# 도시 공원녹지의 소나무 군락식재 적정 모델개발과 적용(1)

## The Application and Development of the Community Planting Models of Pinus densiflora in Urban Green Area

한 봉 호(Han, Bong Ho)
서울시립대학교 조경학과

안 인 수(Ahn, In Su)
서울시립대학교 조경학과

## I. 도시 공원녹지의 소나무 군락식재 필요성

소나무류는 1억 7천만 년 전 중생대의 삼첩기말기부터 출현하여 수백만 년 동안 진화하여 현재에 이르고 있으며, 우리나라에서 자생하는 소나무는 남쪽으로는 제주도, 동쪽으로는 울릉도, 서쪽으로는 흑산도와 홍도에서 생육하며 육지에서는 함경도, 평안도의 고원지대를 제외하고 전국에 걸쳐 분포한다. 소나무는 내음성이 약한 양수이므로 생태적 천이 또는 인공식재로 형성된 일시적 우점림이라 할 수 있다. 소나무 생태형은 소나무의 수형, 기후 및 지질학적 분포 특성에 따라 금강형, 중남부평지형, 중남부고지형, 안강형, 위봉형, 동북형 등 6개 생태형으로 구분된 바 있다(植木, 1928; 임경빈, 1985).

소나무는 대개 다수의 개체군으로 구성된 군락의 형태로 발달하므로 소나무를 도시 공원녹지에 식재할 때는 독립수 형태보다는 군락식재하는 것이 바람직하다. 그러나, 최근 소나무를 단목의 일렬식재 형태로 가로수에 식재하고 있는 등 다양한 형태로 식재하고 있다. 소나무는 공단지역과 같이 대기오염 피해에 약하고, 특히 차량 배기가스에 노출되는 가로수 식재수종으로는 더욱 부적절하다.

도시의 인구집중화 현상으로 1990년대에는 전국 인구의 81.9%가 도시에 거주하게 되었고, 2005년에는 전국 인구의 48.2%가 수도권에 거주하는 등 만성적인 주택부족 현상이 진행되었다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 가장 보편적인 주거유형인 아파트의 건설이 증가하였고, 최근에는 미적으로 아름다운 공원 같은 아파트단지로 변해가고 있다(한봉호, 2000; 김대현 등, 2005; 김종엽, 2007). 아파트단지의 조경요소에 대한 주민선호도 연구에서 주민들은 경관성을 가장 선호하였고, 주민의 81.6%가 아파트단지 조경이 중요하다고 하였고 그 이유로는 95.2%가 아파트가격 상승에 대한 기대 때문인 것으로 분석되었다(손승희, 2007).

그러나 이러한 아파트단지 조경녹지와 도시공원 내에 장송이라는 잘못된 이름으로 거래되고 있는 금강형 소나무를 교목층에 집단으로 식재한 후 아교목층과 관목층에 대나무, 철쭉류, 영산홍 등을 식재하고 있다. 소나무의 생태형, 식생기후대, 생태적 지위를 고려하지 않은 식재로 왜곡된 소나무군락 경관연출 및 대경목 소나무 고사로 인한 하자율 증가 등의 문제점이 발생하고 있다.

우리나라의 문화경관적 특성과 주민의 선호도를 고려하였을 때 주거단지와 공원녹지에서 소나무군락 식재가 광범위하게 이루어지고 있으며, 소나무군락의 생태적 식재모델 개발이 시급하다고 할 수 있다(홍석환 등, 2010). 군락식재는 생태적 배식기법 중 하나로 대면적 녹지조성에 생태학적 사고방식을 도입한 것으로 생태적 천이 이론에 기초하고 자연식생군락을 모델로 식재형태를 결정하여 생물종다양성을 복구하고 경관을 이상적으로 형성하기 위한 대안으로 제시되고 있다(김종엽, 2007). 그러나, 소나무군락 식재모델 연구는 온대중부지방의 소나무 대경목, 소경목, 묘목 식재모델 연구(권전오, 1997), 인천해안지방의 곰솔림과 소나무림 식재모델 연구(권전오 등, 2004), 온대중부지방의 소나무 군락식재모델 연구(홍석환 등, 2010)가 진행되어 왔다. 소나무의 생태형과 식생기후대를 고려하고 소나무와의 생태적 지위에 부합되는 아교목층과 관목층 적정 식재수종을 제시한 소나무 군락식재 모델 연구는 수행된 바가 없다.

