉬우며 podzol화 작용은 토양표층에 두꺼운 퇴적부식층이 있어야 생기는데 열대다우림에서도 생성될 수 있다. 이 퇴적부식층은 유기물 분해가 어려운 조건일 때 잘 만들어진다. 또 토양내 염기가 적고 배수가 잘 되면 podzol화가 촉진된다. 따라서 화강암과 유문암 지대에 podzol 토양이 많이 분포하며, 일본에서는 주로 아고산대 이상 침엽수림지대의 능선부분에서 나타나고 우리나라에서는 아직 발견된 바 없다.

1.6.3.6. 그레이화 작용

철은 산소가 많으면 3가형(Fe^{+3})으로 존재하며 녹슨 철의 색을 띠지만, 산소가 부족한 수용액 중에서는 전자가 가해져 담청색의 2가가 된다. 즉 Fe^{+3} 가 산소의 부족으로 Fe^{+2} 로 되는 것을 환원이라 한다. 토양에서 산소가 부족하게 되면 환원상태로서 회색 또는 담청색이 되며 이것을 glei화작용(gleization)이라 한다. 지하수가 정체하여 미생물활동에 필요한 산소가 부족할 때 생긴다. 그러므로 유수상태에서는 이 현상이 없다. 이 작용으로 생긴 2가철은 물에 녹기 쉬우므로 서서히 이동하여 뿌리 근처의 산화가 일어나는 장소에서 다시 3가의 갈색 철이 되어 침적한다. 그레이화 작용은 오목하여 물이 모이기 쉽고 또 물이 정체하기 쉬운 장소에서 나타난다. 지하수의 정체에 의하여 glei화작용이 일어나면 무기양분이 상당히 많아져 약산성을 띤다.

1.6.3.7. 표층환원 작용

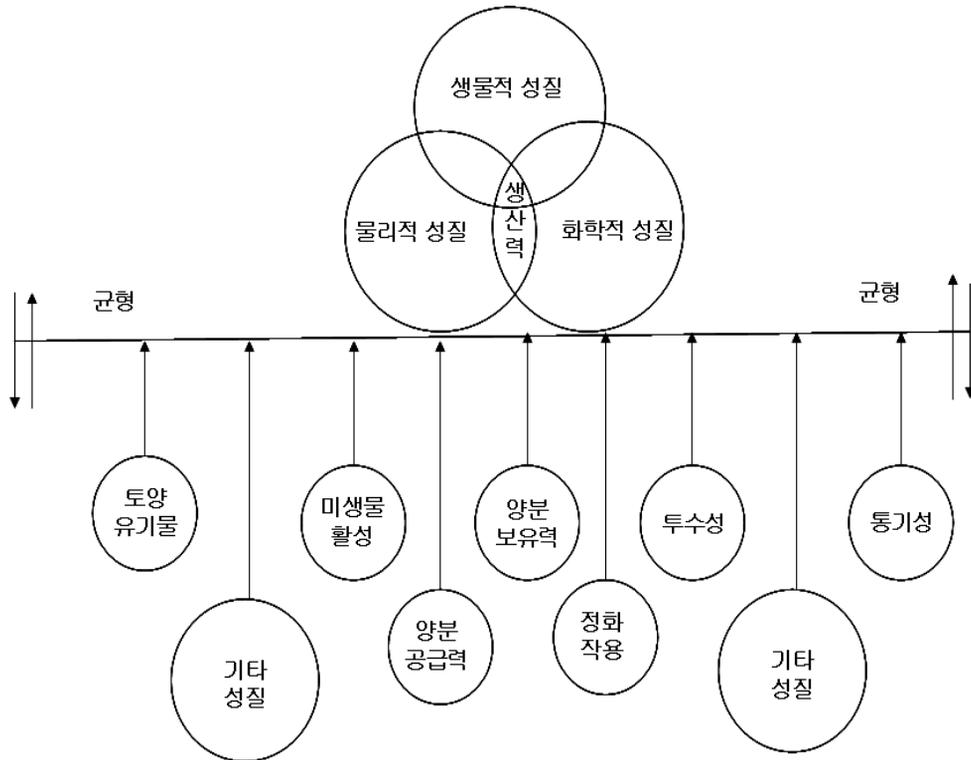
다습하고 지형이 평탄한 곳은 부분적으로 podzol과 유사한 청색 또는 회백색의 표층과 그 밑에 황색 또는 적황색의 철로 된 층을 가진 토양이 형성된다. 이와 같은 토양은 하층이 치밀한 점토질로 되어 있는 경우가 많고 평탄지이므로 배수가 나쁘다. 따라서 glei화작용과 같이 정체수에 의한 환원작용의 생기나 정체수는 무기성분을 함유한 지하수라고 하기 보다는 거의 빗물이므로 환원작용에 의하여 생긴 2가철은 서서히 용출되어 주로 수평방향으로 물과 함께 없어진다. 따라서 표층에 회백색의 환원층이 생기며 하층에는 철이 집적되는데 이 층의 철결정물은 3가철(Fe^{3+})로 가장 환원적인 것으로 되어 있다. 이러한 토양은 눈과 비가 많이 오는 지방에 많이 분포한다.

1.6.3.8. 이탄집적 작용

토양 수 미터 깊이까지 식물의 유체가 완전히 썩지 않은 채로 퇴적되어 있는데 이 두께는 연평균 약 0.5mm씩 증가하며 이러한 미분해된 식물 유체를 이탄이라 한다. 이탄집적(peat accumulation)은 유기물이 미생물과 토양내소동물의 활동이 억제되어 분해되지 못한 곳에 나타나며, 항상 산에서 차가운 눈과 물이 공급되고 물이 모이기 쉬운 지형으로서 여름에 구름이 많은 장소가 이탄생성의 최적지이다.

1.6.4. 산림토양의 성질

산림토양은 크게 물리적, 화학적 그리고 생물학적(또는 미생물학적) 특성으로 구분해 볼 수 있는데, 이들 성질은 각각 독립적이지 않고, 상호 밀접한 관련성을 가지고 있다. 이러한 산림토양의 성질은 일반 농경지 토양과 식물의 생산기반으로서의 토양이라고 하는 큰 의미에서의 기본적인 특성에는 일치하는 점이 있으나 경작의 유무, 지형, 식생유형, 미기상 등의 요소들에 의해 발달과정 및 형태적 특성뿐만 아니라 그로 인한 물리화학생물학적 성질도 차이가 있다. 임업적인 측면에서 이들 산림토양 성질에 대한 정확한 파악과 그를 바탕으로 한 최적 관리는 1차적인 식물생산량 이외에도 지속가능한 임지생산력의 유지라고 하는 궁극적인 목표를 달성함에 있어 전제되어야 할 부분이다.



<그림 1-1-9> 산림토양의 여러 성질과 균형의 의미

1.6.4.1. 물리적 성질

식물 생장의 모체인 토양은 고상(mineral particle), 액상(soil water), 기상(soil air)으로 구성되어 있으며, 이들 삼상(三相) 사이의 물리, 화학, 생물학적인 관계는 상호간의 특성이나 온도, 압력, 광 같은 외적인 인자에 의해 영향을 받는다. 임목의 생장과 분포는 이러한 외적인 조건과 토양의 물리적 성질에 따라 상당한 차이가 있는 것으로 알려져 있다.

산림토양의 일반적인 물리적 성질은 토양을 구성하고 있는 입자의 입경조성, 각 입자의 공극조성, 공극을 채우고 있는 물과 공기의 상태와 성질, 토층의 견밀도 등이 주를 이룬다.

자연토양인 산림토양의 물리적 성질은 인위적으로 교란되어있지 않은 자연상태의 토양을 조사해야만 정확한 성질을 파악할 수 있다. 양호한 임목생장을 기대하려면 토양에 양분과 물이 충분하고, 공기의 유통이 자유로우며, 뿌리발달이 제한되지 않도록 해야 한다. 산림토양의 화학적 성질이나 생물학적 성질은 여러 가지 인위적 시업관리를 통하여 변화 될 수 있지만 토성, 토색 등과 같은 몇몇 물리적 성질은 쉽게 변화시킬 수 없다.

가. 토 성

토성(soil texture)은 하나의 주어진 토양내 여러 가지 광물질 입자의 비례적인 크기의 비율을 말한다. 미농무성법의 기준에 따르면 입경 2mm 이상의 입자를 자갈, 2mm 이하의 세토로 구분하는데, 이중 입경 2mm 이하의 광물질에 대하여 직경 2mm~0.05mm까지를 모래(sand), 0.05mm~0.002mm까지를 미사(silt), 0.002mm 이하를 점토(clay)로 세분하여 분류한다.

이러한 입자 중 모래와 미사는 기계적 풍화로 다시 가늘게 부서지고 점토는 화학적 풍화작용을 받아 점토광물을 생성한다. 점토는 모래나 미사와는 달리 토양에서 부식과 결합하여 유기·무기 콜로이드를 형성한다. 콜로이드(colloid)는 미세한 입자이기 때문에 단위중량당 표면적이 아주 크므로 이에 의하나 표면활성은 다른 물질을 흡착, 팽윤, 응집하는 특성을 갖고 있어 토양의 물리적인 기능을 크게 하는 역할을 한다.

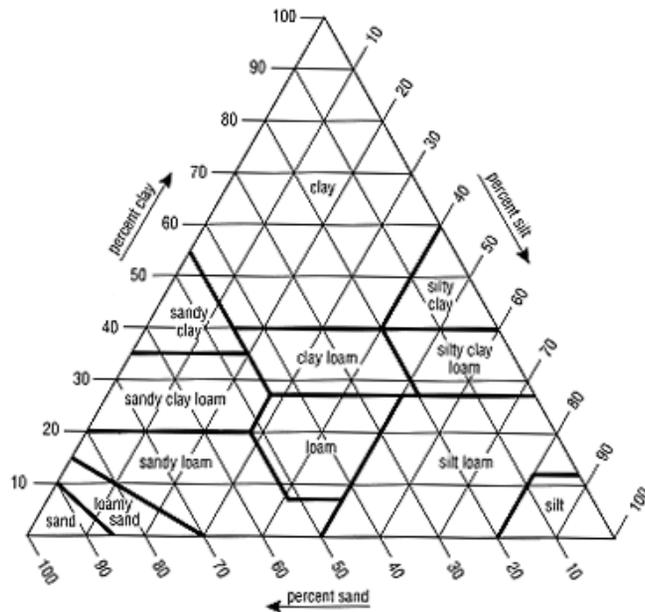
토양내 입경조성분석방법에는 피펫법(pipette method)과 비중계법(hydrometer method)이 있다. 피펫법은 입경의 침강하는 데 걸리는 시간이 다른 것을 이용하여 미사는 20℃의 현탁액에서 정지한 후 4분 48초 만에, 점토는 8시간 후에 깊이 10cm부분을 피펫으로 취하고 증발 건조한 다음 무게를 구한다. 0.05mm 이상은 모래이므로 체

로 쳐서 구분한다. 비교적 정교한 반면에 시간이 많이 걸린다. 비중계법은 일정한 시간별로 토양현탁액에 비중계를 넣고 비중의 변화를 그래프로 그리고 표에 의하여 입경을 계산한다. 비중계법은 비교적 빠르고 작은 기구로 측정하므로 가장 널리 쓰인다.

<표 1-1-5> 토양의 입경구분

구 분	지 림(mm)		토양 1kg당 입자수	표면적 (cm ² /g)
	미국 농무성법	국제 토양학회법		
자갈(gravel)	>2.00	>2.00	-	-
왕모래(very coarse sand)	2.00-1.00	-	90	11
조사(coarse sand)	1.00-0.50	2.00-0.20	720	23
중모래(medium sand)	0.50-0.25	-	5,700	45
세사(fine sand)	0.25-0.10	0.20-0.02	46,000	91
고운모래(very fine sand)	0.10-0.05	-	722,000	227
미사(silt)	0.05-0.002	0.02-0.002	5,776,000	451
점토(clay)	<0.002	<0.002	90,260,853,000	11,342

토양의 기계적 분석으로 모래, 미사 및 점토의 백분율을 산출하여 삼각도표를 이용하면 토성을 알 수 있다. 미농무부법(USDA)에 의한 토성의 구분은 그림 1-1-10과 같다.



<그림 1-1-10> 토성 3각도표

산림의 생산성과 토성과의 관계는 직접적인 영향보다 간접적인 영향이 더 크다. 토심이 깊고 굵은 모래가 많은 토양은 양분요구도가 낮고 내건성이 강한 소나무류와 측백나무류 위주의 불량한 임분이 조성되기 쉽다. 이곳에 점토나 미사를 첨가하면 보수력과 보비력이 증대하여 어느 정도까지 생산성이 증가한다. 토성은 수분, 양분, 통기성이 좋으면 임목생장에 큰 영향을 주지 못하나 이러한 조건이 불량한 산정에서는 중요하다. 토성은 식생천이에 의하여 그 지역에 있는 수종의 요구에 따라 약간씩 변한다. 선구수종(pioneer plant)은 외래수종의 침입 전에 유기물함량을 증가시켜 임목생장에 긍정적인 효과로 작용한다.

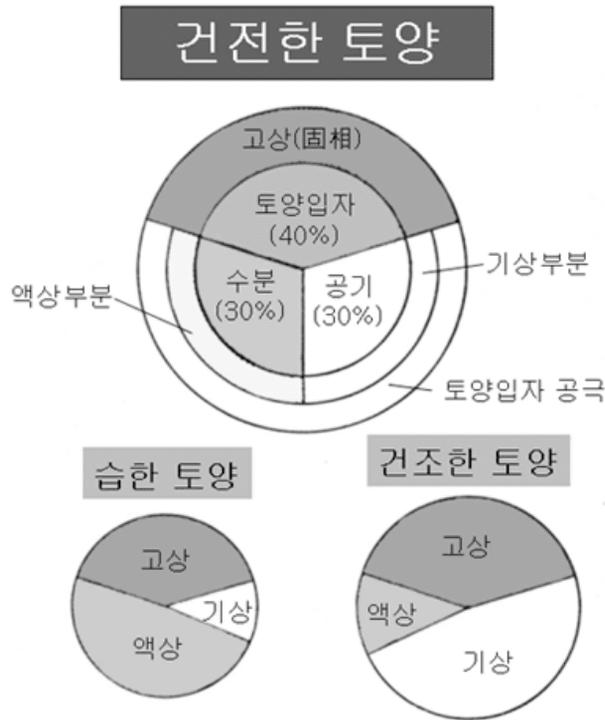
토성은 산림생산성에 직접적으로 영향을 미치기 보다는 간접적으로 영향을 미치며, 토심이 깊고 굵은 모래가 많은 토양은 양분요구도가 비교적 낮고 내건성이 강한 소나무류, 참나무류, 오리나무류 등이 생육할 수 있으나 생산성은 높지 않다. 그러나 이러한 사질토양에 점토나 미사를 최적 수준으로 첨가하면 수분이나 양분보유력이 증가하여 어느 정도까지 생산성을 증가시킬 수 있다. 또한 이러한 사질토양에 미사질이나 점토질층위가 존재하는 지역은 수분이나 양분보유력이 증가되어 산림생산력이 증가될 수 있다. 양토나 식토의 경우 한냉한 지역에는 가문비나무, 전나무, 단풍나무류, 피나무류와 같은 수분이나 양분요구량이 높은 수종이 생육하며 온난한 지역에서는 활엽수류가 생육 가능하다. 그러나 수분, 양분, 통기성이 좋은 토양에서 토성은 임목생장에 큰 영향을 미치지 않지만, 이러한 조건이 불량한 산정에서는 토성이 주요인자로 작용한다. 토성은 식생천이에 의하여 그 지역에 있는 수종의 요구에 따라 약간씩 변한다. 선구수종은 외래수종의 침입 전에 유기물함량을 증가시켜 임목생장에 긍정적인 효과로 작용할 수 있다.

<표 1-1-6> 토성별 수종생장 적지

토 성	수 종
사 토	소나무, 리기다소나무, 버드나무, 아까시나무, 황철나무류 등
사 양 토	대부분의 수종 생장 가능
양 토	잣나무, 참나무류 등 대부분 수종 생장 가능
미사질양토	잣나무 등 대부분 수종 생장 가능
식 질 양 토	소나무류, 전나무 등
식 토	낙엽송, 서어나무, 가문비나무, 뱃나무 등
석 력 토	대나무, 밤나무 등

나. 토양 삼상

토양은 고체, 액체, 기체로 이루어진 삼상, 즉, 고상, 액상, 기상으로 구성되어 있다. 이와 같은 고상, 액상 및 기상을 토양 3상(三相, three phase)이라고 하며, 토양의 전체 용적에 대한 삼상의 용적비율(%)을 삼상조성이라고 한다.



<그림 1-1-11> 토양종류별 토양 삼상 분포

(1) 고 상

토양의 고체부분을 고상(solid phase, mineral particle)이라고 하는데, 이는 미생물과 동식물의 등의 유기체와 모래, 자갈, 1차 및 2차광물 등의 무기물로 구성되어 있으며, 그 조성은 매우 복잡하다. 토양의 1차 및 2차 광물의 조성은 모암의 광물 조성의 영향을 받는데, 그 토양의 생성과정, 즉 풍화와 토양생성작용에 따라 크게 달라진다.

(2) 액 상

토양의 액체부분을 액상(liquid phase, soil solution)이라고 하며 토양수 또는 이라

고 한다. 액상의 조성은 토양의 종류, 환경조건, 관리상태 등에 따라 다르며, 유기물질과 무기물질이 용존해 있는 수용액이다. 토양수분은 토양에 있어서 물질의 형태변화와 이동 집적의 모체이며, 토양 중에서 수분의 동태는 풍화와 토양화에 큰 영향을 끼치고, 일반적으로 토양수분은 식물의 생육을 지배하는 중요한 인자이다.

(3) 기 상

토양의 기체부분을 기상(aero phase, soil air)이라고 하는데, 기상의 조성은 항상 변하고 있으나, 주로 질소, 산소, 아르곤, 이산화탄소, 수증기 등으로 구성되어 있으며, 일산화탄소, 질소산화물, 메탄올 등을 함유하기도 한다.

광물질 토층의 약 50%는 토양공극으로 이루어지며 토양공기는 토양 수분함량과는 역으로 변하게 된다. 통기성이 좋은 토양이란 토양내 빈 곳이 많다는 뜻이 아니라 gas의 출입이 비교적 자유로운 토양을 말한다. 토양공기 중 산소는 살아있는 뿌리나 호기성 미생물에 의해 소비되며 이산화탄소는 뿌리호흡이나 유기물의 분해과정동안 방출된 것이다. 대기와 토양사이에 가스이동은 교환(massflow) 또는 확산(diffusion)에 의해 이루어지게 되며 대기압차에 의해 일어나는 가스교환은 비교적 중요치 않은 반면에 확산은 토양내 가스이동의 중심적인 부분이다. 배수가 양호한 표토층의 산소량은 대기에서의 산소함량(20%)과 크게 차이가 나지 않는데 그 이유는 대기와 토양 공기 사이에 가스의 확산에 의한 이동 때문이다. 토양산소의 결핍은 답압의 피해가 심한 토양이나 습한 토양에서 일어날 수 있으며, 토양이 계속적으로 정체된 물에 의해 포화되어 있다면 산소함량이 줄어들어 식물생장에 나쁜 영향을 미치게 된다, 그러나 일반적으로 토양 산소함량이 2% 정도라도 그것이 짧은 기간 지속된다면 임목에는 크게 영향을 미치지 않으며 오리나무, 낙우송, 가문비나무류는 토양 공기 중에 산소량이 낮아도 생장을 지속할 수 있다. 그러나 묘목의 경우 10% 이하가 되면 생장이 감소된다. 대기와 뿌리사이에 가스이동이 불량할 때는 토양에 이산화탄소나 여러 가지 독성물질이 축적될 수 있다. 토양미생물의 수 역시 토양공기의 영향을 크게 받는데 토양내 호기성미생물은 산소가 없으면 유기물분해 등과 같은 기능을 발휘할 수 없기 때문에 늪지대의 경우 유기물 분해율이 감소하여 식물유체가 계속적으로 축적될 수 있다. 한편 혐기성 또는 부생성 미생물은 산소화합물을 이용할 수 있으며 임목에 피해를 줄 수 있는 철과 망간을 감소시킨다. 토양공기의 계절적 변화는 토양수분과 토양온도에 좌우되며 장마기를 제외한 여름에는 토양이 건조하므로 가스교환이 잘되고 산소량 또한 풍부하다.

다. 토양밀도

자연 상태의 토양의 밀도는 일정 용적의 건조토양 무게를 부피로 나눈 값으로서 무기질 입자 및 부식 외에 토양수분의 무게를 합한 것이다. 토양의 밀도는 진밀도(또는 진비중; particle density)와 가밀도(또는 가비중, bulk density, volume weight)로 나누며, 진밀도란 공극을 고려하지 않은 입자만의 밀도로서 비중병을 사용하여 치환된 물의 무게를 기초로 산출하며 광물질 토양의 진비중은 2.6~2.75g/cm³이며, 유기질 토양의 경우 1.3g/cm³ 정도이다. 가밀도는 공기와 수분을 포함한 용적비로서 일정용적 내 건조토양의 무게를 그 부피로 나눈 값이며 공극량과 관계가 깊다.

토양 가밀도가 낮은 토양은 좋은 통기성을 가지나 토양 가밀도가 높은 토양은 통기성이 불량하고 공극량도 적다. 그러나 사토의 경우 높은 가밀도를 가지지만 통기성은 양호하다. 가비중이 증가하면 공극률은 감소하는데 특히 비모관공극의 감소가 크다. 산림토양의 유기물층의 가밀도는 0.2이며 A층은 0.8, B층은 1.0 내외이다. 유기물이 많을수록 가밀도는 낮으며 과도한 방목, 기계화작업, 휴양림으로 인한 답압은 가밀도를 높인다. 또한 토성에 따라 가비중이 다른데 사토에서 1.55 이상, 점토에서 1.75 이상이면 뿌리의 침투와 임목생장에 제한을 받게 된다. 사양토나 자갈이 많은 양질사토가 가비중이 크지만 토양수분이 20%가 넘으면 작아진다.

<표 1-1-7> 토성별 뿌리나 임목생장에 제한하는 가밀도 값

토 성	가밀도 (g/cm ³)	토 성	가밀도 (g/cm ³)
보통 또는 아주 거친 사토	1.77	미사, 미사질양토	1.55
세립질 사토	1.75	미사질식양토	1.50
사양토	1.70	미사질식토	1.45
양토, 사질식양토	1.65	식토	1.40
식양토	1.60		

라. 토양공극

토양에서 고체입자를 제외한 부분으로서 공기와 물이 채워져 있는 곳을 공극(pore volume)이라 한다. 공기와 물의 구성비는 항상 변화하여 건조 토양내에는 공기가 대부분이고 습한 토양에는 물이 많다. 거친 입자의 토양은 공극이 크나 점토가 많은 토양보다 총공극량은 적다. 왜냐하면 점토는 모래보다 공극량이 많아 가밀도가 낮으며

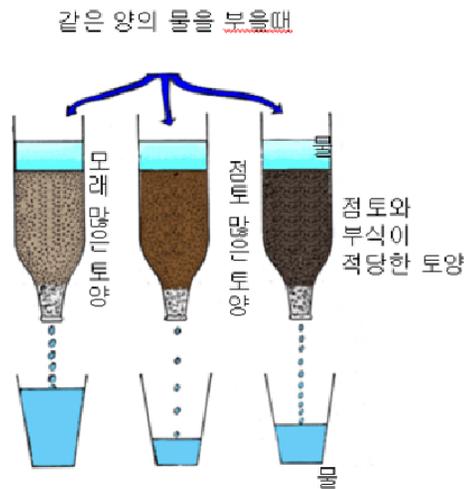
로 단위부피당 무게도 가볍다. 토양의 공극률은 다음과 같이 계산한다. 여기서 토양의 진밀도는 2.65로 거의 일정하다.

$$\text{공극률} = 100 - (\text{가밀도/진밀도}) \times 100$$

토양공극은 편리상 모세관공극(capillary pore)과 비모세관공극(non-capillary pore)으로 구분하는데, 공극의 크기가 작은 모세관공극량이 많은 토양은 수분보유능이 높고 침투속도가 느리며, 비모세관공극이 많은 토양은 통기성이 좋고 침투능이 빠르며 수분보유능이 낮다. 사토질 양토는 공극률이 35~50%이며, 양토와 식토는 40~60%이다. 토양유기물의 양과 특성 및 동물의 활동은 공극에 영향을 준다. 토양공극은 답압에 의하여 감소하며 공극률이 25~30%인 경우도 있다. 산림토양의 공극은 전토심에 걸쳐 농지토양보다 큰데 농지는 연작으로 유기물과 대공극이 감소하기 때문이다. 산림토양의 공극률은 보통 30~65%이며 혼효임분의 토양은 단순임분의 토양보다 공극률이 비교적 높다. 개벌은 뿌리썩음과 토양교란으로 공극률을 증가시킬 수도 있으나 토양 유기물층의 파괴와 기계나 강우의 작용으로 공극률이 감소한다. 토양형별 침투능은 다음 표 1-1-8과 같다.

<표 1-1-8> 토양형별 침투능

토양 층위	갈색산림토양	미숙토양	화산회토양
A	59-103	156	60-115
B	100-113	114	-



<그림 1-1-12> 토양종류별 보수력

마. 토양구조

토양구조(soil structure)란 개개 토양입자나 입단(aggregate)의 공간적인 배열 또는 배합상태를 말한다. 수분이동, 통기성, 가비중과 같은 토양성질은 토양의 입단이나 여러 가지 크기의 토양입자에 의해 크게 영향을 받는다.

토양을 구성하고 있는 모래, 미사와 점토는 더 이상 분리될 수 없는 최소입자로서 1차 입자라 한다. 실제로 산림토양에는 1차 입자가 단독으로 있는 경우는 거의 없이 미숙토나 모래언덕과 같이 모래로 되어 있는 것을 제외하고는 1차 입자가 결합된 흩덩어리가 대부분이다. 이것을 입단(2차입자, aggregate)이라 한다. 토양입자는 모암의 특성과 토양의 물리학적 진행에 의해 형성되며 염기의 유무, 뿌리의 생장과 부후, 토양의 동결과 융해, 건조와 습윤, 토양미생물 등의 영향을 받는다.

균사와 미생물의 분해 및 합성과정에서 생기는 중간생성물은 효과적인 토양안정제이며, 산불은 토양콜로이드의 탈수작용을 유발하여 입단형성을 증가시킨다. 지렁이, 노래기 등과 같은 토양 소동물은 표토층에 토양 입단화나 토양구조를 잘 발달하게 해준다. 산림식생이 잘 발달된 지역은 토성에 관계없이 토양구조가 잘 발달되고 유지될 수 있다. 토양구조는 공극이나 여러 가지 물리적 성질과도 밀접한 관계를 가지며 임목의 생장과도 높은 상관관계를 가진다. 또한 좋은 구조를 가지는 산림토양은 답압이나 침식에 대한 저항성이 높다.

토양구조는 발달정도나 크기에 따라 세분되는데 형상에 따라 분류하면 판상(platy), 각주상(prismatic), 원주상(columnar), 각괴상(angular blocky), 아각괴상(subangular blocky), 입상(granular) 등으로 분류된다. 우리나라 산림토양에서는 토양구조를 단립상(single grain), 벽상무구조(massive), 세립상(fine granular), 입상(granular), 견과상(nutty), 괴상(subangular blocky), 단립상(crumb) 구조로 분류하고 있다. 토양구조의 발달은 토성의 영향을 많이 받으며 사토의 경우 단립구조가 우세한 반면 점토를 많이 포함하는 토양은 다양한 구조를 가진다. 우리나라 산림토양에서 주로 관찰되는 주요 토양구조의 특성은 다음과 같다.

- ▶ 단립(單粒) : 사구와 같이 토양입자가 단독으로 배열된 구조.
- ▶ 단립(團粒) : 수분이 많고 부드러우며 수 mm의 작은 입자로 구성. 항상 습윤하여 토양동물과 미생물의 활동이 많은 곳에 발달하며, 이화학성이 가장 좋음.
- ▶ 입상(粒狀) : 비교적 작은 입자(2-5mm)로 구성되어 있으며 딱딱하고 치밀함. 건조하지만 유기물이 많은 곳에서 주로 발달함.

- ▶ 견과상(堅果狀) : 각 모서리나 변이 둥글고 다면상으로 밀하게 조성되어 있으며 입자는 1~3cm로 큼. 건조함과 습윤함이 반복되고 점토함유율이 많은 토양에 발달하며, 벽상구조와 같이 물리성이 불량하고 뿌리생장도 나쁨.
- ▶ 괴상(塊狀) : 다면상이고 각이 비교적 둥글며 표면이 약함. 입자도 1cm 이상이며 건조의 차가 없는 토양의 B층에 출현함. 적윤한 토양의 하부와 공중습도가 높고 일시적으로 건조한 토양표층에 잘 발달하며 이화학성은 비교적 양호함.
- ▶ 세립상(細粒狀) : 건조의 영향을 심하게 받아 발달한 구조로서 수분의 침투가 어려워 이 구조가 발달한 토양은 공극은 많으나 수분이 적어 임목생장이 불량함.
- ▶ 판상(板狀) : 입단의 배열이 판자상이며 단단하고 수평으로 발달됨.
- ▶ 벽상(壁狀) : 토양 전체가 긴밀하게 모여 있으나 일정한 구조가 없으며 항상 습윤한 토양의 하층토에 많음. 공극이 적어 공기가 부족하고 고상과 액상이 많다. 습한 곳에서는 물리성이 나쁘고 뿌리는 산소부족으로 고사하는 경우가 많음.



괴상구조



각괴상구조



단립(團粒)구조

<그림 1-1-13> 토양구조의 형상

바. 토 색

토색(soil color)은 외관상 뚜렷하게 나타나는 산림토양의 주요 특징 중의 하나이다. 토색은 토양층을 구별하게 하며 몇 나라에서는 이것을 토양분류에 이용하는데 예를 들면 황색포드졸토양, 갈색산림토양, 체르노젠펜(흑색토) 등이다.

(1) 토색의 발달

토색은 토양내의 부식, 철화합물의 양 및 형태와 밀접한 관계가 있다. 적색토양은 통기성이 좋을 때 생기며, 보통이면 황색토양이 된다. 토양내 반점(mottle)이 생기는 것은 통기가 잘 되거나 안 되는 것이 교차하기 때문이며, 망간화합물이나 유기물은 토색을 검게 한다. 규산질 토양의 명암은 유기물함량의 척도가 된다. 갈색토양에는 대체로 분해된 식물이 있다고 볼 수 있으나 때로는 분해되지 않은 비결정형의 물질이 있어도 색은 짙어진다. 습성토양에서는 부식의 집적이 계속되어 흑갈색의 A층이 두껍게 나타나지만 건성토양에서는 A층이 얇으며 회색 또는 회갈색을 띤다. 또한 해발이 높은 곳과 고위도 지방의 한랭지는 유기물의 분해작용이 완만하여 다량의 부식이 집적하므로 A층은 온난지방의 것과 비교하면 흑색이 더 강하고 두껍다.

(2) 토색과 임목생장

토색으로 지질, 풍화정도, 산화환원정도, 유기물함량, 철화합물과 같은 화합물의 용탈 및 축적을 판단할 수 있다. 그러나 토색이 토양상태를 알려주는 확실한 인자는 아니다. 토색이 짙으면 열의 흡수가 높는데 이것은 유기물이 많기 때문이며 가끔 토양 수분도 많다. 토색은 나지에서 토양온도에 영향을 주나 산림토양은 그 영향이 적다.

<표 1-1-9> 여러 토색이 갖는 토양 특성

토 색	특 성
흑 색	높은 유기물함량과 함께 비옥함. 그러나 배수가 불량할 수 있음. 토양온도는 낮음.
적 색	배수가 잘되며 상대적으로 건조함.
황 색	적색토양보다 상대적으로 습함.
회 색	점토, 석회, 염을 포함함.
청 색	산소의 결핍, 과도한 수분
갈 색	대부분의 산림토양. 유기물과 철산화물이 혼합
여러 색의 혼합	산화 환원이 교대로 일어남. 지하수위가 높고 변동이 심함.

(3) 토색의 판정법

토색은 건조할 때와 습할 때 다소 차이가 있으나 토색은 단면조사시 수분상태에 따라 조사한다. 토색은 토색칩에 나타나 있는 색상, 명도, 채도로 구분하여 표시하는데 국제적으로 Munsell(Munsell notation) 기호를 사용하나, 우리나라에서는 신평표준토색칩(일본 농림수산성 발행)을 사용하고 있다. 수직으로는 명도, 수평으로는 채도가 있어 우선 적, 황, 녹과 같이 색상이 결정되면 그 다음으로 명도와 채도가 결정된다. 대체로 우리나라 산림토양은 5YR~10YR 사이에 있다.

<표 1-1-10> 토색과 토양성질간의 관계

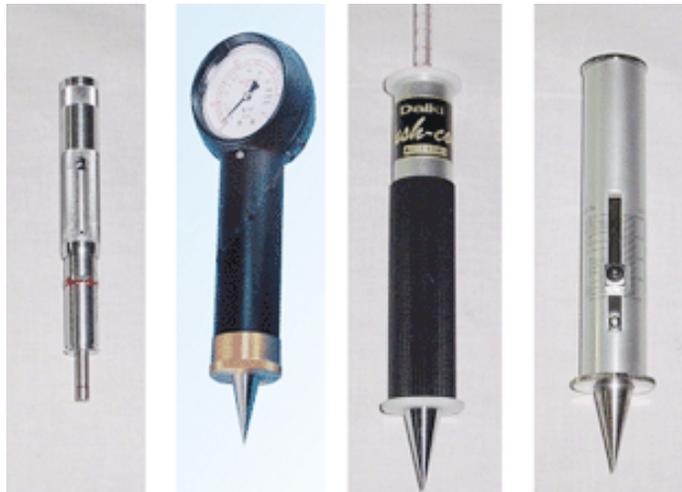
토 양 인 자	흑색, 흑갈색	황갈색, 갈색	황색, 담갈색
유 기 물	많 다	보 통	적 다
침 식	낮 다	보 통	높 다
통 성	높 다	보 통	낮 다
질소유효도	높 다	보 통	낮 다
비 옥 도	높 다	보 통	낮 다

8/	회백색		열은 황색			황색
	8/1	8/2	8/3	8/4	8/6	
7/	밝은 회갈색		진한 황색		황색	7/8
	7/1	7/2	7/3	7/4	7/6	
6/	갈회색	회갈색	진한갈색	6/4	6/6	6/8
	6/1	6/2	6/3			
5/	5/1	5/2	5/3	5/4	밝은 갈색	
					5/6	5/8
4/	4/1	4/2	갈색			
			4/3	4/4	4/6	
3/	흑갈색		짙은 갈색			
	3/1	3/2	3/3	3/4		
2/	흑색	2/2	극히 짙은 갈색			
	2/1		2/3			
1.7/	1.7/1					
	/1	/2	/3	/4	/5	/8

<그림 1-1-14> 표준토색칩내 토색의 배열

사. 견밀도

토양의 각 입자가 연결된 힘의 차이를 견밀도(soil consistence, hardness) 또는 경도로 표현하였다. 토양구조 및 공극상태로 판단하는 입자의 밀도로 토양입자의 밀착력의 강약과 공극의 다소 등 단면에서 나타나는 여러 가지 물리성을 종합한 것이다. 견밀도는 토양의 퇴적 양식, 임목의 생육조건에 양부를 판정하는 역할과 생물의 생육환경을 판단하는 지표가 될 수 있다. 토양의 견밀도는 토양에 힘을 주었을 때 저항하는 정도이므로 보통 견밀도측정기(penetrometer)나 손가락으로 눌러서 판단한다. 견밀도는 토양수분과 밀접한 관계가 있어 농업에서는 습, 건, 적윤일 때를 나누어 측정하며 견밀도는 뿌리의 호흡 또는 생장에 큰 영향을 주어 기계화 작업에 의한 답압은 대공극을 없애고 삼투압과 침투능을 감소시킨다.



<그림 1-1-15> 토양 견밀도측정기의 종류

아. 토양온도

토양온도(soil temperature)는 토양에서 발생하는 생물학적, 화학적 과정을 조절하며 종자의 발아나 생존과도 밀접한 관련이 있다. 토양온도는 대기의 온도에 따라 변하기 때문에 표토층의 온도변화는 심토층보다 심하다. 토양온도는 방위나 경사에 따라 변하며 보통 북쪽이나 동쪽사면보다 남쪽이나 서쪽으로 노출된 사면의 토양온도가 높다. 삼림에서 임관이나 임상은 토양온도의 급변을 완화해 주는 구실을 한다. 또한 임상내 낙엽층은 갑자기 발생하는 서리피해를 감소하는 역할을 한다. 토양온도는 묘목의 발아와 생장에 필수적이며 미생물활동, 양료이동, 동화작용, 임목생장에도 영

향을 미친다. 한대림에서 울폐된 임관은 토양온도를 더욱 낮게하여 종자의 발아를 지연시키며 묘목생장을 더디게 할 수 있다. 그러나 산림식생이 제거되면 토양온도가 과도하게 상승하여 묘목 발아에 치명적일 수 있다.

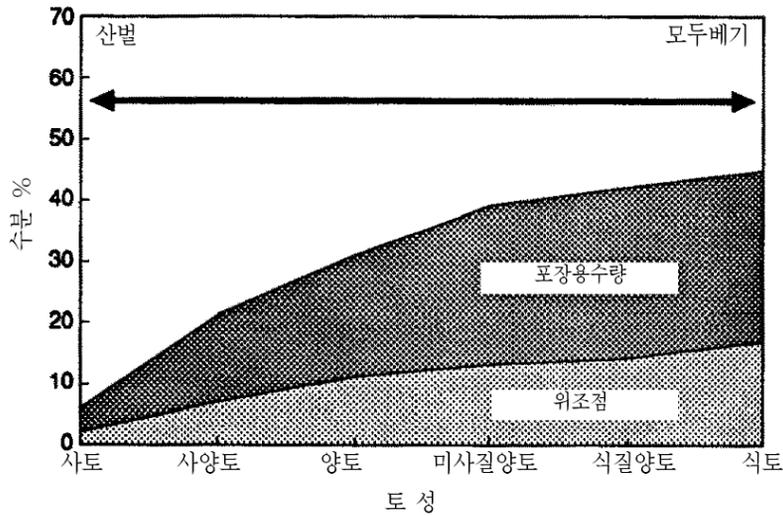
<표 1-1-11> 토양온도의 식물생장에 대한 영향

토 양 온 도	생장 상태
4℃ 이하	정 지
4 ~ 18℃	보 통
18 ~ 21℃	빠 림
21 ~ 29℃	보 통
29℃ 이상	정 지

자. 토양수

토양수(soil water)는 크게 중력수(gravitational water), 모세관수(capillary water), 흡착수(hygroscopic water)의 3가지로 구분이 된다. 중력수는 토양의 대공극을 따라 중력에 의해 자유롭게 이동하는 수분을 말하며 보통 토양내에 일시적으로 저장된다. 중력수는 측방으로 이동하거나 하층으로 이동하여 지하수위에 도달한다. 모세관수는 임목생장에 가장 유효한 수분이며 모세관수의 결핍은 토양표면의 증발정도나 식생에 따라 다르게 나타난다. 흡착수는 모세관수가 제거된 후 개개 토양입자 사이에 얇은 막을 형성하며 단단하게 결합되어 임목생장에는 유효하지 않다. 토성은 토양수 저장 능력에 가장 큰 영향을 미치며 토양구조나 유기물함량 등도 수분 저장능력에 영향을 미친다.

