

## 조경지 관리와 산성비(대기오염 물질)



**이 원 규**  
전 임업연구원  
중부임업시험장장

지난 해 조선일보 1월 27일자에는 “中 사상 최악황사”라는 제목으로 최근 중국에서 발달하고 있는 거대한 황사구름이 중국사상초유의 생태적 붕괴를 낳을 우려가 있다고 영국의 인디펜던트지(紙)가 26일 보도한 내용을 소개했다. 미국 워싱턴 지구정책연구소의 레스트 브라운소장은 최근 수년간 범위를 급격히 넓혀 가고 있는 중국 북부 황진(黃塵)지대에서 발생한 거대한 먼지구름이 현재 아시아 상공 수 천 Km에 걸쳐 뻗어 있으며 이 같은 먼지구름은 이 지역에 극심한 식량난과 함께 대규모 환경 난민을 낳을 수 있다고 지적했다고 하는 기사를 읽고 임업연구원에 재직하면서 산성비와 산림피해 등 대기오염관계를 연구하였던 경험을 바탕으로 미루어 짐작하던데 2003년 한 해는 황사와 함께 큰 재난이 있을 것으로 예측하였으나 다행히도 태풍 매미로 인한 재난 외는 황사 때문에 사회문제가 되었

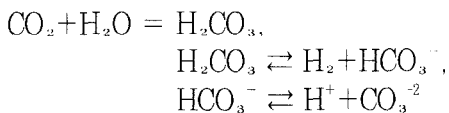
든 적은 없었다고 생각한다. 중국 기상청에 따르면 1950년대의 경우 대규모의 황사가 일어난 것은 단 다섯 차례였다. 그러나 1990년 들어서 23회로 늘어났으며 2000년대에 들어와서는 첫 두해동안 이미 20차례를 기록, 이전 10년간의 전체 수치에 육박하고 있다고 우려를 나타내고 있다. 중국의 건조지대에서 부는 황사는 지난 2700여 년간 계속 대 왔지만 최근 들어 그 규모와 빈도가 급증세를 보이고 있다고 한다. 사실 황사 그 자체도 인체를 비롯한 모든 환경에 피해를 일으키지만 편서풍을 타고 중국의 동북 공업지역의 상공을 경유하면서 공해물질을 포함하여 우리나라에 산성비를 내리게 하는 것이 우리에게서는 더 큰 피해를 입을 수 있다는 점이다. 2004년 금년 들어 1, 2일 양일간에 황사현상이 있었다는 일기예보를 접하면서 대기오염이나, 산성비에 대한 모든 내용을 사전에 충분히 알고 있으면 언젠가는 있을 수도 있을 이들의 피해로 인한 큰 재난을 극복할 수 있을 것으로 믿으며, 이러한 차원에서 조경지 관리와 산성비에 관한 내용을 함께 검토하여 보고자한다.

### 1. 산성비(酸性雨)란?

공중으로부터 내리는 비는 증류수와 같은 순수한 물은 아니다. 대기 중에 존재하는 다양한 가스나 부유물(浮游物)이 녹아들은, 말하자면 더러워져 있기 때문이다. 그런데 무엇이 산성비인가를 결정할 때에 산성도를 나타내는 pH라고 하는 지표를 사용하는 것이 많다. 즉, 물질의 산성도를 알기위한 지표로서

넓게 이용되어 지고 있는 용어 “pH”는 덴마크의 화학자 소렌센에 의하여 1909년에 제창되었는데, potential of Hydrogen ion의 약자로서 첫 머리글자 “pH” 또는 “페하”라고도 한다. 물은 매우 약한 전해질(電解質)이며 적은 양이나마 전기를 띤 입자(ion)로 해리(解離)하여  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 로 된다. 물의 전리는 무시할 만큼 적으므로 22℃에서  $10^{-14}$  mol에 지나지 않는다.  $H^+$ 와  $OH^-$ 의 농도를 각각 수소이온 농도 $[H^+]$ 와 수산이온농도 $[OH^-]$ 로 표시하면 이 양자의 곱은 일정한 온도 22℃에서  $[H^+][OH^-]=10^{-14}$ 로 되며, 중성인 물에 있어서는  $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$ 이다. 이것은 1l 중에 각각  $10^{-7}$  g 당량(또는 1/10,000,000g당량)을 함유한다는 것이며 즉  $H^+$ 를 0.0000001g,  $OH^-$ 를 0.0000001g 함유한다는 것을 뜻한다. 이 양자는 한쪽이 줄면 다른 한쪽이 늘게 되어 총량은 언제나  $10^{-14}$ 인 관계가 있다. 그러나  $10^{-7}$ 과 같은 숫자로는 취급하기에 불편하므로  $[H^+]$ 의 역수의 상용대수를 써서 간단한 값으로 표시한 것이 pH이다.

