



산림, 기후의 구제원천이자 시한폭탄

산림은 생물다양성이 가장 풍부한 지구 생태계에 속한다. 풍부한 생물다양성이 함께 한 건강한 산림에서는 생태계의 전반적인 안정성이 유지될 수 있다. 산림은 사회적, 경제적, 생태적으로 다양한 기능을 수행하며, 일자리, 소득, 산업원료 및 재생가능에너지를 제공하며, 토양을 보호하고, 토양의 생성과 보존에 영향을 주며, 물순환을 조절하고, 탄소(이산화탄소)를 흡수·저장하며, 기후를 조절하고, 생물에 서식지를 제공한다. 때문에 산림은 지구의 생물권에서 중요한 요소이다.

세계 곳곳에서 계속되는 산림 파괴

이러한 산림이 남벌, 방화, 토지전용, 병충해 등으로 심하게 손상되고 파괴되어 그 기능이 약화되고 있다. 현재, 세계 삼림면적은 연간 약 1천300만ha가 감소되고 있다. 즉 1분마다 약 25ha의 산림지가 감소되고 있는 것이다. 압도적인 생물다양성을 포함하고 있는 아마존 열대우림의 파괴는 무서운 효율성에 도달했다. 세계자연보호기금(WWF)에 따르면, 1분마다 적어도 축구장 네 개 크기의 아마존 열대우림이 상실되고 있다. 주요한 위협요소는 끝없는 소목초지 조성, 산림벌채, 산림지 이용전환, 광업 및 댐을 비롯한 각종 건설이다. 이 중 대부분은 사악한 불법적 파괴이다.

세계적으로 산림보호와 산림의 지속가능한 관리의 중요성은 1992년 환경과 개발에 관한 국제연합회의(UNCED)에서 인정되어 산림원칙이 채택되었다. 기후변화에 관한 국제연합기본협약(UNFCCC)은 전 세계 온실가스 균형에서 산림의 중요성을 인정하고 있으며, 생물의 다양성에 관한 협약(CBD)에서는 산림생물다양성의 중요성이 인정되었고, 또한 국제연합 사막화방지협약(UNCCD)도 산림의 기여도를 인정하고 있다.

이에 국내외적으로 산림보호 프로그램과 전략이 수립되어 있기도 하다. 그럼에도 불구하고 인위적인 산림파괴는 계속되고 있으며, 그 규모는 확대되고 있다. 열대지방의 산림뿐만 아니라 온대


와 아한대의 산림도 끊임없이 파괴되고 있으며, 러시아의 유럽부분 산림 중 단지 14%만이 원시림으로 남아 있으며, 서유럽에서는 단지 2~3%의 산림만이 자연상태로 남아 있다.

탄소저장·대기냉각기능 하는 산림

역사적으로 전 세계의 토지, 목재생산 및 에너지 수요를 통하여 지구의 삼림피복은 이미 상당부분이 제거되었다. 그 대부분은 20세기에 이루어졌다. 산림은 과거 지구 육지표면의 약 50%를 점유했으나 현재 30% 미만으로 커버되어 있으며, 그 면적은 꾸준히 감소되고 있다. 오늘날의 급속한 삼림손실은 기후변화에 커다란 부정적 영향을 불러일으키고 있다. 산림은 지구 육지표면에서 가장 큰 이산화탄소 저장지이며, 동시에 이산화탄소 격리에 기여한다. 산림이 개간되면, 그 안에 저장되어 있는 탄소가 직접적(산불개간) 또는 추후에 대기로 방출된다. 즉 지구적으로 기후에 영향을 미치게 된다.

산림벌채를 통하여 초래된 이산화탄소 배출량의 계산방법은 일률적이지 않기 때문에 그 결과치도 역시 다르지만, 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)의 2007년 제4차보고서에 의하면, 산림벌채로 인한 이산화탄소배출량이 차지하는 비율을 전체 이산화탄소배출량의 17.4%로 추정하고 있다. 다른 출처에 의하면, 세계적으로 사람에게 기인된 총이산화탄소 배출량의 20%에서 25%가 산림벌채에서 비롯된다고 한다. 이는 약 20억 톤에 해당한다. 그러므로 산림보호는 기후변화와의 투쟁에서 포기할 수 없는 정책수단이다.

