

## 토지피복지도를 활용한 철도개발지의 민감도 분석

### Sensitivity Analysis for Railway Development Areas Using Land Cover Map

김민경\* · 김동엽

Min-Kyeong Kim · Dong-Yoeb Kim

**Abstract** Recently, the ‘Ecological Network Restoration Project at Chupungnyeong’ has been placed; this project is located at the center of the Baekdu mountain spine, the core of the ecological network of the Korean Peninsula. In the process of industrialization since the early 1900s, this area has been under railroad and road construction; as such, wild-life movements have been interrupted and many cases of road-kill have been found. The investment in railroads has increased because railroads are an environmentally sound means of transportation. Single track railways have been converted to double track electric railways and track reforming projects are underway in order to speed up the current railway system. This study suggests to take land use as a standard for assessing the ecological weaknesses of the domestic geo-spaces that are to be affected by rapid extension of railway lines. The land cover map issued by the Ministry of Environment was overlapped with the Korean Railway Line Map for analysis. The results showed that five items were high in sensitivity: paddy fields, fields, deciduous forests, bare land, and inland waters. It seems to be necessary to set weights for highly sensitive land use types; also, specific evaluation criteria need to be reestablished.

**Keywords** : Environmental impact, Railway line, Land-use, Natural ecological area

**초 록** 최근 한반도 생태축의 근간을 이루는 백두대간의 중심에 위치한 추풍령 생태축 연결·복원사업이 추진되고 있으며, 이 지역은 일제 강점기에 경부선 철도건설과 함께 산업화 과정에서 도로와 철도 건설 등에 의해 야생동물의 이동이 단절되어 로드킬의 주요 원인이 되어 온 것으로 지적되었다. 그러나 친환경적 교통수단인 철도에 대한 투자 비중이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 현재 기존 선로의 고속화를 위한 단선철도의 복선전철화 및 선형개량 사업 등 전국 철도망이 지속적으로 확대되고 있다. 이에 따라 본 연구는 급증하는 철도노선 연장에 따른 국토공간의 생태적 취약성을 평가하는 주요 평가기준으로 토지이용을 검토할 것을 제안하였고, 환경부에서 제공하는 토지피복지도를 활용하여 철도노선과 중첩분석을 수행하였다. 그 결과 논, 밭, 활엽수림, 나지, 내륙수 등 5개 항목에 민감도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 항목들에는 민감도에 따른 가중치 설정이 필요한 것으로 생각되며 이를 바탕으로 구체적인 평가 기준을 마련할 필요가 있다.

**주요어** : 환경영향, 철도노선, 토지이용, 자연생태지역

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

철도는 경제개발계획과 함께 발전이 가속화되었으며, 근대 초기 산업화를 추진하는 과정에서 중요한 역할을 담당하였다. 그러나 도로 뿐만 아니라 철도 노선 연장 등을 통해 다양한 환경문제가 발생되었고, 특히 야생동·식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되어 최종적으로 생태계 불균형을 초래하여 결국 인간에게도 악영향을 끼치게 되었다. 도로와 철도 사업의 경우, 지역 간의 연결성이 사회·경제적 측면에서 중요한 요소로 작용하고 있으나 환경적으로 중요한 지역을 통과하는 경우가 많아 계획과정에서 장기간의 협의 또는 노선 재배치 등의 문제가 발생하고 있고, 철도계획 시 철도설계 기준에 따라 환경조사가 진행되고 있다. 최근 고속도로, 경부선 철도, 국도 4호선, 군도 27호선 등 4개 노선이 병행하는 구간이며 백두대간의 핵심구간인 추풍령 생태축을 복원하기 위한 생태통로가 설치되고 운영사업을 진행하는 등 생태적 가치가 강조되고 있다. 또한, 전북 남원시

\*Corresponding author. E-mail: mkkim15@krii.re.kr.

© 2017 The Korean Society for Railway. All rights reserved.

<https://doi.org/10.7782/JKSR.2017.20.1.76>

의 경우 「궤도운송법 개정안」을 근거로 지리산 산악철도를 도입하여 국립공원 제1호인 지리산을 관광자원화하기 위한 프로젝트가 진행되고 있다. 그러나 일부 구간이 「자연공원법」상 공원자연보전지구로 설정되어 있는 등 환경적 측면에 대한 검토가 필요한 상황이다.

선진국들도 1992년 리우환경회의 개최 이후 ‘환경적으로 지속가능한 교통(EST)’프로젝트를 수행하는 등 환경적 측면을 고려하고 있으며, 친환경 교통수단으로의 철도 수송 분담률을 증대시키려는 정책이 수행됨에 따라 철도개발지의 구체적인 환경 평가 기준이 필요하다. 본 연구에서는 국외 철도 사업의 환경평가 기준을 비교·분석하여, 국내 철도 개발 시 적용 가능한 주요 평가 항목이 무엇인지 살펴보고자 하였다. 그리고 현재 운행 중인 고속·일반·광역·도시철도<sup>1)</sup> 노선별 토지이용 현황을 철도 노선 유형별로 그 특성을 살펴보고 넓은 면적비율을 차지하고 있는 유형을 선별하여 민감도를 검토하였다. 추후 철도개발예정지 평가를 위한 중점평가항목 중 토지이용에 따른 환경민감도를 바탕으로 한 평가 기준 마련의 필요성을 제안하고자 한다.

