

## 단원의 개관

### I. 21세기의 환경문제와 기후변화

**제1장 21세기의 환경문제**에서는 화석연료의 과도한 사용으로 인한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 급격한 배출량으로 대기권에 체류하는 에너지가 증가해 기온이 크게 상승하여 지구온난화 현상, 수자원에 대한 부실한 관리로 세계적으로 심각한 물 부족이 인간의 생존마저 위협하는 물 부족현상, 2009년 세계 인구는 68억 3천명으로 인구의 폭발적인 인구증가는 환경의 질적 저하와 자원 소비에 의한 환경파괴, 그리고 오존층 파괴에 따른 환경 문제, 줄어드는 산림과 농경지 면적이 감소에 따른 환경문제 등에 대하여 기술하였다.

**제2장 기후변화와 대응방안**에서는 기후변화와 저탄소·녹색성장의 의미를 설명하였으며, 기후변화의 현황, 기후변화의 자연적 요인과 인위적 요인에는 어떤 것이 있는지를 설명하였다.

그리고 기후변화로 인한 우리나라의 영향과 피해에 대하여 기술하였으며 기후변화로 인한 생태계 변화의 예를 설명하였으며 기후변화의 대응방안과 일반시민의 역할을 제시하였다.



## 1-1. 기후변화와 지구온난화

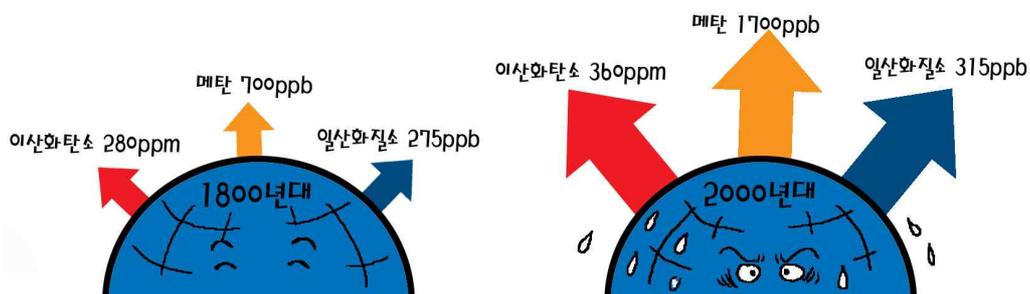
## 1. 기후변화와 온실기체

지구온난화(global warming)를 초래하여 대기 중 온실효과를 유발시키는 기체로는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 일산화이질소(N<sub>2</sub>O) 염화불화탄소(CFCs) 등이 있다. 기후변화란 이러한 기체들이 산업혁명 이래 화석 연료(석탄, 석유, 가스)의 연소, 산림 파괴 등 인간의 여러 활동에 기인하여 대기권에 체류하는 에너지가 증가해 기온이 크게 상승하여 지구온난화 현상을 초래하게 되어 기후가 변화하게 된 것을 말한다. 기후변화는 지구온난화 현상으로 인하여 나타나고 있는데 이는 온실효과를 유발시키는 기체들의 증가 때문이다. 이 증가 속도는 최근 100년 동안 전례가 없는 속도로 빠르게 나타났다.

온실효과로 인하여 지구온난화의 지표인 지구표면온도는 지난 100년동안(1906~2005) 0.74±0.18℃ 상승하였다. 이러한 기온 상승은 우리나라가 속해 있는 북반구 고위도로 갈수록 더 크게 나타나고 있다.

지구온난화 현상은 그 원인이 자연계에 존재하는 대표적인 온실효과를 유발시키는 기체들인데 이들은 태양에서 오는 가시광선 영역(400~800 nm)의 태양에너지를 잘 통과 시키고 지구에서 방출되는 열적외선 영역(4~50 μm)의 지구 복사 에너지를 흡수하여 지구의 온도를 어느 정도 적당하게 유지시켜 생물들이 생육하는데 알맞은 환경을 만들어 왔다.