산림은 또한 거대한 냉방시설과 같은 기능을 발휘한다. 산림에 비취진 태양에너지의 절반은 증발을 통하여 대량의 수증기로 변환된다. 이는 대기에 냉각효과를 제공한다. 특히 열대림의 지구기후의 냉각효과는 엄청나다. 나무가 없으면, 햇빛이 보호없이 바로 토양에 비치게 되고, 그리고 토양 표면은 더워지게 되며, 나아가 건조될 수 있다. 이



글 **이영희** 배울란공대 사회·환경·정주공간학제 연구단 부단장 leeyehongheui@gmail.com

글쓴이는 고려대학교 입학 후 동대학원에서 조경전공으로 석사학위를, 독일 배울란공대 환경·경관개발대학에서 환경정책으로 공학박사학위를 받았으며, 동대학교 환경과 사회대학에서 교수과정을 졸업하고, 도시 및 지역계획·환경정책 및 토양·토지정책을 교수분야로 수여받았다. 현재 독일 연방환경청 토양·토지부문 자문위원, 행정학국제연구소 독일분과 위원 등을 겸임하고 있다.

리한 햇빛균형의 변경은 역시 지구 온난화에 기여하게 된다. 산림벌채의 물순환에 대한 정확한 영향은 물론 현지 상황에 따라 차이가 있다.

이렇듯 산림과 지구의 기후는 밀접하게 연관되어 있다. 오늘날 산림과 하천경관의 기후안정화 효과와 불안정한 기후의 산림에 미치는 영향에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 산림의 탄소저장기능과 대기냉각기능의 두 가지 기능이 부각되고 있다.

지구 온난화의 증가를 최대 섭씨 2도까지 제한하려는 기후 목표를 달성하기 위해서는 에너지이용과 수송으로부터의 온실가스 배출뿐만 아니라, 역시 산림의 파괴에서 초래되는 배출 및 농업으로부터의 배출 감소에 주력해야 한다. 열대우림도, 러시아와 캐나다의 대규모 침엽수림도, 상대적으로 작은 한국의 산림도 역시 지구의 기후기능 역할을 수행한다. 산림이 파괴되면, 그곳에 저장된 탄소가 방출되고, 산림의 기후보호 및 냉각기능이 손실되며, 세계 기후는 더욱 가열되는 악순환이 계속된다.

브라질 · 인도네시아에서 산림 훼손 심각

대규모 산림벌채를 통한 토지이용전환은 역사적으로 문명이 고도로 발달했던 세계 어디서나, 즉 고대 남부유럽, 북아프리카, 동아시아에 있었다. 산림벌채는 중세 중앙유럽에서 수행되었다. 언급한 지역외의 다른 지역의 산림은 유럽국가들에 의한 중세이후 식민지화와 함께 토지이용이 전환되었다. 미국과

캐나다에서는 19세기 이후 대규모의 개간이 이루어졌으며, 특히 캐나다에서는 산림이 현저히 과잉 이용되었다. 열대지방에서의 산림벌채는 유럽인에 의하여 시작되었으며, 처음부터 산림지의 농장으로의 토지이용전환이 동기였다. 원주민들은 식민지 주인에 의해 외곽으로 몰려났다.

산림벌채와 관련한 오늘날 중요한 문제는 무엇보다 그것이 이루어지고 있는 곳이 유럽을 비롯한 선진국이 아닌 다른 나라, 특히 열대우림에서 수행되고 있는 것이다. 산림벌채에 대한 통계는 각 국가의 산림의 정의에 따라 영향을 받는다. 산림면적의 가장 큰 손실은 라틴아메리카에서 일어나고 있으며 그곳에서는 매년 약 430만ha의 산림이 손실되고 있다. 주목할 것은 1990년대는 연간 50만ha가 손실되었으나, 2000년~2005년 기간에 가속되었다는 것이다. 브라질은 전 세계 모든 국가와의 비교에서 가장 높은 벌채율을 나타내고 있다.