## 1.2 국내 철도사업 환경평가기준

우리나라 환경평가 체계는 「환경영향평가법」에 근거하여 전략환경영향평가, 환경영향평가, 소규모 환경영향평가 등 3가지로 구분된다. 철도사업의 경우 「철도건설법」에 의한 기본계획과 「도시철도법」에 의한 도시철도기본계획 및 노선별 기본계획은 전략환경영향평가 대상사업에 포함되며, 「철도건설법」에 의한 실시계획 승인, 건설사업, 「도시철도법」에 의한 도시철도의 건설사업 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의한 도시계획사업 중 철도의 건설사업 등은 환경영향평가와 소규모 환경영향평가 대상 사업으로 구분된다.

환경부 고시 제 2015-161호, 국토교통부 고시 제 2015-622호에 의한 「환경친화적 철도건설 지침[3]」에 따르면 철도노선 선정 시 고려할 사항으로 6가지를 제시하였다. 환경 측면의 입지타당성을 살펴보기 위해 환경적인 측면에서 중요한 지역·지구<sup>2)</sup>가 포함되어 있는지 여부를 파악하고, 철도노선이나 정거장 예정지 주변의 주거지역·학교·병원 등 정온시설 분포 현황을 고려하여 철도소음 관련 민원문제의 증가를 고려하였다. 최근 신설 철도 및 정거장 건설 시 주변 경관과의 조화를 중시하고 있음에 따라 경관적 측면에 대한 고려가 이루어졌으며, 철도사업에서 발생하는 지형훼손 및 생태계 단절 등의 환경적 영향을 최소화하기 위한 기존 노선 및 정거장 활용을 고려하였다. 또한, 타 교통시설과의 평행노선에 대한 부분과 계획 중인 철도사업 주변의 도로, 택지개발 등 타 사업계획의 추진 및 현황을 살펴보기 위해 환경영향평가정보지원시스템을 활용하는 것을 제시하였다.

철도분야 환경영향평가 항목 중 철도노선 선정 시 기본·실시설계단계의 주요검토 항목으로는 대기환경, 수환경, 토지환경, 자연생태환경, 생활환경 등이 있다. 환경친화적인 철도노선 선정을 위한 일반적인 평가 항목은 대기질, 수질, 지형·지질, 동·식물상, 자연환경 자산, 소음·진동, 위락·경관 등 총 7개 항목으로 구성되어있다. 특히, 환경영향평가 검토 항목 중 토지환경의 세부 항목으로 토지이용, 토양, 지형·지질 등이 있으나 중점평가로는 학술적 가치 또는 보전 가치가 있는 지역의 지형·지질의 영향에 초점이 맞추어져 있다. 토지이용 및 다른 항목들은 지역 특성이나 철도 유형에 따라 탄력적으로 반영할 것으로 제시하였고, 토지이용의 평가항목은 법적기준이 설정되어 있지 않아 상위계획 및 관련계획과의 연계성을 검토한다.

철도사업은 대표적인 선형사업으로써 주거지나 농경지를 지날 경우 지역권 단절 및 분리 등이 발생하며, 환경적으로 중요한 지역·지구 등을 통과할 경우 발생하는 환경훼손을 저감하기 위한 검토가 필요하다. 토지이용을 탄력적 반영 항목으로 제시하고 있는 「환경친화적 철도건설 지침」에 따르면, 계획노선과 주변의 토지이용과의 관계를 분석하고 1:100,000 이하의 소축적 지형도나 인공위성 영상 또는 항공사진을 검토하며, 국토교통부에서 제공하는 토지이용규제정보서비스와 연계하여 분석할 것을 제시하였다. 그러나 이 지침은 타 항목에 비해 선언적인 형태로 되어 있어 방향성만 제시하고 있으며, 국토 전역을 대상으로 한 토지이용 정보에 바탕을 둔 환경 영향을 가시적인 형태로 보여주고 있지 않다.

## 1.3 외국의 철도사업 환경평가기준

미국은 토지이용에 관련된 사업뿐만 아니라 환경영향이 예상되는 정책, 계획, 프로그램 등에 대해 환경영향평가를 실시하고 있으며, 모든 대상 사업의 경우 면제 범주에 해당하지 않는 한 사전 환경성평가를 작성한다[4]. 환경영향평가를 위한 항목은 범위 검토 절차를 거쳐 대상지역과 평가항목을 결정하며, 검토 시 대상사업 및 다른 대안들에 관련된 환경영향을 목록화하여 자연적, 심미적, 역사적, 문화적, 사회적, 경제적 영향에 대한 검토를 수행한다. 대표적인 사례로 Southeast High Speed Rail

1) 고속철도는 열차가 주요구간을 시속 200km 이상으로 주행하는 철도이며, 일반철도는 고속철도와 도시철도를 제외한 철도이다. 광역철도는 2개 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 도시철도 또는 철도이고, 도시철도는 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도이다.

2) 중요한 지역·지구로 생태·경관보전지역, 습지보호지역, 국립·도립공원, 문화재보호구역, 자연환경보전지역, 상수원보호구역, 수변구역야생생물보호구역, 백두대간보호지역, 지하수보전구역, 생태 및 환경적으로 보전가치가 있는 지역 등이 있다.

