

환경문제에 있어서의 조경수의 역할과 피해상황

이 경 재(농학박사)/서울시립대학교 조경학과 교수



1. 머릿말

환경오염이란 생태계내의 정상적인 물질순환 과정이 교란되어 그 영향이 인간을 비롯한 생물의 생활환경에 미치는 것이다. 환경오염의 종류는 대기오염, 수질오염, 폐기물 오염, 토양오염 등이 있으나 여기에서는 대기오염으로 국한한다. 대기오염이 생물체에 미치는 피해는 대체로 유럽에서 15세기부터 문제로 대두되어 왔다. 기상 조건에 따라 지역적으로 엄청난 피해를 일으키는데 1952년 겨울 영국의 런던에서 스모그현상에 의해 4,000명의 인명피해를 낸 사건이 그 예이다. 그 당시 런던의 대기중 아황산가스(SO₂gas)의 농도는 0.1~0.7ppm(WHO의 연간 허용농도는 0.022 ppm)로 매우 높았는데 석탄을 연료로 사용하여 배출된 아황산가스가 안개와 섞여 스모그현상이 나타났고 여기에 바람이 없는 기상조건에 의한 대기정체가 큰 원인이 된 것이다. 이 사건을 런던 스모그사건이라 부르며 석탄을 연료로 하였을 때 일어난 일이다. 석유를 연료로 하였을 때 발생한 중요스모그사건은 로스엔젤레스사건을 꼽는다. 1954년 이후 400만대 이상 되는 자동차의 배기가스가 원인이 되어 여기에 지형, 해양기상조건, 광화학반응 등이 가중되어 연무형 스모그가 발생하여 사람들의 눈, 코, 기도, 폐 등 점막에 지속적인 자극이 일어나 많은 사람들이 일상생활에서 불쾌감을 느꼈다.

우리나라도 1960년대 이후 산업발전에 따라 울산, 여천 등 공업단지의 특정지역에서만 발생하던 대기오염의 피해가 대도시에서 인구의 집중과 자동차의 증가로 피해가 나타나기 시작하였다. 최근 서울에서는 런던스모그 및 로스엔젤레스스모그의 현상이 발생되고 있다는 발표가 있었다. 이러한 대기오염물질을 정화시킬 수 있는 식물은 정화능력을 초과하여 피해현상까지 나타나고 있다.

본 글에서는 대기오염에 대한 조경수목의 정화기능을 살펴보고, 아울러 대기오염에 의한 피해상황을 살펴 보기로 한다.

2. 대기오염물질 종류와 식물피해 기작

우리나라에서 알려진 대기오염물질의 종류는 대기를 오염시키는 가스종류, 산성우, 산성안개 등으로 구분할 수 있다.

도시지역에서 식물체에 피해를 주는 대기오염물질은 주로 황산화물, 질소산화물, 산소화합물, 탄소화합물이다. 황산화물중 가장 대표적인 가스는 아황산가스로서 유탄분이 들어 있는 석탄과 석유의 연소과정에서 주로 발생되며, 우리나라 대도시에서 문제가 되고 있는 가스의 하나이다. 질소산화물(NO_x)은 최근에 중요시되고 있는 오염물질로서, 종류가 많지만 대기오염에서는 산화질소(NO), 이산화질소(NO₂)가 주로 대상이 된

“

식물체는 잎의 기공을 항상 열어 놓고 호흡작용을 하는데 이 때 각종 오염물질이 함께 흡수되어 식물체내에 축적되므로 오염물질의 정화에 크게 기여하게 된다. 특히 수목의 생장력이 왕성할 때 대기중의 탄산가스를 줄이는데 매우 효과적이다.

