

송전선로 건설에 따른 산림훼손의 최소화 관리방안

이동근* · 강현경**

*상명대학교 환경원에조경학부 · **일본농업환경기술연구소

Strategies for Minimizing Forest Disturbance During the Construction of Power Transmission Towers

Lee, Dong-Kun* · Kang, Hyun-Kyung**

*Dept. of Environmental Horticulture and Landscape Architecture, Sangmyung University

**Dept. of Landscape Ecology Research, National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan

ABSTRACT

The purpose of this study was to minimize the forest disturbance around an entry road of a power transmission tower construction site between Taean and Sinsesan, Chungnam.

The main study field was classified into existing materials and a GIS, remote sensing analysis, and a field examination. This information was used to identify the most suitable entry road using a degree of green naturality map, eco-naturality map, actual vegetation map, and a forest state map as the existing materials. Also, the study used a normalized difference vegetation index, altitude and slope map in order to make the evaluation materials which used a remote sensing image, and GIS.

This data was used to choose an optimum area, and diagnosed the current condition of the vegetation with a field survey of the area. It analyzed vegetation structure, species diversity, the age of trees in a field examination. Subsequently, we proposed four area types based on the analysis results--preservation area, transplantation area, restoration area and development area.

As a result, the preservation area was categorized into 8 grades, according to the degree of green naturality, large area of breast diameter at *Pinus densiflora* community, competition area of *Pinus densiflora* and *Quercus* spp. and *Quercus* spp. community of over 20 years old.

A transplantation area established 46 optimum areas according to the GIS analysis and vegetation investigation results. Vegetation restoration plan for disturbance area should be made based on ecological value of existing vegetation to worthwhile area as *Quercus* spp. mixing forest proposed. The development area selected an ecological worthless place as an artificial forest where *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* growth is poor. This research

results suggest that restoration of vegetation will be possible in the real world.

Also, ecological restoration guidelines will be made through building and analyzing data base and routine monitoring of transplantation and restoration area.

Key Words : Forest Disturbance, Preservation Area, Transplantation Area, Restoration Area

1. 연구의 배경 및 목적

산림지역에서 일어나는 각종 개발행위들은 산림을 부분적으로 절취 또는 성토하여 이루어지기 때문에 사업시행으로 인한 산림지역의 훼손은 빈번하게 일어나고 있다. 그 결과 산림의 단편화, 생태적 완충지역의 소실을 초래하였으며, 지속적인 산림생태계의 양적·질적 쇠퇴를 가져왔다(조현제, 1997). 그러나, 이러한 산림훼손을 과학적으로 최소화시키기 위한 기준이 아직 완전하게 정립되어 있지 않은 관계로 개발업자의 임의적인 판단에 의해 각종 개발행위가 시행되고 있어 산림훼손의 심각성은 더욱더 크다고 사료된다.

따라서 이러한 개발행위에 따른 자연의 훼손을 최소화하기 위한 연구보고가 다양하게 이루어지고 있다. 이러한 연구동향으로서 채미옥과 지대성(2001)은 토지의 적성평가를 통해 보전할 지역인 보전관리지역, 생산관리지역과 개발할 지역인 계획관리지역으로 구분하여 제시하고 있으며, 개발제한구역의 경계조정을 위한 개발제한구역 제도개선을 위한 환경평가기준 연구(건설교통부, 1998), 산지전용기준을 만들기 위한 산지전용타당성 평가기준 정립에 관한 연구(산림청, 2002), 자연친화적인 산지개발을 위한 연구(국토개발연구원, 1997) 등 토지적성에 관련된 체계적인 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다.

특히, 생태적으로 혹은 환경적으로 보전의 가치가 있는 지역은 반드시 보전하고, 보전의 가치가 상대적으로 높은 지역은 상대보전지역으로 설정하며, 보전의 가치가 낮은 곳은 개발이 이루어지되 친환경적으로 개발이 이루어지도록 유도하기 위한 이론적 개념 및 기준 등에 관한 연구도 진행되고 있다(환경부, 2001a; 환경부, 2001b; 환경부, 2002). 이러한 이론적 개념과 기준의 평

가기법에 관한 연구로서 김명진 등(1997)은 식생지수를 이용한 환경영향평가를 시도하였고, 김혜주와 조수경(1998)은 Hemeroby를 이용한 자연환경평가 및 계획을 제안하였다. 복원방안에 있어서는 Bradshaw(1988)와 中村 等(1977)이 개발에 따른 산림생태계의 훼손지에 대한 생태계 복원유형으로서 개선형, 재현형, 창조형으로 세분화하여 제시하고 있다.

또한, 도시나 단지지역을 대상으로 한 환경친화적 기준 및 지표에 관한 연구로서 최근에 많은 연구(건설교통부, 2000; 대한주택공사, 1996; 양병이, 1997; 이동근과 윤소원, 1998; 한승환, 1995; 엄봉훈과 우형택, 1999)가 발표되어 그 가능성과 한계를 검증하고 있는 실정이다. 그러나 앞에서 제시한 연구의 대부분은 기본적인 방향과 이론적인 제시에 머무르고 있어 실제 개발행위에 대한 구체적인 해답을 주고 있지 못한 실정이다.

이러한 개발행위의 하나로서 최근, 송전탑 건설에 따른 산림훼손의 피해현황 및 저감방안을 도출하기 위한 실질적인 조사 및 복원방안이 요구되어지고 있다. 특히, 송전탑 건설을 위한 진입로의 개설에도 환경영향평가를 받도록 하고 있으나 아직 객관적인 근거에 의해 진입로의 개설이 가능한 지역과 이에 따른 산림훼손의 최소화 방안을 주지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 실질적인 사례지역으로서 충남 태안, 신서산간 송전선로 건설에 따른 산림피해 및 생태적인 복원 방안도출을 목적으로 한다. 특히, 한국전력에서는 충남 및 수도권 지역의 전력수요 증가에 대비하여 안정적인 전력공급을 위하여 태안발전소에서 신서산변전소간에 송전선로를 건설하는 '345KV용 태안-신서산 T/L 건설사업'이 진행중이며, 상기 송전선로 건설을 위한 환경영향평가기서 철탐 및 진입도로에

서식하는 수종 중 일부는 가이식한 후, 복구 시에 재식재하도록 협의되었다. 즉, 기 협의된 이식 대상 수목은 대부분 흉고직경이 8~12cm 정도로서 수목이식을 위해서는 중장비를 이용함에 따라 산림훼손은 불가피하게 당초 환경영향평가서 보다 증가하게 되는 바, 환경영향평가서상의 가이식 수목을 최소화 할 수 있는 방안의 검토가 필요하다. 이는 현재는 진입도로 개설 폭이 3m로 계획되어 있으나 중장비 진입 시는 4m 이상이 되어야 하며 장비의 원활한 운영을 위해서는 소정의 구배를 유지하여야 하므로 훼손되는 거리가 더 길 수 있기 때문이다.