산림토양에서 수분조건은 임목의 성장과 임분의 발달, 분포 등에 가장 큰 영향을 미치며 산림생산력과도 밀접한 관련이 있다. 산림 토양수분은 쉽게 변화되지 않기 때문에 산림갱신시 토양수분관리를 위해서는 적절한 산림시업기술이 필수적이다. 즉 유효수분량이 많은 지역은 개별이 적합하며 유효수분량이 적은 건조한 토양에는 택 벌이나 산벌작업이 적합하다.



<그림 1-1-16> 토성 및 토양수분과 산림갱신과의 관계

차. 국내 산림토양의 물리적 성질

우리나라 산림토양의 물리적 성질 중 토성은 A층, B층 모두 제주도를 제외하고 대부분이 양토이다. 입경분포를 보면 A층의 모래함량 34%, 미사 47.4%, 점토 18.6%, B층 모래 33.1%, 미사 45.9%, 점토 21.0%로서 B층은 상부로부터 용탈된 점토성분 때문에 A층에 비해 높은 점토함량을 보이고 있다. A층의 토양 삼상은 기상(40.2%) > 고상(35.9%) > 액상(23.9%), B층은 고상(38.2%) > 기상(37.5%) > 액상(24.3%)으로 고상과 기상이 유사한 경향을 보이고 있다. 토양용적밀도의 경우 화산회 모재로부터 생성된 산림토양이 주를 이루는 제주지역이 A층 0.56g/cm³, B층 0.73g/cm³으로 타 지역 0.8~1.0g/cm³에 비해 매우 낮은 값을 보이고 있다.

1.6.4.2. 화학적 성질

토양의 화학적 성질은 일반적으로 물리성보다 임목생장에 미치는 영향은 적으나 최근 들어 관심이 높아져 왔다. 임목은 농작물에 비하여 비료요구도가 덜 하며, 만약에 산림토양의 토심이 깊고 뿌리가 넓게 분포하여 양분을 많이 흡수하고 양분순환도 증진될 수 있을 만큼의 양분만 있다면 임목생장에는 큰 지장이 없다.

토양의 화학성에 관여하는 주 요인으로는 탄소, 질소, 인산, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 등이며, 이들과 유기적 관계가 있는 물리·생물적 토양조건을 고려하여 판정하여야 할 것이다. 축고 습한 유기질토양에서 임목생장이 빈약한 이유는 토양 내 양분부족 때

문이 아니라 양분순환이 느려져 이용도가 낮고 뿌리의 발달이 제한되어 있기 때문이며 또한 풍화가 심한 토양이나 사토, 알칼리성 토양에선 임목생장이 느린 것은 화학적 요인 때문이다. 따라서 임목생장에 관련된 토양의 화학성은 단벌기 조림에 의한 양분의 요구도 증가, 집약경영, 채종원과 묘포에서 그 중요성이 크게 대두되었으며 산지시비계획에 이용되는 토양 및 엽 분석 방법의 발달과 토양화학의 발달로 점차 중요시되고 있다.

최근 산림생산의 보속성이 요구되면서 산림토양의 양분관리와 관련하여 토양 화학적 성질에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 일례로 브라질의 유카리나무나 뉴질랜드 라디에타소나무와 같이 단벌기 수확이 가능한 수종은 효과적인 양분관리가 실시되지 않는 한 지속적인 산림생산성을 유지할 수 없음이 보고되고 있다. 또한 산업화의 발달과 함께 산림토양내 대기오염물질유입의 증가는 산림생태계내로의 과도한 질소유입이나 토양내 칼슘이나 마그네슘같은 필수영양소의 용탈을 가져와 산림의 생산성 유지에 문제를 발생시키는 것으로 알려져 있기 때문에 최근 산림토양의 화학적인 특성에 대한 관심이 증가되고 있다.

가. 토양 유기물

일반적으로 토양의 유기물(organic matter)을 부식이라고 하지만 산림의 경우 임상(forest floor)내 H(humus)층을 부식층으로 구분하기도 한다. 부식은 토양미생물의 영양원으로 작용하게 될 유기탄소나 유기질소를 많이 포함하고 있으며 토양의 물리적 성질, 통기성, 보수력 등의 결정에 중요한 역할을 한다.

토양내 부식은 미생물에 의한 분해과정(decomposition) 동안 유기탄소는 에너지원으로 유기질소는 영양원으로 섭취되어 미생물의 세포구성에 이용되며 새로운 미생물 조직을 형성하면서 끊임없이 변해간다. 부식의 분해속도에 영향을 미치는 인자는 탄질률, 기후, 공기, 지형, 유기물의 양과 성질, 시간 등에 따라 매우 다르다고 할 수 있으나 기후의 영향이 매우 크다. 유기물의 분

해는 주로 호기성세균에 의해 이루어지기 때문에 온도가 높고 공기의 공급이 양호한 지역은 부식의 집적도 적지만 기온이 낮고 습기가 많아 공기의 공급이 불충분한 지역은 부식의 양이 많아진다. 그러나 외부로부터 어떠한 교란을 받지 않는다면 토양내 유기물함량은 지속적으로 안정된 상태를 유지한다.

부식이란 토양내 유기분획물(organic fraction)을 말하며 여러 가지 미생물의 합성작용과 분해작용에 의하여 형성된 원래의 조직을 구별할 수 없고 일정한 형태가 없

는 교질상의 복잡한 물질로서 미생물에 의한 분해에도 저항성을 가지는 안정된 리그닌단백질복합체(lignoprotein complexes)로 구성된다.

부식의 구성성분은 기온, 기후, 모재성질 등의 차이 때문에 지역에 따라 다를 뿐만 아니라 이들이 어떠한 화학적 구조를 가지고 있는지도 아직까지 잘 알려져 있지 않다. 그러나 페놀이나 유기산군의 방향족 고리를 포함하고 있는 것으로 알려져 있으며, 분자구조도 각각 상이하여 같은 지역의 부식분자들도 동일한 화학구조를 가지지 않는 여러 가지 물질이 혼합된 토양의 일부분이다. 이러한 토양 유기분획물은 식물에 의해 얻어지는 부분과 미생물의 대사과정동안 생성된 성분으로 구성되며 탄소, 산소 등의 화합물과 소량으로 존재하는 수소, 질소, 황과 같은 원소들의 화합물로 존재한다.

<표 1-1-12> 토양내 부식의 화학적 조성

구 성	휴믹산	풀빅산
C (%)	56	46
O (%)	36	45
H (%)	4.7	5.4
N (%)	3.2	2.1
S (%)	0.8	1.9
COOH (mmol/g)	3.6	8.2
Phenol OH (mmol/g)	3.9	3.0

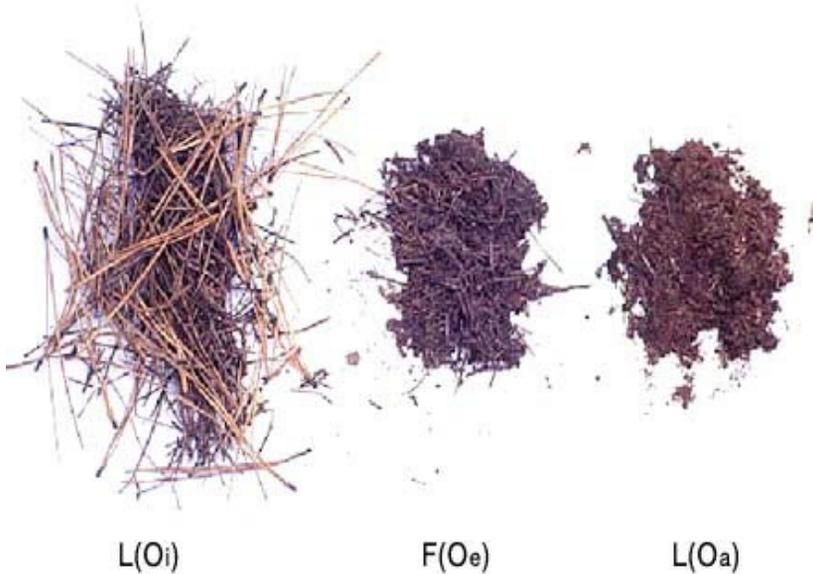
산림토양내 부식은 신선한 낙엽낙지나 동물의 유체 등이 토양위에 떨어지고 또는 토양에 섞이면서 분해가 되고 시간이 지남에 따라 다양한 생성물이 형성되며 계속적으로 분해가 진행됨에 따라 갈색, 흑갈색, 흑색의 유기물복합체로 전환되어 토양에 축적되게 된다. 보통부식은 산림토양의 총중량의 약 2% 정도를 차지하며 대부분 산림에서 토양내 부식의 총량은 임상이나 지상부생체량을 합한 것보다 더 많은 양이 존재하는 것으로 알려져 있다. 부식은 1년에 약 1gC/m²/yr 정도가 축적되는 것으로 알려져 있으며 이 값은 대부분 산림내 순생산력의 0.1%정도가 부식으로 생태계에 저장된다고 할 수 있다.

부식은 많은 양의 질소, 인, 황 등을 포함하고 있기 때문에 산림토양의 양분총량에 있어서 높은 비율을 차지한다. 부식의 어떠한 형태는 수용성으로써 부식산(fulvic acid)의 토양하부로 이동은 토양용액내 식물이 이용할 수 있는 양분량을 조절할 수 있는

기능을 한다. 또한 부식물질은 토양용액내 여러 가지 이온에 대한 양이온의 주요한 교환장소로서 신선한 낙엽으로부터 급속히 방출되는 칼륨이나 칼슘과 같은 양이온을 많이 포함하고 있다. 또한 부식의 양이온치환용량은 점토에 비해 크며 토양부식이 1% 증가하면 양이온치환용량은 2meq/100g정도가 증가하는 것으로 알려져 있다.

(1) 토양유기물의 생성형태

산림토양이 가지는 독특한 특징중의 하나는 L(Oi), F(Oe), H(Oa)의 3가지 다른 종류의 층위를 포함하는 임상(forest floor)을 가지고 있다는 점이다. L(litter)층은 낙엽층으로 신선한 낙엽이나 낙지가 원래의 형태를 유지하고 있는 상태를 말하며, F(fermentation)층은 분해층으로서 낙엽층의 하부에서 나타나며 일부는 분해가 진행되고 있으나 원래의 형태가 무엇인지는 알 수 있는 상태이고, H(humus)층은 부식층으로서 분해가 잘 되어 원래의 형태가 무엇인지를 구별할 수 없는 무정형의 고분자 화합물을 말한다.



<그림 1-1-17> 유기물층의 구분

산림토양의 임상에서 나타나는 부식층의 형태는 지역이나 기후에 따라 다르기 때문에 통일된기준을 정하기가 어려우나 크게 정부식(mull)과 조부식(mor)으로 구분하며 곳에 따라 반부식(moder)형태가 나타나기도 한다.

<표 1-1-13> 산림부식 발달의 종류 및 특징

구 분	특 징
정부식 (Mull)	지상부로부터 상당한 양의 낙엽유입에도 불구하고 여러 가지 토양소동물에 의한 낙엽분해가 활발하여 L층과 F층은 거의 없거나 존재하지 않으며 온난습윤한 기후의 활엽수 임분에서 주로 발달함.
조부식 (Mor)	정부식과 반대로 산성의 한랭습윤한 침엽수 임분에서 발달하며 낙엽의 분해속도가 느리고 불완전한 경향이 있다. L층은 수미리에서 수cm까지 분포하며, F층은 세근과 균사가 풍부하고, H층은 시간, 기후, 토양 등에 따라 다양한 깊이를 가지고 있으며 광물질 토층과 구별이 비교적 뚜렷함.
반부식 (Moder)	정부식과 조부식의 중간형태의 특징을 가지고 있으며 부식의 이동상태는 정부식에 가깝고 상층에서 하층으로 점차 이행하여 다시 광물질토양으로 침입하여 층위간의 구별은 불명료하다. 임상의 pH는 높고 낙엽분해는 빠르고 완전하며 침활혼효림에서 주로 발달함.

(2) 토양유기물의 기능

토양 구성물의 필수적 요소인 부식은 토양내 여러 가지 미생물의 탄소 및 에너지 원으로서 제공되며, 토양입자를 단단히 결합하고 안정화하여 침식의 위험을 축소하고, 토양공기나 토양수분의 이동, 저장 등에 영향을 미쳐 토양성질을 개선하여 임목의 생장에 도움을 준다. 또한 임목 및 토양생물의 생장에 필수적인 질소, 인산, 황과 같은 양분의 저장 및 공급원으로 제공된다.

그 외에도 양이온 및 음이온 교환장소로서 양분을 보유하며, 토양가밀도를 낮추고 토양답압을 완화할 수 있을 뿐만 아니라 여러 가지 중금속이나 환경오염물이 식생에 미칠 수 있는 나쁜 영향을 감소시킨다. 벌채 등과 같이 산림이 파괴되면 산림내 축적된 부식은 급격히 분해 소실되어 산림의 지속적인 생산에 영향을 미치게 되며, 산림부식의 손실을 최소화 할 수 있는 산림시업은 산림토양관리에 중요한 목표가 되고 있다.

<표 1-1-14> 산림부식의 성질

구 분	정부식	반부식	조부식
가비중(g/cm ³)	0.7~1.2	0.3~1.0	0.3~0.5
유기물(%)	5~25	30~60	75~90
C/N ratio	12~18	20~25	20~40
pH(H ₂ O)	5.0~7.0	4.0~5.5	3.0~4.5
양이온치환용량(cmol _c /kg)	20~40	50~80	75~130
염기포화도(%)	60~100	15~50	10~35
미생물	세균이 우세		균류가 우세
혐기성세균(μ/cm ³)	0.33	0.01	0.09
질산화율의 정도	높다		낮다

나. 필수 원소

식물이 필요로하는 원소 중 C, H, O는 CO₂와 H₂O에서, 그리고 아미노산, 원형 질, 단백질의 구성원인 N, P, S는 토양에서 흡수한다. 필수원소와 미량원소 B, Ca, Cl, Co, Fe, Mn, Mg, K, Si, Ca, Zn, Va 중 N, P, K는 식물이 가장 많이 필요하며 부족하기 쉽다. Ca, Mg, S는 부족하지는 않으나 다음으로 중요한 식물의 영양원이 된다.

(1) 질소

질소(N)는 대기 중에 78%가 있으며 이것은 고등식물에 직접 이용되지 못하고 미생물의 질소고정과 방전으로 NO₃⁻ 와 NH₄⁺ 이온형태로 이용된다. 토양내의 질소는 낙엽의 분해와 축적이 계속되면서 평행상태에 이르며, 기후환경의 영향을 받는다. 토양내 질소는 거의 부식층과 A1층에 존재하며 그 양은 1ton/ha(사토)~30ton/ha(부식토)이다. 산성토양에서 질소의 양분화는 아주 낮으며 정지나 벌채와 같은 토양교란 작업은 유기물의 분해와 질소의 유출을 증가시킨다. 또한 개별로 인한 지온의 상승도 질소화를 촉진한다. 대부분의 임목은 NH₄-N을 이용하여 잘 자란다. 산불로 재가 표면에 쌓이면 일시적으로 질소이용률이 높아진다. 한편 질소는 습하고 통기가 불량한 토양에서는 탈질작용으로서 감소한다. 질소는 단백질원으로 엽록소를 만들기 때문에 질소가 공급되면 임목생장이 촉진되고 녹색이 짙어진다. 질소부족현상은 산림부식이 두터운 추운 지방의 침엽수림과 온난기후대의 사토나 침식토에서 나타난다.

(2) 인산

인산(P_2O_5)은 식물의 생명을 유지하는데 필요한 에너지 전이의 필수요소로서 토양에는 인산칼슘, 철, 인산알루미늄의 형태로 존재한다. A1층 내 인의 총량은 30kg(사토)~2ton(유기물이 많은 토양)으로 변화가 많으나 대부분의 유기물이 인산원이 된다. 임목에 필요한 무기태 인의 이용은 토양산도에 따른 철, 알루미늄, 망간의 용해정도(이들 이온은 강산성 토양에서 불용성의 인 침전물을 형성한다), 칼슘의 양(산성 토양에서 인과 결합하여 용해도를 저하시킨다), 유기물의 분해량을 좌우하는 미생물의 활동, 산화환원능력에 달려 있다.

해안지방의 산성 사토와 유기물토양의 표토에는 특히 인산함량이 낮는데 이것은 인산흡착능력이 낮기 때문이다. 그러나 임목의 뿌리에 균근이 형성되어 있으면 인산은 더 이용될 수 있다. 일반적으로 침엽수 임지에는 인산농도가 낮아 식물 내에 인산이 부족하면 구조직에서 신조직으로 전이한다. 인산질비료의 시비는 묘목의 뿌리를 발달시키고 시비 후 수 년 동안 토양에 잔류되어 이용된다.

(3) 칼륨

칼륨(K)은 생리적 기능의 촉매역할을 하며 내병성을 높인다. 산림토양에는 비교적 많은데 특히 장석과 운모에 많이 들어 있고 무기화합물의 형태로 있다. 농작물에 이용되기에는 너무 풍화가 느려서 부족현상이 나타나기도 하지만 산림토양에서는 대부분 20~100ppm이 있고 임내순환도 빠르고 효율적이므로 크게 부족하지 않다.

(4) 칼슘

식물에서 칼슘(Ca)의 생리적 작용은 잘 알려져 있지 않지만, 분열조직 발달과 뿌리 및 신초생장에 관련하며 단백질형성에도 관여하는 것으로 추정된다. 칼슘은 이동하기 어려운 성분으로 알려져 있으나 어떤 수종(western white pine)은 저장된 칼슘이 구조직에서 신조직으로 이동한다. 토양 내의 칼슘은 거의 무기태로 존재하며 표토에서 50~1,000ppm정도는 치환성으로 존재한다. 강우가 비교적 적은 지역에 발달된 토양은 습한 지역의 토양보다 칼슘공급이 크다. 그리고 하층토가 표층토 보다 많은 칼슘을 갖고 있다. 칼슘요구도가 높은 심근성 수종은 하층토에 있는 칼슘을 흡수하여 낙엽으로 표층토의 칼슘농도를 높인다.

(5) 마그네슘

마그네슘(Mg)은 엽록소를 만드는 유일한 무기원소이며 광합성 작용에도 필수요소

이다. 부족할 때는 구조직에서 신조직으로 이동할 수 있는 원소이므로 칼륨과 같이 마그네슘 부족현상이 구엽에서 가끔 나타난다. 대부분 산림토양에는 임목생장에 필요한 양의 마그네슘이 있으며 부족하며 농업용 황산마그네슘 등이 비교적 저렴하므로 쉽게 교정할 수 있다. 마그네슘이 적은 토양에 칼륨비료를 많이 주면 마그네슘과 칼륨의 길항작용으로 인하여 묘목에 마그네슘결핍증상이 나타나기 쉽다. 그러므로 마그네슘 결핍토양에 카리비료를 줄 때는 Mg : K의 비율을 2:1로 하여 칼륨비료도 주어야 한다.

다. 탄질율

탄질율(C-N비율, carbon-nitrogen ratio)은 토양식물체, 유기질 비료 등의 탄소와 질소의 함유율을 비율로 표시한 것으로 미생물의 유기물 분해정도 또는 진행상태를 나타낸다. 즉 토양의 유기태 질소의 무기화정도를 나타내므로 토양 비옥도를 판정하는 유력한 기준이 된다. 부식, 동식물 유체의 탄수화물과 그 외 질소를 함유하지 않은 유기물은 모두 탄소원인데 미생물에 의하여 분해된 후 최종적으로는 CO₂와 물로 변한다.

또 단백질과 기타 질소함유유리물은 최종적으로 암모니아, 이산화탄소와 물로 분해된다. 미생물은 이러한 탄소원과 질소원을 모두 분해하여 얻어지는 에너지를 이용하여 생활한다. 동시에 탄소원과 질소원의 분해물의 일부를 섭취하여 새로운 균체를 합성하고 증식한다. 토양미생물 균체의 C/N율은 약 10이고 식물의 유체는 더 넓으므로 균체 내에 단백질이 더 많다는 뜻이 된다. 부식과 동식물유체 등 C/N율이 10이상 되는 물질을 미생물이 분해할 경우 탄소원은 주로 에너지로 이용되며 질소원은 균체의 단백질원을 새로 합성하는 데 이용된다.

그러므로 탄소는 CO₂로 되어 없어지고 질소는 균체의 단백질로 되어 남아 있으므로 C/N율은 감소한다. 결국 C/N율이 10 전후에서 안정되며 그 후 탄소 10, 질소 1의 비율로서 유기물이 소비된다. 어분 등 C/N율이 10보다 작은 유기물이 분해되는 경우는 질소원이 미생물의 주생활에너지가 되므로 다량의 질소가 암모니아로 방출된다. 따라서 유기물 분해가 진행할수록 C/N율은 증대하므로 10 전후로 안정된다. 산림토양에 공급되는 낙엽의 C/N율은 침엽수가 50~200으로 활엽수(40~70)보다 비교적 높으며 노령림이 유령림보다, 척박지가 비옥지보다 높은 경향을 보인다. 공중질소 고정 수목은 C/N율이 적다. 산림토양 각 층위의 C/N율은 하층으로 갈수록 감소한다. 비옥한 농경지 작토층의 C/N율은 8~12로서 평균 10이지만 산림토양표층의 C/N율

은 낙엽의 분해가 극히 양호한 비옥토라도 12~13이다. 이처럼 토양 내 부식과 유기물이 분해되어 식물에 잘 흡수되는 질소를 공급하기 위해서는 C/N율이 상당히 낮아야 하며 C/N율이 높으면 암모니아 생성이 적다.

라. 토양산도

토양산도는 보통 pH로 표현하며 pH미터로 측정한다. 이 방법은 토양용액의 수소이온농도와 표준수소이온과의 균형을 재는 것으로 $pH = \log 1/[H^+]$ 로 구한다. H^+ 이온 농도란 1리터당 수소이온의 양(g)으로서 수소이온의 농도가 높으면 pH 값은 낮아지게 된다. 그래서 순수한 물 1 리터당 0.0001g의 H^+ 이온이 녹아 있으면 pH 4.0이 되며 순수한 물의 pH는 7.0이다.

토양산도와 관련하여 토양 고유의 pH 수준 이하로 토양 pH가 낮아지는 것을 산성화(acidification)라 하는데 그 원인에는 산성비료의 시비, 물의 작용, 산성비와 공해물질의 유입, 식물의 양분흡수 등을 들 수 있다.

(1) 산림토양의 pH

토양의 pH는 계절에 따라 약간 변하여 겨울이 높고 여름이 낮으나 그 차는 1.0 미만이다. 활엽수 임상의 pH는 낙엽에서 나온 염기 때문에 가을에 가장 높다. 적당히 비가 오는 지역은 임목이 심토에서 염기를 흡수하여 낙엽을 통하여 지표에 떨어지는 양분순환으로 산성토양 표면에 염기가 집중될 수 있다. 그러나 산림토양의 pH는 보통 4.0~6.0으로 산성이며 중요한 산림토양의 pH는 갈색산림토양이 5.3~5.5, 암적색 토양이나 화산회토양은 6.0 내외이다.

(2) 토양 pH와 식생분포

임상의 분해에 의한 부식산의 유출과 광물토양 표층의 염기용탈로 산림토양은 약산성에서 강산성이 된다. 침엽수림은 잎과 낙엽에 염기가 적어 산성이 더 강하다. 그러나 식물집단이 토양반응에 영향을 주는 것보다는 토양산도에 의해 식물사회가 구성된다. 예를 들어 버즘나무와 참나무류는 거의 중성을 좋아하고 활엽수는 약산성에서 잘 자란다. 솔송나무, 가문비나무류, 전나무류, 소나무류 등은 강산성 토양에서 잘 자라므로 이에 따라 지표식물이 될 수 있다. 그러나 토양산도뿐 아니라 기후와 양분, 수분 등이 임목생장에 같이 영향을 미치므로 아주 믿을 수 있는 것은 아니다. 토양 pH 수준별 수종분포과 특징은 아래 표 1-1-15와 같다.

<표 1-1-15> 토양 pH와 수중분포

토양 pH	수중분포 및 특징
pH 3.9 이하	지의 소태류 또는 키가 작은 관목이 자람. 열대지방에서는 pH가 낮아도 나무가 잘 자람.
pH 4.0~4.7	구주적송, 소나무, 낙엽송 등 산성을 좋아하는 침엽수가 성장함. 그러나 망간, 알루미늄이 다량 용해되어 임목생장에 해를 줌. 산화알루미늄(Al_2O_3)은 점토광물의 중요한 구성성분으로 토양 속에 많이 있는데, 산성이 강하면 일부가 물에 용해되어 Al이 용출됨. 이것은 가용성 인산철과 결합하여 양분의 흡수를 방해한다. 진달래는 Al이 많은 토양에서도 잘 자람.
pH 4.8~5.5	가문비나무류, 잣나무 등 침엽수의 생육에는 적당하지만 활엽수에는 부적당함. 이곳은 질산태질소, 칼슘, 인산 등의 이용도가 낮아 활엽수의 생육이 부진함.
pH 5.6~6.5	대부분의 침엽수 및 피나무, 단풍나무, 느릅나무, 참나무 등의 생육에 적당함.
pH 6.6~7.3	미생물의 활동이 대단히 왕성하고 양분의 이용률이 높으며, 부식형성이 잘됨. 활엽수 특히 호도나무, 백합나무 등이 잘 자람. 침엽수는 전나무류의 일종이나 폰테로사소나무 등 염기성을 좋아하는 수종만 생육함.
pH 7.4~8.0	마그네슘의 양이 너무 많고 철분이 적어서 침엽수 생육이 불량함. 또한 활엽수 중에서는 개오동나무, 네군도단풍나무, 물푸레나무, 오리나무가 자랄 수 있음.
pH 8.1~8.5	황산염과 염화물이 너무 많아 모든 수종에 해로움. 포플러가 자랄 수 있으며, pH8.5 이상이면 산림수종의 생육은 어렵고 염생식물이 점령함.

마. 양이온치환용량

양이온치환용량(cation exchange capacity; CEC)은 염기치환용량이라고도 하며 일정량의 토양이 보유하고 있는 치환성 이온의 총량을 당량으로 표시한 것이다. 즉 토양 100g 속에 있는 음전하의 수와 같으며 mg당량(mile equivalent; me)으로 표시한다. 토양내의 부식과 점토는 콜로이드(colloid)를 형성하고 있어 토양용액 중에서 음전하를 띤다. 즉 염기는 용액 중에서 양이온과 음이온으로 나뉘어 지는데, 예를 들면 NaCl은 물에 용해되어 Na^+ 이온과 Cl^- 이온으로 해리되므로 음전하량이 많은 토양콜로이드는 다수의 양이온이 전기적으로 흡착한다. 식물이 쉽게 이용할 수 있는 가급적 양분 중 질산태 질소(NO_3-N)와 인산은 토양용액 내에서 음이온을 형성하나 다른 양분은 양이온을 존재하여 식물이 양분을 흡수할 수 있게 한다. 이렇게 토양 콜로이

드작용으로 양이온을 흡착하는 능력을 양이온치환용량이라 한다.

우리나라 산림토양의 양이온치환용량은 A층에서 화산회토가 20me/100g (cmol_c/kg)으로 가장 많고, 갈색산림토양은 약 12~15me/100g이며, B층에서는 거의 10me/100g으로 일본의 토양보다 적은 경향을 보인다. 또한 부식의 양이온치환용량은 63me/100g로서 점토(24me/100g)보다 크다.

바. 염기포화도

토양콜로이드에 흡착된 양이온 중에서 Ca, Mg, K, Na 등 일반적으로 염기라 부르는 금속이온의 양은 토양의 성질 및 비옥도와 밀접한 관계가 있다. 이들은 치환성 염기라고 부르지만 그 함유율은 토양마다 다르다. 특히 pH와 밀접한 관계가 있어서 토양의 pH가 높고 비옥하면 염기가 많으며, pH가 낮고 척박하면 염기가 적다. 비옥토에서는 Ca>Mg>K, Na의 순서로 염기의 양이 감소하므로 치환성 Ca의 양이 토양 비옥도의 지표가 된다. 최근에는 Ca와 Mg로 결정하기도 한다.

한편 산림토양의 양이온치환용량은 토양에 따라 큰 차가 있으므로 치환성 Ca와 Mg의 함유율보다는 염기포화도(base saturation), 즉 치환성 염기의 함유율/CEC로 나타내는 방법을 사용하는데 이것이 더 정확하게 토양조건을 나타낸다. 우리나라 산림토양의 염기포화도는 갈색산림토양(A층)이 20~30%인데 비하여 암적색토양(A층)은 120~130%로서 상당히 높다. 염기포화도가 100%를 초과한다는 것은 이론적으로 불가능하나 이것은 토양콜로이드가 염기에 의해 포화되고 토양 중에 집적하여 있는 염기의 영향 때문이다. 또 포드졸과 같은 강산성 토양에서는 염기의 용탈이 심하여 포화도는 몇 % 또는 0에 가까운 경우도 있다.

사. 국내 산림토양의 화학적 성질

토양 pH는 A층이 5.48, B층은 5.52의 약산성이었다. 지역별로는 주로 석회암을 모재로 하는 토양이 많이 분포하는 강원도지역 A층의 토양 pH 5.8로써 가장 높은 값을 보이고 있으며 전북이나 전남은 pH 5.2 이하로 낮았다. 토양 내 양이온치환용량(CEC), 보수력, 토양구조 등 토양의 이화학적 성질에 큰 영향을 미치는 토양유기물의 경우 제주도가 10.4%로 가장 높은 값을(A층)보이고 있으며 전북, 강원, 전남, 경기도 지역은 4.0%이상, 충남지역은 2.1%로 가장 낮다. A층의 평균 유기물 함량은 4.5%, B층은 2.1%로 주로 높은 산악지역이 많이 분포하는 경기, 강원 지역이 높으며 충남지역과 같이 산림면적이 낮고 구릉성산지가 많이 분포하는 지역은 낮다. 전질소는 제주도의 A층 토양이 0.43%, 강원, 경기, 충남지역 순으로 낮았다. 유효인산은 A

층의 경우 강원, 경기, 제주 및 전북지역이 25ppm 이상으로 비교적 높으며 타 지역은 20ppm 이하로 낮다. 일반적으로 치환성양이온(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})은 토양 pH와 밀접한 관계가 있다. 그 결과 토양 pH가 높고 석회암을 모재로 생성된 토양이 많이 분포하는 강원도지역이 Ca^{2+} 함량이 높게 나타나고 있으며 토양 pH가 낮은 충남이나 경남지역의 Ca^{2+} 함량이 낮은 값을 보이고 있다. 치환성 양이온 함량을 A층을 기준으로 비교해 보면, Ca^{2+} 2.44cmol/kg, Mg^{2+} 1.01cmol/kg, K^+ 0.23cmol/kg, Na^+ 0.22cmol/kg 순으로 나타났다.

1.6.4.3. 생물적 성질

산림토양계는 여러 가지생물들이 에너지나 양분 공급원으로써 이용할 수 있는 많은 유기질과 무기질을 포함하고 있으며 이러한 생물들이 살아갈 수 있는 다양하고 적합한 물리적인 환경을 구성하고 있다. 산림토양은 세균으로부터 대형동물에 이르기까지 다양한 생물들이 서식하면서 양분의 순환 전환 토양구조의 발달에 있어서 중요한 역할을 한다. 토양생물의 종류나 개체수, 그들에 포함된 여러 가지 기작들은 너무 복잡하고 광범위하여 이것들을 분류한다는 것은 간단하지 않으나 일반적으로는 토양식물계와 토양동물계의 두 가지로 분류할 수 있다. 또한 여러 가지 토양환경 조건에 따라 분류하는 것도 관심의 대상이 되는데, 이와 같은 기능에 따른 분류는 토양생성이나 토양성질 토양생산성에 미치는 산림시업의 영향을 예측하는데 도움을 준다.

대부분 토양동물은 공간적인 조건이나 광조건이 양호하고 그들의 먹이가 광합성을 위해 광이 제한되지 않는 지표면에서 두로 발견되는 남조류를 제외하고는 토양미생물들은 이산화탄소로부터 탄소와 무기물의 산화과정동안 발생된 에너지를 이용하기 때문에 이들의 공간적 분포는 크게 제한을 받지 않으며 환경조건이나 유기물의 성질 등에 따라 변화를 보이고 토층 어디에서도 발견된다. 일반적으로 토양생물의 수는 임상이나 근권(rhizosphere)에서 가장 많으며 토심이 깊어질수록 감소한다.

가. 조류

토양 조류(algae)는 일반적으로 단세포이며 짧은 사상체나 집합체로 발생한다. 녹조류 남조류 옥황조류 규조류 등으로 구분되며 광독립 영양성을 가지고 있어서 엽록소를 매개로하여 태양광선을 에너지원으로 이용할 수 있는 능력을 가졌다. 조류는 독립영양체로서의 성질 때문에 광이나 수분조건이 양호한 토양표면에서 주로 발생되

며 대기중 공중질소를 고정할 수 있고 활성산소를 방출하는 남조류나 산림토양에서 가장 중요하다. 남조류는 연간 30kg/ha 정도의 질소를 고정할 수 있는 능력을 가졌으나 광에 대한 요구도가 높고 내산성이 약하기 때문에 산림토양에서는 조류에 의한 질소 고정능력은 훨씬 낮을 수 있다. 미국서부 오래근지역의 Douglas fir 임분에서 1년간 지의류 *Lobaria oregona*에 의한 질소 고정량은 2~10kg/ha/yr 정도인 것으로 알려져 있다.

나. 균류

토양 균류(fungi)는 호기성 종속영양체로서 주로 임산에 떨어진 낙엽낙지나 목재 잔해의 분해에 관여하여 부식층을 형성하거나 토양의 입단화를 돕는다. 균류의 중요한 기능중의 하나는 종자파종 후 첫 번째 임목성장기동안 묘목은 균류에 의해 종종 감염되며 임목의 뿌리에 보호기능 등을 할 수 있다.

다. 방사상균

산림토양의 생물학적인 활동에 있어서 방사상균(actinomycetes)이 어떠한 역할을 하는지 아직까지는 잘 알려져 있지 않으며 종속 영양체로서 균류와 같이 식물체내 셀룰로오스 목질섬유소의 분해가 주요한 기능인 것으로 알려져 있다. 또한 방사상균은 비공과 식물에 근류를 형성하여 식물의 질소고정에 관여한다.

라. 세균

토양 세균(bacteria)은 산림식생의 성장에 필수적인 주요한 토양생물로서 탄소원이거나 에너지원에 따라 종속영양체이거나 독립영양체일 수 있다. 종속영양세균의 활동을 통하여 대기질소는 암상이나 토양유기물이 분해될 때 식물에 유효하게 된다. 생물학적인 질소고정도 미생물과 고등식물사이의 공생에 의해 이루어지거나 비공생 질소고정균에 의해 이루어진다.

질소고정률은 기후 토양 pH, 기주식물과 같은 외적인 조건에 영향을 받으며 최적의 양호한 상태에서 100kg/ha 정도를 고정한다. 혐기성 호기성세균 모두 낙엽이나 뿌리 동물유체 배설물 미생물의 세포 등의 분해에 중요한 역할을 한다. 분해과정동안 유기물은 세균생장의 에너지원으로 제공된다. 호기성세균은 통기성이 불량하거나 토양산도가 낮은 지역에서 적응력이 약한 반면에 혐기성세균은 강산성토양이나 배수가 불량한 지역에서도 견딜 수 있다. 그러나 혐기성세균에 의한 유기물의 분해율은 호기성세균에 비해 낮다. 유기물의 분해율은 질소함량에 따라 크게 차이가 있으며 산

림토양내 유기물의 분해율은 농지토양에 비해 높은 탄질률과 낮은 토양 pH 등에 기 인하여 유기물 분해속도가 농지토양에 비해 느리다

암모니아태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$)는 질소무기화과정 중 세균, 균류, 방사상균 등과 같은 중 속영양세균에 의해 생산되는 무기 질소화합물중 첫 번째 생산물로서 이 암모니아태 질소는 고등식물이나 여러 가지 토양미생물에 의해 쉽게 이용될 수 있다 만약 조건 이 좋으면 이 암모니아태 질소는 독립영양세균에 의한 질산화작용에 의해 질산태 질 소로 산화된다. 질산화작용과는 대조적으로 이 독립영양세균은 에너지원으로서 질산 태 질소를 이용하고 질산태 질소의 가스상태로의 환원은 질소 휘산을 초래하여 임지 로부터 질소 손실을 초래한다.

이 과정은 혐기적인 조건하에서 발생하고 탈질작용으로 불리하다. 여러 가지 독립 영양세균은 황의 유기형태를 식물에 이용 할 수 있는 무기형태로 전환하거나 철이나 망간화합물의 산화·환원에 중요한 역할을 한다.

1.6.5. 임지 양분순환

산림토양에 있어서 매년 낙엽, 낙지, 초본류의 유체로부터 토양으로 환원된 식물유 체의 분해가 임목에 필요한 양분의 공급원으로 중요한 역할을 맡고 있다. 이러한 임 목과 산림토양 간의 양분순환은 산림토양의 비옥도, 즉 임목생장과 밀접한 관계를 가지고 있다.

1.6.5.1. 양분유입

산림생태계내 양분순환은 근계로부터 양분흡수와 축적, 잎이나 토양으로부터의 양 분용탈, 낙엽낙지의 분해에 의한 유기물형성 및 양분방출을 포함하는 복잡한 과정으 로 이루어져 있다. 식물은 근계로부터 주로 무기태 양분을 흡수하기 때문에 총 양분 량보다는 이온상태의 양분량이 식물의 성장을 위한 양분원으로서 중요한 위치를 차 지한다. 그러나 산림토양내 이온형태의 양분은 전체 총 양분량에 있어서 아주 적은 부분을 차지한다. 식물에 흡수된 양분들은 급속히 유기화합물로 변화하고 줄기, 가지, 잎, 뿌리 등에 축적된다. 이와 같이 축적된 양분들은 주로 낙엽낙지 등을 통하여 임 상이나 토양에 환원되며 분해를 통하여 이온형태의 양분으로 방출되고 이러한 양분 들은 대부분 토양에 보유되거나 식생이나 미생물에 유효한 양분이 되며 일부는 토양 수와 함께 용탈이 된다. 또한 낙엽낙지의 분해 과정동안 발생된 부식은 토양비옥도

나 수분함량에 큰 영향을 미치기 때문에 낙엽낙지가 지속적으로 축적된 지역에서 낙엽낙지의 급속한 분해를 위한 양분순환의 촉진은 산림관리적인 측면에서 대단히 중요하다. 일반적으로 유기물내 질소함량이 높고 리그닌함량이 낮으면 미생물의 활동과 분해의 잠재력이 크며, 유기물내 질소함량이 낮고 리그닌함량이 높으면 분해속도가 느리게 진행된다. 유기물의 분해나 양분의 무기화는 대부분 생물학적인 여러 과정을 통하여 이루어지기 때문에 토양온도나 토양수분함량과 같은 환경조건과 토양 미생물에 대한 양분공급능력 등은 임지의 양분순환에 큰 영향을 미치게 된다.