”

다. 질소산화물은 자동차배기에서 주로 발생되고, 기타 가스난로 및 연소로에서도 배출되며, 대기중에서 탄화수소 및 오존과 반응하여 스모그를 형성, 시정(視程)을 감소시킨다. 산소화합물은 오존(O₃)으로서 도시지역에서는 질소산화물이 태양광선과 반응하여 오존이 발생되는데 최근 서울에서 피해를 심각하게 일으키는 오염물질의 하나가 되었다. 탄소화합물은 탄산가스(CO₂)와 일산화탄소(CO)가 대표적인 가스로서 석탄, 석유가 연소될때 발생되며, 식물체의 광합성작용에 의해 탄산가스를 사용하므로 19세기 이전까지는 대기중의 농도가 일정하였으나, 금세기에 들어 화석연료의 과다사용과 열대림의 벌채등에 의해 대기중의 탄산가스의 농도가 증가, 지구온실화의 일익을 담당하고 있다. 대기중의 황화합물은 식물의 기공을 통해 침투하여 식물체내에서 형성된 알데히드(-CHO)와 작용하여 히드록시설폰산을 형성하고 일부는 황산(H₂SO₄)이 되어 세포를 파괴시키는데 생리작용이 가장 왕성한 잎에 가장 심한 피해를 일으킨다. 피해를 받은 잎은 황갈색 내지 회백색으로 변하여 반점이 생기는데, 외국에서 연구한 바에 의하면 알팔파(미국) 나팔꽃(일본)이 황산화물 피해에 가장 예민하여 도시내의 오염상태를 감시하는 지표식물(指標植物, indicator plant)로 이용하고 있다. 우리나라에서는 잎이 넓기에 피해상태를 쉽게 관찰할 수 있는 들깨가 지표식물로 선정, 1987~1989년 동안 연

구되어 좋은 결과를 얻은 적이 있다. 오존 등의 산화물은 기공을 통해 식물체내에 들어가 울타리세포를 파괴시켜 얼룩무늬의 반점을 생성하고 심하면 해면상세포까지 침해하여 백색-황갈색으로 잎이 변한다.

산성비는 빗물에 황화합물과 질소산화물이 흘러 들어가 빗물의 산도를 낮추는 것으로 pH5.6이하일 때를 산성비라 한다. 최근 우리나라의 대도시에서는 산성비가 빈번하게 내려 부산에서는 pH3.9, 서울에서는 pH4.2까지 보고되어 그 피해는 심각하게 나타날 가능성이 있다. 유럽에서는 건축물과 조각품이 부식, 호수의 산성화에 의한 물고기의 폐죽음, 이집트에서는 스�핑크스와 피라미에 대한 피해가 심각한 것으로 보고되고 있다. 독일에서의 산성비에 의한 삼림의 피해도 매우 심각하며 우리나라에서도 최근 피해가 보고되고 있다. 산성비는 식물의 잎보호층을 부식시켜 외부로부터의 병충해에 대한 저항성을 감소시키고, 아울러 토양을 산성화시켜 양이온 특히 마그네슘(Mg) 이온의 용탈을 가속화시켜 엽록소의 합성을 방해하므로 녹색의 잎이 서서히 황화되기 시작한다. 또한 산성비는 토양내의 알루미늄(Al)이온 함량을 증가시켜 식물에 피해를 입히기도 한다.

최근 우리나라에서도 산성안개가 발생된다는 결과가 보고되었는데, 산성안개는 수증기중에 이온화된 황산염(SO₄²⁻)이 결합되어 빛을 산란시켜 안개낀것 처럼 시계를 뿌옇게 만드는 현상으로 산성비보다 수분이 적으므로 산도는 더욱 낮아 식물에 미치는 피해는 산성비보다 몇 배 클 것으로 생각되나 아직 이에 대한 연구결과는 보고되지 않았다.

3. 조경수목에 의한 환경오염정화

대기오염물질을 정화시키는 방법은 오염원을 차단하는 방법이 가장 효과적이거나 만물의 영장이라고 생각하는 오만한 인류집단이 생존하는 한

이 일은 거의 불가능하다. 인간이 모여 살다보니 경쟁심리가 생겨나고, 보다 더 잘 살고자 하는 욕구가 에너지소비를 더욱 부추기게 되었다. 에너지생산은 현재로서는 화석연료를 원료로 하기 때문에 사용이 증가할수록 오염물질의 배출은 늘어 가지만 한다. 그래서 생태학자들은 1%의 GNP(국민총생산액)는 0.7%의 GNP(국민총오염물질배출액)를 창출한다고 경제의 저성장을 주장하나, 경제학자들은 저성장의 경제운영은 인구증가에 따른 실업률의 증가를 해결할 수 밖에 없어 고도의 경제성장은 필요하다고 주장한다.