따라서 본 연구는 송전탑 건설에 따른 진입도로 개설에 의한 산림훼손을 최소화할 수 있는 방안으로서 적절한 진입로 및 진입로 개설구간의 특성에 따른 관리방안을 제시하고자 한다. 이러한 구체적인 방안으로서 자연생태계의 가치가 높은 지역을 보전지역으로 설정하여 사도에 의한 송전탑의 건설을 유도해야 하는 지역, 자연생태계가 비교적 양호한 지역으로 이식을 통한 관리지역, 자연생태계는 양호하나 지형적 특성 등에 의해 이식이 어려운 지역으로 생태복원을 유도하는 지역, 자연생태계가 양호하지 않아 송전탑 건설을 허용할 수 있는 지역으로 구분하는 것이다. 이를 위해 공사용 도로 적지 분석결과에 의거, 현장조사를 실시하였으며, 식생현황을 중심으로 조사하였다. 따라서 송전선로 적지분석 및 현장조사 결과를 토대로 환경피해의 최소화를 위한 보전 및 이식, 훼손에 따른 복원, 개발지역을 설정하였으며, 적절한 관리방안을 제시하였다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

연구의 대상지역은 충청남도 태안군에 있는 대안화력발전소에서 서산시 신서산변전소간 선로길이, 48.5km, 철탑 수 138기가 위치한 지역이다.

내용적 범위는 GIS기법과 원격탐사기법 및 현장조사를 통하여 송전탑 건설에 따른 진입도로 개설에 의한 산림훼손을 최소화할 수 있는 방안으로서 적절한 진입

로 및 진입로 개설구간의 특성에 따른 관리방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 기존 자료를 이용한 GIS기법과 원격탐사기법을 이용하여 최적으로 개설지역을 선정하고, 그 지역을 중심으로 하는 현장조사로 구분하였다. 최적으로 지역추출을 위한 기존자료로서 녹지자연도, 생태자연도, 현존식생도, 임상도를 이용하였으며, 위성영상 및 GIS를 이용한 평가자료도출을 위하여 식생활력도, 표고도, 경사도를 활용하였다. 이러한 자료를 이용한 최적으로 지역을 선정하고, 그 지역의 현장조사를 바탕으로 식생현황을 진단하여 보전, 이식, 훼손에 따른 복원, 개발지역을 설정하였다(그림 1 참조).

1) 송전선로 적지분석

현황분석에서의 활용자료는 위성영상자료로 Landsat TM, IRS 1C panchromatic 등이다. 지형분석을 하고, 이를 이용하여 공사용 도로적지를 산출하는 기초자료로 사용하기 위하여 1:5,000 수치지형도와 1:25,000 수치지형도로부터 등고자료를 추출하여 DEM을 제작하였다. 그리고, 식생활력도는 지형효과를 보정한 TM 영상에서 가시광선 영역 중 적색광 파장에 해당하는 밴드 3과 근적외선 파장대의 밴드 4를 이용하여 식생지수를 계산하였다.

2) 현장조사

연구대상지 현황분석자료를 토대로 보전, 이식, 복원, 개발지역의 대표구간을 추출, 지역별 식생조사를 실시하였다. 대표지역별 식생유형에 따라 조사구를 선정하였으며 방형구법(Quadrat method)을 이용하여 10m×10m(100㎡)을 설정하였다. 식생조사는 방형구 내에 출현하는 목본식물을 대상으로 하였으며, 흉고직경 2cm이상의 교목층과 아교목층은 도면에 위치를 표기하였으며 그 이하는 관목층으로 구분하였다. 식생내부구조를 파악하기 위하여 교목층과 아교목층은 증명, 수고, 흉고직경, 관목층은 증명, 수고를 조사하였다. 또한, 식생의 평균입령 측정을 위하여 표본목 수령 및 조사구별

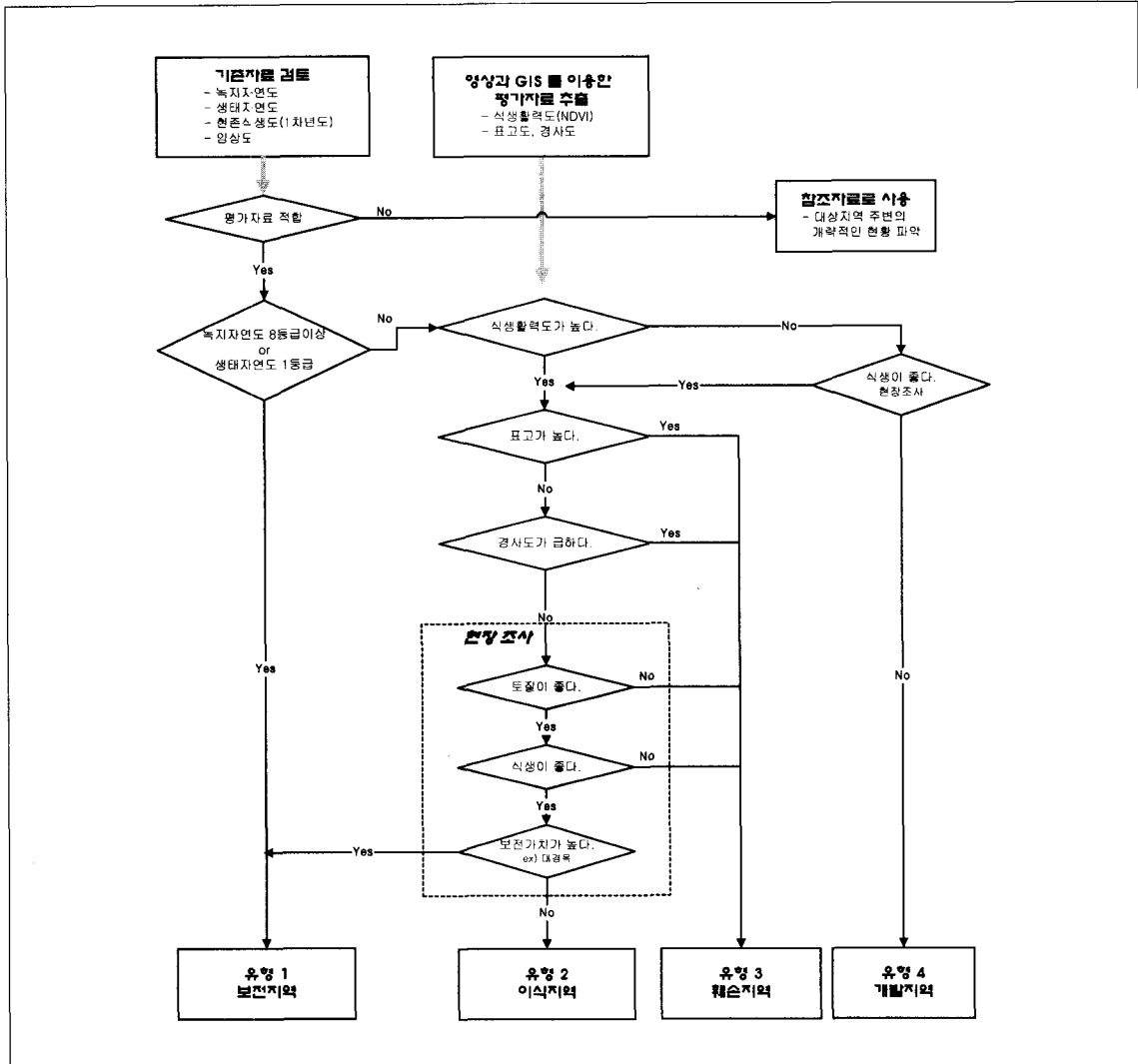


그림 1. 자연생태계를 고려한 유형화 과정

Sannon의 종다양도 및 최대종다양도(Pielou, 1975)를 분석하였으며, 표본목 수령은 각 지역별 조사구내의 평균흉고직경에 해당되는 수목 중 상위 10~20%를 표본목으로 선정하고, 수령을 측정하였다.