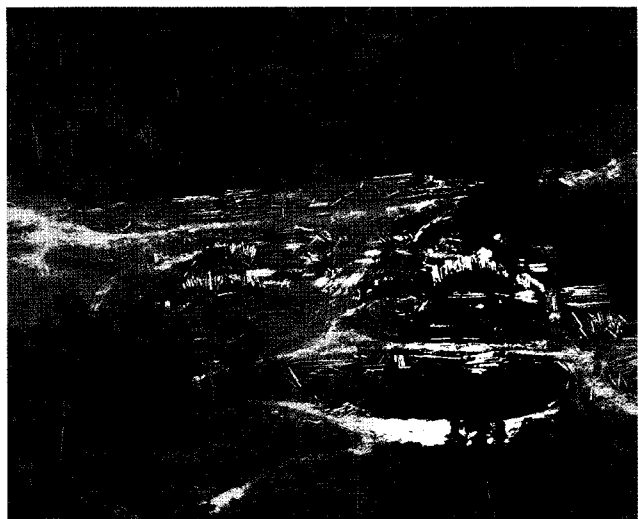
또 다른 문제 지역은 동남아시아, 특히 인도네시아(파푸아)이다. 인도네시아의 산림지는 매년 약 150만ha에서 180만ha가 파괴되고 있다. 서 파푸아에 있는 아시아의 마지막 남은 온전한 열대우림은 불법 목재벌채로 심각한 위해에 처해 있다. 아프리카에서는 연간 약 400만ha의 산림면적이 손실되고 있으며, 이는 과거 440만ha에 비해 약간 감소된 것이다. 아프리카지역에서는 수단 및 콩고 분지의 국가들이 크게 영향을 받고 있다.

지구 기후 좌우하는 아마존 열대우림

1950년 열대우림은 1천600만~1천700만km²(지구 육지면적의 약 11%)로 추정되었다. 1982년 현장조사, 항공사진 및 위성사진에 의하면, 단지 950만km²남아 있는 것으로 평가되었으며, 1985년 조사에서는 추가로 수백만km²가 파괴된 것으로 나타났다.

전문잡지 '뉴사이언티스트'에 의하면, 2006년 말까지 브라질의 원래 기존우림의 약 13%가 개간되었으며, 이 개간된 토지의 85%는 목초지로, 그리고 15%는 콩재배를 위한 경작지로 전환되었다. 2007년 후반 5개월간 브라질에서는 3천235km²의 산림지가 상실되었으며, 같은 해 12월에 948km²의 산림지가 손실되었다. 개간된 토지는 일부 농장, 일부 소사육 목초지 또는 농경지로 전용되었다.

열대우림의 개간은 돌이킬 수 없는 생태계 파괴에 이르게 된다. 또한 열대우림은 세계에서 가장 큰 약국으로 간주된다. 개간과 벌채가 현재와 같이 계속된다면 필수적인 자연치유물질



브라질 아마존 산림 벌채 (연합포토)

을 잃어버리게 된다.

산림은 육지표면의 약 30%를 커버하고 있으나 지구에 묶인 탄소의 약 절반을 저장한다. 또한 열대우림은 열대지역 외의 산림보다 탄소저장률이 50% 더 높다. 아마존의 우림은 엄청난 유기 탄소의 저장소이다. 탄소는 평균 식생의 바이오매스에서 68%, 부식질 및 죽은 나무의 형태에서 산림토양에 17%로 저장돼 있다.

현재 아마존 열대우림의 균형에 두 가지 강력한 스트레스 요인이 작용하고 있다. 하나는 아마존지역에 비정상적으로 오랜 가뭄을 수반한 세계적인 기온상승이며, 다른 하나는 인위적인 대규모 산림벌채와 산불개간이다. 이는 탈수, 증가된 산불과 강우량 감소가 상호 연결되어 악순환으로 이어지고 있는 것이다. 이는 지구 기후에 혼란을 가속시키고 있다. 세계자연보호기금은 2030년까지 아마존 열대우림의 55%가 소멸 또는 심하게 손상될 것으로 추정하고 있으며, 그렇게 되면, 그때까지 150억 톤에서 260억 톤의 탄소가 대기에 별도로 추가될 것으로 추정하고 있다.

열대우림은 최대 규모의 탄소저장지

바이오에너지식물 재배를 위해 필요한 토지는 종종 산림지의 토지이용전환으로 충당되었으며, 또 이는 계속될 것이다. 산림지의 바이오에너지 이용과 관련하여 지구 생물권 내에서 최대 규모의 탄소저장지의 잠재적인 손실이라는 비판이 증가하고 있다.

국제연합식량농업기구(FAO)는 1990~2005년 기간 중 산림에서 살아있는 바이오매스에 저장된 탄소가 매년 4기가톤이 방출되었을 것으로 추정하고 있다.