미국의 브라운(Lester B. Brown)등이 집필한 1990년 지구환경보고서에 의하면 현대 인류는 환경오염에 의한 위기상황을 극복하기 위해서 미래의 차로 자전거를 제시하고 있다. 1인을 1km 운송하는데 필요한 에너지소모량은 자동차(1인승차시) 1,153cal, 여객버스 570cal, 도보 62cal, 자전거 22cal이므로 자전거가 가장 경제적이기에 따라 배출되는 오염물질도 가장 적다는 것이다. 자전거문화가 정착한 대표적인 나라는 중국이며 유럽의 네덜란드, 덴마크 등에서 정착되었고 일본에서도 큰 효과를 거두고 있으나 우리나라는 거꾸로 자동차가 자전거를 몰아내고 있다. 그리고 자동차도 경쟁적으로 배기량을 높임에 따라 피와 땀으로 어렵게 벌어들인 외화를 자동차문화를 위해 지출하고 있는셈이다. 좁은 국토에 4천만명이 넘는 사람들이 모여 살면서 에너지절약을 위해 부단히 노력을 하여야 할 것이다. 현재 살고 있는 인간들은 거의 자식을 갖고 있으므로 우리는 죽더라도 후손들이 계속 삶을 영위하므로 그들이 안심하고 살 수 있는 터전을 넘겨 주어야 한다. 그러기 위해서는 소비는 죄악이요, 절약은 미덕이라는 신조를 갖고 살아야 할 것이다.

대기오염물질의 배출을 근본적으로 막지 못한다면 피동적이지만 식물 특히 나무를 많이 심어 오염물질을 정화시켜야 한다. 식물체는 광합성 작용을 하여야만 살아가는데 이때의 중요한 원료가 탄산가스(CO₂)이며, 최종생산물로 산소(O₂)

를 배출한다. 탄산가스는 앞에서 설명한 것과 같이 화석연료를 연소시킬 때 나오는 기체로서 지구온실화의 중요한 원인물질이다. 그러므로 수목을 많이 심는다는 것은 대기중의 탄산가스를 줄인다는 것으로 성장력이 왕성할 때 그 효과가 크다. 우리나라에서 임목의 최대성장율은 식재후 20~30년에 나타나므로 대기오염을 정화시키기 위한 수목의 기능으로는 이때가 가장 효율적이다.

식물체는 잎의 기공을 항상 열어 놓고 호흡작용을 하는데 산소가 흡수될 때 각종 오염물질이 함께 흡수되어 체내의 대사작용을 거쳐 식물체 내에 축적하므로 오염물질의 정화에 매우 기여하게 된다. 대도시에서 식재한 조경수목은 환경오염물질에 항상 노출되므로 대기오염물질의 정화기능은 매우 중요하다.

1976년 서울지역과 수원지역 조경수목 엽내의 오염물질 함량

수 종	지 역	전유황 (%)	납 (ppm)	카드뮴 (ppm)
양버즘나무	남대문로	1.16	27.53	0.23
	수 원	0.79	3.12	0.70
은행나무	광 화 문	1.33	55.06	0.32
	수 원	0.44	1.92	0.08
능수버들	신 촌	1.51	8.30	1.65
	수 원	0.92	1.74	1.32
가층나무	신 촌	1.47	14.83	0.18
	수 원	0.34	2.58	0.14
향나무	신 촌	0.40	139.46	0.25
	수 원	0.15	2.37	0.47
개나리	남 산	0.70	6.38	0.20
	수 원	0.37	1.09	0.14
느티나무	남 산	0.46	14.00	0.22
	수 원	0.24	1.60	0.06
벚나무	남 산	0.34	10.10	0.06
	수 원	0.20	1.75	0.10
소나무	남 산	0.26	9.90	0.22
	수 원	0.17	1.87	0.12
갈참나무	남 산	0.31	7.33	0.22
	수 원	0.27	1.58	0.10
아카시나무	남 산	0.57	8.73	0.16
	수 원	0.43	0.92	0.16

자료: 임경빈, 권기원, 이경재등. 환경오염이 도시수목의 생육에 미치는 영향(I 서울대 농과대학 연습림 보고 15: 80~102, 1979.