1.6.5.2. 양분손실

산림생태계로부터 양분손실은 입지특성 및 강우량에 주로 의존하며 교란받지 않은 산림 지역에서의 양분 손실은 크지 않다. 경기도 광릉지역 침엽수 임분의 계류수를 통한 양분손실은 질소 0.06kg/ha/yr, 인산 0.01kg/ha/yr, 칼륨 4.95kg/ha/yr, 칼슘 12.55kg/ha/yr, 마그네슘 8kg/ha/yr이며, 활엽수 임분에서 질소 0.15kg/ha/yr, 인산 0.002kg/ha/yr, 칼륨 8kg/ha/yr, 칼슘 18kg/ha/yr, 마그네슘 13kg/ha/yr 정도이다.

질소는 휘산과 탈질에 의해 대기 중으로 방출되어 임지로부터 양분의 손실이 초래되기도 하는데 휘산에 의한 질소손실은 토양 pH와 암모니아태 질소의 농도가 높거나, 건조한 지역에서 주로 많이 발생하며 산화지 등에서도 질소 휘산이 발생한다. 탈질작용은 토양 중의 질산태 질소가 탈질균에 의해 환원되고 N_2O 나 N_2 가스로서 대기중에 방출되었을 때 발생되며 최적 pH는 7~8 이다. 우리나라 산림토양은 주로 산성이므로 시비량이 과다하거나 산불 등이 발생하지 않는 한 산림에서 휘산이나 탈질작용에 의한 손실량은 크지 않을 가능성이 있다.

임지로부터 양분손실은 산림수확시 임목이 제거됨으로써 발생한다. 질소나 칼슘이 주로 많이 손실되며 인산의 손실량은 비교적 적다. 그러나 토양내 유기물함량은 벌채 후 잔존된 지하부 biomass에 의해 증가되기도 하며 보통 침엽수의 총 biomass의 20~30%가 지하부에 있는 것으로 가정한다면 임목의 뿌리로부터 상당량의 양분이 토양에 환원되게 된다.

산림수확이 임지양분순환에 미치는 영향은 입지상태에 따라 다르며 비옥한 임지는 유기물이나 광물질층에 양분총량이 크고 투수성이 높으며 토심이 깊기 때문에 산림생산력은 크게 감소되지 않으나, 지위가 낮은 지역은 총 양분량이나 유기물의 양이 적기 때문에 산림 수확이 산림 생산력에 미치는 영향이 크다. 이러한 지역에서 양분

손실을 최소화하고 임지생산력을 유지하기 위해서는 산림수확시 임목을 임지에 부분적으로 잔존하는 택벌을 실시하고 벌채 잔존물은 임지에 최대한 남겨야 한다.

<표 1-1-16> 수간 벌채에 따른 임지로부터 양분 손실량

임 분	질 소	인 산	칼 른	칼 슴	마그네슘
	kg/ha				
Northern hardwood(45-50년)	120	12	60	241	24
Douglas-fir(36년)	125	19	96	117	-
Longleaf pine(40-50년)	50	5	20	80	17
Oak(47년)	151	1	118	173	23
Beech(37년)	128	16	94	79	28
Loblolly pine(16년)	115	15	89	112	29

1.6.5.3. 양분관리

소유자들은 산림으로부터 목재생산 뿐만 아니라 휴양적 가치나 경관적 가치, 깨끗한 물의 생산 등의 혜택을 얻을 수 있기를 기대하며, 현 상태의 산림생산의 보속성이 유지되기를 기대한다. 그러나 현재상태에서 산림생산력을 최대화하기 위한 여러 가지 노력들이 때로는 장기적인 산림생산력과 지속성 유지에 나쁜 영향을 줄 수 있다. 그러므로 올바른 결정을 내리기 위해서는 여러 가지 산림사업이 산림생태계의 양분순환에 미치는 잠재적인 영향을 충분히 이해해야 한다.

토양내 양분유효도나 산림생산력을 향상시키기 위한 석회나 비료의 시비는 임지의 문제점을 정확히 진단하고 그 원인이 수정되었을 때 비로소 토양상태를 개선시킬 수 있다. 일반적으로 석회시비는 산림생산력 증진에 큰 영향을 미치지 않으나 복합비료는 산림생산력에 영향을 미친다. 시비는 임지내 낙엽낙지량과 엽내 양분농도를 높여 산림생산력을 증가시키나 질소질 비료의 과다시비는 오히려 임지에 칼륨과 인산의 결핍을 초래하고, 칼륨의 결핍은 임목의 내충성을 감소하여 임목의 고사율이 증가할 수 있다. 산림수확 후 지상부 수간의 임외 반출과 벌채 및 지존작업에 의한 임지교란으로 많은 양의 양분 손실과 임지의 미기후의 변화와 함께 가속화된 유기물의 분해는 임지의 양분총량을 감소하여 임목생장에 나쁜 영향을 초래할 수 있다. 산림생산력의 지속성과 건전함을 유지하기 위해서는 임지로부터 양분손실을 최소화하는 산림사업이 요구된다.

1.6.6. 임지 시비관리

1.6.6.1. 산지시비의 필요성

산림토양의 생산력을 유지시키고 임목의 생장을 촉진하여 벌기령을 단축시켜 경제림을 육성하기 위해서는 시비를 실시하여 토양을 비옥하게 하고 토양관리를 잘하여야 한다. 임지에 시비를 하면 지피식생을 무성하게 하여 유기질 생성여건을 개선하며 토양소동물을 비롯한 미생물의 증가로 부식층의 분해가 활발해져 양분순환이 촉진된다.

임목이 잘 자라기 위해서는 각종 성장조건이 고루 갖추어져야 하는데 우리나라의 산림토양은 75%가 화강암과 변성암을 모암으로 생산된 토양으로 대부분 질소, 인산, 칼륨 등 임목생장에 필요한 양분함량이 매우 부족하다.

비료는 토양의 생산력을 유지 또는 증진시키고, 식물을 잘 성장시키기 위하여 토양의 물리화학적성을 개선하고 유용한 미생물들을 증진시키며, 토양 중에 식물에 이용될 수 없는 형태로 있는 양분을 이용이 가능한 형태로 바꾸어 준다든지, 유독성 물질의 독성을 저감시키는 등 간접적으로 식물의 생육에 도움을 준다.

산지에 시비한 비료는 임지뿐만 아니고 잡초에도 흡수되고 임상에 있는 낙엽, 낙지 등의 유기물을 분해하는 미생물에도 이용되어 산림토양의 개량과 물질순환 측면에서 유리하게 작용한다.

따라서 산지시비의 목적은 유령림의 경우 식재된 임목의 활착과 생장을 촉진하기 위하여 실시하며, 성숙림의 경우는 기 조성된 임분의 생산력 증대와 함께 임목생산력을 최대로 하여 벌기령을 단축하는데 있다.

1.6.6.2. 산지시비시 고려사항

산지시비는 토양의 본질적인 특성에 기초를 두고 실시되어야한다. 만약토양이 너무 모래를 많이 포함할때는 점토를 많이 포함하는 토양에 비해 수분보유력이 낮다. 이러한 토양에 관개 실시되고 시비를 하게 되면 산림생산력이 증가할 수 있다. 산지시비시 고려해야할 사항은 1) 비료의 선택, 2) 시비량, 3) 시비방법, 4) 시비시기, 5) 시비횟수 등 크게 5가지이다.

1.6.6.3. 산림용 비료의 종류

가. 단일성분 비료

(1) 질소질 비료

비료의 3요소 중 질소질(N)을 주성분으로 하는 비료로서 식물세포 원형질의 주요 성분인 단백질을 구성하는 성분으로 작물에 매우 중요한 양분이다. 뿌리 및 잎과 줄기의 생육을 촉진시키고 세포의 분열과 증식에 필요하며 양분의 흡수와 동화작용을 왕성하게 하는 작용이 있다.

식물에 질소가 부족하면 오래된 잎에서부터 결핍증상이 나타나는데 식물발육이 빈약해지고 처음에는 잎의 색깔이 황록색으로 변하고 심해지면 황화현상이 나타나며 황색으로 말라버린다. 또한 줄기나 뿌리도 자라지 않고 종실의 수량도 적고 모양이 작아 품질도 나빠진다. 우리나라에서 주로 사용하는 질소질비료는 질소질이 45% 함유된 요소와 20% 함유된 황산암모늄이다.

(2) 인산질 비료

비료의 3요소 중 인산(P_2O_5)을 주성분으로 하는 비료로서 광합성, 호흡작용, 당대사 등의 중간 생성물로서 중요하고 핵산, 효소의 구성원소이다.

세포 원형질을 구성하는 주체로서 발아력을 왕성하게 하며 잎, 줄기, 뿌리를 증가시키고 튼튼히 하여 작물의 생장을 앞당긴다. 자실을 많이 하고 열매 맺음을 좋게 하여 품질을 향상시키며 냉해 방지에 효과적이다.

인산이 부족하면 엽폭이 좁아지고 적갈색을 띄며 줄기는 암록색이 된다. 뿌리, 줄기, 가지 수가 감소하고 발육이 나빠지며 개화·결실이 늦어지고 자실의 품질이나 수량도 나빠진다. 우리나라에서 주로 사용하는 인산질 비료는 인산질이 17% 함유된 용성인비와 과석, 용과린이다.

(3) 가리질 비료

비료의 3요소 중 칼륨(K_2O)을 주성분으로 하는 비료로서 식물체 속에서 전분이나 당분, 단백질의 생성 또는 이들의 이동축적에 관여하는 작용을 하며, 추위와 더위에 대한 저항성 및 병충해에 대한 저항성을 증가시켜 준다. 또한 열매를 튼튼히 하여 개화, 결실을 촉진하고 수분의 증산작용을 조절하며 근채류에서는 뿌리발육을 촉진하고 튼튼히 하며, 일조량 부족을 보충한다.

가리가 부족하면 오래된 잎에서 먼저 나타나며 생장이 억제되고 잎 가장자리 끝부분에 황화나 백화현상이 나타난다. 엽폭이 좁고 오그라지며 암록색이 되고 잎의 주변이나 끝부분부터 말라 들어간다. 또한 오래된 잎에서 다갈색 반점이 생기고 낙엽이 빨라지며 줄기는 가늘어 부러지기 쉬워진다. 우리나라에서 주로 사용하는 가리질 비료는 가리질이 60% 함유된 염화가리와 50% 함유된 황산가리이다.

나. 복합비료

비료의 3요소인 질소, 인산, 가리 중 2가지 이상의 성분을 함유한 비료를 말한다.

국내에서 개발되거나 주로 사용되는 산림용 복합비료는 속효성으로 산림용 고품복합비료, 항공시비용 입상비료, 규산피복비료가 있으며 최근 국내기술로 완효성비료가 개발되어 수목용 UF완효성복합비료가 생산되고 있다.

(1) 산림용 고품복합비료

개당 무게는 15g으로 질소:인산:칼륨의 비율이 3:4:1 (3요소 함량비 12:16:4%)이며 개당 질소(N) 1.8g, 인산(P_2O_5) 2.4g, 칼륨(K_2O) 0.6g을 포함하고 있고 증량제로서 peat나 zeolite가 섞여 있으며 복숭아씨 형태의 4cm 내외 크기이다.



<그림 1-1-18> 산림용 고품복합비료

(2) 수목용 UF완효성복합비료

질소:인산:칼륨의 3요소 성분비는 고품복합비료와 같은 12:16:4이고 유기물이 10% 함유되어 있는 직경 4mm 내외의 원주상 각형이며, 지역별 토양분석에 따라 성분비를 달리하는 주문형 배합비료(bulk blending)를 만들 수 있는 장점이 있다. 또한 완효성 비료는 속효성비료에 비하여 용출기간이 길어 비료성분이 서서히 녹아 나와 밑거름으로 한번만 사용하여도 되므로 추비에 따른 비료대 및 인건비를 절감할 수 있으며, 비료의 유실율도 65%에서 45%로 낮아 환경오염도 줄일 수 있어 최근 농업, 임업 각 분야에서 사용이 장려되고 있다.



<그림 1-1-19> 수목용 완효성복합비료

1.6.6.4. 생육단계별 비료주기

가. 조림지

조림지는 식재초기 잡초와 관목에 피압되어 식재묘목의 생장이 불량하거나 고사하는 피해가 많이 발생한다. 조림지의 시비는 식재묘목의 초기생장이 급격히 요구되는 시점에 활착을 촉진시키고 생장을 왕성하게 하여 하층식생과의 경쟁을 줄여 잡초와 관목의 피압을 방지할 수 있으며, 어린나무의 시비는 내병성이 커지고 건전한 수체가 형성되어 대경 우량재 생산의 기초가 된다.

(1) 시비시기

시비시기는 묘목 활착이 완료된 후인 5월~6월경(식재 1개월 후)이 가장 좋으나 식재시 실시하여도 무방하며 준기에 시비를 못했을 경우 가을에 실시할 수 있다.

활착이 불량하면 시비효과도 잘 나타나지 않으므로 활착이 좋지 않은 곳은 활착 후 시비하며 경우에 따라서는 이듬해에 실시한다.

식재 후 초기생장 동안에는 양분이 많이 요구되어 3년 연속 시비해야 효과가 뚜렷하게 나타나며, 시비효과를 높이려면 풀깎이를 일찍하고 덩굴치기 등의 작업을 하여 묘목에 충분한 광선을 주어야 한다.

(2) 시비량

비료의 3요소중 가장 효과가 높은 것은 질소이나 수종과 토양에 따라 인산이 높은 경우도 있는데 소나무류는 인산의 요구도가 높아 결핍현상이 잘 나타난다. 따라서 침엽수와 활엽수별 비료배합비율이 다른 수종별 전용 비료를 시비할 필요가 있다.

<표 1-1-17> 식재시 묘목당 시비기준량

구 분 수 종	성분에 의한 시비량 (g/본)			비료에 의한 시비 기준량 (g/본)			완효성 및 고형복합 비료 (g/본)
	질소 (N)	인산 (P ₂ O ₅)	칼륨 (K ₂ O)	요소 (N 46%)	용과린 (P ₂ O ₅ 20%)	염화加里 (K ₂ O 60%)	
잣나무	7.2	9.6	2.4	15.6	48	4	60
낙엽송	7.2	9.6	2.4	15.6	48	4	60
소나무류	7.2	9.6	2.4	15.6	48	4	60
밤나무	9.0	12.0	3.0	19.6	60	5	75
오동나무	9.0	12.0	3.0	19.6	60	5	75
포플러류	10.8	14.4	3.6	20	72	6	90

(3) 시비방법

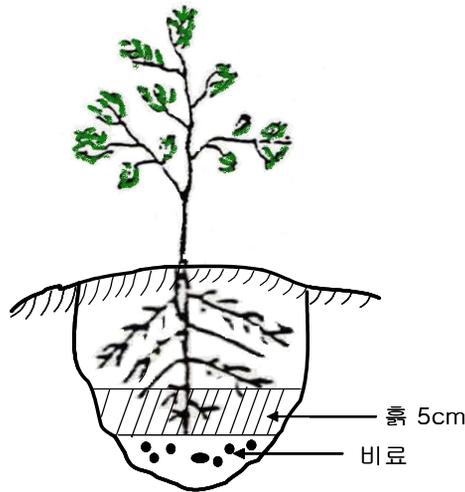
식재시 시비 위치는 식혈 토양에 비료를 섞는 방법, 시비 하고자하는 임지가 경사지일 경우 식재목의 상부에 반원형으로 시비하는 방법, 조림목의 가지 선단으로부터

수직으로 내린 곳에 5~10cm 깊이로 땅을 파고 양쪽으로 측공시비하는 방법, 측공시비와 같이 땅을 파고 둥글게 원형으로 시비하는 방법이 있다.

수목생장에는 원형시비가 가장 효과적이거나 작업효율이 낮은 단점이 있으며, 시비량이 적은 어린 묘목은 측공시비가 식재묘목의 성장이나 활착률을 높이는 것으로 알려져 있다.

(가) 식혈저시비

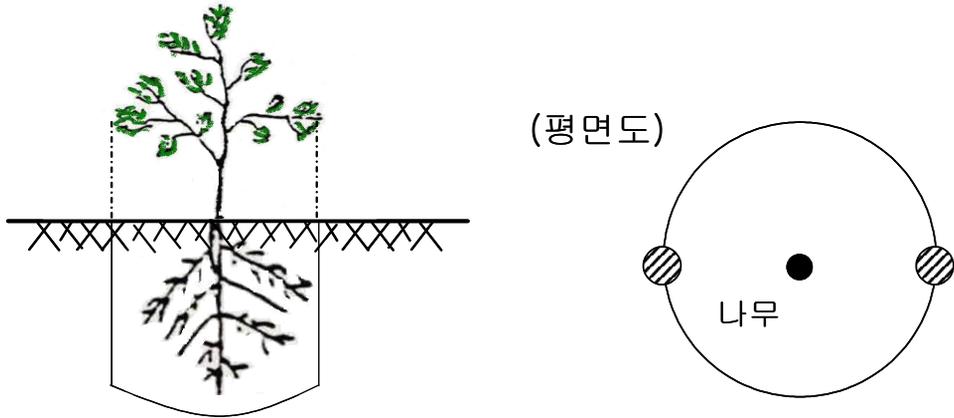
식재구덩이 밑 부분에 시비하는 방법으로 식재구덩이를 소정의 규격대로 판 다음 비료를 바닥에 넣고 비해를 막기 위하여 바닥 흙을 3~5cm정도 덮고 그 위에 묘목을 식재한다. 이 방법은 발근직후 비료를 흡수하는 이점은 있으나 식재구덩이를 크게 만들어야 하므로 작업효율이 낮고 비료피해의 위험도가 높다.



<그림 1-1-20> 식혈저시비 방법

(나) 측공시비

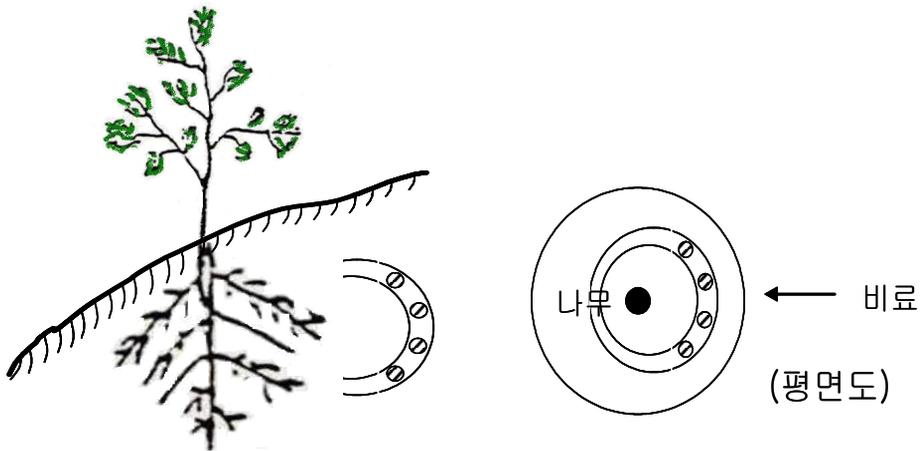
나무를 식재한 다음 나무주변의 양쪽으로 실시하는 시비방법으로서 유목(5년생 미만)은 수간에서 20~30cm거리에, 성목(6년생 이상)은 역지 하단부에 표토 5cm정도 깊이로 일정한 간격에 수개의 구멍을 뚫고 비료를 고루 넣은 다음 흙으로 덮는다.



<그림 1-1-21> 측정시비 방법

(다) 반원형시비

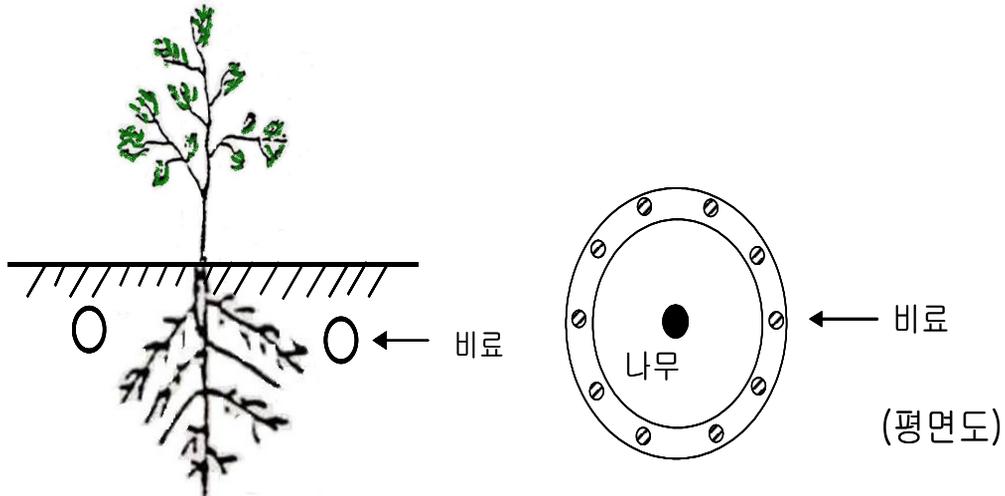
경사지에서 나무 위쪽에 반달모양으로 시비하는 방법으로 식재목에서 경사지 상부에 (유목은 묘목에서 20~30cm, 성목은 역지 하단부) 표토 5cm 깊이로 반원형의 골을 파고 비료를 준 다음 흙으로 덮는다.



<그림 1-1-22> 반원형시비 방법

(라) 원형시비

유목은 식재목에서 20~30cm 거리에 5cm 깊이에 성목은 역지하부에 원형으로 골을 파고 비료를 넣은 다음 흙으로 덮는다.



<그림 1-1-23> 원형시비 방법

나. 유령림

보통 조림해서 수관이 울폐될 때까지의 시비를 유령림 시비라고 하며 수종과 식재 밀도에 따라 다르지만 침엽수의 경우 약 10년이다.

유령림의 시비는 임목생장에 축진에 따른 풀베기기간의 단축과 화분과 식물의 비율이 적어져서 풀베기 작업이 쉬워지므로 단위면적당 작업인원이 감소하며, 조기 수관 울폐로 성장경쟁을 유도하고 개벌에 의한 토양의 침식이나 양분의 유실을 최소화 한다. 풀베기 작업기간이 끝난 후 잡목류와 형질불량목이나 폭목 등을 제거하는 어린 나무 가꾸기 후의 잔존목에 대한 시비는 매우 효과적이다.

(1) 시비시기

시비시기는 계절보다는 기후 조건이 중요하며 뿌리의 생장이 활발하고, 토양 온도가 낮으며 강수량이 빈번한 시기가 휘산에 의한 손실을 줄일 수 있다. 계절적으로는 봄에 시비하는 것이 가을보다 임분 재적증가율이 높으므로 가급적 초봄에 실시하는 것이 좋으며, 춘기에는 5월말까지 추기에는 11월중에 실시한다. 가을~겨울의 시비는 저온 때문에 토양의 질산화작용이 약하여 질소 유실이 적고 흡수된 질소는 뿌리에

축적되어 이른 봄에 왕성한 생장을 시작하여 추운지방에서는 동해를 받는 경우도 있으므로 지역에 따라 시기를 고려하여 실시한다.

유령림에 대한 시비효과는 숙아주거나 어린나무 가꾸기 후에 실시하면 더욱 효과적으로 성장하므로 2~3년간 연속하여 시비한다.

(2) 시비량

시비량은 토양의 종류, 수종, 임목의 크기, 비중, 임분밀도, 기상조건에 따라 약간씩 다르나 식재 이듬해부터는 전년도 시비량을 기준으로 장기수는 20%, 속성수는 40% 증량하여 사용하는 것이 좋다.

<표 1-1-18> 조림 후 3년까지 추비 기준량(완효성복비 및 고품복비)

수종	본당 (g)	헥타당 (kg)	기준본수 (ha당)
밤나무	600	240	400
오동나무	600	360	600
이태리포플러	300	120	400
장기수	60	180	3,000
연료림 수종	60	240	4,000

(3) 시비방법

임지에 시비할 경우 속효성비료는 표면살포를 주로 실시하며 대단위 면적의 시비방법은 항공기를 이용하여 임지 전반에 시비하는 것이 효과적이다. 묘목 식재 후 2~3년간 또는 어린나무 가꾸기 후 시비작업이 원활할 때에는 측공시비나 반원형 시비를 실시하며 경우에 따라서는 표면시비나 등고선 방향으로 수평구 시비를 실시한다.

시비 후에 초본류와 잡목의 번식이 왕성하게 되므로 시비효과를 충분히 발휘시키려면 보통 때보다 빨리 풀베기와 덩굴치기 작업을 실시한다.

(가) 표면시비

인력수급이 용이하지 않거나 주로 성림에 시비할 경우 이용되는 방법으로써 임지 표면에 비료를 흩어 뿌린다. 이는 비료가 유실될 우려가 많다.

(나) 수평구시비

경사지의 성림에서 등고선 방향으로 5cm 깊이의 수평으로 골을 파고 시비한 후 흙으로 덮는다. 수평구의 간격은 임목이 서 있는 상태에 따라 조절하면 되나 가급적 5m 내외의 간격으로 실시한다.



<그림 1-1-24> 수평구시비 방법

다. 성숙림

성숙림시비는 직접 양분을 임목에 공급하는 것 외에도 낙엽층 및 부식층의 분해를 도와 임지의 양분순환을 촉진하여 임지의 비옥도를 향상시키고, 임분의 건전성과 생산성을 높여 단위면적당 가치 있는 임목생산량의 증대를 위해 실시한다.

임분이 성숙함으로써 수관이 울폐되고 울폐된 임지의 산림 생산력은 급격히 감소하는 것으로 알려져 있는데 임분이 성숙함으로써 임지 양분유효도(nutrient availability)가 감소한다는 것이 주요한 이유 중의 하나이다.

성숙림에 대한 시비효과는 숲아주거나 간벌 등 숲가꾸기 후에 실시하면 가지치기 상처를 빨리 아물게 하고 더욱 효과적으로 비대생장이 크게 이루어지므로 옹이가 없는 양질의 목재생산이 가능해 진다. 그러나 토양의 화학적 성질이 양호하고 생산력이 높은 임지나 경사가 급하여 비료의 유실이 심한 임분은 시비를 하여도 시비효과가 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 알려져 있다.

(가) 시비시기

유령림 시비시기와 같이 계절적으로는 가을이나 초봄에 실시하는 것이 시비 효과를 높일 수 있어 춘기에는 5월말까지 추기에는 11월중에 실시한다. 성숙림에 대한 시비효과는 솥아주거나 간벌 등 숲가꾸기 후에 실시하면 더욱 효과적으로 비대생장이 크게 이루어지므로 제벌, 가지치기 후, 간벌 후 및 수확기에는 벌채 7~8년 이전에 각각 2~3년간 연속하여 시비한다. 남부지방의 삼나무 성목은 새 잎이 완전히 나온 시기가 적기라고 하나 각 지역별로 기후가 다르므로 식물생육 계절을 판단하여 시비하는 것이 좋다.

(나) 시비량

성숙림 시비에 대한 임목의 성장반응은 입지조건에 따라 다르게 나타나기 때문에 입지조건이나 수종, 임목성장 상태, 임분밀도 등을 고려하여 적정시비량이 결정되어야 하나 일반적으로 질소성분량으로 약 100kg/ha를 주는 경우가 많다. 시비회수는 많은 양을 일시에 주는 것보다는 소량을 2~3회 나누어 주는 것이 좋으나 노력이 많이 들므로 가지치기와 간벌 후에는 2~3회, 주벌(主伐) 전에는 1~2회 시비한다. 천연림에 대한 시비는 임분밀도와 밀접한 관련이 있으므로 적정 밀도를 유지한 후 시비하는 것도 중요하다.

<표 1-1-19> 산림무육작업과 시비량

수 종	임령	완효성 및 고형복합비료 시비량 (kg/ha)	시비기준량 (kg/ha)		
			질소 (N)	인산 (P ₂ O ₅)	칼륨 (K ₂ O)
잣나무 가지치기	14년생	750	90	120	30
잣나무 간벌	23~38년생	940	113	150	37
낙엽송 간벌	14~33년생	940	113	150	37
벌채전		940	113	150	37

- 시비 성분량을 실제비료량으로 환산할 경우

$$\text{시비량(kg/ha)} = \text{시비기준량(kg/ha)} \div \text{비료성분량(\%)} \times 100$$

- 실제 비료량을 성분량으로 환산할 경우

$$\text{성분량(kg)} = \text{비료량(kg)} \times \text{비료성분량(\%)} \div 100$$

(다) 시비방법

성숙림에서는 땅을 가볍게 긁어주고 시비하든지 지표면에 고루 뿌리는 표면시비나 등고선 방향으로 땅을 파고 시비를 실시하는 수평구 시비를 실시하며 가급적 산록부분보다 산정부분에 중점 시비한다. 독립적인 대경목의 시비는 수관직하부에 5cm 깊이의 골을 파고 원형으로 시비한다.

성숙림은 거의 폐쇄되어 있으므로 양분흡수를 담당하고 활력이 있는 세근이 주로 분포하는 부식층이나 표토층에 발달되어 있으므로 시비위치는 낮게 해야 좋으며, 질소의 휘산이나 비료의 유실을 막기 위해서 표토층과 섞이도록 수평구 시비를 실시하는 것이 좋다. 표면시비는 주로 항공기를 이용한다.

단일 시비에 의한 생장 반응은 6년 이상 지속되는 것으로 알려져 있으나 매 3-4년마다 계속적인 실시가 효과적이다.

1.6.7. 임지 생산력

임지 생산력(산림토양 생산력)이란 어느 특정한 입지에서 한 수종이 생존하면서 성공적으로 경쟁할 수 있기 위해서는 내적요인(임목의 생리적 요인)과 외적요인(환경요인)의 영향을 받게 마련이며, 이 두 가지 요인이 융합되어 나타나는 것을 말한다.

1.6.7.1. 추정 방법

임지 생산력을 추정하는 방법에는 산림토양조사 과정에서의 간이적인 방법과 정밀적인 방법으로 구분한다.

가. 간이산림토양조사에 의한 추정

임목생장에 크게 영향을 미치는 산림토양의 중요인자로서 현지에서 누구나 쉽게 조사할 수 있는 인자인 토심, 지형, 건습도, 경사, 퇴적양식, 침식, 견밀도, 토성 등을 조사하여 입지인자별 점수 합계에 의하여 임지의 잠재 생산능력급수를 I 급지에서 V 급지로 구분함으로써 객관적으로 지력을 분류하여 적지적수를 기후대별로 선정하는 방법이다. 이 방법은 국토의 치산녹화와 산림자원 조성계획의 일환으로 전국을 대상으로 1974~1976년까지 3년간에 걸쳐 산림자원조사 연구소에서 적지적수 및 수종갱신사업에 개략적으로 적용하기 위하여 실시한 방법이다.

나. 정밀산림토양조사에 의한 추정

간이산림토양조사는 입지환경 인자의 점수 합계에 따라 능력급수가 결정되어 생산력을 추정하나 정밀산림토양조사는 토양환경인자를 포함하여 조사하고 산림생산력을 추정한다. 최근 GIS기법을 이용하고 있으며, 산림입지조사를 통한 산림입지도 작성과 수치산림입지도의 DB로 산림생산력을 추정하는 방법은 더욱 과학화 되었으며 누구나 손쉽게 사용할 수 있도록 하고 있다.

1.6.7.2. 관련 토양인자

임목의 성장과 관련된 산림토양 생산력을 결정짓는 주요 토양인자 중에는 표층토의 깊이, 토성, 심토층의 견밀도, 비옥도 등을 들 수 있다. 여기서 표토층(A층)의 깊이는 임목의 성장에 영향을 미치는 주요한 인자중의 하나로 이는 표토층이 주로 유기물과 양분 함량이 높고 배수나 통기성 등에 밀접한 관련이 있으며 이러한 것들은 임목의 뿌리생육과 발달에 영향을 미치기 때문이다. 토성은 산림생산력에 매우 중요한 영향을 미친다. 예를 들면 모래성분이 많은 토양은 배수가 잘되기 때문에 지속적인 용탈에 의해 양분의 결핍이 발생하기 쉽다.

한편 심토층의 견밀도는 산림생산력을 결정하는데 또 다른 인자로서 석회암지대의 암적색산림토양의 경우 심토층의 견밀도가 견 등으로 임목의 초기생장은 비교적 양호하나 임분이 성숙함에 따라 생산력의 급격한 저하가 발생하는 경우가 있다. 임목 식재에 앞서서 토양분석은 토양내 결핍된 양분이 무엇인지를 판단하게 해주며 시비 효과를 극대화하기 위해서는 경영 대상목의 양분유효도를 높이기 위해 하예작업 등을 실시함으로써 토양의 비옥도를 유지하는 효과를 얻을 수 있다.

1.6.7.3. 저해 영향인자

토양은 입지생산력유지에 가장 중요한 요인으로 식물이나 동물에 필요한 26개 원소 중 탄소와 산소를 제외한 24개 원소를 제공한다. 토양은 식물이나 동물의 생산력에 미치는 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 미래의 산림을 지탱해주는 양분저장고의 역할을 하기 때문에 효율적인 토양관리는 궁극적으로 산림생산력 유지증진에 크게 기여한다.

가. 답압

토양에 압력이 가해지면 토양입자나 덩어리사이에 간격이 줄어들고 공극이 감소되

는 현상을 답압(compaction)이라 한다. 토양 공극은 토양내 산소와 수분 이동, 뿌리 분포와 신장, 생육 등에 영향을 미치기 때문에 결과적으로 산림생산력에 영향을 미친다. 토양내 답압은 산림작업기계를 이용할 때 가장 심하게 발생하며 뿌리생육, 토양배수, 통기성에 관계되는 공극의 양이 줄어들기 때문에 산림생산력의 감소가 발생하며 이러한 영향은 수십년동안 지속될 수 있다. 또한 답압은 토양침식에 위험을 크게 증가할 수 있으며 이는 답압된 토양에서는 수분의 토층 하부로 이동이 감소되고 토양표면을 따라 유거수가 증가하기 때문이다. 토양답압을 감소하기 위한 방법은 경사가 심한 지역에는 토양과 낙엽을 존치하고 토양이 습할 때는 산림작업을 피하여야 한다. 또한 자연배수상태로 물 흐름을 유지하거나 배수로를 설치하고 산림작업기계는 토양이 동결되는 동절기동안 사용해야 하며 산림작업기계의 빈번한 이용을 피해야 한다. 토양침식의 잠재력이 높은 지역은 신속히 식생을 피복하고 답압이 심한 지역은 토양공극을 증가하거나 배수향상을 위해 경운을 실시하는 것도 고려해야 한다.

나. 토양비옥도 저하

토양비옥도(soil fertility)는 하나의 주어진 입지에 양분량과 양분유효도에 의해 결정된다. 대부분 임목에 유효한 양분은 유기물층이나 광물질 표토층에 존재한다. 그러나 침식이나, 산불, 산림작업기계의 이용은 이들 층위에 변화와 함께 양분과 산림생산력의 손실을 초래한다. 토양에는 산림생산력에 유익한 영향을 줄 수 있는 균근이나 질소고정균과 같은 이로운 미생물이 있다. 이러한 미생물은 수분이나 양분흡수를 도우며 토양구조를 향상하고 여러 가지 병으로부터 뿌리를 보호한다. 그러나 산불이 발생하거나 토양 표토로부터 유기물의 제거는 이러한 미생물을 제거하거나 감소하게 할 수 있기 때문에 산림작업의 실시는 유기물의 보전과 신속한 산림갱신이 강조되어야 한다.

다. 임분정지에 의한 표토유실

임분정지(site preparation)는 산림성립에 도움을 준다. 임분정지는 묘목의 생존율과 생장을 돕기 위해서 실시하며 임목의 식재 공간을 충분하게 하거나 경쟁 식생의 감소 등을 목적으로 한다. 그러나 산림작업기계의 사용에 의해 유기물층이 제거되거나 답압이 발생할 때, 벌채잔존물을 태울 때는 양분의 휘산이 발생하여 산림생산력이 감소할 수 있다. 임분정지시 가장 주의 할 점은 표토층이 보호 되도록 해야 한다는 점이다. 이는 임목생육이나 생산력에 가장 크게 영향을 미치는 질소성분이 주로 이 지역에 존재하기 때문이다. 임분정지시 산림생산력을 유지하기 위한 방법으로는 경사가 심하거나 침식이 심한 지역에서는 토양교란 활동과 산림작업기계의 이용을 최소화해야 하며, 산

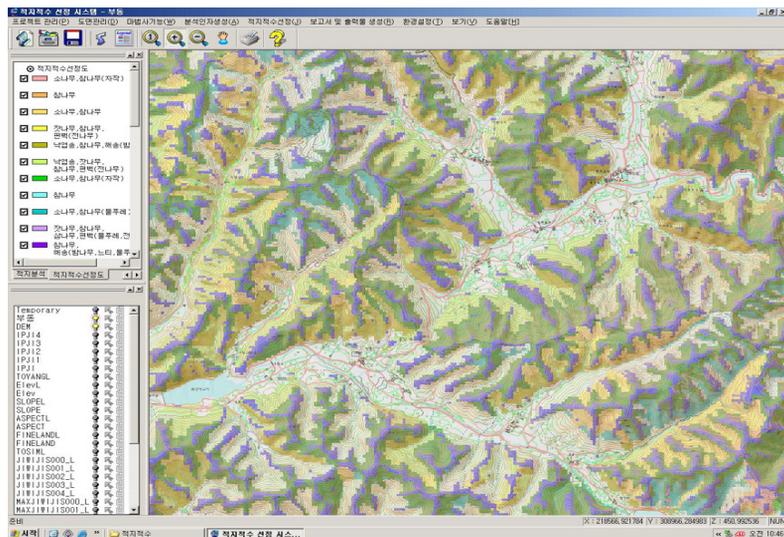
림작업기계는 건조한시기에 등고선을 따라 사용하는 것이 좋다. 벌채 잔존물을 태울 때는 토양이 습할 때 실시하고 화입시는 강도를 낮게 하여 짧은 시간에 마무리 지어야한다.

