



# 산성우 및 대기오염물질에 의한 산림생태계의 피해

이 경 재 / 서울시립대 교수

## 1. 머리말

지난 겨울 서울에 pH3.9의 산성눈이 내렸다는 신문보도로 사회의 이목을 집중시킨 일이 있었다. 산성비가 내린다는 발표는 우리나라에서도 이미 5년전경부터 있어 왔으나 산성비가 자연생태계에 미치는 영향에 대한 연구가 수행된 일이 없었기에, 우리 생활주변의 숲이 푸르니까 별일이 없을 것이라고 덮어 두었고, 또한 정부의 공식적인 발표로도 우리나라에서는 산성비에 의한 피해가 자연생태계에서는 아직 나타나지 않는 것으로 되어 있다. 그러나 현재 피해가 경미하여 고사목이 출현하지 않을 지라도 이미 피해증상은 상당히 진전되어 산성비에 의한 초기피해현상이 삼림에 나타나고 있어 이에 대한 대책의 수립이 필요하다.

1980년대에 들어와 미국, 캐나다의 오대호연안을 중심으로한 북미지역과 독일, 체코, 헝가리를 중심으로한 중부유럽에 산성비에 의한 삼림의 피해가 심각할 정도로 확산되고 있다. 특히 독일은 몇백년간 가꾸어 거의 완벽한 임업경영체계를 이루었다고 자랑하고 있는 Schwarzwald(Black Forest; 黑林)을 비롯하여 1989년말 현재 전체 삼림의 53%가 산성비의 피해를 입고 있다고 발표하였다. 독일 삼림의 43%가

독일가문비나무와 유럽젓나무로 식재된 인공림인에 이런 수종들은 산성비에 의한 영향에 매우 예민하고 또한 단순인공림으로 변화되는 환경에 적응할 수가 없어 피해면적은 해가 갈수록 증가되고 있다. 필자가 1989년 5월에 산성비에 의한 수목피해증상을 보이는 Schwarzwald의 견학안내를 받았는데 피해가 넓은 면적에 걸쳐 광범위하게 나타나고 있었다. 즉 대부분의 나무들의 침엽에서 황화현상을 볼 수 있었고 또한 낙엽률도 50~60%이상이나 되었다. 이렇게 피해를 입은 독일가문비나무와 유럽젓나무들은 벌채를 하고 유럽너도밤나무로 수종갱신을 하고 있었는데, 잎의 황화현상이 나타난 임목을 벌채하면 재적량에는 차이가 없기 때문에 산성비에 의한 피해의 초기진단이 매우 중요하다고 안내인이 설명하였다. 몇 군데에는 피해가 심하여 고사된 나무들을 그대로 세워두고 국민들의 교육장소로도 이용하고 있었다. 1980년대초에는 Schwarzwald가 속해 있는 주정부에서 산성비에 의한 삼림피해가 국민에게 알려지면 관광객이 감소할 것을 우려하여 피해사실을 감추려 하였으나 피해면적이 계속 증가하자 고사목이 서 있는 곳의 일부를 보존하여 관광객의 탐방장소로 개방하여 국민의 계몽자료로 이용하고 있었다. 또



한 1985년이후부터는 삼림토양에 칼슘 및 마그네슘이 주성분인 비료를 1㎡당 200~300g씩이나 뿌려 지피에서 많은 양의 비료를 확인할 수 있었다. 필자가 1년간 머물면서 연구하였던 영국에서도 산성비에 의한 삼림피해연구는 1985년경부터 본격적으로 수행되어 현재는 임업연구원에 1개의 부서를 설치·운영하고 있었으며, 독일 가문비나무는 물론 참나무류의 피해 연구까지 진행하고 있었다. 또한 스위스도 전체 숲의 30%정도가 산성비의 피해를 받고 있는 것으로 발표하고 있는데 필자가 스위스의 임업연구원을 방문하였을 때는 항공사진판독으로 해마다 증가되는 피해면적을 측정하고 있었으며, 대학과 공동으로 해발 3,700m이상되는 융플라우, 마테호른 등의 산지에 대기오염 및 산성우측정기계를 설치, 감시하고 있었다.

산성비 및 대기오염물질에 의한 식물피해는 급성피해와 만성피해로 나눌 수 있는데, 급성피해는 고농도의 오염물질이 단시간동안, 만성피해는 저농도의 오염물질이 장시간동안 영향을 주어 나타나는 피해현상으로서, 급성피해는 피해증상이 가시적으로 출현하여 비교적 쉽게 판단할 수 있으나, 만성피해는 피해증상이 가시적인 경우가 적어 피해를 판단하기가 어렵다. 그리하여 이러한 수목의 만성적인 피해규명에 많은 학자들의 관심이 집중되고 있어 여러 방법론이 연구되고 있다. 우리나라에서는 대기오염에 의한 급성적인 피해는 필자등에 의해 울산, 여천공단지를 대상으로 여러차례 연구결과가 발표된 적이 있으나, 만성적인 피해연구는 거의 수행된적이 없어 현재 산성비에 의한 피해면적, 피해정도등을 파악하기가 곤란하다.