옆의 표는 최근에 발표된 자료는 아니나 1976년 10월 서울시내 조경수목의 엽내 오염물질 축적량을 수원에 있는 서울대학교 농과대의 구내에서 생육하고 있는 수목과 비교한 것이다. 엽내의 전유황함량, 납 및 카드뮴의 함량을 측정함으로써 이들 함량이 높다고 오염물질의 흡수함량도 똑같이 높음을 증명할 수는 없으나 엽내 오염물질 함량이 높은 개체는 낮은 개체보다도 오염물질의 정화능력이 크다고 말할 수 있겠다. 아황산가스에 대한 정화능력이 큰 조경수목은 은행나무와 가중나무를 들 수 있겠다. 서울에서는 자동차대수의 증가에 따라 배기가스에서 배출되는 납함량이 무시하지 못할 정도로 높아지고 있는데 인간의 체내에 축적이 되면 신경근육계, 순환계, 뇌 등에 장애를 일으킨다. 납의 식물체내 축적능력이 가장 큰 수종으로는 향나무인데 매우 높은 수치이다. 이외에 양버즘나무, 은행나무, 가중나무, 능수버들, 느티나무, 아카시나무 등이 납에 대한 정화능력이 큰 수목으로 밝혀졌다. 이들 수종은 대기오염물질에 대한 내성이 강한 수종이므로 대기오염이 심한 도시녹지에서 식재해야 할 수종이다. 물론 우리나라 도시에서는 자생수종을 심어 우리 특유의 공간을 연출하는 것도 중요하나 현재의 상태로는 대기오염물질의 정화능력이 큰 수종으로서 자생종, 외래종 가릴것 없이 오염된 도시환경에서 잘 자랄 수 있는 조경수목을 식재하고, 20~30년 후 도시의 대기오염물질의 농도가 낮아지면 고유의 자생종 식재를 고려해야 할 것이다. 요사이 많이 심고 있는 소나무는 대기오염에 약하므로 식재를 피해야 하며, 서울지역에서는 양버즘나무, 은행나무, 능수버들, 가중나무, 향나무, 느티나무, 갈참나무, 아카시나무를 계속 식재해야 하겠다.

4. 수목피해현상

전세계의 삼림에서 대기오염물질 및 산성우에 의하여 피해가 심하게 나타나기 시작한 것은 1980년대초 독일의 슈바르츠발트(Schwarzwald)였다.



독일 슈바르츠발트(Schwarzwald)의 독일 가문비 나무. 산성비에 의한 피해현상(1989. 5. 필자 촬영)



독일 북부지방 하르츠(Harz)지역의 산성비에 의한 산림의 피해. 제거하지 않고 국민의 교육장으로 이용하고 있음(1989. 5. 필자 촬영)

