

미래 생태건설을 위한 생태가치 평가기술 개발 연구보고서

2008. 6. 23.

주관연구기관 / 서울대학교
협동연구기관 / 한국건설기술연구원

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “미래 생태건설을 위한 생태가치 평가기술 개발”의 중간보고서로 제출합니다.

2008. 06. 23.

주관연구기관 : 서울대학교

총장 이 장 무

협동연구기관 : 한국건설기술연구원

원장 정 낙 형

■ 총괄연구책임자 / 남 경 필 (서울대 교수) 담 당 업 무

■ 주관연구기관 참여연구원 / 강 기 훈 (대림산업 기술연구소 책임연구원)

생태어메니티 평가기술 개발

/ 강 호 정 (연세대 교수) 생태건전성 평가기술 개발

/ 김 흥 석 (연세대 교수) 생태가치 평가기술 개발

/ 강 윤 산 (한국건설산업연구원 부연구위원)

건설 환경 관련 정책 및 제도 분석

/ 박 수 진 (서울대 교수) 생태어메니티 평가기술 개발

/ 배 범 한 (경원대 교수) 생태모니터링 지표개발

/ 조 윤 구 (현대건설 기술연구소 선임연구원)

생태어메니티 평가기술 개발

/ 최 흥 식 (상지대 교수) 생태모니터링 지표개발

■ 협동연구기관 연구책임자 / 송 호 면 (한국건설기술연구원 수석연구원)

■ 협동연구기관 참여연구원 / 김 영 택 (한국건설기술연구원 연구위원)

생태모니터링 지표개발

/ 김 호 열 (한국건설기술연구원 연구위원)

생태모니터링 지표개발

요 약 문

I. 제 목

미래 생태건설을 위한 생태가치 평가기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

건설 산업은 자연환경을 인간의 생존과 활동에 적합하도록 적극적으로 개발하는 행위로서 기술과 산업 발전의 지표가 되어왔으나, 20세기 후반에 들어서면서 급격하고 과도한 개발행위로 인하여 자연환경과 생태계가 훼손되고 이로부터 직간접적인 피해가 발생하기 시작하였다. 또한 교육 및 소득수준의 향상에 따라 환경보전과 삶의 질에 대한 국민의식이 변화하였고, 경제 발전의 지표로 여겨지던 개발행위는 더 이상 이들 가치에 우선하지 못하고 양립할 수 있는 길을 모색하게 되었다. 이와 같이 환경적으로 건전하며 지속가능한 개발 (ESSD) 을 위한 여러 방안들이 선진국을 중심으로 발전되어 왔고 그 달성의 한 수단으로서 인간사회와 자연환경의 공존을 위한 다양한 공학적 방법론이 시도되고 있으며, 이 중 생태공학이 가장 확실한 대안으로 제시되고 있다. 본 연구진은 이러한 사회적 배경, 인식을 과학적으로 극복하고 건설산업의 지속가능한 발전을 도모할 수 있는 새로운 개념의 기술에 대한 연구를 제안하고자 한다. 본 연구에서는 건설사업 전후 환경성을 생태학적 관점 (생태적 건전성) 과 인간적 관점 (생태어메니티) 에서 평가하는 방안을 고안하고 이를 바탕으로 변화된 환경성의 생태가치를 평가하는 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 이는 국민의 쾌적한 환경요구 증대에 부응하는 건설 환경을 정착시키고 지속발전 가능한 환경친화적 건설 산업의 기반을 확립할 수 있는 유효한 수단이 될 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

○ 미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성

- 미래형 생태건설 도입 근거 및 구체적 도입방법 확립

- 향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반 조성의 개략적 로드맵 작성

○ 생태건전성 및 어메니티 평가기법 확립/개발

- 평가를 위한 핵심요소 선정 및 자연환경 분석 모형 개발
- 경관, 지형 등의 자연환경에 대한 선호도 조사 및 인문환경 분석 모형 개발
- 현장 모니터링 결과를 이용한 개발 모델의 적용가능성 연구
- 생태건전성 및 어메니티 평가기술 개발

○ 생태학적 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치평가 기법 개발

- 생태학적 가치평가 모형 분석 및 개발
- 건설현장의 생태요소를 주요 파라미터로 하는 평가체계 확립
- 생태요소 분석 및 평가를 위한 기법/모델 개발
- 환경경제학적 생태가치 평가기술 개발

○ GIS 기반 생태시뮬레이션 기법 개발

- GIS를 이용한 환경영향조사 및 예측 기법 개발
- 생태 시뮬레이션 구현 프로그램 개발

IV. 연구개발결과

1. 미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성

현재 사전환경성 검토는 환경정책기본법에, 환경영향평가는 환경교통재해등에관한영향평가법에 근거를 두고 있다. ‘생태가치 평가’제도 또한 제도의 시행 근거를 법령에 두는 것이 바람직할 것이다. 물론 사전환경성 검토 제도는 제도 도입 초기에는 법령에 근거한 시행 규정을 두지 않고 국무총리훈령인 ‘행정계획및사업의환경

성검토에 관한 규정(1993년)’에 근거를 두고 도입된 바 있어, 반드시 시행의 근거를 법령에 둘 필요성은 없다. 단, 시행 근거를 법령에 두지 않을 경우 평가 수행과정에서 개별 개발관련 법령과 충돌한다면 평가의 정당성 등 법적 논란의 발생 소지가 있어 제도 시행을 규정하는 최소한의 근거 규정(수권조항)을 두고 구체적인 제도 시행 지침을 수립·규정하여 운영하는 형태를 취하는 것이 필요하다.

따라서, ‘생태가치평가’의 시행 법적 근거는 3가지 대안을 검토할 수 있겠다. 첫째, 건설기술관리법에 근거 규정을 신설하고 시행규칙에 ‘지침 또는 고시’ 등의 법적 형태로 근거 규정을 마련하는 방안이다.

둘째, 첫째와 같은 형태이나 근거 법규를 환경정책기본법에 두는 것이다.

셋째, 별도의 독립적인 근거법을 제정하여 이를 근거로 제도를 시행하는 것이다. 다만 앞에서 언급했듯이 독립적인 법률을 제정하여 시행 근거를 마련하는 것은 현재로서는 큰 의미는 없을 것으로 보인다.

결국 ‘생태가치 평가’제도의 주무부서를 국토해양부로 할 것인가 아니면 환경부로 할 것인가에 따라 결정할 문제로 보인다.

‘생태평가 제도’의 대상을 결정은 두가지 측면에서 검토하여야 한다. 우선 각종 개발계획과 개발사업, 즉 계획과 사업을 모두 대상으로 할 것인가 또는 개발사업만을 대상으로 할 것인가의 결정이 필요하다. 이는 ‘생태평가 제도’의 정체성과 관계있는 문제이다. 즉, ‘생태평가 제도’가 사전환경성 검토·협의 제도와 환경영향평가 제도를 보완하는 수준의 제도로 도입되는가? 아니면 향후 규모에 관계없이 개발계획과 개발 사업의 환경성을 평가하는 대표적 제도로 확대하는가의 문제와 연계된 것이다.

다음은 실제로 도입 초기와 도입후 시기별로 대상을 결정하는 문제이다.

이러한 점을 고려할 때 ‘생태평가 제도’의 대상은 장기적으로는 ‘계획과 사업’을 모두 포함하는 것이 바람직하나 제도의 연착륙을 위하여 초기에는 특정 개발사업을 주요 대상으로 하고 행정계획의 경우 한정적으로 ‘사회적 이슈가 되는 계획’에 대해서 실시하도록 정하는 것이 바람직할 것이다. 초기에는 특정 행정계획과 개발사업을 대상으로 설정하는 것이 바람직하다. 구체적으로 면적과 사업비 등을 기준으로 대상을 결정하고 면적기준과 사업비 기준은 3차년도 연구에서 결정하여 대상 행정계획과 개발 사업을 확정할 계획이다. 정착기에는 댐건설장기계획, 국가철도망구축계획, 도로정비기본계획, 공유수면매립기본계획 등을 대상으로 ‘생태가치 평가’를 시

행하도록 하는 방안을 검토하겠다. 개발사업의 경우는 현행 사전환경성 검토 및 환경영향평가제도의 대상 중 어메니티 지표를 활용하여 평가할 필요성이 비교적 큰 개발사업 중에서 대상을 결정할 계획이다. 대상의 결정은 ‘생태가치 평가’제도와 현행 환경성 검토 제도와의 관계 설정이 명확하게 이루어진 후에 결정하는 것이 바람직하다고 판단되어 개략적인 대상 결정의 방안에 대해서만 제시하였다.

‘생태가치 평가’의 시행 시기는 현행 환경성 검토 제도와 같이 행정계획은 계획 확정 전 수립과정에서 시행하도록 하고, 개발사업의 경우 사업 승인 또는 인가 전에 시행하도록 하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

평가절차 또한 현행 제도의 시행 절차를 토대로 결정하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 다만, 전체적인 시행 기간이 단축될 수 있도록 시행 절차를 마련하는 것이 필요하다. 이는 현행 환경성 검토 제도의 기간이 과다 소요된다는 비판이 제기되고 있어 현행 환경영향평가와 사전환경성 검토 소요 기간보다는 평가 기간이 단축되도록 절차를 구성할 필요가 있다.

2. 생태건전성 및 어메니티 평가기법

생태적 건전성이란 생태 건강성을 포함하여, 생물다양성, 안정성, 지속성, 자연성, 아름다움 등을 모두 포괄하는 개념으로 생태계를 구성하고 있는 화학적, 물리학적, 생물학적 구성요소의 전일성과 무결성을 포함하는 개념이다. 생태적 건전성 지수가 지향하는 생태계의 특성은 생태적 지속성, 자연성, 생태 안정성이다.

생태적 건전성을 나타내는 지표는 여러 가지 생태적, 환경적, 사회적 요구를 충족시켜야 한다. 다양한 규모에서 사용이 가능해야 하며, 생태계 내의 모든 구성요소들을 포함할 수 있는 성격을 가지고 있어야 한다. 또한, 대중이나 정책 결정자들의 이해와 목적에 도움이 되는 내용이어야 하며, 새로운 정보를 수용하여 변화할 수 있어야 한다. 목적으로 하는 현상과 연관성이 있어야 하고, 편리하고 비용편익성을 가지고 있어야 한다. 또한 초기 경고의 기능을 가지고 있어야 하고, 넓은 지리적 공간에 사용이 가능하여야 한다.

이러한 방안을 통해 설정된 지표는 실제 적용에 앞서 평가 되어야 한다. 다양한 생태계에 적용하여 시제 논리적으로 합당한 결과가 나오는지 여러 가지 경로를 통해 시험 적용해야 한다. 또한, 건설 사업 전후의 자료를 이용하여 적용함으로써

도출된 지수가 실제 생태적 건전성의 영향을 잘 반영하고 있는지를 확인해야 한다. 문제점이 나타난 경우에는 설정된 지수의 세부 항목에 대한 재검사와 더불어 수정을 통해 더 나은 지수로 개량할 수 있다.

생태어메니티란 인간과 환경과의 관계에서 아름다움, 쾌적함, 즐거움, 매력감, 긍정적 감정으로 작용하는 장소적 속성과 인간의 심리적 상태를 포괄하는 개념이다. 따라서 생태어메니티의 평가지표는 건설사업의 시행으로 인한 환경의 변화에 대해 수용자가 부여하는 주관적·심리적 가치를 반영하게 되며, 이는 지표의 개발시 최우선적으로 고려되어야 한다. 생태어메니티를 평가하는 기법들은 경관변화에 대한 심리적·주관적 반응을 반영할 수 있어야 한다.

선정된 평가지표들을 평가할 수 있는 분석 모델들을 이용하여 기존 환경에 발생할 수 있는 변화와 대상지에 미치는 영향을 예측할 수 있다. 또한 시나리오에 기반하여 건설행위 전·후를 비교할 수 있다. 각각을 평가하는 방법론을 통하여 추출된 값을 통합하고 선정된 모델들 간의 통합방법에 대해서도 논의 하여 지역 종합 환경 정보 의사결정 시스템을 구축할 것이다.

3. 생태학적 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치평가 기법 개발

생태가치는 시장에서 사고 팔 수 있는 것이 아니기 때문에 시장가격을 통한 직접 가치의 측정이 불가능하다. 경제 분석을 위하여 시장과 관련하여 구분하는 방법이 유용하다. 생태가치를 구분하면, 크게 사용가치와 미사용가치로 나눌 수 있으며 세부적으로 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치, 유증가치, 존재가치로 나눌 수 있다.

생태가치평가방법론에는 조건부가치추정법과 결합분석법이 있다. 조건부가치추정법은 환경의 일부를 시장에서 구매하는 가상적 상황을 설정하여 사람들의 지불 용의액을 직접 묻는 방법이다. 환경재를 포함한 공공재는 정부가 질이나 양을 직접 통제하기 때문에 소비자가 소비량을 자유로이 선택할 수 없다는 특성이 있다. 이러한 경우 환경질의 변화와 같은 비가격변화에 의한 후생 변화는 Hicks의 잉여개념으로 측정해야 한다. 이 방법에서 최근에 널리 사용되는 연구방법으로 경매법, 지불카드법, 양분선택형 질문법이 있다.

결합분석법은 어떤 대상에 중요하게 영향을 미치는 속성들의 여러 가지 결합이

주는 자극에 대한 소비자의 반응을 통해 각 속성들의 부분가치를 찾아내어 어떤 속성이 강력하게 영향을 미치며 어떤 수준을 가질 때 소비자의 만족도가 커지는가를 판단할 수 있으며, 다중속성들로 구성된 환경영향들과 응답자의 지불의사액간의 상충관계들을 동시에 추정할 수 있다. 두 개 이상의 독립변수들이 종속변수에 대한 순위나 가치를 부여할 수 있다. 다양한 속성과 이들 속성의 다양한 수준에 대해 약화비용 혹은 개선편익을 구할 수 있으며, 다양한 환경영향들의 수준 변화에 대해서 정책 결정자에게 보다 실행 가능한 정책 대안들을 제공하는 데 활용할 수 있다.

조건부가치추정법을 이용하여 한강르네상스 프로젝트의 정량화에 대한 연구를 실시하였다. WTP 가치추정결과 한강르네상스 프로젝트 시행에 대한 서울시민 1인당 느끼는 가치는 Logit 모델의 경우 연간 24,100원이고, Tobit 모델을 사용하여 도출한 한강르네상스 프로젝트의 1인당 평균 가치는 연간 28,500원이었다. 앞서 사용한 두 모형 중 적정 모형을 선택하기 위하여 비모수접근법을 사용하여 얻어진 가치 추정치와 비교, 로짓모형을 사용하여 도출된 가치 추정치가 더 적절한 값이라고 결정하였다. 이 추정치에 20세~69세 서울 시민들의 수를 곱한 값이 1,790억 원이 한강르네상스 프로젝트를 시행함으로써 서울시민들이 느끼게 되는 총 편익으로 도출되었다.

4. GIS 기반 생태시뮬레이션 기법 개발

지리정보시스템은 지표면과 지하 및 지상에 존재하는 산·강·토지와 같은 자연물과 건물·도로·철도 등과 같은 인공물에 대한 위치정보와 속성정보를 제공해주므로 각종 계획수립과 의사결정 및 산업활동을 효율적으로 지원할 수 있다. 도시개발사업은 자연물뿐만 아니라 인공물의 변화도 야기한다. 이러한 변화를 데이터베이스화하여 생태가치지표를 이용하여 평가를 할 수 있다. 공간 및 지반정보를 활용하는 지표체계이므로 GIS 프로그램을 이용하면 매우 효율적으로 처리할 수 있다. 대상지역을 GIS 데이터화 하여 각각의 위치·속성자료를 이용자 측면에서 적극적으로 활용할 수 있도록 한다. 평가된 결과의 등급에 따라 다양한 색채표현법을 이용하여 분류하고 개발지역 (단지개발지역)과 그 주변의 영향이 미치는 지역까지도 평가할 수 있도록 한다.

GIS 환경을 통하여 대상지역 분석가의 의사결정을 지원한다. 지리적 사상과 속성 정보는 주제에 따라 다양한 표현법과 분류법이 요구된다. 공간분석의 수요에 맞도

록 반복되는 분류, 분석을 위해 초기 자료에는 손상이 없어야 하고, 정확하지 않은 자료와 시간에 따라 변형된 지리적 사상과 속성 변화는 수정, 편집할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

특히 항공LiDAR자료를 이용하여 3차원 지형을 구성하기 위해서 원 취득자료로부터 지면점을 추출하여 3차원 모형을 구성하였다. 지면점 추출이전의 원 자료에는 지형, 식생 및 시설물이 혼재한 형태이나 추출과정을 통해 지면점만으로 구성된 3차원 모형을 구축하였으며 이를 토대로 정밀한 표고, 경사 및 방위분석이 가능하다. 일반적으로 아주 높은 밀도로 취득되지 않은 항공LiDAR자료를 이용하여 3차원 시설물을 효과적으로 정보화·시각화하기 위해서는 시설물에 대한 자료점 추출만으로는 부족하며 항공사진 등의 영상자료를 참조하여 시설물의 경계 등을 생성하고 이를 함께 활용하는 것이 바람직하다

V. 연구개발결과의 활용계획

- 친환경 건설을 위한 제도적 개선안을 제시하여 건설 환경 관련 법제의 개선을 유도
- 개발사업이 생태계에 미치는 영향을 평가할 수 있는 지식적 기반을 마련하여 환경영향평가지 자연환경의 파괴를 최소화하는 개발사업의 선정 도구로 활용 가능
- 개발사업 실시 전후의 생태적 어메니티 분석을 통해 생활환경의 질적 향상을 유도할 수 있는 평가지표로 활용
- 생태환경이 갖는 다양한 이용가치와 비이용가치들의 객관적이고 종합적인 평가로 건설사업 시행으로 발생하는 환경생태적 영향을 고려할 수 있음

S U M M A R Y

(영 문 요 약 문)

I . Title

Development of an ecological valuation tool for the future ecological construction

II . Objectives and Necessity of the study

Construction industry as the act which in order to be suitable in existence and activity of the human being, develops a natural environment became the index of technique and industrial development and it came. But, in the latter half of the 20th century, the natural environment and ecosystem were damaged by sudden and excessive construction developments, directly and indirectly. The interest in environmental preservation and higher quality of life has increased considerably, the development act which it came to think with index of economic development couldn't be more prior in above these values, it became and it was groped for the method it could be compatible, various plans for environmentally sound and sustainable development have been developed in many advanced countries. Various engineering methodologies that can be used in developments to support the coexistence of human society and natural environment have been examined, and of these, ecological engineering has shown high potential. We propose a new concept of environmentally sound and sustainable development that can overcome the negative view of the construction industry. This tool evaluates the change of the environment due to construction work from ecological (ecological integrity) and human (ecological amenity) viewpoints. It uses various indexes and evaluates ecological value synthetically from civil engineering, environmental engineering, environmental geography and economical viewpoints. This development tool can become useful establishing the basis of environmental construction.

III. Contents and Scope

- Improve the legislative system related to construction environments
 - Analysis of national legislative systems and presenting the means to improve the system
 - Establishment of legislative systems that are related to evaluation construction environments
- Develop the evaluation of ecological integrity and ecological amenity
 - Extraction of elements in nature environment associated with ecology
 - Extraction of elements in human environment associated with ecology
 - Development of the evaluation tools for ecological integrity and amenity
- Development of ecological evaluation and quantifying tools
 - Analysis of the concepts and methods of evaluation models
 - Case study of ecological evaluation tool
 - Development of the environment planning indicator
- GIS-based ecological simulation
 - Development of GIS-based ecological simulation program

IV. Results of the study

1. Improve the legislative system related to construction environments

Almost all the laws and institutions that are related to construction itself as

well as construction environments were analyzed. There were some provisions and stipulations in those laws and institutions that can help introducing ecological tools in construction. However, for the introduction of future tools for ecological evaluation, current legislation systems should be amended. It can be accomplished by adding provisions that supports the introduction of ecological evaluation in laws such as 'construction management act' or the 'a fundamental act for environmental policy', or, by legislating a new act.

In addition, though there are some possibilities that current laws might conflict with legislations that embraces ecological evaluation, it can be mediated by an arbitration between authorities. Furthermore, it seems that the ecological evaluation tools would not conflict with current legislation systems for urban and nationwide development.

2. Develop the evaluation of ecological integrity and ecological amenity

Ecological integrity is a concept, which includes ecosystem health, biodiversity, stability, persistence, beauty etc. And it includes the integrity and holism of composition parts, which comprise an ecosystem. Ecological integrity and biological integrity are different concepts, and the difference originates from the inclusion of change aspect. The features of ecological integrity are sustainability, naturalness and stability. Ecological integrity is comprised of composition, structure and function of the ecosystem.

Indexes that represents ecological integrity should satisfy various ecological, environmental, and social demands. Additionally, it should be used in various scale and should include all the constituents in ecosystem. Furthermore, it should be understandable to multitudes as well as authorities and be helpful for the policy decision. It needs to be flexible so that it can incorporate new information and thus change the form. It should be related to phenomenon in concern and both convenient and economic. In addition, it should be able to notice a trouble at the first stage and can be used in a large scale.

Completed index must be applied through various paths to actual conditions. And then, continual monitoring must be carried out to confirm that the index reflects ecological integrity.

Amenities are any tangible or intangible benefits of a property, especially those which increase the attractiveness or value of the property or which contribute to its comfort or convenience. Ecological amenities are things such as comfort, pleasure, and attractiveness which are provided by the environment.

3. Development of ecological evaluation and quantifying tools

Ecological value cannot be measured directly since it is not traded in the market. However, it is useful to divide the values of ecology in relation to the market for the economical analysis. Ecological value can be divided into 'use value' and 'non-use value', and can further divided into 'direct use value', 'indirect use value', 'option value', 'existence value', 'bequest value'.

Contingent valuation is a survey-based economic technique for the valuation of non-market resources, such as environmental preservation or the impact of contamination. While these resources do give people utility, certain aspects of them do not have a market price as they are not directly sold--for example, people receive benefit from a beautiful view of a mountain, but it would be tough to value using price-based models. Contingent valuation surveys are one technique which is used to measure these aspects. Contingent valuation is often referred to as a stated preference model, in contrast to a price-based revealed preference model. Both models are utility-based.

AHP is a decision-making technique. It allows for the rational evaluation of pros and cons concerning different alternative solutions to a multi-goal problem. AHP is based on a series of pair-wise comparisons and then those comparisons are checked for internal consistency. The procedure can be summarized as: 1) stratification 2) pair-wise comparison 3) weight determination of each criteria and 4) values obtained from pair-wise comparison between alternatives.

SBE provides quantitative measures of esthetic preferences for alternative wildland management systems. It is promising as an efficient and objective means for assessing the scenic beauty of public forests and wildlands, and also for predicting the esthetic consequences of alternative land uses.

Pair-wise comparison generally refers to any process of comparing entities in pairs to judge which in the pair is preferred, or has a greater amount of some quantitative property. The method of pair-wise comparison is used in the scientific study of preferences, attitudes, voting systems, social choice, public choice, and multiagent AI systems.

V. Schemes for application of the results

- Induce amendments in legislation systems that are related to construction environments by presenting the means to improve the systems for the environmentally-friendly construction
- Establishment of intellectual infrastructure that can evaluate the impact of construction projects to ecosystem that can be used as a decision tool for environmental impact analysis
- Evaluation tools for the ecological amenity before and after construction projects that can lead to the enhancement in the quality of living environment
- Considering ecological and environmental impacts caused by construction projects by objective and generalized evaluation tools of a value of ecology

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구개발 개요	1
제 2 절 연구개발의 필요성	7
제 3 절 연구개발의 목표	9
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	13
제 1 절 국내 기술 및 산업 동향	13
제 2 절 국외 기술 및 산업 동향	15
제 3 절 정부지원정책 현황	18
제 4 절 본 과제에의 결과가 국·내외 기술개발현황에서 차지하는 위치	20
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	21
1. 생태가치 평가 제도의 제도 기반 구축	21
2. 생태건강성지수 및 어메니티 평가	40
3. 생태가치 정량화기법 개발	65
4. 생태계 영향평가기법 개발	80
5. GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발	96
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	101
제 1 절 연구개발목표 달성도	101
제 2 절 연구결과의 기여도	103
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	104
제 1 절 연구성과의 활용방안	104
제 2 절 연구성과의 기대효과	104
제 3 절 연구성과의 기업 활용방안	106
제 4 절 타 산업에 미치는 효과	108
제 5 절 정부 정책과의 연계 방안	108

제 6 절 관련 후속연구개발의 전망	108
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	110
제 7 장 참고문헌	128

Contents

Ch. 1 Introduction	1
Section 1 Outline of the study	1
Section 2 Necessity of the study	7
Section 3 Objectives of the study	9
Ch. 2 Current Technical Status	13
Section 1 Domestic technology and industry	13
Section 2 Foreign technology and industry	15
Section 3 Governmental supportive policies	18
Section 4 Status of current study on domestic/foreign technology	20
Ch. 3 Results of the Study	21
Section 1 Improve the legislative system related to construction environments	21
Section 2 Develop the evaluation of ecological integrity and ecological amenity	40
Section 3 Development of ecological evaluation and quantifying tools	65
Section 4 Development of ecological planning indicators	80
Section 5 Development of GIS-based ecological simulation program	96
Ch. 4 Accomplishments and Effect	101
Section 1 Rate of accomplishment relative to objectives	101
Section 2 Effects of the study	103
Ch. 5 Applications	104
Section 1 Plan for the application of the results	104
Section 2 Expected effects of the results	104

Section 3 Application plan in businesses	106
Section 4 Effects to other industries	108
Section 5 Connection with governmental policies	108
Section 6 A prospect for future related studies	108
 Ch. 6 Foreign Scientific Technologies Collected	110
 Ch. 7 References	128

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발 개요

우리는 토양, 대기, 물 등 비생물적 요소와 식물, 동물 등 생물적 요소와 같은 자연환경에 둘러싸여 있으며, 나아가 이들 자연환경의 일부를 에너지 또는 자원의 형태로 직접 이용하고 있다. 따라서 자연환경은 인간 생존과 활동에서 필수불가결한 기본 요건이라 할 수 있다. 건설은 이러한 자연환경을 인간의 생존과 활동에 적합하도록 개발하는 행위로서 20세기 말까지는 가장 적극적인 인간 활동으로 간주되었으나, 과도한 개발로 인한 자연환경의 손상과 이로부터 발생하는 직간접적인 피해로 인해 지금은 일반적으로 환경보전에 부정적인 영향을 미치는 것으로 인식되고 있다. 이처럼 인간의 개발행위로 인한 환경의 훼손을 저감하고 개발사업의 편익을 지속시키기 위한 방안으로 1992년 UN 리우환경회의에서는 이른바 ‘환경적으로 건전하며 지속가능한 개발 (Environmentally Sound and Sustainable Development; ESSD)’¹⁾이 채택되어 전 세계적으로 건설 및 개발의 패러다임이 변화하기 시작하였으며, 우리나라에서도 국민의 삶의 질 개선과 쾌적한 환경에 대한 요구의 증대 및 기후변화협약 등 환경에 대한 국제법적 질서의 등장으로 건설 활동에 대해 친환경적 건설 및 개발의 필요성이 증대되고 있으며 그 노력의 일환으로 건교부에서는 지난 2001년 「건설환경기본계획」을 발표하기도 하였다. 그러나 건설행위와 환경성이 양립할 수 없다는 비과학적, 대중적 사회인식이 강조되고 있고 2005년부터는 대형국책사업의 사전환경성 검토가 의무화 되고 는 등 건설산업의 사회적 입지가 갈수록 약화되고 있는 형편이다. 2005년 환경부에서 발표한 국가환경종합계획(2006~2015)에서도 기존의 매체(대기, 수질, 토양 등) 중심 기술 및 정책으로부터 수용체(인간, 생태계)·카테고리(환경-경제, 지구환경 등) 중심의 기술 및 정책으로 전환하였음을 확인할 수 있다.

본 연구진은 이러한 사회적 배경, 인식을 과학적으로 극복하고 건설산업의 지속가능한 발전을 도모할 수 있는 새로운 개념의 기술에 대한 연구를 제안하고자 한다. 2001년 발표된 「건설환경기본계획」은 ① 인간과 자연의 공동체 구축, ② 삶의

1) 「Our common future」(일명 브룬트란트 보고서)의 정의: Sustainable development is development that meets the needs of present without compromising the ability of future generation to meet their own needs (지속가능한 발전이란 미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 훼손하지 않으면서 현 세대의 필요를 충족시키는 발전)

질 향상을 위한 미래형 건설환경창조 및 계승, ③ 자원순환형 국토관리체계 구축이라는 3대 목표를 환경친화적 건설기술의 개발을 통하여 달성하는 것을 주요 골자로 하고 있다. 환경친화적 건설기술로서 자연환경보전 및 복원기술, 쾌적환경조성기술, 건설현장 환경성 모니터링기술, 건설사업 유형별 환경성 평가기술 등을 선정하였는데, 본 연구에서는 이러한 기술들의 적용 전후 환경성을 생태학적 관점 (생태적 건전성) 과 인간적 관점 (생태어메니티) 에서 평가하는 방안을 고안하고 이를 바탕으로 변화된 환경성의 생태가치를 평가하는 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 이는 국민의 쾌적한 환경요구 증대에 부응하는 건설환경을 정착시키고 지속발전 가능한 환경친화적 건설산업의 기반을 확립할 수 있는 유효한 수단이 될 것이다.

인류의 생존과 자연 생태계의 유지를 위해 인간 활동과 생태계를 하나의 시스템화하려는 시도가 계속되고 있으며, 이 중 가장 확실한 대안으로 제시되는 것이 생태공학 (Ecological Engineering)²⁾ 이다. 특히 과거에는 제거나 회피의 대상이었던 습지, 덩불, 곤충, 주변 동식물 생태계와 인간사회가 공존하는 자연공생형, 인간-자연 관계의 회복까지 관심의 대상

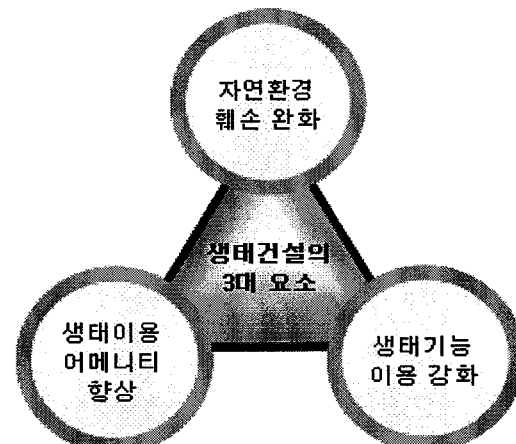


그림 1-1. 생태건설의 3대 요소

이 되고 있다. 기존의 환경공학에서는 환경오염을 제어하기 위하여 다양한 생물학적 및 물리화학적 단위공정을 사용하고 있는데, 이러한 단위공정은 환경매질에서의 오염물질 제거가 목적이므로 다양한 형태의 2차 오염물질 (슬러지, 소각재, 산화부산물 및 폐자재) 이 발생할 수 있으며, 인위적인 에너지 투입이 이루어짐에 따라 환경 전체의 엔트로피는 지속적으로 증가한다. 또한 환경공학에서는 효율성을 강조하는 바람에 환경에 대한 배려 혹은 환경과 공존하려는 노력이 부족한 점이 없지 않았다. 생태공학

2) 유럽과 미국에서는 생태공학을 '인간사회와 자연환경의 공존을 위한 설계기술'로 정의하고 있으며, 구체적으로 수처리, 서식처 복원 등을 위한 저영향 시스템의 설계 기술을 의미하는 반면, 일본에서는 응용생태공학이라 하여 '생태학적 식견을 토목, 건축공학 등의 분야에 응용하기 위한 공학적 방법론 (일본)'을 의미하며, 개발에 따른 자연환경 훼손의 완화기술로서 개발에 의한 자연환경 훼손 등의 회피, 감소, 대치, 복원 등을 포함한다. 따라서 미국과 유럽에서 생태기능을 활용한 환경정화시스템 설계에 초점을 맞추고 있는 것에 비하여, 일본의 생태공학은 개발로 인한 자연환경, 특히 생태계의 훼손을 완화하는 기술에 초점을 맞춘다. 본 연구에서 다루는 생태건설은 기본적으로 일본식 응용생태공학과 맥을 같이 한다고 할 수 있으나, 생태계의 기능을 적극적으로 활용하는 저영향, 에너지 저소모 생태기술 역시 포함하는 개념이다.

은 이러한 환경공학의 단점을 극복하고 자연과 인간이 공존하는 전체적인 입장에서 접근하여 오염물질을 자연계에서 제거하지 않고 순환시키며, 태양에너지를 주 에너지원으로 사용함으로써 에너지 사용을 저감하고 인간과 자연이 보다 친숙하게 공존하는 것을 목표로 하는 학문이다. 생태공학에서 나온 기술적 방법론을 건설사업에 응용하는 것을 ‘생태건설’이라고 하며, 건설 산업에서 파생되는 자연환경 훼손의 회피/감소와 새로운 자연환경의 대치/복원은 물론, 유기적인 생태계 기능을 이용한 저영향, 에너지 저소모 생태기술을 포함하며, 나아가 생물 및 생태를 이용한 인간 관점의 생태어메니티(Ecological Amenity, 쾌적성)를 향상시키는 것까지 포괄한다 (그림 1-1). 즉, 생태건설은 ‘건설사업의 계획, 설계, 시공, 유지관리 전 단계에 걸쳐 자연환경 훼손을 완화시키고, 생물 · 생태를 이용하여 어메니티를 향상시키는 건설’이라고 할 수 있으며, 생태계 기능을 이용하여 토양, 대기, 물 등 생활환경요소를 정화하는 것을 포함한다.

표 1-1. 생태공학의 기본 원칙

1. 생태계의 구성과 기능은 계의 추진기능(forcing function)에 의하여 결정된다.
2. 생태계의 자기구성력을 극대화하면, 투입되는 인위적 에너지를 최소화 할 수 있다.
3. 생태계의 항상성 유지는 생물학적 기능과 화학성분의 일치가 요구된다.
4. 생태계내의 공정은 특유의 시간적 척도를 가지며, 생태계 조작은 생태계동역학을 고려해야 한다.
5. 생태계내의 물질은 순환한다. 인간과 생태계의 물질순환경로를 일치시킴으로써 오염이 저감된다.
6. 생태계 구성요소는 특유의 공간적 척도를 가지며, 생태계 조작은 적정 규모를 고려해야 한다.
7. 화학적, 생물학적 다양성은 생태계의 완충능력을 증진한다.
8. 생태계 관리는 생태계 내의 생물권 및 적정 지리적 경계의 이점을 살려야 한다.
9. 생태계와 인간생활권의 경계에서는 점진적인 변화를 추구한다.
10. 생태계는 다른 생태계와 병행하므로 이를 유지하여야 한다.
11. 맥동하는 생태계는 매우 생산적이므로 최대한 활용한다.
12. 생태계 내에서는 모두 상호 연관되어 있으므로 타 요소에 영향을 미치지 않고 하나의 요소제어가 불가능하다.
13. 생태계는 진화경로에 맞는 feedback 기작, 탄력성 및 완충능력을 가지게 된다.

생태공학의 시각은 오염물질을 저감하는 생태계의 자기구성력 (self-design), 생태계 보존, 태양광 기반, 및 오염물질을 처리하는 소생태계를 자연과 거리를 두지 않고 자연의 일부로 생각하는 것으로 표 1과 같은 기본 원칙을 가지고 있다. 이와 같은 기본 원리를 숙지하고 생태공학을 적용하기 위해서는 제반 생태계에 영향을 주는 기본구성요소를 파악하고, 생태복원이 적용되는 현장을 지속적으로 모니터링 하여 기본요소의 정량적 변화를 측정 한 후, 이를 가치로 평가할 수 있는 방안이 필요하다.

생태공학 기법의 도입을 통하여 건설 활동으로 인한 환경에 미치는 부정적 영향을 최소화하기 위해서는 산-학-연 연계를 통한 관련 연구와 함께 토목공사 등 공공공사에 생태공학 기법의 적용 및 도입을 뒷받침할 수 있는 제도적 기반의 구축이 절실히 요구된다. 20세기 후반에 이르러서야 독일과 일본 등에서 생태학과 경관계획, 환경요소 등의 개념을 건설 및 도시개발 등에 도입하였으나 세계적으로 생태건설을 위한 기반기술과 정책적 연구는 아직 걸음마 단계에 있는 실정이다. 우리나라 역시, 2000년 건설 환경 중장기 기본계획을 시작으로 친환경 건설 정착의 근간이 되는 정책 및 제도 (법 포함) 가 많이 수립 및 시행되고 있지만 생태공학 기법의 도입 및 활성화를 위한 정책 및 제도는 아직 미비한 것으로 판단된다. 생태공학을 도입한 건설 및 환경기술 역시 생태통로의 건설과 인공습지의 이용, 식물이나 미생물을 이용한 생물학적 오염복원 등에 치중되어 있어 다른 기술 분야의 균형적인 발전이 필요함은 물론 생태공학 기술의 건설 산업으로의 적용성 및 적용 시 변화된 가치 등을 평가할 수 있는 소프트웨어적 평가기술 역시 반드시 요구된다.

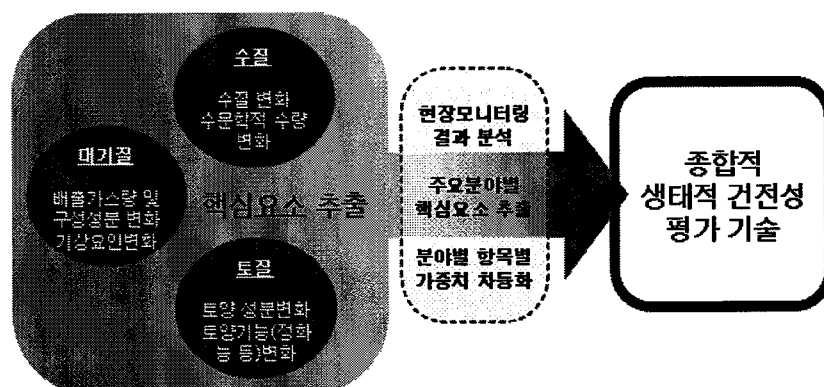


그림 1-2. 생태적 건설성 평가 기술

이러한 배경을 바탕으로, 본 연구는 생태건설의 도입 및 활성화를 위해 자연공생형 미래건설 정착을 위한 기반을 조성하고 지속가능한 개발을 위한 인간 중심의 생태가치 평가기술 (Ecological Valuation) 을 개발하는 것을 최종목표로 한다.³⁾ 이를 위하여 ① 생태모니터링을 통하여 건설사업 대상지역의 특성을 반영하는 대상 환경의 생태계구성요소를 파악한 후 현장 모니터링 및 결과 분석을 통하여 현장 특성을 반영하는 주요 생태요소⁴⁾를 조사하고, ② 이로부터 의미 있고 변화의 지표로 삼을 수 있는 공통핵심요소를 도출하여, 이를 바탕으로 건설행위라는 인위적 변화에 따른 생태적 입장에서의 영향 (생태적 건전성, 그림 1-2) 과 인간사회적 입장에서의 영향 (생태어메니티, 그림 1-3) 을 정량적으로 평가하는 기술을 개발할 것이며, ③ 생태경제학적 접근법⁵⁾을 활용하여, 이러한 개별적 정량화 결과를 경제적 가치 또는 하나의 통합된 지표로 환산할 수 있는 가치평가 기술을 개발하고자 한다 (그림 1-4). 또한 ④ 미래형 생태건설 기반조성에 필요한 법적, 제도적 장치를 마련하기 위하여 현행 환경 관련 정책 및 제도를 분석 · 평가하여 문제점과 개선 방안을 도출하고자 한다. 이와 함께 외국의 생태건설과 관련된 정책 제도의 내용을 조사하여 향후 우리나라의 생태건설 도입 및 활성화를 뒷받침할 수 있는 제도 개선 방안의 제시에 참고할 것이다 .

3) 생태가치는 생태계뿐만 아니라 개발 수혜자 (인간) 의 입장에서 정량적으로 나타낼 수 있어야 하며, 이는 생태적 건전성 (Ecological Soundness) 및 생태어메니티 (Ecological Amenity) 를 포함하는 개념이다. 본 연구에서는 생태적 요소를 도입하거나 생태계의 심각한 변화를 수반하는 개발행위에 대해 토목/환경공학적, 환경지리학적, 경제학적 관점에서 종합적으로 평가할 수 있는 기술을 개발하고자 하며 이를 “생태가치 평가기술 (Ecological Valuation)” 이라고 명명하였다.

4) 생태요소란 생태가치 평가에 이용되는 대상 지역의 생태학적 특성 또는 변화를 가장 잘 반영하는 대표종 (지표생물) 또는 이와 관련된 생태학적 지표를 일컫는다.