(SEHSR) 프로젝트[5]는 1992년 United States Department of Transportation (USDOT)에 의해 계획된 고속철도 건설 및 운영에 대한 사업계획으로 이 사업은 단계별 평가방식을 적용하여 1~2단계 평가서를 작성하였다. 특히 1단계에서 기존 철로 구간들을 중심으로 한 9개 대안노선에 대하여 영향 평가 기준으로 운영적 측면과 영향적 측면으로 구분하여 적용하였다. 운영적 측면에서 노선 길이, 기존 철도선로 면적, 평균 운행속도, 에너지 절감량 등을 평가하였고, 영향적 측면에서 수역의 개수, 주요 하천 횡단 횡수, 영향을 받는 습지의 개수, 0.5mile 이하의 광산 개수, 소음·진동의 지표가 되는 정온시설의 수, 주요 경작지 면적, 보호생물종의 수, 국가하천의 수, 토지이용의 지표가 되는 매입해야 할 토지면적과 재배치해야 할 주택과 상점의 수, 국가 유적지의 수, 공원 개수 등에 대한 정량적 평가를 시행하였다.

일본은 국가 환경영향평가[6] 대상사업으로 철도 외에도 도로, 댐, 비행장, 택지, 공단 등 13종이 있으며, 규모에 따라 1종과 2종 사업으로 구분된다. 특히 철도와 관련된 1종 사업으로는 신간선 철도의 건설, 길이 10km 이상의 철도 및 궤도의 건설이 있으며, 2종 사업으로는 길이 7.5~10km의 철도 및 궤도의 건설이 있다. 대상사업에 따른 환경영향이 지역에 따라 다르므로 환경영향평가 항목은 지자체, 주민 등의 의견을 반영하여 계획하며, 평가항목은 환경구성요소의 유지, 생물다양성 및 자연환경 보전, 사람과 자연의 만남, 환경에의 부하량, 역사·문화유산 보전 등으로 구분된다. 지역마다 일부 차이가 있으나 대기질, 수질, 지하수, 지형·지질, 지반, 토양오염, 동물, 식물, 생태계, 경관, 위락·경관, 폐기물, 소음·진동, 문화재 등이 세부 평가항목으로 분류된다. 일본은 현 단위로 해당 노선구간에 대한 별도의 환경영향평가를 시행하며, 대표사례로 호쿠리쿠 신간선 난에쓰-쓰루가간 노선[7]은 환경구성요소의 보전, 생물의 다양성 및 자연환경의 보전, 사람과 자연의 만남, 환경에의 부하량 등 4가지로 구분하여 세부평가 항목을 두었다. 세부 항목은 환경구성요소의 보전 측면에서 대기(분진, 소음, 진동, 미기압파), 수질(탁도, 오염도, 지하수 수질 및 수위, 수자원), 토양(주요 지형 및 지질, 지반침하, 토양오염), 기타 등으로 구분하였고, 생물 다양성 및 자연환경에서는 동물, 식물, 생태계를 평가하였다. 그리고 사람과 자연의 만남 측면에서는 경관, 위락경관을 환경에 가해지는 부하량 측면에서는 폐기물을 평가 항목으로 설정하였다.

영국 EIA Planning Regulation[8]은 환경영향평가를 의무화하고 있으며, 영향평가가 필요한 사업(Schedule 1 project)과 환경에 영향을 미칠 수 있는 사업(Schedule 2 project)으로 구분이 되며, 이를 사업자가 판단하지만 지역의 계획책임자의 견해를 요구할 수 있다. 특히 철도 관련 사업에서는 장거리 철도교통 운송용 선로, 승객 운송용 노면철도, 고가철도, 지하철, 로프웨이 등은 길이가 2,100 m 이상일 경우 영향평가가 필요한 사업에 속하여 이를 수행해야 한다. 대표 사례로 Thameslink 2000[9]을 들 수 있고 이는 Bedford와 Brighton을 연결하는 Thameslink 네트워크를 확장하여 많은 이용객을 수용하기 위한 철도사업이다. 이 사업은 교통 및 건설법(Transport and Works Act Order)에 근거하여 영국 철도청에 의해 계획되었으며, 1999년까지 환경영향평가서가 작성되었으나 일부 지역에 대한 환경영향평가 재실시가 결정되어 보호지역, 건축물 현황, 교통흐름의 변화나 토지이용의 변화 등에 근거한 조사를 추가로 요청하였다. 이 사업의 환경영향평가 항목은 문화유산, 자연자원, 복리위락 등 3개 범주로 구분되며, 문화유산은 고고학, 경관 및 건축문화재를 평가하였고, 자연자원은 생태계 및 생물다양성, 지표수, 토양 및 지하수, 기상을 포함한 대기질, 소음·진동으로 평가하였으며, 복리위락 분야는 시각적 쾌적함, 교통 및 접근성, 지역사회, 사회경제적 측면을 평가하였다.