3) 자연생태계를 고려한 보전, 이식, 훼손에 따른 복원지역 설정

본 연구는 기존자료 검토 및 영상과 GIS를 이용한 평가자료를 토대로 현장조사를 수행하고, 대표적인 지

역별 특성에 따른 식생현황을 진단한 후, 본 연구대상지의 자연생태계를 고려한 보전, 이식, 훼손에 따른 복원, 개발지역을 설정하고자 하였다. 즉, 자연생태계를 고려한 친환경적인 진입로 개설 및 이식, 훼손에 따른 복원지역의 적절한 관리방안 도출을 위하여 현 식생현황에 기초하여 표 1과 같이 4개 지역으로 구분하였다.

첫번째는 녹지자연도 8등급이상 지역과 생태자연도 1등급이상 지역은 환경부에서 개발행위를 기본적으로 불허하는 지역이므로 본 연구에서도 보전지역으로 설

표 1. 자연생태계를 고려한 보전, 이식, 복원, 개발지역 설정방안

구분	방 향	내 용
보전지역	자연생태계 보전	· 대상지내에서 생태적으로 가치가 있는 구간(녹지자연도 8, 생태자연도 1) · 향토수종으로서 수려한 경관을 창출하는 지역은 반드시 보전 → 참나무류 대경목지 및 본 지역 향토 수종인 소나무·곰솔 대경목지, 낙엽 활엽수군집은 보존
이식지역	기존식생 이용	· 개발시 기존산림내 생육하고 있는 식생을 이식, 활용 · 특히, 향토수종인 곰솔, 소나무를 중심으로 이식시 활착율이 높은 흉고직경 10~20cm범위의 중경목 선정 · 이식수종을 활용하여 생태적인 녹지공간 조성
훼손에 따른 복원지역	생태환경 복원 녹화적용	· 식물이 발아, 생육하기 위해 적합한 생육환경을 조성 · 새로운 식물사회를 조성하는 것이 아니라 자연의 회복력을 기대하여 자연회복을 위해 도움을 주는 공법 적용 → 생태적 배식기법 · 현존하는 식생을 그대로 활용한 층위별 생태적인 종조성
개발지역	-	-

정하였다. 또한, 생태적으로 보전가치가 있는 지역으로 향토수종인 곰솔 및 소나무 등의 대경목지, 참나무류 대경목지는 반드시 보전대책을 마련하여야 한다. 둘째는 이식지역으로 기존식생을 이용하여 개발시 훼손이 되는 지역에 이식가능한 수목은 가급적 활용하도록 한다. 셋째, 훼손지역으로 기존의 식생상태는 양호하나, 지형적 조건 등에 의해 이식이 어려운 지역으로 송전탑 건설에 따라 필수적인 자연훼손이 발생하므로 공사 후 원래의 자연생태계의 천이가 원만하게 이루어질 수 있도록 생태환경복원녹화의 개념을 적용한다. 넷째, 개발지역은 식생상태가 양호하지 않거나, 농지부근의 지역으로 송전탑 건설에 따른 자연훼손이 그다지 심각하지 않은 구간이다.

III. 결과 및 고찰

1. 송전선로 적지분석

1) 기존 주제도

송전선로의 적지분석을 위한 기존 주제도는 녹지자연도, 생태자연도, 임상도, 현존식생도를 활용하였다. 녹지자연도 분석결과, 본 송전선로 건설계획지역 중 철도번호 51~60의 10개소가 녹지자연도 8등급 지역에 건설예정지로 나타났다. 이들 철도설치지역에 대해서는 공사중에 산림훼손을 최소화할 수 있는 방안을 마련해야 할 것으로 판단되었다.

생태자연도는 본 송전선로 건설지역 주변의 대부분이 2등급지역으로 나타났고, 송전선로가 경유하지 않는 지역도 대부분이 2등급지역으로, 1등급지역은 없었다.

임상도는 연구대상지역의 전반적인 식생의 영급 분포가 2영급, 3영급지역으로 나타났다. 그러나 10년 전에 작성된 자료라는 점을 고려해야 한다.

본 연구대상지역의 현존식생도는 제 2차 자연환경전국조사(1997~현재)에서 아직 조사가 완료되어 있지 않으므로 일부지역에 대해서만 식생도가 제작되어 있었다. 따라서 본 연구에서는 제 1차 자연환경조사(1986~1990)에서 작성된 식생도를 사용하였다. 시기적으로 약 10년 간의 차이가 발생하므로 식생조사를 위한 참조자료로 이용하였다. 1차년도에 작성된 식생도에 의하면 본 연구대상지 주변의 식생은 주로 곰솔군집과 소나무군집으로 구성되고 일부 참나무류군집이 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 해안과 인접한 지역은 주로 곰솔군집을 형성하고 있었다.

2) 영상을 이용한 주변환경 파악

Landsat TM 영상과 IRS-IC 흑백영상을 융합하여 해상도가 5m영상인 칼라융합영상을 제작하였다(그림 2 참조). Landsat TM 영상과 IRS-IC 영상은 1999년, 2000년 영상으로 가장 최근자료이다. 이 자료를 이용하여 전체적인 주변환경 및 송전선로가 경유하는 지역의 토지이용형태 등을 파악하고, 분석의 기초자료인 산림 경계추출시 사용하였다.



그림 2. 대상지역 주변의 융합영상
 범례: ○: 첩탑설치 예정지

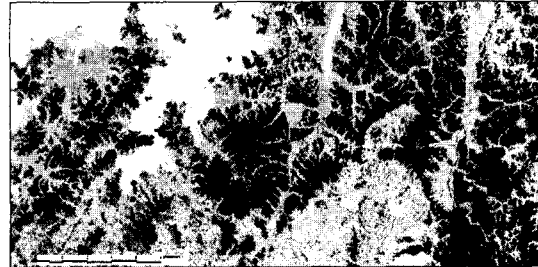


그림 3. 식생활력도
 범례: ■: high □: low

한국전력공사에서 시행하는 사업은 충청남도 대안군에 있는 대안화력발전소를 시점부로 하여 충남 서산시에 위치하는 신서산변전소간 약 48.5Km의 345KV 송전선로를 건설하고, 138개의 첩탑이 설치된다. 송전선로 경유지의 환경을 보면 전반적으로 해안에 접해 있으면서, 비교적 평야가 많이 분포하고 있었다. 그러나 실질적으로 송전선로가 경유하는 지역은 대부분이 산림지역으로, 공사에 따른 산림훼손이 우려되었다.