5) 생태-경제 통합모형은 복잡체계로서의 생태계와 경제계를 통합하여 지속가능성 체계로 파악하고 그 구조와 기능을 분석하고 이해하려는 접근방식이다. 잘 알려진 생태-경제 통합모형인 파투전트지형모형 (Patuxent Landscape Model, PLM) 은 해당 지역과 그 외 지역으로 대상지역을 분리하고 해당 지역의 생태-경제 체계를, 공간에서의 경제활동을 살펴보는 공간생태모델, 토지이용의 변화를 보는 생태연속모델, 사회에 대한 생태계의 가치를 보는 가치체계, 그리고 정책적인 측면의 규제환경 등으로 나누어 분석한다.

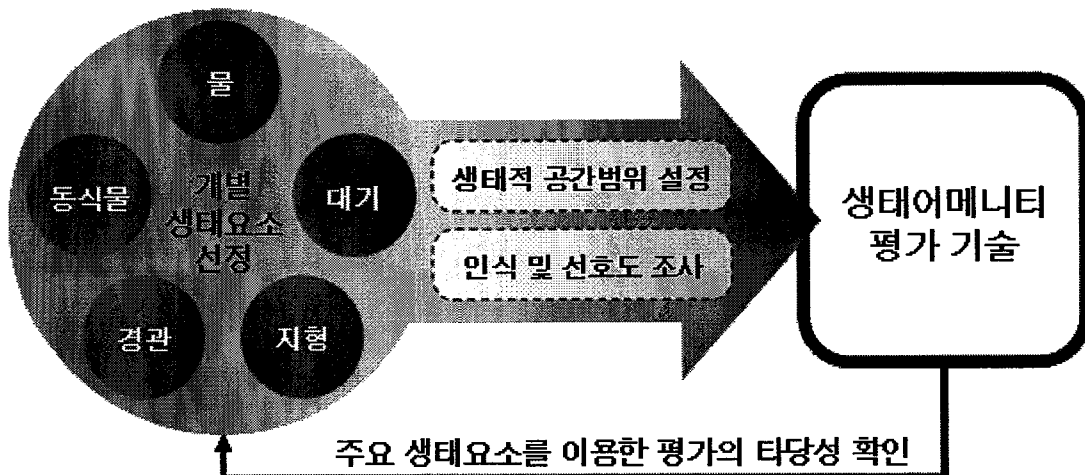


그림 1-3. 생태어메니티 평가기술

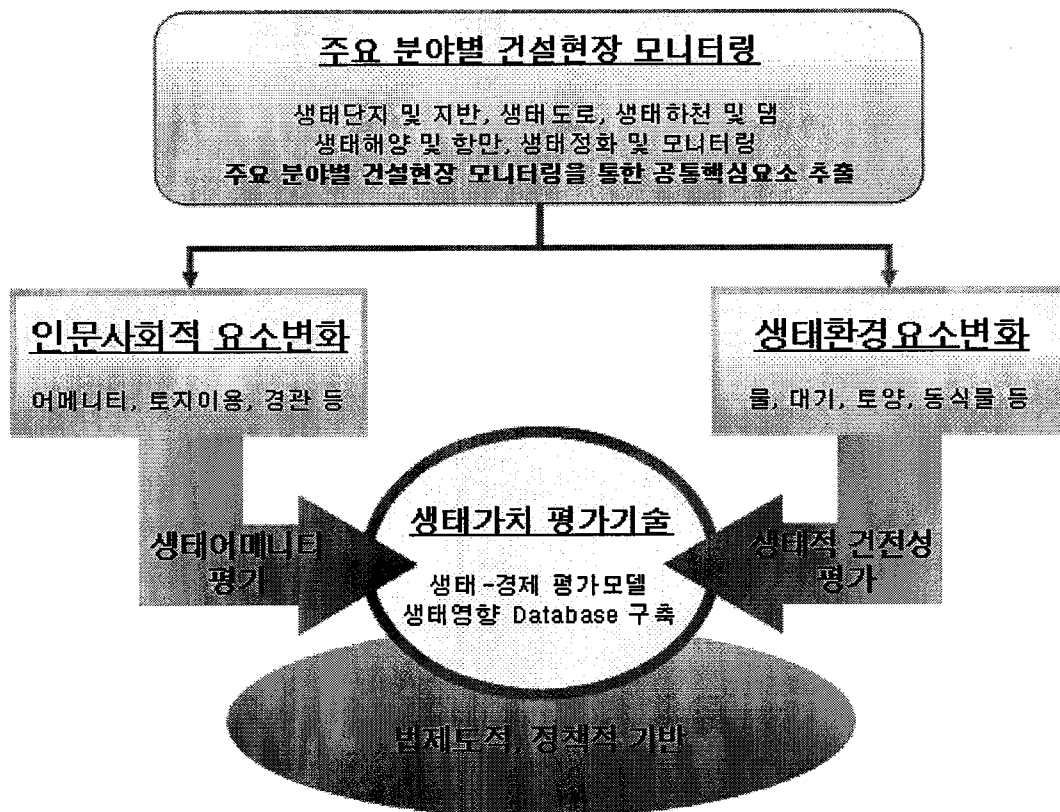


그림 1-4. 생태가치 평가기술 개요

본 연구를 통하여 일차적으로는 건설 환경 분야의 법적, 제도적 장치를 개선함으로써 공공사업을 비롯한 여러 건설 및 개발 산업에 생태가치와 생태어메니티의 개념을 도입하여 친환경적이고 지속가능한 미래형 생태건설 기술개발의 기반을 조성할 것이다. 생태학적 요소를 도입한 토목, 건설 산업의 성과를 인간 중심의 생태학

적 가치로 평가하며 나아가 개발사업의 설계단계 및 완료 후 생태가치 (생태적 건전성, 생태어메니티 등)에 대한 비교 및 평가 도구로도 활용할 수 있는 기술 기반을 확립하게 될 것이다. 이러한 평가제도는 생태건설 구축 및 촉진 기반을 조성하는 한편, 건설 산업 전반에 계획단계에서부터 시공과 대안검토에 이르기까지 전 과정에서 친환경적 요소를 고려하도록 유도하며, 또한 개발행위 자체에 대한 비교 및 평가도구로 이용될 수 있다. 본 연구의 결과는 건설 산업의 투자효과를 생태가치로 정량화하여 개발행위의 당위성 및 투자의 효용성을 확인하는 도구로 이용될 수 있다. 따라서 토목, 건설 사업을 시행하면서 자주 발생하는 사회적 갈등을 조정하는데 과학적, 합리적인 정량적 지표로 사용될 수 있을 것이다. 또한 사회적으로는 건설사업의 환경파괴적 이미지를 탈피하고 인간과 자연이 공생할 수 있는 생태건설기술이 정착할 수 있도록 한다. 나아가 세계적으로 시작 단계에 있는 생태영향 및 생태가치 평가기술 분야를 선도하고, 점차 성장하는 친환경건설 및 생태건설 시장을 선점하는 발판이 될 것이다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

국민의 삶의 질 향상이 강조되면서 ‘환경친화적’, 또는 ‘자연친화적’ 인간 활동에 대한 기대와 요구가 커지고 있으며, 특히 자연환경을 대규모로 훼손하기 쉬운 공공 건설사업에서 집단적으로 요구되고 있다. 이러한 요구에 적극적으로 대응하기 위하여 지속가능한 생태환경 관리 및 조성 기술, 미래 환경변화에 대한 예측 및 대응 기술의 확보가 시급하다. 현재까지 생태복원이 실시된 지역에서는 처리 생태계의 변화 혹은 대상 오염물질의 제거가 주된 연구대상이었다. 그러나 본 연구에서는 이러한 변화를 야기하는 주요소를 파악하는 것이 목적이므로, 향후 타 지역에 대한 생태정화기법을 결정할 때, 정책결정의 자료를 제공하고, 실시설계 시 가치 있는 설계변수를 제공할 것으로 판단된다. 또한 다양한 건설 분야에 걸쳐 생태계구성요소와 영향요소를 파악하고 공통핵심요소를 도출하는 등 생태평가기술 뿐 아니라 생태적 요소를 접목한 각종 건설 및 개발사업에서 이용할 수 있는 데이터베이스를 구축하게 될 것이다.

2. 경제·산업적 측면

현재 환경공학은 전 세계적으로 연평균 약 3%의 성장률을 나타내고 있으며, 한국은 약 10%, 중국은 약 17%의 비약적인 성장을 기록하고 있다. 21세기의 공학이라 불리는 생태공학은 환경공학의 단점을 보완하여 환경공학과 결합하는 경우 상승효과를 가져올 수 있다. 따라서 그 성장률은 더욱 크게 증진될 것으로 판단되며, 새로운 산업으로 자리매김을 할 것으로 기대된다. 따라서 현장평가로부터 관리 및 정책입안에까지 이르는 종합적인 환경솔루션을 제공할 수 있는 환경서비스 산업 체제를 구축하고, 동시에 기술경쟁력 우위의 생명공학 기술 (BT) 과의 융합을 통한 환경산업 분야의 블루오션을 창출할 필요가 있다. 본 연구는 개발 수혜자뿐만 아니라 생태계와 미래세대를 고려하여 건설 및 개발 산업의 편익과 해택을 정량적으로 평가하는 기술적, 정책적 도구를 마련함으로써 건설 산업의 전환점 역할을 할 수 있을 것이다

3. 사회·문화적 측면

우리 사회는 산업 전반에서 자연환경 회복/개선/보전을 중요한 목적으로 삼고 생태학에 근거한 건전화가 수반되어야 하는 시점에 있다. 본 연구의 성과는 건설 산업의 환경파괴적 이미지를 탈피하여 자연공생형 미래건설기술의 기반을 조성하는 초석이 될 것이다. 생태건설은 자연환경의 기능을 재평가함으로써 다양한 생태어메니티를 창출하는 역할도 할 수 있다. 생태계에 기반을 둔 건설 및 환경 복원은 토목공사에 기반을 공공기반시설의 확충으로 쾌적한 녹지공간의 제공을 통한 국민정서의 순화와 쾌적한 자연공간의 제공에 의한 도심의 그린-벨트구축에 의한 녹지축과 자연스럽게 연결하며, 각 지방자치단체의 지역여건인 건강도시, 향토 문화도시, 물 환경 도시 등의 여건에의 적합하다. 이러한 생태건설의 도입 및 활성화를 위하여 생태요소 및 생태가치를 평가하는 기반기술의 개발이 필수적이며, 국민들과 기업의 인식변화를 도모하기 위해서는 종합적인 국가차원의 관리 및 대책 마련이 시급하다.

제 3 절 연구개발 목표

1. 최종목표

- 본 연구에서는 생태건설의 도입 및 활성화를 위해 자연공생형 미래건설 정착을 위한 기반을 조성하고 지속가능한 개발을 위한 인간 중심의 생태 가치 평가기술을 개발하고자 함

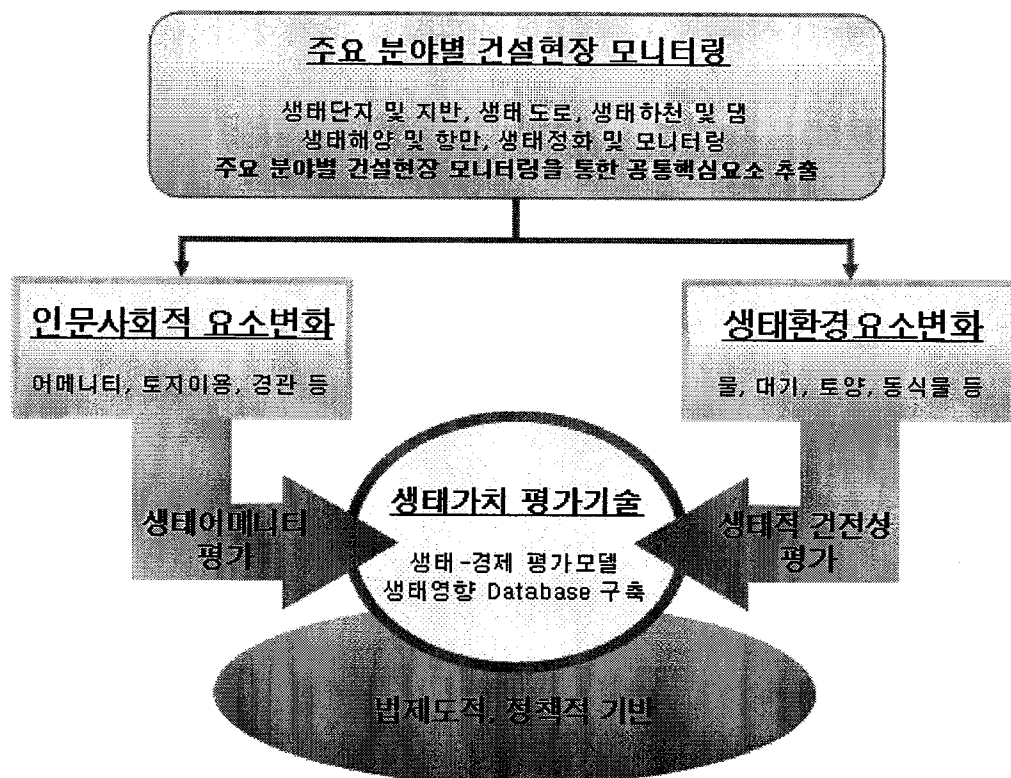


그림 1-5. 생태가치 평가기술 개요

○ 본 연구의 각 분야별 연구목표 및 세부 연구목표, 주요 연구내용은 다음 표와 같음

연구목표	세부 연구목표	주요 연구내용
자연공생형 미래건설 정착을 위한 법적, 제도적 기반 조성	건설 환경 관련 법, 제도 등의 분석 및 개선 방안 제시	▪ 국내외 건설 환경 관련 정책, 법령, 제도 조사 및 분석 ▪ 현행 건설 환경 관련 정책 및 제도 중 생태공학적 요소의 도출 및 평가 ▪ 현행 건설 환경 정책, 법령, 제도의 문제점 도출 및 개선방안 제시
	미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성	▪ 미래형 생태건설 도입 근거 및 구체적인 도입방법 확립 ▪ 향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반 조성의 개략적 로드맵 작성
도로 및 택지개발 사업의 현장특성을 반영하는 생태요소 도출	대상 분야별 생태모니터링 기술 확립	▪ 도로 및 택지개발 사업을 대상으로 한 주요 환경작용 요소의 추출 및 주변 생태계에 미치는 생태영향평가 ▪ 생태학적 가치평가 개념 및 기법 분석 ▪ 생태학적 요소 가치평가 사례 분석
	대상 환경의 생태계 구성요소와 분야별 공통핵심 생태영향요소 추출	▪ 도로 및 택지개발 사업 관련 건설현장의 생태계구성요소와 생태영향요소 정량화기법 연구
	생태계 네트워킹 기법과 현장모니터링을 통한 생태영향 평가기술 개발	▪ 도로 및 택지개발 사업 관련 건설현장을 대상으로 각각 공통핵심 생태영향요소에 입각한 생태계네트워킹 분석과 현장모니터링으로 생태영향 평가기법개발
생태적 건전성 및 생태어메니티 평가기술 개발	생태적 건전성 및 생태어메니티 평가를 위한 기초 조사 및 연구	▪ 생태 관련 개념 발달 과정 문헌 연구 ▪ 생태학적, 사회학적 관점에서의 자료조사 및 연구 ▪ 생태적 건전성 평가 기법 및 모델 조사 ▪ 생태적 공간범위의 도출 및 공간범위 내의 지역구분 기법 개발 ▪ 생태어메니티 조사 및 정량화 방법 조사
	생태적 건전성 및 생태어메니티 평가기술 개발 및 확립	▪ 자연환경 분석 모형 개발 ▪ 인문사회 환경 분석 모형 개발 ▪ 현장 결과를 이용한 개발 모델의 적용 가능성 연구 ▪ 생태적 건전성 및 어메니티 평가 기술 개발
	생태적 건전성 및 생태어메니티	▪ 생태적 건전성 평가기술 실효성 검증 및 보완

	평가기술 실효성 검증 및 보완	▪ 생태어메니티 평가기술 실효성 검증 및 보완 ▪ 생태적 건전성 및 생태어메니티 평가결과를 이용한 종합적 생태가치 평가기술 평가
생태가치 정량화 기법 개발	주요 분야별 생태학 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치 평가기법 개발	▪ 생체량 및 생태분석 모형 분석 ▪ 생태학적 가치평가 모형 분석 및 개발 ▪ 건설현장의 생태요소를 주요 파라미터로 하는 기법/모형 개발 ▪ 환경경제학적 생태가치 평가기술 개발
	생태가치 종합평가모델 개발 및 시험적용	▪ 생태건설 현장의 파라미터를 이용한 가치평가 ▪ 시범 지역 선정 및 평가 모형 검증 및 보완 ▪ 타 사업분야로의 확대적용가능성 검토

2. 당해연도 목표

당해연도 연구의 주요 목표는 다음과 같음

- 미래형 생태건설 도입 근거를 제시하고 법령 또는 정책 등의 구체적 도입 방법 제안
- 1차년도 연구결과에 기반하여 생태건전성 및 어메니티 분석 모형을 개발하고 적용가능성을 검토한 후 평가기술 개발
- 생태학 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치평가 기법 개발
- 생태계 영향평가기법 및 생태네트워크 전략구상
- GIS기반 생태시물레이션 기법 개발

이에 따른 각 분야별 세부연구목표 및 연구내용은 다음 표와 같음

연구목표	주요 연구내용
미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성	• 특히 대규모의 공공사업에 대하여 미래형 생태건설 도입 근거를 제시하고 법령 또는 정책 등의 구체적 도입 방법을 제안하고자 함 • 1차년도의 연구결과를 바탕으로 각 분야의 건설공사에서 고려하여야 하는 생태요소와 이들 요소의 평가방법, 평가시기 등을 구체적으로 제시하는 가이드라인을 작성 • 향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반을 조성하는 로드맵을 작성하여 연구결과가 실제 정책에 반영될 수 있도록 하고 이로부터 관련 산업과 연구들이 활발히 진행될 수 있도록 유도함
생태적 건전성 및	• 생태적 건전성 평가를 위한 핵심환경요소를 선정하고

생태어메니티 평가기법 확립/개발	현장 모니터링 결과를 분석하여 주요 분야별 핵심요소를 추출 • 분야별, 항목별 가중치를 차등화 하여 자연환경 분석 모형 개발 • 1차년도 연구결과로부터 설정한 생태적 공간범위 내에서 물, 대기, 동식물 생태계, 경관, 지형 등 자연환경에 대한 인식 및 선호도를 조사함으로써 인문사회 환경과 생태어메니티 분석 모형 개발 • 현장 모니터링 결과를 이용한 개발 모델의 적용 가능성 연구 • 생태적 건전성 및 어메니티 평가 기술 개발
생태학 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치평가 기법 개발	• 환경오염의 대표적인 지시자로 활용되어 온 수질 평가 방식을 기본적인 접근으로 하여 개발 모색 • 기존의 점오염원 중심의 오염 평가 모델과 강우에 따른 홍수관리 측면에서 접근한 평가 모델들을 개선 • 건설행위로 인해 달라지는 토지이용의 짜임(Configuration)과 묶음(Cluster) 변화를 정량적으로 파악하는데 주목하고자 함 • 경관의 생태적 건전성을 평가하기 위한 모델들도 함께 검토하며, 궁극적으로는 이들 모델을 종합하는 방안 모색
생태계 영향평가기법 및 생태네트워크 전략구상	• 생태계 영향 핵심요소의 검증과 피드백을 거친 후, 생태계 영향 핵심요소와 측정방법을 완성하고 평가지표화 함 • 생태계 영향평가 지표를 표본사례(단지개발사업)에 적용하여 지표별 측정 데이터 자료 구축, 분석, 평가함으로써 생태계 영향 핵심 평가지표를 개발 • 생태계 영향 핵심 평가지표가 표방하는 목표달성을 위한 생태네트 워크 전략의 기본 틀 완성(Conceptual Model)
GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발	• GIS를 이용하여 수집된 환경정보를 주제도화 하여 GIS 기반의 공간분석을 적용 • 공간분석을 통한 환경영향조사 및 영향 예측 기법 개발 • 각 주제도의 중첩 등을 통해 GIS 기반의 생태 시뮬레이션 구현 프로그램 개발

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술 및 산업 동향

현재 국내에서 이루어지고 있는 건설 및 토목 행위에 대한 생태적 측면의 전문적인 가이드라인이나 평가시스템은 없는 실정이다. 지표나 지수를 이용한 성과의 평가, 전망 등이 경제 분야를 필두로 다양하게 시도되고 있으나, 환경성 혹은 친환경성 등의 개념은 환경, 인문, 사회, 경제 등 다양한 요소들이 복합적으로 작용하고 있을 뿐만 아니라 현재 및 미래의 가치까지 수용해야 하기 때문에 그 정량화 작업이 용이하지 않다. 다만, 지금까지 수행되어 오고 있는 환경영향평가, 토지적성평가, 사전환경성검토 등을 개량하여 이에 설계 지침의 역할을 부여하거나 환경적, 생태적 가치 기준의 평가 등을 포함시키고자 하는 노력이 계속되고 있다. 특히, 경제적, 환경적 측면에서의 가치평가의 경우 부분적으로 연구가 진행되고 있으나, 심미적 가치나 생태어메니티 평가에 대해서는 가치기준이 전무한 실정이다.

생태학적 가치평가에 대한 기술은 경제적인 개념 및 기법에 의하여 추진되고 있는 추세이나, 세부적인 요소평가기술은 국민소득, 국민정서, 생태학적 가치, 경제개발 등 다양한 요소를 고려하여야 한다. 특히, 생물위해성평가 (risk assessment) 개념을 기반으로 추진하고 연구가 큰 흐름을 이루고 있으며, 연구성과 자료의 통계적 특성 분석에 의하여 수행되는 경우가 대부분을 차지하고 있다. 그러나 국내에서는 생태학적인 가치평가를 위한 기법의 도입 및 기술개발도 중요하지만 기본적인 생태자료의 부족이 보다 시급한 문제로 부각되고 있는 실정이다. 생태학적인 가치 평가에 대한 연구용역 사업수요는 증가하는 현 상황에서 생태학적 모니터링 분야의 시장은 성장추세에 있는 것으로 판단되며, 자료구축 및 분석기술의 표준화 등도 기술개발과정에서 검토되어야 할 사안으로 부각되고 있다. 특히, 환경과 공생하는 개발, 지속가능한 개발이 화두로 부각된 상황에서 토목분야에서는 설계 및 시공분야에 생태학적인 요소기술, 가치평가를 반영하는 분야의 기술개발이 요구되고 있다.

1. 국내 시장 현황 및 예측

최근 생태학적인 가치평가 분야의 사업은 10억 정도의 연구 용역사업으로 추진되었으나, 일회적인 사업에 국한되어 왔다. 그러나 그 범위를 사후 환경모니터링의 생

태분야, 생태를 고려한 설계 및 시공기술, 생태환경 복원을 위한 환경개선기술 사업 등 간접적으로 설계에 반영된 요소도 포함하면 수백~수천억 규모에 해당한다고 할 수 있다. 생태계 가치평가의 경우 건축 토목 행위의 기준이나 영향 평가뿐만 아니라, 이후의 건축물의 평가, 거래, 주변에 대한 영향 등의 평가에 있어서도 지속적으로 적용이 가능하며, 현재 이러한 부문의 수요가 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 한국건설기술연구원에서 2005년에 보고한 바에 따르면 생태건설 기술개발과 관련하여 생태 모델링 기술, 생물서식처 조성기술, 생태 모니터링 및 평가 기술 등 공통요소기술에 75억, 생태하천 설계 및 관리, 생태하천 복원 등 하천분야에 160억, 생태도로설계 및 모니터링 시스템 개발, 생태도로 건설기술 개발 등 도로분야에 200억, 생태도시 설계 및 관리, 조성 등 도시 · 단지 분야에 200억의 투자계획을 제안하고 있다.

2. 국내 기술개발 수준

국내의 핵심기술 보유기업으로는 한림에코텍(주), (주)우일 E.R.S., (주)청록환경생태연구소, (주)환경공학연구소 등이 있고, 국외의 경우는 다수의 기업이 있을 것으로 판단되나, 국내의 여건에 합당한 핵심기술 실적 보유 사는 없을 것으로 판단된다.

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
습지 설계 및 운영	Dr. William J. Mitsch (The Ohio State Univ., 미국)	수자원공사 시화호 연구소 (한국)	50%
식물상 복원공법	Dr. Jerald L. Schnoor (Univ. of Iowa, 미국)	공동수 박사 (국립환경과학원)	30%

3. 특허 동향

등록번호(일자)	출원인	명칭	내용
10-0413883-0000 (2003.12.22)	상원 개발산업 주식회사	생태계 전체를 고려한 환경호안 및 수로의 구축방법	용이하게 구축할 수 있는 생태계 전체를 고려한 환경호안 및 수로의 구축방법
20-0406813-0000 (2006.01.16)	(주)화신 엔지니어링	하천의 친환경 생태블록	하천에 설치된 옹벽구조물에 생태공간을 갖는 별도의 생태박스들을 서로 연결하게 설치하며, 상기 생태박스과 생태박스의 연 결부위에 물살의 직접적인 흐름을 차단할 수 있는 차단편을 갖는 연결구를 체결하여 어류가 편안하게 자라도록 생활환경을 제 공하는 하천의 친환경 생태블록

생태 보호를 위한 건설 기술 부문에는 상당수의 국내 특허가 등록되어 있으나, 생태 평가 기술 관련 분야에 있어서는 전무한 실정이다. 생태 보호 건설 기술 분야의 특허는 주로 하천, 호안 및 수로 등에 편중되어 있다. 즉 주로 하천변의 구조물을 보다 자연친화적으로 설계·구성하여 수생물의 서식 공간을 확보하는 기술이 주로 개발되고 있다. 따라서 도로 및 항만, 단지 등의 생태 시설과 본 과제에서 실시하고자 하는 생태평가 관련 기술 연구는 아직 미미하여, 이 분야에 대한 연구가 시급함을 나타내고 있다.

제 2 절 국외 기술 및 산업 동향

선진국에서는 단위사업에 대한 생태계의 훼손 저감이나 복원을 목표로 하는 연구와 기술들이 중점적으로 개발되고 있으며, 건설 및 개발사업에 대한 종합적인 생태평가 가이드라인이나 생태어메니티 평가기술은 찾아보기 힘들다. 일본, 유럽, 미국 등 일부 선진국에서 생태하천복원, 생태도로 건설, 생태네트워크 보전 및 복원 등에 대한 연구와 정책이 실시되고 있다 (예시 그림 2-1, 2-2).

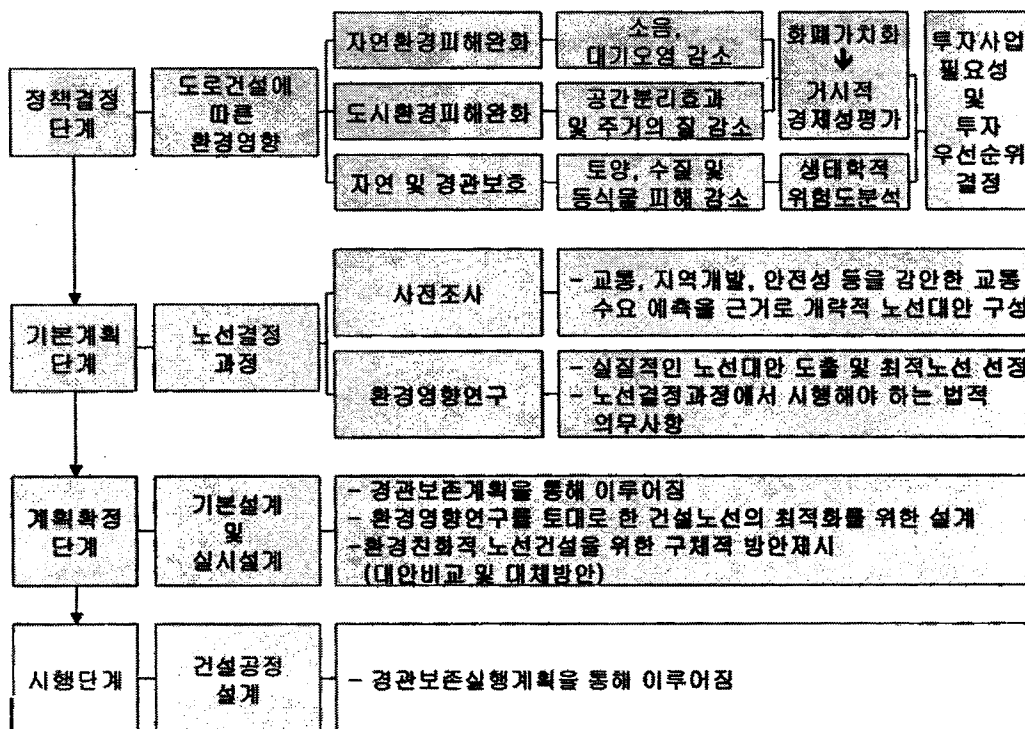


그림 2-1. 일의 단계별 환경성 고려방법 (한국환경정책평가연구원, 2002)

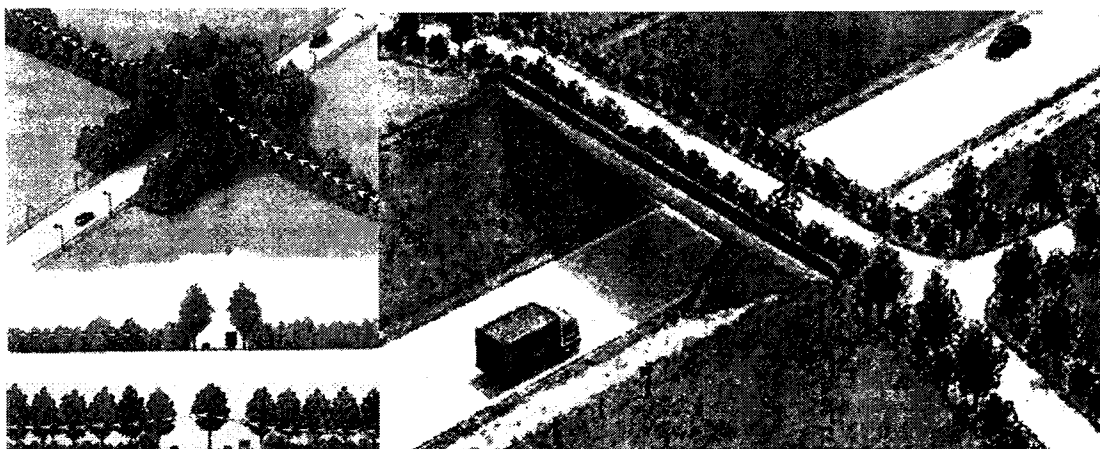


그림 2-2. 유럽의 생태통로를 적용한 생태도로의 예

1. 주요국가의 시장규모

미국의 NSF에서 생태관련 연구 분야와 관련된 Environmental Biology 부문의 예산은 \$ 111,480,000 이고, EPA는 \$ 200,845,000 인데, NSF의 경우 국내 생태 연구 분야의 총 예산의 약 2.4배, EPA는 약 4.3배에 해당하는 예산규모를 보여주고 있다. 캐나다에서 기초생태 연구 분야는 Environment Canada 내 Nature 부문으로

2002-2003년도 예산은 \$180,600,000으로 책정되어 있다. 이 Nature 부문의 예산은 국내와 비교할 때 약 3.9배에 해당한다. 이렇게 우리나라의 생태관련 연구 분야에 지원되는 전체 예산은 미국, 캐나다 내에서 관련 1개 연구 기관 예산의 절반에도 미치지 못하는 수준이다. 이러한 시장규모는 기초생태에 대한 연구이며, 기초과학분야와 건설 산업 시장규모의 차이를 염두에 두면 생태건설의 해외시장 규모는 더욱 클 것이라 짐작할 수 있다. 또한 국제적으로 지속가능한 개발에 대한 인식이 높아지고 다양한 국제협약이 발효되기 시작하면서 그 필요성이 강조되고 전 세계적으로 수요가 증가하고 있으므로, 생태공학 및 생태평가 부문의 시장은 더욱 성장할 것이라 예측된다.

2. 세계시장을 선도하는 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
The River Restoration Centre (영국)	하천의 복원, 보강 및 하천유지관리 등 모든 분야에 대한 기술적 자문 및 정보제공 센터	River Skjern (Denmark) 의 자연습지대의 개선, 강 하류부 물 환경 개선 사업추진과 River Cole (Oxfordshire), River Ogwen (North Wales) 등 하천의 제방 및 하상의 개선과 복원 사업
Foundation for Riverfront Improvement and Restoration (일본)	자연환경 위주의 하천개선작업, 자연하천의 회복, 하천환경에 대한 자연 조사, 하천환경의 평가 등에 관한 연구와 사업을 추진	1987년부터 일본 내 Nuki, Hikichi, Shojin 강, Hattoh 강 등에 적용하고 하천복원 사업은 Brede 강 (덴마크), Gorai 강 (방글라데시) 과 Jushiro 강 (일본) 등에 적용
Trout Headwaters Inc. (THI) (미국)	하천의 생태평가, 하천 복원, 제방의 안정화, 호수와 습지에 관한 현장 사업을 위주로 진행(1995)	하천 복원사업은 미국 전역에 수백 건 완공, 자연 재료 및 자연친화적인 재료를 사용한 하천, 저수지 제방의 안정화 및 복원 사업, 제방 침식화에 대한 보전사업 실시, 미공병단과 국립 어류/야생동물 재단과 함께 하천복원사업 실시

3. 해외 시장예측 및 발전전망

전 세계적으로 생태공학은 건설 및 개발 산업의 대안으로 채택되고 있으나, 아직 까지 그 중요성의 인식에 비하여 평가나 적용기술의 개발은 미진한 편이다. 그러나 유럽, 미국, 일본 등 일부 선진국에서 국가적으로 생태친화적 건설기술 개발을 장려하고 있으며 그 시장도 점차 확대되고 있다. 해외의 경우에도 생태공학은 생태학적 기술을 정화나 오염저감 등에 이용하는 것에 치중하여 있고, 신뢰성 있는 정량화된 생태가치, 생태어메니티 평가기술이 아직 개발, 사용되고 있지 못한 실정이므로 이

를 국내에서 개발하여 해외시장에서 인정받는다면 그 시장성은 매우 클 것으로 본다.

제 3 절 정부지원정책 현황

1. 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

건설관련 정부 정책을 대표하는 것으로 2001년 수립된 건설 환경 중장기 기본계획이 있다. 이 계획의 법적 근거는 건설기술관리법 제26조의5(건설 환경 관리비용 계상 의무화)로 건설교통부장관은 건설공사가 환경과 조화되게 시행될 수 있도록 관련기술을 개발·보급하고, 건설 폐자재의 재활용, 시범사업의 추진 등 친환경적 건설공사에 필요한 시책을 관계행정기관의 장과 협의하여 강구토록 규정하고 있다. 이 계획은 목표는 공공 건설사업의 환경성 강화, 건설 분야의 자율 환경관리 체계의 확립, 건설 환경 기술 및 산업의 육성을 통한 지속 가능한 건설의 실현을 기본 목표로 하여 공공 건설사업에 대한 사전환경성 평가와 환경영향평가의 개선, 자율적이고 환경친화적인 건설현장의 정착화, 사업별 친환경 개발모형의 개발, 건설과정의 환경부하 최소화, 건설 환경기술의 개발 및 실용화, 건설 환경업의 전문화 및 지식기반산업화 촉진을 위한 사업 등을 계획하고 있다. 또한 건설기술수준 향상 및 경쟁력 제고를 위한 국가종합계획인 건설기술진흥 기본계획에서는 7대 중점추진과제 중 하나로 친환경 건설기술 정착을 설정하여 제도 인프라 구축 및 기술개발을 추진하고자 하고 있다. 환경부의 정책상 지표가 되는 국가환경종합계획에서는 에너지·건설·농업·해양 등과 환경관련 기술의 공동 개발체제를 구축하고자 하는 전략을 채택하고 있다.

건설 환경과 관련된 기획단계에서의 환경성 평가를 위한 제도로는 환경부에서 담당하는 사전환경성검토제도와 환경영향평가제도가 있다. 환경정책기본법 제11조에 의거한 사전환경성검토 제도는 개발계획이나 개발사업의 초기단계에서 환경에 미치는 영향을 고려하여 환경친화적 개발이 이루어지도록 유도하는 제도이며, 환경·교통·재해등에관한영향평가법에 의거한 환경영향평가제도는 대규모 개발사업계획을 수립·시행함에 있어서 미리 당해 사업이 환경에 미칠 영향을 평가·검토하여 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발이 되도록 함으로써 쾌적한 환경을 유지·조성하기 위한 제도이다. 설계 단계에서 환경친화성 확보를 위한 제도로는 2006년 건설교통부와 환경부가 공동으로 제정한 '환경친화적인 도로건설 지침'이 있다. 이 지침에서는 도로건설 시 환경훼손과 사업

추진 상 갈등발생을 최소화하기 위하여 도로의 설계초기단계에서부터 환경 분야 전문가가 참여하도록 하고 있으며 도로 건설로 인한 생태 및 환경 파괴를 최소화하기 위한 설계기준을 마련하고 있다. 또한 건설기술관리법 시행규칙 제28조의2에는 건설교통부 장관이 건설공사의 환경관리를 위해 건설공사가 환경과 조화 속에서 시행되도록 시책을 마련하고, 건설주체가 건설공사의 환경관리에 노력해야 함을 규정하고 있어 시공 단계에서의 환경관리 또한 이루어져야 함을 강조하고 있다. 사후관리를 위한 법령으로, 환경·교통·재해등에관한영향평가법에서는 사업자가 대상 사업의 착공 후에 발생할 수 있는 환경영향을 방지하기 위하여 착공 후 환경 영향을 조사하여 그 결과를 환경부장관 및 승인기관의 장에게 통보하도록 하고 있다. 또한 건설교통부와 환경부에서는 ‘그린빌딩인증제도’를 제정하여 환경부하가 적고 생태 환경 및 실내 환경이 우수한 건축물에 대하여 친환경건축물임을 인증하도록 하고 있어 생태친화적인 건축물 관리를 활성화하고자 하였다.

2. 정부지원 정책사업 종류와 현황

환경부에서는 2004년부터 국가 장기 생태 연구사업을 통하여 지구온난화 등 환경변화에 대한 국토의 생태변화를 조사하고자 하고 있다. 이 사업은 3단계에 걸쳐 2013년까지 10년간 실시되며, 1단계 3년간 약 30억원의 예산이 투입되고 있다. 이 사업은 체계적인 연구사업을 통하여 기후변화/환경오염에 따른 자연 생태계의 장기적인 변화를 예측하고 이에 적합한 생물다양성(산림, 강 · 습지 등) 관리 방안을 마련하는 것을 목표로 한다. 또 다른 환경부 정책사업으로 국가 기초생태연구 기본계획이 있다. 이 사업은 오염도 저감에 바탕을 둔 기존의 환경관리 정책을 선진국형 환경 및 생물자원 확보 · 관리정책으로 전환하기 위한 기초연구 사업으로, 장기적이고 체계적인 생태계 연구를 실시하고자 2004년에 기본 계획을 수립을 제안하였다. 이 계획에서는 10년 단위의 기초생태 연구사업을 위하여 전국적으로 10개 내외의 생태연구센터를 설립하여 이 센터를 중심으로 생태연구 활성화를 도모하고자 한다. 한편, 산업자원부는 2005년 반월·시화 등 6개 지역에 생태산업단지 시범사업 기획을 실시하여 생태산업단지 구축을 위한 정밀현황 분석과 참여 기업간 물질순환 방안의 도출이 이루어졌다.

제 4 절 본 과제의 결과가 국·내외 기술개발현황에서 차지하는 위치

건설 산업을 둘러싼 국내외적 환경은 이제 개발의 논리만으로 건설 활동을 지속할 수 없음을 보여주고 있다. 즉, 지속가능한 개발이 중시되고 생태공학에 대한 관심이 점차 증대되는 전 세계적인 양상과 삶의 질 향상에 따른 쾌적한 삶에 대한 욕구는 이제 건설 산업의 패러다임이 일대 전환을 이루어야 함을 시사한다. 이에 생태공학의 기술적 방법론을 건설 산업에 응용하는 생태건설의 도입은 우리나라가 선진국형 인간 환경 및 자연 환경을 조성하는 데 필수불가결한 요소라 할 수 있겠다. 현재 세계적으로 생태건설을 위한 기반기술과 정책적 연구는 아직 걸음마 단계에 있으며, 우리나라 역시 건설 산업에 생태공학의 기법을 도입하기 위한 정책과 제도, 기술력은 아직 미비하고 단편적인 실정이다. 생태건설의 도입 및 활성화를 위하여서는 제반 법제와 함께 해당 사업의 환경적, 생태학적 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 기준의 마련이 필수적으로 이루어져야 하는데 현재까지의 국내 연구는 아직 이에 미치지 못하고 있다.