우리나라 전통적으로 소나무를 식재한 것은 고려사와 조선왕조실록에 따르면 조상들은 예로부터 풍수에 의한

길지를 조성하고 기(氣)를 보완하고자 도읍, 궁궐, 마을, 임금 능역, 일반인 묘역, 심지어 사람이 다니는 길가까지 소나무를 심고 이를 위해 보호·관리해 왔다(이어령, 2006). 과거에는 기(氣)를 보비(補裨)하거나 외래 침략에 대비하여 병선을 제조하기 위해 소나무를 식재하고 관리해 왔으나, 이제는 아파트단지 내 조경녹지나 시민들이 선호하는 도시공원에서 지역 특성에 맞는 소나무 군락식재 모델 개발이 절실한 시대가 되었다.

소나무는 우리나라 전 국토의 아름다운 경관을 형성하고 있고, 역사적인 전통공간에 중요한 숲을 이루고 있다. 또한, 전 국민이 가장 좋아하는 수목이며, 전통적으로 청렴하고 기(氣)가 있는 수목으로 인식하고 있다. 소나무는 우리나라를 대표하는 수목이며, 숲이다. 최근 이러한 소나무를 도시 내 주거단지와 공원, 가로수 등에 대규모로 식재하고 있다. 그러나 적정하지 않은 식재로 많은 소나무가 죽어가거나, 아름답지 못한 경관을 형성하고 있다. 우리나라의 아름다운 자연경관을 형성하는 소나무 숲을 도시공간에 연출하기 위해서는 소나무의 생태적 특성과 지역성을 고려한 올바른 식재방법이 필요하다.

## II. 한반도 소나무 분포와 식생구조 특성

소나무(Pinus densiflora)는 한반도, 일본, 중국의 산동반도, 백두산 동북부 지역에 분포하는 침엽(針葉)수종으로서 수평적으로 북위 30° 20′~ 46° 사이의 온대 및 아한대지역에 분포한다(이창복, 1980). 소나무는 통기가 양호한 토양, 지형적으로 비교적 건조한 장소 및 양분이 적고 산성이 강한 토양이 적합하며(吉岡, 1958), 수직적 분포에서 북위 39° 이하에서는 해발 1,000~1,100m, 북위 39° 이상에서는 900m가 한계이고(植木, 1926), 수직적으로 해발 10m에서 최고 1,300m까지 분포한다(정태현과 이우철, 1965).

소나무류가 지구상에 출현한 것은 중생대(Mesozoic era)의 삼첩기(Triassic) 말기로 지금으로부터 대략 1억 7천만 년 전으로 추정되고 있다. 소나무류의 출현은 갑자기 이루어진 것이 아니고 수 백만년 동안 서서히 진행된 진화의 산물이다. 소나무류는 주로 생장기(여름)와 휴면기(겨울)의 조건을 지닌 온대기후지역의 고원이나 산림 내 경사면에서 발달한 것으로 판단된다. 한반도에서는 백악기의 소나무류 화석이 발견되었으며 경상북도 포항, 연일, 감포 지역과 강원도의 통천, 북평 등지의 제 3기의 층에서 많은 양의 소나무류 화석이 보고되었다. 현재 우리나라에 자생하는 소나무는 남쪽으로는 제주도, 동쪽으로는 울릉도, 서쪽으로는 흑산도와 홍도에서 생육하며 육지에서는 함경도, 평안도의 고원 지대를 제외하고는 전국에 걸쳐 분포한다(김진수 등, 1993).

지구상에는 많은 환경인자들이 존재하므로 특정 수종의 생육지는 다차원의 공간속에서 한정된 부분만을 최적 생육 범위로 가지게 되는데 이를 생리적(生理的) 적지라고 한다. 그러나 생리적 적지는 다른 종들에게도 마찬가지로 선택의 대상이 될 수 있으므로 종들은 서로 양호한 입지를 차지하기 위하여 경쟁을 하게 된다. 결국, 어떤 한 생물종의 분포는 많은 종들과의 생육지에 대한 경쟁의 결과로서 얻어지는 제한된 영역으로 국한되는데 이것을 생태적(生態的) 적지라고 부른다. 소나무가 자연적인 상태에서 선택할 수 있는 생육지 즉, 생태적 적지는 능선, 사면상의 특수입지(암반지 등), 하안림이나 하천상에 발달된 퇴적지 등으로서 배수가 잘되고 토양이 건조한 곳이라고 할 수 있다. 이는 현존하는 소나무 숲이 인간의 간섭에 의해 생태적 적지에서 생리적 적지의 부분으로 그 영역

이 확장된 상태라는 의미이기도 하다.