3) 식생활력도 분석

식생활력도(normalized difference vegetation index: NDVI) 분석결과, 송전선로가 경유하고 있는 지역은 활력도가 비교적 높게 나타났다(그림 3 참조). 이는 송전선로가 경유하고 있는 지역은 산림지역으로 식생의 성장이 왕성한 지역으로 판단되었다. 첩탑설치 예정지역의 식생활력도를 산출하기 위하여 첩탑주변 90m×90m(8,100㎡)에 대하여 식생지수의 평균값을 산출하였다. 138개소의 첩탑에 대한 식생활력도는 표 2와 같으며 m, s는 송전선로 주변지역을 모두 포함하되 수역은 제외하여 산출한 통계값이다.

표 2. 식생활력도 구간별 첩탑분포

구 간*	첩탑수(개)	비율(%)	누적율(%)
$m + 0.5s \leq x$	10	7.2	7.2
$m \leq x \leq m + 0.5s$	4	2.9	10.1
$m - 0.5s \leq x < m$	38	27.5	37.7
$x < m - 0.5s$	86	62.3	100.0
합 계	138	100.0	

*: m: 평균값; s: 표준편차

4) 지형 분석

본 연구대상지의 지형현황에 있어서는 DEM 제작 및 표고, 경사 분석을 실시하였다. DEM 제작은 국립지리원에서 발행한 1/5,000, 1/25,000 수치지형도에서 등고자료를 추출하여 GIS 프로그램을 이용하여 TIN을 생성한 후에 제작하였다(그림 4 참조). 본 연구에서는 지형분석을 통한 첩탑설치를 위한 적정 진입도로 산출시 평가자료로 이용하고자 하였다. 본 연구대상지역은 전체적으로 범위가 넓고 비교적 단순지형이나, 세부적으로 폭 3~5m의 진입도로를 산출해야 하므로 기준해상도를 5m로 하였다. 따라서 수치지형도는 1/5,000자료를 기준으로 하였으나, 일부 1/5,000 수치지형도가 없는 지역에 대해서는 1/25,000 수치지형도를 사용하였다.

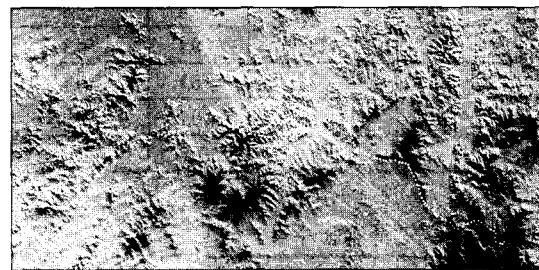


그림 4. 대상지역의 DEM과 도로망도

표고 분석결과, 송전선로의 경유지를 포함한 주변지역은 서쪽으로는 바다에 접해 있으면서 그다지 높지 않은 지형을 이루고 있지만, 동쪽으로 가면서 점차 높은 지형이 나타나고 있다(그림 5 참조). 송전선로의 경유하는 지형은 전반적으로 그다지 높지 않은 지역으로 나

타났다. 첩탐 설치예정지역의 표고분포는 그림 5와 같이 나타났고, 표고구간별 첩탐의 분포를 살펴보면 표 3과 같이 나타났다. 주로 표고 50m~90m에 설치예정인 곳이 60개소로 가장 많았고, 150m이상인 비교적 높은 지역에 건설예정인 첩탐이 8개소 있었다.

송전선로가 경유하는 주변지역의 경사도 분석결과, 비교적 완만한 지형을 보이고 있으나, 일부 경유지에 대해서는 경사가 비교적 급한 지형을 나타내고 있었다(그림 6 참조). 첩탐 설치예정지역의 경사도 분포는 그림 6과 같이 나타났고, 경사도구간별 첩탐의 분포를 살펴보면 표 4와 같이 나타났다. 경사도가 10~20° 구간에 설치예정인 곳이 76개소로 50%가 넘었고, 20° 이상으로 비교적 급한 지역에 설치예정인 첩탐도 24개소가 있었다.

5) 진입경로 분석

첩탐설치 및 공사를 위한 진입도로 개설에 따르는 산림훼손 정도를 파악하기 위하여 산림의 경계를 설정하였다. 본 연구에서는 기존 주제도 중 제작과정에서 다른 자료에 비해 과학적으로 제작됨으로써 경계에 신

표 3. 표고구간별 첩탐 수

표고(m)	송전탑 수(개)	비율(%)	누적율(%)
0 - 50	33	23.9	23.9
50 - 90	60	43.5	67.4
90 - 120	24	17.4	84.8
120 - 150	13	9.4	94.2
150 - 200	7	5.1	99.3
200 이상	1	0.7	100.0
합계	138	100.0	

표 4. 경사도구간별 첩탐 수

경사도(°)	첩탐 수(개)	비율(%)	누적율(%)
0 - 5	19	13.8	13.8
5 - 10	19	13.8	27.6
10 - 15	33	23.9	51.5
15 - 20	43	31.1	82.6
20 - 25	16	11.6	94.2
25 이상	8	5.8	100.0
합계	138	100.0	

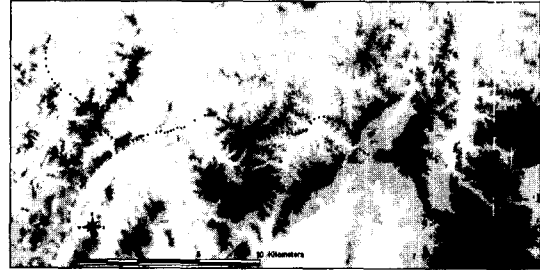


그림 5. 표고 분석도

범례: □: 0~30: □: 30~60: □: 60~90:
 ■: 90~120: ■: 120~150: ■: 150~200:
 ■: 200~250: ■: 250~300(m)

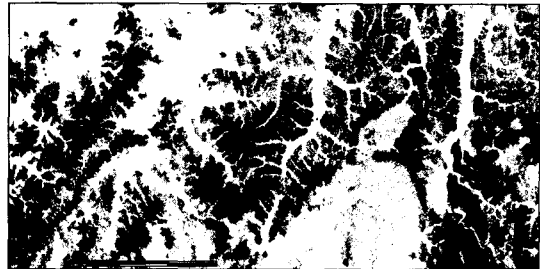


그림 6. 경사 분석도

범례: □: 0~5: □: 5~10: □: 10~15:
 ■: 15~20: ■: 20~25: ■: 25~30:
 ■: 30(°)이상

뢰도와 정확도가 비교적 높은 임상도를 사용하여 산림 경계를 설정하고 경년변화 즉, 도로건설 등의 인위적인 개발 또는 자연적인 재해에 의한 변화는 영상자료를 이용하여 수정하였다(그림 7 참조). 산림경계의 추출로부터 첩탐별 산림진입여부를 확인할 수 있었다(표 5 참조).