이러한 측면에서 본 연구에서 최종 목표로 하는 개발사업의 생태가치 평가기법 개발은 우리나라의 생태건설이 진일보하는 데 핵심적인 역할을 할 수 있으리라 판단된다. 본 연구에서는 건설 환경 분야의 법적, 제도적 장치의 개선을 강구하고 생태건설에 필요한 데이터베이스를 마련하며, 생태학적 요소를 도입한 건설 산업의 성과를 생태적 건전성, 생태어메니티 등에 바탕을 둔 생태가치의 기준으로 평가할 수 있는 기술 기반을 마련함으로써 건설 산업 전 과정에서 친환경적 요소를 고려하도록 유도하며, 개발사업의 친환경·친생태성에 대한 평가도구로 이용될 수 있도록 할 것이다. 이에 따라 본 연구의 성과는 토목, 건설 사업을 시행하면서 자주 발생하는 사회적 갈등을 조정하는 과학적, 합리적인 정량적 지표로 사용될 수 있으며, 건설 산업이 기존의 환경파괴적인 이미지를 벗어나 인간과 자연이 공존 공생하는 환경을 조성하는 기반사업이 되도록 하는 데 기여할 것이다. 또한, 우리나라가 세계적으로도 비약적인 성장 추세에 있는 생태공학 시장을 선도하는 위치에 설 수 있는 기회를 제공할 것으로 생각된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 생태가치 평가 제도의 제도 기반 구축

1.1 기존 환경성 검토 제도와의 관계 검토

(1) 현행 환경성 검토 및 평가 체계

1차년도 연구결과에서 제시한 것과 같이 우리나라의 환경성 검토 및 평가 체계는 2단계 구조로 이루어져 있다. 1단계는 일반적·추상적 환경성 검토가 이루어지는 단계로 다음 표에서 제시하는 것과 같이 국토종합계획과 같은 국토 개발 및 지역개발 계획의 수립 시에 환경성을 검토하여 반영하도록 하는 방식으로 진행된다. 이와 관련 주요 건설관련 정책에 속하는 각종 계획의 수립 시 반영 또는 검토되어야 하는 환경성 검토 내용 또한 다음의 표와 같다.

[표 1-1] 국토 개발 및 건설 관련 계획 상의 환경성 검토 내용

건설관련 정책	환경 관련 세부 추진과제
건설환경기본계획	- 환경성 검토와 지표·지수 체계 정립 - 환경성검토 지표·지수 개발과 시범사업 실시
건설기술진흥기본계획	- 관련법령, 제도, 지침, 규정 등의 환경친화적 개선 - 환경친화적 건설을 위한 제도·기술·인력기반의 구축 - 건설환경기술 발전전략 및 중기계획 수립 - 환경 친화적 건설기술개발 진흥 방안 강구
국가종합환경계획	- 국가 생물자원의 다양성 유지 - 생물서식공간의 보전과 복원
국토종합계획(수정계획)	- 친환경적 국토 관리체계구축 - 환경친화적인 지역·도시 관리 체계의 확립 - 국토생태망의 구축과 연결성 강화

2단계는 구체적·세부적 환경성 검토 및 평가로 사전환경성 검토, 환경영향평가, 자연경관영향협의 제도 등이 있다. 특히, 사전환경성 검토 제도는 사패산·천성산과 같은 대규모 국책사업이 사업 추진 과정에서 환경갈등으로 인하여 공사가 중단되는 등의 문제를 해결하기 위해 2006년 6월 1일부터 이른바 ‘전략환경평가’의 개념과 원칙을 가진 제도로 개선하여 시행되고 있다.

‘전략환경평가’는 사전환경성 검토 및 환경영향평가의 한계를 극복하기 위하여 그동안 학계, 시민단체 등에서 도입을 지속적으로 주장해 온 제도이다. 전략환경평가(Strategic Environmental Assessment, SEA)란 개발사업에 앞서는 행정계획을 수립함에 있어 사회·경제적 요소와 함께 환경성을 통합하여 고려하고, 행정계획의 시행에 따른 환경영향에 대해 주민 등의 의견을 폭넓게 수렴하는 친환경적·민주적 의사결정 절차를 의미한다. 즉, 사업계획 이전단계의 정책(Policy), 계획(Plan), 프로그램(Program)에 대한 환경평가를 말하는 것⁶⁾이며, 사업단계의 환경평가인 환경영향평가와 구분된다.

[표 1-2] 현행 구체적 환경성 검토 및 평가 제도

구분	대상	주요 평가내용
사전환경성검토제도	입지가 없는 행정계획 (13개 계획)	- 계획적정성 · 계획의 환경목표와의 부합성 · 계획의 건전성 및 지속가능성 · 계획의 일관성
	입지를 결정하는 행정계획 (70개 계획)	- 입지타당성 · 자연환경에 미치는 영향 · 생활환경에 미치는 영향
	소규모 개발사업 (19개 보전이 필요한 지역)	- 입지타당성 · 행정계획 단계에서 검토된 경우는 제외 · 환경영향평가 대상사업은 제외
환경영향평가제도	대규모 개발사업 (74개 사업)	- 환경영향저감방안 · 환경영향을 최소화하는 설계방안 · 기후기상동식물 등 23개 항목
자연경관협의제도	사전환경성검토 협의대상 사업 및 환경영향평가 협의대상 사업	- 자연경관 현황조사의 적정성 - 개발사업 등으로 인한 자연경관영향에 대한 검토 - 자연경관영향 예측(시뮬레이션)의 적정성 검토 - 자연경관영향 저감방안

자료 : 관련 규정 등을 토대로 정리.

(2) 현행 환경성 평가 제도와 ‘생태가치 평가’제도와 관계

‘생태가치 평가’제도 도입에 있어서 가장 중요하게 검토하여야 할 것은 기존의 환

6) 환경부, 전략환경평가제도의 효율적 운영기법 마련을 위한 위한 연구, 2007.

경성 검토제도인 사전환경성 검토 제도와 환경영향평가제도의 관계 설정이다. 즉, '생태가치 평가'제도가 기존 제도와 어떤 차별성을 가지고 행정계획 및 개발 사업에 있어서 환경성을 제고할 것인가를 명확하게 설정하는 것이다.

우선 현행 제도와 '생태가치 평가'제도의 차이점을 살펴보면 크게 다음과 같다. 우선 '생태가치 평가'제도는 현행 환경성 검토 제도도와는 달리 환경성의 평가 결과를 정량화(계량화, 지표화)할 수 있다는 점에서 기존 사전환경성 검토 및 환경영향 평가와 차별성이 명확하여 환경성 검토 및 평가제도가 한 단계 발전하는 의의를 갖는다. 이러한 평가결과의 계량화는 향후 환경성 검토 결과에 따라 사업 유보, 대안 추진 등을 명확하게 결정하여 불필요한 사업의 지연 등을 차단하고 찬반이 극심하게 대립하는 경우에도 적극적이고 능동적인 해결 기준으로 활용할 수 있다.

평가항목에서는 생태건전성항목(동식물상, 수리수문, 수질, 토양 등)과 어메니티 항목(지형지질, 토지이용, 소음진동, 위락경관, 교통 등) 등 과거 환경성 평가에서 제외되었거나 검토가 미흡하였던 부분도 평가할 수 있다는 점도 현행 제도와 구별된다. 구체적으로 생태건설적 관점에서 생태건전성과 어메니티를 평가하는 지표를 개발중이다. 생태건전성은 자연생태환경을 대표하는 항목이고, 어메니티는 인문사회 환경을 대표하는 항목이 되며, 이를 통해 건설 산업의 성과를 인간 중심의 생태학적 가치로 평가할 수 있는 것이다. 생태건전성은 생물학적 건전성을 기본 축으로 하여 생태계의 물리적 환경 및 생물의 서식지 안정성 등과 같은 무생물적 요소도 모두 포괄하는 개념이다. 어메니티는 환경에 의해 제공받는 안락함, 쾌적함, 매력감 등으로서 인간의 관점에서 바라보는 환경의 측면을 중요시하는 개념이다. 또한 수 환경을 평가할 수 있는 요소를 추출하여 도입하였다. 수환경을 공간유형별 물리적인 지표로 분류하여 생물서식환경 및 수질 등을 평가할 수 있도록 하였다. 특히, 어메니티 평가 항목은 도시개발 사업의 환경성 검토 및 평가에 매우 중요한 역할을 수행할 것으로 전망된다.

기존 환경성 검토제도에서 미흡한 부분으로 평가받고 있는 환경과 경제의 통합 분석이 가능하다는 것도 제도의 차별성으로 지적할 수 있다. 현행 제도인 사전환경성 검토제도, 환경영향평가제도와 '생태가치 평가'제도의 개략적인 차이는 다음의 표에서 제시하고 있다.

[표 1-3] 생태가치 평가와 현행 환경성 검토 제도와의 차이

구분	사전환경성검토	환경영향평가	생태가치 평가
목적	▪ 각종 개발계획 또는 개발사업의 환경영향 검토	▪ 당해 개발사업의 환경영향을 평가	▪ 개발행위의 결과를 생태건전성과 어메니티를 정량 평가하여 생태환경가치로 평가하는 제도
근거법령	▪ 환경정책기본법	▪ 환경교통재해등에관한영향평가법	▪ 건설기술관리법 또는 환경정책기본법
주무부서	▪ 환경부	▪ 환경부	▪ 국토해양부(환경부)
평가지기	▪ 행정계획: 계획 확정 전 ▪ 개발사업: 사업 승인 전	▪ 사업계획 승인 전	▪ 사업계획 승인 전
대상사업	▪ 행정계획(83개) ▪ 개발사업(19개)	▪ 대규모 개발 사업(74개)	▪ 행정계획 ▪ 개발사업
평가내용	▪ 토지이용현황 ▪ 보전지역분포현황 ▪ 대상지역생태특성 ▪ 현재 오염도/오염원 ▪ 계획의 적정성 - 환경목표와의 부합성 - 건전성/지속가능성 - 계획의 일관성 - 기타(필요사항) ▪ 입지의 타당성 - 자연환경영향 - 생활환경영향	▪ 대기환경분야 ▪ 수환경분야 ▪ 토지환경분야 ▪ 자연생태환경분야 ▪ 생활환경분야 ▪ 사회·경제환경분야	▪ 자연환경 부문 - 지형지질, 동식물상, 수리수문 (기상 제외) ▪ 생활환경 부문 - 토지이용, 수질, 토양, 소음진동, 위락경관 (대기질, 폐기물 제외) ▪ 사회경제환경 부문 - 교통 (문화재 제외) ▪ 생태건전성 항목 - 동식물상, 수리수문, 수질, 토양 등 ▪ 어메니티 항목 - 지형지질, 토지이용, 소음진동, 위락경관, 교통 등
평가결과 정량화	▪ 없음	▪ 없음	▪ 정량화 가능

자료 : 제1차년도 연구결과를 기초로 재정리

‘생태가치 평가’제도와 현행 환경성 검토 및 평가제도의 관계는 우선 두 가지 방안을 기초로 설정하여야 할 것이다. 하나는 현행 제도와 구분되어 독립된 별도의 환경성 검토 및 평가제도로 도입·발전시키는 방안이다. 특히, 현행 제도에 비해 차별성이 두드러지는 어메니티 평가 지표를 통해 도시개발 사업의 환경성 검토 및 평

가제도로 발전시키는 것 등이 예이다.

다른 하나는 현행 사전환경성 검토, 환경영향평가제도를 보완하는 제도로 도입·발전시키는 방안이다. 특히, 두 번째 방안은 ‘생태가치 평가’제도가 정착된 후 제도의 성과에 따라 결정될 사안이지만 ‘생태가치 평가’제도가 현행 제도보다 환경성 검토 측면에서 비교 우위가 입증된다면 현행 제도를 대체하는 수단으로 활용될 수 있고, 그렇지 못하다면 현행 제도를 보완하고 발전시키는 방안으로 활용될 수 있을 것이다.

(3) ‘생태가치 평가’제도의 도입 의의

이상과 같은 ‘생태가치 평가’와 현행 환경성 검토 및 평가 제도의 차별성과 관계를 개괄적으로 검토한 결과를 토대로 ‘생태가치 평가’제도의 도입은 다음과 같은 의의를 갖는다.

우선 앞서서도 검토한 것과 같이 ‘생태가치 평가’제도의 도입은 현행 사전환경성 검토, 환경영향평가, 자연경관협의 등의 제도 외에 새로운 환경성 검토 및 평가 제도의 도입이라는 의의를 갖는다. 특히, 생태건설에 기초를 둔 환경성 검토 및 평가 체제로 우리나라의 개발계획 및 사업에 대한 환경성 검토 제도를 한 단계 발전시키는 의의를 갖는다.

다음으로 사전환경성 검토와 환경영향평가의 한계를 보완하는 기능을 수행하는 의의를 갖는다. 지난 2006년 6월 1일부터 기존 사전환경성 검토 제도가 이른바 ‘전략환경평가적’ 성격으로 개선되어 시행된 후의 문제점은 제도 시행 기간이 길지 않아 크게 부각되고 있는 것은 많지 않다. 다만 현행 ‘전략환경평가적’ 사전환경성 검토 제도의 도입 당시 보완될 점으로 지적된 사항은 여러 가지가 있다. 특히, 다양한 행정계획에 대한 환경성검토가 체계적이고 객관적으로 이루어지기 위해서는 직접 및 간접적, 단기 및 장기적, 누적적 영향의 예측 및 평가기법이 꾸준히 개발되어야하는데⁷⁾, ‘생태가치 평가’제도는 이의 대안이 될 수 있다.

또 환경갈등 해소 수단의 기능을 수행하는 의의를 갖는다. 기존 사전환경성 검토,

7) 이외에 ‘첫째, 대안설정, 환경영향 예측 및 평가, 검토서 초안 작성 등 환경성 평가의 주체가 계획수립기관이므로 계획수립기관의 환경성 평가 역량을 강화하기 위한 인적, 조직적 정비가 필요, 둘째, 사전환경성검토제도 적용대상 계획의 적정성에 대한 재검토가 필요, 셋째, 사전환경성검토 적용대상으로 추가된 댐건설장기계획, 도로정비기본계획, 국가철도망구축계획은 현재 건설교통부에서 시행하고 있는 전략환경평가 시행대상이기도 하므로 중복 시행의 문제점을 해결, 넷째, 사전환경성검토 확대대상에서 제외된 상위정책적 기본계획에 대한 환경성 평가방안 마련’ 등의 개선 방안이 제시되고 있다(이용우·임상연, 전략환경평가 시행지침 개발 연구-국토 관련계획을 중심으로, 국토연구원, 2006).

환경영향평가 등이 한계를 보였던 개발을 둘러싼 극심한 환경갈등을 합리적·제도적으로 해결하는 기능을 수행할 것이다. 평가결과를 계량화할 수 있다는 점이 현행 제도보다 발생하는 환경 갈등을 해소하는데 긍정적인 역할을 할 수 있을 것이다.

1.2 제도 도입 기반 구축 방안

(1) 근거법령 및 시행 형식

현재 사전환경성 검토는 환경정책기본법에, 환경영향평가는 환경교통재해등에관한영향평가법에 근거를 두고 있다. ‘생태가치 평가’제도 또한 제도의 시행 근거를 법령에 두는 것이 바람직할 것이다. 물론 사전환경성 검토 제도는 제도 도입 초기에는 법령에 근거한 시행 규정을 두지 않고 국무총리훈령인 ‘행정계획및사업의환경성검토에관한규정(1993년)’에 근거를 두고 도입된 바 있어, 반드시 시행의 근거를 법령에 둘 필요성은 없다. 단, 시행 근거를 법령에 두지 않을 경우 평가 수행과정에서 개별 개발관련 법령과 충돌한다면 평가의 정당성 등 법적 논란의 발생 소지가 있어 제도 시행을 규정하는 최소한의 근거 규정(수권조항)을 두고 구체적인 제도 시행 지침을 수립·규정하여 운영하는 형태를 취하는 것이 필요하다.

[표 1-4] 제도 시행의 법적 근거(안)

구분	내용	비고
제1안	건설기술관리법에 수권조항 신설, 지침 또는 고시로 운영	
제2안	환경정책기본법에 수권조항 신설, 지침 또는 고시로 운영	
제3안	가칭 ‘생태가치평가에관한법률’ 제정	

따라서, ‘생태가치평가’의 시행 법적 근거는 3가지 대안을 검토할 수 있겠다. 첫째, 건설기술관리법에 근거 규정을 신설하고 시행규칙에 ‘지침 또는 고시’ 등의 법적 형태로 근거 규정을 마련하는 방안이다.

둘째, 첫째와 같은 형태이나 근거 법규를 환경정책기본법에 두는 것이다.

셋째, 별도의 독립적인 근거법을 제정하여 이를 근거로 제도를 시행하는 것이다.

다만 앞에서 언급했듯이 독립적인 법률을 제정하여 시행 근거를 마련하는 것은

현재로서는 큰 의미는 없을 것으로 보인다.

결국 ‘생태가치 평가’제도의 주무부서를 국토해양부로 할 것인가 아니면 환경부로 할 것인가에 따라 결정할 문제로 보인다.

이러한 법적 근거와 함께 생태가치 평가의 실질적인 운영에 있어서 필요한 고시 및 지침 형태의 다음 표에서 제시하는 규정들이 필요하다.

[표 1-5] 생태가치 평가의 제도적 기반 규정

구분	내용	형태
법적 근거	▪ 건설기술관리법 근거규정 신설 (생태건설의 도입 및 활성화 규정)	법률
제도 시행 기준		
· 총괄	▪ 생태가치평가제도 운영지침	시행 규칙 고시
· 개별 지침	▪ 생태가치 평가서 작성등에 관한 규정 ▪ 생태가치 평가서검토 및 협의등에관한 업무처리규정 ▪ 생태가치평가협의내용관리에관한업무처리지침 ▪ 생태가치평가대행자등록및관리에관한업무처리지침 ▪ 생태가치평가서작성비용산정기준	국토해양부 고시

자료 : 환경영향평가 관련 규정을 참고하여 작성

- 생태가치평가서 작성에 관한 사항 : 생태가치 평가서 작성등에 관한 규정(국토해양부 고시)
- 생태가치평가서의 검토 및 협의에 관한 사항 : 생태가치 평가서검토및협의등에 관한업무처리규정(국토해양부 고시)
- 협의내용의 처리 및 관리에 관한 사항 : 생태가치평가협의내용관리에관한업무처리지침(국토해양부 고시)
- 생태가치평가업무대행자의 등록 및 관리에 관한 사항 : 생태가치평가대행자등록및관리에관한업무처리지침(국토해양부 고시)
- 생태가치평가서 작성비용의 산정에 관한 사항 : 생태가치평가서작성비용산정

기준(국토해양부 고시)

(2) 대상의 결정(규모, 공종 등)

‘생태평가 제도’의 대상을 결정은 두가지 측면에서 검토하여야 한다. 우선 각종 개발계획과 개발사업, 즉 계획과 사업을 모두 대상으로 할 것인가 또는 개발사업만을 대상으로 할 것인가의 결정이 필요하다. 이는 ‘생태평가 제도’의 정체성과 관계있는 문제이다. 즉, ‘생태평가 제도’가 사전환경성 검토·협의 제도와 환경영향평가 제도를 보완하는 수준의 제도로 도입되는가? 아니면 향후 규모에 관계없이 개발계획과 개발 사업의 환경성을 평가하는 대표적 제도로 확대하는가의 문제와 연계된 것이다.

다음은 실제적으로 도입 초기와 도입후 시기별로 대상을 결정하는 문제이다.

이러한 점을 고려할 때 ‘생태평가 제도’의 대상은 장기적으로는 ‘계획과 사업’을 모두 포함하는 것이 바람직하나 제도의 연착륙을 위하여 초기에는 특정 개발사업을 주요 대상으로 하고 행정계획의 경우 한정적으로 ‘사회적 이슈가 되는 계획’에 대해서 실시하도록 정하는 것이 바람직할 것이다. 초기에는 특정 행정계획과 개발사업을 대상으로 설정하는 것이 바람직하다. 구체적으로 면적과 사업비 등을 기준으로 대상을 결정하고 면적기준과 사업비 기준은 3차년도 연구에서 결정하여 대상 행정계획과 개발 사업을 확정할 계획이다. 정착기에는 댐건설장기계획, 국가철도망구축계획, 도로정비기본계획, 공유수면매립기본계획 등을 대상으로 ‘생태가치 평가’를 시행하도록 하는 방안을 검토하겠다. 개발사업의 경우는 현행 사전환경성 검토 및 환경영향평가제도의 대상 중 어메니티 지표를 활용하여 평가할 필요성이 비교적 큰 개발사업 중에서 대상을 결정할 계획이다. 대상의 결정은 ‘생태가치 평가’제도와 현행 환경성 검토 제도와의 관계 설정이 명확하게 이루어진 후에 결정하는 것이 바람직하다고 판단되어 개략적인 대상 결정의 방안에 대해서만 제시하였다.

[표 1-6] 생태가치 평가의 대상(안)

제도 시행 단계	대상		비고
	행정계획	개발사업	
도입 초기	▪ 특정 행정계획	▪ 특정 도시개발사업	*면적, 사업비 기준 등으로 선정
정착기	▪ 댐건설장기계획, 국가철 도망구축계획, 도로정비기 본계획, 공유수면매립기본 계획 등	▪ 현행 사전환경성 검토 및 환경영평가제도의 대상 중 어메너티 지표를 활용하여 평가할 필요성이 큰 개발사 업	

(3) 시행시기 및 절차

‘생태가치 평가’의 시행 시기는 현행 환경성 검토 제도와 같이 행정계획은 계획 확정 전 수립과정에서 시행하도록 하고, 개발사업의 경우 사업 승인 또는 인가 전에 시행하도록 하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

평가절차 또한 현행 제도의 시행 절차를 토대로 결정하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 다만, 전체적인 시행 기간이 단축될 수 있도록 시행 절차를 마련하는 것이 필요하다. 이는 현행 환경성 검토 제도의 기간이 과다 소요된다는 비판이 제기되고 있어 현행 환경영향평가와 사전환경성 검토 소요 기간보다는 평가 기간이 단축되도록 절차를 구성할 필요가 있다.

(4) 주요 평가 지표와 평가방법(안)과 평가 체계

1. 평가 지표와 평가방법(안)

- 생태건전성 항목

생태건전성 항목은 개발지역 전체의 녹지환경을 평가하여 이 지역의 생태환경이 어떠한지를 평가한다. 생태적 지속성, 심미성, 생태 안정성을 알아볼 수 있는 지표 항목이다. 다음 표에서 생태건전성 항목의 평가지표와 평가방법(안)을 제시한다.

[표 1-7] 생태건전성 항목 평가지표 및 평가 방법(안)

평가 항목			평가 지표	평가 산정 방법
생태건전성	녹지 환경	개발 지역	농경지 (논밭)	논, 밭, 텃밭 등의 경작지 (면적율, %)
		유사 자연 지역	농경지 (과수원)	과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장 (면적율, %)
			이차초원	이차적으로 형성된 초원식생 (면적율, %)
			조림지	인위적으로 조림된 후 지속적으로 관리되고 있는 식재림 (면적율, %)
			이차림 (Ⅰ)	자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 심한 산림식생 (면적율, %)
			이차림 (Ⅱ)	자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 회복된 상태의 산림 식생 (면적율, %)
		자연 지역	자연림	식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 (면적율, %)

- 도시지속성 항목

도시지속성 항목은 개발을 하면서 훼손된 지역에 대해 얼마만큼의 보상조치를 취하였으며 훼손정도를 얼마나 저감했는지를 평가하는 항목이다. 도시공간의 생태적 기능 및 공간적 이용 측면에 대해 평가할 수 있다.

[표 1-8] 도시지속성 항목 평가지표 및 평가 방법(안)

평가 항목			평가 지표	평가 산정 방법
도시지속성 (가칭)	지형 및 토양	토양 환경	자연녹지 지반	자연지반이 손상되지 않은 지반 (면적율, %)
			인공녹지 지반 1	토심 90cm 이상 인공지반 상부 녹화면 (면적율, %)
			인공녹지 지반 2	토심 90cm 미만 인공지반 상부 녹화면 (면적율, %)
			부분포장	식물생장 가능한 잔디블럭, 틈새 넓은 판석 등으로 포장된 자연지반 (면적율, %)
			전면특수 포장	자연골재, 마사토 등의 재료를 이용하여 포장한 투수 가능한 자연지반 (면적율, %)
			틈새투수 포장	틈새로 투수 가능한 벽돌, 사괴석 등의 포장이나 다공질 투수 소재로 포장된 자연지반 (면적율, %)
			전면 포장면	건축물이 들어서거나 아스팔트와 같이 공기와 빗물이 투과할 수 없고 식물생육이 불가

	용			도로 등 도심지로 단절
	형 태	호안 및 하안 의 형태	수로	자연형 호안
				콘크리트 구조물
	수 질	수질 등급	수질등급	1~2급수
				3~4급수
				5~6급수
				6급수 이하

- 어메니티 항목

어메니티 항목은 도시공간의 생활환경과 경관 및 사회문화적 환경을 평가하는 항목이다. 인간과 환경과의 관계에서 아름다움, 쾌적함, 즐거움, 매력감, 긍정적 감정으로 작용하는 장소적 속성과 인간의 심리적 상태를 포괄하여 평가할 수 있다.

[표 1-10] 어메니티 항목 평가지표 및 평가 방법(안)

평가 항목			평가 지표	평가 산정 방법
어메니티	생 활 환 경	밀도	호수밀도	$(\text{세대수}/\text{대지면적}) \times 10000$
			거주밀도	$(\text{연면적} + \text{외부공간면적}) / \text{세대수}$
			용적	$(\text{건축연면적}/\text{대지면적}) \times 100$
		옥외 공간	외부공간	$(\text{외부공간면적}/\text{대지면적}) \times 100$ 외부공간면적: 대지면적-건축면적
			세대당 외부공간 면적	외부공간면적/세대수
			세대당 생활가능 외부공간 면적	생활가능외부공간면적/세대수 생활가능외부공간면적: 옥외공간면적-도로와지상 주차면적+필로티면적
		차량 공간	지상차량 공간면적 비율	$(\text{지상차량공간}/\text{대지면적}) \times 100$
			세대당 주차대수	총 주차대수/세대수
			지하주차 비율	$(\text{지하주차면수}/\text{주차면수}) \times 100$

		서식처 구조	한 포장면 (면적율, %)	
			그린네트 워크	연결된 녹지면적/전체녹지면적 (면적율, %)
			최대연결 녹지면적	최대연결녹지면적/전체녹지면적 (면적율, %) 최대연결녹지면적: 연결된 녹지 중 가장 넓은 면적을 지닌 녹지
			감마지수	연결된 경로수/최대 연결경로 경우의 수 $=L/3(v-2)$
	기타 환경	특수 공간 녹화율	녹지이동 비용	동물이 큰 녹지로 이동하기 위한 거리비용
			옥상녹화	건축물 지붕에 녹화 면적 비 (면적율, %)
		대기 정화 기능	벽면녹화	건축물 벽면에 녹화 면적 비 (면적율, %)
			대기질	양호
				보통
				나쁨

- 수환경 항목

수환경 항목은 수환경에 대한 생태기능을 평가할 수 있는 항목이다. 생물서식환경으로서의 기능 및 수변공간의 아름다움에 관한 측면을 평가할 수 있다.

[표 1-9] 수환경 항목 평가지표 및 평가 방법(안)

평가 항목			평가 지표	평가 산정 방법
수환경	면적	수면 면적	수면 면적	40㎡ 이하
				40~800㎡
				800㎡ 이상
		개방 수면	개방수면 비율	0~5%, 75~100%
				5~26%
				26~75%
	식생	식생 대	식생대폭	3m이상인 면적
				1.5~3m인 면적
				1~1.5m인 면적
				1m이하인 면적
		식생의 혼재도	종 다양성	1종
				2종
				3종 이상
	토지 이용	주변 토지 이용	주변토지 연결성	산 또는 다른 수환경 등과 연결
				농경지와 연결

	경관	녹지공간	세대당 녹지공간 면적	녹지면적/세대수
			녹지비	(녹지공간면적/주택지연상면적) x 100
			녹지율	(녹지면적/대지면적) x 100
		시각적 위요	입면건폐율	$\frac{\sum(\text{등가직경} \times \text{각주동의평균높이})}{\text{대지면적}} \times 100$ 각 주동의 등가직경: 보정된 외주길이/ π
			평균층수	주동의 평균층수
	사회문화적 측면	정서함양	심리적 안정감 향상	단지 내 녹지를 통한 심리적 안정감 향상정도
			지역문화 행사	단지 내 지역문화행사 개최 및 시민참여, 연계행사 등 활성화 정도
			인근 공원 접근성	지역 거주 주민의 접근 용이성 평가
		환경교육	환경교육 프로그램	단지 내 환경교육 프로그램 운영여부

2. 평가 체계

위에서 제시한 평가항목과 지표의 평가산정 방법을 통해 결과를 산정하고 여기에 가중치를 적용하는 방식으로 점수로 환산, 이를 전체 합산하여 결과를 산정하는 방식으로 평가결과를 정량화한다. 다만 본 연구 2차년도에서는 종합 점수의 산정 결과 원안 추진, 대안 추진 등을 결정하는 기준은 설정되지 않아 3차년도 연구결과를 종합하여 제시하고자 한다.

(5) 생태가치 평가 체계 구축 방안

1. 전담 부처

‘생태가치 평가’의 전담 부처는 국토해양부 또는 환경부 중에서 결정하여야 할 것이다. 이 또한 ‘생태가치 평가’제도가 사전환경성 검토·협의를 환경영향평가제도의 보완적 제도에 그치는 가 아니면 향후 우리나라 개발계획 및 사업의 환경성 평가의 핵심 수단으로서 현행 환경성 평가 제도를 대체할 수 있는가에 달려 있다.

현행 제도의 보완적 기능을 수행한다면 ‘국토해양부’를 전담 부서로 하는 것이 바람직할 것이고, ‘생태가치 평가’제도가 현행 제도를 대체하는 경우에는 전담 부처를 ‘환경부’로 하는 것이 바람직하다.

2. 평가 수행 주체

‘생태가치 평가’의 시행 및 평가 결과보고서의 작성은 주체는 계획 수립 기관 또는 사업 추진 기관으로 하는 것이 타당하다. 시행 주체의 대안으로는 계획수립 및 사업추진 기관, 환경성 평가전문기관 등이 있을 것이다. 계획수립 및 사업 추진 기관은 계획의 수립 절차와 사업 추진 절차 및 과정에 대해서는 어떤 주체보다도 전문성이 확보되는 장점이 있으나, 평가업무 자체에는 전문성이 미흡하게 된다. 이에 비해 환경성 평가전문기관은 환경성 평가의 저는 전문적이지만, 계획 자체에 대한 정보는 충분하게 가지고 있지 못하며 계획 수립 과정 및 개발 과정에 직접 참여하지 못할 수도 있다.

따라서, ‘생태가치 평가’의 도입 취지와 전략환경평가 시행의 주목적이 계획의 수립 과정에서 환경영향을 사전에 충분하게 검토함으로써 친환경적 계획을 유도한다는 점에 있는 사실 등을 감안하여 행정계획 수립 기관 또는 개발사업 추진 기관이 ‘생태가치 평가’를 수행하면서 평가보고서를 작성하는 것이 가장 적절할 것으로 판단된다.

참고로 전략환경평가적 요소를 도입한 사전환경성 검토와 전략환경평가를 시행하고 있는 외국의 경우도 평가보고서의 작성을 위한 자료 수집과 작성은 계획수립기관이 담당⁸⁾하고 있다. 다만 실제 생태가치의 평가와 보고서 작성은 현재 사전환경성 검토 및 환경영향평가 업무를 수행하는 외부 전문기관, 유관 공공연구기관, 엔지니어링 회사 등에서 수행하도록 하는 것이 필요하다. 예를 들어 국토해양부에 ‘생태가치 평가’ 전담부서를 설치·운영하고 ‘한국건설기술연구원’ 기타 국토해양부가 지정한 전문기관에서 평가업무를 대행하도록 하는 체제로 운영하는 것이 타당하다.

3. 평가 결과 검토 기관

개발계획 수립 또는 개발사업 추진 기관에서 작성한 ‘생태가치 평가’보고서를 검토하는 주체는 국토해양부에 검토위원회 등을 설치하여 평가를 담당하도록 하는 것이 타당할 것이다.

전략환경평가를 시행하는 있는 외국의 경우 검토주체는 지방정부와 환경부(영국), 독립기관으로서 환경영향평가위원회(네덜란드), 환경위원회와 환경보호청(미국) 등 환경관련부처나 전문위원회가 담당하는 것이 일반적⁹⁾이다.

8) 이용우·임상연, 전략환경평가 시행지침 개발 연구-국토 관련계획을 중심으로, 국토연구원, 2006,

또 사전환경성검토의 경우, 대안 설정, 중점 검토항목 설정(스코핑) 및 검토방법 등을 결정하기 위하여 ‘환경성검토위원회’를 계획수립 기관이 주관하여 운영하도록 규정하고 있다.

따라서, 국토해양부가 별도의 (가칭)‘생태가치 평가위원회’를 구성하여 제출된 보고서를 검토하는 것이 바람직할 것이다. 또 특정 지역의 개발 사업에 대해 ‘생태가치 평가’를 시행하는 경우 광역 시도에 (가칭)‘생태가치 평가위원회’를 설치·운영하도록 하는 것이 바람직할 것이다. 즉, 개발계획에 대한 ‘생태가치 평가’보고서의 검토는 해당 개발계획 수립 기관에, 개발 사업은 개발사업 승인 및 허가기관에 평가위원회를 설치·운영하도록 하는 것이 타당할 것이다.

4. 평가결과 보고서 작성 기준 및 내용

일반적으로 환경성 검토 보고서는 행정계획 및 개발사업의 환경영향을 가능한정확하게 예측하고 제시하는 결과의 신뢰도가 높아야 한다. 특히, ‘생태가치 평가’의 경우 다른 환경성평가 제도와 구별되는 평가요소인 ‘어메니티’ 등의 항목을 평가하게 되므로 이러한 항목의 평가 결과를 정확·적절하게 제시하는 것이 필요하다.

현행 사전환경성 검토의 경우는 환경정책기본법 시행령 제8조에 검토서에 포함되어야 할 내용을 규정하고 있는데, 그 내용은 다음과 같다.

- 행정계획 또는 개발사업의 목적·필요성·추진배경·추진절차 등 사업계획에 관한 내용(관계법령의 규정에 의하여 당해 계획에 포함하여야 하는 내용 포함)
- 대상지역의 용도지역 구분 등 토지이용현황(대상지역을 정할 수 없거나 광범위한 경우 제외)
- 대상지역 안의 생태·경관보전지역 등 보전목적의 용도지역·지구·구역 등의 분포현황
- 대안 및 그 환경영향 검토결과와 저감방향(개발사업의 경우 사업계획에 대한 환경영향 검토결과와 저감방향 중 별도 고시사항)-대상지역의 생태적 특성, 현재 오염도 및 오염원, 환경영향검토 결과와 영향저감방향, 위치도, 토지이용계획도 등을 포함
- 의견수렴 결과 및 반영내용(행정계획의 경우에 한함)

이와 같은 내용을 포함하도록 하고 또는 개발사업에 대한 사전환경성검토서에 포함되어야 하는 내용과 그 구체적인 내용 및 작성방법 등에 관하여 ‘사전환경성검토 구비서류에 관한 규정(환경부 고시)’로 정하고 있다.

환경영향평가의 경우 ‘환경영향평가서작성등에관한규정(환경부 고시)’을 토대로 작성하도록 하고 있다.

따라서 ‘생태평가 기술’평가보고서 또한 평가항목과 평가지표 등이 개발되면 이를 토대로 결과보고서 작성에 필요한 내용을 ‘생태평가기술보고서 작성 등에 관한 기준’을 규정하여 이를 기준으로 보고서를 작성하도록 하는 것이 바람직할 것이다. 3차년도 연구가 종료되면 구체적인 평가항목과 지표의 개발이 완료되므로, 여기서는 ‘생태평가기술보고서 작성 등에 관한 기준’에 포함되어야 할 내용은 3차년도에 구체적으로 제시하도록 한다.

(6) 대가 기준

‘생태가치 평가’를 대행하는 경우 적용하는 대가기준은 현행 ‘환경영향평가 대행비용 산정기준(환경부 고시)’을 참고하여 ‘생태가치 평가’ 항목에 맞게 작성하는 것이 필요하다.

대가기준은 현행 ‘환경영향평가 대행비용 산정기준(환경부 고시)’에서 규정(동 고시 제3조)하고 엔지니어링기술진흥법 제10조제2항의 규정에 의한 엔지니어링사업대가의 기준 중 실비정액가산방식을 적용하는 것이 타당하다. 대행비용 산정기준의 구성비목은 직접인건비, 직접경비, 제경비 및 기술료 등으로 구성하도록 정하여 추후 제정·운영할 가칭‘생태가치 평가서 작성 등에 관한 규정’에서 정한 평가항목과 내용에 맞게 적용하여 대가를 산정하도록 한다.

1.3 미래 생태가치 도입 로드맵

다음의 그림은 ‘생태가치 평가’제도 도입을 위한 개략적 로드맵을 제시하고 있다. 제도 도입 첫 단계인 제1단계의 시작 시점은 본 연구의 3차 년도 시작시점으로 정하였다. 그 이유는 3차 년도에서 ‘생태가치 평가’제도 도입을 위한 제도적 기반의 구체적인 내용들이 결정되기 때문이다. 구체적으로 ‘생태가치 평가’제도의 도입 근거 개정(안)에서부터 제도 시행을 위한 세부 규정들의 주요 내용들이 제도 확전 전 단계의 내용 수준으로 작성되기 때문이다.

구분	시기	추진사항
제1단계	2008.7 - 2010.12	▪ 제도적 기반 구축 - 본 연구의 3차년도에 제도 기반 구축(안) 확정 - 전담 부처, 근거 법령, 대상 계획·사업 결정 - 관련 규정 제정 - 관련 법령의 국회 개정(근거법령) - 공청회 개최
제2단계	2011.1 - 2011.12	▪ 시범 사업의 실시 - 시범 사업 대상의 결정 - 사전환경성 검토 / 환경영향평가 동시 실시 - 시범사업 실시 결과 제도 반영
제3단계	2012.1 - 2013.12	▪ 제도의 본격 시행
제4단계	2014.1 -	▪ 제도의 확대 시행

[그림 1-1] 생태가치 평가제도 도입 로드맵

(1) 제1단계 - 제도적 기반 구축

제1단계는 ‘생태가치 평가’제도의 제도적 기반을 구축하는 시기이다. 본 연구의 3차년도 시작 시점부터 시작된다. 앞에서 검토한 것과 같은 ‘생태가치 평가’제도의 시행을 위한 제도적 기반 구축을 법제화하는 시기이다. 3차년도 주요 연구 결과로 제시될 근거법령의 결정, 근거 법령의 개정(안), (가칭)‘생태가치 평가’제도 운영지침을 토대로 이를 법제화하는 단계이다.

이러한 제도 기반 구축 단계에서는 법령의 개정이 필요한 사항에 대해서는 국회를 통한 재정을 추진하고, 시행령·시행규칙의 개정이 필요한 경우는 관련 규정 개정 절차가 진행되어야 한다.

특히, (가칭)‘생태가치 평가’제도 운영지침의 주요 내용이 되는 생태가치 평가서 작성등에 관한 규정, 생태가치 평가서 검토 및 협의 등에 관한 업무처리규정, 생태가치평가협의내용관리에관한업무처리지침, 생태가치평가대행자등록및관리에관한업무처리지침, 생태가치 평가서 작성 비용 산정기준 등이 법제화되는 단계이다. 또한 전체적인 연구 결과를 기초로 ‘생태가치 평가’제도의 주무 부처 또한 결정되어야 한다.

(2) 제2단계 - 시범사업의 실시

제2단계는 제1단계의 ‘생태가치 평가’제도의 법적 기반 구축을 토대로 시범 평가 사업을 추진하여 제도의 실효성을 제고하는 단계이다. 시범사업의 결과를 통해 향후 ‘생태가치 평가’제도의 제도적 정체성을 확정하고 발전 방안을 확립하게 된다.

(3) 제3단계(제도 시행) / 제4단계

제3단계는 제도가 본격적으로 시행되는 단계로 2012년 1월을 시작 시점으로 설정하였다. 제4단계는 제도 시행 결과 현행 환경성 검토 제도에 비해 환경성 검토 및 대안 제시효과가 클 경우 확대 시행하는 방안을 검토·시행하는 단계이다.

1.4 3차 년도 연구 계획

3차년도는 "건설분야 생태공학기술의 성공적 도입을 위한 법적 및 제도정비 및 운영 방안"을 제시하고자 한다. 1차년도 ‘생태가치 평가’제도 도입 기반 평가와 2차년도 도입 기반 구축 방안을 토대로 이를 종합하여 실제적인 ‘생태가치 평가’제도 도입을 위한 법적·제도적 정비 방안과 제정·수립된 제도의 성공적 운영 방안을 제시하는 것을 주요 내용으로 한다. 따라서, 3차년도 연구는 ‘생태가치 평가’ 제도의 법체계 정비 방안과 효율적인 운영 방안으로 구성된다.

- ‘생태가치 평가’제도 도입을 위한 법·제도 정비 방안

- 근거 법령 개정(안)
- 가칭‘생태가치 평가’제도 운영 지침(안) - 관련 세부 지침
- 법령 개정 및 지침 수립 추진 방안

- ‘생태가치 평가’제도의 효율적 운영 방안

- 제도의 기능 및 정체성 확립
- 효율적 운영 체제 확립 방안
- 제도 운영 시 유의 사항 등

이러한 내용의 연구를 위해 법제도 정비를 위해 2차례의 관련 전문가 간담회를 개최하여, 연구결과의 실효성을 제고할 계획이다.