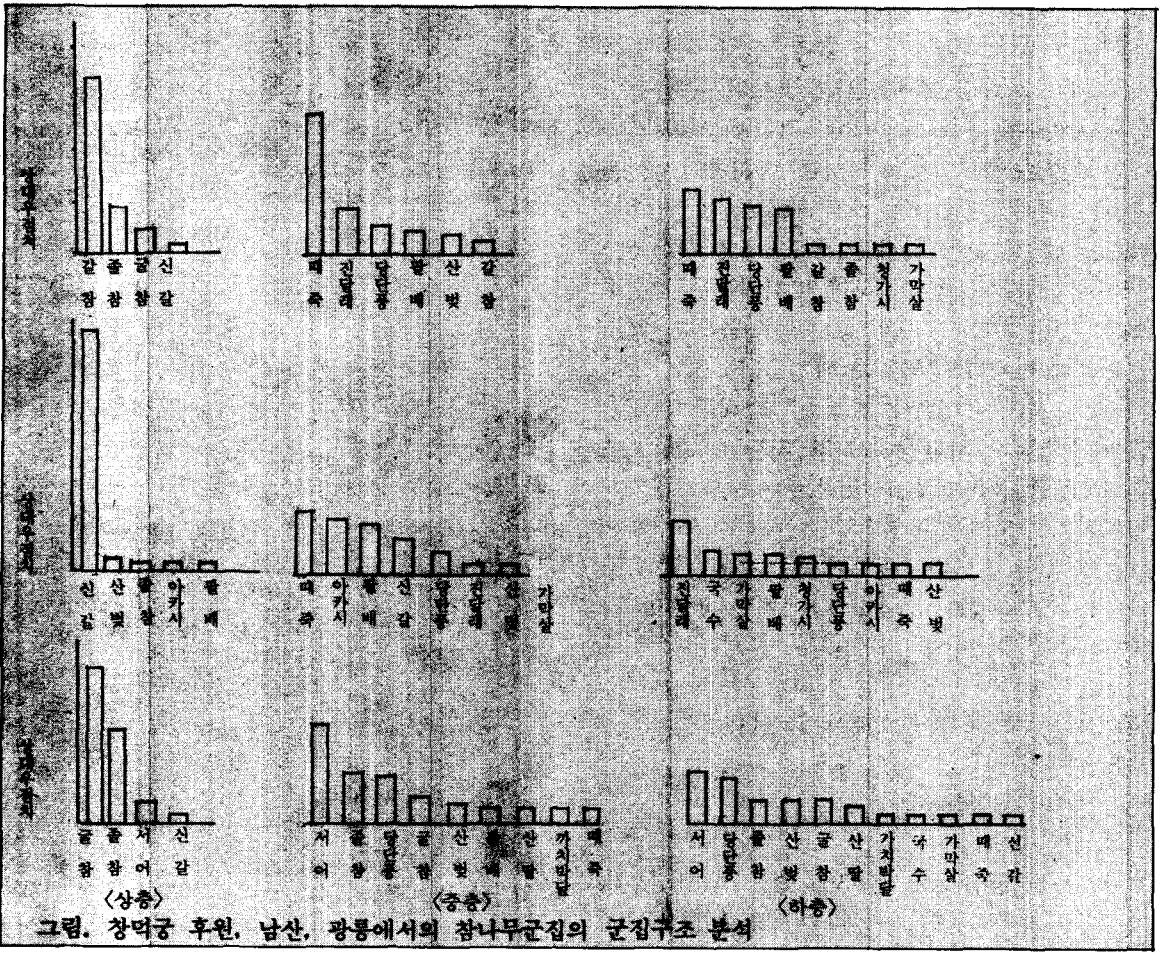
특집/환경오염과 조경수

(사진 1·2참조) 이곳의 숲은 인공식재된 것으로 독일가문비나무와 유럽젓나무가 대표수종으로 1980년대 초에는 전체면적의 20% 정도에 피해가 발생하였으나 1990년에는 전체의 80%정도가 피해를 입고 있었다. 필자가 1980년도에 이곳을 방문하였을 때 토양을 중화시키기 위해 석회비료와 염록소의 구성요소인 마그네슘비료를 200~300g/m²씩이나 뿌려 지표면이 하얗게 보였다. 또한 피해가 나타나기 시작한 초기에 독일가문비와 유럽젓나무를 수확벌채하고 유럽너도밤나무로 대체하고 있었다. 최근 독일에서는 남쪽의 슈바르츠발트 뿐 만 아니라 북부의 하르츠(Harz)의 삼림까지 피해가 나타나는 등 전국에 걸쳐 전 삼림의 60%정도가 피해를 입은 것으로 보고되

었다. 독일뿐 만 아니라 프랑스, 영국, 스위스, 폴란드, 체코슬로바키아, 스웨덴 등지에서도 대기오염물질 및 산성우의 피해가 확대되고 있다.

미주에서는 1925년 캐나다의 한 제련소에서 발생한 유독오염물질이 미국에 까지 퍼져나가 수목, 농작물에 피해를 주어 국제적인 문제가 된 것이 발단이 되었다. 현재는 캐나다와 미국의 오대호 연안이 자리잡고 있는 동부지역에서 삼림의 피해가 발생되고 있다.

우리나라에서의 삼림의 피해는 공단인근과 도시지역으로 구분할 수 있는데 공단인근에서는 1970년대 중반부터 피해가 문제화되었고 고농도의 오염물질이 단시간동안 영향을 주어 나타나는 급성피해의 상태이다. 1982년도에 필자가 조사한



바에 의하면 울산공단에서 7km 떨어진 조사구에서는 100m²당 20종의 수종이 출현하였으나 공단에서 0.3km 떨어진 조사구에서는 100m²당 3종밖에 나타나지 않았다. 공단에서 7km 떨어진 조사구에서 출현하였던 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 자귀나무, 개웃나무, 산초나무, 짚레나무, 붉나무 등은 0.3km 떨어진 조사구에서 사라지고 아카시나무, 곰솔, 청미래 덩굴만이 남아 있었다.

