

수도권 도시 내 조성 녹지의 군락식재 모델 개발 연구

김종엽

인천경제자유구역청

I. 서론

인구 집중과 각종 개발로 도시 녹지 훼손이 심화된 수도권 내 신도시와 공업 단지 내에 도시 녹지인 대규모 완충 녹지가 조성되고 있으며, 최근에는 생물 이동 통로와 서식처로서 생태적 기능뿐만 아니라 도시민의 심리적 안정을 주기 위한 경관 향상 기능도 중요시되고 있다. 그러나 대규모 완충 녹지는 외래종 위주의 단층 구조 식재와 잔디식재, 일률적 식재 형태로 조성되고 있어 각종 재해와 환경오염을 저감하는 제 기능마저 충분히 발휘하지 못하고 있다. 군락식재는 목표 대상지 인근 자연 식생 구조를 모델로 지역 환경에 적합한 수종을 이용하여 생물종 다양성을 증대하고 이상적인 경관을 형성하고 대면적 녹지의 유지 관리 에너지 손실을 최소화하는 생태적 배식기법이다. 국내에서도 생태적 배식에 대한 연구가 이루어져 왔으나, 주요 연구 대상은 식생 경관이 비교적 단순한 참나무류군락이었고 해안 지역이나 식생 경관을 고려한 생태적 배식 기법 연구는 이루어지지 못하였다.

본 연구는 수도권 도시 내 조성 녹지의 생물종 다양성 증진과 경관 향상을 위한 군락식재 모델을 개발하고자 수행하였다. 생태적 배식 이론을 기초로 온대 중부 지방 내륙 지역과 해안 지역의 대표적인 자연 식생군락을 선정하고 조성 녹지와 자연식생군락 간의 식생 구조와 식생 경관 특성을 비교·평가하였으며, 연구 대상지에 적용 가능한 군락식재 모델을 개발하고 모델 개발 체계를 제시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상지 선정

연구 대상지는 내륙 지역과 해안 지역으로 구분하여

선정하였는데, 조성 녹지는 경기도 성남시 분당구 경부고속도로변 완충 녹지(폭 40~60m, 높이 9m, 길이 4km)와 공업단지에 위치한 경기도 시흥시 중앙 완충 녹지(폭 180m, 높이 10m, 길이 3.5km)이었다. 군락식재 모델은 온대 중부 지방 천이 계열 중간 단계에 우점하는 참나무류를 목표로 조성 녹지와 가능한 최단거리에 위치하고 자연 환경 보전 상태가 양호한 산림에서 선정하였다. 내륙 지역에서는 경기도 광주시 발이봉과 남양주시 천마산(군립공원)에 분포하는 상수리나무군락, 신갈나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 갈참나무-산벚나무군락, 해안 지역에서는 인천광역시 마니산과 무의도에 분포하는 졸참나무군락, 신갈나무군락, 굴참나무군락과 해안 지역의 대표적인 자생 군락인 곰솔군락과 소사나무군락을 선정하였다.

2. 조사 분석 방법

1) 연구 대상지 개황 및 현존식생

연구 대상지별 일반적 개황과 입지 특성, 조성 녹지의 녹지규모, 자연식생군락의 식생구조와 조성 녹지로부터의 인접거리 등을 파악하였으며, 식생 기후대를 파악하고자 최근 30년간(1970~2000년) 기상청 통계 자료를 활용하여 온량지수(°C·월)를 분석하였다. 현존 식생은 교목층 식생 상관을 고려하여 조사하였고 조성 녹지 현존 식생도는 주요 식재 수목의 자생성 여부, 자연식생군락 현존 식생도는 우점종의 자생성 여부와 군락구조를 기준으로 유형화하여 작성하였다. 현존 식생 유형별 면적·비율은 ArcView 3.2 프로그램을 이용하여 산출하였다.