바이오에너지의 온실가스효과를 산정할 때에는 먼저 산림의 바이오에너지식물 재배지로의 토지이용 변경을 통하여 방출되는 탄소량이 계산되어야 한다. 이 때 산림의 바이오매스로부터의 탄소방출뿐만 아니라 산림토양으로부터의 탄소방출도 함께 계산해야 한다.

지난 20년 동안 산림으로부터 탄소방출의 산출은 산림지의 목초지와 경작지로의 이용변경을 위한 열대림의 개간에서 나타나는 결과가 지배적이었다. 예를 들면, 브라질에서는 열대림이 대규모 콩재배지로 희생되었다. 아마존 열대우림은 전 세계에서 약 15년 동안 화석연료에 의해 배출되는 것과 같은 양의



인도네시아 수마트라 산림 벌채 (연합포토)

탄소를 저장하고 있다.

열대우림의 기후조건에서는 유용작물이 매우 빨리 자라며, 따라서 거기서는 연간 2회 또는 여러 차례 수확이 가능하기도 하다. 또한 다른 곳에서 성장하지 않는 식물도 이곳에서는 재배할 수 있다. 따라서 상대적으로 농작물이나 최종 제품에서 높은 수익이 발생된다.

전 세계적으로 바이오연료의 수요가 크다. 특히 인도네시아와 말레이시아에서는 최근 우림지를 바이오에너지 생산을 위한 야자수 재배를 위하여 심하게 파괴하고 있다. 위성사진에 의하면 대부분의 산림화재는 야자유 생산농장을 조성하기 위한 인위적인 것이었다. 더욱 심각한 문제는 거대한 이탄습지도 역시 불태우고 있다는 것이다. 이탄산림은 다른 열대림보다 이산화탄소를 50배 이상 저장한다. 우림의 개간, 특히 해안 늪산림의 개간은 기후에 치명적이다.

비판적인 것은, 특히 산림개간을 통한 탄소유실은 단지 그 규모뿐만 아니라, 매우 오래된 탄소저장소가 파괴되기 때문이다. 특히 목재와 죽은 나무에 저장되어 있는 탄소는 수십년에서 수백년간 저장되어 있었으며, 또한 부식질은 역시 수백년에서 수천년간 저장되어 있던 것이다. 산림의 목초지 또는 농경지로의 전환은 현저한 탄소유실을 동반한다. 따라서 그러한 토지이용 변경은 효율적인 기후보호를 위한 선택이 아님이 자명하다.

바이오에너지의 개발과 관련하여 유럽에서는 기회와 위해에 대한 논의가 매우 폭넓게 이루어졌으며, 여전히 계속되고 있다. 통제되지 않은 바이오에너지의 증축은 특히 식량안전, 생물다양성, 기후보호, 산림 및 토양과 물에 큰 위해를 불러일

오키게 된다. 식물에너지의 확대이용계획의 이면에는 많은 어두운 면이 도사리고 있는 것이다.

지구적 위험·불법벌채, 산림개간, 산불

불법 목재벌채 반출은 이제 세계적으로 산림에 가장 큰 위협의 하나가 되고 있다. 아마존에서도, 인도네시아의 열대우림에서도, 그리고 극동 러시아에서도 목재벌채의 상당 비율이 불법으로 이루어지고 있다. 즉, 목재의 수확, 운송, 구입 또는 판매에서 국내법 또는 국제법을 위반하고 있는 것이다.

세계적인 목재생산의 불법벌채 점유율은 20~40%로 추산되고 있으며, 국가, 산업 및 산림소유자의 수익손실을 통한 경제적 피해는 매년 150억 달러로 추정되고 있다. 세계자연보호기금의 연구에 의하면, 유럽연합의 목재수입의 16~19%는 불법벌채 반출에서 온다. 러시아에서 3번째로 큰 원시림지역에서의 목재벌채의 약50%가 불법으로 이루어지고 있다. 열대지방에서의 이 비율은 더 높다. 인도네시아의 열대목재는 네 경우 중 세 개가 불법 소스에서 오며, 더욱이 브라질의 아마존지역에서는 불법비율이 80%나 된다. 온실가스배출을 줄이는 가장 빠르고 효과적인 방법은 열대우림의 벌채를 중단하는 것이다.