1990년 11월에 서울지역인 창덕궁후원, 남산과 광릉의 참나무류가 우점종 군집에 대하여 군집구조분석한 내용은 옆의 그림과 같다. 창덕궁후원에서는 교목상층에 갈참나무가 주를 이루나 교목하층 및 관목층에서는 때죽나무, 진달래, 팔배나무 등이 우점종이었다. 남산에서는 교목상층은 신갈나무, 교목하층 및 관목층에서는 때죽나무, 아카시나무, 팔배나무 등이 주를 이루고 있었다. 반면에 광릉에서는 교목상층은 굴참나무와 졸참나무, 교목하층 및 관목층에서는 서어나무, 당단풍나무, 까치박달나무가 우점종이어서 서어나무가 서울지역에서는 출현하지 않고 있는데, 이런 현상은 환경오염에 의해 서울지역의 숲이 파괴되어가고 있음을 나타내어 주는 것이다. 생물군집은 시간의 변화에 따라 정지하여 있지 않고 항상 변하는데 이를 생태적 천이(生態的 遷移: ecological succession)현상이라고 부르며, 우리나라 온대림에서 생태적 천이현상은 소나무→참나무류→서어나무로 알려졌는데 이러한 서어나무가 출현하지 않는다는 것은 서울의 식물군집이 환경오염에 의해 안정된 식물사회로 변할 수 없다는 것으로서 곧 식생군집이 파괴되어가고 있음을 나타내는 것이다.

토양도 매우 산성화되어 창덕궁 후원이 pH 4.2, 남산이 pH4.7, 광릉이 pH5.2~pH5.6으로 비교가 되었다.

수도권 지역의 독일가문비와 잣나무의 잎에서 황화현상이 관찰되고 있는데 극심지역이 동서로는 미금-인천, 남북으로는 과천-퇴계원,

경인지역은 각각 양수리-인천, 수원-광릉까지 이어서 수도권지역에서의 독일가문비나무, 잣나무, 소나무의 식재는 재고되어야 한다.

5. 도시지역에서의 조경수목 식재방향

(1)저항성 수종의 식재

도시지역에서의 환경오염의 문제가 거론되는 한 내성수종을 선발하여 식재하여야 할 것이다. 현재 식재되는 조경수목들은 가격이 비싼 고급수종들이 많이 포함되어 있으나 앞으로는 환경오염에 저항성이 강한 수종을 많이 심어야 한다. 특히 오염물질을 많이 흡수하고 식물체내에 축적을 잘 할 수 있는 수목을 고려해야 한다. 현재 저항성이 강한 수종의 연구도 서울시내 녹지에서 이루어져 현장과 연결되도록 조경수목을 취급하는 회사들이 대규모적으로 투자해야 한다. 연구를 하고 싶어도 자금부족으로 포기하는 수가 많다.

(2)생태적 식재

현재의 조경수목식재유형은 잔디위에 교목을 심는 평면적인 방법을 많이 이용하고 있다. 원래 삼림군집은 교목, 아교목, 관목, 초본류가 공생하고 아울러 지렁이 등의 소동물, 곤충 등이 어울려 사는 생태적 공간이다. 평면적 공간은 잔디와 교목만이 자라고 있어 병충해, 다른 식물의 침입 등의 환경적 영향에 매우 약하여 농약, 비료 등을 계속 투입해야 되는데, 이렇게 되면 소동물, 곤충 등이 멸종되어 "녹색의 사막공간"으로 변하게 된다. 생태적 공간은 환경오염에 대한 저항성도 평면적 공간보다 강하고 또한 생태적 천이도 진행되어 삼림군집 구조상 안정단계에 빨리 이르게 된다. 또한 현재 도시지역의 토양은 산성화되어 있으므로 이에 대한 치유책도 함께 고려해야 한다. ♣