

철도 개발지 완충지역 기준 설정에 대한 연구

A Study on the Establishment of the Standard for Buffering Region in Railway Development Areas

김민경¹ · 김동엽^{2*}

¹성균관대학교 대학원 조경학과, 한국철도기술연구원, ²성균관대학교 건설환경공학부

Min Kyeong Kim¹ and Dong Yeob Kim^{2*}

¹Department of Landscape Architecture, Graduate School, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

²School of Civil, Architectural Engineering and Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

Received 5 March 2018, revised 13 March 2018, accepted 15 March 2018, published online 31 March 2018

ABSTRACT: Ecological networks can be generally classified into core areas, buffer zones, and corridors. Particularly, buffer zones connect core areas or ecological corridors, and preserve ecological network by reducing the impact from outside. We examined related laws and researches about buffer zone establishment associated with the resources of high ecological and conservation value to find out more researches are needed. In this study, we investigated various examples of the criteria for establishing buffer zones at domestic and overseas. Based on the results of railway environmental impact assessment and railway construction guidelines, we analyzed the application methods applicable to the railway development area and proposed the criteria to evaluate land cover status, species diversity, rarity, and connectivity. Through this study, the environmental and ecological value around the development area of the railroad was examined to reduce the environmental damage from railroad construction.

KEYWORDS: Buffer area, Conservation area, Establishment criteria, Range, Railway construction

요약: 생태네트워크는 일반적으로 핵심지역, 완충지역, 코리더 등으로 구분될 수 있으며, 특히 핵심지역이나 생태적 코리더를 연결하기 위한 완충지역은 생태 네트워크의 지속성을 보호하고 외부로부터의 충격을 완충시키는 역할을 한다. 생태적 가치 및 보호적 가치가 높은 자원과 관련된 완충지역 설정에 대한 연구 및 관련법 등을 검토한 결과, 완충지역 설정에 대한 구체적인 연구가 더 필요한 것으로 생각된다. 본 연구에서는 국내외 완충지역을 설정하기 위한 기준을 제시한 다양한 분야의 사례를 조사하고, 철도환경영향평가 결과서 및 철도건설지침을 기준으로 철도개발지에 적용할 수 있는 활용방안을 분석하여 이를 평가하기 위한 항목으로 토지피복현황, 종다양성, 희귀성, 연계성을 제안하였다. 이를 통해 철도개발지 주변의 환경생태적 가치를 검토하여 철도 건설로 인한 환경 훼손 등 영향을 저감하고자 하였다.

핵심어: 완충지역, 보전지역, 지정기준, 범위, 철도건설

1. 서론

생태네트워크에 대한 연구는 주로 유럽을 중심으로

시도되어왔으며, Cook and van Lier (1994)와 Bennett (1998)은 생태네트워크를 핵심지역 (Core area), 완충지역 (Buffer area), 코리더 (Corridor)로 분류하는 등 대

*Corresponding author: ydkim@skku.ac.kr, ORCID 0000-0003-4923-795X

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

부분의 유럽국가들은 생태네트워크를 위와 같은 구성 요소로 구분하고 있다. 우리나라에서는 90년대중반 이후부터 생태네트워크에 관련된 연구가 시작되었고, 생태네트워크의 구성요소인 핵심지역이나 생태적 코리더를 연결하기 위한 완충지역의 설정에 관련된 연구는 많지 않은 실정이다 (Ministry of Environment 2007).

또한, 전세계적으로 생물다양성 협약 등에 근거해 전체 보호지역을 17% 이상으로 확대하고자 노력하고 있으며 (IUCN 2016), 우리나라도 백두대간 보호지역, 자연공원, 생태경관보전지역, 습지보호지역, 야생동식물 보호구역 등 다양한 보호지역을 지정하여 확대하고자 노력하고 있다. 보호지역은 일반적으로 용도별로 구분시, 핵심지역과 완충지역으로 구분되며, 보호지역이 중복 지정이 되는 경우에 핵심지역과 완충지역이 혼재하는 것으로 나타났다. 또한, 핵심지역과 완충지역으로 분류하기 위한 정의 및 행위제한 등에 대한 내용이 제시되어 있으나 핵심지역을 보호하기 위한 완충지역의 면적 등 지정 기준에 대한 법적 근거 및 관련 연구가 충분하지 않다.

특히, 광역권 확대에 따른 고속이동 교통 서비스 요구 등 국가 철도망 구축을 위한 친환경 교통수단으로의 철도사업이 지속적으로 확대되고 있으며, 철도 건설사업시 환경 훼손을 저감하는 방안에 대한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 철도건설로 인해 주변 생태계에 미치는 영향을 감소시키기 위해 철도건설 시 미치는 영향 환경 (완충지역)을 설정하기 위한 기준을 마련하고자 하였다. 관련 환경영향평가 결과, 철도건설 지침을 바탕으로 다양한 분야의 완충지역에 관련된 연구동향 및 법

을 검토하여 철도건설 시 영향 환경 거리를 설정하기 위한 평가기준을 제안하고자 한다.