2) 조사구 설정

조성 녹지 조사구는 현존 식생도를 바탕으로 대표적인 식재 형태와 지형 구조를 고려하여 설정하였으며,

자연식생군락 조사구는 군락식재모델 목표종이 우점하는 군락을 대상으로 층위 구조 발달 여부와 군락 유형별 입지 환경을 고려하여 설정하였다. 자연 식생 군락이 생태적으로 유지되는 최소 면적이 100~500m²(Ellenberg, 1956; Westhoff and Maarel, 1973)이므로 본 연구에서는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구를 기본단위로 설정하였다. 조성 녹지 조사구는 마운딩형 완충 녹지 지형구조를 조사하기 위해 벨트트란sect법을 병행하였으며, 자연식생군락은 온대중부지방 낙엽활엽수혼효림 적정 조사구 면적이 10m×10m 크기의 방형구 10개 이상(박인협 등, 1993; 1994; 박인협과 서영권, 2002)이므로 20m×20m 크기의 방형구를 3개소씩 설정(1,200m²)하였다.

3) 식생 구조 조사 분석

(1) 조성 녹지

조사구내 교목층 및 아교목층의 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭, 관목층의 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 식재 형태와 식재 거리를 파악하고자 정밀 식생 분포 현황을 조사하였고, 조사구별로 평균 식재 거리를 분석하였다. 오구균(1998)이 작성한 조경 수종의 자생성 분류 기준을 참고하여 온대 중부 지방 조성 녹지 식재 수목의 자생성 여부 분류기준을 작성하였다. 식생조사 자료를 바탕으로 각 조사구 수종별 평균 흉고 직경, 평균 수고, 개체수를 분석하였다.

(2) 자연식생군락

자연식생군락 유형별 식생개황을 조사하였으며, 식생조사는 조성 녹지와 같은 방법으로 하되 교목층과 아교목층의 정밀 식생 분포 현황을 조사하였다. 군락식재 모델 개발에 있어서 목표종과 동반종을 선별하고자 상대 우점치와 평균 상대 우점치(Curtis & McIntosh, 1951; 이경재 등, 1990)를 분석하였다. 흉고직경급별 분포(Harcombe & Marks, 1978; 이경재 등, 1998)를 분석하여 군락식재 모델군락의 식생 구조와 천이 경향을 파악하고 군락식재 모델 개발에 있어서 목표종과 동반종을 선별하는데 활용하였다. 수종간 상관관계를 분석하여 목표종 및 주요 식재종과 부의 상관관계가 인정되는 수종은 군락식재모델에서 제외하였다. 식생 조사 자료를 바탕으로 군락 유형별 각 조사구의 교목층 및 아교

목층의 흉고단면적, 관목층의 수관투영면적과 조사구별 개체수를 이용하여 평균 흉고직경과 평균 식재 거리를 산정하고 표준 편차를 분석하였다. 층위 구조를 파악하고자 녹피율과 녹지 용적 계수를 분석하였다(한국건설기술연구원, 1996). 조성 녹지는 자연 생태계가 아니므로 종 다양성지수로 생물종 다양성을 평가하는 것은 다소 불합리하나 자연식생군락과 비교하고자 종 다양성을 나타내는 대표적인 지수인 Shannon의 종 다양도(Pielou, 1975)를 분석하였다.

4) 식생 경관 특성 분석 및 평가

Daniel & Vining(1983)의 형식미학적 접근, 임승빈(1991)의 형식미로서 형식적 요소와 미적 구성 원리를 바탕으로 평가 틀을 작성하였다. 형식적 요소는 식생 경관을 평가하고자 하므로 형태, 색채, 질감으로 설정하였으며, 미적 구성 원리로 통일성에는 조화, 균형과 대칭, 반복, 강조, 다양성에는 변화, 리듬, 대비를 평가 항목으로 설정하였다. 경관의 형식적 요소와 미적 구성 원리 항목별 수법과 개념(임승빈, 1991), Arthur *et al.*(1977)이 분류한 목록 작성법과 Zube *et al.*(1982)이 분류한 전문가적 판단에 의지하는 방법을 병용하여 5점 리커트척도의 식생 경관 평가 설문지를 작성하였다. 식생 경관 평가 설문 대상자는 가능한 40세이하의 안구 질환이 없는 조경학과 학생 및 관련 직종 30인을 선정하여 실시하였다. 식생 경관 평가 결과의 집단 간 유의성을 검증하고자 일원 배치 분산 분석 후 신뢰구간 95% 범위에서 유의한 평가 항목에 대한 사후 검정(Gabriel법)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생 구조 및 식생 경관 비교 평가