1.6.7.4. 임지 생산력에 기반한 적지분석

어떤 수종을 선택하여 조림하느냐에 따라 조림지의 선택이 달라질 수 있다. 바꾸어 말하면 조림 대상지의 특성에 따라서도 조림할 수종이 달라 질 수 있음을 의미한다. 수종이 즉 양분을 많이 요구하는 수종인지, 수분을 많이 요구하는 수종인지 또는 빛을 많이 요구하는 수종인지에 따라서 조림지의 위치가 선택된다.

이에 과학적이고 합리적인 산림관리 기반조성을 목적으로 국가지리 정보시스템 계획과 연계되어 전국 산림에 대한 수치산림입지도가 작성되었다. 적지적수 선정 프로그램이 본격적인 실용화 단계에 접어들면 적지선정에 있어서 갖게 되는 어려운 점들을 상당부분 해결할 수 있을 것이다.

한편, 적수선정과 관련하여 어느 특정한 임지에 임목을 식재하기 위해서는 여러 가지 단계가 포함되어야 한다. 만일 목재생산이 목적이면 가치 있는 목재를 생산할 수 있는 수종이 선발되어야 하며, 야생동물, 휴양, 경관조성 등이 목적이라면 그에 맞는 목적 수종이 선발되어야 한다. 만일 두 수종 이상이 어느 장소에 적합하다고 판단되면 단기간에 가장 큰 경제 효과를 얻을 수 있는 수종을 선정해야 한다. 대부분의 경우에 가장 높은 지위지수 수종을 선발하는 것이 타당하다. 이러한 개념이 산림입지 및 임지 생산력에 기반한 적지적수 기법이며, 그 산물은 맞춤형 산림지도로 표현될 수 있다.



<그림 1-1-25> 적지판정 프로그램 결과

1.6.8. 산림 토양의 분류

1.6.8.1. 일반 토양분류 체계

토양분류란 토양의 특성과 이들의 관계를 쉽게 이해할 수 있도록 토양을 종류별로 정리한 것이며 분류방법은 나라에 따라 분류방법을 제정하여 사용하고 있다. 토양의 분류가 정립되면 토양의 종류에 따라 임지의 존속이나 개발의 가부를 판단하고, 산림의 공익적 기능 증진을 도모하며, 적지적수에 의한 임지의 효율적 이용방안을 수립하는 등 국토의 보전과 이용을 기하기 위한 정책적 판단자료로 활용한다.

토양의 분류 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 토양생성인자인 기후, 식생, 모재 등을 기준으로 하는 생성론적 분류와 토양의 형태를 중시한 객관화한 정량적인 형태적 분류방법이 있다.

분류체계는 나라마다 각기 다르나, 고차분류단위는 대체로 목(目)·아목(亞目)·군(群)·아군(亞群)의 체계를 갖는다. 목은 토양층위의 발달에 따른 토양의 특성에 근거를 두고 분류하며, 아목은 생성학적으로 보아 동질성을 띠는 토양의 특성에 따라 목으로부터 세분된 것이며, 군은 특징적 층위의 존재여부와 그 배열에 따라 분류한 것이고, 아군은 군을 세분한 것이다. 목은 각각 sol(라틴어의 solum; 토양의 뜻)이란 어미로 끝나며, 각 목의 의미는 표 1-1-20과 같다.

<표 1-1-20> 토양목(目)의 분류 및 특징

토양목	특징
엔티졸(Entisol)	토층의 분화가 없거나 매우 미약한 토양으로 특징적인 토양 층위를 찾아 볼 수 없는 토양
버티졸(Vertisol)	점토가 풍부한 토양으로서 팽윤과 수축이 번갈아 일어나 그 결과 토층이 아래 위로 뒤섞이게 된 토양
인셉티졸(Inceptisol)	눈에 떨 정도로 현저히 토층의 분화가 이루어지지 않은 토양으로서, 생성적 층위가 막 발달하기 시작한 젊은 토양
아리디졸(Aridisol)	건조지방의 토양
몰리졸(Mollisol)	두껍고 팽윤된 암색의 표층(mollic 표층)을 갖는 초지토양
스포도졸(Spodosol)	사질인 모재, 주로 냉온대의 습윤한 기후 하에서 발달하는 토양
알피졸(Alfisol)	석회가 세탈되어 Al 과 Fe가 하층토에 집적되는 습윤지방의 토양
울티졸(Ultisol)	세탈이 극심하여 염기함량이 매우 적은 토양
악시졸(Oxisol)	Al 과 Fe의 산화물이 풍부하고 1:1형 점토의 함량도 많은 적색의 열대토양
히스토졸(Histosol)	주로 식물조직으로 이루어진 늪지(bog)의 토양
앤디졸(Andisol)	단면 발달이 없는 화산회 퇴적 토양

1.6.8.2. 국내 산림토양 분류

가. 분류방법

자연적 계통분류방식에 의거하여 고차에서 저차 카테고리로의 하강식 분류 방식을 채택하고 있다.

나. 분류체계

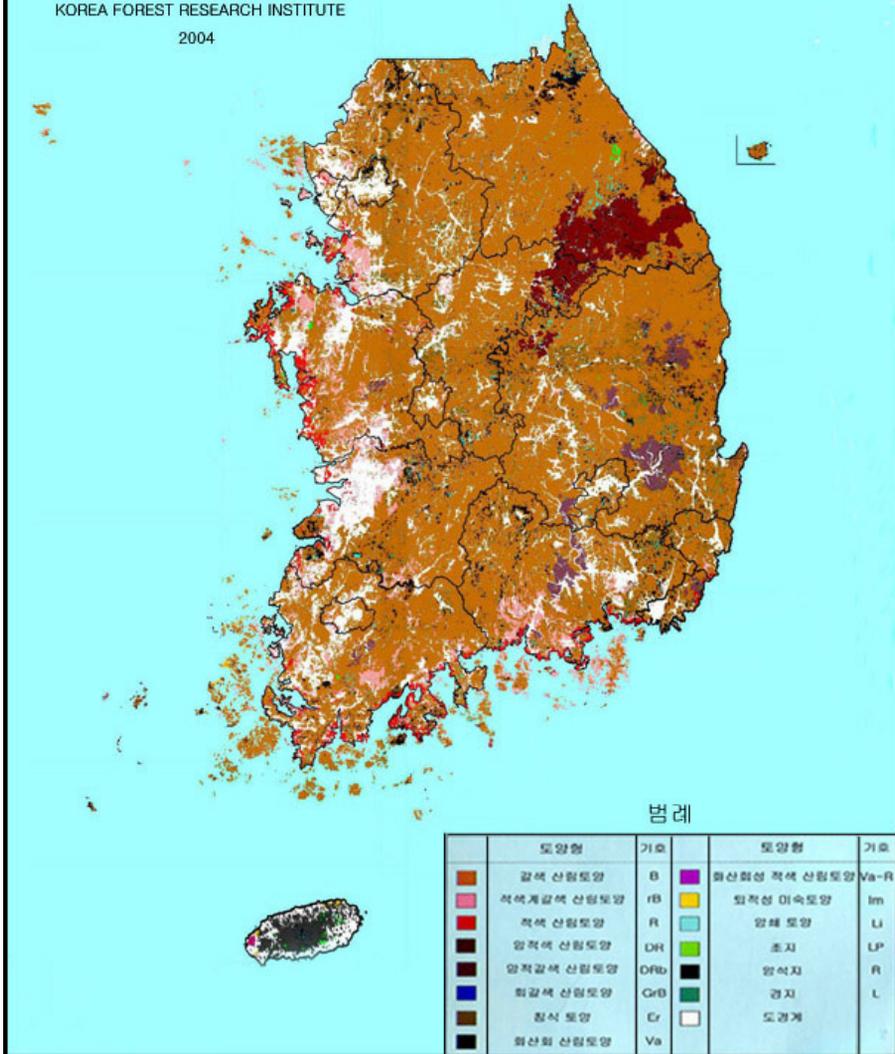
토양군 - 토양아군 - 토양형의 3단계를 설정하고, 토양군의 고차 카테고리인 토양목과 토양형의 저차 카테고리인 토양아형은 설정하지 않았다. 토양군은 토양생성 작용이 같고 토양층위의 배열이 유사한 토양의 집합을 말한다. 토양아군은 토양군의 전형적인 성질을 갖고 있는 토양아군과, 다른 토양아군으로 이행해가는 중간적인 성질을 갖는 토양아군으로 구분한다. 토양형은 지형조건에 따른 수분환경을 감안해서 A₀층 발달정도, 토양단면 형태, 층위 발달정도 및 각 층위 구조, 토색 등의 차이로 구분한다.

다. 명명

토양군은 식별이 용이한 토색을 주요 기표인자로 하였고, 토양아군은 전형적인 토양아군과 다른 토양아군으로의 이행적인 토양아군의 특징을 포함할 수 있도록 명명하였으며, 토양형은 수분조건, 토양단면의 형태의 차이 및 토양성숙도의 차이에 의해 명명하였다. 이상의 분류체계와 명명체계에 따라 우리나라 산림토양은 전체 8개 토양군, 11개 토양아군, 28개 토양형으로 분류되어 있다.

한국 산림토양도 FOREST SOIL MAP OF KOREA

국립산림과학원
KOREA FOREST RESEARCH INSTITUTE
2004



<그림 1-1-26> 한국의 산림토양 분포도

<표 1-1-21> 한국의 산림토양 분류표

토양군	기호	토양아군	기호	토양형	기호
갈색산림토양 (Brown forest soils)	B	갈색산림토양	B	갈색건조산림토양 갈색약건산림토양 갈색적운산림토양 갈색약습산림토양	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄
		적색계갈색산림토양	rB	적색계갈색건조산림토양 적색계갈색약건산림토양	rB ₁ rB ₂
적황색산림토양 (Red & Yellow forest soils)	R·Y	적색산림토양	R	적색건조산림토양 적색약건산림토양	R ₁ R ₂
		황색산림토양	Y	황색건조산림토양	Y
암적색산림토양 (Dark Red forest soils)	DR	암적색산림토양	DR	암적색건조산림토양 암적색약건산림토양 암적색적운산림토양	DR ₁ DR ₂ DR ₃
		암적갈색산림토양	DRb	암적갈색건조산림토양 암적갈색약건산림토양	DRb ₁ DRb ₂
회갈색산림토양 (Gray Brown forest soils)	GrB	회갈색산림토양	GrB	회갈색건조산림토양 회갈색약건산림토양	GrB ₁ GrB ₂
화산회산림토양 (Volcanic ash forest soils)	Va	화산회산림토양	Va	화산회건조산림토양 화산회약건산림토양 화산회적운산림토양 화산회습운산림토양 화산회자갈많은산림토양 화산회성적색건조산림토양 화산회성적색약건산림토양	Va ₁ Va ₂ Va ₃ Va ₄ Va-gr Va-R ₁ Va-R ₂
침식토양 (Eroded soils)	Er	침식토양	Er	약침식토양 강침식토양 사방지토양	Er ₁ Er ₂ Er-c
미숙토양 (Immature soils)	Im	미숙토양	Im	미숙토양	Im
암쇄토양 (Lithosols)	Li	암쇄토양	Li	암쇄토양	Li
8개 토양군		11개 토양아군		28개 토양형	

1.6.8.3. 산림토양형별 특성

입지환경조사 및 토양단면조사 결과를 종합 분석하여 각 입지 구획별로 분류된 각 토양군과 토양형별 주요 특성은 다음과 같다.

가. 갈색산림토양군

갈색산림토양군(brown forest soils: B)은 적운한 온대 및 난대 기후 하에서 분포하는 토양으로 A-B-C 층위가 발달하며 암갈색~흑갈색으로 부식을 다량 함유하고 있다. B층은 갈색~암갈색의 광물질층인 산성토양으로 전국 산지에 대부분 출현하는 토양이다.

(1) 갈색건조산림토양(B₁)

산정의 능선부근 및 산복사면상부 등 건조한 곳에 주로 분포하는 건조한 토양으로 A층에 균사 및 균근이 보이며 균사속의 영향으로 부식의 침투가 어려워 양분이 결핍된 토양이다. 또한 토립의 결합력이 없어 침식을 받기 쉬운 토양으로 A층은 암갈색으로 토심이 얇고 건조하며 입상구조~세립상구조가 대부분 출현한다. B층은 건조하며 입상~건과상구조가 발달한다. 임목생육 상태는 불량하다.

(2) 갈색약건산림토양(B₂)

완만한 산정 및 풍충지, 바람이 스치는 산복에 분포하는 약간 건조한 토양이며 A₀층이 비교적 두껍게 발달한다. A층은 얇은 편이며 약건하고 대부분 입상구조가 출현한다. B층은 갈색으로 약건하고 상부는 주로 입상~건과상구조가 하부에는 건과상구조가 발달한다. 임목생육상태는 B₁형보다 양호하다

(3) 갈색적운산림토양(B₃)

산록사면의 요형지형 및 산록완사면에 분포하며 A₀층이 B₁, B₂형에 비해 얇고 H층은 거의 표토에 유입되어 있다. B₃형 토양은 B₁, B₂형보다 수분 및 기타 양분 분해조건이 양호하다. 또한 자갈이 적당하게 혼입되어 있어 통기성 및 투수성도 양호하여 식물근이 B층 깊이까지 뻗을 수 있다.

형태적 특징은 A층이 대부분 흑갈색으로 토심은 비교적 깊고 적운한 상태를 보인다. 또한 團粒, 입상구조가 많이 나타나며 B층은 갈색으로 적운하며 괴상구조가 발달한다. 임목생육상태는 양호하다.

(4) 갈색약습산림토양(B₄)

산록사면 및 산복완사면의 요(凹)형 지형에 주로 분포하며 B₃형보다 수분은 많지만 과습하지는 않다. 수분이 적당하기 때문에 A₀층의 분해가 빨라 B₁, B₂형과 같이 뚜렷하게 쌓이지 않고, B₃형과 마찬가지로 표토 속으로 유입된 상태를 보이고 있다. B₃형과 거의 유사하나 지형적 조건차이로 하층의 수분상태가 약습한 상태를 보인다. A층은 흑갈색으로 깊은 편이며 적윤하고 團粒, 입상구조를 보인다. B층은 흑갈색으로 약간 습한 상태를 나타내며 괴상 및 벽상구조가 발달하고 토층이 치밀한 곳에서는 무구조가 출현하기도 한다. 임목생육 상태는 양호하다.

(5) 적색계갈색건조산림토양(rB₁)

저해발 산지의 산정~산복에 주로 출현하는 건조한 토양으로 A₀층이 약간 발달하며 토심이 얇다. 적색풍화 현상에 의해 표토층은 명갈~암적갈색으로 점착성이 없고 송한 토양이다. A층은 갈색~명갈색으로 약도의 세립상구조 또는 입상구조가 출현하며 B층은 약도의 견과상구조가 발달한 토양이다.

(6) 적색계갈색약건산림토양(rB₂)

저해발 산지의 산복이하의 약건~적윤한 지역에 주로 분포하며 철성분의 집적에 따른 적색화 현상이 일어나는 곳에 나타난다. A층은 명갈색을 띠는 약간 건조하며 입상구조가 발달한 점착성이 약한 토양이다. B층은 견과상~입상구조가 발달하고 자갈 및 잔돌이 있다. 임목생육 상태는 약간 양호한 상태이다.

나. 적·황색 산림토양군

적·황색 산림토양군(red & yellow forest soils : R·Y)은 해안 인접지의 홍적대지에 분포하며 퇴적상태가 견밀하고 물리적 성질이 불량한 토양이다.

(1) 적색건조산림토양(R₁)

주로 야산지 및 내륙 구릉지의 건조한 산정~산복에 출현하는 물리성이 불량한 토양이다. 형태적 특징은 A층이 명적갈색으로 견밀하다. 토양구조는 거의 세립상구조를 보인다. B층은 적갈색을 띠며 점토함량이 많은 관계로 대단히 견밀한 토층을 형성하고 견과상구조가 발달한다. 임목생육 상태는 매우 불량하다.

(2) 적색약건산림토양(R₂)

완구릉지 및 야산지의 산복~산록에 주로 출현하는 정적토이다. 토층이 견밀하며

통기성과 투수성이 불량한 토양이다. A층은 적황색으로 건조하며 입상 구조가 나타난다. B층은 명적갈색으로 부식함유율이 낮으며 견과상구조가 발달한다. 임목생육 상태는 R₁형보다 좋으나 갈색산림토양의 임목생장에 비하여 불량하다.

(3) 황색건조산림토양(Y)

해안지역의 야산지 및 구릉지에 주로 출현하며, 해풍의 영향으로 대단히 건조하고 견밀한 토양이다. A층은 황갈색으로 유기물이 적고 입상구조가 발달한다. B층은 황갈색으로 토심이 비교적 얇고, 미사가 많은 견밀한 토양으로 통기성 및 투수성이 불량하며 견과상구조가 발달한다. 임목생육 상태는 불량하다.

다. 암적색산림토양군

암적색산림토양군(dark red forest soils: DR)은 석회암, 염기성암 등을 모재로 하는 토양에서 주로 출현하는 약산성토양으로 모재층에 가까워질수록 암적색이 강하게 나타나며, 이 토양은 염기성암에서 유래하여 Ca²⁺와 Mg²⁺ 함량은 높고 점질이 많아 견밀하고 통기성이 불량한 토양이며, 물리적 성질이 불량한 토양이다.

(1) 암적색건조산림토양(DR₁)

주로 석회암지역의 산악지 또는 준산악지의 산정~산복 남사면의 건조한 지형에서 나타나며 토심은 일반적으로 얇고 자갈이 많다. A층은 적갈색을 띠며 점착성이 강하다. Ca²⁺와 Mg²⁺ 함량이 특히 높으며, 입상구조가 약간 발달한 토양으로 식물근이 많으며 자갈, 잔돌이 섞여있는 건조한 토양이다. B층은 명적갈색을 띠며 토양의 견밀도는 견하다.

(2) 암적색약건산림토양(DR₂)

주로 석회암지역의 완사면의 산복에 출현하며 A층은 암갈색~암적갈색으로 점착성이 강하며 입상구조가 잘 발달한다. Ca²⁺, Mg²⁺ 함량이 다량 함유되어 약산성을 보이며, 토양의 견밀도는 연~견하다. B층은 적갈색~명갈색으로 약건하며 점착성이 강하고 미사함량이 높다. 견과상구조를 보이며, 자갈이 약간 섞여있다. 임목생육상태는 DR₁형 보다 양호하다.

(3) 암적색적윤산림토양(DR₃)

주로 석회암지역의 완사면의 산록 및 계곡에 출현하며 A층은 암갈색~암적갈색으로 단립구조가 잘 발달한다. Ca²⁺, Mg²⁺ 함량이 다량 함유되어 약산성을 보이며, 토

양의 견밀도는 연~송하다. B층은 적윤~약습하며 점착성이 강하고 미사함량이 높다. 괴상구조 또는 벽상구조를 보이며 자갈이 많다. 임목생육상태는 양호하다.

(4) 암적갈색건조산림토양(DRb₁)

퇴적암지역의 응회암, 응회암질 사암, 역암류를 모재로 생성된 약산성 토양으로 건조하며 단면내 자갈함량이 많고 점착성이 있으며 유기물 함량이 낮은 토양이다. 형태적 특징으로 A층은 명갈색을 띠며 건조하고 입상구조가 발달한다. B층은 명적갈색으로 건조하며 심층으로 갈수록 모재색을 강하게 나타내는 토양이다. 산복 이상에서 주로 나타나며 임목생육 상태는 불량하다.

(5) 암적갈색약건산림토양(DRb₂)

퇴적암지역의 응회암, 응회암질 사암, 역암류를 모재로 생성된 약산성 토양으로 약건하며 단면내 자갈함량이 많다. 형태적 특징으로 A층은 명갈색을 띠며 건조하고 입상~단립(團粒)구조가 발달한다. B층은 명적갈색으로 약건~적윤하다. 산록 이상에서 주로 나타나며 임목생육 상태는 불량하다.

라. 회갈색산림토양군

(1) 회갈색산림토양(GrB)

회갈색산림토양(grey brown forest soils : GrB)은 퇴적암지역의 혈암, 니암, 회백질사암을 모재로 생성된 토양으로 과거 심한 침식을 받은 건조하고 점착성이 강한 회갈색토양이다. 통기성 및 투수성이 불량하여 식물근이 거의 없다. 형태적 특징은 A층이 암회황색으로 견밀하고 입상구조가 출현한다. B층은 회갈색으로 건조~약건하며 대단히 견밀하고 배수가 불량하다. 임목생육 상태는 극히 불량하다.

마. 화산회산림토양군

화산회산림토양군(volcanic ash soils: Va)은 화산활동작용에 의해 생성된 토양으로 암적갈색~흑색으로 가비중이 매우 낮은 다공질 토양으로 토립의 결합력이 약하다. 유기물 함량 높으며 인산 고정력이 강하고 염기용탈이 쉽게 일어나는 토양이다.

(1) 화산회건조산림토양(Va-d)

화산분화구나 야산지의 산정 부근에 주로 분포하며, 화산활동 작용에 의해 열수풍화작용을 받은 적색의 모재로부터 생성된 토양으로 표층의 발달이 미약하며 조립질

모재성분으로 구성된 건조한 토양이다. A층은 암갈색으로 유기물이 매우 많고 점착성이 적은 토양이다. B층은 암적갈색으로 유기물이 많으며 무구조가 출현한다.

(2) 화산회성적황색산림토양(Va-R·Y)

현무암을 모재로 하는 토양으로 그 성질이 내륙지역의 적황색 토양과 다르며 특히 염기성분이 낮은 산성토양이다. 야산지 및 산지에서 점재적으로 출현하며 미사함량이 높은 토양이다. 형태적 특징은 A층이 명갈색으로 약습하며, B층은 황갈색으로 약습하며, 각괴상구조가 출현한다. 임목생육 상태는 보통이다.

(3) 화산회석력산림토양(Va-gr)

현무암을 모재로 하는 토양으로 주로 산지에 분포하며 토심이 전체적으로 얇은 흑갈색 토양이다. 미사의 함량이 높아 대부분 미사질식양토 또는 미사질 양토로 토양의 견밀도는 대단히 송하다. 이 토양은 화산회 습윤토양과 이화학적 유사하나 단면내에 자갈 및 잔돌이 많은 토양이다.

(4) 화산회습윤산림토양(Va-w)

화산회토를 풍화모재로 하는 토양으로 토심이 깊고 유기물을 다량 함유하는 미사질토양으로 주로 산악지에 분포한다. A층은 흑색으로 점착성 없는 미사질양토로 유기물이 많이 함유되어 있으며 식물근이 발달한다. 대부분 입상구조를 이루고 있고 송한 토양으로 고상률이 작으며 액상 및 기상율이 큰 토양으로 층계는 명확하다. B층은 암적색 또는 암적갈색을 띠며 입상구조와 괴상구조를 이루고 있으며 자갈이 많은 토양이다. 임목생육 상태는 양호하다.

바. 침식토양군

침식토양군(eroded soils: Er)은 산정 능선 및 철(凸)형의 산복지형에 주로 출현하는 토층의 일부가 유실된 토양이다. L, F층이 B층 또는 C층위에 얇게 퇴적되어 있고 H-A층이 분상으로 형성되는 수도 있으며 층위 분화가 불완전하여 모재의 특성이 강하게 나타나는 토양이다. 과건하여 세립상 구조가 발달하나 점토 및 유기물 등의 양분 용탈이 심하게 일어나는 보비력이 약한 토양이다.

(1) 약침식토양(Er₁)

A층의 대부분 또는 B층의 일부가 실된 토양으로 경사가 완만한 산정, 산복의 철형 지형에서 출현하는 토양이다. 과건한 관계로 세립상 구조가 발달한다. 식물세근이

지표면에 집중 분포하며 심토층은 무구조를 갖는다. 임목생육 상태는 불량하다.

(2) 강침식토양(Er_2)

침식을 받아 B층 또는 C층의 일부까지 유실된 토양이며 주로 경사가 급한 산정이나 산복에 출현한다. 임목생육 상태는 매우 불량하다.

(3) 사방지토양($Er-c$)

과거 심한 침식을 받았던 토양으로 사방공사에 의해 토양유실이 정지된 상태로서 토양의 층위발달이 덜된 토양이다. 단면의 형태적 특징은 나타나지 않는다. 임목생육 상태는 매우 불량하다.

사. 미숙토양군

(1) 미숙토양(Im)

미숙토양(immature soils : Im)은 주로 산록하부 및 저산지에 출현하며 성숙토양과 달리 토양생성 시간이 짧아 층위의 분화 및 발달이 불완전한 토양으로 퇴적작용에 의해 토심은 깊은 편이나 조공극력이 많아 보수력이 약하고 물리화학적 성질이 불량한 토양이다.

아. 암쇄토양군

(1) 암쇄토양(Li)

암쇄토양(lithosols : Li)은 산정 및 경사가 급한 산복사면에 주로 분포하며 A~C층의 단면형태로 암쇄퇴적물이 섞여 있는 토양으로 A층이 얇거나 결여된 토양이다. 토양입자는 비교적 조립질이며 큰 자갈이 많다. 임목생육 상태는 매우 불량하다.

1.7. 산림입지 및 토양단면 조사

1.7.1. 조사 절차

입지 및 토양단면조사는 입지의 토양 성질과 현재의 상태를 정확하게 조사하고 입지의 잠재 생산력을 파악함으로써 과학적인 산림경영의 기초자료를 제공하기 위한 현지조사이다. 현지 조사를 위해서는 다음과 같은 절차에 따라 실시한다.

1.7.1.1. 입지구획

조사대상지의 지형도 및 기본계획도를 참고하여 항공사진상에서 지형, 경사, 방위, 침식, 입지이용 상태 등을 참고로 지형 요소분석법에 의거 항공사진을 판독하여 잠정적인 입지구획을 최소 3ha까지 구획한다.

1.7.1.2. 표준지 선정

구획된 입지내에서 다음 사항을 유의하여 표준지를 선정한다. 표준지는 지형조건, 식생 및 임상 등이 입지를 대표할 수 있는 곳으로 하며, 급변하는 지역, 인위적 피해지, 사면상의 요철지는 피한다. 표준지의 규모는 장령임분의 경우 0.16ha(40m x 40m), 유령임분의 경우 0.05ha(20m x 25m)를 최소 규모로 한다.

1.7.1.3. 개황조사

조사지역의 지질, 지형, 토양 및 임상분포 등을 파악한다.

1.7.1.4. 입지구획 설정

개황조사를 실시한 결과를 참고로 능선과 계곡사이의 위치차이 등 미지형의 차이에 따라 낙엽층의 퇴적상태, 토심, 토양구조, 건습도, 견밀도 등을 고려하여 토양형을 구분한다. 다음 단계로 임목의 지위를 파악한 후 조사결과를 종합 분석하여 입지구획 경계를 확정한다.

1.7.1.5. 표준지 조사

입지구획한 장소에서 표준지를 선정 후 입지환경, 토양조사 및 임목조사를 실시하여 수종별 분류곡선에 의한 지위지수 사정 및 입지환경 인자에 의한 지위지수를 파악한다.

1.7.2. 입지환경 조사

1.7.2.1. 모암

토양의 생성에 중요한 영향을 미치는 모암의 분포상황을 지질도에 의거하여 구분한다.

<표 1-1-22> 모암 분류표

대분류	세분류
화성암 퇴적암 변성암	화강암류, 섬록암, 반암, 현무암, 안산암, 유문암 등 역암, 사암, 혈암, 응회암, 점판암, 석회암 등 화강편마암, 편암, 천매암, 기타 변성암류 등

1.7.2.2. 표고

지형도를 이용하여 고도 100m 단위로 기재한다.

1.7.2.3. 경사

전체 조사지역을 대표할 수 있는 평균경사를 아래 기준에 의거 조사한다.

<표 1-1-23> 경사 분류표

구분	기준
완경사지	15°미만
경사지	15 ~ 20°
급경사지	20 ~ 25°
험준지	25 ~ 30°
절험지	30°이상

1.7.2.4. 지형

조사 대상지의 소지형은 아래 기준에 의거 구분 조사한다.

<표 1-1-24> 지형 분류표

구분	기준
평탄지	경사 5°미만의 평탄한 지역
완구릉지	산세가 험하지 않고 산록이 전답에 연결된 파상형의 야산지역으로 경사길이 300m 이하인 야산
산록	하부가 경작지 및 계곡에 연한 지역으로 구릉지 및 산악지의 3부 능선 이하인 지역
산복	구릉지 및 산악지의 3~7부 능선
산정	구릉지 및 산악지의 8부 능선 이상인 지역

1.7.2.5. 기후대

산림 기후대는 대상지역의 연평균 기온에 의거하여 다음과 같이 구분 조사한다.

<표 1-1-25> 산림기후대 분류표

기 후 대	연 평 균 기 온 (℃)
온 대 북 부	6 ~ 9℃
온 대 중 부	9 ~ 12℃
온 대 남 부	12 ~ 14℃
난 대	14℃ 이상

1.7.2.6. 방위

방위계(나침반)에 의거 동, 서, 남, 북, 북동, 북서, 남동, 남서의 8 방위로 구분 조사한다.

1.7.2.7. 경사형태

지표의 형태를 상승사면(凸), 평형사면(□), 하강사면(凹)으로 구분 조사한다.

1.7.2.8. 풍화정도

모재의 풍화정도는 얼마나 토양화되었는가를 가늠하는 지표로서 아래 기준에 의거 구분 조사한다.

<표 1-1-26> 풍화정도 분류표

구 분	기 준
상	손으로 만져보면 거친 감이 적고 장식운모가 거의 보이지 않는다. 삽으로 파내려가기 쉽다.
중	삽으로 파내려가기 힘들지만 계속해서 파내려갈 수는 있다.
하	상당히 거친 감이 많고 장식 운모의 상당량이 보이며, 삽으로 파내려가기 매우 어렵다.

1.7.2.9. 퇴적양식

지표 토양의 퇴적형태를 아래 특성에 의거 구분 조사한다.

<표 1-1-27> 퇴적양식 분류표

구 분	특 성
잔적토	풍화된 토양이 그 자리에 잔적된 토양(정적토)
포행토	상부에서 내려온 토양과 하부로 내려간 토양이 거의 같은 조건에서 형성된 토양
붕적토	상부로부터 내려온 토양에 의하여 퇴적된 토양

1.7.2.10. 토양배수

토색, 경사, 토성, 구조, 기후조건, 지하수위가 토양배수를 추정하는데 기초 자료가 되며 지표면에서 흘러내리는 상태, 토양내로 물이 스며드는 상태를 종합하여 아래 기준에 의거 조사한다.

<표 1-1-28> 토양배수 특성 분류표

구 분	기 준
불 량	토양이 상당히 오랫동안 습한 상태를 유지하고 지하수위는 지표 가까이 있음
보 통 양 호	토양이 오랫동안 습한 상태를 유지하고 지하수위는 비교적 높음 배수가 적당하며 토성이 사양토~양토인 토양
매우양호	물이 매우 빨리 빠지며 대부분 미숙토양으로 경사가 매우 급하고 공극이 많음

1.7.2.11. 풍노출도

풍노출도는 표준지의 지형과 매우 밀접한 관계가 있으므로 아래 특성에 의거 구분 조사한다.

<표 1-1-29> 풍노출도 분류표

구 분	특 성
노출	산정부위로 바람의 영향을 직접 받는 지역
보통	대부분 산복지역으로 바람영향을 간접적으로 받는 지역
보호	산록지역으로 바람의 영향을 받지 않는 지역

1.7.2.12. 침식상태

침식상태는 지표상태의 식생과 토양단면상태를 종합하여 판단한다.

<표 1-1-30> 침식상태 분류표

구 분	특 성
없다	A층이 침식을 받지 않은 상태
있다	A층 일부가 침식을 받은 상태
많다	A층의 대부분과 B층의 일부가 유실된 상태

1.7.2.13. 암석노출도

지표면을 덮고 있는 암석 및 석력지의 전체 면적에 대한 비율(%)로 아래 기준에 의거 조사한다.

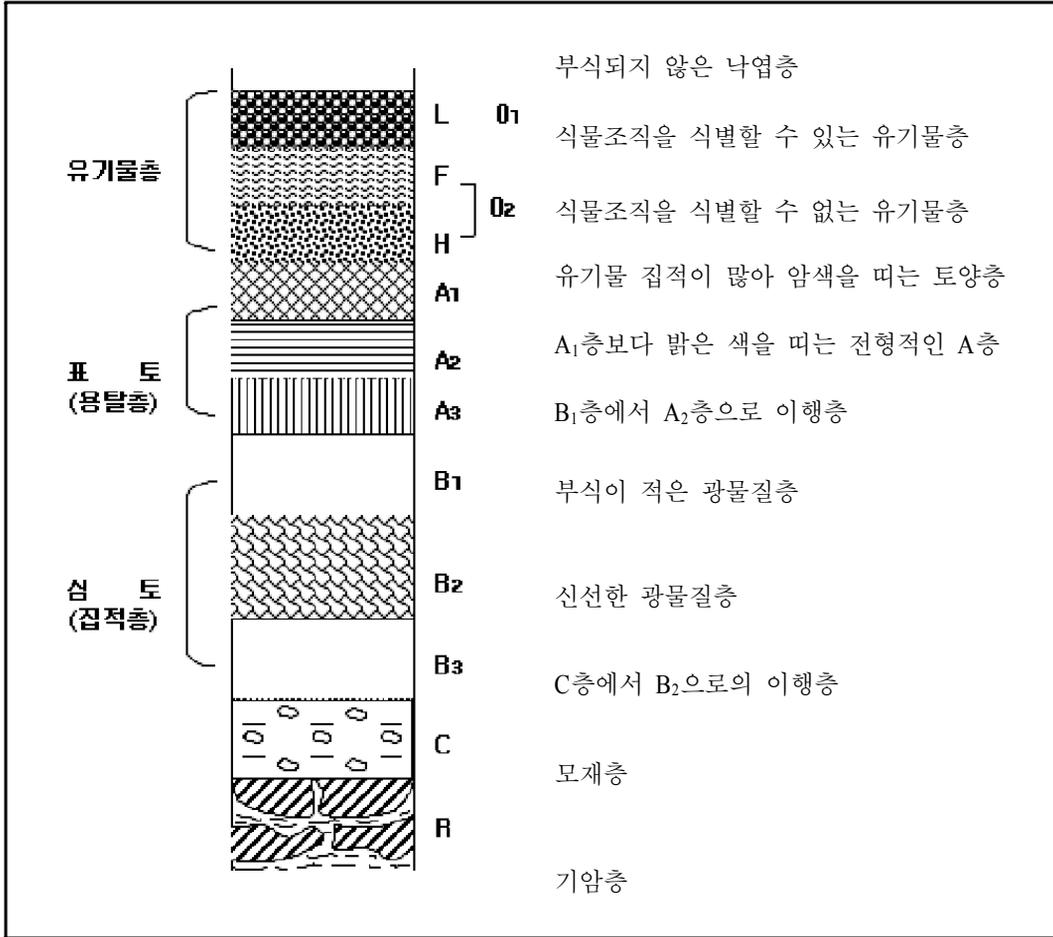
<표 1-1-31> 암석노출도 분류표

구 분	기 준
적다	10% 미만
있다	10 ~ 30%
많다	30 ~ 50%
매우많다	50 ~ 75%

1.7.3. 토양단면 조사

1.7.3.1. 층위

토색, 구조, 건습도, 견밀도 등의 차이에 따라 아래와 같은 기준에 의해 구분한다.



<그림 1-1-27> 토양층위 구분

1.7.3.2. 층계

층위와 층위 사이의 경계를 아래 기준에 의거 구분 조사한다.

<표 1-1-32> 층계 분류표

구분	기준	표기
명확(abrupt)	경계가 2 cm 이내의 폭을 가진 것	a
관연(clear)	" 2 ~ 5 cm "	c
점변(gradual)	" 5 ~ 12 cm "	g
불명(diffuse)	" 12 cm 이상의 "	d

1.7.3.3. 전토심

표층토에서 하층토(B층 하단 또는 모재 상단)까지의 깊이를 cm로 기록한다.

1.7.3.4. 유효토심

일반적으로 임목이 성장하는데 영향을 주는 깊이, 즉 식물근이 가장 많이 분포되어 있는 부분의 하단까지를 cm로 기록한다.

1.7.3.5. 토색

각 층위의 토괴(土塊)를 자연상태로 채취하여 음지(陰地)에서 표준 토색첩에 의거 조사한다. 조사방법은 토색첩 내에 들어있는 흰색과 검정색의 관찰지 중에 토괴를 올려놓고 토색과 가장 가까운 색상을 비교하면서 색상(Hue), 채도(Chroma), 명도(Value) 순으로 읽어 토색을 판정한다(예: 10YR3/4 암갈색). 이때 토색이 유사할 때는 왼쪽의 토색 범위로 토색을 판정해도 좋다(예: 10YR3/4, 3/3 암갈색).

1.7.3.6. 유기물

유기물함량은 화학분석을 통해 그 양을 측정하나 현지에서는 아래 토색 기준에 의거 분류 조사한다.

<표 1-1-33> 토색에 의한 유기물 분류표

구 분	토 색
약간있다 (0~2%)	10YR : 7/6, 6/8, 5/8, 7/4, 7/8 7.5YR : 7/6, 6/6, 5/8, 6/8, 6/4, 7/4, 7/8 5YR : 7/6, 6/8, 5/6, 7/4, 6/6, 7/8, 4/1, 5/1, 4/2, 5/2 2.5YR : 6/4, 4/6, 5/6, 4/8, 5/8, 6/8
있 다 (2~4%)	10YR : 4/4, 4/6, 5/4, 6/4, 5/6, 6/6, 6/2, 5/3, 6/3 7.5YR : 4/4, 5/4, 5/6, 4/6, 4/3, 5/3, 6/3 5YR : 4/6, 6/4, 4/3, 5/3, 4/4, 5/4, 4/8 2.5YR : 4/2, 5/2, 4/3, 5/3, 4/4, 5/4
많 다 (4~6%)	10YR : 3/3, 3/4, 4/3, 4/2, 5/2 7.5YR : 3/4, 3/3 5YR : 3/2, 3/3, 3/4, 3/6 2.5YR : 3/2, 3/3, 3/4, 3/6
아주많다 (6%이상)	10YR : 2/2, 3/2, 2/3, 1.7/1, 2/1, 3/1 7.5YR : 2/2, 3/2, 2/3, 1.7/1, 2/1, 3/1 5YR : 1.7/1, 2/2, 2/3 2.5YR : 1.7/1, 2/1, 3/1, 2/2, 2/3, 2/4

1.7.3.7. 토성

토성은 실내 입도분석에 의하여 판정되며, 현지에서는 점토, 미사, 모래의 감촉을 가지고 미농무성법에 의거 조사한다.