2. 연구 방법

철도건설 관련 환경영향평가 결과 및 철도건설 지침에서 제시하고 있는 환경성 평가 검토 범위를 살펴보고, 완충지역 설정에 관련된 논문을 살펴보았다. 또한, 다양한 분야에서 완충지역의 지정에 대한 연구를 중심으로 한 논문을 분석대상으로 하였으며, 관련 법령을 검토하였다. 완충지역은 5개 주제별로 구분하였다 (Table 1).

또한, 본 연구에서는 철도개발지 주변의 환경생태적 가치를 정량적으로 평가하기 위한 평가항목 또는 평가 범위 등에 대한 기존 연구사례가 거의 나타나지 않아, 환경영향평가, 환경생태, 철도 등 관련 분야의 전문가를 대상으로 E-mail과 직접방문을 병행하여 설문조사 (2017년 7월)를 실시하였다. 전문가 42명을 선정하여 설문지를 배포하였고, 응답하지 않은 3명을 제외한 39부의 설문을 취합하여 의견을 종합하였다.

3. 완충지역 설정

3.1 완충지역 설정 필요성

생태네트워크는 일반적으로 핵심, 완충, 코리더로 크게 구분할 수 있으며 (Cook and van Lier 1994; Bennett 1998), 각 요소들을 살펴보면 우선, 핵심지역은 역사·경관적 가치를 지닌 지역이나 농경지역, 산림, 생태적으로 높은 가치를 지닌 국가적·국제적 중요성을

Table 1. Research trend by topic

Topic	Research content	Source
Ecosystem	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation criteria for natural ecosystem conservation area • Establishment of buffer zone for constructing a national ecological network 	Shin (2001) Ministry of Environ (2007)
Forest	<ul style="list-style-type: none"> • Specification of buffer zone around the national arboretum 	Korea forest service (2001)
Green space	<ul style="list-style-type: none"> • Eco-friendly buffer green standards • Analysis of buffered green area around Ulsan city industrial complex • Buffer greenery land 	Park and Yoo (2004) Ministry of Environ (2014) Kim (2006)
Waterside	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of a waterside buffer zone guidelines for non-point pollution abatement and ecosystem restoration • Set up and manage waterside buffer zones 	Chung et al. (2007)
Air	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction of air pollutants and odor substances through the installation of buffered green spaces around Sihwa national industrial complex 	Cho and Kim (2009)

가진 지역으로 볼 수 있다. 또한, 완충지역은 생태네트워크의 지속성을 보호하기 위해 외부로부터 생태적 충격을 완충시키는 지역이며, 코리더는 핵심지역 간 생물적 이동을 가능하게 하기 위한 것으로 종의 확산과 이주를 가능하게 하는 역할을 수행한다. 그러나 핵심지역과 코리더를 연결하는 완충지역의 가치를 반영하여 어느 정도의 보호면적을 완충지역으로 설정할 것인지에 대한 구체적인 연구가 미흡한 상황이다 (Lammers 1994; Ministry of Environment 2007).

국의 완충지역에 관련된 법을 살펴보면, 미국 매사추세츠 주의 경우 습지보호법에서 수계에서부터 특정거리 이내의 활동에 대해 허가를 받도록 하고 있으며, 1992년 유역보호법에 근거해 저수지에서 120 m, 하천으로부터 60 m 이내를 1차 완충지역, 2차 완충지역은 60 - 120 m로 지정하였다. 그리고 버지니아 주는 30 - 60 m를 수변지역으로 보호하고 있으며, 북캐롤라이나 주는 15 m를 수변지역 폭으로 정하여 경사도 1% 증가 시마다 폭을 1.2 m 추가하도록 하였다.

국내의 경우, 자연환경보전법 상에서 완충지역이란 생태경관보전지역의 지속가능한 보전관리를 위해 생태적 특성, 자연경관 및 지형여건 등을 고려하여 핵심지역의 보호를 위해 필요한 인접지역을 말한다. 그러나 명확한 기준이 명시되어 있지 않다. 완충지역에 관련된 법 등을 우선적으로 검토하기 위해, 우리나라의 생태적 가치 및 보호적 가치가 높은 자연 자원 유형을 분류한 연구 등을 참고하면 국토를 크게 산림, 연안, 하천 등으로 구분할 수 있다 (Ministry of Environment 2014; Kim and Kim 2017a, b). 산림의 경우, 「수목원 조성 및 진흥에 관한 법률 시행령」 제9조에 근거해 국립수목원의 완충지역을 지정하기 위한 기준으로 국립수목원과 인접하여 동등한 정도의 생태적 가치를 가진다고 인정되는 지역, 국립수목원의 생태적 고립을 막기 위하여 필요하다고 인정되는 지역, 국립수목원 내의 천연림과 생물다양성 보호를 위하여 필요하다고 인정되는 지역 등으로 생태적 가치를 가지는 경우에는 지역주민의 의견을 수렴한다고 제시하고 있다. 또한, 「백두대간 보호에 관한 법률」에서는 보호지역 지정 시 핵심지역과 완충지역으로 지정을 한다고 제시를 하고 있으나 완충지역의 지정기준은 제시하고 있지 않으며, 「백두대간 보호에 관한 법률 시행령」 제9조에서는 완충지역에서의 허용 행위에 대한 부분을 나열하고 있으나 지정기준에

대해서는 구체적으로 제시되어 있지 않다.