그런데 대기 중에 온실효과를 유발시키는 기체가 많이 존재하게 되면 태양광선 중의 적외선의 적외방사를 흡수해 버림으로써 대기권에 체류하는 에너지가 증가해 기온이 상승하여 지구온난화 현상을 초래하게 된다. 이와 같은 기체의 효과는 온실의 유리나 투명한 비닐(플라스틱)과 비슷한 역할을 하기 때문에 이러한 효과를 나타내는 것에 대하여 온실기체라는 이름이 붙은 것이다.



## 2. 지구온난화로 인한 환경 피해

지구온난화는 자연 생태계의 변화 뿐만 아니라 사회·경제적인 차원에서 농업, 임업, 축산, 어업 등 산업 활동 전반과 인간의 건강 및 주거 생활환경에 이르기까지 광범위한 영향을 미치게 되어 여러 가지 현상들이 나타나고 있다. 지구온난화로 인한 기후 변화가 일어나는 물리적 환경 변화로 사막화 현상, 강수량의 증가와 가뭄, 국지적 강수량의 불균형 분포, 해수 온도와 해수면의 상승, 지진의 잦은 발생, 무더위 등이 있으며, 이로 인해 지역에 따라 다양한 자연 재해가 발생할 수 있다.

또한 지구의 온도가 높아지면서 극지방의 빙산이 녹아 해수면이 최소 10cm에서 최대 2m까지 상승하여 낮은 지대의 도시와 섬들이 침수하고, 농경지의 감소, 해안선의 변화 등이 일어나 수자원 관리에 많은 문제점이 발생하게 된다.

그 외에도 미생물 활동이 활발해짐에 따라 병충해의 피해가 크게 늘고 농작물 수확이 줄어들게 된다. 그리고 강수량과 수분증발량을 변화시켜서 이상기후가 발생하게 되며, 이 또한 생태계 변화가 일어나는 원인이 된다. 이러한 추세가 100년 간 지속된다면 지구의 평균기온은 0.74℃ 상승하게 되고 해수면이 0.5m에서 최고 2.0m까지 높아져 적어도 10억 명 이상의 환경 난민이 발생할 수 있다.



(초지)



(허브)



(하르간)



(가시풀)



(억새)



(모래언덕)

[사막화의 진행과정]

## 1-2. 물 부족과 환경문제

물은 우리에게 가장 친숙한 지구 자원 중 하나이다. 물은 액체의 형태로 육지의 강·저수지·호수와 넓은 바다를, 가스의 형태로 푸른 하늘의 빈 공간을, 고체의 형태로 극지방·산악지대 그리고 겨울철 우리 주변을 둘러 싸고 있다. 또한 물은 우리의 몸·산과 들의 모든 식물에도 있고 보이지 않는 땅 밑에도 있다. 우리가 바다에 나가보면 주변에 물만큼 흔한 것이 없는 것 같다. 하지만 우리가 쓸 수 있는 물은 단 0.0086% 뿐이다.

지구의 표면은 70% 정도가 물로 덮여 있다. 지구에 있는 물의 양은 1,386백만 $\text{km}^3$  정도로 추정되고 있으며, 이중 바닷물이 1,351백만 $\text{km}^3$ (97.5%)이다. 그러나 바닷물은 염분이 많아 사용할 수가 없다. 또한 나머지 민물이 2.5%이지만 이 물을 모두 그대로 사용할 수 있는 것은 아니다. 이 중 1.76%는 남극이나 북극 지역의 빙하 또는 고산지대의 만년설 형태이고 0.76%는 지하수로 존재하고 있으며, 단지 0.0086% 만이 하천이나 호수에 존재한다. 결국 우리가 쓸 수 있는 하천이나 호수에 있는 물은 지구에 있는 총 물량의 오직 0.0086% 뿐이다. 지구촌 60억 인구가 지구 수자원의 0.0086% 만큼만 존재하는 희소하고 귀중한 물을 먹고, 쓰고, 버리고 있다.