1) 내륙 지역 식생 구조 비교 평가

경기도 성남시 분당구 경부고속도로변 완충 녹지는 외래종식재지 분포 면적 비율이 64.2%, 주요 식재수종은 스트로브잣나무, 식재 형태는 등간격의 일렬 식재 형태, 평균 녹피율은 교목층 40.6%, 관목층 4.0%로 전체 층위 44.6%, 평균 녹지 용적 계수는 교목층 1.41m³/m², 관목층 0.06m³/m²로 전체층위 1.47m³/m², 조사구별 종

수는 2~6종, Shannon의 종다양도(H')는 0.1264~0.6620이었다. 자연식생군락은 400m²당 평균 녹피율은 교목층 74.7~122.4%, 아교목층 31.8~66.2%, 관목층 6.8~25.6%, 전체 층위 118.9~147.3%, 평균 녹지 용적 계수는 교목층 2.64~6.24m³/m², 아교목층 0.59~1.36m³/m², 관목층 0.04~0.17m³/m²로 전체 층위 3.39~7.71m³/m², 조사구별 종수 17~33종, Shannon의 종다양도(H')는 1.0493~1.3612이었다. 따라서 수도권 도시 내륙 지역의 경기도 성남시 분당구 경부고속도로변 완충 녹지가 자동차 대기 오염 저감 등 완충 기능, 생물 서식 및 이동 기능, 도시 경관 향상 기능을 강화하기 위해서는 공간 기능을 고려한 식재 개념을 재정립하고 인접 지역에서 생태적으로 안정된 군락식재모델을 적용하여 개선해야 할 것이다.

2) 해안 지역 식생 구조 비교 평가

경기도 시흥시 중앙 완충 녹지는 자생종 식재지 분포 면적비율 55.0%, 외래종 식재지 36.6%이었으며 이는 마운딩 완충 녹지는 곶솔식재지, 평지형 완충 녹지는 리기다소나무 등 외래종 위주로 조성되었기 때문이다. 평균 녹피율은 교목층 33.5%, 관목층 5.6%로 전체 층위 39.1%, 평균 녹지 용적 계수는 교목층 0.66m³/m², 관목층 0.05m³/m²로 전체 층위 0.71m³/m², 조사구별 종수는 2~24종, Shannon의 종다양도(H')는 0.2899~1.1463이었다. 자연식생군락은 400m²당 평균 녹피율은 교목층 64.3~112.5%, 아교목층 20.9~59.8%, 관목층 6.4~19.1%, 전체 층위 119.5~162.6%, 곶솔군락을 제외한 평균 녹지 용적 계수는 교목층 1.83~2.50m³/m², 아교목층 0.29~1.24m³/m², 관목층 0.04~0.24m³/m²로 전체 층위 2.18~3.72m³/m², 조사구별 종수 10~31종, Shannon의 종다양도(H')는 0.7133(소사나무군락)~1.2366(줄참나무군락)이었다. 따라서 경기도 시흥시 중앙완충 녹지의 완충 기능, 생물 서식 및 이동 기능, 도시 경관 향상 기능을 강화하기 위해서는 공간 기능에 따른 식재개념을 재정립하고 생물종 다양성을 증진하고 식생 경관을 향상할 수 있는 군락식재모델을 적용하여 개선해야 할 것이다.

3) 식생 경관 비교 평가

총 9개 식생 유형의 식생 경관 평가 평균 점수는 가을철 마니산의 줄참나무군락(4.1) > 가을철 무의도 신

갈나무군락(3.2), 봄철 철쭉류가 개화한 분당구 경부고속도로변 완충 녹지 중 스트로브잣나무, 산수유, 철쭉류식재지(3.2) > 봄철 광주시 발이봉 갈참나무-산벚나무군락(3.0) > 가을철 무의도 복사면 곶솔군락(2.6) > 겨울철 시흥시 중앙완충 녹지 메타세콰이어 정형식재지(2.4) > 겨울철 시흥시 중앙완충 녹지 소사나무 정형수식재지(2.3), 무의도 가을철 소사나무군락(2.3) > 봄철 분당구 경부고속도로변 완충 녹지 양버즘나무, 스트로브잣나무, 돌배나무식재지(2.2) 순으로 높았다. 본 연구의 식생 경관 평가 결과는 인간에게 심리적으로 가장 중요한 영향을 미치는 요소 중 하나가 색채(김경영, 1983)라는 연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 향후 군락식재를 통한 생태적 배식 계획에서 계절 변화에 따른 색채미를 증대할 수 있는 종선정과 자연스러운 배식 패턴 기법이 개발되어 도시 녹지의 생물종 다양성과 식생 경관의 다채로움을 도모해야 할 것이다. 식생 경관 평가 결과에 대해 집단 간 유의성 검증 결과 색채 통일성의 반복과 색채 다양성의 리듬은 유의성이 인정되지 않았으며 그 외 항목은 유의성이 인정되었다.