연안의 경우 「연안관리법」에 근거해 연안완충지역을 지정하고 관리할 것을 목적으로 ‘연안완충지역 지정 및 관리지침’을 제시하고 있다. 연안완충지역은 바다와 육지의 전이지역인 연안에서 파랑이나 해일, 강풍, 침식 등으로부터 연안의 생태적, 문화적, 경제적 가치를 유지하고 기후변화에 안전한 연안을 만들기 위해 보호가 필요한 바닷가 중 하나로 정의된다. 연안의 지정 기준을 살펴보면, 바다와 육지의 전이지역으로 연안의 독특한 생태적 특징, 환경적 가치, 뛰어난 해안경관을 가진 바닷가, 연안재해를 저감할 수 있는 해안사구나 해안림이 분포하는 바닷가 및 이를 보전하기 위해 필요한 주변지역, 해수면 상승이나 해양환경의 변화 등으로 연안침식이나 범람이 지속적 또는 주기적으로 나타나 안전하고 지속 가능하게 이용하기 어려운 바닷가, 해수면 상승이나 기후변화 등에 따른 연안재해에 대한 취약성 평가결과 연안 육역을 보호하기 위한 토지등록 등을 제한할 필요가 있는 바닷가 등으로 제시하고 있다. 마지막으로 하천의 경우, 「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」에 근거해 한강수계, 낙동강수계, 금강수계, 영산강·섬진강수계 등 주요 하천 연안 500 - 1,000 m를 수변지역으로 지정하여 행위규제 및 보전을 통해 오염물질의 유입을 저감하고자 하는 완충지역으로의 기능을 수행하고자 하였다. 동법 제4조에 근거해 특별대책지역은 하천과 호소의 경계로부터 1 km 이내의 지역을 지정하며, 특별대책 외 지역은 하천 호소의 경계로부터 500 m 이내의 지역을 수변지역으로 지정을 하고 있다.

보호적 가치가 높은 산림, 연안, 하천 등에 관련된 완충지역 설정에 관련된 법률을 살펴본 결과 산림과 연안의 경우에는 선연적으로 제시되어 구체적인 범위를 제시하고 있지 않으며, 하천의 경우에는 완충지역으로의 기능을 하는 수변지역을 지정하기 위한 구체적인 범위(면적)를 제시하고 있다 (Table 2).

3.2 관련 연구사례 분석

미국 사례를 살펴보면, 미국은 보통 농경지와 삼림을 대상으로 하며, 미 농무부 (USDA) 산하 자연자원보전국 (NRCS)과 미 내무부 (US Department of Interior) 산하 국립산림청 (National Forest Service) 부서에서

Table 2. Designation of buffer zone based on law

Topic	Designation of buffer zone
Ecosystem/Forest	<ul style="list-style-type: none"> • Areas required to protect core areas • Areas with ecological value around the National arboretum
Coast/river	<ul style="list-style-type: none"> • Unique ecological characteristics, environmental values, seaside beaches, coastal dunes and coastal beaches, surrounding area needed to preserve and more. • (primary buffer zone) Within 60 m from the river, (secondary buffer zone) 60~120 m from the river • The coast of major rivers 500 m ~ 1 km

1990년대부터 관심을 갖고 완충지역 조성을 추진하였다. 특히, 미 농무부는 “Conservation reserve program”을 이용해 전국 3.2백만 km의 완충지역을 조성하는 “Conservation buffer initiative”를 추진하였고(Schultz et al. 2004), 미 환경청(EPA)에서는 1990년대부터 수변완충지역에 대한 관심을 갖고 관련 매뉴얼을 보급하였다. 미국의 수변지역은 경사도, 식생, 하천크기 등 인자에 따라 다르게 설정되며 일반적으로 15 - 60 m의 범위를 갖는다.

Korea Protected area forum (2008)은 완충지역을 핵심보호지역과 잠재적으로 해로운 외부 영향에서 네트워크를 보호하고 본질상 전이지역인 주변의 육상/해상 경관 사이의 지역으로 정의하는 등 핵심보호지역 주변의 보호지역을 의미하였다. IUCN (2016)에서 제주의 생물권 보전지역을 대상으로 한라산국립공원을 핵심지역으로 보았고, 해발 600 - 800 m 지역을 완충지역, 해발 200 - 600 m 지역을 전이지역으로 보았다.

국내 다양한 자연자원의 완충지역 설정에 관련된 연구로 Korea forest service (2001), Park and Yoo (2004), Woo and Oh (2005), Ministry of Environment (2007), Chung et al. (2007), Cho and Kim (2009), Ser et al. (2012), Ministry of Environment (2014) 등을 검토하였다.