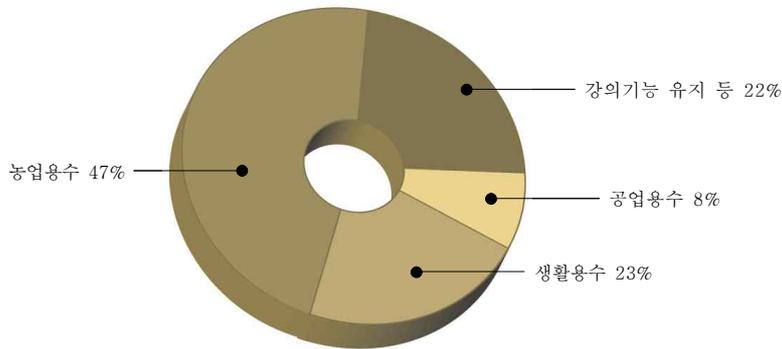
수자원 분포현황을 살펴보면 사람이 사용하는 담수호의 물과 하천수는 약 9만 $\text{km}^3$ 에 불과하여 이는 전세계 물 총량의 2.5%정도 밖에 안되는 담수 중에서도 약 0.26%에 불과하다. 만약 이것으로 지구 표면을 덮는다면 농구선수 키 정도인 1.82m 깊이에 해당하며 전세계의 물을 5 $\ell$  용기에 담는다고 가정하면 이용가능한 담수는 찻숟가락 하나 분 정도에 해당하는 양이다.

미국 CIA는 'Global Trends 2015'에서 2015년경 세계인구 절반이 넘는 30억 명 이상이 물 부족 상태에 이르게 될 것으로 보고하고 있으며, UN산하 국제기후변화회의의 2001년은 보고서에서는 "21세기 지구는 고온·가뭄·홍수 등 이상기후변화와 인구증가로 인해 가까운 장래에 극심한 물 부족에 직면할 것"으로 전망하고 있다. 또한 UN 조사에 따르면 세계 인구의 약 1/5에 달하는 12억 명이 안전한 음용수(Safe Drinking Water) 부족 현상을 겪고 있으며, 이보다 두 배나 많은 24억 명이 하수도시설이 없는 상태에서 물을 마시고 있는 것으로 나타났다.

이러한 수자원에 대한 부실한 관리로 매년 전 세계 인구 중, 3백만 명 이상이 비위생적인 물로 인해 목숨을 잃고 있는 상황이다. 세계적으로 심각한 물 부족이 인간의 생존마저 위협

하고 있는 것이다. 먼 미래 일이라고만 여겼던 물 부족사태가 더 이상 미래의 일이 아닌 현실적인 문제로 부각되고 있다. 수자원 전문가들은 특히, 물은 대체재가 전혀 없어 물 파동은 상상조차 할 수 없는 재앙을 가져올 것이라고 경고하고 있다.

우리나라의 경우를 살펴보면 전체 사용량 중 가정에서 사용하는 물의 양은 그리 많지 않다. 아래의 그림에서 보듯이, 우리나라에서는 1년간 사용하는 수자원의 총량은 1,240억 m<sup>3</sup>/년으로 그 중에서 47%가 농업 용수로 쓰이고, 공업 용수로 8%가 쓰인다. 그리고 가정에서 사용하는 물이나 사회에서 공공의 목적으로 사용하는 생활 용수의 양은 모두 합쳐서 23%이고 나머지 22%는 강의 기능 유지 등에 쓰인다.



[우리나라의 분야별 물 사용량(자료: 2009, 수자원공사)]

이러한 상황에서 우리나라 국민 1인당 물 사용량이 늘면서 연평균 1.6% 씩 물 수요가 증가하고 있으나 공급은 이를 따라가지 못하고 있기 때문에 향후 몇 년내에 우리나라도 물 부족 현상이 나타나기 시작하게 된다. 아래의 표는 전국 물 부족 예상량을 나타내었다.