2. 식생 경관 향상을 위한 군락식재 모델 및 모델 개발 체계

1) 식생 경관 향상을 위한 군락 식재 모델

목표 식생 군락은 식생 기후대, 천이 계열 중간 단계, 최단인 접거리 위치, 자연성 및 보존 상태, 적용 대상지 목표를 고려하여 선정해야 할 것이며, 식생 경관의 형태, 색채, 질감 등 식생 경관을 향상시킬 수 있는 군락식재 기법을 개발해야 할 것이다. 군락식재 식생 구조 기준으로 수종 선정, 다층구조 형성, 배식 형태를 제안하였으며, 수종 선정시에는 상대 우점치, 흉고직경급별 분포, 수종간 상관관계, 시장 구매성, 식생 경관 향상 등을 고려해야 할 것이다(표 1 참조).

2) 조성 녹지 군락식재 모델 적용 방안

그림 1은 수도권 내륙 지역에 위치한 경기도 성남시 분당구 경부고속도로변 완충 녹지의 생태적·경관적 기능을 개선하기 위해 입지 특성, 지형 구조를 고려하여 공간 기능에 따라 식재 개념을 설정하고, 본 연구에서 개발한 군락식재모델을 적용한 것이다.

표 1. 식생 경관 향상을 위한 군락식재 기준 설정 및 모델

구분		내용	
목표식생군락 선정 기준		· 식생 기후대, 천이 계열 중간 단계, 최단 인접 거리 위치, 자연성 및 보존 상태, 적용 대상지 목표, 기타(지역 환경 특성)	
식생 경관 향상을 위한 고려 사항	형태	· 자연식생 구조 모델로 다층 구조의 불규칙한 식재 형태로 고밀도 식재하고 자연 식생군락 분포 형태를 모델로 변화, 리듬, 대비가 발현되게 식생군락 배치	
	색채	· 우점식재종의 계절별 색채 경관과 조화롭고 봄, 가을에 특색 있는 자생수종을 선정하여 산만하지 않을 정도의 식재밀도로 교목층과 아교목층에 배식	
	질감	· 우점식재종의 부드럽거나 거친 질감 경관과 조화로운 자생수종을 선정하여 전체 식생 경관이 보다 통일감 있고 식생 경관이 변화, 리듬, 대비가 발현되게 조성	
군락식재 식생 구조 기준	수종 선정	· 자생종, 천이계열, 수종간 상관관계, 덩굴성 식물 제외	
	다층 구조 형성	· 층위 구조는 교목층, 아교목층, 관목층 등 최소 3개 층위 이상으로 형성	
	배 식형태	· 군락식재모델 층위별 수목 규격, 단위 면적당 주수, 식재거리, 정밀 식생 분포 현황도, 목표 식생군락 선정 기준, 식생 경관 향상을 위한 고려 사항 바탕으로 배식	
군락식재 모델 (400m ²)	수종 선정 근거	· 상대 우점치, 흉고직경급별 분포, 수종간 상관 관계, 시장 구매성, 식생 경관 향상	
	목표종	· 상수리나무, 졸참나무, 신갈나무 등 참나무류와 곰솔, 소사나무	
	동반종	· 꽃과 단풍으로 계절경관 변화를 유도하면서 층위구조를 강화할 수 있는 수종 - 산벚나무, 팔배나무 외 내륙 지역에서는 물푸레나무, 쪽동백나무, 당단풍, 생강나무, 해안 지역에서는 굴피나무, 소사나무 등	
	식재 모델	내륙 지역	· 교목층: DBH 17~25cm, Indi 21~31주, Dist 3.6~4.6m 아교목층: DBH 6~7cm, Indi 40~53주, Dist 2.9~3.3m
		해안 지역	· 교목층: DBH 9~17cm, Indi 29~71주, Dist 2.5~3.8m 아교목층: DBH 6cm, Indi 52~77주, Dist 2.4~2.9m