홍콩 환경영향평가법[10]에 따르면 대상 사업은 철도 및 도로와 그에 포함되는 정거장, 비행장, 항구, 매립지, 에너지 공급시설, 수자원 공급시설, 폐기물 처리시설 등을 포함하며, 면적 20ha 이상의 지역 또는 인구 10만명 이상이 거주하는 지역에 대한 도시개발 사업이나 현재 및 향후 거주 인구가 10만 명 이상인 지역에 대한 도시개발 사업과 재개발 사업의 경우 주요 대상사업으로 규정한다. 특히 철도 사업은 철도 및 역사의 건설, 사도·궤도 및 역사의 건설, 철도의 측선 건설, 현존하거나 건설계획 중인 정온시설로부터 100m 거리 내에 신설되는 철도 정거장, 길이 800m 이상의 도로 및 철도터널 건설, 길이 100m 이상의 도로 및 철도 교량 건설 등을 평가한다. 홍콩은 사업자가 사업실시 이전에 환경영향을 조사, 예측, 평가하도록 규정하고 있으며, 환경영향평가법에 의해 규정된 항목은 대기질, 소음, 수질, 폐기물, 생태계, 어장, 경관, 문화재, 공사 및 운영 시 위험성 등이다. 대표 사례로 1993년 철도건설계획에 의해 제안된 Lok Ma Chau Spur Line Project[11,12]를 들 수 있으며, 1998년 환경적 영향을 최소화하는 방향으로 변경되었다. 수평적 노선 5가지 대안과 수직적 노선 3가지 대안으로 구성되어 각 노선은 타 건설계획, 토지이용, 철도의 안정성 및 운영의 문제, 기술적 요건 등을 평가 항목으로 하였다. 특히 수직적 노선의 3가지 대안은 환경적 측면과 기술적 측면으로 구분하여 수행하였다. 환경적 측면에서 습지 및 생태계, 운영 및 공사 시 소음, 수질, 경관 및 조망권, 공사 시 폐기물, 문화재 및 역사적 건축물 등을 평가하였고, 기술적 측면에서 배수, 기존철도 운영에 미치는 영향, 경사도 제한, 안전성 문제 등을 평가하였다.

본 연구에서는 국내·외 철도사업 환경영향평가 기준을 종합하면 대기질, 수질, 지형·지질, 동·식물상 및 자연생태계, 자연환경 자산, 소음·진동, 위락·경관을 주요 평가 항목으로 지정하고 있으며, 이외에도 교통 접근성, 토지이용, 폐기물, 사회·경제적, 환경형평성, 광물자원, 토양오염, 지역사회, 운영과 안정성 등 다양한 항목이 주요 평가기준으로 활용되고 있다. 이러한 검토를 바

탕으로 기존에 제시된 7가지 중점평가항목 외에 미국, 영국 등에서 친환경 철도사업 시 활용되는 평가항목인 토지이용, 교통 접근성 등이 추가될 수 있을 것으로 생각된다. 특히 토지이용은 「환경친화적 철도건설 지침」에서 탄력적 평가요소로 제시되어 있으나 실질적으로 중점평가에는 반영되지 않고 있다. 철도노선은 선형요소로서 통과하는 구간이 주거지나 농경지 등일 경우 이주민 발생으로 인한 생활권 단절·분리의 문제가 발생하는 등 토지이용 및 피복 현황에 따라 환경영향에 대한 민감도가 달라질 수 있어 이를 철도 개발지 환경평가 시 중점항목으로 적용할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 2. 연구 방법

본 연구의 공간적 범위는 동아시아 대륙 동북쪽 끝 동경 124~132°, 북위 33~38°에 위치한 대한민국 전 국토를 대상으로 설정하였다. 철도 대상지의 토지피복 현황을 살펴보기 위해 5m의 공간해상도와 1:25,000 도곽 단위로 구축되어 좀 더 세분화된 중분류 토지피복지도를 활용하였다(Fig. 1).

고속철도는 경부선, 경진선, 전라선, 호남선 등 대표적인 4개 노선을 분석하였고, 일반철도는 경부선, 경북선, 경전선, 대구선, 동해남부선, 영동선, 장항선, 전라선, 중앙선, 진해선, 충북선, 태백선, ITX청춘선 등 13개 노선을 분석하였다. 그리고 광역철도는 경의선, 경의중앙선, 경춘선, 광명서들, 분당선, 수인선, 신분당선, 인천공항철도 등 8개 노선을 살펴보았으며, 도시철도는 서울, 광주, 대구, 대전, 부산, 인천 등 도시철도 20개 노선 및 부산김해, 용인, 의정부 경전철 노선 등 총 49개 노선을 대상으로 하였다.

철도개발지의 주요 환경성 평가 항목인 대기질, 수질, 지형·지질, 동·식물상 및 자연생태계, 자연환경자산, 소음·진동, 위락·경관 등 7가지 항목 외에 토지이용에 따른 민감지역을 파악하기 위해 중분류 토지피복지도[2]와 철도 노선을 GIS를 이용하여 중점 분석하였고, 철도노선 구간의 주변 1km 내의 토지 현황을 살펴보았다. 철도노선 주변에 특히 넓은 면적을 차지하고 있어 철도 건설 시 환경적으로 미치는 영향이 높을 것으로 예상되는 곳은 면적 비율에 따라 약 20% 이상의 민감도를 보일 경우 높음으로 그 이하일 경우 보통으로 구분하였다.

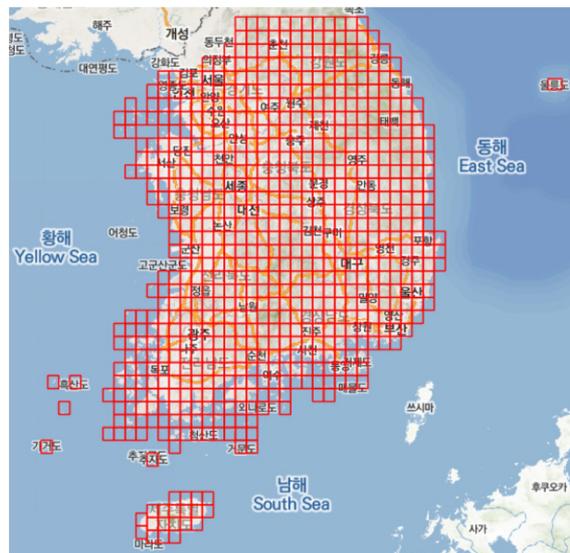


Fig. 1. Land-cover maps of Korea at intermediate level.