표 5. 산림경계내 건설예정인 첩탐

산림진입 여부	첩탐 수(개)	첩탐번호
산림내	120	-
산림외	18	3, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 43, 73, 74, 87, 88, 89, 97, 105, 112, 137, 138
합계	138	-

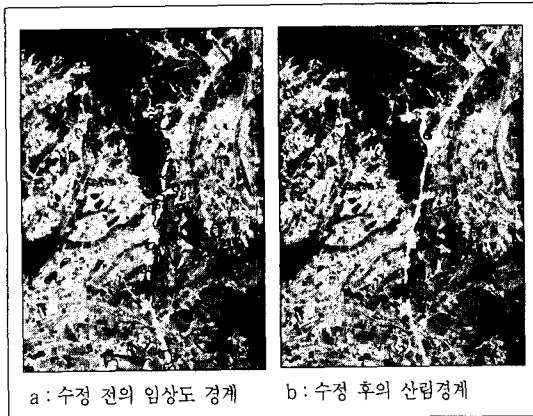


그림 7. 영상과 산림경계의 중첩

6) 이식지역 선정

기존 자료분석에 기초한 이식지역 선정에 있어 영상과 GIS를 이용한 식생활력도가 높은 지역을 설정하였다. 그러나 영상자료가 갖는 정확성의 한계가 있으므로 현장조사 실시 후, 식생이 우수한 지역은 이식구간으로 재선정하였다.

즉, 기초자료에 의거하여 1단계 평가에서 식생활력도가 높고, 고도가 150m미만, 경사가 20° 미만인 A, B로 평가된 지역을 추출하였다(표 6, 7 참조). 2단계 평가에서는 식생현황에 기초한 현장조사를 실시하였다. 본 송전탑 설치 예정지역의 현장조사 수행결과, 훼손지역내 생육상태가 양호하고, 수관형성이 우수한 곰솔 및 소나무군집을 중심으로, 이식후 활착 및 경관성을 고려하여 흉고직경 10~20cm의 중경목이 우점하는 지역을 이식 적정구간으로 선정하였다(표 8 참조).

생태복원방안이 요구되는 지역은 본 연구대상지내에 소면적으로 분포하고 있는 참나무류혼효림으로 선정하였다. 본 지역은 다층적인 식생구조를 형성하고 있었으며, 생물서식공간 및 생태적 가치가 높은 지역으로 사료되었다. 그 외 인공 식재된 리기다소나무 및 아까시나무 등은 이식지역에서 제외하였다.

따라서 본 이식지역은 대부분 곰솔군집으로서 DBH 10cm이하의 식생밀집지역이 산재되어 있는 서쪽지역은 철탑번호 11번, 18번, 20번, 21번, 23번, 24번, 30번, 31번, 32번, 36번, 37번, 41번, 42번, 47번, 50번, 61번, 62번, 64번, 65번 구간에서 이식이 필요한 것으로 판단되었다. 또한, 8등급에 해당되는 송전탑 철탑번호 51~60

번은 식도 등을 이용할 계획임으로 이식 산정 대상지역에서 제외되었다. 연구대상지의 동쪽지역에서는 68번, 71번, 75번, 76번, 78번, 79번, 80번, 82번, 83번, 84번, 86번, 91번, 92번, 96번, 97번, 98번, 99번, 102번, 103번, 109번, 113번, 114번, 122번, 125번, 126번, 134번, 135번 구간으로 총 46구간에서 이식이 필요한 것으로 산정되었다.

특히, 이식 수목 중 철탑부지에서 발생하는 수목은 철탑부지 내 공터에 가이식을 실시, 공사완료후 이식을 계획하며, 진입로에서 발생하는 이식수목은 진입로 주변 공터 및 진입로 입구부의 농경지 등에 가이식을 실시한 후, 공사가 완료되고 진입로가 원상 복구된 후에 진입로부지에 재이식을 실시하도록 제안하였다.

표 6. 기초자료 평가기준

구분	A	B	C
식생활력도	높다.	보통(평균)	낮다.
고도(m)	150이상	70-150	70미만
경사도(°)	20° 이상	10-20°	0-10°

표 7. 1단계 유형평가: 영상자료와 GIS에 의한 평가

구분	내용
A	식생활력도 A, 고도 70m미만, 경사도 0-10°
B	식생활력도 A, 고도 70m-150m, 경사도 10-20°
C	식생활력도 B, 고도 70m미만, 경사도 0-10°
D	식생활력도 C, 식생이 거의 없는 나지상태

표 8. 2단계 유형평가: 현장조사에 의한 평가

구분	내용
A	이식이 적합하다. <ul style="list-style-type: none"> 본 연구대상지내 해안림의 중심수종인 곰솔, 소나무군집(수관형성이 우수하고, 생육이 양호한 지역) 이식후, 활착 및 경관성이 높은 흉고직경 10~20cm 우점지역
B	별도의 생태복원방안이 요구된다. <ul style="list-style-type: none"> 다층적인 층위를 나타내는 식생구조지역(참나무류혼효림)
C	이식이 부적합하다. <ul style="list-style-type: none"> 소나무 및 곰솔 밀집지역(흉고 직경 10cm이하의 소경목 밀집지역, 생육상태 불량지역) 리기다소나무 및 아까시나무 등의 인공림

2. 현장조사

1) 대표지역별 식생현황

본 연구에서는 기존 환경영향평가 보고서 및 기존 자료를 토대로 분석된 영상과 GIS분석결과에 기초하여 진입로 개설에 따른 지역특성별 현장답사를 실시하였으며, 그 결과를 토대로 연구대상지내 보전, 이식, 복원, 개발지역을 대표할 수 있는 8개 지역을 유형화하였으며, 그 지역을 중심으로 식생조사를 수행하였다.

지역별 식생상태를 파악하기 위하여 수종, 규격, 수령을 살펴보았으며, 식생내부구조를 파악하였다. 구체적으로 8개 지역의 일반적인 개황은 표 9와 같으며, 기존임도, 산림등산로, 삭도설치지역, 노선변경사료지역, 참나무류군집, 인공림인 리기다소나무림, 식생불량지역, 환경사지역으로 구분하였다.

보전지역을 대표하는 지역으로서는 삭도설치지역(철탐번호 51, 52) 및 노선변경 사료지역(철탐번호 35, 85), 참나무류군집(철탐번호 124)을 조사하였다. 삭도설치지역은 녹지자연도 8등급으로 소나무 및 곰솔 우량지역이었으며, 노선변경 사료지역은 소나무와 신갈나무의 경쟁군집 및 마을숲의 일부인 소나무 대경목지역, 참나무류군집은 갈참나무를 중심으로한 다층적인 식생구조로서 생태적 가치가 높은 지역이었다.

이식지역으로서 환경사지역(철탐번호 37)은 생육이 양호한 곰솔우점지역을 조사하였으며, 복원지역으로서는 산림등산로 주변식생인 상수리나무와 밤나무군집

(철탐번호 83)으로 층위별 다양한 종조성을 이루고 있었다. 개발지역으로서는 인공림인 리기다소나무림(철탐번호 40), 식생불량지역으로서 소나무밀집지역(철탐번호 33), 기존임도구간(철탐번호 27)을 조사하였다.