<표 1-1-34> 토성 분류표

구 분	기 준 (%)			부 호
	점토(Clay)	미사(Silt)	모래(Sand)	
사 토(Sand)	- 10	- 15	85 - 100	S
미 사(Silt)	- 10	80 - 100	- 20	Si
양질사토(Loamy Sand)	- 15	- 30	70 - 90	LS
사질양토(Sandy Loam)	- 20	- 50	43 - 85	SL
미사질양토(Silty Loam)	12 - 17	50 - 80	20 - 50	SiL
양 토(Loam)	17 - 27	28 - 50	25 - 53	L
사질식양토(Sandy Clay Loam)	20 - 35	- 28	45 - 80	SCL
식양토(Clay Loam)	27 - 40	15 - 53	29 - 45	CL
미사질식양토(Silty Clay Loam)	27 - 40	40 - 73	- 20	SiCL
사질식토(Sandy Clay)	35 - 55	- 20	45 - 65	SC
미사질식토(Silty Clay)	40 - 60	40 - 60	- 20	SiC
점 토(Clay)	40 - 100	- 40	- 45	C

1.7.3.8. 석력함량

토양 중 토성으로 분류되는 이외의 모든 광물질로 다음과 같이 구분 조사한다.

<표 1-1-35> 석력함량 분류표

구 분	기 준
왕 사	직경 2mm 이상 ~ 1cm
자 깔(Gravel)	직경 1cm ~ 7.5cm 까지
잔 돌(Cobble)	직경 7.5cm ~ 25cm 까지
돌 (Stone)	직경 25cm에서 인력으로 움직일 수 있는 돌
바 위(Rock)	인력으로 움직일 수 없는 바위

1.7.3.9. 토양구조

토양입자의 배열 또는 배합상태를 말하며 크기, 모양 등이 달라 여러 형태의 형상을 이룬다. 토양특유의 생성물로서 토양형을 판정하는데 유력한 수단이 된다.

<표 1-1-36> 토양구조 분류표

구 분	기 준
細粒狀(Finegranular)	<ul style="list-style-type: none"> · 粉狀 또는 미세한 입상의 土粒이 均束에 달라붙어 있는 상태로 대단히 건조하기 쉬운 토양에 발달한다. · 비교적 소형(2~5mm정도)으로 둥글고 딱딱한 형태이며, 건조하기 쉬운 토양에 발달한다. · 각 입자가 단독으로 배열된 구조 · 수분이 많아 부드러운 감을 갖는 수 mm 정도의 小粒구조, 손가락 사이로 누르면 쉽게 깨어진다. · 비교적 둥근 감자와 같은 모양으로 둥글둥글하다. 적윤한 토양의 하층토에 출현하며 대체로 1cm 이상이다. · 稜角 또는 角의 모서리가 비교적 확실하고 단단하며 1~3cm 정도의 크기를 갖는다. · 토층 전체가 빽하게 응집되어 일정한 구조를 갖지 않는다. · 사토에서와 같이 토양입자가 서로 분리되어 있어 어떤 형태의 배열도 없는 구조를 말한다. · 입자가 板狀이며 수평면은 수직면 보다 길이와 면적이 적다.
粒狀(Granular)	
單粒(Single grain)	
團粒(Crumb)	
塊狀(Subangular blocky)	
堅果狀(Nutty)	
壁 狀(Prismatic)	
無構造(Massive)	
板狀(Platy)	

1.7.3.10. 건습도

건습도는 계절, 강우, 식생, 방위 등에 의하여 상당한 변화가 있으므로 조사 시 환경, 계절 등을 종합하여 아래 기준에 의거 층위별로 조사한다.

<표 1-1-37> 토양건습도 분류표

구 분	기 준	해 당 지	비 고
건 조	손으로 째 쥐었을 때 수분에 대한 감촉이 거의 없다.	산정, 능선	지피식생 단순
약 건	짜 쥐었을 때 손바닥에 습기가 약간 묻는 정도이다.	산복, 경사면	지피식생 보통
적 윤	짜 쥐었을 때 손바닥 전체에 습기가 묻고 물의 감촉이 뚜렷하다.	계곡, 평탄지 계곡평지, 산록	지피식생 다양
약 습	짜 쥐었을 때 손가락 사이에 약간의 물기가 비친다.	경사가 완만한 계곡 및 평탄지	지피식생 다양
습	짜 쥐었을 때 손가락 위에 물방울이 맺힌다.	요지로 지하수위가 높은 곳	지피식생 다양

1.7.3.11. 견밀도

견밀도측정기(또는 토양경도계, penetrometer)로 아래 구분에 의거 조사한다.

<표 1-1-38> 토양견밀도 분류표

구분	기		준
	측정치	토립결합력	단 면
심송	0.5 이하	토립이 단독으로 분리되어 결합력이 없다.	누르면 지두가 아주 잘 들어감.
송	0.5~1.0	매우 연하여 약간의 외력에도 잘 부서진다.	누르면 지두가 잘 들어감
연	1.0~1.5	비교적 단단하여 손으로 눌러서 부서진다.	누르면 지흔이 생김.
견	1.5~2.5	단단하여 힘을 가해야 부서진다.	누르면 지흔이 겨우 생김.
강견	2.5 이상	매우 단단하여 상당한 힘을 가해야 부서진다.	눌러도 지흔이 생기지 않음.

1.7.3.12. 균사 및 균근

단면 내에 있는 균사나 균근의 분포상태나 양, 균사망층의 유무를 관찰하여 ‘없다’, ‘적다’, ‘있다’ 또는 ‘많다’로 구분 조사한다.

1.7.3.13. 식물근

초본의 경우 층위별로 초본뿌리의 양을 많다(0%이상), 있다(5~10%), 적다(5%미만)로 구분 조사한다. 목본은 층위별로 크기 및 양을 함께 구분 조사한다.

나무뿌리 크기는 소(2~5mm), 중(5~10mm), 대(10mm이상)로, 양은 많다(10%이상), 있다(5~10%), 적다(5%미만)로 구분한다.

[부록 1]

산림입지 조사야장

표준지번호 :	항공사진번호 :	도엽명 :
위 치 :	도	군(시) 면(읍) 리(동)
소유구분	①국유림 : ㉞영림계획편성지(영림구 임반) ㉟영림계획편성지	
	②민유림 (지자체 관리 국유림 포함)	
조사년월일 : 년 월 일	일 기 :	조사자:

입지환경 조사

모 암	①화성암 : 화강암, 섬록암, 반암, 현무암, 안산암		
	②퇴적암 : 역암, 사암, 혈암, 응회암, 점판암, 석회암, 셰일		
	③변성암 : 화강편마암, 결정편암, 천매암, 기타변성암류		
표 고	①100m이하②200~300m③300~400m④400~500m⑤500~600m⑥600m이상		
경 사	①15°미만 ②15~20°③20~25°④25~30°⑤30°이상		
지 형	①평탄지 ②완구릉지 ③산록 ④산복 ⑤산정		
기 후 대	①온대북부 ②온대중부 ③온대남부 ④난대		
방 위	①E ②W ③S ④N ⑤NE ⑥NW ⑦SE ⑧SW		
경사형태	①절 ②평형 ③요	풍화정도	① 상 ② 중 ③ 하
퇴적양식	①잔적토 ②포행토 ③붕적토		
토양배수	①불량 ②보통 ③양호 ④매우양호		
풍노출도	①노출 ②보통 ③보호	침식상태	①없다 ②있다 ③많다
암석노출도	①10%이하 ②10~30% ③30~50% ④50~75%		

지위지수 조사

분류곡선에 의한 사정				입지환경인자에 의한 사정				
수	종	수 고	수 령	지위지수	수	종	지위지수	지 위 급
						낙엽송		
						잣나무		
						강원지방소나무		
						중부지방소나무		
						상수리(굴참)		
						해송		
비고 :								

산림토양단면 조사야장

항 목	1	2	3	4	5	층 위		토 양 단 면										
	6	7	8	9	10	A	B	10	20	30	40	50	60	70	80			
총계(cm)	명확 <2	관연 2~5	접면 5~12	불명 >12	////												0	
토심(cm)	////////////////////																	10
유효토심	cm		토색	////////													20	
유 기 물	약간 있다	있다	많다	아주 많다	////												30	
토 성	SL	L	SiL	SiCL	SCL												40	
	SiC	CL	C	LS	S												50	
토양구조	입상	團粒	세립	건과	관상												60	
	원주	괴상	각주	單粒	무구조												70	
자갈함량	적다 5% 이하	있다 5~15%	많다 15~30%	매우 많다 30~50%													80	
건 습 도	건조	약건	적윤	약습	습			토양형 :								90		
건 밀 도	심송 <0.5	송 0.5~1.0	연 1.0~1.5	견 1.5~2.5	강견 >2.5			비 고 :								100		
균사밧균근	없다	적다	있다	많다	////													
식 물 근	초 본	많다	있다	적다	////	////												
	목 본 (소,중; 1cm 이하)	많다	있다	적다	////	////												
	(대;1cm 이상)	있다	없다	////	////	////												
토양시료	Y/N	////////////////////																
비 고 :																		

2. 산림생태

2. 산림생태

2.1. 산림의 자연환경

2.1.1. 산림의 정의

2.1.1.1. 산림과 인간

약 35억년전 지구상에 처음으로 생물이 나타날 때에는 대기중의 탄소가 91%를 차지하였으며 산소는 거의 없었다. 그 후 녹색식물이 탄소를 고정하여 산소를 증가 시킴으로써 고정된 유기물을 지하에 매장하여 석탄과 석유로 변형됨으로써 오늘날 문명발전의 토대가 되었다. 인류문명이 수렵사회, 농경사회, 산업사회, 현대사회로 발전되는 과정에서 숲은 일방적으로 수탈되거나 이용되어 왔다.

최근 환경이 악화됨에 따라 산림의 지속가능한 개발과 보존의 조화에 대한 논의가 가열되면서 산림은 인간의 만족을 위한 수탈과 이용의 일방적인 관계에서 인간의 생존을 위한 필수불가결한 호혜적인 동반자 관계로 인식이 전환되고 있다. 즉 산림은 인류의 생존을 위한 운명 공동체적인 생태계로 인식이 변화되고 있다. 생태계에 대한 일반적인 정의는 「더불어 살아가는 생명체들의 모임과 그것과 밀접한 관계를 지니는 무기환경 인자와의 복합체」라고 할 수 있다. 이러한 정의에도 불구하고 지금까지 인류는 인간을 생태계의 구성요소로 다루지 않고 생태계와 분리하여 생태계의 관리자로서 행동하는 오류를 범해왔으며 그 결과 오늘날의 환경위기를 초래한 것이다. 결국 지속가능한 생태계의 온전성을 회복하기 위해서는 자연과학적인 기술발전과 함께 인간을 생태계 구성요소의 일원으로 다루는 공존의식의 확산이 필요하다.

산림생태계는 모든 생태계 중 가장 기초적인 생태계이다. 산림생태계의 파괴는 모든 생태계의 교란을 의미하며 결국 인류의 생존을 위협하게 된다. 이는 산림의 이용과 관리는 공공복리와 직결됨을 나타낸다. 임업에 대한 개념은 천연림을 벌채하여 목재를 생산하는 원시적인 이용임업에서, 인공적으로 산림을 조성하고 임산물을 보

속적으로 생산하는 법정임업으로 발전해 왔으며, 오늘날에는 산림생태계의 온전성과 임업의 경제성을 동시에 지속적으로 확보함으로써 국민의 복리와 효용을 증진시키는 임업이라고 할 수 있다. 특히 우리 나라와 같이 국토가 좁고 인구밀도가 높은 반면 산림이 국토의 2/3을 차지하는 경우에는 산림관리와 이용이 경제성은 물론 숲의 공공성가치도 크게 중시된다고 할 수 있다. 흔히 “산림은 있어도 임업은 없다”가 아니라 “임업은 없어도 산림은 있다.”고 해야할 것이다.

2.1.1.2. 산림의 의미와 정의

숲과 동일한 개념으로 산림(山林) 또는 삼림(森林)이라는 단어를 함께 사용하고 있다. 일반적으로 숲이라는 단어가 사용되며 행정, 전문적인 용어로는 산림을 많이 쓴다. 우리나라에는 숲이 평지보다는 산지에 있으므로 숲을 대신하는 용어로 산림을 삼림과 혼용하고 있으나 산림이라는 단어는 장자의 제물론, 홍자성의 채근담, 삼국유사, 조선왕조실록, 흥만선의 산림경제에서 이미 사용된 용어이고 삼림은 일제가 대한제국을 강점한 40년 동안 행정적으로 산림이라는 용어 대신 사용한 용어로서 주체적으로는 숲을 대신한 말로 삼림보다는 산림이란 용어가 더 적합하다.

조선왕조실록에는 산림이란 왕이 민심을 모아 왕도정치를 할 수 있게 해준 중요한 자원이며 유학자의 은둔장소라는 의미로 많이 사용되었으며, 서양에서 산림이란 뜻을 가진 포리스트(Forest)는 법률적 용어인 제한 구역이라는 뜻에서 유래되었다. 국어사전(금성판 국어대사전, 1991)에는 숲의 뜻을 ‘나무가 무성하게 짙 들어찬 곳, 덩굴이 한데 엉킨 곳’이라고 하였으며 ‘산에 있는 숲’을 산림으로, ‘나무가 많이 있는 곳’을 숲이라 하였다. 브리태니커 세계대백과사전(1992)에는 ‘주로 나무들이 분포하고 있는 생태계’라고 하였다. 임경빈은 ‘비교적 넓은 면적의 땅을 차지하며 주로 교목 또는 그 밖의 목본식생으로 된 식물사회’라고 하였다. 최근 산림에 대한 개념도 바뀌어 나무만을 대상으로 하는 전통적 개념에서 ‘크고 작은 나무와 초본류가 공존하고 토양생태계를 포함한 생태적 공간’이라는 좀 더 넓은 개념이 대두되고 있다.

산림의 정의

<학설>

※ 일반적으로 임층설과 목적설을 절충하여 사용하고 있음

- ① 지목설: 토지의 공부상 지목에 따른 구분으로 지목이 임야이면 산림
- ② 목적설: 토지의 제공목적에 따른 구분으로 산림조성목적이면 산림
- ③ 임충설: 현실적으로 임목이 집단적으로 생육하고 있는 토지이면 산림

〈산림법상의 정의〉

- ① 집단적으로 생육하고 있는 임목·죽과 그 토지
- ② 집단적으로 생육한 임목·죽이 일시 상실된 토지
- ③ 임목·죽의 집단적 생육에 사용하게 된 토지
- ④ 임도
- ⑤ ① 내지 ③의 토지안에 있는 암석지·소택지

※ 집단적으로 생육과 일시 상실된 토지의 기준은 대체조림비 및 전용부담금 부과시 행정심판청구의 문제가 제기되어 대법원 판례를 토대로 “산림으로 보는 경우는 임목·죽이 상실기간이 10년 이내로서 주변이 산림과 연결되고, 인접토지가격과 현격한 차이가 있는 경우”로 함

2.1.1.3. 임업의 개념

브리태니커 세계대백과 사전에 의하면 ‘임업이란 임지 및 이와 관련된 수자원과 황무지를 경영하는 분야’라고 하였으며 한국어 대사전(현문사, 1980)에는 ‘조림이나 채벌, 각종 임산물에서 오는 경제적 이득을 목적으로 삼림을 경영하는 사업’이라고 하였고 임업사전(1966)에는 ‘임업이란 자금과 자본재를 생산수단으로 하고 여기에 노동력을 넣어서 임목축적을 조성하고 그것을 상품으로 하는 생산업이다’라고 하였다. 일본 임업대백과사전에는 광의와 협의의 개념으로 나누고 있다. 협의의 개념이란 임목육성부터 임목매각까지의 생산과정이고, 광의의 개념은 협의의 개념외 임목매입 부터 판매까지 소위 벌출업을 포함한 것이며, 최광의의 개념은 광의의 개념외에 목재를 원료로하는 공업 즉 임업관련산업을 포함하지만 보통 광의의 개념을 사용한다. 임업에서 가치실현과정은 산림소유자→벌출업자→목재상(제재과정포함)→소비자의 경로를 거치나 산주가 벌출업이나 목재상을 겸하는 경우는 적다. 따라서 임업은 산주와 벌출업자의 생산적 기능이라고 할 수 있다. 최근에는 임업의 범주에 산림부산물과 공익기능 즉 휴양산업을 포함하기도 한다.

2.1.1.4. 임업의 특징

토지에 대한 요구도가 농업보다 낮으며 임목생장기간이 길고 넓은 면적을 대상으로 하며, 수종분포는 지리적, 입지적 조건에 따라 지배된다. 토지에 자본과 노동을 투자하는 자본집약적이며 비교적 영세하고, 중량이 무거우므로 가격이 낮고 운임부담이 많다. 임업노동은 계절의 영향을 많이 받으며 지속적이지 못하다. 임목의 육성 과정이 조방적이므로 단기에 이익을 내기가 어렵다.

2.1.2. 우리 나라의 산림

2.1.2.1. 변천사

가. 산림 역사

지구상에서 이루어져 왔던 산림 파괴의 역사는 한반도에서도 인류가 정착함에 따라 예외 없이 이루어져 왔다. 한반도의 고대 산림 변화를 보면 북부 아시아는 고기후학적(古氣候學的)으로 보아서 6,000년 전에 후빙하 고온기가 끝났는데, 이때까지는 비가 많이 와서 참나무속(*Quercus* spp.), 버드나무속(*Salix* spp.), 서나무속(*Carpinus* spp.), 느릅나무속(*Ulmus* spp.) 등과 같은 낙엽 활엽수(落葉 闊葉樹)가 주로 성장하였다.

그러나 이후 기온이 2~3℃ 낮아져서 한랭해지고 점차 비가 줄어들게 됨에 따라 기존의 활엽수와 함께 소나무도 잘 자라게 되어 3,000년 전에는 호남 지방에서, 2,000년 전에는 영동 지방에서도 소나무가 증가되었다. 또한, 소나무가 증가된 것은 기후 변화(氣候 變化)와 함께, 4,000년 전부터 한반도에서 시작된 정착 농경 생활(定着 農耕 生活)과 이에 수반된 인구 증가(人口 增加) 등에 기인하는 이유도 있었다. 즉, 농경에 필요한 지력 유지 수단으로 화전이 성행하고, 온돌 아궁이의 재 및 퇴비가 대량으로 농경지에 투입됨에 따라 낙엽 활엽수가 다량으로 벌채 이용된 결과 활엽수의 생장이 억제되고 소나무만 자라게 되었다. 그러나 이와 같은 변화에는 활엽수의 경우 습하고 비옥한 토양에서 잘 자라는 반면, 소나무의 경우 토양이 건조하고 척박한 곳에서도 자랄 수 있다는 임목 특성도 크게 작용하였다.

이와 같이 임목의 특성을 제대로 이해하지 못한 결과 과거부터 소나무는 좋은 나무이고 활엽수는 쓸모 없는 나무 즉 잡목(雜木)이라는 인식이 굳어지게 되었으며 조선 시대에도 소나무의 조림 기록은 많이 나타나지만 활엽수의 조림 기록은 찾기가

어려우며, 이와 같은 추세는 극히 최근까지도 지속되어 왔다.

기원전 2세기경 중국에서 위만 조선으로 이전된 철의 야금술은 기원전 1세기경에는 부여와 고구려에도 전파되었고, 서기 1세기경부터 고구려, 백제, 신라에서 철기 문화가 발전됨에 따라 삼국 시대에는 철제 농기구와 철제 무기가 널리 보급되었다. 철제 농기구 사용은 농경지 확대를 위한 산림 개간을 촉진시켰고, 철을 제련하기 위한 화목 확보를 위하여 많은 나무가 벌채되었다.

특히 신라 시대 경주 지역에서는 난방과 취사를 숲에 의존함에 따라 주변의 산림 파괴가 극심하였으며, 불교가 번창함에 따라 많은 사찰과 범종을 조성하고, 토기 제작에 필요한 목재 확보를 위하여 많은 산림을 훼손하여야만 하였다.

고려 시대에는 고려 청자를 생산하기 위한 화목 조달용으로 강진, 부안 등 고려 청자 주요 생산지 주변에서 산림 훼손이 집중적으로 나타났으며, 몽고 침략 후에는 몽고 왕실 건축용 목재 공출과 불탄 민가와 궁궐을 개축하기 위하여 많은 산림이 벌채되었다. 이와 함께 나라의 위태함을 불교의 힘을 빌어 극복하기 위하여 전국에 3,800여개에 달하는 사찰의 건립과 대장경 조판에도 많은 나무가 벌채 이용되었다. 더욱이 80년에 걸친 몽고 지배하에서는 일본 원정을 위하여 1274년(원종 15년)부터 1279년(충렬왕 5년) 사이에 전함 약 3,000척을 제조하기 위하여 강원도 오지에서 임목을 벌채하는 등 충렬왕 당시의 기록을 보면 전국 산하의 7할이 벌채되었다고 적혀 있다. 이와 함께 지배층의 토지 수탈로 많은 유량민이 산 속에 들어가 화전 경작을 하였기에 산림 피해는 극심하였으며, 이는 결국 엄청난 풍수해로 이어졌다.

고려사에 보면 고려 시대 약 500년간 발생한 183회의 풍수해 가운데 말기 100년 동안 전체 풍수해의 약 절반이 발생하였고, 왕조 멸망 전 30년간은 한 해도 빠지지 않고 가뭄과 풍수해가 계속되었다. 이는 결국 민심의 이반을 야기시켰고, 고려조 멸망의 원인이 되기도 하였다. 조선 시대에 들어서는 소나무에 관한 내용이 법전에 많이 규정되어 있는데, 경국대전, 속대전, 대전통편, 대전회통 등에서 소나무의 벌채를 금하고 있으며, 조선실록 등에 소나무 조림 기록이 수 차례에 걸쳐 나타나고 있다. 그러나 당시에 도 고려 시대와 마찬가지로 병자·임진란 등 전쟁으로 인한 산림 파괴와 인구 증가, 세수 증대를 위한 무리한 산지 개간으로 산림 파괴는 심각하였다. 특히, 화전의 증대와 무차별적인 연료 채취로 도성 주변의 산림은 모두 민둥산으로 변하게 되었다. 풍수해가 계속되고 조세 부담이 가중됨에 따라 민심의 이반이 나타났고, 국력의 약화로 망국의 길로 접어들게 되었다.

조선 시대에도 고려 시대와 마찬가지로 조선 시대 약 500년간 240회의 한해와 풍수해가 일어났는데, 이 가운데 말기 50년간에 46회나 발생하여, 산림 파괴에 따른 기상 재해가 극심하였음을 알 수 있다. 근대에 들어서도 한일합방 이후 일제에 의한 산림 자원 수탈이 심각하였는데, 압록강과 두만강 연변의 잎갈나무와 분비나무, 강원도와 경상북도 봉화군, 영양군, 청송군 일대 태백산 지역의 소나무(춘양목) 천연림(수령 700년 이상의 소나무 한 그루를 벌채하면 트럭 2대로 운반하였다고 한다.)이 대부분 벌채되는 등 한반도 강점 기간중 연평균 1,400백만^m, 전체 약 5억^m(20세기 초 한반도의 산림 총 축적은 약 7억^m였으나 해방 직전에는 약 2억^m만 남았다.)가 벌채되어 한반도의 산림은 전국적으로 황폐되었는데, 당시의 연간 벌채량은 현재의 연간 목재 사용량을 능가할 정도였다.

대한민국 정부 수립 이후에도 6·25전쟁과 전쟁 후 사회 혼란기에 산림 훼손은 심각하였다. 정부 수립 이후 최대의 도벌 사건으로 기록되어 있는 지리산 도벌 사건(1964년 11월 경상남도 함양군 마천면 백무동의 414본을 병충해 피해목 벌채로 허가를 받은 후 불법으로 약 2만 본을 벌채한 사건) 등 대형 불법 벌채가 감독 관청의 감시를 피하여 자행되었는데, 그 결과 당시에도 홍수와 산사태 등 자연 재해는 끊이지 않았다.

나. 산림 자원 조성 전략

산림에 대한 국민의 이와 같은 인식을 바탕으로 정부는 과거 단기 계획에 의존하던 황폐 산림 복구와 산림 자원 관리를 보다 전략적으로 추진하기 위하여 1973년 이후 산림법에 의거 매 10년마다 산림 기본 계획을 수립하여 사업을 추진하고 있는데, 그 동안 3차례의 사업 계획이 완료되었거나 추진 중에 있다.

(1) 제 1차 치산 녹화 10년 계획(1973~1978)

1973년에 한국 임업의 전환점이라 할 수 있는 제 1차 치산 녹화 10년 계획이 시작되었는데, 이는 가능한 단기간내에 황폐 산지(荒廢 山地)를 녹화(綠化)시킨다는 목표하에, 우선 10년 내에 100만ha를 조림한다는 계획을 달성하기 위하여 다음과 같은 추진 방침하에 사업이 진행되었다.

첫째, 모든 국민이 조림 사업에 참여하도록 범국민적 조림 운동을 추진하고, 둘째, 조림과 임산물 생산을 국토 보전과 소득 증대에 연계시켜 산지에 새로운 경제권을 조성하고, 셋째, 속성수 조림을 통하여 황폐된 산림을 조기 복구토록 하며, 넷째, 화전 경작을 정리하도록 한다. 이와 같은 조림 위주의 사업 추진 결과 1982년에 완료

될 계획이었던 제 1차 10년 계획은 1978년까지 108만ha가 조림됨에 따라 조기 완료되었는데, 이 기간중 화전 정리도 상당히 이루어지는 등 기초적인 산지 녹화가 성공리에 수행되었다.

(2) 제 2차 치산 녹화 10년 계획(1979~1987)

제 2차 계획의 기본 목표는 용재 생산을 위한 대규모(大規模)의 경제림 조성(經濟林造成)으로, 이 계획을 효율적으로 달성하기 위하여 정부는 국가 조림 계획과 산림 보호 활동의 강화, 사유림 경영 지원을 위한 산림 개발 기금의 확대, 국유림의 확대와 집단지화, 산림의 공익 기능 증진을 위한 산림 보전 사업 추진 등의 정책을 시도하였다. 2차 계획 역시 다음과 같은 성과와 함께 조기 완결되어 산지의 경제적 가치 제고를 위한 기반 구축에 크게 기여하였다.

첫째, 80개의 대단위 경제림 단지(32만ha)를 포함한 97만ha의 조림 완료, 천연림과 유령림의 지속적인 관리, 황폐 임지의 지역 완료 주의를 채택한 사방 사업 실행 등이 이루어졌고, 둘째, 헬기를 활용한 산불 진화와 항공 방제의 본격화 및 병충해의 생태적 방제가 이루어 졌으며, 셋째, 산림 작업 기계화와 산림작업단(山林作業團) 훈련이 시작되었다.

(3) 산지 자원화 계획(1988~1997)

본 계획(3차 국가산림계획)은 산림의 경제적 가치와 공익 효용의 조화를 증대시켜 산림의 효용 가치 제고를 목적으로 하고 있다. 1, 2차 계획에 따라 산림에 대한 조림 사업은 일단 완료되었지만, 우리 나라는 아직도 수입목에 국내 사용 목재의 약 90%(수입 펄프재 포함시 약 95%)를 의존하고 있으며, 야외 휴양과 환경 보존 부문에서도 산림 수요가 증대하고 있는 형편이다. 따라서 본 계획은 산림 이용의 효율성 극대화, 산지 관리 기반 구축, 농촌 지역의 산림 소득 증대, 산림의 다양한 공익 기능 증대 등을 기본 목표로 추진하고 있다.

4차 산림 기본 계획(1998~2007) 동 기간중 산림을 21세기 선진국 위상에 걸맞은 미래·생산·생명자원으로 육성하여 지속적으로 관리함으로써 인간과 자연의 공생, 개발과 보전의 조화, 경제와 환경의 통합 이념을 실현할 수 있도록 사람과 숲의 하모니를 이루도록 하는 것을 기본 목표로 하고 있다. 이를 위한 정책 목표와 핵심 추진 과제는 다음과 같으며, 이를 달성하기 위하여 기술 개발과 제도 정비가 뒷받침 되도록 계획되어 있다.

<표 1-2-1> 제 4차 산림 기본 계획의 정책 목표와 핵심 추진 과제

정책 목표	핵심 추진 과제
· 미래 세대를 위한 산림의 역할 증대 (미래의 숲)	· 「산림생태계관리권역」을 설정하여 산림의 생태기능과 경제기능이 통합된 유역산림관리 체제의 구축 · 경제·환경·문화·정신적 자원으로써 산림자원의 지속적 육성 관리 · 국제 임업 협력 강화와 해외 진출의 확대
· 경쟁력 있는 산림 산업 육성 (생산의 숲)	· 산지의 합리적 보전과 생산적 활용 · 임업의 산업화와 지역 임업의 활성화
· 활력이 넘치는 삶의 터전 창조 (생명의 숲)	· 도시 산림 관리 체제의 정비와 생활환경림의 확충 · 산촌의 다목적 개발 · 진흥 · 산림 문화의 진흥과 휴양 시설의 확충

다. 고유의 산림과 임상의 변천

한반도는 유라시아 대륙의 동쪽 끝에 위치하고, 삼면이 바다로 둘러싸인 반도라는 지정학적 특징으로 대륙성기후와 해양성기후가 만나며, 산이 많은 환경조건 때문에 생물다양성이 높고 좋은 산림이 형성될 수 있는 조건을 갖추고 있다. 그러나 한편으로는 우리 나라에는 화강암이 널리 분포하는데 그것에서 유래한 높은 보수력(保水力)이 약하며, 식물이 자라기 시작하는 시기인 봄철의 강우량이 적고 건조하여 씨앗의 발아가 억제되고 식물의 생장을 늦춘다는 지적도 있다. 과거의 우리 나라 산림이 어떠한지 거슬러 아는 일은 쉽지 않으나 호수 바닥의 퇴적물에 포함된 꽃가루를 분석하여 대략 다음과 같이 한반도 산림이 변천해 왔음을 짐작한다.

- 1만 7000년~1만 5000년 전 : 가문비나무속, 전나무속, 잣나무류, 낙엽송 등(한랭기후)
- 1만 5000년~1만년 전 : 초본, 고사리류(늦은 빙기로 기후 한냉)
- 1만년~6700년 전 : 중부 동해안 지방에는 참나무속과 같은 온대성 낙엽활엽수가 점차 증가하였으며, 서늘한 기후를 좋아하는 나무들은 8000년 전을 기점으로 급격히 감소(온난습윤기후)
- 6700년~4500년 전 : 2엽송 소나무류, 참나무속, 서어나무속이 번성(온난건조기후)
- 4500년~1400년 전 : 중부지방에는 서늘한 기후를 좋아하는 식물들, 남부지방에는 온난한 기후를 좋아하는 식물들이 각각 분포. 참나무속, 소나무류, 서어나무류, 개암나무, 느릅나무, 가래나무속의 시대(한냉습윤기후)

· 1400년~현재 : 소나무류, 풀꽃(인간에 의한 간섭) 온대 기후의 대표적인 특징 수종은 참나무류인데 우리 나라의 산림은 고유의 임상이 많이 바뀌어 넓은 면적을 차지하는 온대에는 소나무가 대표 수종으로 자리잡고 있다. 이것은 한반도에 인구가 증가하고 농경문화가 발달하면서 겨울철 난방을 위한 연료재의 확보와 개간, 그리고 임상 유기물의 지속적 수탈로 토질이 악화되면서 활엽수림이 쇠퇴하고 지력이 약한 곳에 상대적으로 생육이 좋은 양수의 소나무가 들어와 번성하게 된 데 원인이 있다.

또 역사적으로 보면 조선 왕조는 건축재 등으로 이용 가치가 많은 소나무의 보호 정책을 대표적인 산림 시책으로 삼아 왔는데 이 때문에 활엽수림이 지속적으로 소나무 단순림으로 변화해 왔다는 주장도 있다. 한반도의 남쪽에는 난대 고유의 임상이 나타나는 곳도 있다. 이 난대 고유의 임상은 상록활엽수림인데 이 산림도 대부분 인간의 간섭에 의해 파괴되고 낙엽활엽의 참목 또는 침활혼효림, 소나무림 등으로 변화한 곳이 많다. 우리나라의 난대림은 산림대의 위치로 볼 때 난대의 북쪽 끝 선에 위치하고 온대에 접해 있으므로 한번 고유의 임상이 파괴되면 다시 원래의 임상으로 돌아가기가 매우 곤란하고, 그 속도도 매우 느리다.

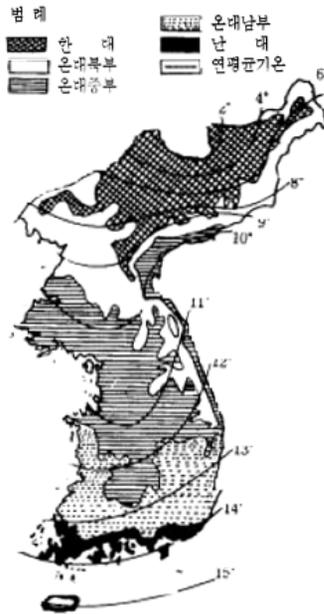
2.1.2.2. 산림대(山林帶)

모든 수목은 자기의 특성에 맞는 환경 조건에서 완전한 성장과 번식이 이루어지며, 기후가 달라짐에 따라서 자연발생하는 수종과 임상의 차이는 현저하게 달라진다. 이러한 상태를 가리켜 산림대라고 한다. 산림대 즉, 식생의 분포, 구조, 식물구계적 한계 등은 대부분 환경인자와 관련되어 논의된다. 여러 환경인자 중에서 특히 기온과 강수량이 일차적인 제한요인이 되며 같은 기후권내에서는 국소적인 지형과 토양조건이 중요한 역할을 한다. 그러나 식물이 일방적으로 지배를 받고 있기만 하는 것이 아니라 환경에 대한 생물의 반작용으로 다소 환경의 변화를 초래하기도 한다.

가. 수평적 산림대

세계의 식생을 식생생태학적인 측면에서 구분한 것을 보면 한국은 낙엽활엽수림대 내지는 침·활엽혼효림대라는 큰 범주안에 들어가고 있다. 이 구계에는 유럽의 많은 나라들과 미국의 동부지역이 포함되는데, 북반구에서는 너도밤나무, 참나무류로써 대표된다. 한반도 내에서 보면 우리 나라는 북위 33°06'에서 43°사이에 위치하나 삼면이 바다와 접해 있고 내륙 중앙에는 남북으로 대산맥이 뻗고 있어 기후의

차이가 심하고 분포하는 수종도 다양하다. 대개 우리나라의 산림은 기온에 따라 난대림, 온대림, 한대림으로 나누고 온대림의 경우 이를 다시 남부, 중부, 북부로 구분하여 5개의 지역으로 나눈다(그림 1-2-1, 표 1-2-2). 이 구분은 식물구계적인 것과 상관(相觀, physiognomy)이 기초가 되고 동시에 온도조건이 고려된 것으로 1월의 평균기온선과 높은 정(正)의 상관이 있음을 보이고 있다.



<그림 1-2-1> 우리 나라의 산림대

<표 1-2-2> 우리나라의 산림대

산림대	위도 (북위)	연평균기온	임상	특징수종
· 난대림 (상록활엽수)	35°(해안: 35°30')이남	14°C 이상	고유 상록활엽수 임상은 거의 파괴되고 낙엽활엽수, 침활혼효림, 소나무림화된 곳이 많다.	붉가시나무, 동백나무, 구실잣밤나무, 생달나무, 후박나무, 아왜나무, 후피향나무, 녹나무, 가시나무, 돈나무, 참가시나무, 감탕나무, 사철나무, 식나무, 비쭉이나무

산 립 대	위도 (북위)	연평균 기온	임 상	특징수종
· 온대림 (낙엽활엽수)	35°~40°내의 고산지대를 제외한 지역	5~14℃	고유의 낙엽활엽수 임상은 거의 파괴 되고 소나무림화된 곳이 많다.	참나무류, 느티나무, 소나무, 물박달나무, 박달나무, 곰솔, 잣나무, 전나무
-온대 남부	전남, 경북 이남(해안: 강릉이남)	12~14℃	소나무, 곰솔의 단순림과 서어나무, 단풍나무, 굴피나무 등의 혼효림이 많다.	개비자나무, 곰솔, 윤노리나무, 팽나무, 좁피나무, 굴피나무 단풍나무, 사철나무, 서어나무류, 대나무류
-온대 중부	경기, 강원, 황해3도(해안:함 남중부, 평남중부 이남)	10~12℃	소나무순림과 신갈나무, 때죽나무 등의 혼효림이 많다.	때죽나무, 신갈나무, 향나무, 전나무, 물박달나무, 느티나무
-온대 북부	온대중부 이북	5~10℃	피나무, 박달나무, 신갈나무, 잣나무, 전나무 혼효림과 소나무순림이 많다.	피나무류, 박달나무, 신갈나무, 시달나무, 자작나무, 개암나무, 전나무, 잣나무, 잎갈나무
· 한대림 (침엽수)	평안남북, 함경남 북도의 고원 및 고산지대	5℃미만	고유의 침엽수림이 파괴되고 자작나무, 사시나무, 황철나무, 느릅나무 등의 활엽수 또는 침활혼효림이나 잎갈나무 순림	가문비나무, 분비나무, 잎갈나무, 잣나무, 전나무, 종비나무, 누운잣나무, 주목

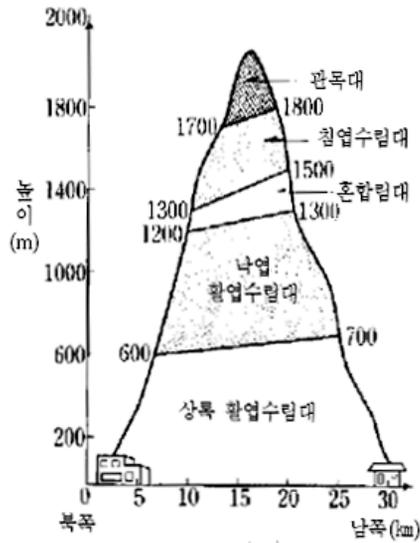
나. 산림의 수직분포

해발고도가 높은 산악에서는 산록에서 산정으로 올라갈수록 기온이 떨어져서 식생이 변화하는데, 그 높이는 남쪽에서 북쪽으로 감에 따라 낮아진다. 우리나라의 산 중에서 식생의 수직적 분포가 가장 잘 나타나는 산은 한라산(1,950m)이다. 한라산에서는 대체로 남사면에서는 600m, 북사면에서는 400m 이하의 난대, 그 이상부터 1,500m까지의 온대, 1,500m 이상의 한대가 구별된다(그림 1-2-2). 산록부의 난대에는 녹나무·후박나무·가시나무·동백나무 등이, 산북부의 온대에는 졸참나무·개서나무·서나무·단풍나무·붉가시나무·구실잣밤나무·종가시나무·굴거리나무 등이, 산정부의 한대에는 구상나무·고채목·소나무·주목·전나무·분비나무 등이 자란다. 대체로 1,800m 이상에는 키가 작은 주목·개비자나무·고채목 등의 교목과 더불어 털진달래·암매·들쭉나무·시로미·눈향나무 등의 관목이 자란다. 산정부의 관목림은 기후에 의한 식생대가 아니라 강한 바람 및 토양수분의 부족과 관련된 식생의 한 유형으로서 한대림에 속하는 것이다.