우리나라는 임야면적이 전 국토의 약 65%를 차지하고 있으며 전반적으로 바위로 이루어진 산지가 평지보다 넓은 면적을 차지하고 있다. 이러한 바위산은 토양의 심도, 바위의 온도 및 모암에서 유래된 토양 등의 영향으로 식물의 수분이 결핍되어 소나무와 같은 내건성이 강한 식물이 척박한 환경에 적절하게 적응하게 되었다. 1930년 당시 산림면적의 75%가 소나무림이었을 정도로 과거 우리나라 산림은 소나무 숲이 대부분인 단순림이었다. 소나무 단순림은 토양이 건조하고 지력이 낮은 지역에 분포하고 면적도 넓어 활엽수가 침입할 기회가 적었다. 불리한 토양상태가 장기간 지속되면서 비옥도는 쉽게 개선될 수 없었고 특히 화강암과 화강편마암을 모암으로 한 토양에서는 기상요인 등에 의해 침식이 발생하여 임간나지(林間裸地)가 급격히 증가하였다.

소나무군락 식생구조 특성 연구를 살펴보면, 소나무의 생육은 입지환경과 연관성이 높다. 소나무는 모든 방위에서 분포하나 일반적으로 남향이나 서향보다는 북향이나 동향에서 생장이 양호하며, 지형별로는 상승사면보다 하강사면에서 생장이 양호한 편이다. 산복(山腹)에서 산정(山頂)으로 갈수록 생장이 불량한 것은 지형 특성상 토양 수분조건이 생장제한요인으로 작용했기 때문이다.

소나무는 건조하고 임지비옥도가 낮은 능선사면부나 침식이 발생된 나지 등에서도 잘 적응하여 생육할 수 있으나, 이들 지역이 소나무의 생장적지라는 의미는 아니며 산록(山麓)이나 계곡부의 양분이나 수분조건이 좋은 곳에서도 양호한 생육상태를 보이고 있다. 하지만 과습한 지역에서는 통기성 불량에 의한 뿌리호흡 문제가 발생하여 생육상태가 불량하였다(임업연구원, 1999). 생장에 관여하는 입지환경인자는 토양형〉지역〉토색〉토심〉경사위치〉유효토심〉견밀도〉방위〉경사도〉지질〉표고의 순이었다(마상규, 1977).

소나무는 양수로서 심근성이나 측근도 잘 발달하고 온도와 수분에 폭넓은 적응성을 가지고 있다. 소나무는 건조에 대한 저항도 크지만, 종자의 발아 및 초기 정착과정에는 수분이 중요하게 작용하고 유묘의 생장과 함께 광도 또한 중요하게 작용한다(Koyama, 1943). 소나무는 빛에 의해 발아가 촉진되는 광발아 종자에 속하는 수종으로서(조재창, 1994) 종자의 발아력이 높아 양호한 조건 하에서 대부분 발아한다(임경빈, 1996).

소나무는 내음성(耐陰性)이 매우 약한 생리적 특성을 가지고 있는 양수성의 수종이기 때문에 소나무림은 이차천이, 또는 식재로 형성된 일시적 우점림으로 추정할 수 있다. 그러므로 지속적인 관리를 하지 않을 경우 소나무림은 자생입지, 즉 산 능선부의 건조지, 화강암 등의 모암이 노출되어 있는 바위산을 제외하고는 낙엽활엽수림으로 천이가 진행될 것으로 추정된다. 현재 산 능선부나 모암이 노출되어 있는 입지 등과 같이 낙엽활엽수 정착이 어려운 건조한 장소에 발달되어 있는 소나무림은 대표적인 토지극상 상태의 극상림(極上林)이다.