## 3. 철도개발지 민감도 분석

### 3.1 토지이용 현황

토지피복지도는 주제도로 분류되며 지표면의 지형지물 형태를 일정한 기준에 따라 구분하여 동질의 특성을 가진 구역을 동일 색상으로 구분하고 있다. 지도에 나타난 공간정보로 지표면의 현황을 잘 반영하고 있어 이를 활용하여 환경정책 수립에 도움을 얻을 수 있다. 우리나라의 토지이용 형태는 크게 시가지·건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역 등 7가지로

**Table 1.** Classification system of land cover map of Korea [13].

Category (7)	Division (22)		Definition
Built-up dry area	Residential areas (110)		Residential areas where people currently live or have lived, such as independent houses, communities of town houses and apartment buildings etc. that include cases where part of the residential area is used for commercial purposes.
	Manufacturing areas (120)		As a large scale industrial infrastructure, the land and attached facilities that are used for manufacturing, such as state run industrial and agricultural industrial complexes.
	Commercial areas (130)		An area for commercial buildings such as office buildings, banks and digital industrial complexes built with the purpose of selling products and services such as shops, markets, department stores and other comprehensive services etc.
	Culture/physical-education/recreation areas (140)		Buildings located within complexes designated as entertainment and tourism complexes by national and regional government organizations.
	Transportation areas (150)		Aviation facilities for air transport, port facilities for marine transport, railroad facilities for railroad transport, and parking facilities and roads etc. paved with asphalt and concrete.
	Industry-establishment areas (160)		Facilities constructed and operated by national and regional government organizations to increase the welfare and quality of life of a nation's citizens.
Agricultural area	Paddy fields (210)		Agricultural land where hydroponic crops are cultivated.
	Fields (220)		Agricultural land where barley crops are grown without irrigating water.
	Greenhouse plantations (230)		Greenhouse plantations built with vinyl and glass etc. artificial materials.
	Orchard (240)		Agricultural land where apple, pear, persimmon, peach, grape and tangerine etc. fruit trees are grown.
	Plantation (250)		Facilities within gardening and landscaping agricultural lands, seedbeds (plant nurseries), plantations, farmlands and grazing pastures.
Forest area	Deciduous forests (310)		Deciduous forests make up more than 75% of the total woodland area.
	Coniferous forests (320)		Coniferous forests make up more than 75% of the total woodland area.
	Mixed forests (330)		Regions where deciduous and coniferous trees co-exist.
Grassland	Natural grasslands (410)		Meadow grasslands that are formed naturally that include the tops of mountains and tough weed fields in ridge areas etc.
	Artificial grasslands (420)		In addition to natural meadow grasslands that include meadow grasslands formed to be used for livestock breeding and dairy farming, grasslands that are maintained within cemeteries, roadside tree areas and ski slopes, and grasslands that are maintained within parks and golf courses etc.
Wetland	Inland wetlands (510)		Areas that are always humid that are pooled with water during the rainy season.
	Coastal wetlands (520)		Wetlands that form on the coastal shoreline, such as mud flats and salt ponds that include the area from the border line of the full tide to the border line of the low tide.
Bare land	Natural bare lands (610)		Coastal and riverside banks and sandy beach areas that are not covered with vegetation.
	Other natural bare lands (620)		Areas other than natural bare lands that are not covered in vegetation.
Waters	Inland waters (710)		Refers to local streams and inland wetlands with water such as lake and marsh areas that are found inland or on islands.
	Sea waters (720)		A part of the ocean that is divided by the coastline and an area where there is water present based on when the video footage was taken. Distinguish from inland water based on estuary bank or breakwater(seawall) structure boundaries.

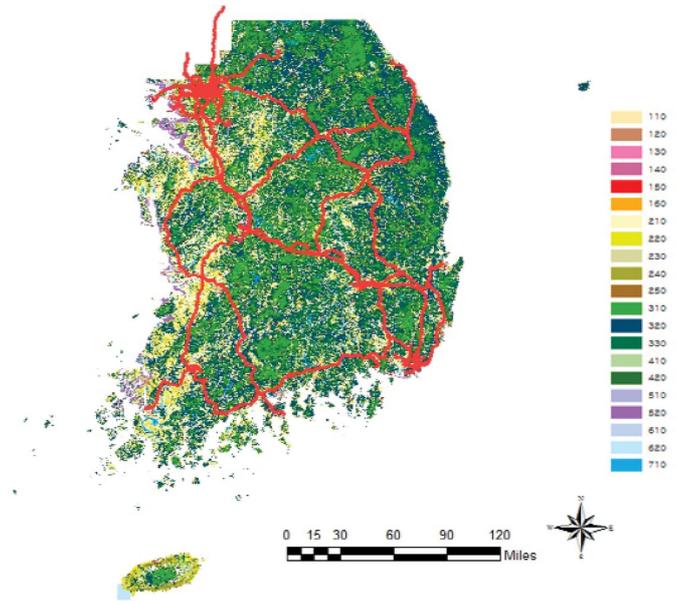


Fig. 2. Overlay of land-cover map at intermediate level and railroad line map.