* DBH: 평균 흉고직경, Indi: 평균주수, Dist: 평균 식재 거리

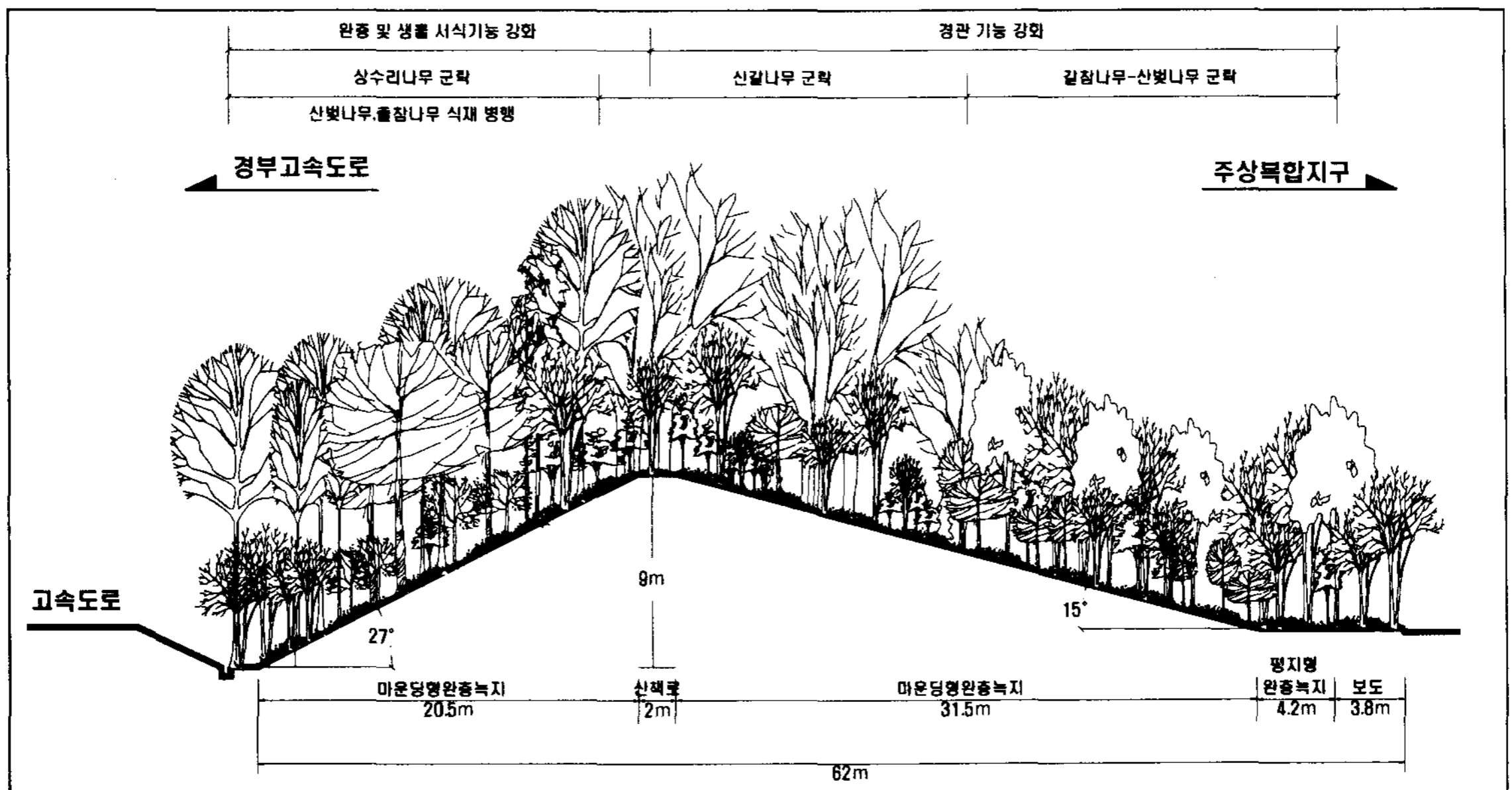


그림 1. 경기도 성남시 분당구 경부고속도로변 완충 녹지 공간 기능 향상을 위한 식재 개념 설정 및 군락식재모델

2) 식생 경관 향상을 위한 군락식재 모델개발 체계
 식생 경관 향상을 위한 군락식재 모델 개발 체계는 다음과 같은 단계별 내용으로 제시하였다. 목표 설정 단계에서는 군락식재모델 적용 대상지가 선정되면 적용 대상지 여건을 분석하여 군락식재 목표를 설정한다. 군락식재 모델 군락 선정 단계에서는 환경 요인 및 식생 구조 조사, 식물 군집 구조 분석, 식생군락 분류 및 천이 계열 추정 후 대상지 여건과 목표를 반영하여 군락식재 모델 군락을 선정한다. 군락식재 모델 개발 단계에서는 목표종 및 식재 가능종을 선정하고 수목 구역, 식재 밀도, 식재 거리 등 모델 구조를 개발하고 목표 달성을 위한 군락 식재 모델 개발을 완성한다. 군락식재 모델 적용 단계에서는 대상지 여건 및 목표를 반영하여 적용 대상지의 공간 구상을 실시하고, 대상지 여건과 모델 적용 여부를 검토하여 공간별 적정 모델 군락을 배치하며, 최종적으로 전체 식재 설계도를 작성한다.

인용문헌

1. 김경영(1983) 우리나라 도시환경색채의 주색조 설정에 관한 연구. 한국조경학회지 11(2): 221-225.
2. 박인협, 류창희, 조우(1994) 삼림군집구조 조사를 위한 조사구 크기에 관한 연구(II) -덕유산지역 혼효림군집 교목층의 적정 조사구 면적-. 응용생태연구회지 7(2): 187-191.
3. 박인협, 서영권(2002) 산림군집구조 조사를 위한 조사구 크기에 관한 연구(V) -구룡산지역 활엽수혼효림군집 교목층과 관목층의 적정 조사구수-. 한국환경생태학회지 15(4): 394-400.
4. 박인협, 이경재, 조재창(1993) 삼림군집구조 조사를 위한 조사구 크기에 관한 연구(I) -소백산지역 활엽수혼효림군집 교목층의 적정 조사구수-. 응용생태연구회지 6(2): 162-167.
5. 오구균(1998) 식재설계 및 시공시 조경수종 사용에 있어서의 정확성과 자생성 분석. 한국조경학회지 26(2): 251-258.
6. 이경재, 김종엽, 김동환(1998) 설악산국립공원 백담계곡 식물군집구조. 환경생태학회지 11(4): 450-461.
7. 이경재, 박인협, 조재창, 오충현(1990) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(II) -Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생 분석-. 응용생태연구회지 4(1): 33-43.