Korea forest service (2001)은 국립수목원 주변 완충지역 지정 및 개발협의 기준을 마련하여 완충지역 내 광물생태계에 위해지는 행위를 제한하여 동식물 개체군 증가를 도모하고자 하였다. 일반적으로 「수목원 조성 및 진흥에 관한 법률」에 근거해 수목원 완충지역은 수목유전자원 및 천연기념물, 멸종위기동식물 및 서식처를 보호하기 위해 필요하다고 인정되는 지역을 설정할 수 있다. Korea forest service (2001)은 법적인 내용을 근거로 관련문헌을 살펴본 완충지역 지정기준

으로 생태환경(서식면적), 이격거리, 녹지자연도 등 3개 항목을 선정하였다. 각 항목별로 살펴보면 생태환경은 「자연환경보전법」에 근거하여 핵심지역 면적을 초과하지 않는 범위에서 지정하며, 종별 최소 서식공간 규모, 생태유형에 따른 완충지역 폭 지정 사례 등을 제시하였다. 이격거리는 야생동물 및 식물분포에 따라서 식반경지역에 포함된 지역을 우선 선정하며, 녹지자연도가 높은 지역을 우선 완충지역으로 지정하여, 6 - 7등급, 8등급일 경우 개발 및 사업이 불가하다고 제시하였고, 개발행위제한에 관한 법규 등을 검토하여 녹지확보 및 조성, 절개지 사면녹화, 희귀동식물 보호, 건축제한, 오염원 발생 규제 및 저감, 가축사육 규제 등을 개발협의원칙으로 제시하였다.

Shin (2001)은 자연생태계보전지역 평가기준에 대한 연구를 수행하였고, 보전지역의 평가기준으로 희귀성, 인간의 간섭, 분류학적 특이성 등 3가지 관점에서 보전지역과 완충지역을 설정한 결과, 동물의 경우에는 절대보전지역에서 80 m 반경, 식물의 경우에는 30 m 반경으로 완충지역을 설정하였다.

Park and Yoo (2004)는 완충녹지를 대상으로 관련 법제연구 및 문헌조사, 답사를 통한 사례연구 등을 중심으로 문제점과 기준에 대한 분석을 통해 환경친화적인 완충녹지 기능을 수행할 새로운 기준을 설정하고자 하였다. 완충녹지에 관련된 사례연구에서 완충녹지의 폭은 도로와 주거지역은 평균 17 m, 철도는 평균 14 m, 공단은 평균 31 m로 조성되며, 도로주변의 완충녹지는 잣나무가 가장 높고, 철도지역은 스트로브잣나무, 공단 지역은 해송 위주로 식재되어 있는 것을 확인하였으나 완충녹지의 목적, 배치 및 형태, 수종 등 이에 관련된 지침이 불분명하여 관련 기준의 설정이 필요하다. Park and Yoo (2004)은 기존 기준·지침에서 제시하는 분리와 저감 기능 외에 경관과 생태적 기능이 추가되어야 한

다고 하였으며, 배치, 형태, 소재, 시설물의 요소를 종합적으로 살펴보고자 하였다. 환경친화적인 완충녹지를 기준으로 토지이용(분리), 소음(저감), 생태, 경관의 기능적인 면을 고려하여 완충녹지의 위치에 따라 구체적인 기준을 제시해야 하며, 형태의 경우 폭, 길이, 경사, 마운딩, 전면·이면도로를 살펴보고, 내부 특성은 물, 수종, 식재기법, 밀도, 녹화면적율을 검토하며 그 밖에 시설물 등을 검토하였다. 특히, 철도의 경우, 폭을 설정하기 위한 기준으로 주거, 상업, 정온지역 등 토지이용형태와 종다양성 확보 간의 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

Woo and Oh (2005)는 비점오염물질의 하천유입을 차단 및 저감하는 수변완충지역의 기후나 유역관리의 변화, 식생 군집의 종 구성과 연령 등에 대한 구체적인 연구가 없어 이에 대한 국외 사례 및 가치 등을 조사하고 시험완충지의 시험 설치 및 결과 등을 제시하였다. 수변지역 내 비점오염물질의 공공수역 유입을 억제하기 위한 방법으로 수변완충지역을 조성하여 관리하는 방안이 제시되었다. 수변완충지역의 최대, 최소 폭은 기대하는 기능에 따라 15 m, 30 m, 100 m 등이 요구된다. 국내의 경우, 제외지(하천지역)에서 교목 식재가 엄격히 제한되어 수변완충지역 조성을 통해 편익과 홍수 위험에 대한 문제점 등을 해결해야 한다고 제안하였다. 수변완충지역의 오염정화 효과와 서식처 기능을 연구하기 위해 양평군 남한강 좌안 홍수터에 시험완충지를 설계하여 예비실험을 수행하고, 실험실 규모의 실험을 동시에 수행하여 오염물질을 포함한 유입수가 정화되는 것을 확인하였다. 수변완충지역은 수질정화 외에도 생태 서식처 기능이 있어 수변복원 차원에서 가치가 있으며, 수변완충지역은 법으로 정한 한강수변지역 뿐 아니라 한강 유역 전체를 고려해야 한다고 제안하였다.