2. 생태건강성지수 및 어메니티 평가

2.1. 평가지표연구

(1) 문헌고찰

1. 건전성 평가 지표

유주한·박경훈·정성관(2005) 자연 생태계 평가 지표는 크게 생물적 요인, 무생물적 요인, 질적 요인, 기능적 요인으로 세분화하였고 생물적 요인의 경우 생태계 내 생육하고 있는 식물종과 식생에 대한 구조 및 다양성을 표현할 수 있는 지표로서 선정하였으며 무생물적 요인의 경우 식물종과 식생의 분포나 형태가 물리적 환경에 의해 결정된다는 가설에 의거하여 분류하였다 또한 질적 요인은 식생, 경관 및 토지형태에 따른 생태계의 질을 경관생태학적으로 접근하기 위한 것이고 기능적 요인은 생태계가 자연과 인간에 주는 기능성을 확인하여 적절한 평가나 보전대책을 수립하고자 선정하였다. 생물적 요인은 산림의 군집구조와 관련성이 있는 구조적 요인(수고, 수관폭, 흉고직경, 우점도 등), 생태적 요인(최대종다양성지수, 종풍부도, 상대우점치, 종다양성지수 등), 분포적 요인(종수, 층위구조, 밀도 등), 희소적 요인(희귀 및 멸종위기식물, 개체수 등) 그리고 자원적 요인(귀화식물, 관속식물, 특산식물, 특정식물 군락지 등)으로 분류하였다. 무생물적 요인에는 토양적 요인(총 질소량, 총 인량, 토양경도, 토성 등), 물리적 요인(해발, 유기물층, 지형, 방위, 경사각)으로 분류하였다. 질적 요인은 계급적 요인(녹지자연도, 토지이용형태, 해메로비등급, 환경피해도 등), 비율적 요인(자연파괴도, 귀화율, 식생피복율 등), 안정적 요인(천이 단계, 면적, 경관의 다양성, 식생형태 등), 회복적 요인(경관파편화, 연결성, 복원력 등), 그리고 건전적 요인(현존 식생 및 임령의 유형화)로 분류하였다. 마지막으로 기능적 요인에는 공익적 요인(토양침식 방지, 산사태 방지, 방풍 효과, 수자원 보호, 대기질 향상 등), 보전적 요인(생물종다양성 유지, 서식처 제공 및 생태계 보전)으로 분류하였다.

이관규·양병이(2001)는 기존 연구문헌에서 제시된 사례지표들을 기반으로 전문가 설문문을 통해 설명력이 높은 변수들을 추출하였다. 그 결과 중요도에 의한 가중치가 높은 순서대로 충분한 녹지의 확보, 식생의 다양성, 녹지의 연결, 생물서식기반이 되는 녹지의 조성, 지역 고유수종의 배려, 기존 녹지의 보전, 기존 식생의 활용이 선정되었다.

이동근·윤소원(1998)은 환경지표를 구동력 지표(Driving Force), 압력지표(Pressure), 상태지표(State), 대응지표(Response)로 구분하였는데, 환경에 일정한 영향력이 가해졌을 때 어떠한 변화가 발생하는 지에 대한 지표로서 상태지표는 생물의 양/질/분포(생물종다양성, 녹지량/ 자연성, 안정성, 대표성, 희귀성/ 고립성, 연속성)와 환경부화(대기, 수질·수량, 토양)를 포함하고 있다.

2. 어메니티 평가 지표

어메니티(Amenity)는 라틴어의 ‘amoenitas’에서 기원하여 ‘친근하다’ 또는 ‘쾌적하다’라는 의미를 지닌 말로서, 우리나라에서는 종종 ‘쾌적성’이란 말로 풀이되나 뉘앙스에 차이가 있어 우리말로 번역하지 않고 그대로 쓰고 있다(오현석 외, 2002). 또한 황기원(1995)은 어메니티의 사전적인 어의에 대해 유쾌성(plesantness), 매력성(attractiveness) 그리고 장소나 기후 등의 매력적이거나 바람직한 국면(attractive or desirable features, as of a place, climate, etc.)으로서, 즐거운(pleasant), 매력적인(attractive), 바람직한(desirable), 어울리는(agreeable) 등을 주요어휘로 표현하고 있다.¹⁰⁾ 다소 불확실한 정의를 지니고 있는 어메니티는 어느 분야에서 정의하느냐에 따라 그 개념이 조금씩 달라지며, 또한 어떠한 측면을 강조하느냐에 따라 어메니티를 평가·구성하는 지표들도 달라지는데 다음의 표는 그러한 내용을 정리한 것이다.

[표 2-1] 어메니티 정의에 따른 지표 분류

어메니티	분류	정의	요소
	사회적	“Amenity is easier to recognize than to define(Cullingworth, 1964)” “The right thing in the right place (Holford, 1959)” - 생활환경의 총합적인 쾌적함(이재준, 1999; 권용우 2001)	- 자연경관 - 전통문화 - 교육, 의료, 치안 등 공공서비스 - 바람직하고 쾌적한 사회적 관계
	심리적	- 인간과 환경과의 관계에서 쾌적함, 즐거움, 매력감 등 긍정적 감정으로 작용하는 장소적 속성과 인간의 심리적 상태를 포괄하는 개념(윤진옥 외, 2005; 농업기반공사, 2005) - 인간과 환경과의 관계에서 오감의 감각기관으로 전달되는 「기분 좋다고 느끼는 물리적인 환경의 상태」(권용우, 2001) - 인간과 자연, 인위적 구조물이 함께 하며 불편하게 느껴지는 disamenities를 제거한 상태	- 안전성 - 보건성 - 접근성 - 편리성 - 심미성
	문화적	단순히 ‘쾌적한 환경’이라는 의미보다는 지역의 정체성을 반영하는 문화와 역사, 기후조건 등과 같은 요소들(OECD, 1994; 김선희, 2006)	- 문화재의 보전창출 - 미술관 도서관 등 문화시설 - 장소성 및 지역 고유성
	경제적	어메니티는 단지 즐거움을 추구하는 개념이지만 그 개념을 경제이론과 정책과 관련시켜 지역 개발 개념으로 적용할지에 대한 다양한 논의 전개(Hans-Jörg Blöchliger, 1994)	- 주택가격 - 환경오염 - 범죄율 - 교통 혼잡

10) 권용우 외, 2001, 도시 쾌적성 확보를 위한 어메니티 플랜 수립방안에 관한 연구, 한국건설기술연구원.

	• 사람들이 실수입에 따라 거주와 노동을 하기 적합한 장소를 고르는 데 고려되는 생활환경의 질 (Vijay K. Mathur, Sheldon H. Stein, 2003) • 농축산 분야: 농촌 체험, 경관 관람, 영화 및 TV 촬영지로 활용 등 경제적 이익을 가져다 줄 수 있는 부분(전병수 외, 2007)	• 교육시설 • 의료시설 • 여가시설 및 관광자원
환경적	• 총체적인 환경의 질(이재준, 1999) • 환경을 구성하는 ‘구성원, 구조물, 자연’의 세 요소가 상호간에 변화 있는 존재로서 협력, 공생 하며 그 안에서 인간의 활동이 안정성을 지니며, 편리하고 매력 있는 활기찬 환경 친화적 공간을 형성하고 있는 상태(사카이 겐이치, 1998) • 거주지로서 장소의 특성을 강화하는 물리적 특성으로. 인위적인 어메니티를 제외한 환경적 질에 초점을 맞춘 개념(McGranahan, 1999).	• 기후조건 • 일조조건 • 다양한 지형 • 안전한 지형 • 자연경관 • 환경오염

사카이 겐이치(1998)는 어메니티 자원을 생명·안전어메니티, 자연어메니티, 역사·문화어메니티, 미적어메니티, 편리어메니티, 개성·종합어메니티 등 5가지로 구분하고 각각의 분류에 속하는 요소들에 대해서 제시했다(표 2-2).

[표 2-2] 어메니티 자원의 분류

구분	어메니티
생명·안전어메니티	환경오염방지, 재해예방, 도시기반정비, 지역도로, 주택구조
자연어메니티	동식물, 풍토와 자연
역사·문화어메니티	문화재의 보전창출, 미술관, 도서관, 컨벤션홀, 번화가, 학교
미적어메니티	도시설계, 녹음, 물
편리어메니티	개발억제, 기술개발
개성·종합어메니티	디자인, 복합정비지구, 교육활동

농촌자원개발연구소(2004)는 관리와 보존이 필요한 농촌 어메니티 자원을 자연자원(환경자원, 생태자원), 문화자원(역사자원, 경관자원), 사회자원(시설자원, 경제활동자원, 공동체 활동자원)으로 구분하고 각각의 자원에 속하는 요소들을 세분화하여 제시하였다(표 2-3).

[표 2-3] 농촌자원의 분류

구분	종류
----	----

자연자원	환경자원	깨끗한 공기, 맑은 물, 소음 없는 정온한 환경
	생태자원	비옥한 토양, 미기후, 특이지형 동물, 식생(천연기념물, 보호종·희귀종, 보호수, 마을숲 등) 수자원(하천, 저수지, 지하수 등), 습지
문화자원	역사자원	전통건조물(문화재, 정자, 사당 등) 전통주택 및 마을의 전통적인 요소 풍수지리나 전설(마을유래, 설화 등)
	경관자원	농업경관(다락논, 마을평야, 밭, 과수원 등) 하천경관(하천흐름, 식생 등) 산림경관(산세, 배후 구릉지 등) 주거지경관(건축미, 주거지 스카이라인 등)
사회자원	시설자원	공동생활시설, 기반시설, 공공편의시설 등 농업시설(공동창고, 공동작업장, 집하장 등)
	경제활동자원	도농교류활동(관광농원, 휴양단지, 민박 등) 특산물(유기농산물, 특산가공품 등)
	공동체활동자원	공동체 활동, 씨족 행사, 마을문화활동, 명절놀이, 홍보활동 등

이 외에도 건설교통부(2005)의 지속가능한 신도시 계획기준을 따르면 어메니티와 관련한 부분을 지속가능성의 개념으로 연결하여 사회문화적 지속가능성, 경제적 지속가능성, 환경적 지속가능성, 경관 계획, 재해 및 범죄예방 계획 등 5가지로 분류한 후 그 하위체계에 사회개발이나 기존지형 보존 최대화, 접근성 제고와 같은 세부 기준을 제시했다. 각각의 기준은 open space 확충, 도시기반시설 건설, 녹지자연도와 같은 더 자세한 요소들을 포함하고 있다(표 2-4).

[표 2-4] 지속가능한 신도시계획기준

사회문화적 지속가능성	사회개발	커뮤니티 시설
		도시기반 시설(교육, 공공, 문화, 사회복지 시설, 하수처리 시설, 쓰레기 처리 시설 등)
		오픈 스페이스 확충(1인당 공원면적은 최소 10㎡/인 이상)
	역사·문화적 지속성	역사·문화적 유산 보존
		문화활동 활성화
		문화경관 보존
경제적 지속성	자족시설용지	판매계, 업무계, 연구계유통계, 관광계
	홍수예방 등을 위한	우수유출억제시설 계획

	유수지 조성	담수능력 배양 및 지하수 함양
		다목적 조절지 계획
환경적 지속성	기존지형 보존 최대화	녹지자연도
		생태자연도
		경사도
	수변공간계획	접근성 제고 방안
		개방적 수변경관 조성 방안
		친수성 제고 방안
	접근성 제고	도시권역시설과 근린권역시설의 적정접근거리 설정
	대중교통체계 확립	보행자, 자전거전용도로 네트워크 구축
		차량속도 저감(교통정온화 기법)
		환경친화적 주차계획
		공동구 설치
	청정 환경조성	오폐수 처리
		대기질 영향 저감
		소음진동 영향 검토
		정온 환경조성
경관형성 및 관리를 위한 계획기준	경관보전	자연·생태경관, 역사·문화경관, 지역커뮤니티
	경관형성	조망경관, 스카이라인, 축경관, 랜드 마크
	경관관리	위해경관의 제거·차폐, 경관관리체계 구축
재해 및 범죄예방을 위한 계획기준		수해·화재·지진 등 발생 가능한 재해에 대비하기 위한 방재계획과 각종 범죄 유발가능성이 있는 환경요소를 제거

(2) 평가지표선정

기존 연구들에서 제시하고 있는 지표들을 토대로 본 지역 종합 환경정보 의사결정 시스템의 평가 지표들을 선정하였다. 건설 행위의 영향이 대상지의 환경적 건전성 측면에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수문 부문(유량, 수질), 생태계(식생), 토양(침식)을 선정하였으며, 쾌적성(Amenity) 측면에 대한 영향을 평가하기 위하여 시각 쾌적성(조망권, 스카이라인), 접근성(경제시설, 여가시설, 교통시설), 위험성(침수위험, 사면안정도)을 선정하였다.

2.2. 평가방법연구

(1) 지표평가모델

(가) 건전성(Soundness) 평가모델

① 수문(유량, 수질) - SWMM

▶ 개 요

- SWMM(Storm Water Management Model)은 주로 도시구역에서 단일호우나 연속호우사상으로 인해 발생하는 지표면 유출 및 지하수 흐름, 관로 시스템 내에서의 흐름을 모의하여 유출량 및 수질의 변화를 분석하는 모형이다.

- 1971년 EPA의 지원 하에 Metcalf & Eddy사가 University of Florida 및 Water Resource Engineers사와의 공동연구로 도시구역 하수시스템 내의 유량과 수질을 모의할 수 있도록 개발한 이후로 계속된 업그레이드를 통하여 2004년 10월 Windows 운영체제를 기반으로 한 SWMM 5.0까지 발표되었다.

- 기존에 도시유출해석에 주로 사용되어왔던 모형은 합리식, RRL 모형, ILLUDAS 모형 등이 있다. 합리식 모형은 구조가 간단하여 사용이 간편한 반면 기본적으로 침투유량만이 계산되고, RRL 모형은 우수관거에 연결된 직접연결 포장지역 만을 고려하여 유출수문곡선을 산정한다. 그리고 ILLUDAS 모형은 직접 및 간접연결 포장지역, 유출에 기여하는 포장지역 및 유출에 기여하지 못하는 비포장지역을 모두 고려하여 홍수량을 계산하지만 관로내 흐름을 등류로 가정하고 해석하며 관로 시스템내의 각종 수리구조물의 영향을 고려하지 못한다. 이에 비하여 SWMM 모형은 강우-유출 해석조건에 따라 Runoff 블록, Transport 블록, Extran 블록을 조합하여 부정류 해석을 실시함으로써 기존 모형에서 해석하지 못하였던 수리구조물로 인한 월류, 배수효과, 압력류, 지표면 저류 등의 수리현상 및 관로 내 수질변화 모의를 동시에 수행할 수 있도록 하였다.

▶ 이 론

- 기존에 MS-DOS를 기반으로 한 SWMM 4.xx Version의 구성은 5개의 실행블록들과 5개의 보조블록들로 구성되며, 이 중에서 사용자가 해석하고자 하는 목적에 따라 Runoff 블록, Transport 블록, Extran 블록의 3가지 유출해석 블록들을 서로 조합하여 입력자료를 구성한다. 예를 들면 Runoff 블록에서는 유역의 유출량 및 관로의 유입수문곡선과 오염도곡선을 계산하고, Transport 블록에서는 관로내 유량과 오염물질을 추적하며, Extran 블록에서는 관로내 수리구조물(낙차공, 맨홀, 오리피스, 펌프 등)로 인한 월류, 배수(背水) 계산 및 압력류 등의 수리현상을 모의한다.

▶ Runoff 블록

- 강우 및 융설로 인한 배수구역에서의 유출량을 계산하여 관로에서의 유량과 오염물질을 추적하고 주관거에서의 유입수문곡선과 오염도곡선을 산정한다.

- 지표면 유출의 기본 방정식

Runoff 블록에서는 지표면 유출량을 계산하기 위해 다음과 같은 연속방정식과 Manning방정식을 이용해서 비선형 저류방정식을 구성한다. 계산 방법은 각 연산구

간에서 Newton-Rhapson 방법을 이용하여 d_n 을 결정한 후, 순간유출량 Q 를 계산한다.

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{di}{dt} = A_s i - Q$$

$$Q = W \cdot \frac{1}{n} (d_n - d_p)^{5/3} S_0^{1/2}$$

여기서 V 는 물의 체적(m^3), d_n 은 수심(m), t 는 시간(sec), A_s 는 수표면 면적(m^2), i 는 초과 강우량(m/sec), Q 는 유출량(m^3/sec), W 는 유역폭(m), n 은 조도계수, d_p 는 지면저류깊이(m), S_0 는 유역평균경사(m/m)이다.

• 위의 식에서 유역폭(W)은 지표면의 물리적인 폭을 의미하며 SWMM에서는 유역의 형상을 개념화된 직사각형 유역으로 가정하여 계산을 실시한다. 그러나 실제 자연유역은 직사각형 형태로 표현되지 못하므로 다음과 같은 식을 이용해서 등가유역폭을 계산하여 자연유역을 등가의 직사각형 유역으로 변환하여 유출을 계산한다.

$$W = (2 - S_k) \cdot L, \quad S_k = \frac{(A_2 - A_1)}{A}$$

여기서 S_k 는 왜곡도계수(무차원), A_1 은 유역의 한쪽 면적(km^2), A_2 는 유역의 다른 한쪽면적(km^2), A 는 유역의 전체면적(km^2), L 은 주배수로의 길이(m), W 는 등가유역폭(m)이다.

그러나 유역폭은 소유역의 분할 및 합성, 주관로의 선택에 따라 변하게 되며 정확한 유출량 산정을 위한 적정 소유역의 분할면적도 또한 명확히 설정되어 있지 못하다. 따라서 사용자의 주관에 따라 동일 유역에 대하여 유역폭이 변할 수 있으며 유출계산결과에 직접적인 영향을 미치게 된다.

• 관로유출의 기본방정식

관로유출 또한 Newton-Rhapson 방법을 이용하여 다음과 같은 비선형 저류방정식으로부터 관로내 유량과 수심을 결정하게 된다.

$$\text{저류량} = \Delta V = \Delta t \cdot (Q_t + Q_w + Q_{gw} - Q)$$

$$\text{유출량} = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

여기서 Q 는 시간 t 에서의 유량(m^3/sec), Q_t 는 d_n 과 d_{n+1} 에서의 평균유량(m^3/sec), Q_w 는 측방유입량(m^3/sec), Q_{gw} 는 지하수유입량(m^3/sec), R 은 동수반경(m), A 는 관로내 흐름단면적(m^2), n 은 관로의 조도계수, S 는 관로의 경사이다.

► Transport 블록

- Runoff 블록에서 연산된 유입수문곡선을 바탕으로 하여 강우 및 건기시 하수관 거의 유량, 침식과 퇴적을 모의하고 오염도곡선을 이용하여 관로내 수질 변화를 모의하는 블록이다.
- 기본 방정식(Kinematic wave 방정식)

Transport 블록은 다음 식과 같이 Manning 방정식과 연속방정식의 차분형태로 나타내어진다. 여기서 관로경사 S는 마찰경사 S_f 와 같다고 가정되어지며 각 시간간격에서 흐름은 정상류로 간주한다.

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

여기서 S는 관로의 경사(= S_f), x는 관로 길이(m), t는 시간(sec), A는 흐름 단면적(m^2), Q는 관로내 유량(m^3/sec), n은 관로의 조도계수이다.

► Extran(Extended Transport) 블록

- Extran 블록은 기존의 도시유출모형에서 모의할 수 없었던 Loop형 관로, 웨어, 오리피스, 펌프의 설치 등으로 인한 관로내 수위 변화와 관로에서의 측방류 유입과 월류, 배수(背水)효과, 압력류 흐름에 의한 수리현상을 계산한다.
- Runoff 블록으로부터의 유입수문곡선을 입력자료로 활용하여 관로내 누수 및 측방류 유입까지 고려하여 관로 및 맨홀에서의 수위 및 유량을 산정한다.
- Extran 블록의 기본 방정식

기본방정식으로 다음 식과 같이 연속방정식과 1차원 점변 부정류 방정식인 Saint-Venant 방정식을 이용하며, 이 방정식을 풀기 위하여 수치해석방법으로 양해법을 사용함으로써 각 연산시간 간격에 대하여 Link와 Node에서의 유량 및 수위를 계산한다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

여기서 S_f 는 관로의 마찰경사(무차원), x는 관로 길이(m), t는 시간(sec), A는 흐름 단면적(m^2), Q는 관로내 유량(m^3/sec), n은 관로의 조도계수(무차원)이다.

▶ Link에서의 수리해석

• Link는 관로시스템 내에서 Node 사이를 연결하는 관로를 의미하며 수리특성치로서 조도계수, 단면적, 동수반경, 관로길이 등이 있으며, 여기서 관로길이는 수치해석시 해의 안정성을 위하여 등가길이로 변환하여 계산을 할 수 있다.

Transport 블록에서는 관로경사 S_f 가 관로내 마찰경사 S_f 와 동일하다는 가정 하에 계산을 실시하지만, Extran 블록에서는 Manning 공식을 변환한 다음과 같은 식을 이용하여 관로의 마찰경사를 계산한다.

$$S_f = \frac{k}{gAR^{4/3}} Q|V|$$

여기서 S_f 는 관로의 마찰경사(m/m), R 은 동수반경(m), k 는 g^2 , A 는 흐름 단면적(m^2), Q 는 관로내 유량(m^3/sec), V 는 관로내 유속(m/sec)이다.

위 식을 Saint-Venant 방정식에 대입하여 다음과 같은 운동량방정식을 Link에서의 기본방정식으로 이용한다.

여기서 중요한 독립변수는 각 연산구간 간격에서의 Link 내 유량(Q)이다.

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{R^{4/3}}|V|} \left[Q_t + 2\bar{V} \left[\frac{\Delta A}{\Delta t} \right]_t \Delta t + \bar{V}^2 \frac{A_2 - A_1}{L} \Delta t - g\bar{A} \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \right]$$

여기서 유속 $\bar{V}$ (m/sec), 동수반경 $\bar{R}$ (m), 흐름단면적 $\bar{A}$ (m^2)는 시간 t 일 때 Link 양단에서의 가중평균값이다.

▶ Node에서의 수리해석

• Node는 관로시스템 내에서의 맨홀이나 접합점을 의미하며 Link에서의 유량 Q 를 바탕으로 다음과 같은 연속방정식을 이용하여 Node에서의 수위 H 를 계산한다.

$$\frac{\delta H}{\delta t} = \frac{\sum Q_t \Delta t}{A_s}$$

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\sum Q_t \Delta t}{A_s}$$

여기서 H 는 수심(m), A_s 는 Node의 수표면적(m^2)이다.

위의 연속 방정식과 Link에서의 운동량방정식을 이용하여 각 연산시간구간 Δt 에서 Node의 수심과 Link에서의 유량을 Explicit 유한차분법을 이용하여 수치적으로

풀어나간다. Node에서 중요한 독립변수는 Node에서의 수위이다.

② 토양(침식) - USPED

▶ 개요 및 이론

USPED(Unit Stream Power-based Erosion Deposition) 모델은 Helena Mitasova와 Lubos Mitas에 의해 고안되었다. 이 모델은 transport capacity limited case를 초과하는 균일한 강우와 안정된 지표수(overland flow)의 흐름을 전제로 침식율과 퇴적율의 공간적인 분포를 예측하기 위해 고안된 간단한 모델이다(Mitasova et al., 1996). 이 모델의 이론적 배경을 간단히 소개하면 다음과 같다.

sediment flow rate $q_s(r)$ 는 퇴적물 운반능력 $T(r)$ 에 의해 가늠할 수 있는데 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$|q_s(r)| = T(r) = K_t(r) |q(r)|^m \sin b(r)^n$$

$r=(x,y)$, $b(r)[deg]$ 은 slope, $q(r)$ 은 water flow rate, $K_t(r)$ 은 토양과 지표피복에 의존하는 운송능계수(transportability coefficient)이다. m 과 n 은 흐름(flow)과 토양특성에 의존하는 상수로써 overland flow의 경우 대체로 $m=1.6$, $n=1.3$ 으로 세팅된다. 안정된 상태의 $q(r)$ 은 사면유역면적의 함수로 나타낼 수 있다. $i[m]$ 는 균일한 강우 강도를 나타낸다.

$$|q(r)| = A(r) I$$

균일한 토양과 지표피복의 특성을 가정한(K_t 는 상수) 순침식퇴적율은 다음과 같이 퇴적류(sediment flow)의 발산(divergence)로 계산할 수 있다.

$$ED(r) = \text{div } q(r) = K_t \{ [\text{grad } h(r)] \cdot s(r) \sin b(r) - h(r) [k_p(r) + k_t(r)] \}$$

$s(r)$ 은 가장 경사도가 큰 방향에서의 단위벡터, $h(r)$ 은 사면유역면적($A(r)$)으로 계산된 수심, $k_p(r)$ 은 가장 경사도가 큰 방향의 terrain curvature를 각기 나타낸다. 실습에서는 본 모델은 rill erosion과 sheet erosion을 가정한 토양침식과 퇴적의 공간적 분포를 각기 예측할 수 있도록 고안되었다.

③ 생태계(식생) - FRAGSTATS

▶ 경관지수

경관지수는 생태계의 구조와 기능 그리고 그 변화양상을 정량적으로 평가하기 위한 것으로 절대적인 값이 아니라 대상 경관 내의 상대적인 값을 의미한다. 경관 지수는 산림의 모양과 같이 생태계 구성요소 혹은 1차 생산과정과 같은 생태계 과정

의 측정치가 될 수 있고, 모형화된 교정을 통해 종합적인 상태를 이해하기 위한 측정치로 해석할 수 있다(허성구외, 2007).

경관지수는 경관생태학에서 출발하는데, 경관생태학은 1939년 독일의 Troll이라는 학자에 의해서 처음으로 “경관생태학”이라는 용어가 만들어졌다. 점차 생물서식지가 파괴되고 고립되는 등 생태계의 건전성이 위협받는 상황에서 생태계의 구조와 기능을 평가할 필요가 제기됨에 따라 이를 수치화할 수 있는 경관지수 식들이 개발되었다.

경관생태학에서의 경관(Landscape)은 복수의 특정생태계와 토지이용이 반복되는 수 킬로미터에 걸친 모자이크로, 기존의 생태학이 동질적 공간단위 안에서 일어나는 생태계의 수직적 관계에 대해 연구해왔던 경향과는 다르게 단일생태계보다 더 큰 공간적 단위를 설정하고 복수의 생태계 사이의 생태적 현상을 수평적으로 연구한다(조용현, 2000).

경관생태학에서는 경관의 구조, 기능, 변화의 개념을 주요하게 다룬다. 구조는 경관요소들의 공간적 패턴이라고 할 수 있는 생태계의 크기, 형태, 수, 종류, 배치 등을 의미하는데, 생태계내의 에너지와 물질의 흐름, 다양한 생물 종의 공간적 분포를 결정하는 생태계 또는 그 요소 사이의 공간적 관계를 나타낸다. 기능은 공간적 요소들 사이의 상호작용, 즉, 물질과 에너지의 흐름, 동식물의 이동 등을 의미한다. 변화는 시간에 따라서 구조와 기능이 어떻게 달라지는 가를 가리킨다.

경관 지수는 크게 패치(patch), 통로(corridor), 모자이크(mosaic)의 3가지 부분으로 이루어져 있는데, 패치는 섬과 같은 형태의 동식물 서식처를 가리키고, 통로는 선형적 특성을 갖는 요소, 모자이크는 상호작용하는 패치들이 모여 있는 전체를 의미한다.

▶ 경관지수의 평가

경관지수는 기존의 토지피복도 및 생태자연도 등 환경지리정보자료를 이용하여 FRAGSTATS라는 프로그램으로 분석 가능하다. 이 프로그램은 McGarigal and Marks(1995)가 개발한 경관 구조 해석프로그램으로, 경관구조에 관한 많은 지표산출과 지표의 해석으로부터 경관의 정량적 평가가 가능하다. 격자(Raster) 형태의 입력 자료에 대하여 패치(Patch), 클래스(Class), 경관(Landscape) 별로 40개 이상의 경관지수를 계산할 수 있는 프로그램이다. 현재 이 프로그램은 University of Massachusetts Amherst의 경관생태프로그램(Landscape Ecology Program)에서 제공되고 있다. 그 밖에도 대표적인 지리정보프로그램인 Arcview나 Arcgis의 익스텐션(extension)에서도 패치분석 기능을 제공하고 있다.

여기에서 패치(Patch)는 같은 셀값을 같이 인접한 Raster Cell의 그룹으로 경관을 구성하는 최소 공간단위를 의미하며, 계급(Class)은 공동의 셀 값을 갖는 패치의 집합으로 패치의 다양한 속성 중 선택된 일정 속성이 동일한 패치들의 집단을 가리킨다. 경관(Landscape)은 패치와 계급을 포괄하는 전체라고 할 수 있다. 연구의 목적

에 따라 몇 개의 경관지수를 이용하여 대상지역 생태계의 구조 및 기능, 그리고 그 변화 양상을 평가할 수 있다.

조용현(2000)은 용인시를 대상으로 하여 토지피복분류 자료를 이용하여 다양한 경관지수를 산출하고, 이들 지수의 시·공간적 변화를 살펴보았다. 다양한 지수를 모두 산출하여, 이들 지수 중에서 유의미한 의미를 가지는 값들을 살펴봄으로써 생태계의 현황을 해석하고 평가하는 지표로서 경관지수의 활용가능성을 검토하고자 하였다.

그 결과, 시간적 변화가 가장 큰 계급지수는 계급면적, 패치의 수, 최대 패치지수, 평균패치크기, 전체 핵심지 면적, 경관대비 핵심지 백분율, 패치 핵심지 표준편차, 패치 크기 표준편차 등이었다. 또한 시간적 변화가 가장 큰 경관지수로는 패치의 수, 최대 패치지수, 패치 밀도, 평균 패치규모, 총 핵심지 면적, 총 핵심지 수, 핵심지 밀도, 패치당 평균 핵심지 면적, 분리 핵심지 당 평균 면적, 패치 핵심지 면적 표준편차, 패치 규모 표준편차, 세년 다양성 지수, 심프슨 다양성 지수, 변형 심프슨 다양성 지수, 세년 균제도 지수, 심프슨 균제도 지수, 변형심프슨 균제도 지수 등이 있다. 이러한 결과를 통해서, 전반적으로 계급별 지수는 경관구조의 정량적 특성을 잘 보여주고 있으며, 시간적 변화 역시 동태적으로 잘 보여주고 있다고 판단하였다.

황국웅과 박소윤(2003)은 지속가능한 토지이용 및 관리를 위하여 활용할 수 있는 생태계 정보를 추출하기 위하여 경관생태학적 방법에 의한 경관지수를 이용하여 생태계 평가를 하고 기존에 많이 이용되던 식생의 활력도 및 건강성을 평가하는 정규식생지수(NDVI)값과 비교하여 이의 활용가능성을 검토하였다. 경관지수는 ① 면적지수(area metrics), ② 패치 밀도 및 크기 지수(patch density and size metrics), ③ 가장자리 지수(edge metrics), ④ 형태지수(shape metrics), ⑤ 다양성 및 산재성 지수(diversity and interspersions metrics), ⑥ 핵심지역 지수(core area metrics)로 분류하고 있는데, 이들의 하위 평가 지수인 다음의 9개 지수를 사용하였다[표 2-5]. 연구 결과, 정규식생지수(NDVI)와의 상관성이 나타나지만, 기존의 경관지수가 더욱 다양한 측면에서의 생태적 건전성을 평가하는데 유의미한 것으로 나타났다.

[표 2-5] 황국웅과 박소윤(2003)의 연구에서 사용된 경관지수

선택된 경관지수	설명
클래스 면적 비율(CA)	전체 토지 면적에서 어떤 토지 피복이 차지하는 면적 비
패치 수(NP)	패치의 개수로 산림의 파편화 정도를 나타냄
평균 패치 크기(MPS)	패치 크기의 평균으로 패치의 위축정도를 나타냄
평균형태지수(MSI)	패치 모양의 복잡성을 기준으로 경관의 형태를 정량화한 것으로
경관형태지수(LSI)	생물종의 다양성과 관련됨
평균근접거리(MNN)	같은 종류의 패치간의 근접도를 알아보는 수치
전체 핵심지역면적(TCA)	생물종이 외부로부터 보호될 수 있는 임계 면적을 의미
평균 핵심지역면적(MCA)	생물종의 다양성과 건강성을 평가하는 지표
가장자리 밀도(ED)	가장자리의 전체길이를 토지면적으로 나눈값으로 생태적 잠재성 평가

정종철(1999)은 위성영상으로 추출한 정규식생지수(NDVI)를 입력 자료로 하여, 이로부터 산림의 파편화 정도를 평가하였다. 그가 이용한 지수는 경계길이 대 면적(P/A, perimeter : area), 형태지수(shape Index, SI), 프렉탈 디멘존(D)이다. 그 결과를 통해, 프렉탈 디멘존이 식생파편화의 구분에 가장 효과적이었음을 확인하였다. 프렉탈 디멘존은 다음과 같은 식을 통해서 산출될 수 있다.

$$D = \log A / \log (P/4), \quad P: \text{Patch perimeter}, \quad A: \text{area}$$

허성구 외(2006)에서는 도암댐의 유역의 산림 파편화를 정량적으로 평가하여, 유역내의 산림 파편화 정도가 상대적으로 큰 소유역의 산림파편화와 토지이용변화가 유역내 수문 및 유사발생에 어떠한 영향을 가져오는지를 평가하였다. 여기에서 산림 파편화를 수치화하기 위해 이용된 경관지수는 다음과 같다[표 2-6].

[표 2-6] 허성구 외(2006)의 연구에서 이용된 경관지수

범주	지수	설명	단위
Area Density Edge	LPI	경관 최대패치 면적 비율	%
	NUMP	패치 수	-
	TE	총 가장자리(길이)	m
	PD	패치밀도	number/100ha
	ED	가장자리 밀도	m/ha
Patch Shape	LSI	경관형태지수	-
	PLAND	경관면적비율	%
Core Area	CPLAND	경관에서의 핵심지역의 면적을	%
	DCAD	분리된 핵심구역 밀도	number/100ha
	NDCA	분리된 핵심구역 수	-
	TCA	전체 핵심지역 면적	ha

정성관 외(2003)는 도시림의 효율적 관리를 위하여 경관구조의 특성 및 토지 이용 변화를 파악하고 경관구조에 있어 산림 패치에 대한 경관지수를 이용한 시계열적인 산림경관 구조를 분석하였다. 이 연구에서는 총 6개의 경관지수를 사용하였다.

[표 2-7] 정성관 외(2003)의 연구에서 이용된 경관지수

범주	지수	설명	단위
Area Density Edge	NP	패치의 수	-
	PD	패치 밀도	number/100ha
	MPS	평균 패치 크기	ha
	LPI	경관 최대패치 면적 비율	%
Shape	AWMSI	면적에 가중치를 둔 평균 형태 지수	-
Core area	TCAI	총 핵심면적 지수	%

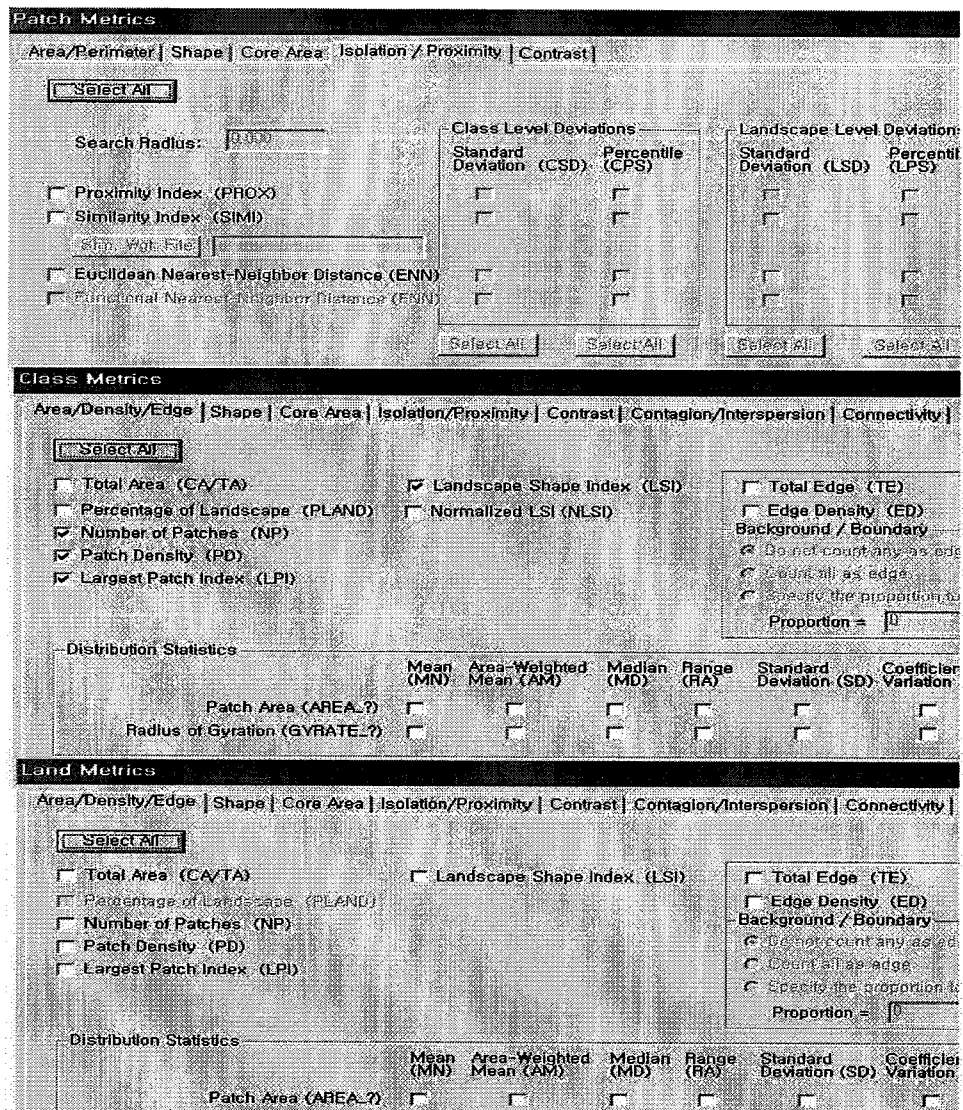
손학기 외(2000)는 생태계 분석모형에 관한 선행연구를 토대로 경관수준에서 생태계 평가모형을 구축하였으며, 그 공간적 단위를 하천유역으로 하였다. 그리고 용인시를 대상으로 생태계 평가를 시계열적으로 평가하였다. 이 연구의 목적은 서식지의 축소와 단편화 위험성 및 종다양성 측면에서의 가치를 평가하는 것이다. 이를 위해 산림면적비율, 산림파편화, 패치 내부 면적비, 최대 패치 지수, 주변부 면적비율, 패치 평균인접도, 패치 형태지수를 측정하였다.

FRAGSTATS에서 제공하는 경관지수는 아주 다양하지만, 이들 값을 모두 해석하기는 어렵다. 기존의 다양한 경관지수와 관련된 연구들 역시 자신의 연구 목적에

맞게 몇 개의 경관지수를 이용해왔다. 공통적으로 많이 이용하고 있는 지수를 다음과 같이 정리할 수 있다[표 8]. 패치와 관련된 경관지수를 통해서는 파편화(fragmentation) 및 고립화(isolation) 정도를, 경관 형태지수를 통해서는 생태계 다양성을 파악할 수 있으며, 핵심면적 지수를 통해서는 생물종의 다양성과 건강성을 평가할 수 있다.