분류된다. 중분류 기준에 따르면 논, 밭, 자연·인공 초지, 내륙·연안 습지, 자연나지, 주거·공업·상업지역 등 22가지 항목이 있다 (Table 1, Fig. 2).

### 3.2 민감도 분석

#### 3.2.1 철도노선별 민감요인

GIS 중첩분석을 통해 시가화 지역을 제외한 49개 운행 노선이 통과하는 자연생태 지역을 살펴본 결과, 철도노선 유형별 토지 이용 형태에 따라 철도건설 시 고려해야 할 환경적 민감요인을 확인할 수 있었다(Table 2).

고속 및 일반철도 사업은 국토공간을 가장 넓게 활용하고 있으며, 중단 및 곡선반경이 제한되어 있어 노선 대부분의 직선화가 이루어져 교량 및 터널이 반복되어 나타났다. 이에 따라 토공사, 교량공사 및 터널공사로 인한 농업·산림지역의 훼손, 지하수 및 하천 오염으로 인한 내륙수 오염 등에 영향을 미치는 것으로 나타나 이들 유형이 철도노선 건설 시 검토되어야 할 환경적 민감요인인 것으로 조사되었다.

도시철도는 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도로 대부분이 도심지를 관통하고 있어 논과 밭 등 농업지역에 민감도를 보이며, 일부 지상을 운행하는 지역 외에는 지하터널 공사가 주를 이루고 있어 지하수 및 하천 오염을 포함한 내륙수 오염에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 광역철도는 2개 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 도시철도 또는 철도로 지상과 지하의 형태로 노선을 건설하고 있어 농업지역, 인공나지, 내륙수 등에 영향을 미쳐 이들 유형이 환경적으로 민감요인이 높은 것으로 나타났다. 그리고 산림지역의 경우 고속·일반·광역·도시 철도노선 건설시에 공통적으로 활엽수림 지역만 큰 영향을 받는 것으로 분석이 되었고, 침엽수림과 혼합림은 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이는 산사태위험판정기준표<sup>3)</sup>에 따라 활엽수림이 침엽수림과 혼합림에 비해 산사태 위험요인별 점수가 낮은 것에 기인하여 활엽수림에 주로 철도건설이 이루어지는 것으로 볼 수 있다. 현재 운행 중인 고속·일반·광역·도시철도 49개 노선을 분석한 결과 철도노선 주변의 논과 밭 등 대다수 농업지역과 활엽수림을 포함한 산림지역, 나지, 하천 등을 포함한 내륙수 등에 환경적으로 영향을 미치는 민감요인이 높은 것으로 나타났다. 철도건설 시 침엽수림, 자연초지, 인공초지, 내륙습지, 연안습지 등은 GIS 분석 결과 철도 노선 양 옆 1km 거리 내에 거의 분포하지 않는 것으로 조사됨에 따라 이들 유형은 민감요인에서 제외하였다.

위의 결과를 종합하여 노선 건설 및 운영 시 나타나지 않는 유형을 제외하고, 철도노선 주변의 넓은 면적을 차지해 환경적 민감요인을 보이는 유형으로 농업지역(논, 밭), 산림지역(활엽수림), 나지, 내륙수 등 5가지 항목을 도출하였고, 추후 철도개발지를 선정 시에 이들 항목에 가중치를 설정하여 추후 환경친화적인 철도노선 건설 시에 이를 반영해야 할 것으로 보인다.

3) 산지관리법 시행규칙 별표1의 2의 '산사태위험판정기준표(제5조 및 제28조의 2관련)'에 근거함

**Table 2.** Environmental sensitivity analysis according to land use area from lines of railroad.

	Rapid transit railway	Conventional railway	Metropolitan railway	Urban railway
Paddy fields	○	○	◎	◎
Fields	○	○	◎	◎
Greenhouse plantations	○	○	○	○
Orchard	○	○	○	○
Plantation	○	○	○	○
Deciduous forests	○	○	◎	◎
Coniferous forests				
Mixed forests	○			
Natural grasslands				
Artificial grasslands				
Inland wetlands				
Coastal wetlands				
Natural bare lands	○	○	○	
Other natural bare lands	○	○	◎	◎
Inland waters	○	○	◎	◎
Sea waters				

(◎ : high sensitivity, ○ : midium sensitivity)

### 3.2.2 민감지역 면적 분석

철도가 통과하는 토지 이용 유형별 면적은 주거·공업·상업지역이 가장 많았으나 환경적 측면의 민감도를 살펴보기 위해 시가지·건조지역에 해당하는 부분을 제외한 지역의 면적 비율을 살펴보았다<sup>4)</sup>(Table 3). 우리나라 경제활동의 대동맥이자 내륙교통의 중심축인 경부축을 지나는 경부선 등을 포함한 고속철도는 국토공간을 가장 넓게 활용하고 있으며, 철도가 지나는 주변은 농업지역(논, 밭), 산림지역(활엽수림), 수역 등이 거의 유사한 비율로 분포하고 있다. 자연 및 인공나지는 타 유형에 비해 약 두 배로 높은 결과를 보여주었다. 2개 이상의 시·도를 지나는 광역철도의 경우 조사한 8개 노선 중 경의선은 논과 밭의 면적이 높았고, 광명서들과 수인선의 경우 인공나지를 지나는 비율이 높은 것으로 나타났으며, 분당선과 신분당선의 경우 밭과 활엽수림을 지나는 비율이 높았다. 광역철도의 경우 농업지역(논, 밭), 활엽수림, 인공나지, 내륙수 등에서 민감도가 높게 나타났다.