반도부의 고산에서는 대개 온대림과 한대림만이 나타난다. 한대림이 시작되는 해발고도는 지리산(1,915m) 1,350m, 태백산(1,546m) 1,300m, 설악산(1,708m) 1,060m, 금강산(1,638m) 1,200m, 낭림산(2,014m) 1,050m, 백두산(2,744m) 900m로서 북쪽으로 감에 따라 낮아진다. 고산지방에서는 일반적으로 가문비나무·분비나무·잎갈나무·주목·잣나무·눈잣나무·눈향나무 등의 침엽수와 졸참나무·자작나무·박달나무·피나무·신갈나무 등의 활엽수가 한대림을 이루고 있다. 그리고 낭림산에서는 2,200m, 백두산에서는 2,000m 이상에서 준초본대, 즉 고산대가 나타난다. 고산대의 하부에는 눈잣나무, 상부에는 고산초원이 나타난다.

지리산에서는 고도에 따라 낙엽수의 경우에 졸참나무·떡갈나무대(500~600m 이하), 굴참나무대(500~1,000m), 신갈나무대(900~1,400m), 자작나무대(1,350~1,860m)가 구별된다.

울릉도에서는 대략 해발 600m를 경계로 식물분포에 현저한 차이가 나타난다. 600m 이하의 섬 주변에는 동백나무·후박나무·굴거리나무·감탕나무·사철나무·식나무와 같은 상록활엽수가 자란다. 600m 이상에는 너도밤나무·털고로쇠·섬단풍나무·섬피나무·섬벗나무·두메오리나무·신갈나무와 같은 낙엽활엽수와 솔송나무·섬잣나무와 같은 침엽수가 분포하며 상록활엽수가 나타나지 않는다.

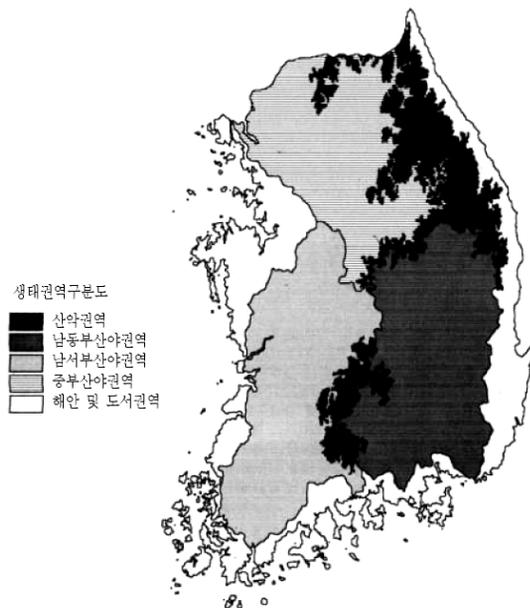


<그림 1-2-2> 한라산의 수직적 산림대

2.1.2.3. 산림생태권역

가. 생태권역구분

생태권역 구분은 자연지리와 인문지리권이 크게 대별될 수 있으면서도 사람이 쉽게 구분할 수 있는 5개 권역으로 나누었다(그림 1-2-3). 구분된 각 생태권역에 위치하고 있는 측후소 및 관측소, 그리고 일부 공군 부대의 기상 관측 자료를 취합 정리하여, 그 평균적 기상값을 (표 1-2-3)에 나타내었다.



<그림 1-2-3> 한국의 산림생태권역

생태권역 구분에서는 먼저 태백산맥과 소백산맥 등 우리 나라 골격산맥을 중심으로 하는 산악권역을 구분하였다. 그 다음에 하천의 유역은 물리화학적인 특성의 분포와 생물의 이동 및 분포패턴으로 볼 때 자연스런 생태계의 경계와 범위를 형성할 수 있기 때문에 크게 낙동강유역을 남동산야권으로, 한강유역을 중부산야권으로 구분하고, 남서부에서는 그 규모를 고려하여 금강, 만경강, 동진강, 영산강, 섬진강, 탐진강 유역을 합쳐서 남서산야권으로 구분하였다. 우리 나라는 반도의 특성상 해양성의 영향을 많이 받고 해안생태계가 중요한 특성을 지니고 있으므로 위에서 언급한 이외의 지역은 모두 해안 및 도서권역으로 구분하였다. 이는 특히 앞으로 생태계의 평가에 인문환경이 포함되어야 한다는 것을 감안할 때 의미가 크다.

<표 1-2-3> 생태권역별 평균기온과 강수량

생태권역	기온		강수량		측점수
	평균(°C)	표준편차	평균(mm)	표준편차	
산악권역	4.5	2.2	1171.0	203.2	13
남동산야권역	12.3	0.7	1184.4	184.3	13
남서산야권역	11.5	2.3	1325.0	78.1	16
중부산야권역	10.6	0.6	1262.2	74.9	10
해안 및 도서권역	12.4	1.2	1234.1	240.6	29
(서부)	11.5	0.9	1098.5	200.6	(13)
(남부)	13.8	0.3	1481.8	118.8	(6)
(동부)	12.8	0.8	1261.8	213.7	(10)

(1) 산악권역

산악권역은 태백산맥과 소백산 등의 산맥들이 형성하는 남한에서 비교적 높은 권역으로 지대가 높을 뿐 아니라 산봉우리들이 모여 있어서 생물·물리적으로 독특한 성격을 띠고 있다. 이 권역은 특히 북방 생태인자가 많이 남하하는 통로로서, 지대가 높기 때문에 어지간한 지역적인 건조에는 피해를 덜 받고 인위적인 간섭이 비교적 적어 중요한 생물들의 서식지를 지탱한다. 이 권역의 지질은 태백산 지역을 제외하고는 주로 변성암복합체로서 우리 나라의 지괴를 버티고 있는 곳이다. 이 생태권역의 평균기온은 4.5°C, 강수량은 1,171mm 정도이다. 인문지리적인 측면에

서 보면 이 생태권역은 역사적으로 오랫동안 문화 교류의 장애가 되었을 뿐 아니라 국내외적인 전란의 피난처로서, 또 뿌리깊은 민족신앙의 경배지로서 의미를 가진다.

(2) 남동산야권역

남동산야권은 소백산맥으로 활처럼 둘러싸인 권역으로 지질은 경상계의 퇴적암지대로 불국사화강암이 곳곳에 노출되어 있다. 이 권역은 연평균 기온은 12.3℃로 한반도에서 비교적 높으나, 강수량은 1,184mm로 낮은 편이다. 특히 연평균 강수량 1,000mm 이하로 비교적 건조한 대구 분지가 중앙에 위치하고 있는 생태권역이다. 이 권역은 과거에 사방사업을 많이 실시하였던 곳으로 아직 산림이 안정되었다고 보기는 어려우며 앞으로 지속적인 모니터링을 요한다. 인문지리적으로는 삼국시대의 신라권으로 조선시대에 와서는 유교적이며 보수적인 뿌리가 깊은 권역이다.

(3) 남서산야권역

남서산야권은 옛부터 곡창지대로 논농사를 많이 지었던 곳이다. 산이 많지는 않지만 여러 곳에 독특한 생태계를 유지하고 있는 곳이 많고 농업지대에서의 비교 우위 때문에 보전할 가치가 높은 곳이 많다. 지질은 주로 화성암, 변성암이 많고 경사가 급하지 않은 구릉성 산지가 많다. 연평균 기온은 11.5℃이고, 강수량은 1,325mm로 비슷한 위도의 남동산야권과 비교해 볼 때 기온은 낮고 강수량은 많은 편이다. 인문지리적으로는 삼국시대의 백제권으로 예술이 융성한 권역이다.

(4) 중부산야권역

중부산야권은 옛부터 우리나라의 중심지대로 물과 전답, 그리고 산들이 적절히 잘 어울려 비교적 과부족이 적다. 지질은 주로 변성암과 화강암으로 경기육괴를 형성하고 있으며 연평균기온 10.6℃, 강수량 1,262mm이다. 특히 이 생태권역의 임진강과 한강 중상류지역은 우리 나라에서 두번째로 비가 많은 지역이다. 삼국시대에는 백제, 고구려, 신라로부터 지배를 받은 역사가 있고 조선시대에는 각지의 물자가 모이고 전국을 통치하던 중심 역할을 한 곳이다.

(5) 해안 및 도서권역

해안 및 도서권역은 바다의 영향으로 상록활엽수와 해송도 생육하고 있는 곳이다. 생태적인 다양성과 생산성은 매우 높지만 과거부터 인간의 간섭을 받아 생태계가

많이 훼손되었다. 서부해안은 조수간만의 차가 세계적인 곳으로 갯벌 등 중요한 습지가 많으나 간척사업도 많이 이루어졌고 주변국들의 공업화 때문에 오염도 세계적으로 진행되는 곳이다. 이곳의 연평균 기온은 11.5℃이며 강수량은 1,098mm로 다른 지역보다 다소 적은 편이다. 남부해안은 다도해 해상 국립공원이 있어 어느 정도 보전은 되고 있지만 몇 군데의 공업시설 때문에 오염도 꽤 진행중에 있는 지역이다. 연평균 기온은 13.8℃로 가장 높고 강수량도 1,481mm로 가장 많다. 동부해안은 동해의 규모도 서해보다 크고 난류의 영향을 받아 연평균 기온이 서부해안보다 높고 연교차도 적다. 그러나 상록활엽수림은 서부해안보다 적는데 그 이유는 봄철의 건조현상에 유래하는 것이 아닌가 추정되지만 좀 더 연구 조사되어야 할 것이다. 연평균 기온은 12.8℃로 비교적 높은 편이며, 강수량은 1,261mm로 중부산야권과 비슷하다. 특히 봄철 건조기에는 뽕현상 때문에 매우 건조하여 우리나라에서 일어나는 대형산불은 거의 이 지역에서 발생하고 송이도 이 지역에서 많이 발생하는 점이 생태적으로 흥미롭다.

2.1.3. 산림생태

2.1.3.1. 산림생태계

가. 산림생태계의 구성요소

(1) 생태계의 속성

생태계란 생물과 생물, 생물과 무생물적 환경이 상호간에 서로 영향을 주고 받으면서 생활해가는 그 지역 전체의 생물계와 환경체계를 통틀어 일컫는 말이다. 생태계는 하나의 통일된 전체를 이루고 규칙적으로 상호작용하고 있는 요소들의 모임으로서 부분의 합으로만 설명될 수 없는 그 계 자체의 독특한 성질을 나타낸다. 어느 지역의 한 생태계에서는 무생물적 환경과 생물을 포함시킨 전체 물질계가 안정되어 있어 큰 변동을 나타내지 않는다. 이것은 생물이 그 지역의 환경에 잘 적응하여 생활하고 있는 동시에, 생물 자체도 환경에 작용하여 환경 요인을 안정시키고 있기 때문이다.

또한, 생물 상호간에 있어서도 먹이 사슬에 의해서 개체군이 안정되고, 그 결과로써 생태계 내의 물질 순환에 균형이 유지되어 에너지의 흐름도 안정되어 있기 때문

이다. 하나의 생태계를 생각할 때, 그 범위는 보고자 하는 척도에 따라 달라질 수 있으나, 어떤 지역의 동식물을 중심으로 한 계열이나 물질순환의 경계 또는 에너지 흐름의 체계를 보고 그 지역의 생태계를 이해하는 것이 중요하다. 생태계는 짜여진 구조와 기능을 가지는 한 단위를 이루고 있으나 생태계 내의 물질 순환이나 에너지 순환은 분리되어 있는 것이 아니고 반드시 인접된 생태계와 교류하면서 상호간에 서로 영향을 미치고 있다.

(2) 무생물적 요소

무기 환경은 산소와 이산화탄소의 양, 빛의 세기와 파장, 온도, 물, 토양 등으로 구성되어 생물에게 필요한 물질과 생활 장소를 제공한다. 이러한 무생물적 환경 요소 중 어느 것이 균형관계를 잃게 되면 제한요소가 되고 어느 것이 지나치면 오염 물질이나 저해요소가 되어 생물은 제대로 살 수 없다.

(3) 생물적 요소

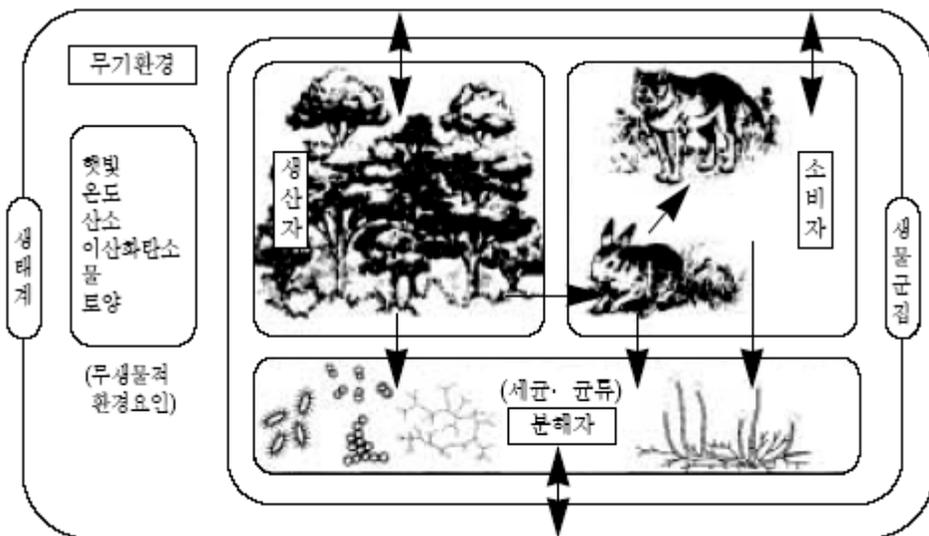
산림생태계를 구성하고 있는 생물적 요소를 위계적으로는 생물 군집, 개체군, 개체로 나눌 수도 있고 기능적으로는 생산자, 소비자, 분해자로 나눌 수도 있다. 군집은 생태계에서 여러 종류의 생물이 함께 모여서 긴밀한 관계를 맺고 살아가는 생물 집단을 말한다. 개체군은 군집을 구성하는 여러 종류의 생물들 중 같은 종의 생물 집단인데 이것은 유전적으로 서로 다른 개체로 구성되어 있다. 생산자는 대부분 광합성을 하며 독립 영양을 하는 녹색 식물이나 미생물이다. 소비자는 다른 생물을 먹음으로써 종속 영양을 하는 동물이다. 여기에는 1차 소비자(초식 동물), 2차 소비자(초식 동물을 잡아먹는 동물), 3차 소비자(2차 소비자를 잡아먹는 동물)가 있다. 분해자는 동식물의 사체나 배설물에 들어 있는 유기물을 분해시켜서 에너지를 얻어 생활하는 미생물을 가리킨다. 동식물의 사체나 배설물에 들어 있는 유기물은 세균이나 곰팡이 등이 무기물로 분해한 뒤 분해 산물 중 무기 영양소는 생산자가 다시 이용하며 순환된다.

(4) 생물과 무생물적 요소와의 관계

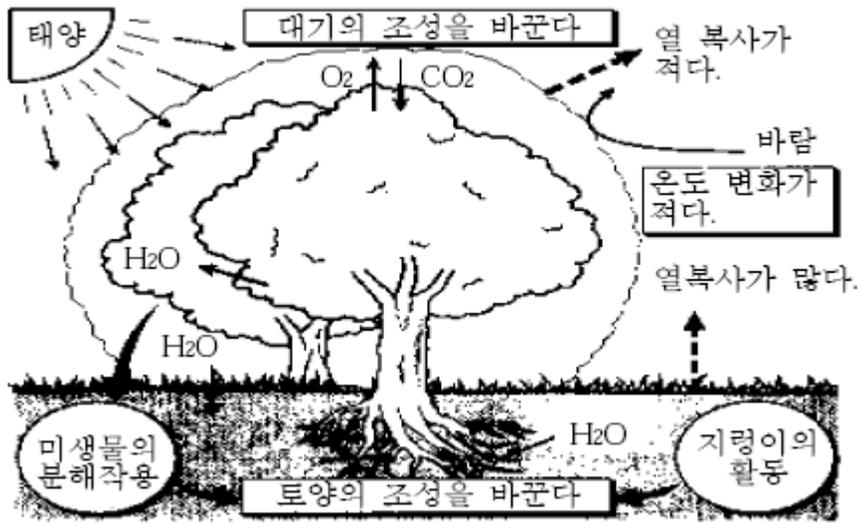
생물과 무생물적 요소와의 관계에는 작용과 반작용이 있다. 환경이 생물에 영향을 미치는 것을 작용이라 하고, 생물이 환경을 변화시키는 것을 반작용이라 한다. 즉, 무기 환경이 다양하게 변화하면서 생물의 생활에 많은 영향을 미치지만 생물도 이에 대해 여러 가지 형태로 적응하면서 좋은 조건을 만들어 가는 것이다. 예

를 들어 빛의 세기는 잎의 두께와 광합성 속도에 영향을 준다. 또한 양지 식물과 음지 식물은 광포화점과 광보상점이 다르다. 직사 광선을 받는 양엽은 음엽보다 책상조직이 더 크게 발달한다. 온도는 생물의 분포와 물질 대사에 많은 영향을 준다.

그리고 생물은 생활에 적합한 온도보다 높거나 낮은 범위에서도 여러 가지 적응 현상을 나타낸다. 즉 정온 동물은 주위의 온도 변화에 대해서 자신의 체온을 유지하는 기능을 가지지만 변온 동물은 체온 조절 능력이 없기 때문에 겨울에는 잠을 잔다. 또 호랑나비는 봄과 여름에 체형이 다르다. 봄에는 여름보다 몸의 색깔이 연하며 크기가 작다. 물은 원형질의 성분이며 생리 작용에 필요하므로, 육상 생물은 물의 체외 증발을 억제하는 조직이 발달하고, 사막의 동물은 농축된 배설물을 배출함으로써 물의 손실을 막고 있다. 사막이나 사구의 건조지에 사는 식물을 건생 식물이라 하는데 물을 저장할 수 있는 조직이 발달하고, 잎에는 큐티클층이 발달한다. 중생 식물은 보통 땅에서 흔히 볼 수 있는 식물로 뿌리, 줄기, 잎이 고루 발달되어 있다. 습생 식물은 습지에서 생활하는 식물로서 뿌리가 덜 발달되어 있다.



<그림 1-2-4> 생태계의 구성 요소



<그림 1-2-5> 생물의 반작용

공기는 대기뿐만 아니라 토양, 물속에도 있는데 구성 성분 중에서 산소는 생물의 호흡에, 이산화탄소는 식물의 광합성 재료로 쓰이고, 질소는 질소 동화에 이용된다. 이 중에서 이산화탄소는 광합성의 한정 요인으로 작용하며, 식물 근락 주변에서는 밤과 낮을 주기로 이산화탄소의 농도가 변화하는 일 변화를 보인다. 또한 공기의 이동인 바람은 화분의 전달이나 종자 살포에 필요하다. 토양은 식물에 필요한 무기 양분과 수분을 공급해 주고, 동물과 식물 및 미생물의 생활 장소로서 중요한 환경 요소이다. 그러나 생물이 무생물적 환경의 영향을 받아 소극적으로 적응만 하는 것은 아니다.

생물이 반작용을 하여 개별적으로는 적응하면서 전체적으로는 환경을 변화시켜 생활에 좋은 조건을 만들어 가기도 한다. 지구 초기에는 동물이 살 수 없을 정도로 산소가 희박하였으나, 남조류와 녹색식물의 광합성으로 대기중에 산소가 축적되어 지금은 사람도 숨쉬기 좋을 정도로 만들었다. 또한 산림은 수분 증발이나 공기 유통을 조절하여 온도 변화를 줄인다. 질소고정 생물은 흙속에 식물이 이용할 수 있는 질소성분을 축적하고, 토양 미생물은 유기체를 분해하여 생산자가 이용할 수 있는 양분을 풍부하게 한다.

나. 개체군과 군집

생물은 상호의존적이기 때문에 일반적으로 단독으로는 생활하지 못하고, 집단을

이루어 생활하고 있다. 이러한 집단은 단순히 부분의 합으로만 설명할 수 없는 각기 독특한 특성을 지니고, 상호간에 여러 가지 관계를 맺으면서 질서를 유지하고 있는데 위계적으로 볼 때 개체군과 군집이 있다.

(1) 개체군

개체군은 개체 수준에서 볼수 없는 특성을 가지고 있기 때문에 집단의 질서를 유지하며 살아갈 수 있는데, 이러한 특성은 환경조건에 따라 달라진다. 개체군 생태를 이해하기 위해서는 개체군의 밀도, 성장, 주기적 변동 그리고 개체군내의 상호관계를 파악해야 한다.

(가) 개체군의 밀도

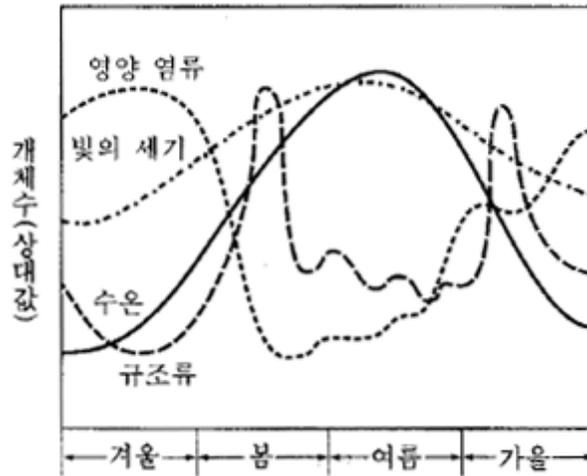
개체군의 밀도는 일정한 공간에서 생활하는 개체수 또는 생체량을 말하는데 밀도와 개체수는 다음과 같은 관계에 있다. $D=N/S$, D: 밀도 N: 개체수 S: 생활 공간의 크기 밀도는 새, 짐승 등과 같이 셀 수 있는 것은 단위 면적당 개체수로 표시한다. 단세포 조류 등과 같이 세기 어려운 것은 단위 부피당 생체량으로 표시한다. 생태밀도는 그 생물이 실제로 이용할 수 있는 면적에 대한 밀도를 말하고 조밀도는 생활에 쓰이지 않는 공간까지 포함한 면적에 대한 밀도를 말한다. 밀도에 영향을 미치는 요인들로는 출생과 사망, 이입과 이출, 생활 공간 및 빛과 온도 등의 환경조건들이 있다. 밀도가 높으면 먹이나 서식 장소 등에 대한 경쟁이 심해지기 때문에 생물의 생활은 밀도의 영향을 크게 받는다. 일반적으로 밀도가 낮을 때에는 개체가 크지만, 밀도가 높아짐에 따라 한 개체당 먹이량이 적어져 몸의 크기가 작아지게 된다. 이러한 개체군의 밀도는 시간에 따라 변화한다. 출생과 사망, 이입과 이출 등의 생물적 조건과 생활 공간, 빛, 온도 등의 무생물적 조건에 의해 개체수에 변동이 생기기 때문에 이들 요인은 환경과 개체군 내의 여러 조건에 따라 달라진다.

(나) 개체군의 시간적 변동

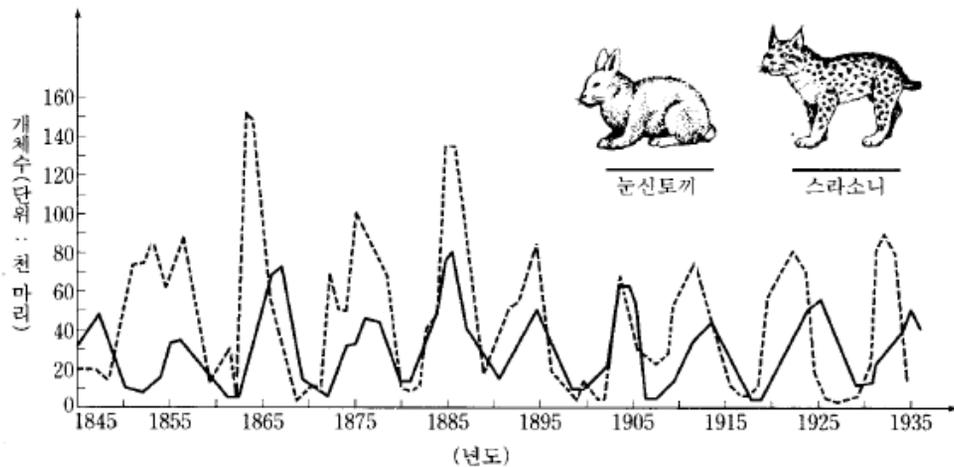
- 주기적 변화

쭈단기적 변동 : 산림 계류에 서식하고 있는 규조류는 그림 1-2-6과 같이 여름과 겨울에 비해 봄에 그 수가 급격히 증가하는데, 이것은 일조 시간, 빛의 세기, 수온, 영양 염류 등의 환경 요인이 계절에 따라 변화하기 때문이다. 쭈장기적 변동 : 토끼 종류와 스라소니는 그림 1-2-7과 같이 약 10년을 주기로 증가와 감소를 되풀이 하

고 있는데, 이것은 주로 개체군의 밀도와 관계가 있어서 토끼와 같은 피식자가 증가하면 스라소니와 같은 포식자도 증가하고, 피식자가 감소하면, 포식자도 감소하기 때문이다.



<그림 1-2-6> 내륙의 호수에 서식하는 식물성 플랑크톤의 개체군 크기 변동



<그림 1-2-7> 눈신토끼와 스라소니 개체군의 크기 변화

- 대발생

주기적인 변동과 달리, 환경의 급격한 변화로 인해 환경 저항이 감소될 때 개체수가 돌발적으로 증가하는 경우이다. 주로 병충해 발생이 이러한 경우이다.

(다) 개체군 내의 상호 관계

개체군의 밀도가 높아지면 개체군을 이루는 개체들은 먹이, 생활 공간, 배우자 등을 차지하기 위해서 여러 가지 형태의 경쟁을 하면서도 다음과 같이 어떤 질서를 유지한다.

- 세력권제(포유류, 조류)

일정한 생활 공간을 차지하여 다른 개체나 개체군의 접근을 막고 자신의 영역을 지키는 것이다. 즉, 세력권 또는 텃새권은 자신이 차지한 공간으로서 세력권은 생활 조건이 같은 개체들을 분산시켜 주므로 개체군의 밀도를 알맞게 조절하는 역할을 한다.

- 순위제(어류, 조류, 포유류)

개체군의 구성원 사이에서 힘의 서열에 따라 순위가 결정되는 관계를 말하며, 집단 내의 질서를 유지하는데 중요한 역할을 한다.

- 리더제(사슴, 원숭이)

동물 개체군에서 영리하고 경험이 많은 한 마리의 리더가 전 개체군을 통솔하며, 먹이를 얻거나 위협에 대처하고, 다른 개체들은 리더의 명령에 복종하고, 각자의 맡은 일을 수행하는데 이러한 개체군의 통솔 체제를 리더제라고 한다. 개체군의 질서와 안정에 도움을 준다.

- 사회 생활(곤충류, 조류, 포유류)

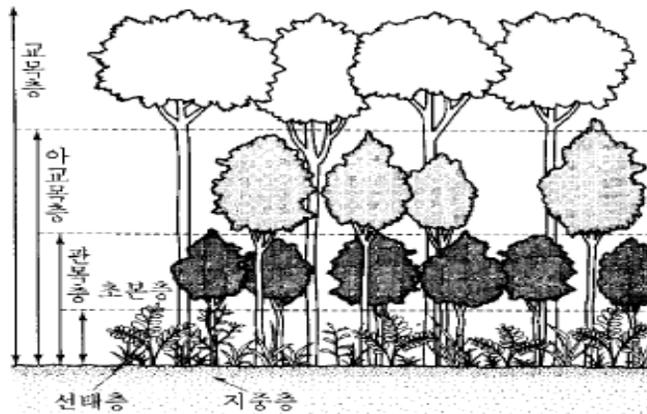
동물의 개체군 중에는 개체가 먹이 수집, 생식 등의 일을 분담하고 서로 협력함으로써 전체적으로 조화된 분업 구조를 갖는 것이 있다. 이와 같이 개체의 역할이 분업화된 개체군을 사회라고 한다. 예를 들면 벌이나 개미 개체군의 경우 여왕을 중심으로 개체의 구조나 기능이 선천적으로 분업화된 가족 사회를 이루고, 조류나 포유류의 경우 혈연 관계에 의한 가족 사회를 이룬다.

(2) 군집

(가) 군집의 구성

군집이란 생태계에서 여러 종류의 생물개체군이 함께 모여서 긴밀한 관계를 맺고

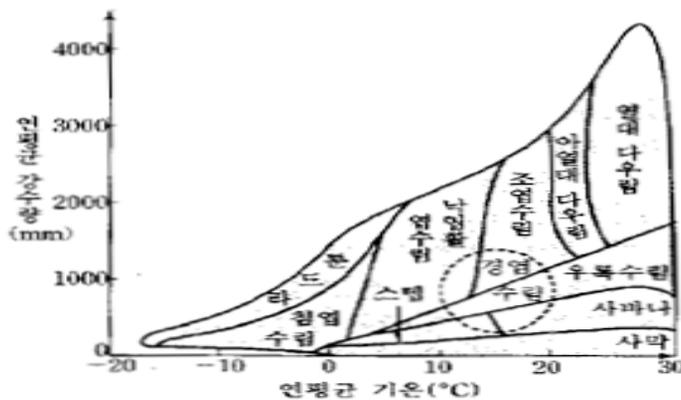
살아가는 생물 집단을 가리킨다. 산림은 비교적 온도가 높고 강수량이 많은 곳에 나무가 우점하여 흙이나 수분이 확보되는 곳에 형성되는 생물군집으로 그림 1-2-8과 같은 층상 구조를 갖는다.



<그림 1-2-8> 잘 발달된 산림의 구조

(나) 생태 분포

어떤 지역의 환경 조건에 적응하여 이루어진 군집으로 기온, 강수량 등 환경 요인의 영향을 받아서 생물의 분포가 결정되는 경우를 생태 분포라고 한다. 따라서, 지리적으로 멀리 떨어진 지역이라도 기후가 비슷하면 서로 닮은 군집이 형성된다. 위도나 기후대에 따른 생물의 분포를 수평 분포라고 하고 고도에 따른 생물의 분포를 수직 분포라고 한다



<그림 1-2-9> 육상식물의 수평 분포

(다) 군집내의 상호 작용

여러 종의 개체군이 같은 장소에서 함께 생활하는 경우에 이들 사이에는 다음과 같은 여러 가지 상호 관계가 생긴다.

- 개체군 사이의 경쟁

먹이나 생활 장소가 비슷한 개체군이 함께 어울려 살게 되면, 이들 사이에 경쟁이 일어나 이 개체군들은 함께 공존할 수 없는 경쟁·배타 현상이 생긴다. 이 경우에 개체들은 경쟁을 피하기 위하여 같은 장소에서도 부분적으로 생활 장소를 달리하는 경우(분서)도 있고, 여러 종의 개체군이 같은 곳에 함께 살더라도 먹이를 달리하여 공존하는 경우도 있다. 예를 들면 피라미와 갈겨니가 은어와 함께 살게 되면 은어는 주로 조류를 먹고, 본래 조류를 먹던 피라미와 갈겨니는 먹이를 바꾸어 곤충류를 잡아먹게 된다.

- 공생과 기생

종류가 다른 생물들이 이해관계를 포함하여 서로 밀접하게 관계를 맺고 함께 생활하는 것을 공생이라 한다. 개미와 진드기, 지의류의 조류와 균류같이 서로 이익을 얻는 것을 상리 공생이라하고, 한 쪽은 이익을 얻고, 다른 쪽은 이익도 손해도 없는 것을 편리 공생이라 한다. 기생의 경우에는 참나무와 겨우살이처럼 한 쪽은 이익을 얻으나 다른 쪽은 손해를 입는다.

- 먹고 먹히는 관계

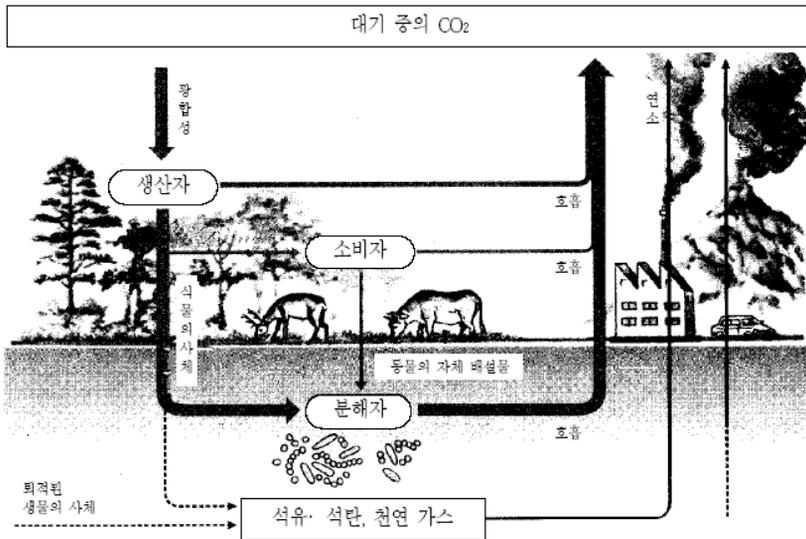
2종류의 생물 사이에 잡아먹고, 먹히는 관계가 있을 때 잡아먹는 쪽을 포식자라 하고, 잡아먹히는 쪽을 피식자라 한다. 이 때 포식자를 피식자의 천적이라고 한다. 포식자와 피식자 사이에는 피식자가 증가하면 뒤이어 포식자도 증가하고, 피식자가 감소하면 뒤이어 포식자도 감소하는 관계가 있다.

나. 물질 순환

생물은 무기 환경과 끊임없이 물질을 주고 받으며 생활한다. 즉, 생산자는 무기 환경으로부터 무기물을 받아들여 유기물을 합성하고, 이 유기물은 먹이 사슬에 따라 동물과 같은 소비자가 섭취한다. 그리고 생물이 죽으면, 이 물질들은 분해자에 의해 분해되어 결국 무기 환경으로 되돌려지는데 이러한 일련의 과정을 생태계의 물질순환이라 한다. 자연계의 물질순환은 여러 가지가 있지만 그 중에서 생물체의 대부분을 구성하고 있는 탄소, 질소, 물의 순환에 대해서 알아본다.

(1) 탄소의 순환

탄소는 생물체를 구성하는 원소 중에서 약 20%를 차지하는데, 이는 대기나 물 속의 이산화탄소를 생산자가 광합성을 하여 체내에 고정한 것에서 유래한다. 이러한 탄소가 순환하는 과정을 살펴보면 먼저 탄소는 이산화탄소의 형태로 생산자에 의해 동화되어 유기물이 된다. 유기물은 먹이 사슬을 따라 소비자를 거쳐 이동하고, 그 동안 유기물의 일부가 호흡에 의해 산화되므로 탄소가 이산화탄소로 되어 무기 환경으로 방출된다. 동식물의 사체나 배설물 속의 유기물도 분해자의 작용에 의해 분해되므로 탄소는 다시 이산화탄소의 형태로 대기 중이나 물 속으로 되돌아간다. 대기 중의 이산화탄소의 농도는 약 0.03%밖에 되지 않으나, 녹색 식물이 광합성으로 흡수하는 이산화탄소의 양과 생물이 호흡으로 방출하는 이산화탄소의 양은 대체로 같기 때문에 그림 1-2-10과 같이 대기 중의 탄소는 생태계를 순환하면서 평형을 이룬다.

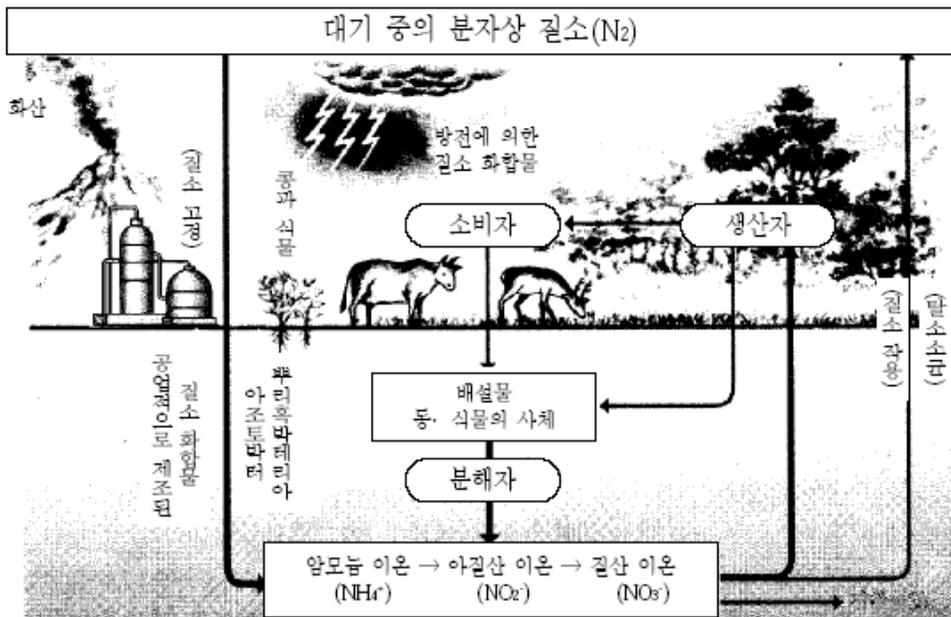


<그림 1-2-10> 생태계 내에서의 탄소의 순환

(2) 질소의 순환

질소는 생물의 몸을 구성하는 단백질, 핵산 등의 중요 성분이며, 대기를 구성하는 기체의 약 78%에 해당한다. 그러나 대부분의 생물은 이 질소 가스를 직접 이용할 수 없다. 대기중의 질소는 질소 고정 세균(뿌리혹박테리아, 아조터박터)에 의해 암모늄염으로 고정되거나, 번개 등 공중 방전으로 산화 질소를 형성한 후, 빗물에 녹아 땅 속으로 들어가서 질산염이 된 다음 식물에 의해 이용된다. 녹색 식물은 질소 동화 작용에 의해 암모늄염 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)의 상태로 흡수한 질소를

이용하여 단백질과 같은 유기 질소 화합물을 합성한다. 동물은 이 유기 질소 화합물을 먹이로 섭취하여 질소를 얻는다. 이러한 유기 질소 화합물은 먹이 사슬을 따라 이동하고, 에너지를 얻는 과정에서 일부가 분해되어 배설물에 섞여 무기 환경으로 내보내진다. 생물의 사체나 배설물이 분해자에 의해 분해되면 그 속의 유기 질소 화합물은 다시 암모니아가 된다. 대부분의 식물은 이 암모니아를 직접 이용할 수 없고, 세균에 의해 암모늄 이온이나 질산 이온으로 변화된 후에 흡수한다. 토양 미생물인 탈질소균은 질산염을 가스로 환원시켜 대기 중으로 돌아가게 한다.