[표 2-8] 경관지수

범주	설명	설명
Area Density Edge	패치의 수	파편화 및 고립화
	패치 밀도	
	평균 패치 크기	
	경관 최대패치 면적 비율	
	가장자리 밀도	
Shape	경관 형태지수	생태계 다양성
Core area	핵심면적 지수	생물종의 다양성과 건강성



[그림 2-1] FRAGSTATS에서 산출가능한 다양한 경관지수들
(patch/class/landscape metrics)

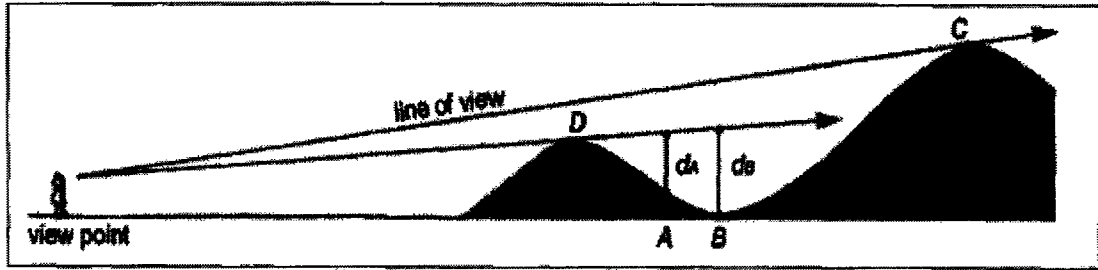
(나) 쾌적성(Amenity) 평가모델

① 시각 쾌적성

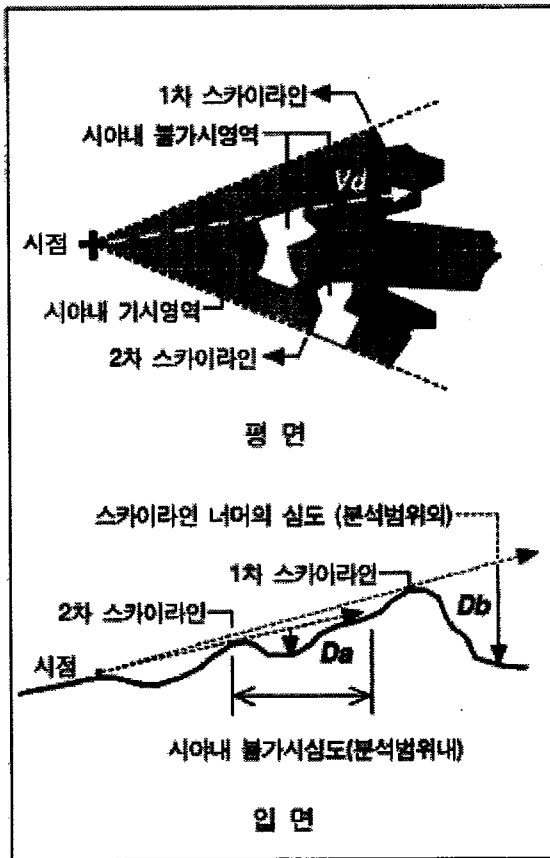
▶ 스카이라인

스카이라인은 일정 경관을 조망할 때 지상의 지형지물과 하늘의 경계선으로 정의 되는데 지형 기복 및 차폐 관련 속성에 의해 스카이라인이 형성된다는 점에서 보면 가시영역이 불가시 영역을 어떻게 감추고 있는가로 말할 수 있다. 또한 불가시심도는 불가시 영역의 특정 지점이 보이지 않는 정도를 깊이로 나타낸 개념(최기만 외, 1997)으로 스카이라인의 반대되는 개념으로 볼 수 있다.

조동범(2001)은 매쉬 단위로 기복을 표현하는 수치지형자료를 기반으로 점 대응 방식의 가시, 불가시 판단법을 응용하여 스카이라인 추출 알고리즘을 구축하고자



[그림 2-2] 스카이라인과 불가시심도(조동범, 2001)



하였다.

스카이라인을 수치지형 자료에 적용하기 위한 방법으로 투시모드에서 가시 매쉬 집합을 추출하고 가시 매쉬들에 대해 가상의 탐색시선에 걸리는 매쉬를 검출한 후, 그 중에서 시거리가 가장 먼 매쉬를 스카이라인에 해당되는 매쉬로 해석하였다. 스카이라인의 연속성과 단절도는 스카이라인에 해당되는 매쉬들이 서로 인접, 연결되어 있는 정도에 의해 판단되는 지표이다. 이러한 스카이라인을 선요소로 가시화하기 위해 시점과 스카이라인 매쉬 중앙을 잇는 시선 수평각에 따라 좌우 일련적으로 연결시켰다.

불가시심도는 시야내의 가시매쉬에 의해 감춰진 불가시 매쉬 지면과 그 위를 지나가는 시선 벡터간의 높이 차로 정의된다. 스카이라인 너머의 불가시 매쉬는 시점으로부터 멀어질수록 급격하게 심도가 깊어지며 그 배후 공간은 모두 보이

지 않게 된다. 따라서 1차 스카이라인과 시점 사이의 불가시 영역으로 한정할 수 있다. 경관 평가에 있어 불가시심도 지표는 지형상의 수직요소(수직구조물, 고층건물)가 지형 기복 내에 입지할 때 지형 속에 얼마나 숨겨지는가의 예측을 가능하게 한다. 수치지형에서의 정량화 방법은 스카이라인의 차폐나 단절 등을 파악함으로써 visual amenity를 감소시키는 원인을 사전에 인지하는데 도움을 줄 수 있다.

▶ 조망권

조망권(right of prospect)은 아름다운 자연적·역사적 혹은 문화적 풍물, 즉 경관을 조망하여 미적 만족감이나 정신적 휴식을 향유할 수 있는 조망적 이익 내지 환

경적 이익을 말한다. 이러한 조망권의 범위는 건물의 창에서 밖을 내다보았을 때 보이는 경관 가운데 녹지·대지·하늘이 차지하는 비율을 분석해 백분율로 표시한다. 수평, 수직 시야의 범위 안에서 외부 공간을 얼마나 조망할 수 있는가에 따라 주거환경, 건물 가격 등이 달라질 수 있기 때문에 분쟁도 자주 일어난다. 일반적으로 조망권은 건물 창문이나 베란다 등에서 밖의 경관을 볼 수 있는 권리이다. 이와 같이 신축되는 건물의 조망은 시야 중심을 기준으로 좌우 및 위쪽으로 27°의 범위 내에서 마주보는 건물 밖의 외부공간의 조망이 확보되어야 폐쇄감 혹은 압박감이 현저히 감소한다고 할 수 있어 이러한 범위에서의 조망확보를 필요로 하고 있다.

조망권 침해와 관련하여 그 침해가 위법성의 판단기준인 ‘수인한도 즉 참을 수 있는 정도’를 넘었는지가 문제가 되는데, 하급심 판결례 중에는 조망은 마주하는 건물을 피하여 경관을 바라볼 수 있는 상태를 말한다고 하면서 피해 건물 거실중앙, 거실 앞 및 안방의 조망 중 적어도 1곳 이상이 100% 가려지는 세대의 경우 수인한도는 넘는 것으로 본 예가 있다. 또한 눈을 움직이지 않는 상태에서 시야가 다른 건물에 의해 가려지는 비율을 조망률이라고 하고 그 조망률이 40% 이상인 경우에는 수인한도 내에 있다고 본 판결사례도 있다.

기본적인 조망권 산정을 위한 기준 공간은 일조권 기준인 남측 거실과 동일시 하여 평가하기도 하는데(전성원, 2005), 바닥면에서 1.5m를 기준으로 좌우상하 30°의 시야각 확보를 법적 기준으로 제시하고 있다 따라서 조망권의 확보여부는 전체 조망권 면적과 침해부분의 비율로 산출할 수 있다.

$$\text{조망권침해율} = \frac{\text{침해면적}}{\text{조망면적}} \times 100(\%)$$

② 접근성

▶ 김황배·김시곤(2006)

도시계획분야에서 접근성은 이용자들이 도시시설을 이용하는데 얼마나 쉽게 접근할 수 있고 얼마나 많은 이용기회를 제공 받을 수 있는가를 판단하는 기준이 된다. 도시시설의 입지기준으로 이용하는 공간적 형평성과 공간적 효율성은 접근성에 의해 산정될 수 있다. 여기서 공간적 형평성은 이용자 중에서 주요 도시시설을 이용하는데 따른 불편을 줄일 수 있도록 이용자의 거주지와 주요 도시시설 간의 최대통행거리를 최소화하는 지점을 찾는 데 이용되는 지표이다.

$$\text{Min } Q(z) = \text{Max} \sum W_i \times \|U_i - Z\|^2$$

여기서 W_i 는 지역별 시설 이용자 수, U_i 는 지역, Z_i 는 시설입지 후보점을 나타낸다.

공간적 효율성은 이용자의 거주지와 도시 공공시설간의 총통행거리의 합을 최소화하는 지점을 찾는 데 이용되는 지표이며 두 가지 형태로 수식화할 수 있다.

- 이용자 총통행인 · km 최소입지모형은 이용자들의 총통행인 · km의 총합이 최소가 되는 지점을 최적입지 후보점으로 탐색하는 모형이다.

$$\text{Min } Q(z) = \sum W_i \times \|U_i - Z\|^2$$

여기서 W_i 는 지역별 시설이용자 수, U_i 는 지역, Z 는 시설입지 후보점을 나타낸다.

- 접근거리 최소입지모형은 공간상의 거리를 기준으로 접근성을 판단하는데 비해 이용자 총통행인 · 시간 최소입지모형은 이용자들의 총 접근시간의 합이 최소가 되는 지점을 최적입지 후보점으로 탐색하는 모형이다.

$$\text{Min } Q(z) = \sum W_i \times D(u_i, z)$$

W_i 는 지역별 시설 이용자 수, $D(u_i, z)$ 는 교통망의 접근시간을 나타낸다.

▶ 최막중 · 김상균(2002)

최막중 · 김상균(2002)은 공원 · 녹지 · 오픈 스페이스 등 주변환경의 쾌적성에 따른 주거입지 잠재력 또는 이에 대응하는 녹지 접근성에 대한 계량화를 제안했다.

$$K_i = \sum_k K_{ik} = \sum_k K(L_k, d_{ik}) = \sum_k L_k \cdot d_{ik}^{-\alpha_k}$$

주거지 I로부터 d_{ik} 의 거리에 L_k 규모(면적)의 녹지 $k=1, \dots, J$ 이 위치하고 있으므로 해서 주거지 I가 지니는 총체적인 주거입지 잠재력 K_i (녹지접근잠재력)가 위의 식과 같이 정의될 수 있다. K_i 역시 L_k 가 클수록, d_{ik} 가 가까울수록, 즉 보다 큰 규모의 녹지가 보다 가까운 거리에 많이 분포하고 있을수록 커지게 된다. 이 때 파라미터 α_k 는 녹지접근 거리에 따른 저항계수를 나타낸다.

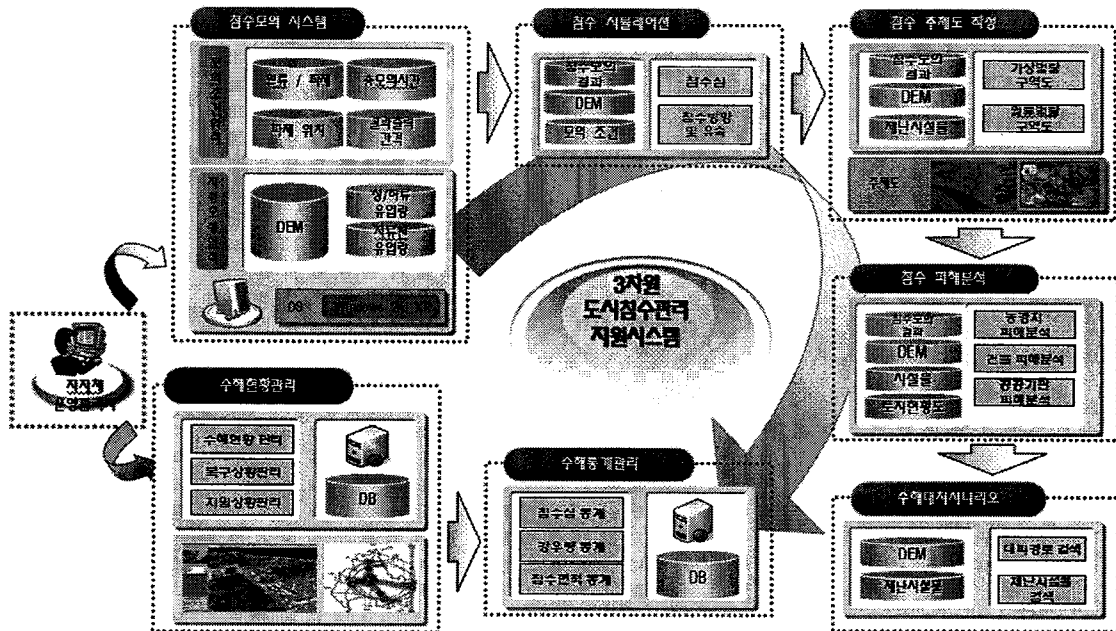
③ 위험성(침수위험, 사면안정도)

▶ 침수위험(도시침수관리 지원시스템-한국공간정보통신)

- 개요

3차원 도시침수 관리시스템은 수리분석을 위한 침수모형을 입력하여 3차원 기반

침수분석과 예측을 수행하며, 이에 따른 피해정도를 산출하고 상황별로 활용가능한 주제도 작성을 가능하도록 구성한다. 침수피해가 발생하면 신속하게 대처 할 수 있도록 시스템상에서 피해상황을 등록 관리하고 대상별 복구 및 지원 현황을 모니터링 할 수 있도록 구성한다.



• 특징

3차원 도시침수 관리시스템은 침수예측 및 사후관리를 주 목적으로 파제지점 및 침수 시나리오를 선택하면 입력된 의사결정조건에 따라 3차원 GIS 모델링을 수행한다. 또한 모델링에 의해 도출된 시간별, 권역별 시뮬레이션 결과는 침수 예측, 대처 방안으로 활용되며, 객관적인 도시침수 분석 보고서를 제공함에 따라 기존 관련 업무 과정을 극대화한다.

• 구성

『3차원 국토공간정보 활용시스템 개발사업』의 하드웨어는 도시침수 Web서버 및 DB서버로 구성한다. 소프트웨어는 운영체제로 Windows를 사용하며, 웹서비스를 및 웹 3차원 GIS엔진을 사용한다.

3차원 도시침수 관리시스템의 기능구성은 침수에 관련된 분석 및 통계정보를 효과적으로 제공하여 새로운 분석결과를 제시하고 침수에 대한 시뮬레이션을 통하여 피해예상지역을 선정하여 대비하고 각각의 성과를 체계적으로 관리할 수 있는 기능을 제공한다. 아울러 발생된 침수에 신속한 복구 및 지원 전략에 도움을 주고 대처 방안을 세우는 것을 목표로 하고 있다.

▶ 사면안정도 - SINMAP

- 개요

SINMAP(Stability Index MAPping)도 앞의 SHALSTAB모델과 마찬가지로 GIS 소프트웨어를 이용하여 유역스케일에서 사태의 잠재성을 평가하는 모델이다(Pack et al., 1998). 이론적으로 무한사면안정모델을 기초하여, DEM을 이용하여 잠재적 토양수분상태와 사면경사도를 산출하고 있다. 모델이 포함하고 있는 파라미터는 토양의 내부마찰각과 투과율, 뿌리응집력(root cohesion), 수분함양(water recharge) 등이다. 아울러 수집된 현장자료를 이용한 파라미터의 보정을 통해 낮은 사면안정 지수를 보이는 지점이 사태가 발생한 지점과 일치하도록 할 수 있다. 모델의 분석 결과 얻어지는 사면안정지수(stability indices)는 사태발생의 가능성을 정확하게 산술적으로 나타낸 것이 아니라 상대적인 위험의 정도로 해석하는 것이 적절하다.

- 이론적 기초

SINMAP은 앞의 SHALSTAB과 유사하게 무한사면안정모델(infinite slope stability model)과 지형습윤지수(topographic wetness index)을 기초로 하고 있다. 지형관련 파라미터들은 DEM으로부터 자동적으로 계산되며, 이외의 다른 파라미터들은 불확실한 것으로 가정되고, 그것들이 취하는 범위에 기초하여 상한과 하한으로 특정된다. 모델에서 사용되는 파라미터의 범위에서 가장 불안정한 한계치임에도 안정의 결과를 가져오면, 안정지수는 그 지점에서 안정율(the factor of safety)로 정의된다. 이런 조건은 지수값이 1보다 큰 지수값을 산출한다. 만약 지수가 1보다 작으면 다른 의미를 갖게 되는데, 한 지점이 파라미터들의 주어진 확률분포에서 안정적일 확률로 정의된다. 이때 지수는 0(most unstable)과 1(most stable)사이의 값을 갖는다. 사면안정도의 맵핑은 부족한 자료에 기초하여 브로드한 클래스가 정의될 필요가 있다. 다음의 표는 안정도 클래스를 정의한 것이다.

[표 2-9] 안정도 클래스 정의

Condition	Class	Predicted State	Parameter Range	Possible Influence of Factors Not Modeled
SI > 1.5	1	Stable slope zone	Range cannot model instability	Significant destabilizing factors are required for instability
1.5 > SI > 1.25	2	Moderately stable zone	Range cannot model instability	Moderate destabilizing factors are required for instability
1.25 > SI > 1.0	3	Quasi-stable slope zone	Range cannot model instability	Minor destabilizing factors could lead to instability
1.0 > SI > 0.5	4	Lower threshold slope zone	Pessimistic half of range required for instability	Destabilizing factors are not required for instability
0.5 > SI > 0.0	5	Upper threshold slope zone	Optimistic half of range required for stability	Stabilizing factors may be responsible for stability
0.0 > SI	6	Defended slope zone	Range cannot model stability	Stabilizing factors are required for stability

(Pack, 2001에서 인용)

- 사면안정도 정의(Stability Index Definition)

이 모델은 안정도지수를 정의하기 위해 다음의 식을 사용하고 있다.

$$FS = \frac{C + \cos \theta \left[1 - \min \left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] \tan \phi}{\sin \theta}$$

a: specific catchment area, q: slope, C: cohesion of the soil and tree root strength, tanφ: soil friction angle, r: water/soil density ratio, R/T: water recharge/soil transmissivity.

4개의 파라미터들(C, tanφ, r, R/T)은 모델에 직접 입력하는데, r 값은 상수(0.5)로 처리하고, 다른 세 개의 파라미터들은 상한과 하한을 특정함으로써 불확실성을 고려하고 있다.

R/T=x, tanφ=t 로, 상한과 하한을 가진 균일분포를 $C \sim U(c_1, c_2)$, $x \sim U(x_1, x_2)$, $t \sim U(t_1, t_2)$ 로 표시할 경우, 최소 C와 t(i.e. c_1 and t_1) 최대 x(i.e. x_2)의 결합은 가장 최악의 시나리오이다. 이런 최악의 조건을 가진 시나리오에서 이 모델의 FS(안정율)값이 1보다 큰 지점은 무조건 안정이고 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$SI = FS_{\min} = \frac{C_1 + \cos \theta \left[1 - \min \left(x_2 \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] t_1}{\sin \theta}$$

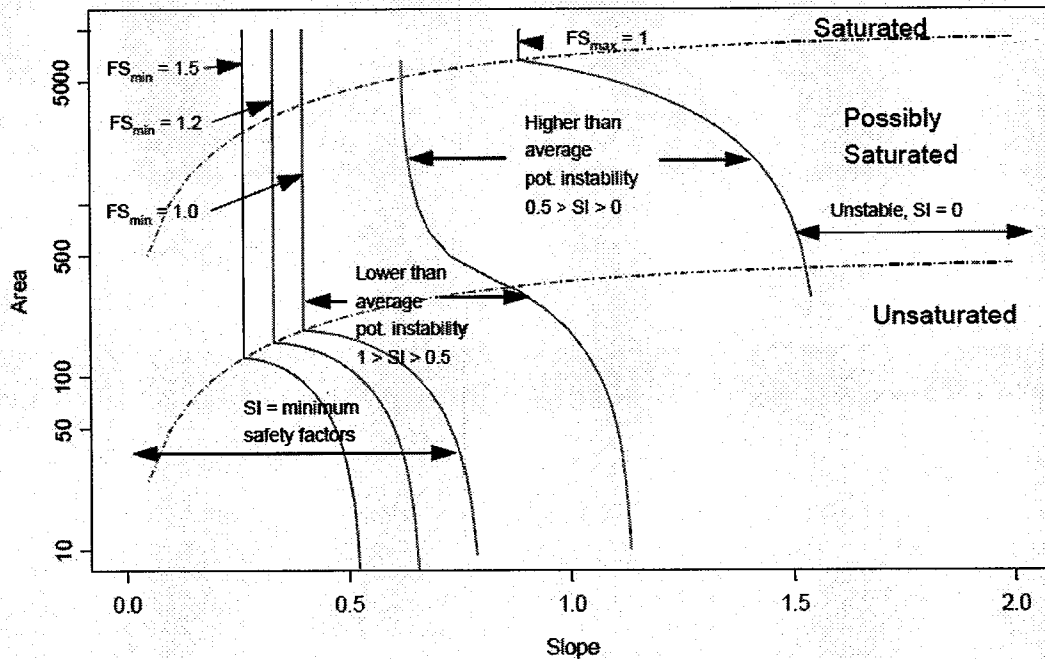
최소안정율($FS_{\min}$)이 1보다 작은 지역은 사태발생의 가능성이 있다. 이런 지역은 다음과 같이 정의하였다. $SI = \text{Prob}(FS > 1)$

가장 최선의 시나리오는 $C=C_2$, $x=x_1$, $t=t_2$ 일 경우로써 다음 식으로 정의된다.

$$FS_{\max} = \frac{C_2 + \cos \theta \left[1 - \min \left(x_1 \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] t_2}{\sin \theta}$$

가장 최선의 조건에서도 FS(사면안정율)값이 1보다 작으면 무조건 불안정지역으로 다음과 같이 나타낸다. $SI = \text{Prob}(FS > 1) = 0$

$SI > 1$ ($FS_{\min} > 1$), $0 < SI < 1$ 그리고 $SI = 0$ ($FS_{\max} < 1$)을 가진 각 영역들이 경사도와 사면유역면적의 관계를 나타낸 그림에서 설명되어 있다.

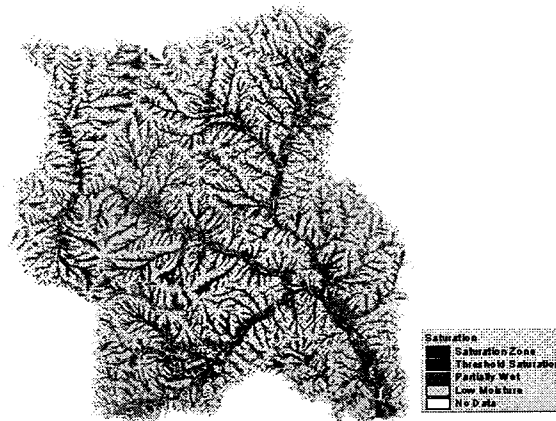


[그림 2-3] 사면유역면적과 경사도 관계의 공간에서 정의된 사면안정지수(SI)

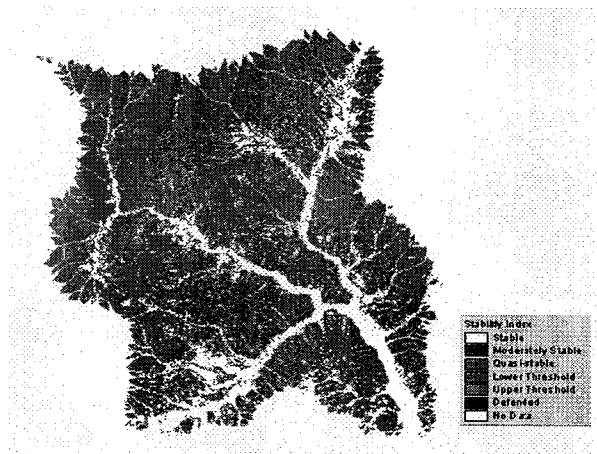
- SINMAP 모델의 적용

사면경사도와 사면유역면적(contributing area)의 계산과정은 SHALSTAB와 동일하고, 다음 단계에서 습윤지수(wetness index)지도와 안정지수(SI)지도가 생성되는 점이 차이가 있다. 앞서 이론적 기초에서 설명한 바와 같이 파라미터(C , $\tan\phi$, R/T)입력시 상한값과 하한값을 입력하도록 되어 있다. 오대천의 소유역분수계를 대상으로 모델을 적용함에 있어,

soil density는 SHALSTAB과 동일하게 1700kg/m^3 을 주었고, C 는 $0\sim 0.25$, $\tan\phi$ 은 $30\sim 45$, R/T 는 $2000\sim 3000$ 을 각기 부여하였다. 이 모델 역시 사태의 현장자료를 이용하여 정확도를 테스트하고 보정할 수 있는 기능을 가지고 있으나, 현장자료를 구할 수 없어 정확도 평가는 생략하였다. 모델을 적용한 결과는 다음과 같다.



[그림 2-4] Saturation map



[그림 2-5] 사면안정지수(Stability Index)

사면안정지수(SI)의 각 클래스별 면적은 다음과 같다.

[표 2-10] 안정지수(SI) 클래스별 면적분포

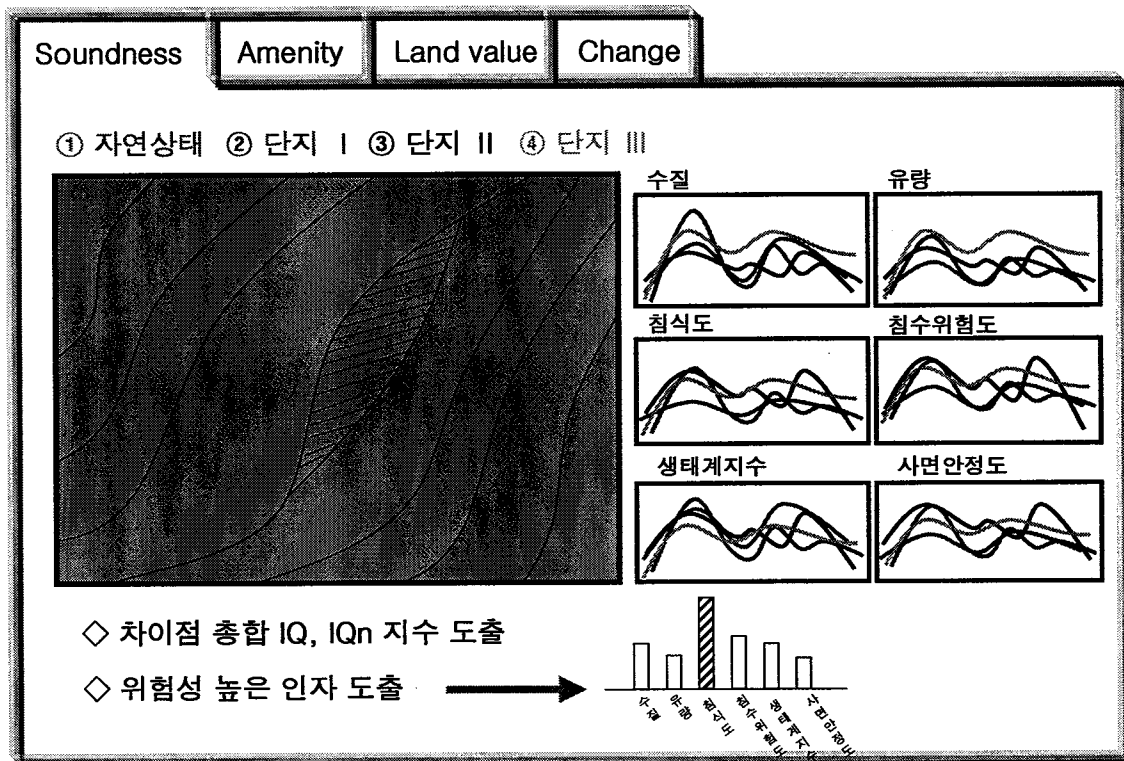
Defended	Upper Threshold	Lower Threshold	Quasi-stable	Moderately stable	Stable	No Data
0.1	3.1	41.8	17.2	12.3	25.5	.

2.3 연구결과고찰 및 앞으로의 과제

건설 행위가 대상지에 미치는 영향과, 그 결과 기존 환경에 발생할 수 있는 변화를 예측하기 위해서는 시나리오에 기반하여 건설 행위 전, 후의 상황을 비교해 볼 수 있어야 한다. 그러기 위해서는 평가 지표의 선정과 그 지표들의 값을 추출할 수 있는 모델이 선정되어야 한다. 본 연구에서는 평가 지표들을 건전성(Soundness)과 쾌적성(Amenity) 두 부분으로 나누었으며 건전성에는 수문(유량, 수질), 토양(침식), 생태계(식생)을 포함시켰고 쾌적성에는 시각쾌적성(조망권, 스카이라인), 접근성(경제시설, 여가시설, 교통시설), 위험성(침수위험, 사면안정도)을 포함시켰다.

각각을 평가하기 위한 모델로는 다음과 같이 선정하였다. 우선 수문부문은 SWMM을 통해 평가하고자 하며, 토양부문은 USPED를 이용하고자 한다. 생태계(식생)부문은 FRAGSTATS를 통해 평가하고자 한다. 쾌적성 측면에서 시각쾌적성의 각각의 요소들은 문헌에 기반하여 GIS를 통한 평가를 수행하고자 하며 접근성 부문은 김황배·김시곤(2006)의 논문을 참고하여 평가할 것이다. 위험성 부문에서 침수위험은 공간정보통신의 모델을 이용해서 평가를 수행하고자 하며 사면안정도는 SINMAP을 이용하고자 한다.

앞으로의 연구에서는 각각의 방법론을 통해 추출된 값의 통합방법, 또는 선정된 모델들 간의 통합방법에 대한 논의가 이루어져야 한다. 본 연구가 지역 종합 환경 정보 의사결정 시스템 구축을 목표로 하고 있으므로, 대상지 환경에 대한 종합적 정보를 추출하기 위한 방법론의 마련이 필요하다. [그림 2-6]에 지역 종합 환경정보 의사결정 시스템에 대해 제안하였다.



[그림 2-6] 지역 종합 환경정보 의사결정 시스템

개개의 화면은 건전성, 어메니티를 평가하는 요소들의 경향을 보여주는 그래프들을 포함하고 있다. 또한 평가 요소들은 건설 행위 이전, 즉 자연 상태에서 경향성, 단지 건설 시나리오에 따른 건설 이후의 경향성들을 파악하고 비교할 수 있도록 하나의 화면에 중첩하여 나타내고 있다. 이를 통하여 자연 상태에서의 상황과 개개의 시나리오에 따른 상황의 차이를 비교한 IQ, IQn 지수를 도출함으로써, 어떠한 건설 시나리오가 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있을지를 평가할 수 있다. 또한 시나리오에 따라 건설이 진행되었을 때, 특히 어떠한 위험성이 나타날 수 있는지에 대해서 예측할 수 있는 기반을 제공해줄 수 있다.

3. 생태가치 정량화기법 개발

3.1 이론적 배경

(1) 조건부가치측정법(CVM, Contingent Valuation Method)

- 시장의 행위에 반영되지 않는 환경재의 비사용가치에 대하여 설문조사를 통하여 그 해당가치의 지불의사액(WTP, Willing to Pay)을 측정하는 기법이다.
- 응답자는 해당 환경재의 제공에 관련된 가상적 질문에 가상적 선택을 하고, 그 선택은 조건부가치측정모형에 의해 분석된다.
- 지불의사액은 시장데이터에 의해 직접적으로 관측되지는 않지만 간접적인 추정 가능하다.

1. 조건부가치측정법(CVM)의 장점

- 많은 종류의 환경재화에 적용 가능하다.
- 존재가치, 상속가치와 같은 다양한 유형의 비사용가치(non-use value)의 측정이 가능하다.
- 조건부가치측정법에 의해 도출된 편익은 허스의 후생측정값으로 이 방법이 응답자의 보상수요함수에 근거한 후생변화를 직접 측정한다.
- 타당성과 신뢰성 검증이 가능하다.

2. 조건부가치측정법(CVM)의 단점

- 응답자의 지불의향에 근거한다.
- 대부분의 연구에 있어 응답자들이 친숙하지 않은 예산 결정을 내리도록 요구한다.
- 설문 디자인으로부터 편익(bias)이 발생할 수 있기 때문에, 이해가 쉽고 의미있는 시나리오를 만들어야 한다.
- 설문의 특성상 질문하는 기법에 많은 부분 의존하기 때문에 오용에 취약하고, 많은 시간과 비용이 소요된다.

3. 조건부가치측정법(CVM)의 설문디자인의 종류

- 개방형 질문법(Open-ended question): 직접적으로 설문 응답자에게 특정 환경서비스 변화에 대한 최대 지불의사액(maximum WTP)을 물어보는 방법이다.
- 경매법(Bidding game): 어떠한 환경 서비스의 변화 또는 환경 질의 향상을 위하여 X원 만큼의 지불의사가 있는지를 물어보고 만약 응답자가 “예”라고 대답하는 경우 “아니오”의 대답이 나올 때까지 제시 금액을 높이고, 처음 질문에서 “아니오”라고 대답하는 경우에는 “예”의 대답이 나올 때까지 제시금액을 낮추어서 응답자의 최대 지불의사액을 묻는 방법이다.

- 지불카드법(Payment card): 사업 시행으로 인하여 발생하게 되는 다양한 변화들을 묘사한 후, 이 사업을 위하여 응답자가 지불하고자 하는 최대 지불 의사액을 여러 가지 지불 액수가 쓰여 있는 카드를 보여줌으로써 고를 수 있게 하는 방법이다.
- 양분선택법(Dichotomous choice question): 전체 응답자들을 몇 개의 그룹으로 나눈 후 각 그룹별로 서로 다른 금액을 제시하여 응답자로 하여금 해당 금액에 대해 지불 용의가 있는지 가부(可否)만을 묻는 방법이다.

4. 조건부가치측정법(CVM)의 수행 절차

[표 3-1] 조건부가치측정법의 수행 절차

가치 평가되는 대상의 질적, 양적 변화수준에 대한 정의	
정책이 실행 시, 영향을 받는 개인 혹은 집단이 정확하게 제시되는 단계 (정확한 표본 선택이 중요)	
데이터 수집 방안 고려 (간접적/직접적 방법)	
표본 크기의 결정	
설문조사시의 정보 구성 설계 단계	① 가치평가 대상의 정보를 상세히 알려주는 단계
	② 정책 수행 메커니즘에 대한 설명
	③ 지불방식이 선택 (ex: 세금, 입장료 등)
	④ 조사의 결과가 어떻게 현실화될 지를 나타내는 단계
	⑤ 정책수행을 위해서 응답자들이 얼마나 지불을 해야 하는지 혹은 얼마나 자주 지불해야 하는지에 대해 기술하는 단계
설문 디자인	① 지불의사 유도방안 선택
	② 항의성응답(protest bid), '0' 응답자에 대한 고려
	③ 조사에 부정적인 태도를 보이는 응답자에 대한 대응단계
응답자에 대한 분석을 하기 위해 추가적으로 질문하는 단계	
설문 예비검사 시행 및 실전 설문 수행	
데이터 분석기법을 통해 설문자료를 분석하여 평균 WTP 도출	
산출된 가치에 대한 결과 보고 (변수의 이론적 정의 및 사용된 기법 정리, 응답자의 특성 설명, 통계적 수치 설명)	



[그림 3-1] 조건부가치측정법의 수행 절차

(6) 조건부가치측정법(CVM)의 편의(bias)

조건부가치측정법은 설문을 기반으로 하여 시장이 존재하지 않는 환경제에 대한 가치를 도출하는 방법이기 때문에 설문작성 시 가상시장 시나리오 설정과 응답자의 응답과정으로부터 오는 여러 가지 편의(bias)가 발생할 수 있다.

- 출발점 및 범위 편의(starting point and range bias): 출발점 편의는 유도방법이나 지불수단이 응답자들의 지불의사금액에 영향을 주는 잠재적인 지불의사금액을 직간접적으로 제시하는 경우에 발생하고, 범위 편의는 유도방법이 응답자의 지불의사금액에 영향을 주는 지불의사금액의 범위를 제공하는 경우로 지불카드를 사용한 개방형 질문법에서 발생한다(김남엽, 유종권, 1999).
- 지불수단 편의(payment vehicle bias): DeCoteau and Willis(1997)는 연구에서 지불을 한 번만 하는 것과 주기적으로 여러 번에 나누어 지불하는 것에 따라서 지불의사금액이 달라질 수 있음을 밝혔다.
- 전략 편의(strategic bias): 자신에게 유리한 방향으로 응답하는 응답자의 속성 때문에 환경개선을 위한 정부투자, 환경피해액에 대한 보상 등의 설문에는 실제보다 높은 지불의사를 나타내는 반면, 세금부담과 같은 비용부담의 경우에는 낮은 지불의사금액으로 응답하거나 무임승차 하려는 데에서 발생하는 오류이다(김재홍, 2006).
- 정보 편의(information bias): 조사대상인 환경제에 대한 정보가 부정확하거나 불

충분하게 제공되어 응답자의 충분한 이해 없이 가치평가가 실시되었을 때 발생하는 오류이다. 정보 편의를 감소시키기 위해서는 조사대상자 전원에게 동일한 양의 정보가 전달되도록 해야 한다(최승훈, 2005).

3.2 실험적 접근방법 및 연구내용

(1) 조건부가치평가 조사방법의 설계

1. 표본 설정

현재 서울시에 거주하고, 서울시에 세금을 납부하고 있는 20세 이상 70세 미만의 서울시민을 대상으로 하였다.

2. 설문조사방법

- 현장면접조사 및 인터넷 메일 조사방법을 이용하였으며, 2007년 9월부터 10월까지를 약 2달간을 설문 기간으로 하였다.
- 설문에 앞서 양분선택형 설문에 사용할 제시가격대의 범주를 결정하기 위하여 예비조사를 실시하였고, 그 결과 2,000, 5,000, 10,000, 20,000, 50,000, 100,000원의 6가지 가격대로 제시금액을 설정하는 것이 적합하다고 판단하여 각 금액별로 50부의 설문 응답지를 받아서 분석에 활용했다.

3. 가상 시장 시나리오 설계

- 한강 르네상스프로젝트의 가치를 정확하게 측정하기 위해서는 응답자에게 지금의 한강의 상태와 한강 르네상스프로젝트 시행으로 인하여 생기는 변화를 상세히 묘사해 주는 것이 필요하다.
- 이에 설문에서 한강 르네상스프로젝트는 한강 리뉴얼에 대한 재생프로젝트로서 서울을 한강 중심의 수변도시(waterfront town)로 재편하기 위해 단순한 치수역할에 머물러 있던 한강을 관광 자원화하며, 도시계획의 중심축으로 설정하여 한강이 명실상부한 서울의 상징이 될 수 있도록 개발한다는 사업 목적을 밝혔다.
- 한강 르네상스프로젝트가 시행되면 한강의 지속가능한 생태환경과 시민의 안전을 지키는 기본기능을 유지하면서도 시민들의 여가 문화공간으로 조성할 수 있게 된다는 변화의 내용도 묘사하였다. (설문지에 예상 조감도를 첨부함.)
- 더불어, 만약 응답자가 제시금액에 대한 지불의사가 있을 경우, 응답자는 그 액수만큼의 소득 감소가 발생함을 언급하여 불성실한 응답의 가능성을 줄였다.

4. 설문지 설계

- 본 연구에서는 단일-경계양분선택형(single-bounded dichotomous choice, SBDC) 지불의사 유도방법과 개방형 질문법(Open-ended question)의 두 가지 방법을 각각 사용한 조건부가치측정법을 활용하였다.
- 무작위로 선택한 2,000, 5,000, 10,000, 20,000, 50,000, 100,000원의 6가지 제시 금

액 중 하나를 설정하여 응답자의 지불가능 여부를 물었으며, 개방형질문법으로서 다시 한 번 정확한 최대지불의사금액을 물어보았다.

- '0'의 응답과 항의응답(protest bid)이 발생할 경우를 대비하여, '0'의 지불의사를 밝힌 응답자의 이유를 물어보았다.
- 한강 르네상스프로젝트를 사전에 알고 있었는지의 여부와 정보의 입수경로, 프로젝트를 시행한 후 지금보다 더 자주 한강을 방문할지의 여부 등을 함께 물어보았다.
- 설문문의 마지막에서는 응답자의 사회경제적 특성을 알아보기 위하여 응답자의 성별, 나이, 직업, 교육수준, 거주지(구), 가구원수, 연평균 소득, 서울거주기간 등을 물어보았다.

(2) 분석모형의 설정

본 연구에서 이하 3가지의 설문방법을 통해 조건부가치평가방법을 실행하였다.

1. 단일경계양분선택법(SBDC)에 의한 CVM

- 한강 르네상스프로젝트를 시행하기 위하여 서울 시민들에게 1인당 세금(A)원을 징수할 경우, 시민들은 추가 세금 A원을 지불함으로써 더 높은 효용을 얻거나, A원을 지불하지 않고 효용의 상승을 포기할 수 있는 두 가지 선택권을 갖도록 설정하였다.
- 각각의 선택에 대한 개인의 효용함수 (utility function)와 간접효용함수(indirect utility function)를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$U(j, Y; S) = v(j, Y; S) + \epsilon_i \quad j = 0, 1 \quad (1)$$

U=효용함수, v=간접효용함수, Y=소득수준

j=1: 세금 A원을 지불하면서 그에 따른 효용을 얻는 선택을 할 경우

j=0: 지불의사가 없는 경우

s = 사회·경제적 변수(성별, 연령별, 교육수준, 환경영향 등) 벡터

ϵ_j = 독립적이고 평균이 0인 random variable

- 만약 응답자가 제시금액을 수용하면 (예)1, 거부하면 (아니오)0의 두 가지 대안을 가진다고 가정하면, 이러한 폐쇄식에 의한 금액제시 조건부가치측정모형은 이산선택모형(binary choice model)을 취하게 된다.
- 응답자가 “예”를 선택한다는 것은 “아니오”를 선택할 경우보다 일정한 제시금액을 지불하여 같거나 더 큰 효용을 얻을 수 있다는 것을 의미하며, 이를 식으로 나타내면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v(1, Y-A; S) + \epsilon_1 \geq v(0, Y; S) + \epsilon_0 \quad (2)$$

- 개별응답자가 제시금액 A 에 대하여 “예”를 선택할 확률 P_1 과 “아니오”를 선택할 확률 P_0 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_1 &= \Pr(i=1) \\ &= \Pr[v(1, Y-A; S) - v(0, Y; S) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &= \Pr[\Delta v \geq \eta] = F_\eta[\Delta v] \\ P_0 &= \Pr(i=0) = 1 - P_1 \end{aligned} \quad (4)$$

$F_\eta(\cdot)$ 은 누적분포함수(cumulative distribution function, c.d.f.)