본 글에서는 근래 우리나라에서 발생되고 있는 산성비 및 대기오염물질에 의한 삼림피해증상을 밝히고 아울러 그 대책을 제시하려 한다.

## 2. 삼림피해증상

### (1) 급성적인 피해

우리나라에서 대기오염물질에 의한 수목의 급성피해증상은 1969년이후 울산, 여천공단등지에서 나타나기 시작하였다. 필자가 '82년, '88년에 울산에서 식생조사를 실시한바, 공단에서 3km까지의 숲은 군집구조가 변하여 5~6km떨어진 곳의 숲과는 구조가 달랐다. 즉 공단인근의 숲에서는 대기오염물질에 대한 저항성이 약한 소나무, 졸참나무, 상수리나무, 조록싸리, 참싸리등의 세력은 감소되었고, 곰솔, 아까시나무, 노린재나무, 산딸기, 청미래덩굴의 세력이 높아졌으며 숲의 구조도 매우 단순하였다. 또한 곰솔침엽의 피해현상이 공단으로부터 2km 범위까지 심하게 나타나 침엽끝부분이 적색으로 변한 것을 관찰할 수 있었다. 여천공단도 H비료회사로부터 1.5km내에는 곰솔까지 고사하여 교목은 찾아볼 수가 없다. 이런 장소의 삼림토양은 산성화되었으며, 지피식생이 단순하여져 강우에 의해 토양침식이 가속화되고 영양물질이 감소하는 등 토지의 생산성이 매우 낮아져 나무가 살 수 없는 불모지로 변하여 가고 있다.

### (2) 만성적인 피해

앞에서도 언급한바와같이 산성비에 의한 수목의 만성피해는 진행이 완만하여 생태계의 변화를 추정하기가 매우 힘들다. 여기서는 최근 2~3년사이에 서울의 삼림에서 관찰할 수 있는 산성우 및 대기오염물

질에 의한 삼림생태계의 변화내용을 소개하고자 한다.

현재 서울지역에서는 산성우 및 대기오염물질에 의해 삼림생태계의 천이발달이 방해받고 있다. 생물군집은 자연환경에 대응하여 군집자체가 생성하고, 발달하고, 안정의 생태를 유지하려는 속성이 있는데, 이러한 현상을 생태적 천이(ecological succession)라고 부른다. 우리나라에서 온대중부림에 해당되는 경기도일원의 삼림의 생태계 천이계열은 소나무→갈참나무, 졸참나무→서어나무→까치박달나무의 순서라고 현재까지 보고되어 있다. 창덕궁후원(비원)은 조선조초기에 조성된 궁궐내의 후원으로 동철도에 의하면 18세기까지는 소나무가 우점종이었다. 그러나 지금은 낙산재 주변과 어정(御井)이 있는 북측에 100년생 정도의 소나무가 몇주씩 서 있을 뿐이고, 숲을 구성하고 있는 우점종은 50~70년생의 갈참나무이다. 이러한 현상은 1930~1940년대에 일시적으로 소나무를 제거하자 하층식생으로 자리를 차지하고 있던 참나무류의 활엽수가 후계림을 형성할 것으로 추측할 수 있다. 그런데 현재 갈참나무가 우점종인 이 숲은 천이발달이 서어나무가 우점종인 숲으로 진행되고 있지 않다. 즉 창덕궁후원의 숲에는 흉고직경 10~20cm내외의 서어나무 10여주가 반도지인근에서 있을 뿐 다른 곳에는 출현하지 않으며 또한 다른 음수의 활엽교목도 나타나지 않고 있다. 관목층(수고 2 m이하)에 자라고 있는 수목종수 및 개체수도 서서히 감소하여 숲의 다양성이 단순하여지고 있다. 즉 1985년에 1,250㎡당 출현하였던 관목층의 종수와 개체수가 각각 78종, 4,266주이었으나, 1980년에는 각각 58종, 1,319주로 감소된