<그림 1-2-11> 생태계 내에서의 질소의 순환

(3) 물의 순환

생물체의 대부분은 물로 이루어져 있다고 해도 지나치지 않을 만큼 물은 생명의 기반이 될 뿐만 아니라 많은 생물들이 살아가고 있는 강이나 호수, 바다와 같은 서식처를 제공한다. 강이나 바다의 물은 태양열에 의해 증발되어 구름이 되고, 이것은 다시 비, 눈, 이슬, 서리 등이 되어 지상으로 떨어진다. 한편, 생물이 취한 물은 체액의 성분으로 이용되거나 식물의 광합성에 쓰이며, 호흡에 의해 생긴 물은 식물의 경우에는 증산을 통해, 동물의 경우에는 외호흡을 통해 대기 중으로 나간다. 그리고 동물은 배설물로도 수분을 자연계로 되돌려 보낸다.

2.1.3.2. 산림천이(山林遷移)

지표면을 덮고 있는 식생(植生)은 끊임없이 변화를 되풀이하여 와서 현재의 상태로 성립된 것이라는 사실은 익히 아는 바이다. 이와 같이 어느 지역에서 시간에 따라 방향성을 가지고 자연적으로 종조성의 변화와 더불어 식생의 모습이 변화하여 가는 현상을 일컬어 천이(遷移, succession)라고 한다. 예를 들어 산사태, 홍수 또는 산불과 같은 자연적 교란으로 생긴 나지(裸地)에서 처음에 하등식물과 초본류가 나오기 시작하고 그후 풀이 무성해지고 나면 덩불이 생기고 나중에 나무가 자라게 되어 숲이 우거지게 되는 현상을 목격할 수 있다.

이러한 식생의 변화는 주위환경에 의하여 결정되는데 이와 동시에 식생에 의하여 주위환경도 같이 변하게 된다. 즉 그 지역의 기후나 토양에 따라 처음에 정착하는 식물이 달라지게 되고 이어서 침입하는 식물종도 달라진다. 처음에 식물이 정착하면 식물의 뿌리에 의하여 토양의 풍화가 촉진되고 지면에 들어오는 햇빛을 가리고 토양의 수분과 양료상태가 달라지는 등 그 지역의 생태계가 바뀌게 되는데 이렇게 되면 생물의 생육환경이 변화하게 되어 다른 식생이 정착하게 되는 과정을 밟는다.

이렇게 식생에 의하여 생육환경이 변화하고 다시 생물종이 바뀌고 하는 상호작용 과정을 거쳐 최종적으로 안정된 식생을 이루어 외부의 교란이 있기 전까지 오랜 기간동안 지속되는데 이러한 식생을 극상 식생(極相植生, climax vegetation)이라고 하며, 식생형이 산림일 때 극상림(極相林, climax forest)이라고 한다. 초기 식생부터 극상에 이르기까지의 일련의 천이단계를 천이계열(sere)이라고 하며 각 천이계열단계(seral stage)의 식물군집들을 천이계열군집(seral community)이라고 한다.

1970년대 중반이후 식생동태(植生動態, vegetation dynamics)에 대한 연구가 많아지면서 개념의 변화가 대두되었는데, 현대의 식생동태에 대한 관점은 장기적인 입지의 안정성이라든가 천이의 최종단계가 있다고 가정하지 않고 “동적(動的, kinetic)” 또는 “역학적(力學的, dynamic)”인 측면에서 보고 있다. 즉, 반복적이고 상대적으로 빈번한 교란의 중요성을 강조하고 식생은 계속하여 변화한다는 것 자체를 인정하는 것이다. 이들은 개체목이 고사하여 만들어지는 숲틈에서 일어나는 기작들과 공간적으로 모자이크상을 이루는 형상을 설명하면서, 시간적인 모든 식생발달 단계들이 공간적으로 보아 숲조각(패취, patch)들이 모여져 있는 경관을 이루는 양상으로 나타난다고 보았던 숲틈동태이론을 배경으로 발달되어 왔다. 공간적으로 분포하고 있는 순차적인 각 천이발달단계로 전체적인 패턴을 설명하고, 모든 지점에서의 계열의 완

성은 그 숲조각 뿐만 아니라 다른 숲조각들도 종자보급원으로서 역할을 하기 때문에 숲조각들의 공간적 분포양상에 의해서도 달라진다고 보았다.

또한 다양한 시간적 및 공간적 척도에 따른 식생변화양상을 포함하여 식생동태의 개념으로 인식하고 있으며 기존의 천이의 개념 역시 다양한 시공간적 척도중의 어느 하나의 척도로 본 개념으로 인식하고 있으며, 그 동안 개념상의 논란의 여지가 많았던 이유중의 하나가 같은 대상을 서로 다른 척도로 보았던 것에 기인한다. 최근의 식생동태에 대한 정의는 모든 유형의 식생변화 중에서 계절적 변화, 단기간의 변동(fluctuation), 주기적 변화를 제외한 비교적 광의의 개념으로 정의되고 있다.

가. 식생변천

식생변천의 유형은 구분하는 관점에 따라 여러 가지로 분류할 수 있는데 시간적 정도로 식생변화의 유형을 나열하면 다음과 같다.

(1) 단기간의 변동(fluctuation)

시간적 척도로 보아 가장 짧은 기간에 있어서의 변화로서 방향성이 없고, 단시간의 환경조건의 변화나 우연한 환경적 스트레스에 의한 식생의 정량적 변화를 말한다.

(2) 소규모의 숲틈 동태(fine-scale gap dynamics)

자연발생적 또는 외적 교란으로 나타나는 식물 개체나 국소적 개체군이 죽게됨으로써 발생하는 식생변화로서 정상적인 변화도(구성 종의 변화) 포함되며, 그 종이 그 군집에서 유지되고 재 갱신될 가능성이 있는 경우이다.

(3) 숲조각 동태(patch dynamics)

국소적 개체군 또는 한 종 또는 여러 종으로 이루어진 숲조각들이 사라지고, 이어서 다른 개체군이 정착함으로써 생기는 식생변화를 말한다. 숲틈동태와 비교하여 시간적으로 길고 군집크기에 대한 숲조각의 상대적인 크기가 다르다.

(4) 순환적 천이(cyclic succession)

흔히 전혀 다른 군집으로 유별되는 식생구성요소(주로 우점개체군을 의미함)가 순환적으로 변천하는 것을 말한다. 이러한 현상은 나무들의 퇴화나 대기 및 토양오염 등의 직간접적 효과에 의한 산림쇠퇴 등과도 밀접하게 관련된 경우가 많다.

(5) 이차천이(secondary succession)

원식생이 화재, 태풍이나 심한 곤충피해 등과 같은 자연적 교란 또는 벌채나 입화 등과 같은 인간활동에 의한 교란을 받은 다음 성숙된 식생군집으로 회복되는 과정을 말한다. 이러한 직선적 식생의 재회복과정을 갱신천이(regeneration succession)이라고도 하며, 회복하는데 걸리는 시간보다 상대적으로 성숙단계에 머무는 시간이 길다는 점에서 순환적 천이와 시간적 척도에서 크게 다르다.

(6) 일차천이(primary succession)

사구, 사태지, 용암지, 암석표면 또는 빙하에 의한 침식지 등과 같이 식물이 전혀 없는 나출된 곳에서부터 시작되는 천이를 말한다. 일차천이가 시작되는 장소에 따라 호수나 습원 또는 해안간석지 등과 같이 물에서부터 비롯되는 천이를 습성천이(hydrach succession)라고 하고, 암석지나 사구 등과 같이 건조한 곳에서 시작하는 천이를 건성천이(xerach succession)라고 하고, 빙하토와 같이 적습한 토양에서 시작되는 천이를 중성천이(mesophytic succession)라고 한다. 대체적으로 건성천이와 습성천이는 기후와 토양 등 모재가 허용하는 한도내에서 중성식생(mesophytic vegetation)으로 수렴하는 경향을 가진다.

(7) 영속적 천이(secular succession)

장기적인 환경변화(예, 기후변화)에 따라 식생이 변천해가는 현상을 말한다. 주로 고생태학에서 연구대상으로 하는 시간적 척도에서의 식생변천이 여기에 속한다.

나. 임업적 응용

(1) 생태계 보전 및 복원

모든 생태계를 자연적인 상태로 그대로 유지해야 할 것이냐 아니면 때로 인간의 간섭이 필요하느냐는 숙고의 여지가 많다. 생태계의 다양성과 종의 다양성을 유지 또는 증대시키기 위하여는 서식지 보호와 서식지간의 연계성뿐만이 아니고 천이계열의 다양성을 높이는 것 또한 중요하며 이때 선악의 평가는 시공간적 척도를 고려하여 경관적 배치상태를 감안하여야 할 것이다.

우리 나라는 물론이거니와 전세계적으로 원시림상태의 숲이 차지하는 비율이 아주 적기 때문에 자연적인 상태로 보존하는 것이 대부분의 경우 좋은 처방이 될 수 있으나 특별하게 보전대상에 따라 인간의 간섭을 요구하는 경우가 있으며 이때 적

용하는 생태적 접근방법과 판단은 천이에 대한 이해로부터 시작된다. 그 예로 미국 서부의 살아있는 화석으로 알려진 거대한 giant sequoia 숲이 19세기중반 세상에 알려진 이후 이를 보존하기 위하여 이 지역을 포함하여 1890년 요세미티국립공원으로 지정하여 어떠한 변화와 교란으로부터 보호되어 왔다.

1960대까지는 수천년 버텨온 이 나무들이 교란이 없는 보호된 환경에서 잘 갱신되고 유지될 것으로 생각하였는데 1세기만에 오히려 예전보다 훨씬 감소하여 전나무류(white fir)로 대체되어 가고 있고, 종자는 열리나 임상에서 발아와 생장이 되지 않고, 치수를 발견할 수 있는 곳은 토양이 나출되고 햇빛이 들어오는 곳이라는 것을 발견하였고, 과거에 모자이크상을 이루면서 giant sequoia 숲이 유지될 수 있었던 것은 인디언들이 불을 놓거나 번개에 의한 산불로 중하층의 다른 식생들이 조절되었기 때문이었다는 것을 깨닫게 되었다.

(2) 사망, 조림, 갱신 및 훼손지 복원

산림에서 천이의 초기에 정착하는 선구수종(pioneer tree species)들은 주로 내음성이 약한 양수(陽樹, shade intolerant species)들로서 이들이 나지나 목밭에 정착하고 나면 점차 중용수(中庸樹)와 내음성이 강한 음수(陰樹, shade tolerant species)들로 대체되는 절차를 거친다. 이를 이용하여 경제성이 높은 양수로 조림된 지역에 내음성이 강한 수종으로 수하식재를 하기도 하고, 원하는 수종으로의 갱신에 필요한 입지조건을 만들기 위해 그 수종에 적합한 작업종을 선택하기도 한다. 산사태지, 나지 또는 침식지 등에 식생피복을 위하여 선구식생종이나 아까시나무, 오리나무류 등과 같이 강한 햇빛과 건조에 강하고 척박한 토양에서도 질소고정을 하는 수종을 식재하는 경우가 많은데 이렇게 피복에 성공하게 되면 다음 단계로의 천이의 진행을 한층 앞당길 수가 있다. 이와 비슷하게 탄광광지, 매립지, 오염에 의한 훼손지 또는 산림쇠퇴지에서 그 지역의 입지조건을 고려한 식생조성 등으로 자연적 회복을 도울 수 있다.

(3) 야생동물 서식지 관리

야생동물들은 각 종마다 먹이를 구하거나 생활을 영위하기 위하여 선호하는 서식지가 있기 때문에 특정한 야생동물을 보호하거나 증식시키기 위하여 때로 벌채나 입화로 천이계열을 변형시키거나 유지하는 방법을 많이 응용한다. 어느 한 지역에 다양한 천이계열이 존재하게 하는 등 서식지다양성을 높이기 위해 숲의 유형을 적절히 배치하여 다양한 야생동물을 유도할 수도 있다. 일례로 태국의 카오야이국립공원에서는 코끼리 개체군을 유지하기 위해 일정면적에 주기적으로 불을 놓음으로써

초지로 유지시키고 있다. 대부분의 많은 희귀종들이 극상에 가까운 오래된 식생이 적기 때문에 천이후기단계의 서식지를 가지고 있거나 서식지 분할로 광역의 서식지를 요구하는 경우가 많은데 이러한 경우에는 광역적으로 오래된 숲을 보존하고 보호하는 것이 유용할 것이다

2.1.3.3. 산림식생

산림식생이란 산림내에 자라는 교목, 아교목, 관목, 초본성 식물 및 선대류를 총칭하며 이 식물들이 산림내에서 입지환경과 상호작용을 통하여 독특한 산림환경을 만들어 내며 분포하는 식물집단을 말한다

가. 환경인자

(1) 기후(氣候)

(가) 광(光)

광(光)은 임목이 생육에 있어 가장 큰 영향을 끼친다. 특히 동화작용에 불가결한 요소이다. 그러나 임목종류에 따라서는 광선을 요하는 정도의 차이가 있음을 관찰할 수 있다. 즉 음수성 수종으로는 주목, 분비나무, 가뭇비나무, 전나무, 느티나무, 들메나무, 복장나무 등이고 반음수성 수종으로는 잣나무, 오리나무류, 단풍나무류, 피나무류, 참나무류, 물푸레나무 등이며, 양수성의 수종으로는 잎갈나무류, 소나무, 사시나무류, 자작나무류 등이다. 그러나 일반의 수목은 유시(幼時)에는 내음력을 증대하나 생육함에 따라서 감퇴하며 또 땅이 적윤 또는 비옥하면 내음력이 증대하나 건조 척박지에 있어서는 내음력이 감소한다. 또 양수는 적응력이 크며 제해에 대한 저항력이 강하여 나지를 잘 점령하나 음수는 나지에는 생육이 곤란하며 비옥지에 있어서는 소임내(疎林內)에서 건전한 생육을 계속하여 나중에는 양수를 피압(被壓)하고 임지를 점령한다.

(나) 기온

기온은 임목의 생육상 가장 중대한 관계가 있으며 또 수종의 천연분포를 명확케 한다. 우리나라의 기온분포를 보면 연평균기온은 북부(위도 39~43도)에 있어서는 2.5~10.0℃, 중부(북위 37~39도)에 있어서는 10.0~12.5℃, 남부(북위 33~37도)에 있어서는 12.5~15.0℃이다. 기중 최고기온으로는 남부에 있어서는 32.5~35.0℃, 북

부에 있어서는 37.5°~40.0℃이고 초저 기온으로는 난대 -5~-15℃, 온대남부 -15°~20℃, 난대중부 -20°~-25℃, 온대북부 -25°~-35℃, 산악삼림지대 -35°~-45℃에 달한다. 이와같이 온도는 위도 및 고도에 의하여 저하하는 %를 체감율이라고 하는데 우리나라에서는 아직 실측한 예가 없으나 구주 또는 일본에서 실측한 예에 의하면 수평적으로는 위도 1도를 북진함에 따라서 평균 0.52℃씩 감소하고 수직적으로는 표고 100m씩 상승함에 따라서 평균 0.52℃씩 감소한다고 한다. 이것을 우리나라의 지역에 인용하여도 큰 차이는 없을 것이며 다만 산악삼림지대에 있어서는 특이한 경우도 있을 것이다. 또 일반적으로 임내는 임외보다 기온이 약간 낮다.

(2) 토양

(가) 토심

임목은 농작물에 비하여 비교적 뿌리가 땅속에 깊이 들어가는 관계로 인하여 토양의 깊고 얕음이 임목의 생육에 큰 영향을 준다. 수목도 역시 종류에 따라서 상이하다. 예컨대 소나무, 참나무 등과 같은 심근성의 수목과 가문비, 사시나무 등과 같은 천근성의 수목이 있는 까닭에 어느 정도의 토양의 깊이가 임목의 생육상 가장 적당하냐함은 일정치 않으나 대개 일반적으로 보아 심토는 천토에 비하여 좋다고 할 수 있다.

(나) 토양산도

산도는 pH치에 의하여 조사·결정하는 것인데 우리나라에는 극산성 3.7 이하의 토양 또는 강알카리성 8.5 이상의 토양은 거의 없으며 또 수종에 따라서 그 반응에 대한 내성이 상이하다. 예컨대 강산성에 내성이 있는 수종으로는 해송, 육송, 가문비, 분비나무, 전나무, 잣나무, 밤나무, 상수리나무, 싸리 등이며 약산성 또는 중성을 요하는 수종으로는 잎갈나무, 참나무류, 느티나무 등이며 염기성에 내성이 있는 수종으로는 측백나무, 느릅나무류, 팽나무류, 회양목 등이다.

나. 식생분포

(1) 구계구분

한반도에 있어서의 식물분포 조사자료를 근거로 한 구계구분은 Nakai(1919, 1935)에 비롯하였으며 그의 구계 구분은 오래 동안 무비판적으로 인용되어 왔다. 그의 구계 구부는 글 근거와 경계가 불분명하고 이에 대한 비판과 새로운 제안 또한 과학적 타당성 여부가 아직 혼돈상태이므로 이에 대한 종합적이고 객관적인 식물지리학

적 재검사가 필요한 것으로 보인다. 한반도의 식생분포의 구분, 특히 산림대구분은 온도 기후와 상관이 있으나 구계구분은 현재의 기후와 토양조건과 같은 무기환경과 어느 정도의 상관이 있으며 지사적(地史的), 진화사적요인의 영향이 어느 정도인지는 아직 미해결의 문제이며 이 때문에 현재 식물분포에 대한 구계구분에는 역사지리학적 고찰이 필요하다. 이와 관련해서 볼 때, 식물의 분포를 생활형, 지리적 분포 관점에서 동남아의 식물군을 ① 중국, 히말라야형 ② 만주, 한국, 일본형 ③ 사할린아므르형으로 구분한 Hotta(1967)의 구분은 주목할 만 하다.

(2) 과별분포

과를 단위로 한 우리나라 식물의 분포유형을 보면 다음 7형으로 구분할 수 있다.

(가) 북부형(Nothern type)

한반도의 북부에 분포하는 유형으로 볼 수 있는 것들이다. 이에는 지모과와 꽃고비과가 있다. 지모과의 분포로 보면 분명히 한반도의 중부이북에 한 분포대가 그어질 수 있을 듯하다.

(나) 산지형(Montane type)

평야나 해안지역에는 나지 않고 산지에만 분포하는 유형을 산지형이라고 부르기로 한다. 이는 북방계(대륙계)식물이 산계를 통하여 남하함에 따라 생겨진 것이다. 이에는 석송과와 산토끼과가 있다. 분포역을 보면 대체로 표고 1,000m 이상의 산지에 분포하고 있어 본질적으로 북부형에 속한다.

(다) 저지형(Low land type)

갯길경과는 해안에만 분포하고 있어 염생식물의 특성을 나타내고 이것은 생태분포의 한 예로 들 수 있다. 쥐꼬리망초과는 평야나 산에만 나고 있어 일종의 대상식생의 지표와 같은 것으로 생태분포의 한 예가 될 수 있다.

(라) 남부형(Southern type)

한반도의 남부에 분포하는 유형으로 볼 수 있는 것들이 있다. 이에는 감탕나무과, 나도밤나무과, 차나무과, 협죽도과가 있다.

(마) 난대형(Warm temperate type)

난대형은 우리나라의 남부 다도해와 해안의 산록을 중심으로 하여 분포하며, 난류

의 영향을 받는 서해 도서와 해안에 분포하는 유형으로 이에는 풀고사리과, 실고사리과, 후추과, 돈나무과, 조록나무과, 무환자나무과, 붓순나무과, 멸구슬나무과, 산유자나무과, 자금우과 등이 있다.

(바) 제주형(Jeju type)

이 유형은 난대형에 속하는 것이나 제주도에 한해서 분포하는 분류군으로 난대성 양균식물이 많은 것이 특색이다. 이에는 솔잎란과, 새깃아재비과, 일엽아재비과, 물개구리밥과, 소귀나무과, 담팔수과 등이 있다.

(사) 격리형(Isolation type)

격리형은 지사적(地史的) 원인에 의하여 생긴 것으로 대표적인 것은 시로미과이다. 시로미는 우리나라의 1,800m 이상의 산지에 나는 아한대식물이다.

(3) 속별분포

속을 단위로 하여 분포를 유별하여 보면 과별분포에 비해서 매우 다양하다. 과의 분포유형 7가지 이외에 3가지의 유형을 더 세분할 수 있다. 즉 동해상에 고립되어 있는 울릉형과 남방계식물의 북방에 의해서 생긴 중남부형(남부형이 보다 더 북진한 형태) 그리고 한반도 중부지역에 형성된 중부형 등이다. 이곳에서 중부란 태백산맥의 북단인 금강산과 소백산맥의 남단인 지리산 사이의 지역을 뜻한다. 각형의 대표적인 속은 다음과 같다.

(가) 북부형(Northern type)

새양버들속, 나도수영속, 나도범의귀속, 담자리꽃나무속, 두메자운속, 백산차속, 꽃고비속, 린네풀속 등

(나) 산지형(Montane type)

석송속, 체꽃속, 가문비나무속, 짹짹나무속, 동의나물속, 큰제비고깔속, 금매화속, 매자나무속, 평의다리아재비속, 피나물속, 돌단풍속, 도깨비부채속, 개취땅나무속, 나도양지꽃속, 개느삼속, 왜우산나물속, 홍월굴속, 닳꽃속, 당개지치속, 용머리속, 냉초속, 땃강나무속, 연복초속, 병풍삼속 등

(다) 저지형(Low land type)

통통바디속, 병아리꽃나무속, 나문재속, 번행초속, 개자리속, 전등싸리속, 모감주나

무속, 가마귀베개속, 갯사상자속, 갯방풍속, 갯길경속, 모래지치속, 순비기나무속, 등
에풀속, 해란초속, 거머리말속, 지채속, 박달목서속, 자라풀속, 조릿내풀속, 모새달속,
우산대바랭이속, 쥐꼬리망초속 등

(라) 남부형(Southern type)

개비자나무속, 굴피나무속, 푸조나무속, 구지뽕나무속, 예덕나무속, 감탕나무속, 말
오줌때속, 나도밤나무속, 백동백나무속, 사스레피나무속, 노각나무속, 개미탐속, 피막
이풀속, 이팝나무속, 마삭줄속, 개억새속, 보춘화속 등

(마) 난대형(Warm temperate type)

실고사리속, 발풀고사리속, 짐고사리속, 돌잔고사리속, 선바위고사리속, 봉의꼬리
속, 바위고사리속, 응달고사리속, 벌고사리속, 쇠고비속, 진피리고사리속, 손고비속,
콩짜개덩굴속, 비자나무속, 바람등칫속, 새우나무속, 구실жат밤나무속, 무화과나무속,
나도물통이속, 동백나무겨우사리속, 멸꿀속, 함박이속, 방귀속, 남오미자속, 돈나무속,
붓순나무속, 녹나무속, 가마귀쪽나무속, 육박나무속, 후박나무속, 참식나무속, 비파나
나무속, 다정큼나무속, 실거리나무속, 여우팔속, 굴거리나무속, 상산속, 멸구슬나무속,
유동속, 산쪽풀속, 무환자나무속, 상동나무속, 거지덩굴속, 장구밥나무속, 후피향나무
속, 차나무속, 의나무속, 산유자나무속, 산닥나무속, 황칠나무속, 팔손이나나무속, 송악
속, 병풀속, 갯당근속, 식나무속, 백량금속, 나도은조롱속, 아욱메풀속, 마편초속, 왕
꼬리풀속, 산들개속, 애기도라지속, 알파리속, 나도개풀속, 호차나무속, 영주치자속,
털머위속, 방울새풀속, 숲개밀속, 산기장속, 쇠돌피속, 각씨미꾸리짱이속, 개수수속,
나도생강속, 맥문아재비속, 협죽도속, 자금우속, 나도풍란속, 섬새우난초속, 약난초속,
석곡속, 무엽란속, 비비취난초속 등

(바) 제주형(Jeju type)

솔잎란속, 풀고사리속, 피불이끼속, 수염이끼속, 난쟁이이끼속, 새깃고사리속, 좁
고사리속, 꿩고사리속, 그늘암고사리속, 새깃아재비속, 주걱일엽속, 밤일엽속, 일엽
아재비속, 죽절초속, 물개구리밥속, 약모밀속, 소귀나무속, 조록나무속, 몽울풀속,
해녀콩속, 담팔수속, 굴나무속, 등아욱속, 빗죽이나나무속, 털기름나물속, 반딧미나리
속, 산매자나무속, 암매속, 별봄맞이꽃속, 섬꽃마리속, 송양나무속, 큰고추나물속,
진흑풀속, 담배대더부살이속, 꽃망초속, 자운채속, 중대가리나무속, 분꽃아재비속,
뚜껍덩굴속, 골좁도라지속, 나도담배풀속, 갯금불초속, 갯고들빼기속, 쇠미기풀속,

실꽃풀속, 문주란속, 등심붓꽃속, 콩짜개란속, 으름난초속, 개미난초속, 거미난속, 두잎감자난초속 등

(사) 격리형(Isolation type)

나도고사리삼속, 처녀이끼속, 공작고사리속, 쇠고사리속, 삼백초속, 꼬리겨우사리속, 돌꽃속, 바위수국속, 남가새속, 시로미속, 갯대추나무속, 물고추나무속, 덩굴용담속, 개박하속, 호자덩굴속, 쯤새풀속, 고려조릿대속 등

(아) 울릉형(Ulreung type)

솔송나무속, 너도밤나무속, 고초냉이속, 혈떡이풀속, 섬개야광나무속, 개종용속, 노랑더부사리속 등

(자) 중남부형(Middle and Southern type)

부채괴불이끼속, 설설고사리속, 고란초속, 네가래속, 순채속, 별노랭이속, 여우콩속, 탕자나무속, 헛개나무속, 고슴도치풀속, 어리연꽃속, 진땅고추풀속, 개요등속, 백꼭나리속 등

(차) 중부형(Middle type)

모데미풀속, 송광납관화속, 망개나무속, 금강인가목속, 미선나무속, 왜박주가리속, 미치광이풀속, 금강초롱꽃속, 물잔디속 등

(4) 종별분포유형

종을 단위로 하여 분포를 유별하여 보면 대단히 다양한 유형이 나올 수 있다. 그러나 이를 종합정리하면 속의 유형과 일치하므로 별도로 예시하지 않는다.

마. 특산식물(Endemic plants)

Nakai(1952)에 의하면 우리나라에는 특산속이 11속, 특산종이 642종, 402변종, 72품종으로 1,118종류가 있다. 그 뒤 1969년 조사결과에 의하면 특산속은 6속으로 줄었고 이들은 중부 지방에 많이 분포한다. 이로 미루어 특산종수도 상당히 감소될 것으로 본다. 중부지방에 특산종이나 종이 많은 까닭은 지리적 조건으로 보아 중부지방이 다른 지방보다 타지역과의 교류가 적을 것이므로 이러한 사실을 이해하기가 어렵지 않다.

2.1.3.4. 생물다양성

이 지구에 살고 있는 생물종수는 약 1천만종에서 5천만종으로 추정되고 있다. 대체로 학자들은 1천만종으로 이야기하고 있고, 유엔환경기구 등에서는 5천만종으로 추정하고 있다. 학자들이 과학적 엄정성을 지키기 위하여 과소 추정하는 경향이 있다면 유엔환경기구 등은 홍보효과를 발휘하기 위하여 과대추정하는 경향이 있을 것이다. 그리고 실제로 지구에 존재하는 종수에 대해서는 얼마 전까지만 해도 약 140만종, 150만종이라고 하다가 최근에는 170만종으로 보고되고 있다. 지구에서 살고 있는 종수에 비해서 과학적으로 등재된 종수가 이렇게 적다는 것은 생물다양성에 대해서 인류가 알고 있는 것이 매우 적다는 것을 반증하고 있다. 이런 가운데 생물다양성의 감소는 심각한 문제로 매일 약 100종(학자에 따라서 30~300종)이 지구에서 사라지는 것으로 추정된다.

이러한 생물다양성의 감소의 원인은 크게 사회경제적인 체제에서 기인하는 간접적인 원인과 직접적인 원인으로 나누어 볼 수 있다. 사회경제적인 간접적인 원인으로서는 ① 인구성장과 자연자원 소비의 지속 불가능, ② 거래되는 농림수산물의 단순화, ③ 환경과 환경자원의 가치평가 미흡, ④ 생물자원 이용과 보전 이익의 불평등, ⑤ 관련지식 부족과 지식활용 미흡, ⑥ 법과 제도적으로 지속 불가능한 개발의 조장 등을 들 수 있다.

생물다양성 감소의 직접적인 원인으로는 ① 서식지 감소와 분할, ② 외래종의 도입, ③ 동식물의 과도한 착취, ④ 토양, 물, 대기의 오염, ⑤ 지구기후변화, ⑥ 농림수산업의 기업화 등을 들 수 있다. 이제까지 살펴본 바에 의하면 바람직한 생물다양성 보전을 위해서는 종 차원의 보전만으로는 소기의 목적을 달성하기 어렵고 그 종이 살고 있는 서식지에 대한 보전으로 확장되어야 하며 서식지를 다룰 때에도 단순한 입지연구에서 탈피하여 경관생태학 차원에서의 연구와 함께 인간활동을 포함한 종합적 생태계연구가 요망된다. 나아가 이들의 공간배치가 중요하기 때문에 지방에서 국가로, 국가에서 지역으로, 지역에서 지구차원의 연결고리를 감안한 체계적인 생물다양성 보전전략 수립이 요구되고 있다.

생물이 살아가기 위해서는 우선 자기유지가 가능한 최소 개체군이 성공적으로 자기갱신(self regeneration)을 이룩할 수 있도록 최소한의 필요한 공간이 기본적으로 요구되나 실제적으로는 이 개체군의 존속과 갱신이 성공적으로 이루어지기 위해서는 수많은 다른 생물 및 주변 환경요인들과의 상호작용이 필요하기 때문이다. 즉 생물

다양성 훼손 방지를 위해서는 단순한 종보호가 아니라 종합적이고도 기능적인 생물 다양성 체계 보전이 중요하다. 생물다양성의 체계는 1차적으로는 먹이사슬 등에 의해 형성되는 종관계망으로 짜여져 있고 2차적으로는 각 생태계 사이의 생태요소뿐 아니라 경관형성 바탕의 유지에 필요한 서식환경의 연계성으로 표현된다.

생물다양성 체계를 건전하게 유지하기 위해서는 자연체계의 중추적 과정(key process)을 보장해 줘야 한다. 그러나 실제적인 관점에서 자연체계의 중추적 과정을 구체적으로 정의하기가 어렵기 때문에 결국 이 문제는 종관계망 보전에서는 중추종 보전으로 대변되고, 서식환경의 연계성 확보에서는 훼손된 생태계의 복원이 관건이 된다.

2.1.4. 기상

2.1.4.1. 기후대

우리나라는 중위도의 온대지방에 위치하여 기후가 대체로 온난하고 4계절이 뚜렷하게 나타난다. 그러나 아시아 대륙의 동쪽에, 태평양의 서쪽에 위치한 관계로 계절풍의 영향을 탁월하게 받아 같은 위도대의 다른 나라보다 겨울은 춥고 여름은 더우며 4계절의 구별이 뚜렷하다. 기온의 연교차는 북부에서는 최대 40℃ 이상, 남부에서는 20℃ 이상을 나타내어 한서(寒署)의 차이가 심하다. 이러한 기후를 대륙성기후 또는 동안(東岸)기후라고 부른다. 가장 추운 달과 가장 따뜻한 달의 기온이 서울은 -3.4℃(1월)와 25.4℃(8월)이다.

우리나라에는 한대지방의 추위에 못지 않은 겨울의 혹한이 시베리아고기압의 확장으로 차고 건조한 북서계절풍이 강하게 불 때 밀려온다. 열대의 더위에 못지 않은 여름의 무더위는 북태평양고기압이 한반도를 지배할 때 절정에 달한다. 북태평양고기압은 아열대고기압에 해당하는 정체성 고기압으로 이와 관련된 여름 계절풍은 덥고 습기가 많다. 여름 계절풍은 남서풍, 남풍, 남동풍의 형식으로 불어오며, 겨울 계절풍과 같이 탁월하지 않다.

기후는 대륙성이라고 하나, 가장 더운 달은 북부지방의 일부를 제외하면 해양성 기후에서처럼 7월 대신 8월이 된다. 그 까닭은 7월에는 장마전선이 우리 나라로 북상하여 비를 많이 뿌리기 때문이다. 한반도는 지구 전체적인 열수지(熱收支)의 측면에서 볼 때 열이 부족한 한대지방과 열과잉의 열대지방간의 경계지대에 위치한다. 따라서 열수송과 관련된 대기의 운동으로서 고기압과 저기압의 통과가 매우 빈

변하며, 계절풍도 이와 같은 대기 운동의 일환으로 생겨 난다. 한반도는 위도에 비해 연평균 기온이 낮다. 그것은 북서계절풍의 영향으로 겨울이 매우 춥기 때문이다. 전반적으로, 개마고원 지방을 제외하면 등온선이 태백산맥을 중심한 산악지대에서 남쪽으로 깊숙이 휘어 있으며, 태백산맥 동쪽에서는 남북방향으로 뻗어 있다. 이것은 같은 위도상에서는 내륙지방이 해안지방보다 기온이 낮고, 동해안 지방이 서해안 지방보다 따뜻하다는 것을 뜻한다. 동해안의 기온이 높게 나타나는 것은 주로 겨울 기온의 분포에 좌우된다.

강수량의 지역적 분포는 지형이 복잡하여 고르지 않다. 산지가 많은 우리나라에서는 저기압이 통과할 때라도 지형성 강수가 결부되는 경우에 비가 많이 내린다. 섬진강 유역을 중심으로 한 남해안지방에 비가 많이 오는 것은 이곳이 한반도에서는 장마전선이 최초로 상륙하는 곳이고, 소백산맥의 산지들이 양자강유역에서 발생하여 동진해 오는 저기압을 가로막고 있기 때문이다. 소백산맥의 말단부에 위치한 경남의 진주는 연강수량이 1,538mm로서 반도내에서 강수량이 가장 많다. 소백산맥의 또다른 말단부에 위치하고 있는 전남의 승주는 1,491mm, 장흥은 1,496mm로서 이 일대의 남해안은 한반도에서 비가 가장 많이 내리는 곳이다. 남해안 다음가는 제 2의 다우지로서는 임진강과 한강의 중상류 지방이 꼽힌다. 이곳에서는 차령산맥과 광주산맥이 양자강 유역과 그 북쪽의 화북지방에서 동진해 오는 저기압을 가로 막는다. 그리고 소백산맥의 동사면에서는 진주와 산청, 함안을 중심으로 한 남강유역에 대체로 1,300mm이상의 비가 내리며, 서쪽 사면에서는 승주, 남원, 임실을 중심으로 하는 섬진강 유역이 1,300mm내외의 다우지를 이루고 있다. 남부지방에서 강수량이 적은 곳은 소백산맥의 동쪽에 놓인 낙동강 중상류의 경북 내륙지방으로서 1,000mm 이하의 소우지를 이루고 있다. 평야와 노년기의 구릉성 지형이 탁월하게 발달되어 있는 서해안지방도 대체로 강수량이 적다. 즉, 군산이 1,190mm, 목포 1,112mm로서 인접한 만경강 유역의 이리(1,280mm), 영산강 유역의 함평(1,343mm)에 비해 비가 적다.

2.1.4.2. 광선

에너지원인 태양열은 빛의 형태로 지구에 도달하는데 지구표면은 대기권이 존재하고 있어 굴절, 반사, 흡수 등의 현상을 일으킨다. 지구의 형태가 구면에 가깝고 자전과 공전현상이 있어 그 지역의 위도와 고도 그리고 사면의 방향과 각도에 따라 광량과 광질이 달라지며, 계절적 주기와 일별주기를 가지고 변화한다. 물론 대기권 상태에 따라서도 달라지는데 특히 구름의 양과 밀접하게 관련이 있다.

가. 태양상수와 에너지 단위

태양상수(solar constant)는 태양과 지구의 대기권 바깥표면까지의 평균거리에서의 단위시간 및 면적당 광량을 말한다. 그 수치는 연구자에 따라 약간씩 다르나 Duffie 와 Beckman(1980)이 구한 수치는 $1.940 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ 이고, 다른 단위로 환산하면 $1,353 \text{ W m}^{-2}$, $428 \text{ BTU ft.}^{-2} \text{ h}^{-1}$, $4.871 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 이다. 태양복사(solar radiation)는 여러 가지 파장을 가진 전자기파가 광자(photon)라는 입자의 형태로서 에너지(quantum)를 가지고 있다. 이러한 광자의 양이나 에너지 단위 또는 밝기 등의 다양한 형태로 빛의 량을 측정할 수 있는데 표 1-2-4와 같이 직접적으로 환산이 가능한 단위가 있고, 이것이 불가능하여 개략적으로 환산할 수 밖에 없는 것도 있다.

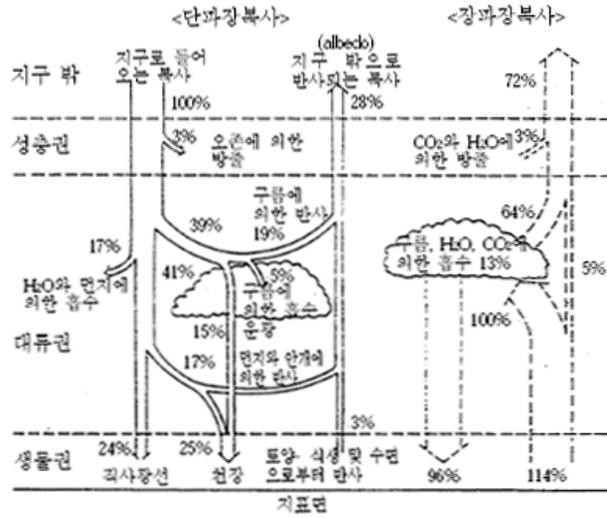
<표 1-2-4> 에너지 및 광량단위 환산표

구 분	환 산	비 고
에너지	$1 \text{ cal} = 4.18400 \text{ J}$ $1 \text{ E} = 6.02288 \times 10^{23} \text{ quanta (photons)}$ (즉, 1 mol의 광자를 의미) $1 \text{ E (파장 } 600\text{nm에서)} = 1.993306 \times 10^5 \text{ J}$	$1 \text{ J} = 10^{-7} \text{ erg}$ 파장 600nm에서 1 quantum $= 3.3096 \times 10^{-19} \text{ J}$ $= 7.91021 \times 10^{-20} \text{ cal}$
광 량	$1 \text{ E sec}^{-1} \text{ m}^{-2} = 6.02288 \times 10^{23} \text{ quanta sec}^{-1} \text{ m}^{-2}$ $1 \text{ lux} = 0.0929 \text{ lm ft}^{-2}$ $= 0.0929 \text{ footcandle}$ 파장 400~700nm에서 $1000 \text{ lux} = 19.53 \mu\text{E sec}^{-1} \text{ m}^{-2}$ $1 \text{ W m}^{-2} = 4.6 \mu\text{E sec}^{-1} \text{ m}^{-2}$ $= 1.433 \times 10^{-3} \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ $= 1.433 \times 10^{-3} \text{ langley min}^{-1}$ $= 1.0 \text{ J sec}^{-1} \text{ m}^{-2}$ $= 0.317 \text{ BTU ft}^{-2} \text{ h}^{-1}$	lx와 μE 과의 관계는 555nm에서 683 lumens W^{-1} 라고 가정할 수 치임. $1 \text{ langley} = 1 \text{ cal cm}^{-2}$ 힘(단위 시간당 에너지)의 단위인 watt는 $1 \text{ W} = 1 \text{ J sec}^{-1}$ 임.