Kim (2006)은 완충녹지 저축 토지 감정에 대한 연구를 진행하였으며, 녹지를 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지로 하였다. 완충녹지는 주로 도로나 철도주변 주거지역, 토지이용의 혼란방지, 도로변 보호관리, 불필요한 차량의 진·출입 및 건축물 난립 등을 방지하기 위해 설치한다. 도시계획시설의 하나인 완충녹지의 설치기준과 녹지 점용허가 및 점용허가 대상을 제시하고, 저축 토지에 대한 감정 방법을 제시하였다.

Ministry of Environment (2007)는 대부분의 자연환경보전 정책이 전국 자연생태계를 하나의 유기체로

보고 진행되지 않았음을 지적하였다. 국토생태축 보전을 위한 생태네트워크 구축 필요성에 따라 3대 핵심축(산림축, 하천축, 야생동물축)과 5대 대권역(한강수도권, 금강충청권, 영산강호남권, 낙동강영남권, 태백강원권)에 대한 광역생태축 구축 방안으로 광역생태축 자연환경조사, 광역생태축 구축 및 보전관리, 단절훼손된 광역생태축 복원 및 유지관리 등을 제시하였다. 특히, 핵심과 완충지역을 설정하기 위해 법정보호지역 등 국가적으로 보전 필요성이 높은 지역을 우선 설정하기 위한 '절대적 기준'과 보완적 검토가 필요한 평가항목 및 표고와 같은 지역별·지형적 특성을 반영하기 위한 '상대적 기준'으로 구분하였다. 특히, 완충지역 설정을 위한 절대적 기준으로 산림축은 민통지역(통제보호구역), 하천축은 국가하천의 경우 수변 좌우 500 m, 지방 1급하천은 수변 좌우 250 m로 설정하였으며, 상대적 기준은 관리 지역의 특성에 따라 차이가 있다. Ministry of Environment (2007)에서는 보전가치 평가를 위해 환경생태적 기준지형적 기준, 법적제 기준 등으로 구분한 평가기준을 제시하였고, 특히 환경생태적 기준을 살펴보기 위한 기준으로 생태자연도에서 1등급과 인접한 2등급 지역을 완충지역 개념으로 보았으며, 하천은 앞서 제시한 바와 같이 수변 좌우 250 - 500 m를 '한강상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률'을 준용하여 완충지역으로 구분하였고, 주요종 발견지점의 완충지역(버퍼)으로는 발견지점의 반경 500 m를 평가기준으로 제시하였다.

Chung et al. (2007)은 국내에서 비점오염 저감과 생태복원 방안을 위해 수변완충지역에 대한 관심이 증대되고 있으나 이론적 토대와 조성기준이 마련되어 있지 않아 가이드라인의 수립 필요성을 제기하였다. 이를 위해 문헌조사, 국내여건을 반영한 시범조성과 오염부하 저감효과 분석 및 생태모니터링, 제도 및 후속 연구방안 검토 등을 수행하였다. 국내 여건에 맞는 수변완충지역 가이드라인에 따르면, 입지조건으로는 농경지, 도로 등 비점오염원은 강우시 다량의 오염물질을 하천으로 배출하기 때문에 수변완충지역을 조성해야 한다. 식생은 초본과 목본을 혼합하여 식재하는 등 구성 및 배열에 대한 내용을 포함하며 관련 후속연구가 필요하다고 하였다.

Cho and Kim (2009)은 시화지구 주변에 조성된 완충녹지의 대기오염 저감기능 강화, 녹지축 연결을 통한

식생 공존 등 기능을 보완하기 위해 녹지 성토고 증대, 녹지간 단절부 연결 등 완충녹지 구조 변경이 대기오염 물질과 악취의 저감에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 미기후모델(Envi-met)을 활용하여 완충녹지의 중간지점을 중심으로 1×1 km 영역을 모의구간으로 설정하였고, 유효배출고도를 10 m로 설정하였다. Cho and Kim (2009)은 대기오염 저감기능 보완을 위해 성토고를 높이는 축산고 증고 방안과 도로 등으로 단절된 녹지축에 브리지 형태의 구조물을 추가하는 방안을 제안하였으나, 실제 실험결과 큰 점감효과가 나타나지 않은 것을 확인하였다.

Ser et al. (2012)는 친환경 철도의 노선 선정을 위한 환경생태적 적합성평가 연구에서 생태네트워크를 선정하기 위한 보전등급지표로 자연생태지표, 지형지표, 수환경지표, 서식처지표, 역사문화지표를 선정하였다. 자연생태지표에서 완충지역은 녹지자연도 7등급, 생태자연도 2등급, 임상도 2등급, 국토환경성평가 3등급으로 설정을 하였고, 지형지표에서는 경사도 15 - 30%, 표고 150 - 300 m를 완충지역으로 설정하였다. 그리고 수환경지표로는 500 m - 1 km 내 특별대책지역일 경우에 완충지역으로 설정하였으며, 서식처지표와 문화지표로는 500 m - 1 km 내 개발가능지역을 완충지역으로 설정하였으나 호남고속철도 주변지역이라는 한정된 대상지를 기준으로 설정하였다. 또한, 건설사업으로 인해 영향을 받는 서식처와 습지에 대한 평가도 필요하다고 제안하였다.