또한 경부선, 경전선, 대구선, 영동선, 호남선 등 일반철도 중 13개 노선에서는 초지와 습지를 제외한 토지 피복 유형에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 나지의 경우 자연나지와 인공나지가 거의 같은 비율로 나타났으며, 각 유형별로 거의 유사한 비율을 차지하였다. 도시철도는 도시권역을 운행하고 있음에 따라 주거와 상업지역 등 시가지·건조지역의 분포가 높은 비율을 차지하였다. 서울 1호선의 경우 서울 및 타 지역의 도시철도에 비해 가장 넓은 면적을 차지하고, 토지피복도 상에 나타나는 모든 유형에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 서울 도시철도의 경우에는 일반적으로 농업지역의 경우 논보다는 밭이 넓은 면적을 차지하는 등 민감지역이 높은 비율을 보이는 것으로 나타났으며, 도시철도는 자연나지에 미치는 영향이 거의 나타나지 않았고, 인공나지에 미치는 민감도는 높았다.

고속·일반·광역·도시 노선별 토지이용 현황을 종합해보면, 전반적으로 주거·공업·상업지역 등 시가지·건조지역이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으나 환경적 측면에서 살펴볼 때 농업지역 중에 논과 밭, 산림지역 중에는 활엽수림 지역, 운동장 등을 포함한 나지, 하천 및 호소 등의 내륙수가 철도노선 구간에 미치는 범위와 영향력이 높은 것으로 나타났다. 토지이용에 대한 평가에 이들 항목이 영향을 미치는 비율이 높다는 점이 반영되어야 할 것으로 생각된다.

### 3.3 민감도 적용

기존 「환경친화적 철도건설 지침」에 따르면 토지이용은 참고적인 항목으로만 반영하고 있으나 중분류 토지피복지도를 활용한 GIS 중첩분석 결과 토지피복 유형별로 민감 요인이 높은 지역이 분류되었다.

고속·일반·광역·도시철도 노선에 공통적으로 넓은 면적 비율을 차지하여 민감도가 높게 나타나는 토지이용 유형은 농림지역의 논과 밭, 산림지역의 활엽수림, 나지, 내륙수였다. 분석 결과를 환경적 측면의 평가기준에 반영하기 위하여 시가지·건조지역을 제외한 16가지 토지이용 유형을 평가 항목으로 설정하였다. 철도사업 시 반경 1km 내에 넓은 면적으로 분포하고 있어 환경

4) 각 노선별 전체 유형 면적의 합에서 시가지건조지역의 전체 면적을 뺀 값을 기준으로 각 유형에 따른 면적비율을 산정함

Table 3. Area ratio of high sensitivity areas for each railroad line.

		Paddy fields	Fields	Deciduous forests	Bare lands	Inland waters	
Rapid transit railway	Gyeongbu line	10.9	10.7	10.5	19.5	10.3	
	Gyeongjeon line	10.3	10.4	10.4	19.6	10.9	
	Jeolla line	10.9	10.9	9.8	21.2	10.6	
	Honam line	7.0	10.8	10.7	21.0	10.7	
Metropolitan railway	Gyeongui line	27.1	29.3	2.7	19.2	21.7	
	Gyeongui-center line	17.5	16.4	14.4	9.8	12.5	
	Gyeongchun line	10.7	12.6	7.7	19.9	14.5	
	Gwangmyeong shuttle	2.3	6.7	9.7	74.5	6.9	
	Bundang line	11.5	30.3	25.3	17.9	13.1	
	Suin line	4.5	5.8	13.8	71.6	2.6	
	Sinbundang line	3.6	34.9	44.3	7.5	2.6	
	Incheon airport railway	14.3	14.7	16.3	19.3	17.5	
Conventional railway	Gyeongbu line	11.6	11.4	11.0	21.8	11.2	
	Gyeongbuk line	12.5	12.1	11.6	19.6	11.3	
	Gyeongjeon line	9.4	11.6	11.5	20.9	11.3	
	Daegu line	11.2	12.0	11.9	18.8	11.8	
	Donghae Nambu line	13.5	11.2	11.3	20.7	10.8	
	Yeongdong line	11.3	11.7	11.4	21.5	11.1	
	Janghang line	9.4	10.7	9.6	16.8	10.7	
	Jeolla line	9.5	9.4	9.2	18.3	9.2	
	center line	12.1	11.4	12.0	20.3	11.8	
	Jinhae line	1.4	9.1	-	26.4	61.3	
	Chungbuk line	12.7	11.2	11.5	15.7	9.9	
	Taebaek line	10.2	12.3	12.1	18.2	11.9	
	Honam line	6.9	11.5	11.4	22.7	11.4	
	ITX Cheongchun line	9.2	13.8	7.5	25.1	13.5	
	Urban railway	Gwangju 1 line	-	34.2	8.0	23.4	13.0
Daegu 1 line		17.7	25.9	3.7	36.5	13.3	
Daegu 2 line		40.5	36.1	2.2	4.9	1.9	
Daejeon 1 line		19.0	25.9	7.4	27.9	8.7	
Busan 1 line		-	23.6	13.9	49.7	12.7	
Busan 2 line		74.4	4.1	0.7	11.5	7.4	
Busan 3 line		8.2	8.8	3.4	71.1	6.1	
Busan 4 line		2.5	8.4	0.7	86.7	1.5	
Seoul 1 line		9.3	9.1	9.0	8.9	8.8	
Seoul 2 line		Euljiro cycle	-	0.2	36.4	29.5	33.9
		Sinjeong	-	-	-	48.9	51.1
		Seongsu	-	-	-	48.1	51.8
Seoul 3 line		16.6	20.7	17.1	13.7	14.7	
Seoul 4 line		20.4	18.9	16.0	12.0	13.8	
Seoul 5 line		1.2	30.0	23.9	21.4	23.5	
Seoul 6 line		-	25.7	25.9	23.5	24.9	
Seoul 7 line		-	25.6	19.4	18.5	20.0	
Seoul 8 line		0.6	56.2	6.1	34.8	1.9	
Seoul 9 line		8.7	0.2	1.4	27.3	62.5	
Incheon 1 line		3.1	56.8	2.0	35.9	1.9	
Busan-Gimhae light rail transit	50.3	17.2	-	10.9	16.0		
Everline	34.0	29.3	23.8	11.2	0.7		
Uline	0.3	46.9	8.0	20.8	24.0		