송호경과 장규관(1997)은 강원도와 경상북도 지역에 입지하는 소나무림을 대상으로 식생구조와 환경인자를 연구한 결과, 천이변화 과정상 소나무림은 신갈나무림 혹은 굴참나무림으로 천이가 진행된다고 보고하였고 주요 수종과 환경인자를 분석한 결과 신갈나무는 해발고가 보통이고 전질소, 유기물함량, C.E.C. 등의 양료가 보통인 곳에 주로 분포하며, 소나무, 졸참나무, 굴참나무 등은 해발고가 낮고 전질소, 유기물함량, C.E.C. 등의 양료(養料)가 적은 곳에 주로 분포하고 있다고 하였다.

전영문(2001)은 우리나라 전국의 소나무림을 대상으로 식물사회학적 조사를 통하여 소나무림을 2군목 2군단 4군집 7아군집으로 분류하고 지형별, 군집별 생태학적 특징을 파악하여 소나무의 분포에 따라 능선형, 암벽형, 사면형, 계곡형, 저산지·구릉지형, 하천변형으로 구분하였다. 능선형은 능선부와 암석노출지에 주로 분포하며 토심이 얕고 토양이 건조한 것이 주요 특징으로, 만일 토양이 비옥해진다면 다른 수종과의 경쟁이 유도되어 도태될 가능성이 크다. 암벽형은 바위틈에 주로 분포하는데 바위틈은 보수력이 매우 낮기 때문에 타 식물의 생육이 힘들지만, 소나무는 토양수분에 대한 적응 범위가 넓어 수분조건이 열악한 바위틈에서도 생육이 활발하다. 특히 암벽형 소나무는 설악산, 오대산 소금강에서처럼 아름다운 경관을 연출하기도 한다. 또한 기암괴석에 부착하여 자라고 있는 소나무가 설악산 경관을 미화하는 중요한 요인이라고 보았으며 아울러 토층이 깊지는 않지만 약간 양호한 토양조건을 갖추고 있고 주변의 유기물 양분이 모이는 곳에 발달하는 유형을 계곡형이라 언급하였다. 특히 내설악의 백담계곡 하천변지역에서 가는 모래로 이루어져 있는 곳에 신갈나무, 상수리나무, 버드나무 등의 낙엽활엽수가 침입하여 있는 반면 암석과 자갈이 퇴적된 곳에는 소나무가 분포하는 것을 보고하였는데 이는 소나무의 수분에 대한 높은 내성을 반영한 결과라고 할 수 있다.

저산지·구릉지형은 해발고가 낮은 저산지와 인가근처에 주로 발달되어 있으며 오랜 기간 인간의 간섭을 받아온 입지형이다. 본 입지형은 아교목층의 식피율이 다른 지역보다 낮게 나타났는데 이는 인간의 지속적인 하예작업에 기인한 것으로 볼 수 있다. 또한 주요 출현종으로 아까시나무, 담쟁이덩굴, 산초나무 등의 우점도가 높은 상태였다. 하천변형은 소나무가 일시적으로 우점하는 생태적 적지로서 타 입지형에 비해 천이의 속도가 가장 빨리 진행되는 지역이며 하천변에 낙엽층이 퇴적되어 토양환경이 양호해진다면 점차 천이가 진행될 것이다.

소나무림의 자연적 재생이 이루어지는 전형적인 소나무림 형성지의 생태적 수명은 약 140년 정도이다. 이는 세계 대부분 지역의 산림식생에서 우점종의 수명은 100~1,000년이고(Budowski, 1965; Fowells, 1965; Ashton, 1969; Harper and White, 1974) 온대 낙엽활엽수림을 이루는 수목의 평균수명은 약 300년으로(Jones, 1945) 소나무의 수명은 온대낙엽활엽수의 약 50% 수준인데(이창석, 1995) 이는 소나무가 천이 초기수종이기 때문인 것으로 판단되었다(Egler, 1954; Pianka, 1970).