산성비의 경우는 pH 5.6의 비를 산성비라고 하는데 그 이유는 먼저 순수한 증류수를 온실에 보존하고 뿔 수 있는 한 많은 탄산가스( $CO_2$ )를 주입하여 녹이면 대개 330ppm에서 그 이상은 녹지 않는 포화점에 도달한다. 이 때 수중에서 다음과 같은 평형상태가 유지된다.



이와 같은 해리가 일어나 수소이온( $H^+$ )이 방출되므로 증류수는 약 산성을 띠는데 이때의 pH는 대개 5.6이다. 구름 속에 증류수와 같은 순수한 물이 있다고 생각하고 이 물이 대기 속에 넉넉하게 있는 탄산가스로 포화된 상태를 가정한다면 이 때의 산성도를 기준으로 잡아 이것보다도 산성도가 높은 비를 산성비라고 부르고 있다. 하지만 많은 전문가들은 이 기준에는 과학적인 근거가 없다고 생각하고 있으며 그 주요한 이유는 대기 중에는 다양한 물질이 존재하고 탄산가스는 그들 중의 하나에 지나지 않기 때문에 탄산가스만으로 포화된 상태를 원점으로 되돌리면 산성비

로 있을까, 그렇지 않을까를 판단하는 데에는 과학적인 의미가 없기 때문이다. 즉 pH 5.6이하의 비를 산성비라고 정의하였으나 오염이 없는 지역의 대기 중에도 다양한 가스 상 또는 입자상 물질이 존재하고 있어 각각 용해도에 따라 빗물에 녹아들며 이 때문에 비의 pH는 5.6보다 높거나 낮게 되어지기 때문에 이 값은 그다지 의미가 없다는 것이 일찍부터 지적되고 있다.

## 2. 산성비의 역사

### 가. 6500만 년 전의 산성비

거대한 시다 식물(pteridophyta : 녹색식물 중에서 維管束을 갖고 종자의 형성을 보이지 않는 단계의 식물)이 무성하고 육상에는 공룡이 날뛰며 해중에는 암모나이드(ammonoidea: 菊石類, 중생대말기에 절멸)가 정교하고 치밀한 진화를 하고 있던 중생대 말기, 백악기, 포유동물이 활동하며 피자식물이 그 세력의 범위를 넓힌 신생대 전반, 제3기, 이 두시기 동안에는 죽음의 단절이 있었다. 이 공백시대는 지금으로부터 6,500만 년 전에 공룡, 암모나이드는 절멸하고 그 뿐만이 아닌 육생(陸生), 해생(海生) 식물의 3/4정도의 종이 이 지상에서 소멸하였다.

이것을 대절멸이라 한다. 최근에 이르기까지 이 대 절멸의 직접적인 원인은 급격한 기후 변화에 의한 것으로 생각되어졌다. 현대 과학은 이 대 절멸에 산성비가 큰 역할을 하지 않았나 하고 생각하고 있다. 1980년대가 되어 두 가지의 새로운 학설이 등장하였는데 그 중 캘리포니아 대학 Alvarez등이 주장하고 있는 지구와 소혹성 또는 대운석(모두 직경10km 정도), 혹은 혜성과의 충돌설이다. Alvarez와 노벨물리학상 수상자인 그의 부친 L. W. Alvarez등은 이탈리아의 아페인 산맥에서 백악기와 제3기와의 사이에 1~2cm 정도의 점토층에 통상의 30배 이상의 이리지움이 함유되어있는 것을 발견하였다. 이리지움은 지구 상에는 미량밖에 존재하지 않으며 우주로부터 떨어지는 운석(隕石)중에 다량으로 함유되어있는 물질이다. 그래서 세계각지에 존재하는 동 시대의 지층을 조사하여 보면 같은 크기의 이리지움의 함유가 발견되어지고 있기 때문이다. 그런데

상황증거는 계속 나왔다. 지금으로부터 6,500만 년 전에 우주로부터 거대한 물체가 지구에 충돌하였다고 하는 것이 매우 있을법한 일이다. 충돌의 Energy는 지구상의 기온을 수 도(數度) 올리는 것이 될 정도로 큰 것이었다.