Ministry of Environment (2014)는 울산시 공단 주변 완충녹지 조성사업의 현황을 파악하고 적정성을 분석하고자 하였다. 울산시는 국가산업단지에 유입되는 대기오염 및 악취 저감 효과를 강화하기 위해 완충녹지 재계획이 필요하며, 완충녹지의 조성시기, 주변 토지이용, 토지피복, 지형 등 현황 등을 고려해 구간을 구분하여 완충녹지 현황을 조사하였다. 또한, 대기오염물질 확산 시뮬레이션이 가능한 ENVI-met 프로그램을 활용하여 구간별 완충녹지 대기오염 저감효과를 분석하였고, 사업 대상지로 남구 상계동~북구 연암동(동해남부선 철도변)을 정하여 계획의 적정성을 분석하였다. 완충녹지 폭을 설정하기 위해 환경부 산업단지 환경영향평가등 검토 가이드라인¹⁾(2013)과 국토교통부 지속

가능한 신도시계획기준(2010) 등을 근거로 현재 조성된 완충녹지 폭, 효과분석 자료 등을 활용하여 울산시 완충녹지 폭을 설정하여 3가지 대안에 따른 완충녹지 적정성을 분석하였다.

앞서 살펴본 선행연구사례에서 생태계, 산림, 녹지, 하천 및 연안 등 지형요소 별로 구분하여 살펴보았다. 생태계 전반의 경우, 희귀성, 인간의 간섭, 분류학적 특이성에 근거해 완충지역을 설정하며, 산림의 경우, 종별 최소 서식 공간 규모, 생태 유형, 이격거리, 녹지자연도 등급 등을 통해 설정하였다. 또한, 철도의 완충녹지는 평균 14 m 폭으로 조성할 것을 제안하였으며, 철도의 경우 토지이용형태와 종다양성을 중점적으로 검토할 필요가 있다. 그리고 하천 완충지역은 기능에 따라 구분할 필요성이 있고, 국내의 경우에는 국가하천과 지방1급하천으로 구분하여 250 - 500 m 등으로 구체적인 거리를 제시하였다. 그 밖에 Cho and Kim (2009), Ministry of Environment (2014) 등에서는 소음이나 대기오염의 감소 정도를 기준으로 완충지역을 설정하는 방안도 제시하였다. 완충지역을 설정하기 위해 하천의 경우에만 구체적인 범위를 기준으로 제시하고 있으며, 하천 외 타 유형의 경우에는 평가기준을 일부 정성적으로만 제시하여 정량적 수치를 구체적으로 명시하고 있지 않아 이에 대한 검토가 필요하다.

본 연구의 주제인 철도는 대표적인 선형사업으로 다양한 토지유형을 통과함에 따라 지역권 및 서식지 등 단절과 분리 현상으로 연계성이 감소될 수 있다. 철도 완충녹지 폭을 설정하기 위한 기준을 제시하고 있는 Park and Yoo (2004)에서는 철도의 경우 토지이용형태와 종다양성을 중점적으로 검토할 필요성이 제기되었다. 또한, 철도 생태에 관련된 연구로 Ser et al. (2012)에서 제시한 바와 같이 도로, 철도 등 건설사업으로 인해 영향을 받는 서식처, 습지 등에 대한 검토도 필요할 것으로 판단된다. 특히, Korea forest service (2001)에서 완충지역 설정 시 종별 최소 서식 공간 규모와 이격거리 등을 고려할 것을 제시하고 있으며, 철도 개발로 소실될 수 있는 보호적 가치가 있는 희귀종과 멸종위기종의 서식지를 검토하는 등 희귀성에 대한 검토가 필요함을 밝혔다.

1) 면적 0.5 km^2 이상 1.0 km^2 미만일 경우, 완충녹지 폭이 20 (± 5) m 이상, 면적 1.0 km^2 이상 3.0 km^2 미만일 경우, 완충녹지 폭이 30

(± 10) m 이상 등

3.3 철도개발지 적용방안

앞서 살펴본 연구를 종합하면, 다양한 분야에서 완충 지역을 설정하기 위한 기준을 구체적인 면적(길이)으로 제시한 사례도 있었고, 내용적인 측면에서 특정 동·식물의 서식지 보호 가능성, 소음이나 대기오염의 감소 정도를 기준으로 설정하는 경우도 있었다.

또한, 철도건설과 관련된 환경영향평가 결과서 및 「환경친화적 철도건설지침」에서 제시하고 있는 대기환경, 수환경, 토지환경, 자연생태환경, 생활환경, 사회경제환경 등 환경성 평가의 검토 범위를 살펴보면, 자연생태환경 분야에서는 반경 0.5 km 또는 반경 1 km 이내의 동·식물상을 대상으로 하고 있다.