설악산국립공원에서 소나무림의 식생구조와 수종 간 생육거리를 연구한 결과 소나무림은 2개의 군집으로 나누어졌다(이경재 등, 1998). 군집 Ⅰ은 흉고직경 30~70cm, 수고 11~25m, 수령 60~80년 정도의 소나무가 우점하는 곳으로 낙엽활엽수림으로의 천이가 예상되었다. 군집 Ⅱ는 흉고직경 9~26.5cm, 수고 9~16m, 수령 30~50년 정도의 소나무가 우점하며 일정시간 이상 소나무림으로 계속 유지될 것으로 판단되었다. 수종 간 생육거리를 살펴보면 중경목에서 교목층은 4.92±2.14m, 노경목의 교목층은 2.41±0.97m 이었다. 또한, 교목층 흉고직경과 생육거리와의 관계는 Y(거리) = 0.06355×(DBH)+1.51613이라고 하였다.

오대산국립공원 소금강과 월정사 지역의 소나무림을 대상으로 5개의 군집유형으로 분리하였다(이경재 등, 1996). 이들 군집유형은 소나무를 포함하는 박달나무-당단풍나무-쪽동백나무, 굴참나무-쪽동백나무, 졸참나무-굴참나무, 신갈나무, 전나무의 군집유형이었다. 소나무림에서는 참나무류로의 천이진행 상태에 있었고, 월정

사 지역에서 소나무는 전나무와 경쟁관계에 있는 것으로 나타났다. 따라서 오대산국립공원 산림경관자원의 다양성 및 우량형질 소나무의 보전을 위한 관리가 요구된다고 하였다.

속리산국립공원 법주사지구 소나무림 식생천이와 식생관리 연구는 속리산국립공원 법주사 주변 소나무림을 대상으로 식생구조를 규명하고 17년간 식생구조 변화를 비교·분석하였다(이경재 등, 2009). 연구결과 전체면적 360ha 중 소나무 우점림은 64.7%이었고 소나무-낙엽활엽수 혼효림이 3.2%로 주로 계곡 사면과 능선에 걸쳐 소나무림이 분포하고 있었고 계곡 주변은 소나무와 낙엽활엽수가 혼효된 지역이 산재하였다. 조사구별 평균 상대우점치에 의한 우점종의 구성으로 식생유형을 분류한 결과 천이잠재성이 낮은 소나무군집, 천이잠재성이 높은 소나무군집, 천이진행중인 소나무군집, 도태중인 소나무군집으로 구분할 수 있었다. 17년간 식생구조 변화 분석결과 소나무군집의 천이경향은 천이 잠재성이 낮은 소나무군집(소나무 순림)→천이 잠재성이 높은 소나무군집(아교목층에 낙엽활엽수가 우점하는 소나무림)→천이진행 중인 소나무군집(소나무-산벚나무군집, 소나무-졸참나무군집)→도태중인 소나무군집(졸참나무-소나무군집, 갈참나무-소나무군집)→낙엽활엽수혼효군집으로 발달하는 것으로 파악되었다. 소나무림 식생관리 방안으로 천이잠재성이 높은 소나무군집은 아교목층의 낙엽활엽수를 제거하는 적극적인 관리가 필요하며 천이진행중인 소나무군집은 교목층의 낙엽활엽수 가지치기 정도의 소극적인 관리가 필요하였다. 도태되는 소나무군집은 소나무림이 유지되기 어려우므로 낙엽활엽수림으로 자연적인 천이가 될 수 있도록 유지하는 방안을 제시하였다.

변산반도국립공원 전체 현존식생 조사결과 소나무군집과 소나무-참나무류군집이 40.3%의 넓은 면적으로 분포하였고, 소나무군집 내에 설정한 21개 조사지의 TWINSPAN 분석 결과 8개의 유형으로 구분되었다(최진우 등, 2009). 유형은 소나무군집, 아교목층에서 소나무와 쇠물푸레나무가 출현하는 소나무군집, 졸참나무, 개서어나무와 경쟁하는 소나무군집, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류, 개서어나무와 경쟁하는 소나무군집으로 구분되었다. 식생구조 분석 결과 일부 참나무류, 낙엽활엽수로 천이가 예측되는 소나무군집 지역이 전체면적의 30.4%로 분포하여 관리방안으로 소나무림 경관보전을 위한 보존지역 설정과 참나무류, 개서어나무 등 경쟁수종의 관리를 제안하였다.