$\Pr[\cdot]$ 은 확률밀도함수(probability density function, p.d.f.)

$\Delta v = v(1, Y-A; S)$ 와 $v(0, Y; S)$ 의 차이

- 식(3)에서 $v(1, Y-A; S)$ 와 $v(0, Y; S)$ 은 각각 한강르네상스프로젝트가 시행된 상태와 시행되기 이전의 상태를 나타내며, η 은 효용격차의 분포를 정형화하기 위한 확률변수(stochastic variable)이다(권용석, 이진각, 손영태, 2006).
- 위의 확률모형을 추정하기 위하여 프로빗모형에 비해 상대적으로 추정치를 얻기 쉽고 적합도가 높게 나타나며 지불의사금액의 산출이 편리한 로짓모형을 사용하였고(Bishop & Heberlein, 1979; Lee, Han, and Lee, 2000), 로짓모형은 누적분포함수의 함수형태를 다음과 같이 로지스틱 회귀함수로 가정하였다.
- 다음은 Hanemann(1984)이 제안한 선형 로지스틱모형이다.

$$\begin{aligned} P_1 &= F_\eta(\Delta v) = \frac{1}{1 + \exp(-\Delta v)} \\ &= \frac{1}{1 + \exp[-(\alpha - \beta \times bid + \gamma Z)]} \end{aligned} \quad (5)$$

α = 상수, β = 제시금액 'bid'의 계수

γ = 사회경제적 변수들의 계수, Z = 사회경제적 변수들

- 이러한 로짓모형의 추정에는 최우추정법(maximum likelihood estimation)이 이용되며, 보상편이에 해당하는 순경제적 편익(추정함수의 적분면적)은 다음 식에 의하여 측정된다(이충기, 2006).

$$CV = \int_0^\infty F_\eta(\Delta v) dB = \int_0^\infty \frac{1}{1 + \exp^{-(\alpha^* + \beta \times bid)}} dB \quad (6)$$

여기에서 $\alpha^* = \text{상수} + (\text{각 사회경제적 변수들의 계수값} \times \text{변수의 평균값})$

- 후생척도로서의 확률변수인 WTP는 단일 값이 존재하지 않으므로 추정함수의 결과로부터 지불의사금액을 추정하기 위해서 여러 대푯값을 고려할 수 있다.
 - 무작위로 제시되는 금액 A원을 0에서 무한대까지로 하여 추정되는 확률누적면적인 지불의사금액의 평균(WTPmean)을 이용할 수 있다.
 - 두 번째 추정방법은 지불의사금액의 절단된 평균(WTPtruncated)을 이용하는 방법인데, 무작위로 제시되는 금액 A원을 극소값 제로(0)원으로부터 극대값 Max.A(제시금액)까지의 범위를 고려하여 계산한다.
- 즉, 최대 제시금액에서 절단시키고 그 이상의 면적을 제외하고 추정하는 방법으로 식(7)에 의해 계산될 수 있다.

$$WTP_{truncated} = \int_0^{\max.A} F_{\eta}(\Delta v) dB = -\frac{1}{\beta} \left[\frac{1 + \exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha^* - \beta \cdot \max.A)} \right] \quad (7)$$

- 이상의 추정치 중에서 이론적 제약과의 일치성, 통계적 효율성, 그리고 총계 가능성 조건을 만족하는 것으로 알려진 기준은 절단된 평균(김학용, 2002)이므로 한강 르네상스프로젝트 시행에 대한 평균 지불의사액 추정에서 절단된 평균값을 사용한다.

2. 개방형질문법(open-ended question)에 의한 CVM

- 개방형질문법에서는 지불의사가 '0'이라고 응답한 응답자가 존재할 수 있고, 직접질문법은 종종 응답자로 하여금 결측된 값을 유도할 수 있는데, 본 연구에서는 지불의사가 없는 것으로 가정한다. 이러한 경우 WTP가 0또는 결측값을 보인 응답을 0으로 처리하는 검색절차(censoring)가 필요한데, 이러한 유형을 적절하게 취급할 수 있는 모형이 Tobit 모형이다. Tobit 모형에서는 재화나 서비스에 대한 소비자의 수요가 제한된 값에서 집단을 이루고 있음을 가정한다 (김학용, 2002).
- Tobit 모형은 다음의 함수 형태를 갖는다 (Tobin, 1958).

$$\hat{y}_i = x_i \beta + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (8)$$

이때, $\hat{y}_i > 0$ 이면 $y_i = \hat{y}_i$ 이고, $\hat{y}_i \leq 0$ 이면 $y_i = 0$

여기서 y_i = 응답자 i의 CV 제시금액

$\hat{y}_i$ = 잠재변수(latent variable)

x_i = 독립변수

β = 파라미터에 대한 벡터

ε_i = 오차항

- $\hat{y}_i$ 가 0보다 클 경우에는 관찰되어 y_i 로 기록되지만, 0보다 작을 때는 관찰되지 않고 다만 그 사실이 $y_i=0$ 으로 기록될 뿐이다. 유의할 점은 $y_i=0$ 인 사람에 대해서도 설명 변수 x_i 는 관찰된다는 것이며, 따라서 Tobit모형이 절단회귀모형에 비해 더 많은 정보를 이용한다고 할 수 있다.
- Tobit모형을 최소자승법(Ordinary Least Square, OLS)로 추정하면 모수에 대한 일치추정량을 얻을 수 없기 때문에 절단정규분포의 성질을 이용하면

$$E(y_i|x_i, y_i > 0) = x'_i\beta + \sigma \frac{\phi_i}{\Phi_i} \quad (9)$$

임을 보일 수 있는데 여기에서 ϕ 와 Φ 는 각각 표준정규분포의 확률밀도함수와 누적분포함수이고 $\phi_i = \phi(x'_i\beta/\sigma)$ 이고 $\Phi_i = \Phi(x'_i\beta/\sigma)$ 을 의미한다.

- Tobit모형을 추정할 때에는 최우추정법이나 헤크만(J. Heckman)의 2단계 추정법을 사용하게 되는데, 먼저 최우추정법을 사용한 Tobit모형의 로그우도함수는 다음과 같은 함수식으로 표현할 수 있다.

$$L(\beta, \sigma^2) = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} \left[\ln 2\pi + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x'_i\beta)^2}{\sigma^2} \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[1 - \Phi\left(\frac{x'_i\beta}{\sigma}\right) \right] \quad (10)$$

- 첫 번째 항은 $y_i > 0$ 인 관찰 값들에 대응하는 것이고, 두 번째 항은 $y_i = 0$ 인 관찰 값들로부터 얻는 정보를 나타낸다. Tobit모형의 로그 우도함수는 모수들에 대해 오목함이 알려져 있으므로 반복적 방법으로 최우추정량을 찾아나갈 때, 어떤 초기 값에서 출발하더라도 최우추정량으로 수렴하게 된다. 최우추정량보다 간단한 방법이 Heckman(1976)이 제시한 2단계 추정법이다.
- 가변수 I 를 $I_i = 1, y_i > 0$ 일때, 즉 $\varepsilon_i \geq -x'_i\beta$ 일때 $I_i = 0, y_i = 0$ 일때, 즉 $\varepsilon_i < -x'_i\beta$ 일때로 정의하면 다음과 같음을 알 수 있다.

$$\Pr(I=1|x_i) = \Pr(\varepsilon_i \geq -x'_i\beta) = \Pr(\varepsilon_i/\sigma \geq -x'_i\beta/\sigma) = \Phi(x'_i\beta/\sigma) \quad (11)$$

- 따라서 $(I, x_i, i=1, 2, \dots, n)$ 을 표본관측 값으로 한 probit모형을 추정하면 β/σ 에 대한 추정량 $\hat{\beta}/\hat{\sigma}$ 을 얻을 수 있으며, 이것이 제1단계에 해당한다. 제1단계에서 얻은 $\hat{\beta}/\hat{\sigma}$ 을 이용하면 ϕ_i/Φ_i 를 $\hat{\phi}_i/\hat{\Phi}_i = \frac{\phi(x'_i\hat{\beta}/\hat{\sigma})}{\Phi(x'_i\hat{\beta}/\hat{\sigma})}$ 로 추정할 수 있다.
- 제2단계는 $y_i > 0$ 인 관찰 값들만 이용하여 식(9)를 통상최소자승법으로 추정한다. 즉, Heckman의 2단계 추정법은 먼저 probit모형을 추정하여 ϕ_i/Φ_i 를 계산한 다음, y_i 를 x_i 와 $\hat{\phi}_i/\hat{\Phi}_i$ 에 회귀시킴으로써 β 와 σ 에 대한 일치추정량을 얻는 방법으로, 모든 관찰 값들을 다 이용할 수도 있다. 이때는 회귀함수가

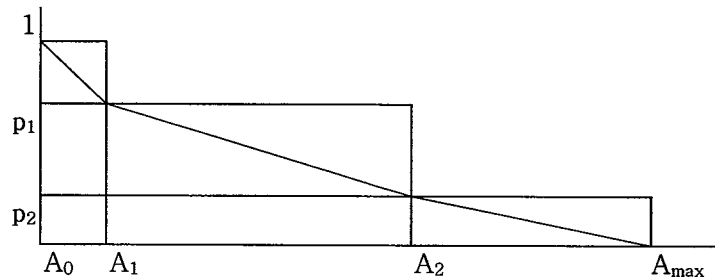
$$E(y_i|x_i) = \Pr(y_i > 0|x_i)E(y_i|x_i, y_i > 0) + \Pr(y_i = 0|x_i)E(y_i|x_i, y_i = 0)$$

$$= \Phi_i x_i' \beta + \sigma \phi_i \quad (12)$$

이므로 y_i 를 $\widehat{\Phi_i x_i'}$ 와 $\widehat{\phi_i}$ 에 회귀시켜 β 와 σ 에 대한 일치추정량을 얻으면 된다.

3. 비모수접근법에 의한 CVM

- CVM의 추정치는 특히 이상치(outlier)들로 인해 과대평가될 가능성이 높는데 이러한 가능성들을 검토하는 방법 중의 하나가 바로 CVM 추정결과와 비모수 접근법(non-parametric approach) 추정결과를 비교하는 것이다.
- CVM과 같은 모수접근법 들과는 달리 비모수접근법은 모수의 추정을 위한 가정에 의존하지 않으므로 부의 지불의사, 이상치 등과 같은 문제에 직면하지 않는다. 이러한 특성상 부의 지불의사를 허용하지 않는 비모수접근법은 부의 지불의사를 허용하지 않는 CVM에 비해 보수적인 추정치들을 가져다주는 경향이 있는데, CVM의 추정결과가 이들과 너무 큰 괴리가 있다면 CVM 추정결과의 유용성이 의심될 수 있다. (김용주, 2004)
- 본 연구는 CVM 문헌에서 보이는 Kaplan-Meier-Turnbull 접근법에 따라 보수적 추정을 이용하였다(Carson, Wiks and Imber, 1994; 김용주, 2005). 즉, $A_0=0$, $p_0=1$, $p_j=0$ 이라는 가정 하에 다음의 평균과 표준편차 공식들을 이용하여 이를 통해 신뢰구간을 구한다.



[그림 3-2] 생존곡선의 면적 계산

$$WTP_{mean} = \sum_{j=1}^{J-1} (A_j - A_{j-1}) p_j \quad (13)$$

$$Var(WTP_{mean}) = \sum_{j=0}^{J-1} (A_j - WTP_{mean})^2 (p_j + p_{j+1}) \quad (14)$$

3.3 연구결과

(1) 기초통계량 분석 결과 및 해석

1. 응답자의 사회경제적 특성

[표 3-2] 응답자의 사회경제적 특성

분류		인원(백분율)
성별	(1) 남성	153(51.0%)
	(0) 여성	147(49.0%)
연령대	(1) 20대	110(36.7%)
	(2) 30대	80(26.7%)
	(3) 40대	70(23.3%)
	(4) 50대	34(11.3%)
	(5) 60대	6(2.0%)
직업	(1) 자영업	32(10.7%)
	(2) 판매/서비스업	56(18.7%)
	(3) 기능직	9(3.0%)
	(4) 일반작업직	18(6.0%)
	(5) 사무기술직	80(26.7%)
	(6) 경영관리직	15(5.0%)
	(7) 전문자유직	29(9.7%)
	(8) 학생	61(20.3%)
소득수준	(1) 100만원 미만	49(16.3%)
	(2) 100-200	87(29.0%)
	(3) 200-300	57(19.0%)
	(4) 300-400	40(13.3%)
	(5) 400-500	26(8.7%)
	(6) 500만원 이상	41(13.7%)
교육수준	(1) 초졸이하	2(0.7%)
	(2) 중졸	5(1.7%)
	(3) 고졸	88(29.3%)
	(4) 대졸	173(57.7%)
	(5) 대학원졸	32(10.7%)

나. 추정변수의 기초통계량

[표 3-3] 추정변수의 설명 및 기초통계량

추정변수	변수에 대한 설명	Obs.=300	
		평균	표준편차
RECOG	한강르네상스프로젝트 인식도: 1. 전혀 몰랐다. 2. 대강 알고 있다. 3. 잘 알고 있다.	2.23	.94
SEX	응답자 성별: 1.남성 0.여성	0.51	0.50
AGE	응답자의 나이: 1.20-29 2. 30-39 3. 40-49 4. 50-59 5. 60-69	36.53세 (2.15) ^{*11)}	(1.10) [*]
EDU	교육정도: 1. 고졸 및 그 이하 2. 대졸 3. 대학원졸	1.79	0.62
INCOME	응답자의 월평균 소득: 1. 100만원 미만 2. 100-200 3. 200-300 4. 300-400 5. 400-500 6. 500만원 이상	260만원 (3.10) [*]	(1.63) [*]
JOB	응답자의 직업: 1. 판매/서비스직 2. 사무/기술직 3. 전문/자유직 4. 기 타(학생 포함)		
WTP	응답자의 지불의사금액	22,600	61,446.62

(2) 한강 르네상스 프로젝트 총 가치의 추정

1. 단일 경계 양분선택 질문법에 의한 WTP 산출

• 단일 경계 양분선택 CV 자료를 바탕으로 한강 르네상스프로젝트의 총 가치를 산출하기 위해 여러 가지 사회·경제적 변수를 포함하여 Logit 모형을 추정한 결과가 다음의 [표 3-4]와 같았다.

11) ()^{*}는 객관식 설문 응답 자료에 대한 평균 및 표준편차 값이다.

[표 3-4] 단일 경계 양분선택 CV의 Logit 모형 추정 결과

variable	coef.	std. err.	t	p> t
bid	-.0000755(β)	.0000113	-6.67	0.000
education	-.1729274	.2811039	-0.62	0.538
income	.4724984	.1302295	3.63	0.000
recognition	.7094905	.1711545	4.15	0.000
age	.0799034	.1657428	0.48	0.630
job_1	-.6464572	.4818463	-1.34	0.180
job_2	-.5782741	.4674631	-1.24	0.216
job_3	-.4207183	.5256859	-0.80	0.424
_cons	-1.189793	.7272184	-1.64	0.102

Pseudo R2 = 0.3731
Log Likelihood = -128.32173

• Logit 모형의 종속변수는 지불 제시금액에 대한 수용 여부이며, 설명변수로는 제시금액(bid), 교육수준(education), 소득수준(income) 한강르네상스프로젝트에 대한 인지여부(recognition), 나이(age), 직업(job) 등이 지불의사에 영향을 줄 것이라고 예상하여 설명변수로 선택하였다.

• 모형 추정결과, 지불의사에 영향을 미치는 설명변수로는 소득수준과 해당 사업에 대한 인지여부가 99% 신뢰수준에서 유의한 결과를 보였다. 반면에 나이와 교육수준 등은 지불의사에 영향을 미치지 않았다. 제시금액(bid)변수의 경우 99% 신뢰수준에서 유의함을 보였고 coefficient 값이 (-)값을 가지므로 제시금액이 높아질수록 응답자의 지불의사는 낮아지는 것을 의미하므로 적절한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

• 위의 분석 자료를 바탕으로 Logit 모형을 사용하여 한강 르네상스프로젝트의 개인당 평균 지불의사액 E(WTP)를 구하기 위해 다음의 식(15)을 사용하였다.

$$\begin{aligned}
 WTP_{truncated} &= \int_0^{Max.B} F_{\eta}(\Delta v) dBid. \\
 &= -\frac{1}{\beta} \ln \left[\frac{1 + \exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha - \beta Max.B)} \right]
 \end{aligned}$$

(15)

여기에서 β = 제시금액(bidding price)의 계수

α = 상수 + 사회경제적 변수들의 계수값 $\times$ 변수의 평균값

$Max.B$ = 최대 제시금액

Logit 모델 추정결과 값을 위의 식(15)에 넣어서 WTP의 절단된 평균 (WTPtruncated)를 구하면 24,100원의 값이 도출된다.

2. 개방형 질문법에 의한 WTP 산출

- 다음의 [표 3-5]는 개방형 질문 CV 자료를 바탕으로 한강 르네상스프로젝트의 총 가치를 산출하기 위해 여러 가지 사회·경제적 변수를 포함하여 Tobit 모형을 추정한 결과이다.
- 종속변수로는 지불의사금액($\times 1/100$)이 사용되었고, 설명변수는 교육수준(education), 소득수준(income) 한강 르네상스 프로젝트에 대한 인지여부(recognition), 나이(age), 직업(job)이 지불의사금액에 영향을 미칠 것으로 예상되어 선택하였다.

[표 3-5] 개방형 질문 CV의 Tobit 모형 추정 결과

variable	coef. (β)	std. err.	t	p> t
income	3.33548	1.372364	2.43	0.016
recognition	6.870814	1.910977	3.60	0.000
education	1.490551	2.791866	0.53	0.594
age	3.210984	1.894672	1.69	0.091
job_1	-2.038668	5.298691	-0.38	0.701
job_2	-2.911708	5.10971	-0.57	0.569
job_3	.1246868	5.893299	0.02	0.983
_cons	-22.16532	12.42018		
sigma(σ)	28.32553	1.403572		

Pseudo R2 = 0.0174

Log Likelihood = -1126.1933

- Tobit모형 추정결과, 지불의사에 영향을 미치는 설명변수로는 소득수준과 해당 사업에 대한 인지여부가 99% 신뢰수준에서 유의한 결과를 보였다. 반면에 나이와 교육수준 등은 지불의사에 영향을 미치지 않았다.
- Tobit 모형을 사용하여 개방형 질문 CV에 의한 한강 르네상스프로젝트의 E(WTP)를 구하기 위하여 다음의 식(16)을 사용하였다.

$$E(WTP) = \Phi\left(\frac{Z\beta}{\sigma}\right)Z\beta + \sigma\phi\left(\frac{-Z\beta}{\sigma}\right)$$

(16)

여기에서 Φ = CDF of Standard Normal

ϕ = PDF of Standard Normal

β = coefficient를 나타낸다.

$$E(WTP) = \Phi\left(\frac{Z\beta}{\sigma}\right)Z\beta + \sigma\phi\left(\frac{-Z\beta}{\sigma}\right) = 28475.71$$

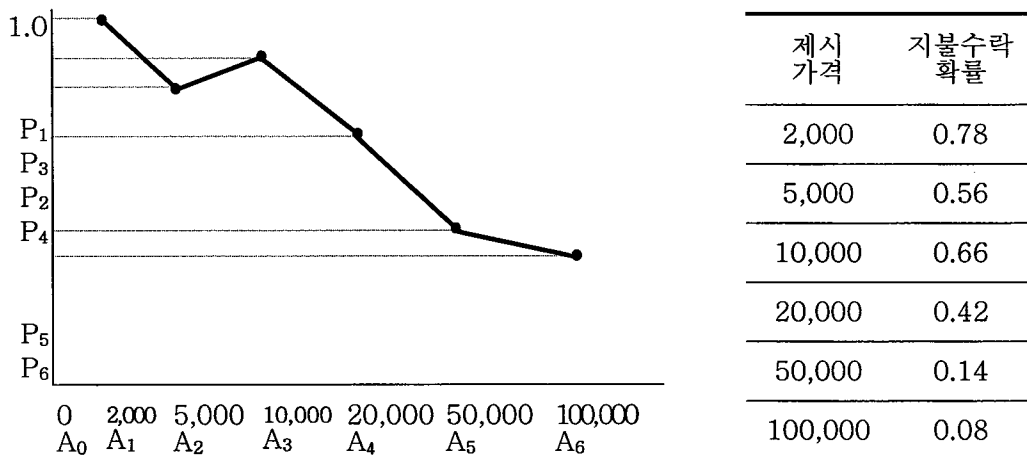
이것은 한강 르네상스프로젝트 시행을 위하여 시민 1인당 지불하고자 하는 평균 의사금액(WTPmean)이 약 28,500원 임을 의미한다.

3. 비모수접근법에 의한 WTP 산출

- 단일 경계 양분선택형 CV 자료의 제시가격별 지불수락 확률을 가지고 비모수접근법에 의한 한강 르네상스프로젝트 시행에 대한 시민들의 지불의사금액을 산출하기 위하여 다음의 식 (17)을 사용하였다.

$$WTP_{mean} = \sum_{j=1}^{J-1} (A_j - A_{j-1}) p_j \quad (17)$$

$$Var(WTP_{mean}) = \sum_{j=0}^{J-1} (A_j - WTP_{mean})^2 (p_j + p_{j+1})$$



[그림 3-3] 제시가격대별 지불의사 확률그래프

- 계산 결과 비모수접근법에 의해 추정된 평균 지불의사금액은 20,500원으로 산출되었다. 이 결과와 앞서 양분선택형 CV에 의한 평균지불의사금액 24,100원, 그리고 직접질문형 CV에 의한 평균지불의사금액 28,500원을 비교하여 좀 더 신뢰성 있는 모형을 선택하여 한강 르네상스프로젝트의 총 가치를 산출하려고 한다.
- 앞서 언급하였듯이 부(負)의 지불의사 가능성을 원칙적으로 불허한 비모수접근

법으로 도출된 평균지불의사금액은 모수접근법보다 낮은 편익 추정치를 도출하는 경향이 있음을(김용주, 2005) 감안하더라도 평균 지불의사금액 산출액에 대한 신뢰성 검증에서 양분선택형 CV 방법이 개방형 질문법을 사용한 CV보다 근접한 평균 지불의사금액을 보이고 있으므로 좀 더 신뢰성 있는 결과값이라고 볼 수 있다.

(3) 한강 르네상스 프로젝트의 총 가치의 추정

가. 비모수측정법에 의해 양분선택형 CV 방법이 개방형 질문 CV 보다 적합한 모형으로 선택되었으므로 양분선택형 CV로 부터 도출된 시민 1인당 평균 지불의사금액 24,100원을 바탕으로 한강 르네상스프로젝트의 총 가치를 계산하였다.

나. 설문에서 한강 르네상스 프로젝트를 위하여 연간 지불하고자 하는 금액은 해당 사업의 연 평균 가치와 같다는 가정을 하였으므로 일인당 평균 지불의사금액 24,100원에 20-69세 서울 시민의 수(2006년 서울시 통계자료 참조) 743만명을 곱한 금액 약 1,790억 원이 한강 르네상스프로젝트의 총 가치가 된다고 볼 수 있다. 서울시가 보고한 한강르네상스프로젝트 단기사업의 연간 사업 소요비용이 약 1,215억 원 정도로 추산되고 있으므로 당해 사업 시행으로 시민들이 느끼는 가치가 공사비용보다 훨씬 큼을 알 수 있다.

4. 생태계 영향평가기법 개발

4.1 개요

도시 생태문제는 대기, 수질, 토양오염으로 대표되는 환경오염의 문제뿐만 아니라 도시열섬현상과 도시홍수를 포함한 도시기후 변화 그리고 생물서식공간의 오염과 파괴가 야기하는 도시생태계의 균형파괴를 들 수 있다. 이 중에서 도시기후변화와 생태계 균형 파괴는 매년 증가되는 도시의 불투수면적(포장면적)과 직접 관련이 있다. 이러한 점은 2002년 2월 서울시가 발표한 '도시생태 개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립' 연구성과에 잘 나타난다. 다시 말해, 시 전역의 비오톱 유형화를 위한 기초조사의 일환으로 실시한 토양피복도 조사결과는 서울시의 생태적 문제를 단적으로 보여주고 있다.

즉, 서울시 전체 면적의 48%가 불투수토양 포장도 70% 이상이며, 서울시 전체의 녹지 및 오픈스페이스 면적이 34.6%임을 고려할 때, 이를 제외한 도시지역의 73% 이상이 불투수토양 포장도가 70% 이상인 도시 사막화 지역임을 보여주고 있다.

이러한 문제는 도시 과밀개발이 원인이라고 볼 수 있으나, 공간계획 측면에서 볼 때 무분별한 건축과 토양피복을 제어할 수 있는 계획수단의 부재도 주요 원인으로 지적할 수 있다. 다시 말해, 기존의 공간계획에서 개발 공간의 생태적 가치를 효과적으로 제어할 수 있는 계획수단의 부재가 현재의 도시 생태문제를 야기한 공간계획 관점의 문제로 분석된다.

따라서, 도시의 생태문제를 공간계획 관점에서 원천적으로 해결할 수 있는 계획수단의 개발이 시급히 요구되며, 본 연구의 필요성이 여기에 있다. 특히 70년대에 도입되어 지금까지 도시의 외연적 확산을 방지하고 풍부한 녹지를 확보하는데 큰 역할을 했던 개발제한구역이 대폭 완화, 해제됨에 따라 한 도시를 포함하는 보다 광역적 차원에서의 자연환경을 계획, 관리하는 수단이 필요하다. 강제로나마 도시의 확산을 막아왔던 풍부한 그린벨트 지역이 무계획적 주택건설, 도시 난개발 등으로 훼손되지 않으려면, 광역적 차원의 녹지네트워크 체계 및 자연환경계획을 유도할 수 있는 사전 환경계획지표가 공간계획체계별로 정립되어야 한다.

본 연구는 도시의 생태문제를 공간계획의 관점에서 해결하기 위한 수단의 하나로 사전계획지표의 개발을 목표로 한다. 특히, 도시기후변화와 도시생태계의 균형 파괴라는 생태적 문제에 원천적으로 대응하기 위해 자연그대로의 생태계 순환체계를 유지할 수 있게 유도하는 기능을 가진 지표의 개발에 초점을 두고 있다.

(1) 환경계획지표의 개발방향

환경계획지표의 개발에 앞서 본 연구에서 제시하고자 하는 환경계획지표의 개발 방향을 분명히 설정할 필요가 있다. 기본적으로 환경계획지표는 위계별 공간계획을 보다 환경친화적으로 유도하는 것에 초점을 두고 개발 방향을 다음과 같이 설정하였다.

① 종합적이며 대표성을 지닌 지표의 개발

적용단계가 공간계획 단계인 만큼 평가하고자 하는 주요한 관점이나 영역이 종합적으로 평가될 수 있어야 한다. 하나의 지표로서 다양한 관점을 포괄적으로 평가할 수 있는 지표를 우선한다.

② 활용 가능한 지표의 개발

환경계획지표 자체가 아무리 환경적으로 중요한 내용이라 할지라도, 국내에서 활용 가능한 기초 데이터의 유무 등을 고려할 때 산출하기 어려운 경우는 무의미한 지표가 될 가능성이 있다. 또한 도출된 환경계획지표의 수준을 만족시키기 위한 기반 기술이 부족할 경우에도 환경계획지표로서의 활용성은 무의미해진다. 따라서 국내 여건을 고려하여 현장에서 활용 가능한 지표를 우선하여 개발한다.

③ 개발 전후의 상대적 비교가 가능한 지표의 개발

기존의 상태를 나타내 주는 환경계획지표가 아니라 개발사업을 전제로 한 상태에서 적용되는 환경계획지표로서 개발에 의한 환경적인 악영향을 최소화하는 것이 본 환경계획지표의 목적이다. 따라서 개발 전후의 환경을 상대적으로 비교할 수 있는 환경계획지표가 개발되어야 한다.

(2) 환경계획지표의 구성 체계

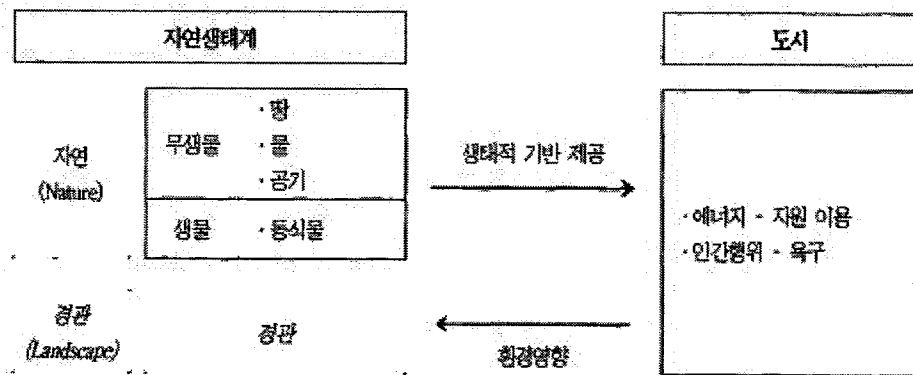
환경계획지표 개발의 목적과 내용에 따라 구성항목이 달라질 수 있다. 기존의 관련 연구를 종합해 보면, 다음 표와 같이 친환경 도시의 개념이나 목적에 따른 분류, 도시를 구성하는 환경요소에 따른 분류, 도시의 공간범위에 따른 분류, 도시를 개발하는 과정에 따른 분류 등 다양한 방법으로 지표 구성 항목을 분류하고 있음을 알 수 있다.

[표 4-1] 환경계획지표의 분류를 위한 관점들

분류의 관점	분류의 예시	특징	본 연구
① 개념(목적)에 의한 분류	a. 에너지의 절약 b. 자연환경과의 친화 c. 쾌적성의 확보	· 상위단계의 지표 구분으로 하위단계의 지표 분류 관점이 필요하다. · 목적별로 적합한 지표를 활용할 수 있다.	
	a. 다양성 b. 자립성 c. 안전성 d. 순환성	· 두가지 이상을 목적으로 할 경우 분류가 곤란하다.	
② 도시의 환경요소에 의한 분류	a. 토양 b. 녹지 c. 물 d. 동식물 e. 공기 f. 인간	· 분야별로 환경의 상태를 파악할 수 있다. · 개발 전후의 환경 파악을 목적으로 본 연구의 경우 가장 적합한 것으로 판단된다.	주요 분류기준
③ 공간 범위에 의한 분류	a. 국토 차원 b. 도시 차원 c. 단지 차원 d. 건축물 차원...	· 공간 변화에 따른 대응방법을 고려할 수 있다. · 상위계획과 하위계획의 연계가 이루어질 수 있다. · 도시계획적 접근에서 바람직하다.	보조 분류기준
④ 진행 단계에 의한 분류	a. 입지단계 b. 토지 이용 및 배치 단계 c. 건물설계단계 d. 설비계획단계 e. 시공단계 f. 유지관리단계	· 설계를 진행하면서 환경을 고려하고, 이에 대한 대응책을 마련할 수 있다. · 최종적으로 결정되는 환경의 질이 불분명하다. · 소규모 단지설계단계에 적합하다. · 대규모 개발계획단계에 부적합하다.	

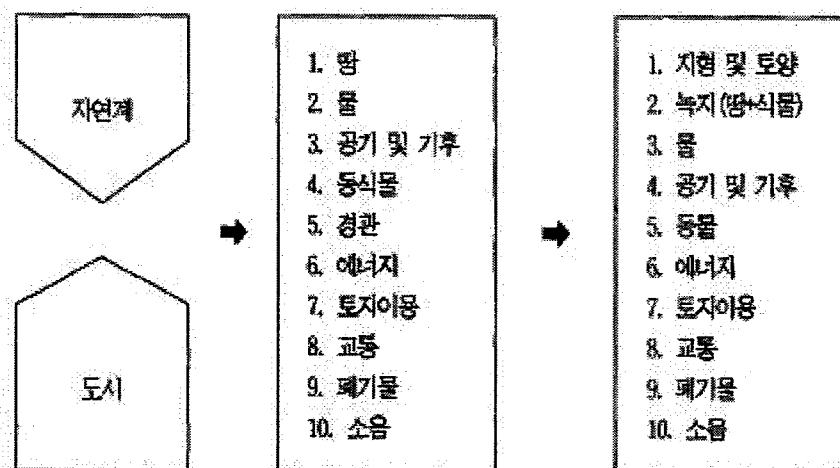
이상을 종합 분석해 볼 때, 본 연구에서의 환경계획지표는 개발사업에 따른 자연 환경의 파괴정도를 최소화하고 도시환경의 생태적 기반을 최대한 확보하는 것이 주요 목적이므로 최종적으로도 도시환경 요소별로 개발전후의 자연 환경의 변화를 고려할 수 있도록 하는 제시되어야 한다는 판단이다. 또한 상위계획에 적용되는 환경 계획지표는 그 하위계획에 적용되는 환경계획지표와의 연관성이 확보되어야 하며 계획위계상 유기적으로 연계될 수 있어야 한다. 따라서 1차적으로 도시의 환경요소 별로 지표를 구분하고 2차적으로 공간적 범위를 고려하여 각각의 지표별로 위계를 부여하였다.

한편, 현대의 도시는 [그림 4-1]과 같이 자연을 기반으로 조성되어진다. 자연은 다시 생태적 순환체계로서의 자연 (nature)과 경관(landscape)으로 구분된다. 그리고 자연 (nature)과 관련되어서는 땅, 물, 공기 및 기후, 동식물이 주요 요소로 구분되며, 도시는 이를 바탕으로 하여 에너지와 자연을 이용하고 여기에 욕구를 바탕으로 하는 인간의 행위가 가해지게 된다. 인간의 행위는 구체적으로 토지이용, 교통, 소음, 폐기물의 발생 등이 될 것이다.



[그림 4-1] 도시환경의 구성요소

위의 도시구성요소를 본 연구 목적에 맞추어 환경계획지표를 도출하기에 적합하도록 부분적으로 조정하였다. 동식물부분 중 식물을 도시 계획적인 개념인 녹지로 변경하고, 녹지의 개념에서 땅(地)과 중복될 수 있는 부분을 고려하여, 원래 자연의 요소인 땅을 지형 및 토양으로 그 의미를 축소하였다. 이상을 종합하여 본 연구의 목적에 맞게 환경요소를 지형 및 토양, 녹지, 물, 공기 및 기후, 동물, 에너지, 토지 이용, 교통, 폐기물, 소음 등 총 10가지로 분류하였다.



[그림 4-2] 환경계획지표의 체계 분류

위에서 제시한 환경계획지표항목 외에 필수적으로 다루어야 할 부분이 소음, 에너지, 폐기물 등이다. 사실 소음, 에너지, 폐기물 부분은 주로 인간중심 입장에서의 환경요소일 뿐만 아니라, 환경지표와 관련된 기타 연구들에서 많이 거론되며, 이는 거주환경의 질적, 쾌적성차원에서 다루어지는 경향이 대부분이었다. 물론 폐기물이나 소음이 자연에 미치는 영향도 크지만, 이는 개별 도시개발사업이나 지구단위계

획에서 더 구체화되는 것이 효율적이라 판단된다. 따라서 본 절에서 소음, 에너지, 폐기물부분에 관한 환경지표는 환경부의 사전환경성검토 작성시 다루어지는 내용을 중심으로 검토하였다. 기타 이와 관련된 세부적인 사항에 대해서는 지구단위계획 차원이나 각종 도시개발사업 차원에서 각각의 지역적인 특성을 반영한 기준이 적용되어야 할 것이며, 이와 관련한 환경지표는 기존 연구들에서 상세하게 다루어진 사항들을 준용하기로 한다. 또한 경관 부문의 경우, 사실상 정량적 평가가 어렵고, 계획체계 속에서 경관 가치를 반영할 수 있는 수단의 개발이 더욱 효과적이라는 판단 아래 본 검토 항목대상에서는 제외하였다.

(3) 적용가능한 환경계획지표 검토

위와 같이 분류된 각 부문별 지표를 도출하기 위해 본 연구에서는 기존의 관련 연구를 종합적으로 항목을 종합하였다. 검토한 자료 중 주요문헌은 다음과 같다.

■ 국내자료

- 건설교통부(1999), 지속가능한 정주지 개발 및 제도연구(III), 대한주택공사, 서울대학교
- 문정희, 이희철(1997), 주민의식에 기초한 주거환경평가수법에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 국토계획 제32권 제4호(통권90호)
- 변병설, 주용준(2000), 신도시의 지속가능한 토지이용 지표설정 및 평가, 대한국토·도시계획학회지 국토계획, 제34권 제1호
- 서울대학교 환경대학원 부속 환경계획연구소(1999), 지속가능한 개발을 위한 생태계 지표 개발
- 서울특별시(1997), 공동주택 단지의 환경계획지표 개발에 관한 연구
- 양병이, 지속가능성 지표에 의한 우리나라 주거단지의 환경친화성 평가에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 국토계획 제32권 제2호(통권88호), 1997년 4월 PP.89~106
- 이동근, 전성우, 도시지속성지표 구축을 위한 개념적 연구: 환경적 지속성지표를 중심으로, 환경영향평가, 1997년 6월 제6권 제1호, pp.33~45.

- 주용준, 황희연, 지속가능한 도시토지이용 지표 설정 및 평가, 한국도시지리학회지 제2권 제1호, 한국도시지리학회
- 환경부(1996), 생태도시 조성 기본계획 수립을 위한 용역사업, 한국환경기술개발원
- 국립환경연구원(1997), 생태도시 조성 기반기술 개발, 한국건설기술연구원
- 한국건설기술연구원 (1996), Green Town 개발사업 (I)

■ 외국자료

- 建設省, 環境共塗都市(エコシティ), 동경
- 環境共生住宅推進協議臺 編集(1998), 環境共生性宅 A-Z, 동경, Biocity
- BRE(2000), Environmental site layout planning : solar access, microclimate and passive cooling in urban areas
- city of Tampa Planning & Management Department(1999), Index Software Program For Community Indicators Demonstration and Evaluation
- Gunther Beckstein Alfred Sauter Josef Deimer(1994), Rahmenplanung fur das Gewerbegebiet Landshut-M\ddot{u}nchnerau

이상의 문헌에서 제시되는 각 지표를 본 연구의 환경계획지표 구성체계에 따라 정리한 결과는 다음 표와 같다. 기존에 제안된 지표의 정리는 1차적으로 환경요소에 따라 구분하였고, 2차적으로는 적용공간의 범위에 따라 도시개발사업계획 차원의 토지이용계획과 지구단위계획 차원으로 구분하여 정리하였다.

[표 4-2] 부문별 환경계획지표의 현황

부문	주요 관점		사전계획지표		비고
			도시개발사업계획 차원 (토지이용계획)	지구단위계획 차원	
1. 지형 및 토양	토양의 환경 기능	물순환의 기능		토양기능계수	불부문
				우수침투율	
		서식처의 기능	토양오염도	토양오염사실 고려	녹지, 동물부 문
			비오름지도		
	지형의 보전 및 활용	토양 보전	표토보존율	재활용포토람 안금지반면적 자연지반면적	
		지형 변형강소	지형변동율	경사도	
			단위면적당 토공량	상도량	
2. 녹지	녹지의 질적인 측면	녹지의 풍부함		녹지밀도 녹지용적율	
		식생종의 유지	식생분포	양토수종활용 기존 식생 활용율	
			녹지연결	녹도	
	녹지의 양적인 측면	녹지의 면적	녹지율	자연지반, 인공지반	조경면적
3. 물	기존 수계계 보전	수환경 보전	지하수위변동		
			하천변형율	상계천보존 복개면적	
		홍수피해대책	우수유출계수	우수침포장	토양기능계수 우수침투율
			우수유출량		
			불투수면적		
	수질보전	오염유발사실	배지계획	입지가능시설	외부조건
		수질악화방지	시설계획	계수유입억제 수질정화시설	외부조건
	수자원절약	상수도절약	1인당상수사용량	우수이용율	외부조건
			급수소비계수	중수이용율	
4. 공기 및 기후	원활한 공기흐름	바람통로	바람통로 고려		
	대기오염방지계획	대기오염기준			환경영향평가
		오염유발사실	사실배치계획	공장시설 교통유발시설	외부조건
		오염저감계획		대기정화식재 식재지역선정	
		청정에너지이용	청정에너지이용율		

주) 음영된 부분은 본 연구에서 주로 검토하는 지표

부문	주요 관점		사전계획지표		관련부문
			도시개발사업계획 차원 (토지이용계획)	지구단위계획 차원	
5. 동물	서식가능공간	육생, 수생비오름	서식처 면적	서식처 훼손면적	
				서식처 유지면적	
				서식처 조성면적	
			이동가능성	이동통로조성	
6. 에너지	에너지절감	화석에너지사용량	1인당 화석에너지 사용량	단열성능의 강화	
			에너지소비계수		
		대체에너지이용	마이온에너지이용률	태양열 이용	
7. 토지이용	적정한 개발의 양	적당한 밀도 배분	밀도별 단지유형	지역별 인구밀도	용적률
			용도별 면적	지역별 적정 용적률	
8. 교통	원활한 교통	도로망	자전거로		자형
		도로면적	보행자전용도로	보행자도로	
			자전거도로	자전거도로	
9. 에너지	폐기물절감	폐기물 처리	기존 건축물 활용	폐기물 재활용	
10. 소음	소음 방지	소음으로부터의 보호	소음발생원의 배치, 생활환경확보방안	교통소음환경 기준치	교통

주: 음영된 부분은 본 연구에서 주로 검토하는 지표

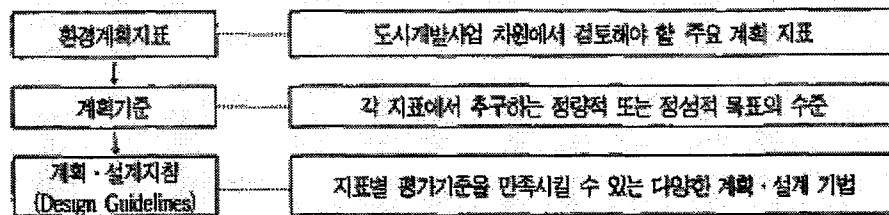
4.2 도시개발사업계획 차원의 환경계획지표 개발

(1) 개요

대부분 개발의 욕구를 만족시키는데 목적을 둔 택지공급과 도시계획시설계획 등의 도시개발사업, 개발계획을 좀 더 환경친화적으로 유도하기 위해 계획의 수립 당시 원천적으로 기존 환경에 대한 고려를 가능하게 할 수 있도록 하는 수단이 필요하다는 것은 앞서도 논의된 바 있다. 이에 대한 대안으로서 단기적 수단으로서는 환경계획지표 활용을, 장기적 수단으로서는 환경친화적인 공간계획 체계의 수립을 제안하였다.