자료 : Smithsonian Physical Tables, 1969

나. 지구상의 복사수지

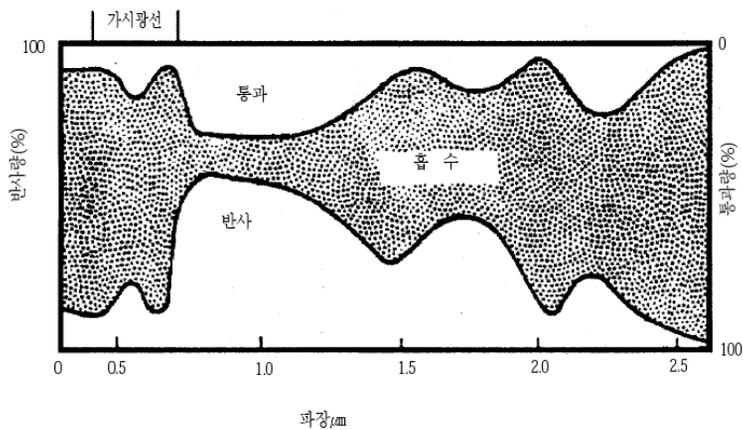
지구의 대기권밖에 도달한 태양광선은 대기권을 통과하면서 여러 가지 물질의 간섭을 받아 흡수, 반사 또는 투과되면서 지표면에 절반가량이 도달된다. 그리고 구름(19%)과 대기중의 입자들(8%)에 의하여 반사 또는 산란되어 나가는 현상을 알베도(albedo)라고 하는데 이의 양이 약 28%정도를 차지한다(그림 1-2-12).



<그림 1-2-12> 대기권과 지표면에서의 태양복사 수치

다. 광질

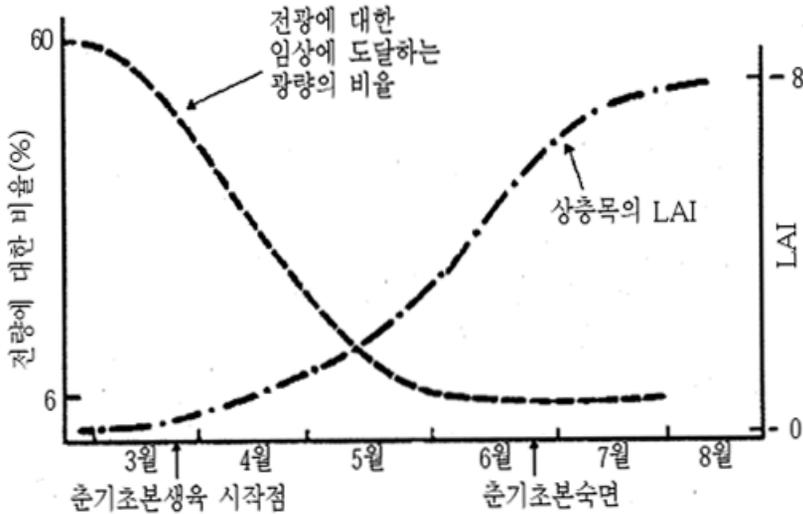
지구상에 도달하는 태양복사의 파장은 주로 0.1~10 μ m (1 μ m=1/1,000mm)에 해당되는데 파장의 길이가 짧은 자외선은 성층권을 통과하면서 오존에 의하여 차단되고, 길이가 긴 적외선은 대기권의 수증기와 이산화탄소에 의하여 흡수된다. 위에 도달된 광선은 대부분 표피층에서 흡수되는데 가시광선은 태양복사 중에서 광합성에 유효한 파장의 범위를 광합성유효광(photosynthetically active radiation; PAR)이라고 하는데 엽록소에 의하여 대부분 흡수되고, 가시광선 중에서 보라색과 적색부분을 더 많이 흡수한다(그림 1-2-13).



<그림 1-2-13> 이상적인 앞에서의 파장대별 흡수, 투과 및 반사비율

라. 숲내에서의 광량

숲에서는 나무의 잎이나 가지 등에 의하여 햇빛이 차단되어 숲바닥에 도달하는 광량은 감소하게 된다. 잎의 양(엽면적지수, LAI)과 숲바닥에 도달되는 광량과의 관계를 그림 1-2-14에서 잘 보여주고 있다.



<그림 1-2-14> 상층목의 잎의 양과 숲바닥에 도달하는 광량과의 관계

마. 내음성

(1) 내음성의 개념

다른 나무의 그늘과 같은 낮은 광조건과 근계의 심한 경쟁에서 발육, 성장할 수 있는 상대적인 능력을 말하며 내음성은 식물들의 수고생장이 많은 유전자와 환경적 변이에 의해 좌우되는 것처럼 복합적인 특성이라 할 수 있다. 그러므로 임업기술(육묘, 조림, 무육, 갱신 등)과 산림경영방법의 결정에 필수적인 사항중에 하나로 고려되어야 한다.

(2) 내음성의 관계인자

(가) 수령 일반수목은 수령이 많아짐에 따라 내음성이 감소한다. 유시에는 내음력

이 강하나 성장함에 따라 점차 내음력이 감퇴되며 장령기 이후에는 많은 광량을 필요로 한다.

(나) 토양수분과 양분 건조한 남사면이나 척박한 입지보다는 양분이 충분하고 적습한 토양에서 내음성이 증가된다. 또한 양분과 수분이 충분한 입지라도 지하부위 즉, 근계의 경쟁정도에 의해 내음력은 달라진다. 다른 수목과의 근계경쟁의 차단은 내음성의 증대를 초래하게 된다.

(다) 위도(온도) 내음성은 위도에 의해서도 뚜렷한 차이를 나타낸다. 온도가 높을수록 수목이 요구하는 광량은 감소한다. 고위도지방에 자라는 수목은 광합성을 위하여 더 높은 광도를 요구하게 되므로 내음성이 일반적으로 약하다.

(라) 종자의 크기 비음된 조건에서 치수의 생존은 종자의 크기와 관계가 있다. 내음성 식물들의 일반적인 적응은 풍부한 에너지 양분을 갖고 있는 큰 종자를 비교적 적게 생산하는 것이다. 크면서 무거운 종자들은 작고 가벼운 종자보다 넓게 퍼질 수 있는 기회가 적으며 모수와 가까운 곳에 남게되어 종종 심각한 광경쟁을 하게 된다.

상당한 양의 에너지저장은 그들이 비효율적인 산과체계를 갖고 있음에도 불구하고 생존할 수 있도록 해준다.

(3) 음수와 양수

음수와 양수의 구분은 비음된 조건에서 생육이 좋고 나쁨을 말하는 것이 아니라 음지에서 견디는 능력, 즉 내음성이 아주 강한 수종을 음수, 보통을 중용수, 아주 약한 수종을 양수라 한다.

(가) 음수 광보상점과 포광포화점이 양수보다는 낮아 낮은 광조건하에서도 광합성을 효율적으로 수행한다. 그러므로 음수는 하층식생으로서 오랫동안 자랄 수 있고 주위의 경쟁목이 제거되면 즉시수고 성장과 직경생장이 촉진되며, 자연낙지가 잘 안 되어 지하고가 낮은 특성이 있다.

(나) 양수 양수는 음수와는 반대로 광보상점과 광포화점이 높아 낮은 광도보다는 높은 광도에서 광합성효율이 높다. 또한 아랫부분의 가지가 자연고사 또는 낙지가 되기 쉬우며 피압으로 인한 피해가 심하게 나타난다.

(다) 수종별 내음성

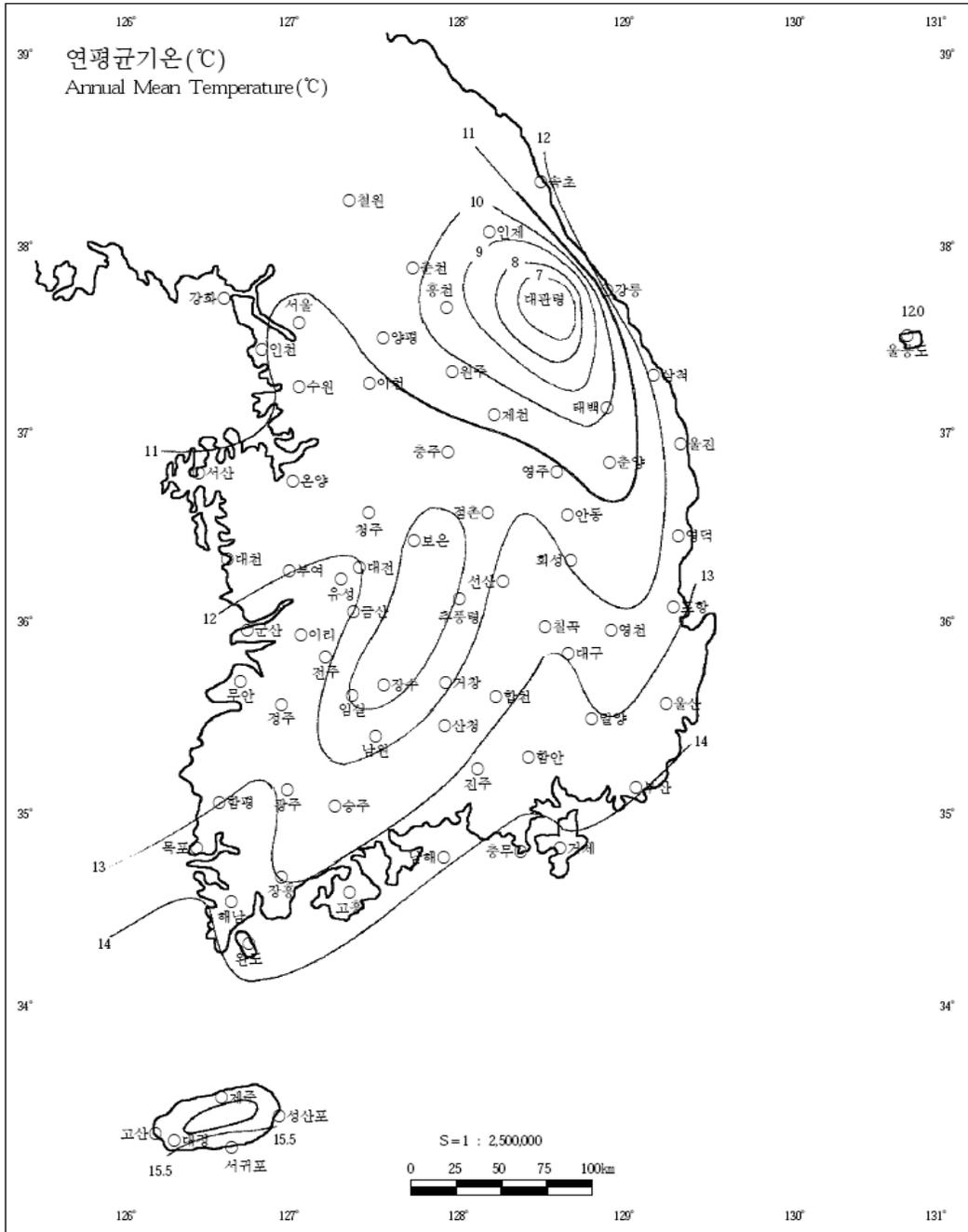
- ① 극음수 : 주목, 개비자나무, 나한백, 사철나무, 회양목, 굴거리나무
- ② 음수 : 전나무, 가문비나무, 솔송나무, 너도밤나무, 서어나무류, 함박꽃나무, 칠엽수, 녹나무, 단풍나무류
- ③ 중용수 : 잣나무류, 편백, 느릅나무류, 참나무류, 은단풍, 목련류, 동백나무류, 물푸레나무, 산초나무, 층층나무, 철쭉류, 피나무, 팽나무, 굴피나무, 벗나무류
- ④ 양수 : 은행나무, 소나무류, 측백나무, 향나무, 낙우송, 밤나무, 오리나무, 버즘나무
- ⑤ 극양수 : 방크스소나무, 왕솔나무, 잎갈나무, 연필향나무, 버드나무, 자작나무, 포플러

2.1.4.3. 기온

온도의 단위로는 섭씨온도 (Celsius temperature, °C), 화씨온도 (Fahrenheit temperature, °F) 및 절대온도 (Kelvin temperature, °K)가 있다. 각 단위들간의 환산식은 다음과 같다. $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$, $^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$ 우리나라의 연평균 기온의 분포는 그림 1-2-15와 같다.

가. 온도와 식물분포

온도는 수분과 함께 식물의 분포에 크게 영향을 미친다. 식물의 분포와 밀접한 영향이 있는 기온관련 지수들로는 연평균 기온, 온량지수, 한량지수, 일생육적산온도 등이 있다. 그리고 분포의 북한계선은 겨울철 최저온도가 중요한 역할을 한다. 온량지수(溫量指數, warmth index)는 월평균 기온이 5°C 이상인 월에 대하여 5°C를 감한 수치를 합하여 계산한다. 한량지수(寒量指數, coldness index)는 월평균 기온이 5°C 이하인 월에 대하여 5°C를 감한 수치를 합하여 계산한다. 일생육적산온도(crowing degree days)는 일평균 기온이 5°C 이상인 날에 대하여 5°C를 감한 수치를 합하여 계산한다.



<그림 1-2-15> 우리나라의 연평균기온(°C) 분포도

<표 1-2-5> 측후소별 연평균 기온, 온량지수, 한량지수, 생육적산온도(단위 : °C)

측후소	연평균 기온	온량 지수	한량 지수	일생육 적산온도	측후소	연평균 기온	온량 지수	한량 지수	일생육 적산온도
속 초	11.91	95.1	-12.6	2394	제 천	10.13	89.7	-28.7	2781
대관령	6.36	59.5	-43.6	1836	충 주	11.14	97.0	-24.6	3018
춘 천	10.68	93.5	-22.0	2921	보 은	10.64	91.1	-23.8	2831
강 룡	12.57	102.1	-11.8	3145	온 양	11.48	98.1	-20.6	3028
서 울	11.84	102.2	-20.4	3162	유 성	11.85	100.3	-18.7	3118
인 천	11.42	97.0	-20.4	2988	대 천	11.94	98.7	-15.8	3040
원 주	10.53	92.9	-27.4	2881	부 여	11.88	99.7	-17.7	3086
울릉도	12.06	94.0	-9.6	2894	금 산	11.43	96.9	-20.1	3005
수 원	11.14	96.3	-23.2	2984	이 리	12.26	1024	-15.6	3157
서 산	11.63	97.4	-18.2	3001	부 안	12.26	101.1	-14.4	3119
울 진	12.40	97.6	-9.3	3003	임 실	10.82	91.1	-21.9	2824
청 주	11.63	99.5	-21.0	3108	정 주	12.67	105.6	-13.8	3250
대 전	12.09	102.2	-17.5	3166	남 원	12.23	102.4	-16.1	3163
추풍령	11.57	97.2	-18.9	3004	함 평	12.68	103.5	-11.8	3188
포 향	13.48	109.3	-8.5	3363	승 주	12.42	102.1	-13.5	3143
군 산	12.49	102.9	-13.5	3191	장 흥	12.83	104.4	-10.9	3207
대 구	13.29	111.5	-12.6	3423	해 남	13.29	107.3	-8.9	3307
전 주	12.90	108.4	-14.0	3340	고 흥	13.57	110.5	-8.2	3389
울 산	13.49	109.4	-8.0	3350	성산포	15.17	122.0	-0.2	3739
광 주	13.25	109.8	-11.4	3374	대 정	15.28	123.1	-0.0	3777
부 산	14.13	113.3	-4.1	3485	칠 곡	12.29	103.0	-15.9	3176
충 무	14.11	112.9	-4.1	3477	영 주	10.93	93.5	-22.0	2904
목 포	13.63	110.7	-7.4	3403	점 촌	12.06	101.5	-17.2	3138
여 수	13.88	112.4	-6.2	3452	영 덕	12.67	102.1	-10.4	3131
완 도	13.93	110.8	-4.1	3414	의 성	11.15	94.6	-22.0	2973
제 주	15.31	123.33	0.0	3782	선 산	11.96	100.2	-17.1	3098
서귀포	15.90	130.4	0.0	3990	영 천	12.22	101.1	-15.1	3123
진 주	13.02	107.3	-11.4	3289	거 창	11.43	93.9	-17.2	2917
강 화	10.82	93.1	-23.7	2887	함 천	12.68	105.5	-13.9	3247
양 평	10.62	93.6	-26.7	2907	밀 양	12.89	107.2	-12.5	3290
이 천	11.05	95.8	-23.7	2987	산 청	12.73	104.5	-12.1	3209
인 제	9.84	86.1	-28.4	2665	함 안	12.60	105.9	-15.2	3263
홍 천	10.03	90.0	-30.1	2782	거 제	13.82	111.5	-6.1	3422
삼 척	12.21	97.2	-112	2993	남 해	13.91	113.3	-6.9	3476

자료 : 연평균기온은 기상청(1991) 자료이고 나머지는 본문에서와 같은 방법으로 계산됨.

<표 1-2-6> 수종별 온량지수 및 일생육적산온도 분포 범위(단위 : °C)

수 종	온량지수		일생육적산온도		수 종	온량지수		일생육적산온도	
	최저	최고	최저	최고		최저	최고	최저	최고
눈잣나무	11	56	339	1,727	쇠물푸레	47	122	1,449	3,762
분비나무	14	75	432	2,313	소나무	30	122	925	3,762
고채목	8	121	247	3,731	생강나무	47	127	1,449	3,916
가문비나무	18	79	555	2,436	졸참나무	40	122	1,234	3,762
설악눈주목	13	90	401	2,775	쪽동백	40	121	1,234	3,731
잣나무	21	121	648	3,731	서어나무	41	121	1,264	3,731
호랑버들	19	100	586	3,084	버드나무	45	111	1,388	3,423
물박달나무	25	102	771	3,145	말채나무	46	112	1,419	3,454
신갈나무	18	111	555	3,423	굴피나무	62	123	1,912	3,793
개박달나무	30	97	925	2,991	비목나무	46	121	1,419	3,731
고로쇠나무	28	121	863	3,731	갈참나무	50	121	1,542	3,731
미역줄나무	11	112	339	3,454	팽나무	46	127	1,419	3,916
귀룽나무	24	100	740	3,084	밤나무	62	122	1,912	3,762
박달나무	23	98	109	3,022	소태나무	47	122	1,449	3,454
다릅나무	30	112	925	3,454	떡갈나무	50	123	1,542	3,793
오갈피나무	30	111	925	3,423	느티나무	63	123	1,943	3,793
가래나무	41	98	1,264	3,022	노간주나무	41	112	1,264	3,454
물푸레나무	20	121	617	3,731	작살나무	47	122	1,449	3,762
난티나무	30	98	925	3,022	개서어나무	47	122	1,449	3,762
산돌배	30	99	925	3,053	굴참나무	58	122	1,789	3,762
까치박달	40	121	1,234	3,731	왕대	72	121	2,220	3,731
느릅나무	37	112	1,141	3,454	상수리나무	58	112	1,789	3,454
함박꽃나무	45	110	1,388	3,392	해송	67	123	2,066	3,793
층층나무	45	114	1,388	3,516	동백나무	68	125	2,097	3,855

자료 : 온량지수는 임양재(1977)의 자료이고, 일생육적산온도는 온량지수에서 환산한 분포범위임, 환산식은 $GDD = 30.838 \times WI$ 임.

나. 산림과 기온변화

산림에서는 낮에는 햇빛을 차단하여 숲내의 공기를 서늘하게하고, 야간에는 지온의 복사를 방지하여 숲내기온의 저하를 다소 감소시킨다. 일반적으로 숲내는 숲외보다 다소 기온이 낮고 그 편차는 주간이 야간보다 크다. 숲내외의 기온차이는 계절별 및 높이별로도 다르게 나타나는데 주간에 숲바닥쪽으로 갈수록 겨울에는 따뜻하고, 여름에는 서늘한 경향이 있다.

2.1.4.4. 수분

수분은 온도와 함께 식물의 분포를 좌우하는 중요한 환경요소이다. 임목의 성장과 관련되는 수분의 인자를 강수량과 공중습도로 나타낼 수 있는데, 우리나라에서 연강수량 분포를 그림 1-2-16에, 연평균 상대습도 분포를 그림 1-2-17에 나타내었다.

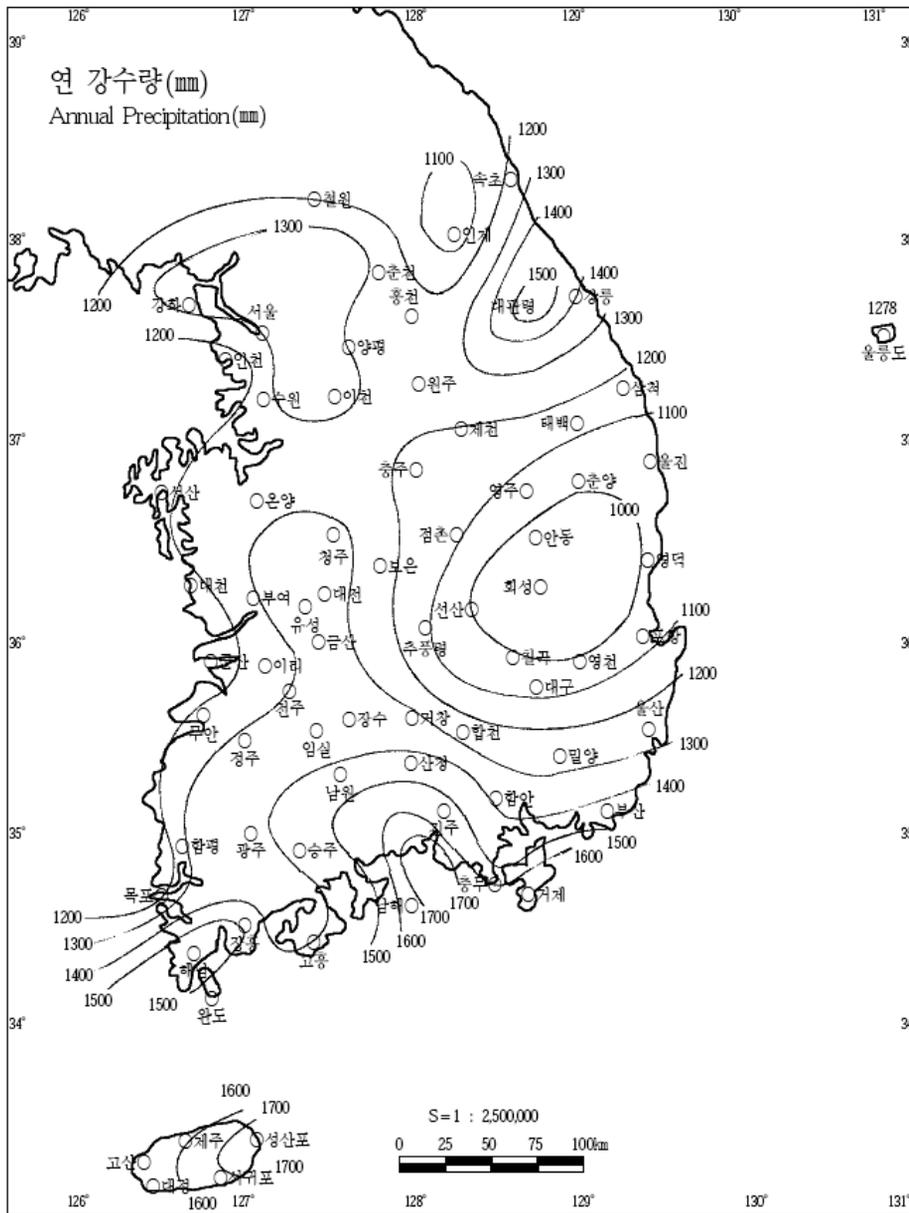
가. 공중습도

(1) 절대습도

공기 1m³에 함유된 수증기량을 실중량(g)으로 표시한 것이다.

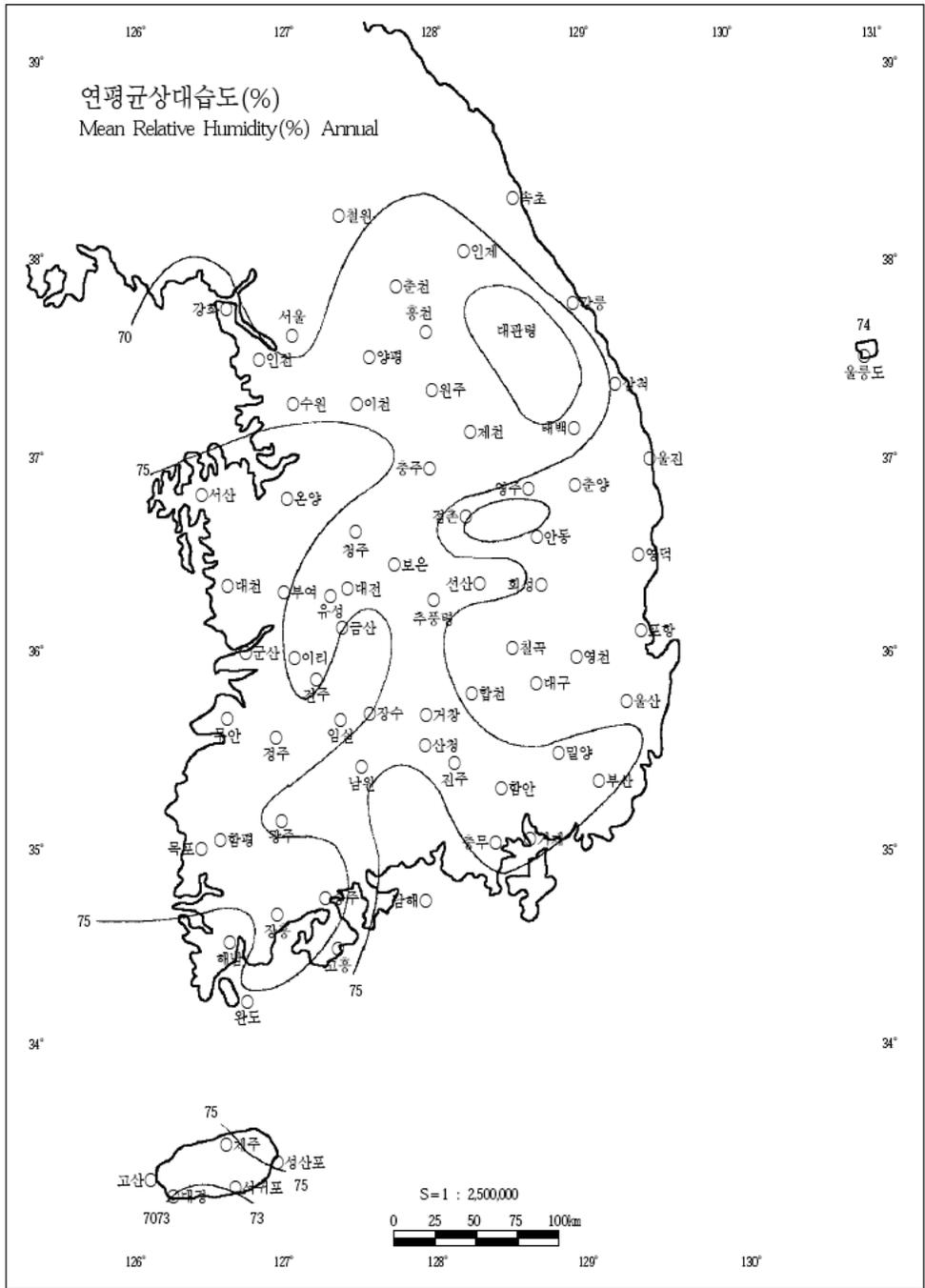
(2) 상대습도

어떤 습도에 있어서의 공기중에 현존하는 수증기량과 그 공기를 포화시키는데 필요한 수증기량을 대비하여 백분율(%)로 표시한 것이며 임목생장에는 더욱 중요한 영향을 준다.



<그림 1-2-16> 우리나라의 연강수량(mm) 분포도

자료 : 기상청 1991, 1961년에서 1990년까지의 평년값으로 나타낸 것임.



<그림 1-2-17> 우리나라의 연평균상대습도(%) 분포도
 자료 : 기상청 1991, 1961년에서 1990년까지의 평년값으로 나타낸 것임.

나. 토양수

토양수는 토양입자에 끌리는 힘에 따라 결합수, 모세관수, 중력수 등으로 구분할 수 있는데 이를 표 1-2-7에 나타내었다.

<표 1-2-7> 토양수의 흡착력에 의한 토양수의 구분

단위수주의 높이 (cm, mbar)	압력 (bar)	수주의 log (pF)	토양수의 구분	식물의 생육면으로 본 토양수의 구분	물이 차지한 공극량 (약%)
1	0.001	0	최대용수량		100
10	0.01	1	()		
100	0.1	2	()		
346	1/3	2.54	포장용수량	↑	50
501	0.5	2.7	수분당량 수관난동점	()	
1,000	1	3	()	↑	
10,000	10	4	()	↑	
15,849	15	4.18	위조점	↑	25
31,632	31	4.50	흡습계점	↓	15
100,000	100	5		↓	
1,000,000	1,000	6		↓	
10,000,000	10,000	7	화합수	↓	0

2.1.4.5. 바람

가. 바람의 영향

바람은 태양에너지가 열에너지를 거쳐 운동에너지로 바뀐 형태로서, 태양에너지로 지구표면의 온도가 서로 다르게 더워짐에 따라 생기는 공기의 운동현상이다. 바람이 식물에 미치는 영향은 다양하게 나타나며, 풍속에 따라 그 정도가 달라진다. 식물의 생리작용에 미치는 영향으로는 증산작용을 촉진시키고, 잎의 온도를 낮추어주며 이산화탄소의 원활한 공급을 도와준다. 추운 곳에서의 바람은 냉해를 촉진시키기도 한다. 그 외에도 꽃가루와 작은 종자 또는 종모가 달린 종자를 멀리 보내는 역할을 하는데 비산 거리가 수백 km까지도 달한다. 숲에서의 풍속은 나무의 종류, 높이, 밀도, 지형 및 경사 등에 따라 달라지고, 표 1-2-8에서와 같이 임지의 상태에 따라서도 크게 달라진다.

<표 1-2-8> 임지의 상태별 풍속

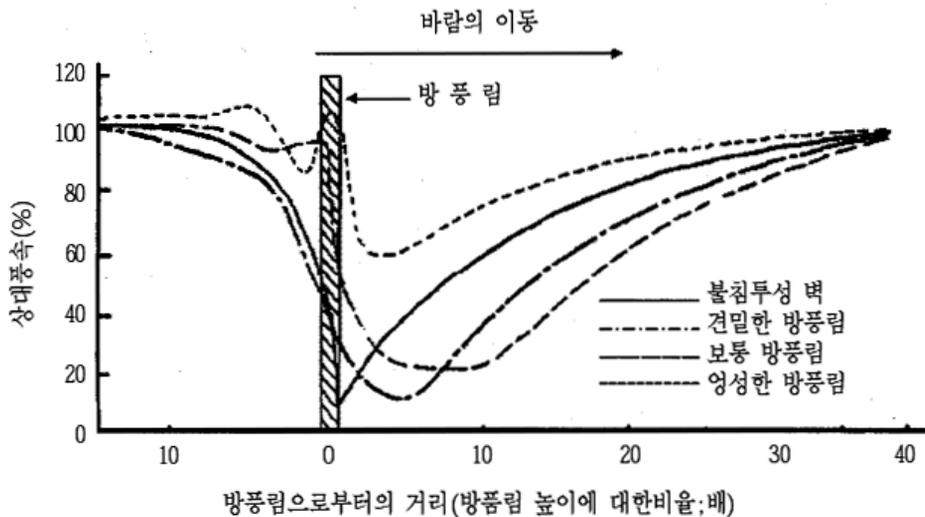
임 지 별	연평균 풍속 (m/h)	나지에 대한 비율(%)	
		연평균	생육기간
개 별 지	2.3	100	100
산별 25%잔존	2.0	89	75
택별 35%잔존	1.4	63	54
미 별 채	0.9	40	33

자료 : 임업기술, 1981

바람이 심한 지역에서는 나무가 깃발처럼 주풍방향의 반대방향쪽으로만 가지가 자라는 기형적 성장을 유도하기도 하고 줄기의 연륜성장도 같은 경향을 보인다.

나. 숲의 방풍작용

숲에서는 풍속이 완화되고 공중습도도 보존하는데 숲의 상태에 따라 그 효과는 크게 다르며 그 관계는 그림 2-1-18과 같다. 방풍림과 같은 통풍성이 있는 수림대와 통풍성이 없는 수림대보다 방풍효과는 떨어지지만 바람 반대편에서의 동요가 적고 더 먼거리까지 풍속이 감소된다. 방풍림은 바람에 의한 토양침식을 방지하여 안정화시키며, 경작지의 증발산량이 감소하고 토양온도가 상승함으로써 작물의 증수가 가능하며 해안에서는 염분의 농도도 감소시켜 준다.



<그림 1-2-18> 통기성이 있는 수림대와 통기성이 없는 수림대에서 바람의 변화

다. 풍해

풍해는 바람에 의하여 가지나 잎이 떨어져 나가거나 수간이 부러지거나 뿌리째 뽑히는 풍도 현상 등 물리적 및 생리적 피해를 말한다. 풍해는 활엽수보다 침엽수가 더 심하게 나타나고, 엽량이 많고 천근성 수종이며 줄기가 약한 가문비나무류와 전나무류 및 잣나무류가 특히 심하다.

2.1.4.6. 산악기상

산악기상은 지형의 차 또는 산림 내외의 조건에 따라 국소적으로 많은 차이가 있다.

가. 기온

기온은 표고, 하천, 호소의 유무 또는 계곡 등 지형에 따라 차이가 심하다. 기온변화율은 기온의 고도에 따른 변화율을 말하며 그 평균치는 고도 100m당 약 0.5℃이다. 이 변화율은 시간에 따라 크게 변동된다. 지표면 부근에서는 일조시간 동안의 태양 복사열에 의한 가열 때문에 온도 변화율이 대단히 크나 밤에는 냉각되므로 온도 변화율이 크게 떨어진다. 고도가 높아짐에 따라 대기압은 낮아지므로 단위질량의 공기가 차지하는 용적은 더 커지며 주위 공기가 건조하면 온도가 더 낮아진다. 이 온도 변화율을 건조단열 온도 변화율이라고 한다. 만약 공기가 상승했을 때 주위 공기가 습윤할 경우에는 용적 증가와 더불어 냉각이 일어나 공기가 함유하고 있는 수증기는 응축하게 되며 이 때 방출되는 응축열은 건조한 공기일 때처럼 빨리 냉각하지 못하게 한다. 이 때의 온도 변화율을 포화단열 온도 변화율이 하며 고도 약 300m당 약 1.7℃이다. 이와 반대로 아래가 차고 위가 따뜻한 경우를 온도역전현상이라고 한다. 이 현상은 야간에 지표면으로부터 열의 재복사에 의한 소실이 급격하게 발생하고 바로 그 위에 있는 기층은 재복사의 열을 간직하여 온도가 더 높아져 일어난다.

산악지형에서는 온도역전현상이 대규모로 발생한다. 높은 곳의 밀도가 높은 냉각된 공기는 밤에 따뜻한 공기가 있는 아래쪽으로 흘러내려서 그 밑쪽으로 들어간다. 이와 같은 냉대기는 밤에 계속 진행되어 그 높이가 증가되고, 바로 위에 있는 기층보다 온도가 더 낮아져 따뜻한 기층이 냉각된 두 기층사이에 위치하게 된다. 산악의 꼭간지대에 있어서 따뜻한 기층이 자리잡고 있는 경사면을 수열지대(受熱地帶)라고 한다.

나. 바람

일반적으로 풍속은 표고가 높아짐에 따라 빨라진다. 산지에서 표고에 따라 풍속이 증가하는 것은 풍속이 고도에 따라 강해지기도 하지만 산을 넘는 기류가 모여들기 때문이기도 하다. 지면부근의 수목이나 건물 혹은 기타 장애물에 의한 마찰 때문에 대기권의 하층부에 있어서의 풍속은 어느정도 감속되며 풍향도 영향을 받는다. 지면부근의 풍속은 마찰층 상부 풍속의 약 40%정도이다. 고도의 증가와 풍속간의 관계는 다음과 같은 경험공식으로 표시된다. 식에서 V 는 지면으로부터 고도 Z 에 있는 지점의 풍속이며 V_0 는 고도 Z_0 에 있는 풍속계에 의해 측정되는 풍속이고 k 는 보통 $1/2 \sim 1/6$ 의 값을 가지는 상수이다.

다. 강수량

강수의 형태 및 양은 기온뿐만 아니라 고도에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 기온은 고도가 올라 갈 수록 낮아지며 이러한 관계는 응축되는 수분의 양에 영향을 미친다. 기압이 낮을 때는 주어진 온도에서 대기가 더 많은 수분을 함유할 수 있기 때문에 이러한 상태에서는 강수에 이용될 수 있는 수분이 더 많아진다. 일반적으로 평균 강수량은 고도가 높아질수록 증가하는데 이를 산악효과(orographic effect)라고 한다. 산악효과에 의한 강수량의 증가율은 지역에 따라 차이가 나며 열대지방에서는 반대의 경향이 나타나기도 한다. 산악효과는 수평으로 이동하는 공기가 지형적 장벽에 부딪혀 상승하면서 냉각되어 발생한다. 냉각되는 정도는 풍속, 지형의 방향, 경사도 그리고 표고에 따라 다르다.

연구신서 제 8 호

숲가꾸기 표준 교재 전자책

- I. 산림일반 -

2007 년 5 월 일 인쇄
2007 년 5 월 일 발행

발행인 : 정 광 수
제작처 : 고객지원과

발행처 : 국립산림과학원
서울특별시 동대문구 청량리2동 207
전화 : (02) 9612-592
F A X : (02) 967-5101
인쇄 : 웃고문화사 ☎ (02)2267-3956

■ 종이도 나무에서 나옵니다 <비매품>

ISBN 89-8176-244-9 93520
ISBN 89-8176-243-6 (전8권)