(1) 기존임도지역

기존 자료분석 및 영상과 GIS분석을 토대로 구분한 8개 지역별 식생특성을 살펴보면, 첫 번째로 기존임도 이용지역은 표고 40m, 경사 10° 로 비교적 저지대에 속하였으며, 교목층이 형성되지 않은 상태이었고, 흉고 직경 5cm이하의 소경목인 곰솔이 우점종으로 고밀도로 분포하였으며, 곰솔 표본목의 수령은 평균 9년으로 최근의 성장상태는 양호하였으나, 밀도가 높고 수고는 평균 4~6.5cm로 낮은 상태를 나타내었다. 기존 임도가 조성되어 있는 지역은 임도 폭이 2m 70cm정도로서 향후, 임도를 활용하여 산림훼손을 최소화하는 방향으로 공사를 진행하도록 해야 할 것이다.

(2) 산림등산로지역

산림등산로 이용지역은 표고 55m, 경사 12° 로서 상수리나무, 밤나무가 주요수종으로 교목층에서 흉고 직경 10~20cm로 다양하게 분포하고 있었다. 아교목층에서는 자연림에서 출현하는 때죽나무가 흉고 직경 5cm 이하로 분포율이 높았으며, 그 외 밤나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무, 진달래 등이 출현하였다. 흉고 직경 17cm, 수고 10m인 상수리나무 표본목의 수령은 22년으로 매년 고른 성장상태를 나타내었다. 이러한 등산로 지역은 상수리나무와 밤나무가 혼효되어 있는 산림으

표 9. 지역별 일반적 개황

특성	우점종	표고 (m)	방위	경사 (°)	교목층 평균수고 (m)	교목층 평균DBH (cm)	아교목층 평균수고 (m)	아교목층 평균DBH (cm)	관목층 평균수고 (m)	표본목 평균수령 (년)
기존임도	곰솔	40	N80W	10	-	-	6.5	2.5	0.5	9
산림등산로	상수리나무-밤나무	55	N20E	12	12.0	20	4.5	8.0	2.0	22
삭도설치지역	소나무	70	N60E	25	9.5	20	3.0	2.0	0.5	38
	곰솔	88	N20E	15	12.0	19	4.0	4.0	0.8	39
노선변경 사료지역	소나무-신갈나무	69	S60E	25	6.0	12	3.0	5.0	0.2	소나무-25, 신갈나무-20
	소나무	45	S35E	5	13.0	25	4.5	6.0	2.0	39
참나무류군집	갈참나무	130	N25W	14	14.0	20	7.0	5.0	2.0	22
리기다소나무림	리기다소나무	57	S30W	5	10.0	18	3.0	4.5	1.0	21
식생불량지역	소나무	81	S30W	5	6.0	10	3.0	4.0	0.5	14
환경사지역	곰솔	56	N20E	5	8.0	13	3.0	3.0	0.5	22

로 오솔길이 자연 발생되어 녹지터널 효과를 줄 수 있는 지역이었다. 향후, 공사를 위한 진입로 폭의 확장 등으로 인하여 현재, 오솔길 주변 산림훼손도가 높아질 것으로 사료되는 지역으로 산림훼손을 최소화하는 방향으로 공사를 진행하여야 할 것이며, 훼손시 복원이 필요한 지역이다.

(3) 삭도설치지역

본 조사대상지에서 삭도설치지역은 녹지자연도 8등급이며 자연상태가 양호한 지역이며 소나무·곰솔 대경목지역으로 이식이 불가하다. 소나무군집에서는 경사 25°로 약간 급한 상태이었으며, 교목층의 흉고직경이 평균 20cm이상으로 비교적 양호한 생육상태를 나타내었고, 아교목층에서는 상수리나무, 떡갈나무 등의 참나무류가 출현하고 있었다. 곰솔군집에서도 소나무군집과 비슷한 경향을 나타내었고, 표고 88m, 경사 15°로 교목층의 흉고직경은 평균 19cm이었다. 소나무 및 곰솔의 표본목 수령을 파악한 결과, 30년 이상으로 녹지자연도 8등급에 해당되며 이식불가한 지역으로 사료되었다.

(4) 노선변경 사료지역

노선변경의 사료지역으로서는 일부 소나무군집에서 신갈나무를 중심으로 하는 참나무류로 천이가 진행되고 있는 지역과 소나무 대경목지역으로 선정하였다. 소나무와 신갈나무경쟁군집은 신갈나무로의 천이초기단계로서 소면적으로 분포하였고, 교목층에서 소나무와 신갈나무가 혼재하여 생육하고 있었다. 교목층의 소나무 흉고직경은 11~24cm, 신갈나무는 8~12cm로서 양호한 성장상태를 나타내었다. 이러한 지역은 향후, 참나무류 중심의 군집으로 생육가능하도록 우회하여 진입로를 설정하는 것이 적정할 것으로 사료되었다. 본 지역에서 표본목으로 선정된 소나무와 신갈나무의 연륜을 측정·비교한 결과, 소나무는 25년, 신갈나무는 20년이었으며, 최근의 성장상태에서 소나무가 경쟁에서 도태되고 있는 것으로 조사되어 신갈나무로의 생태적 천이가 진행되고 있는 것으로 파악되었다. 따라서 본 지역은 향후, 자연림의 우점종인 신갈나무군집의 유지를 위하여 우회하여 진입로를 설정하는 것이 적정할 것으로 판단되었다.

소나무 대경목지역은 도로에서 접근이 용이하며, 경

사 5°로서 저지대이었다. 본 지역은 전통적인 마을숲 경관을 창출하고 있는 지역으로 교목층의 소나무 흉고직경이 18~41cm로서 평균 25cm의 대경목이었으며, 아교목층 식생으로 흉고직경 5cm이하의 상수리나무, 졸참나무, 밤나무, 떡갈나무, 산벚나무 등이 출현하였다. 소나무 표본목의 수령은 35~43년으로 평균 39년으로서 녹지자연도 8등급, 장령림에 속하는 양호한 산림경관으로서 진입로 설정은 불가하며, 대경목지역으로 이식도 불가한 지역으로 사료되었다.

(5) 참나무류군집지역

본 대상지내의 송전탑 건설지역은 곰솔, 소나무 우점지역이 대면적에 걸쳐 분포하고 있으나, 일부 갈참나무 및 떡갈나무 등의 참나무류군집이 분포하고 있었다. 특히, 갈참나무가 우점하는 군집은 교목층 흉고직경 13~25.5cm으로 평균 20cm이었으며, 아교목층에서도 흉고직경 5cm이하의 갈참나무가 다수 출현하고 있었다. 그 외, 아교목층에서는 때죽나무의 출현빈도가 높았으며 떡갈나무, 참개암나무, 졸참나무, 산벚나무, 노린재나무가 출현하였다. 갈참나무 표본목의 수령은 22년이었으며, 고른 성장상태를 나타내었다. 갈참나무군집과 같은 자연림의 유형은 종다양성이 높고, 다양한 층위구조를 형성하고 있기 때문에 야생조류 및 소동물의 서식공간으로 그 역할이 큰 지역으로 사료된다. 따라서 본 지역은 보전지역으로 설정하여 참나무류 대경목지로 발전할 수 있는 생태적으로 가치가 높은 잠재지역이다.