앞서 문헌조사를 통해 도출된 지표를 보면 도시생태 문제에 대한 이해가 부족하고 도시공간의 생태적 기능을 고려하지 않고 있음을 알 수 있다. 게다가 수환경에 대해 자세히 기술된 바 없으며 수환경에 대한 고려도 미미하다. 현재 서울시에서 시행하고 있는 생태면적률은 ‘국토의 이용 및 계획에 따른 법률’에 의거하여 건폐율 및 용적률 기준으로 용도지역별로 적용기준을 제시하고 있다. 이 지표 개발은 서울시의 도시생태 문제에 대한 이해와 함께 도시공간의 생태적 기능을 구체적 정의가 필수적이다. 토양기능, 미기후 조절 및 대기질의 개선, 물순환기능, 동·식물의 서식처로서의 기능 등을 4가지 관점으로 구분할 수 있는 자연의 순환기능을 도시생태에 접목시켰다는 의의는 있다. 그러나 앞서 보여준 지표와 마찬가지로 개별적인 생태가치에 대한 적용은 미흡하다. 특히 물순환기능은 단순한 투수성과 저류의 기능으로 평가하였다. 이 지표와 생태기능을 종합적으로 비교하기에는 무리가 있을 것으로 판

단되나 도시 생태의 기능을 제시하기 위해서는 4가지 관점에 대한 추가적인 검토가 필요하다.



[그림 4-3] 도시개발사업계획 차원의 환경계획지표의 제안

(2) 환경부문별 환경계획지표와 산출방법

하나의 지표로서 다양한 관점을 포괄해야 하는 대표성 측면, 국내에서 활용할 수 있는 현실적인 실용성 측면, 개발전후 또는 서로 다른 계획안의 비교가 가능한 척도성 측면을 모두 포용할 수 있는 지표의 개발목적에 부합되도록 하는데 초점을 두고, 기존의 평가기법을 활용할 수 있는 방향으로 지표를 개발하였다. 현재까지 주로 이용된 기법은 녹지자연도, 생태자연도, 생태면적률로서 이들을 적극 활용할 수 있는 방향으로 개발하였다. 활용성을 고려해보았을 때 기존의 자료를 충분히 활용할 수 있어야 도입이 적극적으로 이루어질 수 있다고 판단하였기 때문이다. 기존의 평가기법을 분류하여 새롭게 지표체계를 구성하며 도시개발에 의한 어메니티를 평가할 수 있는 지표를 새롭게 도입하여 다음과 같은 환경계획지표를 도출하였다. 평가지표는 생태적인 지표를 정량화하기 위하여 물리적인 지표로 전환하여 작성하였다. 녹지자연도, 서울시생태면적률, 서울대학교·충북대학교·서울시정개발연구원·국토연구원·한국건설기술연구원에서 기 연구된 자료를 토대로 객관적인 지표를 생태가치 평가 기법으로 전환한 것이다.

[표 2-3] 도시공간 생태환경 지표

평가 항목			평가 지표	평가 산정 방법	
생태건전성	녹지환경	개발지역	농경지 (논밭)	논, 밭, 텃밭 등의 경작지 (면적율, %)	
		유사자연지역	농경지 (과수원)	과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장 (면적율, %)	
		지역	이차초원	이차적으로 형성된 초원식생 (면적율, %)	

도 시 지 속 성 (가 제)			조림지	인위적으로 조림된 후 지속적으로 관리되고 있는 식재림 (면적율, %)	
			이 차 림 (I)	자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 심한 산림식생 (면적율, %)	
			이 차 림 (II)	자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 회복된 상태의 삼림 식생 (면적율, %)	
		자연 지역	자연림	식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 (면적율, %)	
	지 형 및 토 양	토양 환경	자연녹지지 반	자연지반이 손상되지 않은 지반 (면적율, %)	
			인공녹지 지반 1	토심 90cm 이상 인공지반 상부 녹화면 (면적율, %)	
			인공녹지 지반 2	토심 90cm 미만 인공지반 상부 녹화면 (면적율, %)	
			부분포장	식물생장 가능한 잔디블럭, 틈새 넓은 판석 등으로 포장된 자연지반 (면적율, %)	
			전면투수포 장	자연골재, 마사토 등의 재료를 이용하여 포장한 투수 가능한 자연지반 (면적율, %)	
			틈새투수포 장	틈새로 투수 가능한 벽돌, 사괴석 등의 포장이나 다공질 투수 소재로 포장된 자연지반 (면적율, %)	
			전면 포장 면	건축물이 들어서거나 아스팔트와 같이 공기와 빗물이 투과할 수 없고 식물생육이 불가능한 포장면 (면적율, %)	
		서식처 구조	그린네트워 크	연결된 녹지면적/전체녹지면적 (면적율, %)	
			최 대 연 결 녹지면적	최대연결녹지면적/전체녹지면적 (면적율, %) 최대연결녹지면적: 연결된 녹지 중 가장 넓은 면적을 지닌 녹지	
			감마지수	연결된 경로수/최대 연결경로 경우의 수	

어메니티	기타 환경			$=L/3(v-2)$	
			녹지이동비용	동물이 큰 녹지로 이동하기 위한 거리비용	
		특수 공간 녹화율	옥상녹화	건축물 지붕에 녹화 면적 비 (면적율, %)	
			벽면녹화	건축물 벽면에 녹화 면적 비 (면적율, %)	
		대기 정화 기능	대기질	양호	
				보통	
				나쁨	
	생활 환경	밀도	호수밀도	$(\text{세대수}/\text{대지면적}) \times 10000$	
			거주밀도	$(\text{연면적} + \text{외부공간면적}) / \text{세대수}$	
			용적	$(\text{건축연면적}/\text{대지면적}) \times 100$	
		옥외 공간	외부공간	$(\text{외부공간면적}/\text{대지면적}) \times 100$ 외부공간면적: 대지면적-건축면적	
			세대당 외부공간면적	외부공간면적/세대수	
			세대당 생활가능 외부공간면적	생활가능외부공간면적/세대수 생활가능외부공간면적: 옥외공간면적-도로 와지상주차면적+필로티면적	
		차량 공간	지상차량공간면적비율	$(\text{지상차량공간}/\text{대지면적}) \times 100$	
			세대당 주차대수	총 주차대수/세대수	
			지하주차비율	$(\text{지하주차면수}/\text{주차면수}) \times 100$	
	경관	녹지 공간	세대당 녹지공간면적	녹지면적/세대수	
			녹지비	$(\text{녹지공간면적}/\text{주택지연상면적}) \times 100$	
			녹지율	$(\text{녹지면적}/\text{대지면적}) \times 100$	

		시각적 위요	입면건폐율	$\frac{\sum(\text{등가직경} \times \text{각주동의평균높이})}{\text{대지면적}} \times 100$	
			평균층수	주동의 평균층수	
	사 회 문 화 적 측 면	정서 함양	심리적 안정감 향상	단지 내 녹지를 통한 심리적 안정감 향상 정도	
			지역 문화 행사	단지 내 지역문화행사 개최 및 시민참여, 연계행사 등 활성화 정도	
			인근 공원 접근성	지역 거주 주민의 접근 용이성 평가	
		환경 교육	환경교육 프로그램	단지 내 환경교육 프로그램 운영여부	

생태건전성 항목은 녹지환경을 평가하는 항목으로서 기존의 녹지자연도 평가 방법을 이용한 것이다. 개발대상지역 전체를 아우르는 평가항목으로 개발 전과 개발 후를 비교할 수 있다. 도시지속성 항목은 도시 공간의 생태적 기능과 공간을 얼마나 친환경적으로 활용했는지를 평가하는 항목이다. 단지 및 택지개발지역을 평가하는 항목으로서 생태의 순환기능에 대해서도 고려하였다. 또한 어메니티는 도시공간의 생활환경과 경관 및 사회문화적 환경을 평가하는 항목이다. 장소적 속성에 따라 인간이 느끼는 심리적 상태를 연관지어 평가할 수 있다. 하지만 여전히 수환경의 가치를 평가하기에는 부족함이 있다. 특히 물순환기능은 단순한 투수성과 저류의 기능으로 평가하였다. 이 지표와 생태기능을 종합적으로 비교하기에는 무리가 있을 것으로 판단되며 추가적인 검토가 필요하다. 특히 최근에는 비오톱(biotop) 개념을 도입한 연구가 진행되고 있으나, 이번 연구에서는 수환경에 대한 생태기능을 평가할 수 있는 요소를 추출하고자 하였다. 수환경을 공간유형별 물리적인 지표로 7단계로 분류하였다. 분류기준은 생물이 서식할 수 있는 공간을 면적, 생물서식환경과 수질 등으로 구분하여 각각의 규모를 정량적으로 제시하였다. 지표의 규모는 김이 저술한 ‘습지와 환경’에 제시된 습지의 규모를 활용하였고 호안, 식생면적 또한 이 자료를 토대로 작성하였다. 수환경에 제시된 공간유형을 [표 4-4]에 제시하였다.

수환경 분야의 지표는 생물이 습지나 호수에서 어류, 저서무척추생물, 곤충 등이 서식에 필요한 환경조건 분석을 기준으로 분류 하였고, 도심지의 토양도 기존 수목을 얼마나 보존 또는 복원하여 연결되어 있는가 하는 물리적인 지표로 평가하였다.

[표 4-4] 추가된 수환경 평가지표

연 번	수변환경 공간유형	설 명	비 고
1	수면 면적	40㎡이하	면적으로 평가(습지생물서식환경)
		40 ~ 800㎡	
		800㎡이상	
2	수질	1 ~ 2 급수	수질 등급별 분류
		3 ~ 4 급수	
		5 ~ 6 급수	
		6 급수 이하	
3	개방수면의 비율	0 ~ 5%, 75 ~ 100%	개방수면 면적비율로 분류
		5 ~ 26%	
		26 ~ 75%	
4	식생의 혼재도	1종	식생의 복합도로 분류
		2종	
		3종 이상	
5	식생대 폭	3m이상인 면적	호·하안 식생대의 폭을 면적으로 환산하여 분류
		1.5 ~ 3m인 면적	
		1.5 ~ 1m인 면적	
		1m이하인 면적	
6	호·하안의 형태	자연형 호안	호·하안 구조별 종류별로 분류
		콘크리트 구조물	
7	주변토지 이용	산 또는 다른 수환경 등과 연결	Blue-network 및 생태축 조성 방안을 검토하여 분류
		농경지와 연결	
		도로 등 도심지로 단절	

4.3 정량적 가치 평가 방법

(1) 다기준 의사결정법

네 가지 항목으로 구성된 환경계획지표를 하나의 정량적인 가치로 나타내는 방법에는 다기준의사결정방법이 있다. 상충되는 복수의 기준이 존재하는 상황에서의 최적 대안을 선택하는 의사결정법으로서, 고려해야 할 요소가 다양하고 이해관계가 복잡한 환경문제를 보다 합리적이고 신뢰성 있게 평가하는 데에 이용될 수 있다. 다기준 분석법을 이용하면 개발로 인한 자연·환경적 측면뿐만 아니라 경제적·사

회적·정치적 문제도 함께 고려할 수 있으며, 이해당사자들의 의견을 분석과정에 내재화시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 다양한 분야의 전문가 집단을 평가과정에 포함시키고, 이해당사자들 역시 모든 정보와 자료를 공유하며 상호간의 의견교류를 할 수 있어 평가결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있다. 특히 사업성격에 따라 기준을 다양화하여 평가항목을 상황에 따라 적절하게 설정할 수 있으므로 대상 사업에 특성화된 평가를 할 수 있다.

이 분석방법은 사업의 단일계획 뿐 아니라 종합 계획 등 다양한 목적으로 사용될 수 있다. 이 방법을 이용하면 다양한 목적을 함께 고려하여 그 사이에 얽혀있는 복잡한 문제들을 해결하는 데 도움이 된다. 즉, 환경적인 영향은 최소화하면서 경제적 이익을 극대화 시키는 것과 같이 상반되는 두 가지 목적 모두 어느 정도 달성할 수 있는 결과를 도출할 수 있다. 또한, 평가기준 결과의 표현 방식이 다른 경우를 종합해서 평가하는 데에도 도움을 준다. 예를 들어, 경제성 분석의 결과는 효율성에 입각하여 평가되며 대부분이 계량화 되어 나타난다. 하지만 정책적 분석을 실시할 때에는 형평성 등 다른 기준을 적용하여 결과를 도출하며 그 결과는 비계량화된 경우가 많다. 이런 경우 양자를 종합하여 평가하기 힘든데, 이 때 다기준 분석기법을 사용하면 좀 더 체계적인 방법으로 종합할 수 있다.

다기준 분석의 방법 중 대표적인 것이 Analytic Hierarchy Process이다. 계층적 분석방법이라고 할 수 있는데, 이 방법은 의사결정의 전 과정을 여러 단계로 나눈 후 이를 단계별로 분석 해결함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 방법이라고 할 수 있다. 가장 기본적인 AHP 계층은 맨 윗부분에 목적(Goal)을 두며, 그 밑에 판단기준이 되는 기준(Criteria)을 두고 가장 아래 계층에 대안(Alternative)을 두는 구조이다. 판단기준이 되는 요소를 여러 단계로 나눌 필요가 있을 경우에는 기준 밑에 세부기준(Sub-criteria)을 두게 된다. AHP의 큰 장점은 정량적 요소와 정성적 요소를 통합하는데 있어서 설득력 있고 합리적으로 도출할 수 있다는 것이다. 앞서 말한 경제적 분석의 결과인 정량적 요소와 정책적 분석의 결과인 정성적 요소를 합리적으로 반영하고 서로 간의 중요도를 비교하여 결과를 도출할 수 있다. 다른 척도를 가지고 있는 요소간의 비교와 통합을 보다 수월하면서도 합리적, 체계적으로 할 수 있는 것이다.

일반적으로 AHP의 분석과정은 다음과 같은 단계로 구성된다.

단계 1: 문제를 정확히 정의하여 문제의 요구사항을 명확히 한다.

단계 2: 문제와 관련된 모든 요소들을 조망하여 최고 단계인 문제의 목표에서부터 중간수준의 평가항목 선정 및 배치를 거쳐 최하위 수준인 대안들의 비교까지를 포괄하여 계층구조를 구성한다.

단계 3: 중간 수준에 있는 한 평가항목을 기준으로 하여 하부 수준에 있는 종속 평가항목들이 어느 정도 중요한가를 판단하기 위해 평가항목들간의 쌍대 비교를 해당 종속 평가항목 전부에 대해 실시하여 상위 수준에 있는 평가항목에 대한 종속 평가항목들의 상대적 중요도를 비교행렬로 작성한다.

단계 4: 3단계에서 구한 비교행렬로부터 평가항목간 상대적 추정 가중치를 구하고 기하평균 등을 이용하여 구한 후 응답의 일관성을 검토한다. 만약 일관성이 없는 경우, 쌍대비교 결과를 재검토하여 일관성을 갖도록 조정한다. 일관성은 C.R.(Consistency Ratio; 일관도)로 표시되는데, 계층구조의 복잡성에 따라 상이하기는 하나 일반적으로 10% 이하의 경우 판단의 일관성에 문제가 없는 것으로 본다.

단계 5: 2단계에서 설정한 계층구조에 속한 모든 수준의 평가항목들에 대하여 앞의 3~4단계 과정을 반복한다.

단계 6: 어떤 수준에 있는 평가기준의 상대 가중치를 하위수준에 있는 종속 평가기준의 상대적 가중치와 곱하는 과정을 최상위 수준부터 순차적으로 최하위 수준까지 실시한 후 평가 기준별로 구한 대안들의 상대적 가중치를 각각의 대안별로 합산(모든 평가 기준들을 종합적으로 감안한 대안간의 상대적 가중치)한다.

단계 7: 제 6단계에서 구한 각 대안의 평가 점수를 비교하여 가장 많은 점수를 얻은 대안을 선택한다.

단계 8: 평가결과에 대한 전체적인 일관성을 검토하여 일관성이 떨어지는 경우 비교판단상의 일관성이 결여되었는지 또는 처음부터 문제의 계층구조 설정에 잘못이 있었는지를 검토한다.

위 과정을 간단히 4단계로 구분하면, 브레인스토밍(Brainstorming; 단계 1) → 계층구조의 설정(Structuring; 단계 2) → 가중치의 설정(Weighting; 단계 2~단계 5) → 측정(Measurement; 단계 6~단계 7) → 검토(Feedback; 단계 8)로 나눌 수 있다.

이 과정 중 가장 중요한 과정인 가중치 선정 과정을 보다 상세하게 정리하면 다음과 같다. 가중치 산정을 위하여 전문가들에게 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 위한 설문을 실시한다. 쌍대비교 과정에는 평가자의 판단을 어의적인 표현으로 나타내고 이에 상응하는 적절한 수치를 부여하는 수량화 과정이 포함된다. 이를 위해서는 신뢰할 만한 평가척도가 필요한데, 이 때 사용되는 척도는 인간이 느낄 수 있는 차이를 최대한도로 반영할 수 있는 범위를 요구한다. 비율 척도로 한 요소와 다른 요소의 상대적 중요성의 조건으로 두 요소를 비교할 때 언어적 표현의 9점척도와 상수합 측정법이 널리 사용된다. 9점척도는 의사 결정

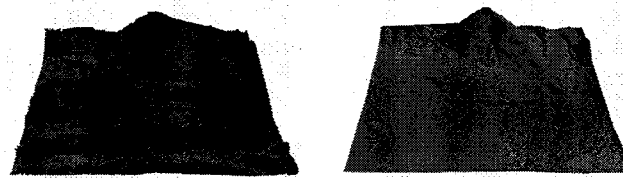
자에게 두 개의 비교대상 A와 B를 놓고 A와 B의 '중요도가 같다(선호도가 같다)', A가 B보다 '조금 더 중요하다(조금 더 선호된다)', '중요하다(선호된다)', '상당히 중요하다(상당히 선호된다)', '절대적으로 중요하다(절대적으로 선호된다)'와 같은 어의적 판단(verbal judgment)을 내리도록 하고 이러한 어의적 판단을 각각에 해당하는 1, 3, 5, 7, 9와 같은 수치적 판단(numerical judgment)으로 변환하여 입력자료로 사용하는 방법이다. 만약, 그 중요도가 서로 반대되는 경우, 즉 B가 A보다 중요하다고 판단되는 경우에는 그 역수를 이용하여 자료를 입력하게 된다. 상수합 측정법의 기본은 총 100점을 두 요소에 배분하는 방식이다. 쌍별의 한 요소는 1에서 99까지 정수값(I)으로 주어지고, 다른 요소는 기대값(100-I)로 주어진다. 예를 들면 한 요소가 다른 요소보다 3배 중요하면 각각 75와 25로 나누어진다.

5. GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발

생태가치지표를 평가하여 공간분석을 하기 위해 필요한 3차원 공간정보를 지형, 건물 등의 시설, 식생 등으로 구분하고 그 구축방안을 연구하였다.

1 LiDAR에 의한 3차원 지형정보 구축결과

항공LiDAR자료를 이용하여 3차원 지형을 구성하기 위해서 원 취득자료로부터 다음의 [그림 5-1]과 같이 지면점을 추출하여 3차원 모형을 구성하였다. 지면점 추출 이전의 원 자료에는 지형, 식생 및 시설물이 혼재한 형태이나 추출과정을 통해 지면점만으로 구성된 3차원 모형을 구축하였으며 이를 토대로 정밀한 표고, 경사 및 방위분석이 가능하다.

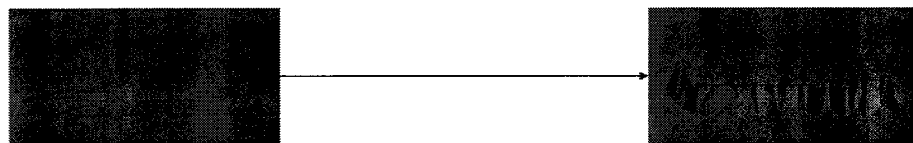


(a) 지면점 추출전 (b) 지면점 추출후

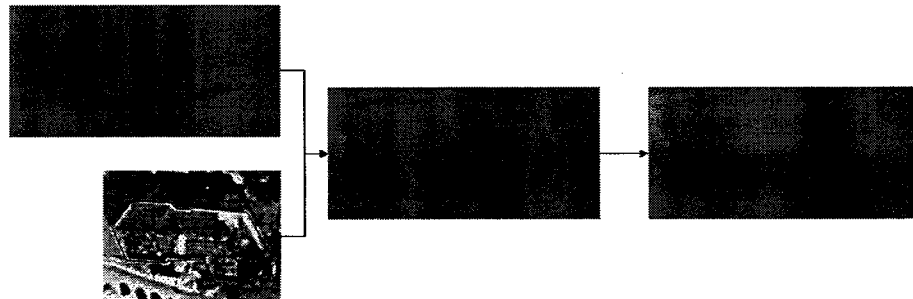
[그림 5-1] 지면점 추출전후의 3차원 지형정보 구축 결과

2. LiDAR에 의한 3차원 시설물정보 구축결과

일반적으로 아주 높은 밀도로 취득되지 않은 항공LiDAR자료를 이용하여 3차원 시설물을 효과적으로 정보화·시각화하기 위해서는 시설물에 대한 자료점 추출만으로는 부족하며 항공사진 등의 영상자료를 참조하여 시설물의 경계 등을 생성하고 이를 함께 활용하는 것이 바람직하다 (그림 5-2).



(a) 시설물 추출점을 그대로 이용한 경우



(b) 시설물 추출점 및 영상구획 성과를 활용한 경우

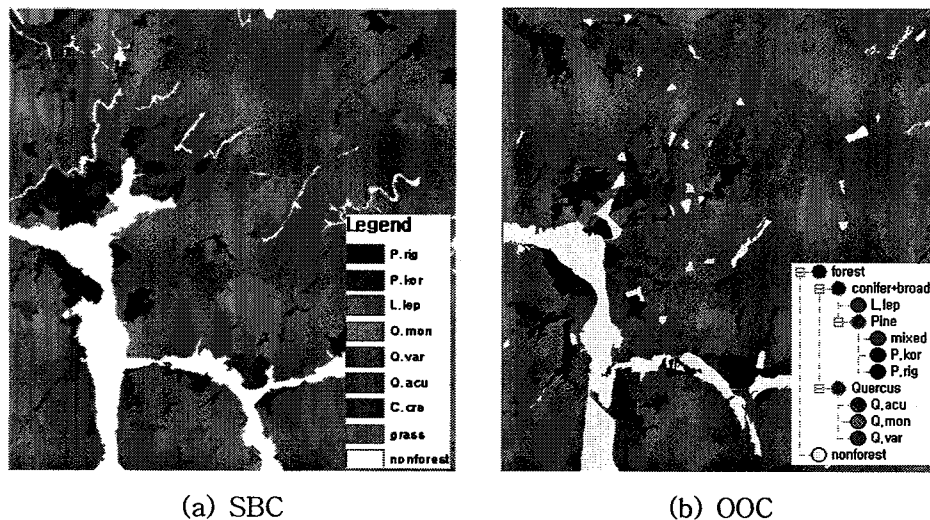
[그림 5-2] 3차원 시설물정보 구축결과

3. 식생정보 구축결과

(1) 고해상도 위성영상에 의한 정밀식생 정보 구축

- SBC는 PBC의 문제점인 ‘salt-and-pepper’ 효과를 제거하여 임상도의 제작이 가능하게 되었다(그림 5-3(a)).

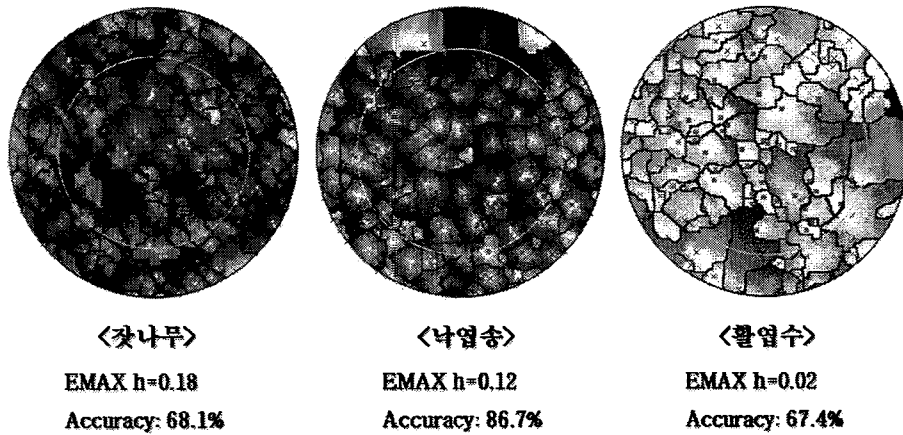
- OOC는 퍼지규칙을 적용하여 PBC와 SBC에서는 어려운 작업인 트리구조의 그룹지정이 가능하면서 사용자가 목적하는 분류를 도출해 내었다(그림 5-3(b)). OOC를 이용하여 임분패턴을 분할할 경우 공간 위치가 불규칙하게 군집하고 있기 때문에 어려움이 따른다. 하지만 수종의 분포 특성이나 분광 범위를 분할계급별로 파악하여 퍼지 규칙을 적용할 경우 임상을 효율적으로 구축할 수 있을 것이다.



[그림 5-3] 고해상도 영상의 SBC 결과(a)와 OOC 결과(b)

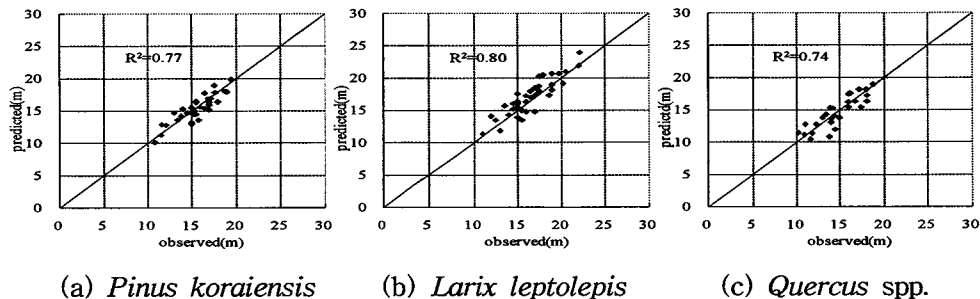
(2) LiDAR에 의한 개체목 단위의 식생정보구축

- 잣나무, 낙엽송, 활엽수 등 우리나라의 대표적 임분을 대상으로 Watershed 분할방법으로 DCM 처리한 결과 [그림 5-4]와 같이 개체목의 분할이 수행되었고, 정확도는 침엽수가 비교적 높게 나타났는데, 이것은 임목의 수관(樹冠, Corn과 Ellipse 형태)의 형태에 따라서 분할된 개체목 Boundary 내 Cell 값들의 최대값, 최소값 사이의 차이가 크고 작음에 의해 영향과 또한 임분 내 임목의 수관 사이의 접합정도 등에 의한 영향이라고 분석된다.



[그림 5-4] 수종에 따른 개체목 분할의 결과

• 분할된 개체목 내에서 가장 높은 픽셀값을 수고로 결정하였고, 해당 Cell의 위치를 임목의 위치로 분석하였다. 분석결과를 현장조사자료와 대조 분석하였는데, 침엽수의 수고추정 정확도가 활엽수보다 높게 추정되었다. 이것은 수종별 수간(樹幹)의 형태에 따른 것이라고 볼 수 있는데, 침엽수종은 수간이 거의 수직으로 뻗어있기 때문에 현장조사 자료와 거의 일치하지만, 활엽수는 수간이 수직으로 곧은 것이 거의 없고 휘어지면서 성장하므로 실제측정수고와 차이가 발생할 수 있기 때문인 것으로 판단된다 (그림 5-5).



[그림 5-5] 수종별 추정 수고의 정확도 분석

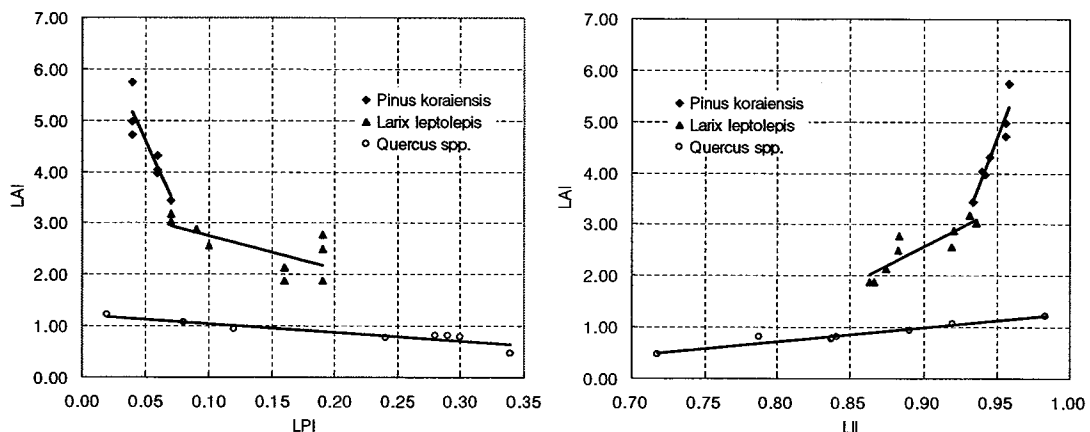
(3) LiDAR에 의한 3D 식생구조 및 밀도정보 구축

• 추정된 LPI 및 LII를 이용하여 추정된 LAI와 현장에서 조사한 LAI를 비교해본 결과, LII를 이용하여 추정된 LAI가 LPI를 이용하여 추정된 LAI보다 실제의 LAI에 더 근접함을 알 수 있었다.

[표 5-1] Accuracies of the LAI estimations with LPI and LII

Species	Statistics	LPI	LII
	Function	$LAI = -54.561 \cdot LPI + 7.3411$	$LAI = 50.184 \cdot LII - 42.573$
<i>Pinus koraiensis</i>	Range	0.04~0.07	0.92~0.96
	R ²	0.81	0.88
	RMSE	0.31	0.24
	Function	$LAI = -8.3405 LPI + 3.5776$	$LAI = 8.2604 LII - 4.6359$
<i>Larix leptolepis</i>	Range	0.07~0.19	0.78~0.91
	R ²	0.73	0.85
	RMSE	0.25	0.18
	Function	$LAI = -1.7093 \cdot LPI + 1.2168$	$LAI = 1.8422 LII - 0.6043$
<i>Quercus</i> spp.	Range	0.02~0.34	0.66~0.98
	R ²	0.81	0.86
	RMSE	0.09	0.08

• 또한 수종별 잎의 발아상태 및 성숙단계에 따라 추정된 회귀식의 기울기가 다름을 알 수 있다. 이것은 단위 LPI 및 LII의 증가분에 비해 LAI의 증가분이 시간이 지날수록 커지는 것을 의미한다. 즉 임관에 의해 레이저 포인트가 다량 차단될수록 회귀식의 기울기의 절대값은 높아지게 된다 (그림 5-6).



[그림 5-6] LPI와 LII에 따른 LAI의 분포 및 수종별 기울기의 비교

• 측정된 데이터는 4월에 취득된 데이터를 사용하여 참나무류는 잎이 거의 발생하지 않았기 때문에 LAI 측정의 의미는, 잎이 완전히 발생된 후 측정된 LAI와 비교를 통해 가지 및 줄기의 영향을 알아볼 수 있다. 또한, 낙엽송의 경우도 잎이 다량 발생을 하였지만 잎의 크기가 성숙된 잎의 크기보다는 작았기 때문에, 여름철

잎이 완전히 발아하여 성숙되었을 때 측정을 하면 시기별 LAI의 변화량을 측정할 수 있다.

(4) 항공 및 지상 LiDAR 융합에 의한 식생의 역공학적 3D정보 구축

- small-footprint방식의 항공LiDAR는 임목의 수고나 수관측량에 있어 과소치가 나오고 수평방향에서의 정보량에도 제약이 있다. 정확한 식생정보를 구축하기 위해 지상LiDAR자료를 취득하여 3차원으로 재구성한 것이 다음의 [그림 5-7]이다. 그림에서 보는 바와 같이 개체목의 위치, 수고, 수관 등에 대한 3차원적 식생구조가 그대로 취득되므로 정밀한 현장조사보다도 훨씬 많은 양의 정보를 활용할 수 있다.



[그림 5-7] 지상 LiDAR에 의한 3차원 식생정보 구축결과

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

구 분 연구내용	추진 일정										진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
현행 건설 환경 관련 정책 및 제도 중 생태공학적 요소의 도출 및 평가											100
현행 건설 환경 정책, 법령, 제도의 문제점 도출 및 개선방안 제시											100
생태적 건전성 기술 개발											90
어메니티 평가 기술 개발											90
단지개발 사업의 생태요소를 주요 파라미터로 하는 기법/모델 개발											100
생태가치 종합평가 소프트웨어 개발											80
생태학적 가치평가 모형 분석											100
생태가치평가 지표 개발											100
생태가치 평가 기법 개발											90
생태적 공간범위의 도출 및 공간범위 내의 지역구분 기법 개발											100
단지개발사업에 대한 생태계 영향평가 기법 및 생태네트워크 전략구상											90
GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발											90
총 진도율	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

..... 당초계획

————— 실적

2. 연구개발 목표의 달성도

연구 목표	달 성 도 (%)	내 용
현행 건설 환경 관련 정책 및 제도 중 생태공학적 요소의 도출 및 평가	100	1차년도의 연구결과를 바탕으로 각 분야의 건설공사에서 고려하여야 하는 생태요소와 이들 요소의 평가방법, 평가시기 등을 구체적으로 제시하는 가이드라인을 작성
현행 건설 환경 정책, 법령, 제도의 문제점 도출 및 개선방안 제시	100	- 특히 대규모의 공공사업에 대하여 미래형 생태건설 도입 근거를 제시하고 법령 또는 정책 등의 구체적 도입 방법을 제안 - 향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반을 조성하는 로드맵을 작성하여 연구결과가 실제 정책에 반영될 수 있도록 하고 이로부터 관련 산업과 연구들이 활발히 진행될 수 있도록 유도함
생태적 건전성 기술 개발	90	- 생태적 건전성 평가를 위한 핵심환경요소를 선정하고 현장 모니터링 결과를 분석하여 주요 분야별 핵심요소를 추출 - 분야별, 항목별 가중치를 차등화 하여 자연환경 분석 모형 개발
어메니티 평가 기술 개발	90	1차년도 연구결과로부터 설정한 생태적 공간범위 내에서 물, 대기, 동식물 생태계, 경관, 지형 등 자연환경에 대한 인식 및 선호도를 조사함으로써 인문사회 환경과 생태어메니티 분석 모형 개발 - 현장 모니터링 결과를 이용한 개발 모델의 적용 가능성 연구
단지개발 사업의 생태요소를 주요 파라미터로 하는 기법/모델 개발	100	- 생태계 영향평가 지표를 표본사례(단지개발사업)에 적용하여 지표별 측정 데이터 자료 구축, 분석, 평가함으로써 생태계 영향 핵심 평가지표를 개발 - 생태계 영향 핵심 평가지표가 표방하는 목표달성을 위한 생태네트 워크 전략의 기본 틀 완성(Conceptual Model)
생태가치 종합평가 소프트웨어 개발	80	각각의 방법론을 통해 추출된 값의 통합 및 모델들 간의 통합방법을 연구하여 환경적 정보를 종합적으로 평가할 수 있는 소프트웨어 개발
생태학적 가치평가 모형 분석	100	- 환경오염의 대표적인 지시자로 활용되어온 수질 평가 방식을 기본적인 접근으로 하여 개발 모색 - 기존의 점오염원 중심의 오염 평가 모델과 강우에 따른 홍수관리 측면에서 접근한 평가 모델들을 개선
생태가치평가 지표 개발	100	생태계 영향 핵심요소의 검증과 피드백을 거친 후, 생태계 영향 핵심요소와 측정방법을 완성하고 평가지표화 함
생태가치 평가 기법 개발	90	- 추출된 각 평가지표들의 정량적 지수화 방법을 고안 - 정량적으로 지수화된 평가지표들을 종합적으로 평가 할 수 있는 기법의 개발
생태적 공간범위의 도출 및 공간범위 내의 지역구분 기법 개발	100	건설행위로 인해 달라지는 토지이용의 짜임(Configuration)과 묶음(Cluster) 변화를 정량적으로 파악

단지개발사업에 대한 생태계 영향평가 기법 및 생태네트워크 전략구상	90	• 단지개발지역 대상으로 각각 공동핵심 생태영향요소에 입각한 생태계 영향평가기 법 개발 및 생태네트워크 전략의 기본 틀 완성
GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발	90	• GIS를 이용하여 수집된 환경정보를 주제 도화 하여 GIS 기반의 공간분석을 적용 • 공간분석을 통한 환경영향조사 및 영향 예측 기법 개발 • 각 주제도의 중첩 등을 통해 GIS 기반의 생태 시뮬레이션 구현 프로그램 개발

제 2 절 연구결과의 기여도

1. 미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성

향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반을 조성하는 로드맵을 작성하여 연구결과가 실제 정책에 반영될 수 있도록 하고 이로부터 관련 산업과 연구들이 활발히 진행될 수 있도록 유도함

2. 생태적 건전성 및 생태어메니티 평가기법 확립/개발

개발사업 전후의 생태가치 (생태적 건전성, 생태어메니티 등) 변화에 대한 비교 및 평가 도구를 개발하였으며 이를 활용하여 개발사업의 친환경적 요소를 고려하는 심사기준으로 이용할 수 있음

3. 생태학 가치평가 모형 분석 및 정량적 생태가치평가 기법 개발

생태-경제 통합분석모형” 및 “새로운 생태가치평가 기법”을 도입함으로써 대형개발사업 시행에 따른 환경과 개발간의 갈등에 대한 사전통합 - 조정 - 합리적 해결이 가능해졌으며 생태환경이 갖는 다양한 이용가치와 비이용가치들의 객관적이고 종합적인 평가로 건설사업 시행으로 발생하는 환경생태적 영향을 고려할 수 있음

4. GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발

단지 개발사업에 의해 변화되는 자연물과 인공물을 데이터베이스화 하여 생태가치를 평가할 수 있도록 하였으며 공간 및 지반정보를 활용하고 각각의 위치·속성자료를 이용하여 효율적으로 데이터를 처리할 수 있고 시나리오에 따라 건설이 진행되었을 때, 특히 어떠한 위험성이 나타날 수 있는지에 대해서 예측할 수 있는 기반을 제공

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구성과의 활용방안

☐ 당해연도 연구는 최종목적 달성을 위한 핵심 구성요소를 개발하는 단계로 평가지표를 확립하고 평가기술을 개발하여 실제 활용가능한 성과물을 만들었음

☐ 다음 단계의 연구를 위한 핵심요소를 개발하고 지식적 기반을 갖추어 도시개발계획 시 적극적으로 활용될 수 있는 생태가치평가기술의 개발에 한 걸음 다가섰다는 데에 큰 의미가 있음