크루첸의 설명에 의하면 충돌에너지와 충격파(衝擊波)에 의하여 공기 중 산소와 질소가 결합하여 대량의 일산화질소(NO)가 발생한다. 충돌시에 휘말려 올라간 먼지와 함께 일산화질소는 대기 중에서 산화되어져 이산화질소(NO<sub>2</sub>)로 변화하면서 일년도 되지 않는 사이에 지구 전체를 덮고 만다. 이산화질소의 농도는 자동차공해가 가장심한 대도시 공기의 천배도 넘는 높은 것으로 된다고 한다. 고농도의 이산화질소는 지상의 동식물에 있어서는 극히 유해하다. 그러나 그것만으로 끝이지 않는다. 이 가스는 대기 중에서 화학반응을 일으켜 극히 강한 초산(pH 1 정도)으로 변화한다. 이렇게 하여 생겨진 강도의 산성비가 지상으로 내리는 것이라고 생각되어진다는 설이다. 또 충돌이나 대화재에 의하여 생성된 어떤 종의 물질(예를 들어 아산화질소, 이산화질소 등)은 오존(O<sub>3</sub>)층을 파괴하며 이 때문에 자외선의 지표에로의 투과율이 증대하고 생물의 생존에 대하여 심각한 영향을 가져왔다.

오존은 산화력이 강한 기체로 인체에는 유해하다. 이 물질은 지표로부터 15~50km의 상공 성층권에 층을 만들고 있어 태양으로부터의 유해한 자외선을 흡수하여 지상의 동식물이 피해를 받지 않게 보호하여주고 있다. 그런데 이 오존층도 자외선의 근본이 되는 염소, 취소, 질소산화물 등의 촉매가 존재하면 급속하게 파괴되어 간다.

지구상의 75%의 종을 전멸시킨 원인은 산성비였고, 온실효과였으며, 오존층의 파괴에 있었다고 하는 것이다. 이것은 무언가 우리들이 직면하고 있는 것과 완전히 같은 상황이 아닌가 단 하나 상위한 것은 6500만 년 전에 지구의 환경과 파괴를 행한 것은 자연 자신이었으며 자연재해였다. 이에 대하여 현재 우리들이 살고 있는 지구의 환경과 파괴 위기는 우리들 자신이 만들어낸 인위재해이다. 원인은 크게 다르나 자겨올 수 있는 결과는 무서운 것이다.

## 나. 옛날부터 산성비는 세계각지에서 내렸다.

화산의 분화, 낙 뇌(落雷), 바다에서의 파도에 의한 물방울 등은 자연계에 대하여 끊이지 않고 염산(鹽酸)등의 원료를 제공하고 있다. 자연이 가져다준 산성물질에 의한 산성비가내리는 것은 결코 희귀한 것은 아니고 극히 일상적으로 볼 수 있는 현상이다. 예로서 어떤 조사에 의하면 기원전 1350년경에 이루어 졌다고 보여 지는 북극지역의 얼음이 강한 산성을 띠고 있다는데 이는 당시 그곳에 산성비 또는 산성 눈이 내렸다고 하는 증거라고 생각되어진다는 것이다. 대 전멸 이후 세계가 산업혁명이라고 하는 화석연료의 대량소비시대의 개막을 마지하기까지의 오랜 기간, 비록 레몬 주스와 비슷한 정도의 산도를 갖는 비가 내렸다 하여도 그것은 자연의 정상적인 변이의 범위 내에 들어있다는 것이다.

## 다. 산업혁명이후

극히 최근에 일본국의 한 비닐제조공장에서 화재가 발생하였다. 이 화재로 공장에서 사용하고 있던 염소가스가 새고 말았다. 염소 가스는 대기 중에 존재하는 수증기나 기타물질과의 화학반응으로 용이하게 염산으로 변화한다. 이 공장에서 수 km떨어진 곳에서는 산성비 때문에 수출용자동차수천대의 도장이 벗겨지는 등 피해가 났다. 이 예는 산성비가 극히 간단하게 내리는 것임을 잘 나타내고 있다.

18세기 중엽에 영국에서 시작된 산업혁명은 점차 유럽각지로 넓혀졌으며 그와 함께 석탄의 소비가 비약적으로 확대하고 있었다. 석탄을 사용하는 대공장의 주변이나 대 도시에는 심각한 대기오염과 함께 강한 산성비가 내렸다고 생각되어진다. 런던의 예를 들어보면 1950년대의 상황은 특히 심하였다. 1952년에는 대기오염과 산성스모그 때문에 4,000명이 죽고, 1962년에는 800명이 사망하였다. 대낮이라고 하지만 주변이 어두워 가까이 있는 사람의 얼굴조차 식별할 수 없는 정도였다. 4일간에 걸쳐 아황산가스와 pH가 1.4에서 1.9라고 하는 강산성안개의 고문을 받았으며 4,000명이 사망하고 2,000명이 병원에서치료를 받았다. 사인은 호흡기와 심장장애가 대부분