산림개간의 주요 원인은 야자유, 콩 재배 및 소방목 등을 위한 농업이다. 또한 펄프생산용 나무농장을 위한 천연림의 토지이용전환이다. 이 때 토양질은 신속히 악화되고, 그러면 산업은 몇 년 후에 다시 새로운 임지를 개간한다. 산림파괴를 통하여 자연이 몸살을 앓고 있을 뿐만 아니라, 지역주민 역시 그들의 생계기반을 잃어버리고 생활기반을 박탈당하게 된다. 불법사업에서 온 이익이 불과 몇몇 수혜자에게 돌아가는 동안 부정적인 결과는 전 국민이 부담해야 하며 나아가 지구적 피해로 이어진다.

산불은 옛날부터 늘 있어왔다. 문제는 오늘날 잘못된 장소에서 잘못된 시간에, 너무 강하게, 너무 자주, 너무 대규모로 발생하고 있으며, 산림생태계를 포함한 자연생태계에 큰 위협이 되고 있는 것이다. 세계자연보호기금의 추정에 따르면, 2000년에만 전 세계 산림 3억5천만ha 이상이 산불을 당했다. 미국에서는 2000년에 약 300만ha의 산림이 산불에 희생되었으며, 1년 후 호주에서는 70만ha 이상의 산림이 손실되었다. 지중해지역에서도 여름 산불이 정기적으로 발생하고 있다. 2003년 포르투갈에서의 산불은 40만ha의 산림을 황폐화했다. 지중해국가들



아마존 산림

은 매년 최대 80만ha의 산림을 산불로 잃어버리고 있다. 2006년 인도네시아 보르네오섬의 산불은 약 100만ha의 토지를 황폐하게 만들었다.

세계 콩 수확의 80%는 이미 동물사료로 사용되고 있으며, 콩에 대한 세계시장 수요증가는 브라질 열대림을 파괴하였다. 아마존의 전체 산림면적의 16%는 이미 파괴되었고 콩재배 및 가축방목용으로 매일 7천ha가 사라지고 있다. 2020년까지 원래의 사바나 및 새로운 산림 2천200만ha가 새로운 콩재배 농장으로 희생될 것이다.

종이산업 또한 산림에 크게 부정적 영향을 미친다. 종이수요는 끊임없이 성장하여 1970년 세계 1억3천만 톤의 종이 생산량이 2006년에는 3억8천100만 톤으로 증가하였으며, 2015년까지 4억4천만 톤으로 증가할 것으로 추정하고 있다. 인도네시아 수마트라만도 지금까지 열대우림의 80만ha가 종이 및 펄프산업에 희생되었다. 이 면적은 단 네 개의 공장을 위해서 개간된 것이다.

산림벌채의 부정적 결과에 대처하기 위해서 크게 두 가지 접근방식이 제기되고 있다. 요약하면 벌채의 저지와 조림이다. 일부 온실가스배출은 기피할 수 없으므로 이에 마법의 단어 '보상'이 제기된다. 만약 사람이 스스로 이산화탄소배출을 포기할 수 없다면 이산화탄소를 피하고, 저장하고 또는 흡수하는 것을 지원하는 프로젝트를 지불하라는 것이다.

산림보호를 위한 한 중요한 새로운 정책도구로 REDD 모델이 논의되고 있다. 이는 지구 물질순환에서 탄소저장소로서의 산림기능에 기초를 둔 이론적 모델로, 삼림벌채와 산림질 저하로 인한 탄소배출량을 줄이기 위한 것이다. 이 모델은 산림의 보호에 대한 열대국가들의 피해를 보상하는데 가능한 한 많은 국가들이 참여하는 국제법적 여건을 조성하는 것이다. REDD 모델은 산림에 저장된 탄소에 금전적 가치를 부여함으로써 경제적 결정절차에서 산림이 무게를 얻도록 하려는 것이다.

보호구역 지정해 생물다양성 보존 노력

자연자원의 과잉이용 또는 파괴는 생물다양성의 상실에 대한 주요한 한 원인이다. 국제기업들은 가치 있는 목재를 얻기 위하여 또는 농장조성을 위하여 마지막 남은 원시림을 여전히 파괴하고 있다. 또한 광업을 위해서도 매년 대규모산림면적이 훼손되고 있다. 그 산림을 생활기반으로 하는 원주민단체와 지역주민은 여전히 나머지 지역으로 몰려나고 있다.

보호구역의 지정은 생물다양성을 보존하기 위한 중요한 정책도구이다. 보호구역의 설정은 동식물종의 발전을 가능하게 하며, 동시에 그 지역에 대한 인간의 침범을 규제하고, 또는 종의 다양성에 피해를 주지 않도록 행위를 조종하는 것이다.