(6) 리기다소나무림지역

리기다소나무림은 인공림의 유형으로 경사 5°로 저지대이었으며 교목층에서 리기다소나무 단일종만이 출현하였다. 교목층의 리기다소나무 흉고직경은 14~24cm로서 평균 18cm, 아교목층은 7~3cm로 리기다소나무 표본목의 수령은 21년이었다. 본 리기다소나무림은 인공림으로 이식지역에서 제외하였다.

(7) 식생불량지역

식생불량지역인 소나무밀집지역은 소나무 한 종만이 100m당 교목층 및 아교층에서 총 48주가 밀집되어 생육하고 있었다. 흉고직경도 평균 10cm이하로서 생육상태가 불량하였다. 그 외, 교목층에 상수리나무, 아교목층에 노간주나무 1주만이 출현하였다. 본 소나무군집은 소나무 단일수종으로 밀집되어 수종간 상충문제가 발

생하였고, 수종별 생육상태가 불량하였다. 따라서 본 군집은 이식지역에서 제외하였으며, 표본목의 수령은 14년으로 20년 미만이었다.

(8) 환경사지역

환경사지역으로서 곰솔의 생육상태가 양호한 상태로 이식가능지역이었다. 표고 56m, 경사 5° 로 접근이 용이하였으며, 곰솔이 우점지역으로 교목층의 흉고직경이 10~20cm이었으며 아교목층은 8cm이하로서 평균 3cm이었다. 그 외 아교목층에서 산벚나무, 떡갈나무, 졸참나무가 출현하였다. 곰솔 표본목의 수령은 22년으로 이식대상수종은 교목층의 곰솔군으로 흉고직경 10~20cm에 해당하는 수종이 적정할 것으로 판단되었다.

2) 대표지역별 종다양도

대표지역별 Shannon의 종다양도를 살펴보면, 기존 입도지역의 곰솔군집이 0.34로 가장 낮았으며, 곰솔 우점지역인 환경사지역과 인공림인 리기다소나무림이 각각 0.57, 0.69로 대체적으로 낮은 경향을 나타내었다. 그 외에 삭도설치지역 I, II인 소나무와 곰솔군집은 각각 0.76, 0.88, 노선변경 사료지역 II인 소나무 대경목지역은 0.85를 나타내었다(그림 8 참조). 대체적으로 본 연구대상지가 곰솔이나 소나무 단일종으로 구성되어 있는 해안지역이라는 특성상 종다양도가 낮은 경향을 나타낸 것으로 파악되었다. 이에 반해 참나무류들이 주종

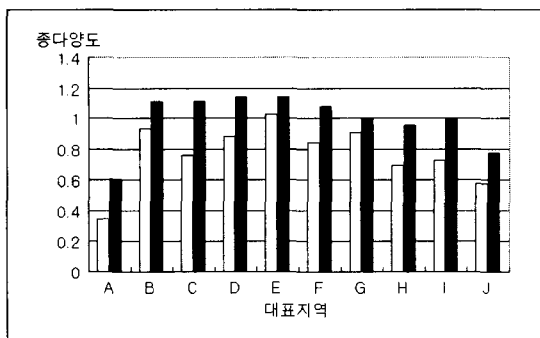


그림 8. 대표지역의 종다양도
 범례: A: 입도; B: 등산로; C: 삭도설치지역I; D: 삭도설치지역II; E: 노선변경사료지역I; F: 노선변경사료지역II; G: 참나무류군집; H: 리기다소나무림; I: 식생불량지역; J: 환경사지역; □: 종다양도; ■: 최대종다양도

을 이루고 있는 산림등산로, 참나무류군집이 각각 0.93, 0.91로 약간 높은 추세이었다. 특히, 소나무와 신갈나무가 경쟁을 이루고 있는 노선변경 사료지역 I은 종다양도가 1.02로 높은 상태이었다. 최대종다양도에 대한 종다양도의 비율이 높은 군집일수록 안정상태에 도달한다는 연구결과(이경재 등, 1993)와 같이 참나무류군집과 소나무와 신갈나무 경쟁군집이 다양한 종조성을 나타내었다.

3. 보전, 이식, 복원, 개발지역의 설정

본 연구는 송전선로 건설사업에 있어 자연훼손을 최소화할 수 있는 방안도출을 목적으로 기존자료 및 GIS, 영상분석을 통한 송전선로 적지분석과 현장조사를 거쳐 생태적인 측면에서의 보전지역과 이식지역, 훼손에 따른 복원지역, 개발지역으로 세분화하여 제시하였다.

송전선로 적지분석을 위하여 기존주제도 및 영상을 이용한 주변환경 파악, 영상과 산림경계 중첩을 통한 진입도로 개설 예정지의 산림 훼손정도를 파악하였다. 연구대상지는 해안에 인접한 곰솔, 소나무위주의 산림 지역으로 녹지자연도 8등급지역은 보전지역으로 삭도 설치구간으로 제한되었다.

구체적인 기존자료를 이용한 식생활력도 및 지형 분석을 통하여 이식지역 선정의 기초적인 평가기준으로 적용하였다. 이식지역 선정에 있어서는 식생활력도가 높은 지역을 중심으로 고도 150m이하, 경사도 20° 이하 지역으로 성장상태가 왕성한 지역을 1차 선정하였다. 그 지역을 중심으로 한 현장조사에서는 수관형성이 우수하고, 이식후 활착율이 높은 흉고직경 10~20cm의 곰솔, 소나무 우점지역을 이식적합지로 도출하였다. 또한, 공사에 의해 훼손이 불가피한 상수리나무와 밤나무 군집은 생태적 잠재공간으로서 가치가 높은 지역으로 판단되어 복원지역으로 제안하였다. 그외 인공림 및 생물불량지는 이식부적합지로 구분하였다.

기존자료 분석 및 현장조사 결과, 보전지역은 녹지자연도 8등급지, 소나무 및 곰솔 대경목지, 참나무류 대경목지, 종다양성도가 높게 분석된 소나무와 참나무류 경쟁지역으로 도출되었고, 이식지역은 생육상태가 양호한 곰솔, 소나무 우점지역을 중심으로 한 46개구간, 복

원지역으로 산림등산로 주변의 상수리나무와 밤나무군집으로 현재의 양호한 식생상에 악영향을 줄 수 있는 지역으로 판단되었다. 따라서 자연적인 회복을 유도할 수 있도록 층위별 종조성에 따른 복원계획의 수립이 요구되었다. 개발지역은 인공림과 소나무 및 곰솔의 밀도가 높은 생육불량지, 기존입도 지역으로 제시하였다.