분 이었다고 한다. 1950년대 중반에는 영국동남부, 프랑스북부, 베네룩스 3국에서 강산성비가 관측되었고 또, 이로부터 10년 후에는 서 유럽, 북부유럽전역에서 강한 산성비가 확인되었다. (이상 산성화하는 지구:1990. 일본방송출판협회)

### 3. 대기오염물질과 산성비

#### 가. 대기오염의 쟁의

대기오염(air pollution)이란 인위적으로(또는 화산활동 등에서 자연으로)발생한 물질이 대기 중으로 들어와 그 물질의 농도나 지속시간이 사람 및 동식물의 생활을 방해하는 것과 같은 상태를 말한다. 또, 세계보건기구(World Health Organization)에서는 “대기오염이란 대기 중의 인위적으로 배출된 오염물질이 존재하여 오염 물질 양, 오염 농도 및 지속시간에 따라 어떤 지역 주민의 불특정다수에 불쾌감을 일으키거나 해당 지역 공중 보건상의 위해를 미치고 인간이나 식물, 동물의 생활에 해를 끼쳐서 인간의 생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태”라고 규정하고 있다.

#### 나. 대기오염물질의 종류

대기오염물질의 종류로서는 크게 1차 오염물질과 2차 오염물질로 구분하고 있다. 전자의 오염물질은 자연적 현상이나 인위적인 경제활동 등으로 인하여 대기 중으로 곧바로 유입되는 화학 물질이며, 이들 1차 오염물질들이 대기 중에서 화학적인 반응을 일으킬 때 발생하는 해로운 물질을 2차 오염물질이라고 한다. 대기오염물질들은 아래와 같이 구분할 수 있다.

- (1) 탄소산화물 : 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)
- (2) 유황산화물 : 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 삼산화 황(SO<sub>3</sub>)
- (3) 질소산화물 : 일산화질소(NO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 일산화질소(N<sub>2</sub>O).
- (4) 휘발성 유기화합물은 탄화수소류에 메탄, 부탄, 에틸렌, 벤젠 등이 있고 기타 유기 화합물로는 포름알데히드, 크로르포름, 메틸크로라이드 등이 있다.


(5) 부유(浮游) 입자상 물질에는 고체상 입자로 먼지, 검댕, 석면, 납, 카드뮴 등이 있고, 액적(液滴)으로 황산, 질산, 기름, 농약 등이 있다.

(6) 공화학적 산화물 : 오존, PAN, PBN 등

(7) 산성비 : 산도가 pH 5.6이하의 강수

#### 다. 대기오염이 조경수목에 미치는 영향

대기오염이 수목에 미치는 영향은 민감하여 우리들 인간에게 끼치는 영향보다 먼저 나타난다는 점에서 특히 주목된다고 한다. 매연(煤煙)이 인체에 미치는 연구가 영국에서 관심을 갖고 있을 때, 독일에서는 1850년경부터 제련소의 배기가스, 주로 아황산가스에 의한 식물피해연구가 진행되었다. 그러나 현재의 대기오염은 오염원의 다양화에 따라 그 피해양상이 복잡화하여 오염원 중심 및 주변이나 비 오염지역까지 확산되고 있다.

대기오염에 의한 수목의 피해는 가시적인 것과 그렇지 않는 피해가 있는데 전자에는 수목에 나타나는 병적 징후를 육안으로 볼 수 있는 것이며 후자 즉 불가시적 피해는 외견상으로는 인정이 되지 않으나 광합성이나 증산 등의 생리작용에 이상이 생겨서 생장량이 감소하는 경우를 뜻한다. 가시적 피해는 다시 급성피해와 만성피해로 구분되는데 급성피해는 고농도의 오염물질이 단시간동안에 피해를 입히는 것이며, 만성피해는 이와 반대로 저농도의 오염물질이 장기간에 걸쳐서 피해를 줌으로 인하여 가시적 피해가 발생하는 것을 말한다. 수목에 피해를 주는 유해성분은 가스, 분진(粉塵), 산성비 등을 들 수가 있는데 분진은 가용성 화학성분을 함유하는 것 이외에는 급격한 피해를 나타내는 일이 없이 만성적인 영향을 준다. 이에 반하여 가스는 급격한 반응을 나타내어 큰 피해를 준다. 최근에는 산성비로 인하여 유럽과 북미지역의 산림생태계에 많은 피해를 주고 있다고 한다. 또, 대기오염이 수목에 영향을 주는 정도는 가스의 종류, 농도, 접촉시간, 수목의 종류나 접촉시의 온도, 광도, 습도 등의 기상조건이나 계절 차이, 생육시기 등에 따라 크게 차이가 있다. 다음에는 오염원별로 수목에 미치는 영향을 비교하여보기로 하자. 

(다음에 또)