자연보호구역, 국립공원, 자연림보호, 생물권보호구역, 자연공원, 야생동물보호구역 또는 경관보호구역 등 전 세계에 최소한 140가지의 다양한 보호구역범주가 있으며, 유럽에서만 90가지의 보호구역 범주가 있다. 예를 들어, 생물권유보지역, 국립공원과 같은 일부 보호지역에 대해서는 국제적인 지침이 적용된다. 보호지역에 대한 관리책임은 각 국가들의 다양한 행정수준에 주어져 있다. 동일한 지역이 동시에 여러 보호구역 카테고리에 속할 수 있기 때문에 세계의 보호지역 전체면적을 평가하기가 어렵다.

국제적으로 통일된 보호구역체계를 개발하기 위하여, 국제자연보호연합(IUCN)은 6개의 보호지역카테고리를 정하고 있다. 또한 국제자연보호연합은 10년마다 세계 공의회(WPC)를 개최하고 있으며, 여기서 보호지역지정상황을 세계적으로 검토하고 미래에 대한 충동을 주고 있다. 최근 남아프리카 더반에서의 세계공의회에서는 세계육지표면의 약 12%가 보호지역으로 설정돼 있음이 확인되었다, 그러나 아직도 보호되어야 할 많은 중요한 서식지가 보호를 받지 못하고 있다.

지난 130년간 세계적으로 10만 개의 보호지역이 지정되었으며, 이 보호지역은 단지 생물다양성보호에 직접적으로 중요할 뿐만 아니라 지구환경 위해의 영향을 완화시킨다. 그러나 이 지정된 모든 보호지역이 정치, 산업 또는 지역주민으로부터 필요한 지원과 인정을 받고 있는 것은 아니다. 지정된 보호지역 중 많은 부분은 정부가 지정은 하였으나 단지 소위 종이공원으로 머무르고 있거나, 또는 그 목적을 달성할 수 없도록 형편없이 관리되고 있다. 많은 국가들은 지정된 보호지역을 효과적으로 관리할 재정도 정책의지도 없다. 따라서 보호구역의 설정도 중요하지만 지정이 역시 만병통치약은 아니라는 것이다.

탄소저장소의 탄소배출원화 막아야

산림은 토양과 같이 기후문제의 대두와 함께 한편으로는 탄소의 저장지로서, 다른 한편으로는 탄소배출원으로서 그 의미가 부각되고 있다. 산림과 토양은 기후변화를 완화할 수 있는 근원임과 동시에 기후변화에 대한 시한폭탄이 될 수 있다.

산림생태계는 현재 대기 중 탄소량의 약 1.5배를 저장하고 있으며, 토양은 세계 이산화탄소배출의 약 10%를 저장한다. 이와 같이 산림과 토양은 거대한 탄소저수지의 역할을 수행한다. 거대한 탄소저장지인 산림과 토양은 지구온난화를 2℃ 이하로 유지하려는 목표 달성을 위해 매우 중요하다. 산림과 토양의 관리부족은 기후변화에 돌이킬 수 없는 결과를 초래할 수 있다. 즉 탄소저장소가 탄소배출원으로 전복될 수 있다는 것이다. 토지이용과 경영은 탄소저장·탄소배출과 밀접한 연관이 있다. 즉 기후변화에 결정적인 작용을 하며, 산림과 토양 파괴의 대부분은 사람으로부터 비롯되었다는 점을 주목하여야 한다.

1992년 브라질 리우 데 자네이루에서의 환경과 개발에 관한 국제연합회의에서 지구적 합의로 채택한 '의제 21'은 제11장에서 산림의 다양한 기능을 지속적으로 보존하고, 산림벌채문제를 극복하기 위한 행동강령과 대책들을 구체적으로 권고하고 있다. 많은 다른 부문과 마찬가지로 이 제11장도 역시 별 진전 없이 그 이행을 여전히 기다리고 있다. 역시 같은 회의에서 채택된 모든 유형의 산림의 관리, 보존 및 지속가능발전에 대한 '산림원칙'도 있다. 이 문서는 비록 법적 구속력을 가지고 있지는 않으나, 역시 지구적 합의로 결정된 것이며, 산림과 임업에 관한 유용한 사항을 권장하고 있다. 중이는 인내심이 강하니, 이 문서도 역시 이행을 기다리고 있다. ㉔