IV. 결론

본 연구대상지의 식생은 곰솔 및 소나무 위주의 경관으로 지속되어질 것으로 조사되었으며, 우리나라 해안림의 자생경관으로서 그 가치가 높은 것으로 사료되었다. 현재, 각종 개발사업에 의해 고유의 자생경관 소실이 이루어지면서 자연성 회복 및 피해에 대한 최소화 방안들이 검토되어지고 있다. 이러한 시점에서 본 연구는 자연생태적인 관점에서 산림훼손을 최소화할 수 있는 방안도출을 목적으로 하였다. 즉, 기존자료 및 GIS, 인공영상자료를 통한 송전선로 적지분석과 현장조사를 병행함으로써 개발에 대한 자연생태계의 최소화 및 훼손에 대한 관리방안으로서 보전, 이식, 훼손지역에 따른 복원, 개발지역을 제안하였다.

본 조사대상지 중에서 보전지역은 생태적인 가치가 높은 구역에 속하며, 자연생태계를 고려한 친환경적인 개발을 위하여 자연생태계 보전지역으로 녹지자연도 8등급 구간의 곰솔군집과 소나무 대경목지, 소나무와 참나무류와의 경쟁지역, 수령 20년 이상의 참나무류군집으로 선정하였다.

이식지역은 GIS분석 및 현장조사 결과에 의거하여 46개의 적정구간을 설정하였으며, 대부분 곰솔군집으로서 진입로 개발후의 이식계획 및 산림생태계의 자연성 회복을 위한 적절한 대체방안으로서 제시하였다. 이식수종은 본 지역의 향토수종 및 수형이 양호한 수종을 선정하여 공사 후, 철탑주변 및 공사용 개설도로에 식재함으로써 공사로 인하여 훼손되는 수목을 최소화할 수 있는 방향으로 설정해야 할 것이다.

훼손에 따른 복원지역은 기존의 식생을 중심으로 층위별 종조성 및 생태적 배식기법에 의해 복원이 이루어져야 한다. 본 연구의 복원방안으로서는 현재 식생을 그대로 활용할 수 있도록 하였으며 특히, 참나무류를

중심으로 자연적으로 형성된 다층적인 식생구조지역은 야생조류 및 소동물의 서식공간으로서도 그 역할이 크므로 기존식생을 그대로 활용한 식생복원계획이 수립되어야 할 것이다. 따라서 일부, 지역별 참나무류의 생태적 복원을 위해서는 교목층의 갈참나무 및 줄참나무를 비롯하여 아교목층의 때죽나무, 산벚나무, 갈참나무, 노린재나무 등, 관목층에 청미래덩굴, 갈참나무, 덩펍나무 등의 주요수종을 중심으로 다층적인 식생구조를 형성할 수 있는 복원모델 제안이 이루어져야 할 것이다. 개발지역은 인공림이거나 생태적 가치가 적으며, 생육이 불량한 소나무 및 곰솔군집의 밀집지역으로 선정하였다.

최근, 우리나라에서는 개발사업에 대한 사전조사 및 현황분석의 중요도가 높아지면서 다양한 연구 및 기법 등이 소개되어지고 있다. 본 연구방법 및 결과도 무분별한 개발사업에 있어 생태적인 측면에서 자연훼손을 최소화할 수 있는 방안제시로서 그 적용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 본 연구결과가 일반적으로 적용되기 위해서는 좀더 다양한 지형 및 토양특성 등을 고려한 환경변수가 고려되어야 한다. 즉, 일반적인 적용을 위해서는 첫째, 단계적인 평가순위 및 기준설정의 세분화 및 객관화가 필요하므로 개발사업의 유형에 따른 다양한 평가방법의 모색이 이루어져야 한다. 즉, 다수의 개발사업 대상지의 평가도출 및 현장조사를 통하여 유형별, 단계별 최적의 방법론의 모색이 필요하다. 둘째, 이식 및 복원을 실시한 지역에 있어서는 지속적인 모니터링 과정이 중요하다. 즉, 이식 및 복원후의 관리방안 및 모니터링이 지속적으로 이루어짐으로서 현실성 있는 자료구축을 통하여 다양한 개발사업에 있어서 일반적으로 적용할 수 있는 생태적인 방안도출이 가능할 것이다.

인용문헌

1. 건설교통부(1998) 개발제한구역 제도개선을 위한 환경평가기준 연구.
2. 건설교통부(2000) 지속가능한 정주지개발을 위한 정책 및 제도 연구, 제 3권.
3. 국토개발연구원(1997) 자연친화적 산지개발에 관한 연구.
4. 김명진, 김상훈, 이재운, 서창완, 한의정, 홍준석(1997) 식생지

- 수를 이용한 환경영향평가. 환경영향평가학회지 6(1): 47-54.
5. 김혜주, 조수경(1998) Hemeroby를 이용한 자연환경평가 및 환경계획. 환경생태학회지 12(3): 253-258.
 6. 대한주택공사(1996) 환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구.
 7. 산림청(2002) 산지전용 타당성 평가기준정립에 관한 연구.
 8. 양병이(1997) 지속가능성 지표에 의한 우리나라 주거단지의 환경친화성 평가에 관한 연구. 국토계획학회지 32(2): 89-106.
 9. 임봉훈, 우형택(1999) 한국형 전원주택단지의 지속가능성 지표개발에 관한 연구. 한국조경학회지 27(1): 64-78.
 10. 이동근, 윤소원(1998) 지속가능한 도시개발을 위한 환경지표에 관한 연구 -인간과 자연과의 공생지표를 중심으로-. 한국 환경영향평가학회지 7(1): 93-107.
 11. 이경재외 17인(1993) 도시 및 공업단지 주변의 Green복원 기술 개발(I). 환경처·과학기술처.
 12. 조현제(1997) 도시권역 삼림식생의 생태적 관리기법개발 -부산광역시 황병산지역을 모델로 하여-. 월간 임업정보 69호, pp. 39-42.
 13. 채미옥, 지대성(2001) 국토의 효율적 관리를 위한 토지적성평가에 관한 연구. 국토연구원.
 14. 한승환(1995) 도시지표의 개발 및 적용에 관한 연구. 한국지방행정연구원.
 15. 환경부(2002) 국토생태네트워크의 추진전략에 관한 연구.
 16. 환경부(2001a) 토지의 환경성 평가기준에 관한 연구.
 17. 환경부(2001b) 21세기 자연환경보전정책발전방향.
 18. Bradshaw, A. D.(1988) Alternative Endpoints for Reclamation. In: Cairns J. Jr. (ed.), Rehabilitating Damaged Ecosystems. Vol. 2. Florida: CRC Press. pp. 69-85.
 19. Pielou, E. C.(1975) Ecological Diversity. New York: John Wiley & Sons. p. 165.
 20. 中村俊彦, 長谷川雅美, 谷口薫美(1997) 灣岸都市千葉市の自然環境の保持, 復元の方法(中村俊彦, 長谷川雅美, 藤原道郎 編 "灣岸都市の生態系と自然保護"). 東京: 信山社サイテック, pp. 967-979.

원 고 접 수 : 2002년 10월 24일

최종수정본 접수 : 2002년 12월 3일

3인의명 심사필