철도 및 환경분야의 전문가를 대상으로 수행한 설문에서 철도노선 주변 자연생태환경의 범위는 반경 0.5 km (8명), 반경 1 km (22명), 반경 2 km (7명), 반경 5 km (2명)인 것으로 나타났으며, 반경 1 km가 적합하다는 의견이 56% 이상으로 과반수 이상인 것으로 나타나 「환경친화적 철도건설지침」의 자연생태환경 분야에서 제시된 기준(반경 1 km 이내)과 유사한 것을 확인할 수 있었다. 특히, 자연생태환경 분야를 평가하기 위한 중점평가항목 내에 동·식물상과 자연환경자산이 있다. 이 두 항목을 평가하기 위하여 현존식생도, 식생보전등급, 임상이 양호한 지역, 특정 야생동·식물과 천연기념물 분포현황, 수생태계 영향 예측 및 보호, 생태경관보전지역, 습지보호지역, 야생생물특별보호구역 및 야생생물보호구역 등 자연환경자산 조사 및 보전 등을 제시하고 있다. 완충지역을 설정할 때 이러한 요소들에 대한 평가가 고려되어야 할 것으로 판단된다.

앞서 검토한 바와 같이 일부 사례를 제외하고, 완충 지역 설정에 관련된 구체적인 법적 근거 및 연구가 미흡한 실정이다. Park and Yoo (2004)에 따르면, 철도의 경우 완충지역 폭을 설정하기 위해 토지이용 형태와 종다양성을 검토하였다. Ministry of Environment (2007)에서는 생태 네트워크를 산림축, 하천축, 야생동물축 등 3가지로 구분하여 검토하였으며 철도개발지 완충지역을 설정하기 위한 평가기준으로 토지피복현황과 종다양성, 희귀성, 연계성을 제시하였다.

본 연구에서는 철도개발지 주변의 환경생태적 가치를 검토하였고, 철도개발로 인한 환경영향을 평가하기 위한 완충지역을 설정하기 위한 기준으로 토지피복현황, 종다양성, 희귀성, 연계성 등 각 항목별 평가기준과

근거자료를 제시하였다 (Table 3).

평가항목별로 살펴보면, 토지피복현황은 앞서 제시한 바와 같이 산림, 하천 및 연안으로 구분할 수 있다. 산림을 평가하기 위해 생태적 가치와 보호 가치가 높은 자연자원에 대한 연구와 정량적 평가 자료 등을 참고하여 식생보전등급, 생태자연도, 임상도 영급을 평가기준으로 선정하였다 (Ser et al. 2012; Ministry of Environment 2013). 하천의 경우, 기존의 연구에서 하천으로부터의 거리가 구체적인 평가기준으로 제시된 바 있어 이를 평가에 반영하였다. 또한, 기존의 철도노선은 논과 밭을 지나는 비율이 가장 높으며 토지이용에 따른 환경민감도가 높은 것으로 나타났다 (Kim et al. 2012). 따라서 농업지역을 지나는지 여부에 대한 내용을 완충 지역 평가에 추가하였다. 그리고 건설사업으로 인해서 식지가 영향을 받는 것으로 나타났으며 (Ser et al. 2012) 이에 따라 종다양성과 희귀성에 대한 평가도 이루어져야 한다. 생태적 가치 평가 시, 국토환경성평가지도에서 정량적 평가기준으로 제시되고 있는 생태자연도의 동식물평가 등급과 희귀종·멸종위기종 발견 지점과의 거리 (500 m - 1 km)를 완충지역 평가 기준으로 제시하였다. 마지막으로 철도사업으로 인해 녹지연속성이 단절될 수 있는 문제를 최소화하기 위해 연계성을 살펴보았고, Ministry of Environment (2007, 2013)에서 완충 지역 설정을 위해 제시한 녹지연속성 등급을 활용한 평가기준을 제안하였다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 핵심지역과 코리더를 연결하여 생태생태 네트워크를 보호하는 완충지역에 대한 정의, 법, 관련 연구사례 등을 검토하였다. 각 분야에서 완충지역의 범위를 설정하기 위한 근거가 명확하게 제시되지 않았으며, 대다수의 경우 완충지역을 선언적으로만 제시하고 있다. 일부의 경우에만 구체적인 면적 범위(길이)를 제시하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 철도 건설로 인한 환경 훼손을 감소시키고, 건설지역의 환경생태적 가치를 평가하기 위하여 철도건설 시 미치는 영향 반경(완충지역)을 설정하였다. 유사 연구사례와 철도건설 환경영향평가 항목 등을 검토하여, 완충지역 설정을 위한 평가항목으로 토지피복현황, 종다양성, 희귀성, 연계성을 제안하였다.