민감도가 높게 나타난 논, 밭, 활엽수림, 나지, 내륙수에는 가중치를 부여하는 것을 생각할 수 있다. 각 철도 유형에서 인공나지가 높은 비율을 차지하고 있으나 운동장, 기타 나지 등을 포함하고 있어 보호적 요소를 가지고 있는 해변, 강기슭 등을 포함한 자연 나지에도 가중치를 부여할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 남한 전 국토를 대상으로 토지피복지도와 철도노선을 중첩분석을 통해 살펴보았다. 그 결과 노선별 1km 범위 내에 넓은 면적을 차지하는 논, 밭, 산림(활엽수림), 나지(자연나지), 수역(내륙수) 등 5개 항목이 노선 건설 시 환경영향 민감도가 높은 것으로 나타났다. 그러나 산림(침엽수림, 혼효림), 내륙습지와 연안습지 등 보호적 가치가 높은 지역이지만 철도개발지에 민감도가 높지 않은 것으로 나타남에 따라 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것이다. 또한, 철도건설 시 민감도가 높게 나타나는 토지이용 유형을 대상으로 추가적인 평가기준이 마련되어야 하며, 가중치를 부여한 정량평가 등의 방안을 고려할 수 있다. 토지이용 항목 외에도 철도 건설 시 환경적 평가를 위한 추가적인 평가 항목 개발이 필요한 것으로 생각되며, 토지이용과 타 항목과의 연계를 통해 더 세부적이고 정량적인 지표가 마련될 필요가 있다. 이러한 구체적인 평가항목의 개발은 산악철도와 같은 새로운 유형의 철도노선 개발을 포함한 국책사업의 환경 분쟁 대책에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

#### References

- [1] M.-K. Kim, D.-Y. Kim (2016) A study on the evaluation criteria considering ecological value for railway development area, *Journal of the Korean Society for Railway*, Gyeongju, 19(3), pp. 537-543.
- [2] <https://egis.me.go.kr/main.do> (Accessed 5 April 2016)
- [3] Ministry of Environment, Ministry of Land Infrastructure and Transport (2015) Guideline of environment-friendly railway construction.
- [4] US Council on Environmental Quality (1978) Regulations for implementing the procedural provisions of the national environmental policy act, 40 CFR 1508.4.
- [5] [www.sehsr.org](http://www.sehsr.org) (Accessed 30 March 2016)
- [6] [www.env.go.jp/policy/hakusyo/h25/html/hj13020607.html#n2\\_6\\_7\\_1](http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h25/html/hj13020607.html#n2_6_7_1) (Accessed 30 March 2016)
- [7] [www.erc.pref.fukui.jp/info/assess/eia15bk.html](http://www.erc.pref.fukui.jp/info/assess/eia15bk.html) (Accessed 30 March 2016)
- [8] Statutory instruments 2015 No. 660 of UK (2015) Town and country planning England; the town and country planning (Environmental Impact Assessment) (Amendment) Regulations 2015.
- [9] [www.railway-technology.com/projects/thameslink/](http://www.railway-technology.com/projects/thameslink/) (Accessed 10 April 2016)
- [10] [www.epd.gov.hk/eia/english/legis/index1.html](http://www.epd.gov.hk/eia/english/legis/index1.html) (Accessed 10 April 2016)
- [11] [www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia\\_0712001/Index.htm](http://www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia_0712001/Index.htm) (Accessed 10 April 2016)
- [12] [www.epd.gov.hk/eia/english/output/outcome/web/5\\_project.html](http://www.epd.gov.hk/eia/english/output/outcome/web/5_project.html) (Accessed 10 April 2016)
- [13] Ministry of Environment (2016) Land cover map drawing guideline.

(Received 5 October 2016; Revised 24 January 2017; Accepted 26 January 2017)

**Min-Kyeong Kim:** mkkim15@krii.re.kr

Department of Landscape Architecture, Graduate School, Sungkyunkwan University, 2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do, Korea (Planning and Strategy Center R&D Strategy Division, Korea Railroad Research Institute)

**Dong-Yoeb Kim:** ydkim@skku.ac.kr

School of Civil, Architectural Engineering and Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, 2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do, Korea