8. 임승빈(1991) 경관분석론. 서울대학교 출판부, 서울, 281쪽.
9. 한국건설기술연구원(1996) Green Town 개발사업 I(연구개요 및 건축분야). 한국건설기술연구원, 297.
10. Arthur, L. M.(1977) Predicting scenic beauty of forest environments: some empirical tests. Forest Science 23: 151-160.
11. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
12. Daniel, T. C. and J. Vining(1983) Methodological issues in the assessment of landscape quality. In Altman, I. and J. F. Wohlwill(ed.) Behavior and the natural environment. New York, Plenum Press, pp. 39-84.
13. Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der vegetationsgliederung. I. Aufgaben und Method der Vegetationskunde, Walter, H. (Hrsg) Einführung in die phytologie IV, Stuttgart, 136.
14. Harcombe, P. A. and P. H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in southeast Texas forests. For. Sci. 24(2): 153-166.
15. Pielou E. C.(1975) Ecological diversity. John Wiley and Sons Inc. New York, 165.
16. Westhoff, V. and van der Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach. Handbook of vegetation science, Whittaker, R. H. (ed.) Ordination and classification of vegetation, Dr. Junk, The Hague, pp. 617-726.
17. Zube, E. H., J. L. Sell and J. Taylor(1982) Landscape perception: Research, application and theory. Landscape Planning 9: 1-33.