주왕산국립공원의 소나무림을 대상으로 군집구조를 분석한 결과 소나무-굴참나무군집, 소나무-졸참나무군집, 소나무-쇠물푸레나무군집, 소나무-쇠물푸레나무-참나무류군집, 소나무-활엽수혼효림군집 등 5개의 군집으로 분리하였다(조재창 등, 1995). 천이계열은 교목상층에서는 소나무→졸참나무, 신갈나무→서어나무, 교목하층 및 관목층에서는 조록싸리, 참싸리, 진달래→쪽동백나무, 국수나무, 산초나무→당단풍나무, 생강나무로 추정하였다. 또한, 환경인자인 토양함수량과 토양산도는 군집간 차이가 없었다고 하였다.

가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림의 생태적 특성 및 15년간(1989~2004)식생구조 변화분석 연구(이경재 등, 2006)에서는 TWINSPAN 분석결과 7개 군집유형으로 구분되었으며 교목층에는 소나무, 아교목층에서는 서어나무, 굴참나무, 졸참나무, 관목층에서는 조릿대, 진달래, 개옻나무 등이 우점종이었다. 15년간 식생구조 변화 분석결과 상대우점치는 아교목층에서 서어나무, 졸참나무, 굴참나무의 세력이 증대되었다.

울산대공원에서 토양 깊이에 따른 식물군집구조를 비교하여 토심이 깊은 군집(군집 A)과 토심이 얕은 군집(군집 B)으로 분리하였다(이경재 등, 1997). 군집 A는 기후극상의 생태적 천이 특성을 보여 천이단계가 소나무→굴참나무, 밤나무, 굴피나무→서어나무로 진행되고 있었으나, 군집 B는 토지극상의 특징을 갖는 소나무림이었다. 수고 생장에서도 차이를 보여 군집 A는 수령 30년생 표본목의 수고가 8.5m이었고, 군집 B는 수령 35년생의 수고가 3.8m이었다. 토양특성과 종다양성지수에서도 군집 A가 군집 B보다 양호하였다고 하였다.

서울시 남산 소나무림의 생태적 특성 및 15년간(1990~2004)식생구조 변화분석에서 소나무림의 현존식생 조사결과 총 6개 유형과 15개 세부유형으로 구분하였다. 기존 소나무림내에 44개 조사지를 설정하여 TWINSPAN 분석결과 5개 군락유형으로 구분되었으며 교목층에서는 소나무, 아교목층에서는 때죽나무, 관목층에서는 국수나무, 진달래 등이 우점종이었다. 15년간 식생구조 변화 분석결과 소나무의 세력은 지속적으로 감소하고 있었으며, 때죽나무, 산벚나무, 국수나무의 세력은 증가하고 있었다(이경재 등, 2005).

서울시 소나무림을 생태적 특성에 따라 분류한 결과(이수동 등, 2009) 소나무순림에 속하는 토지극상림(26.1%)과 소나무순림(21.5%), 소나무와 타 수종이 경쟁하는 소나무-신갈나무림(28.0%), 소나무-리기다소나무림(13.1%), 소나무-상수리나무림(4.2%) 등으로 구분되었다. 이들 유형에 대한 정밀한 식생조사 결과, 토지극상, 답압피해, 식생관리로 인해 교목층과 하층에 경쟁종이 출현하지 않아 소나무림 유지가 가능한 4개 군집은 하층식생 보완 등 소극적인 관리가 필요하였다. 반면 교목층과 하층에 소나무와 경쟁수종인 낙엽성 참나무류와 외래종이 출현하는 4개 군집은 생태적 지위가 동일한 경쟁종관리, 하층식생 도입 등 적극적인 관리기법을 적용해야 소나무군집을 유지할 수 있을 것으로 연구되었다.

소나무는 오랜 시간 동안 우리나라 전 국토의 경관을 형성하는 대표수종이다. 또한, 건조하고 척박한 지역에 생육하는 양수로 군락을 형성하여야 생존확률이 높다. 우리나라 주요산림의 소나무군집은 점차 낙엽참나무류로의 천이진행이 이루어지고 있다. 소나무군집을 유지하기위해서는 생태적으로 경쟁이 되는 교목성상의 수목의 관리가 필요하다. 그러므로 소나무는 일정면적 이상의 군락을 형성하는 것이 중요하므로 생태적 구조로 식재하고 천이를 방지하는 방해극상 관리방법이 필요하다..