<전국 물부족 예상량>

전국 물부족 예상량(2011년 기준)	3.4	억 m <sup>3</sup> /년	2007년
전국 물부족 예상량(2020년 기준)	4.3	억 m <sup>3</sup> /년	2007년

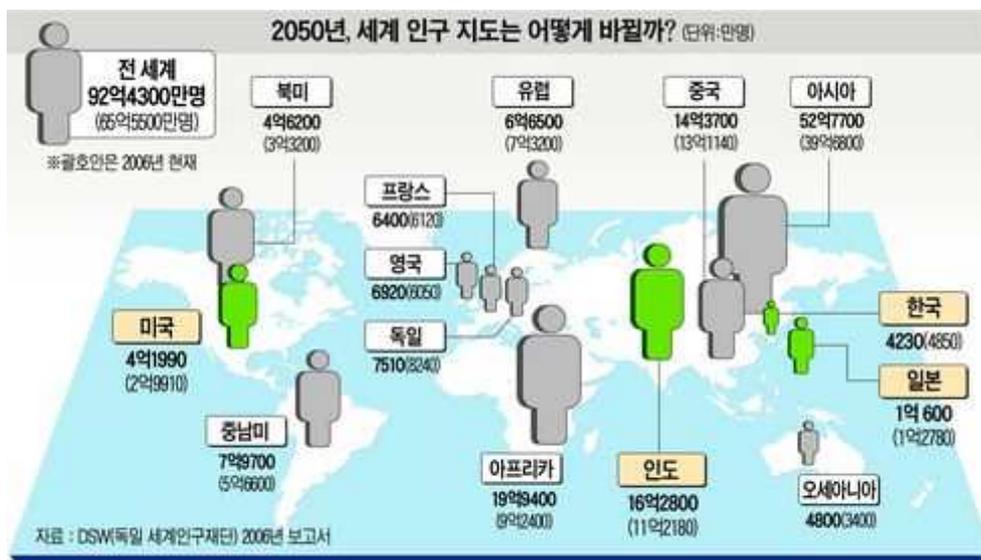
자료: 2009, 수자원공사

이러한 물 부족의 원인은 첫째, 사용 가능한 청정수가 전체 수자원의 0.0086%에 불과하고 둘째, 인구 증가 및 경제 개발에 따라 전세계적으로 물 소비량이 급증하는 추세이고 셋째, 산림 파괴에 따라 수원(水源)이 고갈되기 때문이다.

1-3. 인구증가와 환경문제

아시아와 아프리카 대륙의 인구 증가는 폭발적이다. 독일 하노버에 본부를 둔 독일 세계 인구재단(DSW)은 ‘세계 인구 증가의 98%가 개발도상에서 일어나고 있다’고 밝혔다. 세계 인구의 60%를 차지하는 아시아는 2050년에도 여전히 북적대는 대륙이 될 것으로 추정하고 있다. 현재 40억 명에 육박하는 아시아 인구가 금세기 중반이면 50억 명을 넘어설 전망이다. 특히 현재 2위인 인도는 2050년에 16억 2800만명으로 1위가 될 것으로 이 재단은 내다보고 있다.

또한 이 재단의 ‘2006년 인구보고서’에서는 세계 인구가 매년 8000만 명씩 증가하고 있다고 밝혔다. 이 추세대로라면 2006년 현재 65억 5000만 명인 세계 인구는 2025년에 79억 4000만 명, 2050년에 92억 4300만 명으로 늘어날 것이라는 전망이 나왔다.



또한 2009년 7월 통계청은 ‘세계 인구의 날(매년 7월11일)’을 맞아 이런 내용을 담은 ‘세계 및 한국의 인구현황’ 자료를 발표했다. 자료에 따르면, 2009년 현재 세계 인구는 68억 3천만명으로 집계됐고, 대륙별로는 아시아 인구가 41억 3천만명으로 세계인구의 60.3%를 차지하고 있으며, 국가별로는 중국이 13억 5천만명으로 1위를 차지했고, 이어 인도와 미국, 인도네시아, 브라질, 파키스탄 등의 순으로 나타났다.

우리나라는 4천9백만명으로 26위로 나타났지만, 남북한을 합할 경우에는 7천3백만명(북

한 2천4백만명)으로 19위로 나타났다.