것이다. 이 숲은 서울시내의 중심지에 위치하고 있어 산성우 및 대기오염에 의한 영향으로 이에 대한 저항성이 약한 수종이 사라지는 등 천이발달이 방해를 입고 있어 천이의 안정상태에서 우점종을 이루는 서어나무등이 세력을 형성할 수 없는 것으로 추정된다. 이러한 현상은 서울 남산에서도 관찰할 수가 있다. 남산의 천이발달은 소나무→신갈나무까지만 진행되고 더 이상 진전이 되지않고 있고, 관목층에서도 서어나무의 치수가 전혀 출현하지 않아 산성우 및 대기오염에 의해 천이진행이 방해받고 있는 것으로 추정할 수 있겠다. 생물군집의 속성상 천이발달이 외부환경에 의해 방해받게 되면, 현재의 생물군집이 소멸되고 그 환경에 견딜 수 있는 생물군집이 생성되는데, 이러한 환경오염에 견딜 수 있는 숲이 생성될 수는 없을 것이다.

유럽에서는 만성적인 피해의 조기피해 판단의 방법에 대하여 다각적으로 연구가 이루어지고 있는데, 근래에 스코틀랜드의 육상생태계연구소(ITE; Institute of Terrestrial Ecosystem)의 Cape박사가 발표한 침엽수잎표면의 접촉각(Contact angle)의 측정방법을 좋은 방법의 하나로 취급하고 있다. 필자는 영국의 임업연구원(Forest Research Station)에서 1년간 머물면서 이 방법을 Cape박사에게서 배웠는데 그 원리는 간단하다. 대부분 침엽수의 잎표면에는 왁스로 덮혀 있어 내부조직이 보호되며, 이런 왁스는 잎이 처음 나오는데 6월경에 양이 제일 많고 그 후로는 양이 감소되는데, 여기에 산성우 및 대기오염물질의 영향을 받게 되면 부식 속도가 더욱 빨라지게 된다. 그러나 왁스는 미량으로서 그 양을 직접 측정할 수 없으므로 왁스와 물이

섞이지 않는 성질을 이용, 침엽표면에 물방울을 떨어뜨려 침엽표면과 물방울이 이루는 각도를 측정하게 되는데, 이 각도를 접촉각(Contact angle)이라고 부른다. 잎이 처음 나왔을 때는 접촉각이 135°가량되나, 왁스가 부식되기 시작하면 이 각도는 계속 감소하게 된다. 필자가 영국내의 6개지역에서 독일가문비나무의 잎을 1988년 9월에 채취, 접촉각을 측정한 결과, 평균값은 당년생잎 92°, 1년생잎 80°, 2년생잎 74°, 3년생잎 71°, 4년생잎 68°이었다. 또한 개스챔버실험에서 계속 정화된 공기속에서 자란 독일가문비나무의 당년생잎의 접촉각은 '88년 9월에 110°이었다. 한편 필자가 근무하고 있는 서울시립대학교(서울 동대문구 소재) 구내에서 1989년 10월에 독일가문비나무의 잎을 채취하여 접촉각을 측정한 결과, 당년생잎 83°, 1년생잎 62°, 2년생잎 58°, 3년생잎 53°로 영국에서 측정한 값보다 매우 작았다. 또한 영국에서는 위의 값이 측정된 잎들에서의 황화현상은 경미하게 나타났으나 우리나라에서는 1년생잎부터 황화현상이 심하였고 또한 3년생잎부터는 침엽이 적색으로 변한 피해가 나타났다. 이상의 내용을 살펴보면 서울에서는 산성우 및 대기오염의 영향이 독일가문비나무잎에 매우 심하게 나타남을 알 수 있다.

필자의 연구팀은 인천에서부터 경기도 양평군 청운면까지 12개소에 조사구를 설치, 독일가문비나무와 젓나무에 대한 피해상태를 측정하고 있는데, 외부적으로 나타난 피해증상에 의하면 인천 자유공원에서 경기도 미금시의 금곡릉까지는 피해증상이 심하였고, 양수리까지는 경미하게 나타나고 있었다. 남북으로는 과천에서 퇴계원까지

심한 피해증상을 관찰할 수 있었다. 필자의 생각으로는 수도권지역에서 독일가문비나무와 젓나무의 식재는 거의 불가능하며, 아직 소나무에 대한 피해는 연구가 이루어지지 않았으나 이에 조사도 수행되어 소나무의 식재 가능성도 검토해야 한다.