본 연구 내용은 철도 건설 뿐만 아니라 다양한 국가

Table 3. Standard of buffer zone around railway development area

Evaluation item	Evaluation standard	Evaluation contents	Reference
Land cover status	Vegetation conservation more than 3,4th class	Ecological zoning map (vegetation map)	Park et al. (2004) Ministry of Environ (2013) Kim et al. (2012)
	Ecological zoning map 2nd class	Ecological zoning map	Park et al. (2004) Ser et al. (2012)
	Natural forest, Plantation forest 3,4th age class	Forest type map	Park et al. (2004) Ministry of Environ (2007) Ser et al. (2012) Ministry of Environ (2013) Kim et al. (2012)
	Waterside radius within 500 m ~ 1 km	River network map	Park et al. (2004) Ministry of Environ (2007) Ser et al. (2012)
	Wetland radius within 500 m ~ 1 km	Land cover map	Park et al. (2004) Ser et al. (2012)
	Presence of agricultural area (paddy fields, fields)	Land cover map	Park et al. (2004) Kim et al. (2012)
Species diversity	Distribution of plants and animals 2nd grade	Ecological zoning map (distribution of plants and animals map)	Park et al. (2004) Ministry of Environ (2007) Ministry of Environ (2013) Kim et al. (2012)
Rarity	Spot of endangered species, major species Within 500 m ~ 1 km	Ecological zoning map Environmental conservation value assessment map	Ministry of Environ (2007) Ministry of Environ (2013)
Connectivity	Green continuity 2nd class	National ecological network	Ministry of Environ (2007) Ministry of Environ (2013)

개발사업 시, 환경적 영향을 검토하고, 다양한 분야에서 완충지역을 설정하는데 활용될 수 있을 것이라 판단된다. 추후, 이와 관련하여 구체적인 현장조사와 관련된 전문가 설문 등을 통해 다양한 분야에서 보호적 가치가 있는 지역을 확대하는데 기여할 수 있을 것이다. 차후 철도개발 시 발생하는 소음과 대기오염 유발원 등 생활환경적 측면에 대한 검토도 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

Bennett, G. 1998. The pan-European ecological network. Cho, S.J. and H.M. Kim. 2009. Evaluation of green buffer

zone supplement plan for air pollution decrease function; in the case of Sihwa industrial complex green buffer zone. *Journal of the Korea Society of Environmental Administration* 15(3): 145-154. (in Korean)

Chung, S.J., H.K. Ahn, H.S. Woo, and J.M. Oh. 2007. A guideline (tentative) for implementation of riparian buffer strips adapted to the Korean streams. *Korean Society of Civil Engineers Conference*. (in Korean)

Cook, E.A. and H.N. van Lier (eds.). 1994. *Landscape planning and ecological network*. New York. Elsevier. [https://www.luris.go.kr/web/actreg/lawlanguage/WebLawLanguageView.jsp?termsNo=00278&termsIndexNm=](https://www.luris.go.kr/web/actreg/lawlanguage/WebLawLanguageView.jsp?termsNo=00278&termsIndexNm=,), 15 March 2018

IUCN. 2016. *International protection area integrated management system*

Kim, E.Y., W.K. Song, and D.K. Lee. 2012. Forest fragmentation and its impacts: a review. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 15(2): 149-162. (in Korean)

Kim, M.K. and D.Y. Kim. 2017a. Evaluation of the environmental and ecological value indicators for railway development area selection. *Journal of the Korean Society of Environmental Impact Assessment* 26(2): 105-113. (in

- Korean)
- Kim, M.K. and D.Y. Kim. 2017b. Sensitivity analysis for railway development areas using land cover map. *Journal of the Korean Society for Railway* 20(1): 76-84. (in Korean)
- Kim, Y.H. 2006. A study on the emotion of land in the urban planning facilities. (in Korean)
- Korea Forest Service. 2001. Survey to establish buffer zone designation and development consultation standard around the national arboretum. (in Korean)
- Korea protected area forum. 2008. IUCN Guidelines for applying protected area categories. (in Korean)
- Lammers, W. 1994. A new strategy in nature policy: towards a national ecological network in the Netherlands. *in* E.A. Cook, H.N. van Lier (eds.) *Landscape planning and ecological networks*. New York. Elsevier.
- Lee, S.J., H.W. Lee, C.K. Kim, H.J. Hong, S.Y. Kim, and K.R. Kang. 2015. Strategy and measures to enlarge the protected area in Korea. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2007. Research for constructing a wide-area ecological axis (in Korean).
- Ministry of Environment. 2013. Demonstration project for national environmental guidance. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2014. A study on establishment of re-planning of buffer green area project around Ulsan city national industrial complex. (in Korean)
- Park, E.Y. and B.R. Yoo. 2004. Design and planning criteria for the green buffer zone. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 32(2): 25-35. (in Korean)
- Schultz, R.C., T.M. Isenhardt, W.W. Simpkins, and J.P. Colletti. 2004. Riparian forest buffers in agrosystems-lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA. *Agroforestry Systems* 61: 35-50.
- Ser, Y.H., Y.H. Jin, and B.C. Koo. 2012. A study of environment ecological appropriateness assessment for eco-railroad route selection. *Korean Institute of Spatial Design* 7(4): 9-16. (in Korean)
- Shin, H.T. 2001. A study on evaluation criteria of natural ecosystem conservation area based on preservation priority. (in Korean)
- Woo, H.S. and J.M. Oh. 2005. Reduction of inflow of non-point pollutants using waterside buffer zone and formation of watershed habitat. *Water engineering research* 38(3): 29-36. (in Korean)