이러한 인구의 증가는 여러가지 환경문제를 초래할 것이다. 오늘날의 세계는 급격하게 늘어나는 인구의 증가로 한정된 자원을 고갈시킬 뿐만 아니라 식량 소비의 증가, 식량을 생산하기 위한 농경지의 개발, 산업시설의 확장과 도시화 그리고 극심한 교통량의 증가 등으로 환경을 오염시키고 있다. 한정된 국토는 더 많은 인구에 의해 나누어지기 때문에 1인당 경작하는 면적이 줄어들게 될 것이며, 인구증가로 인한 주택건설에 필요한 엄청난 크기의 토지들은 주거공간 요구로 인해 경작지의 주거 전용의 압박이 커지게 된다.

또한 인간이 환경에 미치는 영향의 요인으로는 인구 1인당 사용하는 자원의 평균 용량 또는 풍요도, 환경의 질적 저하와 자원 이용에 의한 오염량의 합계, 또는 공업기술과 자원 소비에 의한 환경파괴 등이 있을 수 있다. 인간이 지구환경에 미치는 영향은 이 세 요인의 곱에 의해 결정된다.

$$\text{인간이 환경에 미치는 영향} = \text{인구} \times \text{자원풍요도} \times \text{환경파괴}$$

지속적인 인구증가 및 인구 1인당 자원 소모량의 증가로 인해 재생 가능한 자원을 재생 불가능한 자원으로 변화 시킬 수 있다. 환경 문제의 주요 유형에는 생산적인 토지의 도시화, 토양의 염화 및 침수, 습지 파괴, 산림벌채, 지하수 고갈, 대기와 해양의 오염, 가축의 과잉 방목, 서식지와 생물종의 파괴에 의한 생물다양성 감소 등이 있다.

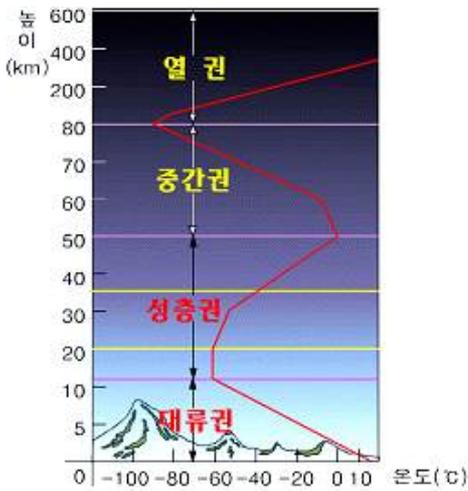
인간활동에 의해 배출된 여러가지 화학물질에 의해 대기, 물, 생물 등이 오염되면 이러한 물질들이 인간사회에 직접적, 간접적인 형태로 되돌아 온다. 이를 지구환경문제라고 하며 이는 극히 최근에 현실화되고 있다.

지속적인 인구증가 및 인구 1인당 이용 자원의 증가는 아래 그림과 같은 문제점을 심화시킬 수 있다.



[인구증가로 인한 환경 문제]

1-4. 오존층 파괴와 환경문제



[대기권의 분류]

오존(Ozone: O<sub>3</sub>)의 어원은 ‘냄새가 난다’는 뜻의 그리스어 ‘오제인(ozein)’이라는 어원에서 유래하였다. 산소 원자 3개로 이루어진 분자로 분자량 48, 비중 1.67이며, 연한 푸른색, 툭 쏘는 특유한 냄새가 나는 기체로서 산화력이 강하다. 공기가 존재하는 지상 100km까지를 대기권이라 하며 구성 성분과 온도 변화 등에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 나눈다. 성층권에서는 오존이 생성되며, 성층권의 아래쪽과 중간 위치인 20~35km 사이에 존재하는 오존층은 생물체의 생존에 위협을 주는 자외선을 차단해 준다.

자외선은 장파장 자외선(UV-A 320~400nm), 중파장 자외선(UV-B 280~320nm), 단파장 자외선(UV-C 280nm 이하)의 세 종류가 있는데 장파장 자외선은 세기는 약하지만 깊게 침투하고, 중파장 자외선은 중간 세기로 피부암이나 백내장, 면역기능 감소 등과 같은 심각한 인체 건강 문제를 유발할 뿐만 아니라 지구 생태계에 많은 문제를 일으키는 자외선 형태이다. 단파장 자외선은 세기가 강하므로 생물의 유전자를 파괴하는 등 위험이 크나 지구에 도달하는 양이 극히 적다.