### 3. 대책

우리나라 특히 수도권지역에서 관찰되고 있는 산성우 및 대기오염물질에 의한 수목 피해증상은 내성이 약한 수종들에 국한된 초기증상이라고 할 수 있으나, 이미 가시적으로 잎의 황화현상이 나타나고 있고, 생태계의 변화를 관찰할 수 있는 수준까지 피해증상이 상당히 진행되었다. 이러한 피해는 인간이 알아 차리지 못할 속도로 서서히 진행되어 삼림에 대한 영향이 누적되므로 삼림토양을 저생산성으로 변화시켜 궁극적으로는 임목의 생장을 저하시키게 된다. 그러므로 지금부터 산성우 및 대기오염물질이 삼림에 미치는 영향을 다각적으로 검토해야 한다. 근래에 국립환경연구원과 임업연구원이 과학기술처의 지원으로 이에 대한 기초연구를 3년간 국책과제로 수행한 것으로 알고 있다. 그러나 과제수행 후에 연구비지원이 되질 않아 후속연구가 활발하게 진행되지 못하고 있다. 우리나라에는 개스농도 및 강우산도를 조절할 수 있는 개스챔버설치가 국립환경연구원에 되어 있는데, 이는 실내용으로서 크기가 1m<sup>3</sup>인 챔버 6개로 구성되어 있으나, 고농도 단시간의 실험에 적합하여 최하로 이황산가스농도 0.4ppm까지 낮출 수 있어 도시에서 발생하는 것과 같은 저농도 장시간용으로 부적당하고 또한 실내용이기에 인공조명에 따른 식물생장에도 문제가 야기

<20 페이지에 계속>



이 보장되지 못하고 있는 현실이다. 연간 사슴 2만마리, 노루 30만마리를 포획하나 이들 서식밀도를 줄이는데는 미달된다.

역사적으로 수렵은 존중 대상이 되어 한 때는 귀족만의 소유물이었다. 그래서 사냥은 특권층의 위락종목으로 인식되어 있어 수렵면허는 증가하나 사회 정치적 이유로 법으로는 규정되 있으나 현재까지 적정서식 밀도 조정을 하지 못하고 있다.

산림의 주 수입원은 목재로 90% 이상을 차지하며, 종실, 크리스마스트리, 토석채취, 수렵료등 부수입이 10% 내외이다.

### 木材販賣

산주는 기능작업단 또는 벌채업자를 고용 임목을 벌채하며 집재업자와 계약, 기계로 임도까지 반출 판매된다. 임도망이 잘 구축되어 1987년 현재 헥타주는 평균 34m/ha의 임도가 있다. 임업기술자는 엄격한 품등 규정에 의하여 구분되어 검척되고 구매업자는 다시 이를 검척한다.

목재 판매는 직접 현장에서 상담거래 또

는 입찰에 회부된다. 과거 30년 목재 가격은 50% 상승되었으나 국·사유림을 막론하고 매년 수입은 감소 추세에 있다.

그 원인은 인건비 상승과 휴양림시설 및 환경보호 비용등이다. 기업림으로 산림경영이 이루어 지려면 산림의 공익 수해자인 조세부담자 보조금으로 임업경영을 지원해야 한다. 이러한 조건이 실현되려면 산림정책은 울창한 산림을 잘 보호 관리하는데 주력해야되며 한편으로 산림의 공익효과및 국민에게 무료 봉사를 일반 대중에게 널리 홍보해야한다.

정치인들은 산림공익 또는 공해피해 보상을 법제화하여 임업을 지원해야 한다.

한편 임업인들은 육종공학, 합리적 육림방법, 좋은 임지내 집약적 산림작업, 기계화 협업경영을 통하여 임업수지 적자를 개선해야 한다. 이러한 방법을 통하여 소위 "후세대와의 약속"이 실현될 것이다.

**약속**: 오늘날 우리임업인들은 훌륭한 산림을 후손에게 넘기니 이를 잘 보살핀다. 선조들도 우리에게 그러하였다.★

(13페이지에서 계속)

된다. 현재 유럽등지에서는 야외에 개스챔버를 설치하여 저농도 장시간의 실험을 수행하고 있는데, 영국은 임업연구원에서 전국에 3곳에 설치하여 아황산가스농도를 국제허용치인 0.022ppm으로 하여 2~3년간 처리하고 있었고, 개스챔버도 16개가 한 조로 지역마다 설치되어 있었다. 그러나 우리나라에는 이러한 기계가 없어 선진국들과의 연구의 격차를 좁히기에는 너무 힘이 들므로 이에 대한 투자가 시급하다.

소 잃고 외양간 고치지 말고, 산성우 및 대기오염물질이 삼림에 미치는 영향을 지금부터 체계적이고 종합적으로 연구를 수행하여, 5~10년후에는 그 대책이 마련되어야 피해를 줄일 수 있을 것이다. 장래 어느날 삼림에서 산성비에 의해 임목이 고사되기 시작할때는 너무 시기가 늦어져 삼림토양의 생산성을 회복하기에는 많은 노력과 자금이 필요로 할 것이다.