그런데 이 오존층은 냉장고나 자동차 에어컨의 냉매와 스프레이 등 분사제 등으로 널리 쓰이는 프레온 가스(염화불화탄소, CFCs)와 소화기로 쓰이는 할론, 살충제로 쓰이는 메틸브로마이드 등에 의해 파괴되거나 옅어진 것을 말한다. 오존층이 1% 파괴되면 자외선 양은 1~2% 증대한다는 것이 전문가들의 견해이며, 자외선은 피부암과 백내장의 직접적인 원인이기도 하다.

실제 호주 환경부 및 미국 환경보호국(www.epa.gov) 등에 따르면 호주 상공의 오존층은 1960년대 이래 5~9% 파괴됐으며 호주는 전 세계에서 피부암 발생률 1위를 차지한다. 호주 인구는 전 세계 인구의 0.3%에 불과 하지만 전세계 피부암 환자의 6%는 호주인 이라는 것이다. 최근에는 자외선이 동물의 DNA구조를 손상시킨다는 연구 결과도 나오고 있다. 호주 노스이스턴대학의 커스 맬로이 박사는 자외선을 지나치게 흡수해 DNA 일부가 파괴된

남극 빙어를 발견했다는 충격적인 보고서를 발표했다. 그리고 미국의 예일대 연구팀도 북남미 및 호주에서 개구리, 두꺼비 등 양서류의 개체수가 줄어들고 있는 것은 오존층 파괴에 따른 자외선 증가 때문이라는 가설을 제기한 바 있다.

우리나라에서는 대기 중의 오존의 농도가 일정 기준 이상으로 높게 나타났을 때 국민들에게 신속히 알려 인체 및 생활환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 오존 경보제를 실시하고 있다. 오존의 농도에 따라 아래의 표와 같이 주의보, 경보, 중대 경보 3단계로 발령되며, 노출시간에 따라 인체에 미치는 영향도 다르게 나타난다.

#### <오존 경보 발령기준>

구 분	주의보	경보	중대 경보
오존 농도	0.12ppm/hr 이상	0.3ppm/hr 이상	0.5ppm/hr 이상

#### <인체에 미치는 영향>

오존 농도(ppm)	노출시간	영 향
0.1~0.3	1 시간	호흡기 자극 증상, 기침, 눈자극
0.31~0.5	2 시간	운동중 폐기능 감소
0.5 이상	6 시간	마른기침, 흉부 불안

이러한 오존은 양면성이 있다. 성층권에 존재하는지, 아니면 대류권에 존재하는지에 따라 아래의 표에 따라 인간에게 미치는 영향이 다르게 나타난다.

#### <오존의 다양한 역할>

구 분	인간에게 미치는 영향	비 고
성층권내에 오존층이 존재하는 오존의 경우	유해한 자외선을 차단해 피부암, 피부노화를 막아준다.	오존층의 오존
여름철 한낮에 지표면에서 발생하는 오존	호흡기, 눈에 자극을 주어 기침이나 눈이 따금거리게 되고, 심한 경우 폐기능이 저하 되는 등 사람의 건강에 해를 끼친다.	지상오존
공기청정기에서 발생하는 오존	살균, 탈취, 공기 정화작용	
정수장에서 사용하는 오존	농약과 중금속 분해, 살균, 탈취작용	

## 1-5. 줄어드는 산림과 환경문제

산림파괴는 가장 심각한 지구 환경문제로 열대우림이 사라지고 있다는 것을 들 수 있다. 열대우림의 감소는 온실기체에 대한 지구 자정능력의 상실, 산림자원의 감소, 생태계의 파괴로 인한 동식물 서식지의 감소 및 생물다양성의 감소 등 심각한 환경문제를 일으킨다. 열대우림이 분포하는 곳은 중 남미, 중앙 아프리카, 동남 아시아 등이다. 열대우림의 면적은 지구표면의 7%에 불과하지만 생물 종(種)이 약 40%가 열대우림에서 서식한다. 생물 서식지가 파괴되는 것은 지구 전반에 걸쳐 일어나고 있는 현상이지만, 특히 열대우림이 급속도로 파괴되고 있는데 문제가 있다. 즉 열대우림에 사는 생물 종은 대개 토착 종이다. 따라서 숲이 사라진다는 것은 곧 생물의 멸종을 의미한다.

열대림 파괴는 대기 중으로 공급되는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)에 의한 온실효과에 미치는 영향 또한 심각하며 기후변화에 상당한 영향을 끼친다.



Illegal deforestation for soybean production in Novo progresso, State of Para -Brazil 2004  
(Courtesy of Greenpeace/Alberto Cesar)

출처: 유엔 식량농업기구 FAO,  
2006; Goodland R. et al,1999

이 사진은 벌목으로 인한 열대우림이 파괴된 현장을 보여준다. 이것은 브라질의 한곳으로 예전엔 모든 곳이 푸른 열대우림 지역 이었지만, 지금은 사진으로 보이는 부분만 남고 나머지는 벌목으로 인해 사라졌다.

열대림 벌목에 대한 대중적 관심의 증대에도 불구하고, 80년대 산림훼손은 가속화되었다. 1982년 유엔식량농업기구(FAO)는 매년 약 1,100만 헥타르의 열대림이 사라지고 있다고 보고했다. 다행히도 식림이 공식 추정치보다 약간 빠르게 진행되고 있기는 하다. 그러나 열대국가에서의 산림손실은 엄청나다. 경작지나 목초지로의 전환이 가장 심각하다. 인구증가와 불공평한 토지분배, 그리고 수출농업의 확대는 자경자급 농업에 이용할 수 있는 농경지 면적을 크게 감소시킴으로써 많은 농부들로 하여금 식량재배를

이 가장 심각하다. 인구증가와 불공평한 토지분배, 그리고 수출농업의 확대는 자경자급 농업에 이용할 수 있는 농경지 면적을 크게 감소시킴으로써 많은 농부들로 하여금 식량재배를

위해 처녀림을 개간하도록 만든다. 뿔감채취는 인구밀도가 높고 수목의 자연성장률이 낮은 아프리카 건조 산림대와 나무 수요량이 공급역량을 훨씬 넘어선 아시아와 아프리카의 대도시 주변지대에서 행해지고 있으며 산림파괴의 주요인이 되고 있다.

벌목을 늦추기 위한 노력에 대한 지원이 배가되어야만 한다. 그러나 지금 당장 기적적으로 벌목이 중단된다 하더라도, 미래의 연료와 목재 및 종이 수요를 충족시키고, 토양과 수자원을 안정시키고, 대기 중 이산화탄소 축적을 완화시키기 위해서는 수백만 헥타르에 나무를 심어야 할 것이다.

아래의 표를 보면 2006년도엔 6,389,393ha이었던 산림이 2008년엔 6,374,875ha로 14,548이 줄었음을 알 수 있다. 세계적으로 산림이 줄어드는 추세에 있는데 우리나라도 개발로 인해 산림이 줄어들고 있다.

<2006, 2007, 2008년의 지역별 산림 비교>

행정구역	2006년	2007년	2008년
서울특별시	15,744	15,738	15,735
부산광역시	36,181	36,102	35,873
대구광역시	49,171	49,141	49,014
인천광역시	40,627	40,612	40,607
광주광역시	19,836	19,796	19,712
대전광역시	30,422	30,411	30,256
울산광역시	69,295	69,137	69,084
경기도	531,018	529,388	527,314
강원도	1,369,780	1,369,358	1,369,028
충청북도	497,748	497,424	496,729
충청남도	440,423	439,810	439,052
전라북도	449,152	447,740	446,831
전라남도	695,685	695,283	659,315
경상북도	1,345,574	1,344,808	1,343,637
경상남도	708,332	707,973	707,404
제주도	90,405	89,728	89,284
계	6,389,393	6,382,449	6,374,875

<산림면적: 2008,2007,2006년 행정구역 기준>  
 단위:면적(ha),축적(m<sup>3</sup>),산림율(%),평균재적(m<sup>3</sup>/ha)  
 출처: 산림청(<http://www.forest.go.kr>)