☐ 본 연구의 당해년도 연구 성과는 다음과 같음

- '07년 제33회 대한토목학회 추계 학술대회 발표 (2007. 10)
 - 생태적 건전성 및 생태어메니티를 고려한 건설 산업 타당성 평가 기술 개발 방안
- '08년 한국환경영향평가학회 춘계 학술대회 발표 (2008. 4)
 - 도심지 생태가치평가 방법에 대한 고찰
- '08년 한국환경영향평가학회 춘계 학술대회 발표 (2008. 4)
 - 생태건전성 및 어메니티를 고려한 도시개발사업 환경영향 평가방법 개발 방안

제 2 절 연구성과의 기대효과

1. 기술적 측면

☐ 본 기술은 근본적으로 미래형 생태건설 기반조성을 위한 법적, 제도적 장치를 확립하고 생태건설 기술의 도입 및 활성화를 위한 기반을 마련하여 건설 및 개발 산업에 있어 하나의 전환점이 될 것임

☐ 또한 생태적 건전성 및 생태어메니티를 평가하는 기술을 함께 개발하고 적용함으로써, 인간 중심의 새로운 생태가치 평가기술을 확립할 것으로 기대됨

☐ 이는 생태건설의 효과를 분석하는 것뿐만 아니라, 건설 및 개발 사업의 계획 단계에서부터 시공, 관리, 사후영향평가에까지 널리 이용될 수 있는 평가기술로, 건설 산업 전반에 생태공학적 관점을 도입하고 지속가능한 개발을 지향하도록 하는 발판이 될 것임

2. 사회·경제적 측면

□ 본 연구에서는 연구의 내용을 참여기업 및 정부 정책 등과 연관시켜 다음과 같은 활용 가치가 있을 것으로 판단됨

- 생태학적 요소를 고려한 토목, 건설사업의 성과를 생태학적으로 평가하는 도구
- 건설 및 개발사업 설계, 시공, 관리 등 전 단계에서 대안 검토 시 생태적 요소를 반영하는 정량적 지표로 사용
- 개발사업 전후의 생태가치 (생태적 건전성, 생태어메니티 등) 변화에 대한 비교 및 평가 도구
- 개발사업의 친환경적 요소를 고려하는 심사기준으로 활용
- 개발사업에 대한 투자효과를 생태가치로 정량화하여 개발행위의 당위성 및 투자의 효용성 확인 도구
- 토목, 건설사업 시 발생하는 갈등 조정 시 과학적, 합리적 방법으로 도출된 정량적 지표

□ 또한, 당해연도 연구의 주요 내용은 개별적으로 다음과 같은 분야에서 활용이 가능함

당해연도 주요 연구내용	활용방안 및 기대성과
미래 생태건설 기술개발을 위한 제도적 기반 조성	향후 미래형 생태건설의 도입 및 활성화를 위한 제도적 기반을 조성하는 로드맵을 작성하여 연구결과가 실제 정책에 반영될 수 있도록 하고 이로부터 관련 산업과 연구들이 활발히 진행될 수 있도록 유도함
생태적 건전성 및 생태어메니티 평가기법 확립/개발	- 개발사업 전후의 생태가치 (생태적 건전성, 생태어메니티 등) 변화에 대한 비교 및 평가 도구 - 개발사업의 친환경적 요소를 고려하는 심사기준으로 활용
생태학 가치평가 모형 분석 및 정량적	“생태-경제 통합분석모형” 및 “새로운 생태가치평가 기법”을 도입함으로써 대형개발사업 시행에 따른 환경과 개발간의 갈등에 대한 사전통합·조정·합리적 해결이 가능

생태가치평가 기법 개발	해짐 • 생태환경이 갖는 다양한 이용가치와 비이용가치들의 객관적이고 종합적인 평가로 건설사업 시행으로 발생하는 환경생태적 영향을 고려할 수 있음
GIS기반 생태시뮬레이션 기법 개발	• 단지 개발사업에 의해 변화되는 자연물과 인공물을 데이터 베이스화 하여 생태가치를 평가할 수 있도록 함 • 공간 및 지반정보를 활용하고 각각의 위치 속성자료를 이용하여 효율적으로 데이터를 처리할 수 있음 • 시나리오에 따라 건설이 진행되었을 때, 특히 어떠한 위험성이 나타날 수 있는지에 대해서 예측할 수 있는 기반을 제공

제 3 절 연구성과의 기업 활용방안

1. 참여기업의 현황분석

가. 대림산업(주)

- 토목, 건축 및 플랜트 등 다양한 분야의 시공 전문기업으로서 2005년 매출규모는 약 4조 2567억원이며, 상시 종업원 수는 약 3,300명을 상회하는 규모의 기업임

- 최근 다양한 생태요소를 고려한 건설기법의 개발 및 적용을 통해 친환경적 기업 이미지의 제고를 위한 다양한 노력을 기울이고 있음. 이미 공동주택 등과 같은 건축분야의 경우 실내 공기질 오염저감을 위한 시공기법 개발 및 건설재료의 평가 등과 관련한 연구와, 빗물이용시설의 적용, 오수처리수를 이용한 공동주택 단지 내 수생 비오톱(biotope) 조성기법 개발 등과 관련한 다양한 연구를 수행해 오고 있음

- 그러나 토목분야의 경우 생태적 요소의 적용이 건축분야에 비해 용이하지 않을 뿐만 아니라 적용에 따른 효과의 평가를 위한 적절한 평가기법이 개발되지 않았기 때문에 이와 관련한 다양한 시공기법의 적용이 다소 미흡했던 것으로 판단하고 있음

- 따라서 각 시공 분야별로 다양한 생태요소의 적용을 통한 효과의 정량적 평가를

위한 기법의 개발을 목표로 하고 있는 본 연구의 성과물 적용을 통한 친환경적 기업이미지의 제고 및 미래 기업경쟁력의 확보에 큰 역할을 할 것으로 기대하고 있음

나. 현대건설(주)

- 현대건설 역시 대형 건설시공사로서 국내외 각종 공사 수행 시 환경보호측면과 개발측면의 서로 상반된 문제에 대한 해결방안이 필요함

- 지속가능한 개발 및 환경보호를 위해 생태적 요소를 도입한 토목건설 산업의 혜택을 생태계뿐만 아니라 생태적 건전성과 생태어메니티 측면까지 고려한 평가방법이 필요한 실정임

2. 참여기업별 연계방안 및 추진전략

- 대규모 건설공사 수행 시 생태기능의 확보 및 가치 평가를 통해 생태계뿐만 아니라 개발 수혜자의 입장을 동시에 고려할 수 있는 기법을 개발하여 활용하고자 함

- 개발사업의 설계단계에서 대안 검토 시 생태적 요소를 반영하는 정량적 지표로 활용하고자 함

- 토목, 건설 사업 시 발생하는 갈등을 조정하고 과학적, 합리적 방법으로 도출된 정량적 지표로서 활용 가능할 것으로 판단됨

번호	기업명	과제에 대한 기업 관심영역	연계방안								
			기업 활용	장비 활용	교육 연계	기술 상담	정보 제공	기술 지도	기술 이전	공동 연구	창업 지원
1	현대건설(주)	생태가치 평가기법	V				V				
2	대림산업(주)	생태적 설계 및 시공 및 사전 평가기술	V			V	V	V	V	V	
합계											

제 4 절 타 산업에 미치는 효과

- 본 과제의 연구 과정에서 다양한 건설 분야에 대한 기본적인 생태 조사와 평가, 기초생태연구들이 이루어지는 것은 물론, 건설 사업의 전 과정에서 발생하는 생태적 영향을 분석하는 계기가 되어 건설 산업 전반에 큰 변화를 일으킬 것임
- 본 연구의 결과가 성공적으로 정책에 반영될 경우, 대규모 공공사업에 대한 국민의 신뢰도를 높일 수 있으며, 국가적인 의식변화의 계기로 작용할 수 있을 것임
- 또한 생태공학적 요소를 산업 및 생활 전반에 도입하는 계기로 작용하여, 지속가능한 개발을 위한 첫걸음이 될 것임
- 대외적 측면에서는 친환경적인 국가이미지를 창출할 수 있으며, 이는 기술적으로 세계 환경시장을 선점하는 것은 물론, 국제적으로 환경규제가 강화되고 있는 현실에 발맞추고, 안정적인 수출시장을 확보하는 데에도 기여할 것으로 기대됨

제 5 절 정부 정책과의 연계 방안

- 본 연구과제의 1차년도 및 2차년도 연구의 결과로 현행 제도의 문제점을 고찰하고 이에 대한 해결책을 제시하며, 나아가 정부의 정책과 법령 등을 제안하고자 함
- 또한 생태건설기술 도입을 위한 로드맵을 작성함으로써 앞으로 건설 산업에 대한 정부 정책이 나아가야 할 방향을 제시할 것임
- 생태가치 평가기술을 공공사업에 적용함으로써 국가에서 추진하는 대규모 개발사업에 대한 국민의 신뢰도 얻을 수 있을 것임

제 6 절 관련 후속연구개발의 전망

- 생태공학 관련 연구는 선진국에서도 시작단계에 있는 연구 분야이므로 후속연구의 가능성은 무궁무진하다고 할 수 있음
- 단지 조성을 대상으로 하는 본 연구의 성과는 생태도로, 생태하천 및 댐 조성, 생

태도시 건설, 오염된 환경의 생태정화, 생태항만 건설 등 생태학적 가치관을 도입한 토목 및 환경공학에 대한 후속연구를 촉진할 것으로 기대됨

- 또한 이미 단위과제로 연구되고 있는 생태하천이나 생태통로, 환경친화적 건설재료 개발기술 등이 보다 풍성하고 다양한 분야에 접목될 수 있을 것이며, 이들 사업에 대하여 본 연구에서 제안한 평가기술 적용 등을 통하여 보다 활발한 학제 간 연구가 가능하게 될 것임

- 계획단계에서부터 생태평가를 도입하는 도시 및 단지계획, 건설계획, 구조물 설계 등의 분야가 개척될 것이며, 더불어 다양한 생태학적 요소들에 대한 조사와 평가 방안들이 연구될 것으로 기대됨

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 생태계평가 기술

1.1 생태계 평가의 이론적 배경

일반적으로 생태계의 평가과정은 인간중심의 관점에서 필요한 생물상과 서식지를 중점적으로 평가하는 경우가 많다. 생태계를 평가함에 있어서 주요한 점은 생물군집을 유지할 수 있는 생태계의 건전성이다. 따라서 최소한 생태계의 구조, 기능을 제어할 수 있는 항목을 추가적으로 도입한다.

가. 평가에 고려해야 할 점

- 물리적 환경 고려
- 생물다양성, 생태학적 과정 고려
- 경제성, 사회성, 문화성 고려
- 기존 평가항목 (다양성, 고유성, 유연성, 안정성, 회복력, 저항력)의 시공간적 통일

나. 주요 평가 지표가 될 수 있는 항목의 선정

- 물리적 환경 항목: 지리, 지질, 토양, 기후
- 생물학적 항목: 생물상, 식생, 다양성 (생물 및 서식지다양성)
- 대상 생물상 기준의 서식지 적합성
- 생태계 기능: 영양단계, 물질순환, 군집구조, 서식지 공간특성
- 주요 생태계의 배경 (경관규모)

경관유형과 생태과정은 밀접하게 연관되어 있으나 대상 생물별 서식지의 유형 및 주변 환경이 생물상을 둘러싸고 있는 생태계의 기능에 달리 적용되어 나타나기 때문에 명확하게 정량화하는 것은 현재로는 어렵다고 본다 (Turner 등, 1989, 1991). 서식지 적합성은 인접한 서식지를 평가하여 알 수 있으나 이 분석은 특별한 생태공간에 대하여 부분적으로만 적용된다. 따라서 공간유형분석은 전체 종에 대한 서식지를 평가하는데 적용될 수 있다. 서식지의 적합성을 측정할 수 있는 방법에는 개별 서식지의 면적, 상대면적비율, 그리고 서식지 사이의 연결성, 패치의 수, 최대패치크기, 평균패치크기, 인접성 등이 있으며, 또한 전체 서식지에 대한 프랙털 지수

등이 있다.

1.2 평가 방법

가. 고유성 평가

생태계의 위계 구조를 고려할 때 일정 수준의 고유성은 그 보다 위의 단계나 아래 단계에서 발생하는 생태과정에 의하여 유지된다 (O'Neil 등 1989). 고유성을 평가하는데 생태과정을 활용할 수 없으므로 종과 개체군 (군집 혹은 군락)을 이용하여 평가한다 (표 1).

<표 1> 생태계를 구성하고 고유성을 평가하는데 이용되는 5가지 요소

A: 수서생태계, T: 육상생태계

등급	요인	
물리화학적 조건	기온 PH 일사량 양분	염도 강수량 (T) 산소 (A) 오염물질
영양단계	에너지원 생산성 먹이 크기	먹이의 에너지함량 먹이의 공간분포 에너지 전이 효율성
서식지 구조	공간적 복잡성 은신처와 피신처 지형 (T) 토양조성 (T) 식생높이 (T)	식생형 (T) 분지와 배수로 형태 (A) 底質 조성 (A) 수위 (A) 유속 (A)
시간적 변이	격년형 계절형 일년형	예측가능성 기후 (T) 풍향 (A)
생물학적 상호작용	경쟁 기생 포식	질병 상호의존 共進化

나. 서식지단편화 평가

경관고유성에 가장 영향을 주는 과정이 단편화과정이다. 단편화과정은 경관내에서의 패치 분산을 측정함으로써 알 수 있다.

◆ 단편화과정 측정 지수 및 모델: 패치 크기, 패치 모양, 패치공간배열, 패치간

거리, 패치간 환경저항성, 중립모델 (가상적 경관모델)

다. 취약성과 안정성

취약성이란 교란을 받은 시스템이 변형되는 속성이다. 종조성이나 풍부도의 급격한 변화는 생태계 취약성의 지표이다. 인간이 영향을 미치는 경관은 매우 취약하며 토지유형과 생물군집 구성을 변화시킨다. 취약성과 안정성은 스케일에 의존하며 상호의존적이다. 산불의 경우, 단시간에 좁은 면적에서 발생하면 생태계 취약성이 증가되지만 장기간에 걸쳐서 반복되고 지속되면 그 시스템은 오히려 안정적이라 할 수 있다.

하천은 단기간에서는 유동적이지만 장기적으로는 안정성을 유지한다. 호소의 경우, 단기적으로는 매우 안정적인 상태로 보일 수 있으나 장기적으로는 수위에 따라서 많은 변동을 보이고 있다. 취약성이 증가하면서 외래종의 침투나 고유종의 소멸을 초래한다. 특히 종의 소멸은 생태계 단편화에 의하여 내부 서식지의 변화, 축소와 서식지간의 연결성이 감소되면서 더욱 빨리 진행된다. 외래종 침투의 경우는 서식지 내부적인 문제보다도 오히려 외부 환경조건이 바뀌면서 진행된다. 단편화에 의하여 서식지 내부 면적이 좁아지고 가장자리 면적이 늘어나면 상대적으로 교란을 받기 쉬운 가장자리에 적합한 생물종의 침투가 용이하게 된다. 소멸과 침투는 취약성을 증가시킨다.

라. 회복력과 저항력

회복력은 교란 이후에 시스템이 회복되어가는 속성이다. 이 속성은 생태계 안정성을 되찾아 가는 장기간의 생태과정에서 매우 중요하게 다루어야 할 항목이다. 저항성은 자연계보다는 인공계에서 흔히 다루어진다.

마. 중추종

중추종에 관한 이론은 Paine (1966)에 의하여 인용되었으나 현재 생태학뿐만 아니라 환경생물학 전반에 걸쳐서 인용되고 있다. <표 2>에서는 생태계 평가에 있어서 다루어야 할 5가지의 중추종 범례가 열거되어 있다. 그러나 그 중요성에 비추어 실제로 생태계 평가에 있어서 이들의 역할에 대한 연구는 매우 적다. 대체로 중추종은 생태계 혹은 경관이 형성되는데 주요한 역할을 하는 종으로 알려진다. 중추종

의 상태를 측정하기는 어려우나 Power 등 (1996)에 의하여 중추종임을 확인할 군집 중요도지수가 이용된다.

$$CI = \left(\frac{T_n - T_d}{T_n} \right) \left(\frac{1}{\Pi} \right)$$

여기에서 T_n 은 대상 종 흔적에 대한 정량적 측정값 (예. 다양성), T_d 는 대상 종이 제외되었을 때의 측정값, Π 는 종 I의 풍부도이다. CI가 1보다 크면 그 종은 그 생태계에서의 중추종이라고 할 수 있다.

<표 2> 중추종의 범례와 제거되었을 때의 생태계에 미치는 영향 (Mill 등, 1993)

중추종 범례	제거의 효과
포식자	다른 한 종 이상의 포식자, 소비자, 경쟁자가 증가하여 연속적으로 먹이, 경쟁자 종에게 영향을 준다.
먹이	포식자가 소멸; 포식자 개체군의 파괴
식물	의존 동물의 근절, 잠재적으로 곤충집단과 조류 등에 영향을 미침
연계성	특정 식물의 번식과 발아가 실패
조절자	서식지 유형과 에너지 흐름에 영향을 주는 구조/물질의 손실, 어느 단계의 천이과정과 서식지 자원에 의존하는 생물종의 소멸

바. 지역의 생물다양성

지역 경관 수준의 생물다양성 지표는 대 면적 생태계의 생물다양성 현황을 파악하는데 중요하다. 대개 종 수준의 다양성 지수는 생태계의 복잡성을 설명하는데 매우 불충분하다. 종, 개체군의 영향이 대상면적이 넓어지면서 달라지기 때문에 종 특이성에 대한 검증 또한 다양한 공간 범위에서 다루어져야 할 것이다. Noss (1990)는 생물다양성을 유전적, 종-개체군, 군집, 그리고 경관의 수준에서 구분하여 정의하고 있다. 경관생태학은 환경 지표를 평가하는데 중요한 방법을 제시하고 있다. 여기에는 기존의 야외 관찰, GIS, GAP 모델 등의 방법뿐만 아니라 항공사진, 위성영상 등 다양한 척도에서 분석이 가능하다. <표 3>은 개체, 조성, 구조와 기능 등 네 가지 수준에서 생물다양성을 모니터링 할 수 있는 변수를 제시하고 있다.

<표 3> 네 가지 범례에서의 생물다양성에 대한 모니터링과 조사 항목 (Noss 1990 변형)

지표				
	조성	구조	기능	모니터링 기법
지역 및 경관 수준	패치(서식지)유형 및 경관구조의 동정, 분포, 풍부 도 및 속성; 종집 단의 분포유형 (풍부도, 고유성)	이질성; 연결성; 공간적 연계; 패 치화; 다공성; 대 조; 입도크기; 단 편화; 배열; 배향; 패치크기 빈도 분 포; 둘레-면적비 율; 서식지 분포 유형	교란과정 (면적, 빈도, 재발생 기 간, 운반기간, 예 측력; 집중도; 강 도; 계절성); 양분 순환률; 에너지 유동속도; 패치 지속성과 전환율; 침식, 지형, 수리 과정의 속도; 인 간의 토지이용 선 호도	항공사진 (위성 혹은 항공계측); 위성영상; 지리정 보시스템; 시계열 분석; 공간분석통 계; 이질성, 유형, 연결성, 다양성, 가장자리 특징, 중첩과정 등에 관 한 수리모델, 프 랙털 지수
군집-생태 계 수준	종과 집단의 동 정, 상대빈도, 풍 부도, 균등도, 다 양성; 고유종, 외 래종, 위기종 등 의 비율, 우점도- 다양성곡선; 생활 형 구조; 군락유 사성; C4, C3식물 종, 비율	토양 변수; 사면, 방향; 식생, 현존 량, 상관, 엽상밀 도 및 총수, 수평 적 패치화; 수관 개폐정도와 숲틈 밀도; 주요 물리 적 특성의 빈도, 밀도, 분포와 구 성 요소; 물과 자 원 이용도; 적설 량	현존량과 자원 생 산성; 총매화; 기 생 및 포식관계; 종 이주율과 소멸 속도; 패치동태 (미세규모의 교란 과정); 양분순환 률; 인간 간섭정 도;	항공사진과 위성 영상자료; 지면사 진; 식?Pduf 분석; 물리적 서식지 측 정과 자원 조사; 서식지 적합도 지 수; 관찰, 센서스, 모니터링, 포획; 수리적 모델 및 지수 (예. 다양성, 이질성, 총상구조, 생물학적 고유성)
개체군-종 수준	절대빈도, 상대빈 도; 풍부도; 중요 도; 식생피복도; 현존량; 밀도	분산 (미세분포); 범위 (거시분포); 개체군 구조 (성 비율, 연령구조); 서식지 변수 (군 집-생태계 수준과 유사), 개체간 형 태 변이	개체군 통계적 과 정 (교배, 발아율, 생존율, 사망률); 메타개체군 동태; 개체군 유전학; 개체군 변동; 생 리; 생활사; 개화 기; 개체의 성장 률; 적응과정	센서스 (관찰, 집 수, 포획, 표식, 추적); 위성영상자 료; 서식지 접합 도 지수; 종-서식 지모델; 개체군 생존모델
유전적 수준	대립유전자 다양 성; 핵형변이체; 희소성 대립유전 자	센서스와 개체군 크기; 이형접합; 염색체 혹은 표현 적 다형성	근친교배; 유전적 흐름; 돌연변이	전기영동; 핵형분 석; DNA 염기분 석; 자손-모체상 관; 형태분석

1.3 경관분석지수

생태학에서 종의 수를 계산하는 것은 동식물 군집의 복잡성을 평가하는데 가장 기본적인 방법이 되고 있다 (Farina, 2000). 그 외에 식물의 밀도, 식생의 수직분포, 현존량 등도 중요한 측정방법의 하나이다 (Muller-Dombois & Ellenberg 1974). 경관생태학적인 방법으로 생태계를 평가하는 것은 생태계를 둘러싸고 있는 경관과 개별 생태계의 구조와 기능을 측정하는 것이다. 많은 지수들이 활용되어 오고 있으나 대상 생물, 공간, 생태계 범위에 따라서 달리 사용되기 때문에 그 사용점에 유의하여야 한다. 이러한 지수의 활용은 주로 서식지 패치의 분포, 형태, 그리고 공간적 배열에서부터 기인한다. McGarigal과 Marks (1995)이 개발한 공간통계프로그램 FRAGSTATS는 이러한 지수를 종합하여 제공하고 있다. 최소한 경관조성 (Landscape composition)과 경관배열 (Landscape configuration) 두 가지 상이한 접근방식이 경관에 적용된다.

경관조성은 경관모자이크를 구성하고 있는 경관요소 (예. 패치, 통로 등)의 양과 질을 설명한다. 경관조성은 특정 생물의 서식지 적합성 (habitat suitability)을 나타내는 적절한 지수이다. 경관을 구성하는 각 경관요소의 상대중요도, 패치풍부도, 패치 다양성 등의 측정방법이 있다.

경관배열은 모자이크내의 패치의 물리적 분포양상을 설명하는 것이다. 패치 고립성, 패치 인접성, 경관경계, 핵심지역의 크기와 모양에 대한 측정을 통하여 경관배열을 설명한다. 특히 패치의 배열과 패치간 거리에 대한 측정도 중요하다. Boundary complexity (경계복잡성)와 같은 지수는 경관에서 패치 수준에 이르기까지 경관배열을 설명하는데 유용한 모델이다. 경관배열에 대한 지수는 하나의 패치 수준에서부터 경관규모에 이르기까지 그 분석영역이 다양하다.

◆ 경관 지수 활용 범위: 개별 패치수준, 동일 패치 집단수준, 경관 수준 (이중 패치 집단간의 상호작용)

가. 개별 서식지 (패치)의 분석지수

- 패치 면적: 모자이크를 구성하는 각 패치의 면적
- 패치의 둘레: 모자이크 내 패치의 둘레 길이
- 패치 밀도

$$PD = \frac{\Xi}{A}(100)$$

$\Xi = n_i$ = 유형 i 패치의 수, A = 전체면적

- 패치의 평균 크기

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\Xi}$$

$\Xi = n_i$ = 유형 i 패치의 수, a_i = 패치 ij 의 면적

- 최대패치지수

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A}(100)$$

$\max(a_{ij})$ = 경관내 최대 패치. LPI값은 0과 1사이에서 이동한다. 즉 하나의 패치가 전체경관을 점유할 때 LPI 값은 1이 된다.

- 패치형태지수: 패치의 축 길이, 둘레-면적에 의한 측정, 면적에 의한 측정, 패치의 반경에 의한 측정, 면적과 길이에 의한 측정, 둘레에 의한 측정, 둘레와 길이에 의한 측정 등 매우 다양한 지수가 있다.

둘레(L)-면적(S) 비율 L/S

프랙털 지수 $D=2s$, $s=\log$ 값을 취한 패치크기와 둘레길이 사이의 회귀식의 기울기

나. 경관내 패치 집단의 분석

- 경관유사성지수

$$LSIM = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A}$$

이 값이 0에 가까우면 경관내 동일 패치 집단이 거의 없음을 의미하여 1에 가까우면 한 유형의 패치가 전체 경관을 구성하고 있음을 나타냄.

- 전체 가장자리

$$TE = \sum_{k=1}^{m'} e_{ik}$$

e_{ik} = i 와 k 패치 유형 사이의 가장자리 길이

- 가장자리 밀도

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}}{A}$$

e_{ik} = i 와 k 패치 유형 사이의 가장자리 길이, A = 경관전체의 면적

다. 서식지의 공간적 배열

Mean Nearest-Neighbor Distance: MNN은 동일한 패치사이의 평균 가장자리 거리를 측정한다. 동일한 서식지 패치는 그 크기에 따라서 동물의 새로운 서식지뿐만 아니라 이동통로의 주요한 징검다리 역할을 하기 때문에 가능하면 연결되어 있는 것이 바람직하다. 이 지수를 이용하여 경관내의 유사 생태계의 연결성을 알 수 있다.

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i}$$

n'_i = 패치 i 가 인접하는 경관내 패치의 수
 h_{ij} = 패치 ij 가 동일한 패치 집단 가운데 가장 가깝게 이웃하는 패치사이의 거리

- Interspersion and Juxtaposition Index: 이 지수가 0에 가까우면 인접한 패치 유

형이 불균등하게 분포하고 있음을 의미하며 경관내에 모든 패치유형이 동일하게 포진할 때 이 값은 100에 가까워진다.

$$IJI = \frac{\sum_{i=1}^{m'} \sum_{k=i+1}^{m'} [(\frac{eik}{E}) * \in (\frac{eik}{E})]}{\in (1/2)[m'(m'-1)]} \times 100$$

eik = 패치 집단 i 와 k 사이의 전체 가장자리길이
 E = 전체 가장자리길이
 m' = 경계지역을 포함하여 경관내에 존재하는 패치유형의 수

라. 서식지간 인접성 지수

이 지수는 패치사이의 거리를 측정한다. 이 지수는 동일한 패치집단에서 각 패치사이의 거리뿐 아니라 다른 집단 사이의 거리도 측정된다. 이 분석은 생물종의 패치 연결성을 평가하는데 중요한 값이다.

- Proximity Index: 만일 일정한 반경내에 이웃하는 패치중에 동일 패치 유형이 없다면 이 값은 0이 되며, 반경이 넓어질수록 이 값은 0보다 커진다.

$$PROXIM = \sum_{s=1}^n \frac{aijs}{hij s^2}$$

$aijs$ = 패치 ij 의 주위 범위내에 존재하는 패치들 ijs 의 면적
 $hij s$ = 패치 ijs 와 패치 ij 사이의 거리
 $s = 1, \dots, n$ 이웃하는 범위내의 패치

마. 경관내 서식지 다양성지수

- Shannon 다양성 지수

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (\Pi * \in \Pi)$$

Π = 패치 i 의 상대중요도

- Simpson 다양성 지수

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m \Pi^2$$

- Shannon 균등도 지수

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (\Pi * \in \Pi)}{\in m}$$

Π = 패치 i 의 상대중요도, m = 동일 그룹의 전체 수

- Simpson 균등도 지수

$$SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m \Pi^2}{1 - (\frac{1}{m})}$$

바. 서식지 내의 핵심구역 지수

핵심구역은 패치의 가장자리로부터 일정 거리를 두고 선정된 대표적인 영역이다. 이 거리는 종에 따라서 결정된다. 핵심구역은 연구와 응용방향에 따라서 설정된다.

- 전체핵심구역

$$TCA = \sum_{j=1}^n aij^c$$

aij^c = 특정 완충지 폭을 가진 패치 ij 의 핵심구역 면적

- 핵심구역밀도

$$CAD = \frac{\sum_{j=1}^n \ni j^c}{A}$$

$\ni j^c$ = 패치유형 ij 의 핵심구역 면적, A = 전체경관의 표면적

- 전체핵심구역 지수

$$TCAI = \frac{\sum_{j=1}^n aij^c}{\sum_{j=1}^n aij}$$

2. 환경경제학적 평가 기술

번호	분류	논문제목	저자 및 년도	내용
1		A national accounting framework for environmental assets	Henry M. Peskin (1976)	service flows와 환경 피해의 가치가 국가 경제 회계에 어떻게 적용될 수 있을 것인가 연구.
2	CVM	Valuing Urban Lakeview Amenities Using Implicit and Contingent Markets	Glenn Blomquist (1988)	시카고의 미시간 호수의 환경 가치에 대해 연간 1인당 \$25를 주택가격으로 더 지불할 의사가 있음을 보임.
3	CVM	Costs and Benefits of Urban Erosion and Sediment control: The North Carolina Experience	Robert G. Paterson, Michael I. Luger, Raymond J. Burby, Edward J. Kaiser, H.Rooney Malcom. Alicia C. (1993)	도시침식과 퇴적물 오염 조절에 대한 새로운 방안의 전국적인 실행을 앞두고, 얼마나 많은 비용적인 부담이 들 것인지 case 조사를 통해 연구. 조사 결과, 노스캐롤라이나의 도시가구는 퇴적물 오염 조절의 현 레벨을 유지하기 위한 WTP는 \$7.1~\$1420만 사이에 해당하는 것으로 나타남.
4	CVM	Measuring the Demand for Improved Urban Sanitation Services : Results of a Contingent Valuation Study in Ouagadougou,	Mir Anjum Altaf, Jeffrey A. Hughes (1994)	Ouagadougou, Burkina Faso에서 거주민에게 공중위생시설의 증설에 대한 지불의사를 도출. 대상지에 시설이 설치될 경우, 한 달에 953 FCFA 의 지불의사를 표현.

		Burkina Faso		
5	CVM Hedonic	Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities	W. Adamowicz, J.Louviere, M.Williams (1994)	레크레이션 장소 선택에 대해 진술 선호 모델과 현시 선호 모델을 이용하여 결과를 비교 분석.
6	CVM	The economic value of urban forest amenities: an application of the contingent valuation method	Liisa Tyrväinen, Hannu Väänänen (1998)	핀란드의 Joensuu에 존재하는 도시 숲의 어메니티에 대한 경제 가치를 도출.
7	CVM	Using Contingent Valuation to Estimate a neighbourhood's willingness to pay to preserve undeveloped urban land	William S. Breffle, Edward R. Morey and Tymon S. Lodder (1998)	콜로라도의 Boulder에 있는 개발되지 않은 면적 5.5 acre 토지의 환경가치를 산출. 인근 주민은 연간 총 \$774,000의 지불의사를 갖고 있음을 밝힘.
8	CA	Stated choice valuation of urban traffic air pollution and noise	Kjartan Sælensminde (1999)	choice model을 이용하여 노르웨이의 도시 내의 교통관련 대기오염과 소음의 경제 가치를 도출. 지역의 대기오염에는 연간 127~255 NK, 소음에는 연간 45~90NK의 WTP를 나타냄.
9	CVM, CA	Comparison of contingent valuation and conjoint analysis in ecosystem management	T.H Stevens, R.Belkner, D.Dennis, D.Kittredge, C.Willis (2000)	비 산업용 개인 삼림지대에 대한 생태계 관리에 대한 지주들의 WTP를 추정. CVM과 CA의 질문 내용이 같더라도 (평가와 가격계산 형식은 다름), WTP 값은 꽤 차이를 보임. 특히 CA 모델이 종종 WTP 값을 더 높게 측정하는 오차를 발생시킴.
10	CA	Valuing watershed quality improvements using conjoint	Stephen Farber, Brian	서부 펜실베이니아 지역 중 광산으로 인해 오염된 하천유역의 수질 향상의 평가에 대한 연구.

		analysis	Griner (2000)	시장조사에서 이용된 CA는 두 개 하천의 수질 향상의 종합적인 평가 수행하기 위해 RUM (random utility model)과 함께 활용됨. 평가된 강으로부터 약 50 마일 안쪽에 거주하는 사람들은 하천 향상에 대해 긍정적인 가치를 부여한 것으로 나타남.
11	CA	Using Conjoint Analysis to Formulate User-centred Guidelines for Urban Design: The Example of New Residential Development in Israel	RACHEL KATOSHEVSKI, HARRY TIMMERMAN (2001)	choice model을 이용하여 이스라엘의 8개 도시(⌋Nazareth, Carmiel, Nesher, Hadera, Rishon LeZion, Rosh-H' aiin, Jerusalem and Ashdod)의 거주민을 대상으로 한 뉴타운에 대한 선호도를 주택의 타입이나 거주 환경을 속성을 통해 조사.
12	CVM	Willingness to Pay for Environmental Improvements in a Large City Evidence from The Spike Model and From a Non-Parametric Approach	Salvador Del Saz-Salazar, Leandro Garcia-Mendoza (2001)	발렌시아 도시의 친환경 개발이 가져올 편익을 추정. 대표적으로 수변공간에 대한 지불의사를 물음. '0' 의 지불의사를 고려하는 spike 모델을 사용하여 1년에 26,636 million pesetas의 편익을 산출.
13	CVM	Economic valuation of urban forest benefits in Finland	L. Tyrvainen (2001)	핀란드의 두 개의 다른 지역 Joensuu와 Salo의 도시 숲의 가치에 대한 연구를 진행. 작은 숲 공원이나 삼림이 우거진 커다란 레크레이션 지역에 대한 거주자들의 WTP를 측정하는 등, CVM을 이용하여 도시 숲의 이용과 관련한 이익과 입장을 화폐적으로 평가.
14	CVM	Modelling the Non-market Environmental Costs and Benefits of Biodiversity Projects Using Contingent Valuation Data	Douglas C. Macmillan, Elizabeth I. Duff, David A. Elston (2001)	현 상태 그대로를 선호하는 응답자로부터의 contingent compensation payment의 포함이 프로젝트의 이득을 감소시킬 수 있다고, 6개의 생물다양성 프로젝트로부터 얻은 증거를 제시.

15	Hedonic	Valuing Urban Wetlands: A Property Price Approach	Brent L., Stephen Polasky, Richard M. Adams (2002)	Hedonic Price Method를 이용하여, 메트로폴리탄 지역인 미국 Oregon 주 Portland 습지 amenity의 가치를 평가. 거주지에 가장 가까운 습지의 크기가 1 acre 커짐에 따라 거주지의 가치는 \$24 증가함. 이와 비슷하게 가장 가까운 습지까지의 거리가 1000 ft 줄어들음에 따라 가치는 \$436씩 증가.
16	CVM	Improving the Performance of Contingent Valuation Studies in Developing Countries	DALE WHITTINGTON (2002)	개도국에서 잘못 활용되고 있는 CVM에 대한 연구. 진술선호방식에 대한 연구가 그것의 성공적인 실행에 매우 중요한 이유: 첫째, 빠르고 능률적인 CV 조사가 신뢰성 있고 정확한 결과를 낸다는 경험적인 증거가 없으며, 둘째로 최근의 더 저렴하고 간단한 CV 연구들이 방법론 그 자체의 신뢰도를 낮출 수 있음.
17	CVM	Using conjoint analysis to estimate farmer's preferences for cattle trait	Kouadio Tano, Mulumba Kamuanga, Merle D. Faminow, Brent Swallow (2003)	남부 Burkina Faso에 있는 소의 특징에 대한 농부들의 선호도를 조사. 개발도상국에서 컨조인트 분석을 이용하여 가축 및 그 외 multiple-attribute goods의 다양성에 대한 선호도를 정량화 하는 방식의 잠재적인 유용성을 확인.
18	CVM	Estimating the Public's Value for Urban Forest in the Seoul Metropolitan Area of Korea: A Contingent Valuation Study	Seung-Jun Kwak, Seung-Hoon Yoo, Sang-Yong Han (2003)	도시개발계획을 하는 데에 있어 정책결정자에게 유용한 정보를 제공하기 위해, CVM을 이용하여 서울 광교산에 대한 공공 가치를 평가. 전체적으로 응답자는 산을 보전하기 위해 적지 않은 금액을 지불할 의사를 보임. 공공에 의해 진술된 광교산의 총 가치는 연간 약 37억 7000만원으로 나타남.
19	CVM	Applying contingent valuation in China to	Xu Zhongmi,	중국 Ejina 생태지역 복원에 대한 WTP를 CVM을 이용하여 산출.

		measure the total economic value of restoring ecosystem services in Ejina egiom	Cheng Guodong, Zhang Zhiqiang, Su Zhiyong, John Loomis (2003)	
20	CA	The Valuation of the Umeer Nature Reserve using Conjoint Analysis	BARBARA E. BAARSMA (2003)	네덜란드의 새로운 주거지역인 IJburg가 건립 되었을 때, 부분적으로 파괴될지도 모를 Umeer nature reserve에 대해 컨조인트 분석을 이용하여 평가 실시.
21	CVM	The economics of community watershed management : some evidence from Nicaragua	Nancy L. Johnson, Mar 1, Eugenia Baltodano (2004)	Nicaragua 언덕에 있는 작은 하천 유역 지역의 거주민에 대한 지역적 하천 서비스 향상의 경제 가치를 추정. 지역 거주자들이 자연적인 수자원의 질 향상에 두는 경제적 가치는 상대적으로 크지 않아 연간 약 \$10,000에 그침.
22	CVM	Estimating the Public Good Value of Preserving a Local Historic Landmark: The Role of Non-substitutability and Citizen Information	Robert W. Kling, Charles F. Revier, Karin Sable (2004)	미국 중간규모의 도시에 위치한 지역의 역사적인 랜드 마크의 보존과 복구 프로젝트에 대한 공공재로서의 가치를 진술 선호 방식으로 연구. 조사 방식은 복원 파트너십에의 도시 참여도에 대해 이중양분선택형질문법을 중심으로 이루어짐.
23	CA	Preferences and Values for Urban Waste Water Services in Small Rural Communities in Northern Victoria	Bethany Cooper, Lin Crase, Brian Dollery (2005)	호주 빅토리아 거주민을 대상으로 choice model 을 이용하여 폐수 처리 시설의 가치를 평가. 연간 364\$~1037\$의 지불의사를 도출.
24	CA	Public Preferences for Land uses' changes:	PATRIZIA RIGANTI, ANNA	choice model 을 이용하여 베니스 도시의 재생 사업에 대한 선호도를 분석. (환경 편익을 산출하지는 않았

		valuing urban regeneration projects at the Venice Arsenale	ALBERIN and ALBERTO LONG (2005)	음.) 다만, 거주민들이 주거지역 위주의 재생사업을 선호한다는 결과를 도출.
25	CVM	Estimating the demand for municipal waste compost via farmers' willingness-to-pay in Ghana	G.Danso, P.Drechsel, S.Fialor, M. Giordano (2005)	가나의 도시 및 도시 주변의 농부와 잠재적인 퇴비 사용자들의 배설물 쓰레기와 퇴비 활용에 대한 WTP와 인식 분석에 초점을 두고 연구.
26	CA	Estimating nonuse values using conjoint analysis	Robert W. Turner, Alita Giuda, Laura Noddin, (2005)	Maine주의 국립공원을 대상으로 한 두 개의 조사를 바탕으로 오직 비사용 가치만을 가지고 있는 자원의 가치를 측정.
27	CVM	Valuing Biodiversity Conservation in a World Heritage Site: Citizens' Non-use Values for Tubbataha Reefs National Marine Park, Philippines	Rodelio F.Subade (2005)	필리핀의 중요 해양지역의 보전에 대한 3개 도시 사람들의 WTP를 평가. 본 연구는 필리핀의 해양지역 보전을 위한 대체 재정자원을 찾기 위해 실시됨.
28	CA	Ranking versus scale rating in conjoint analysis: Evaluating landscapes in mountainous regions in southeastern Spain	Samir SayadiT, M. Carmen Gonzalez Roa, Javier Calatrava Requena (2005)	스페인의 남동부 지역에 위치한 Alpijarras 저산지대의 경관과 농지의 구성을 평가하기 위해 CA를 사용하는 동시에 평가 선호(assessing preference)로써 alternative ranking과 rating approach를 고려함. 데이터는 그 지역의 방문객 165명의 샘플조사와 함께 선호도 조사로 실시됨. 분석을 위해 식생층, 농촌 건물의 밀집도 및 경사도 이상 세 가지 주요 실제 경관 요소들이 고려됨.
29	CVM	Air Quality Improvement	X.J.Wang, W.Zhang,	CVM을 이용하여, 베이징의 도시지역의 대기 질을 향상에 대한 거주자들

		Estimation and Assessment Using Contingent Valuation Method, A Case Study in Beijing	Y.Li, K.Z.Yang, M.Bai (2006)	의 WTP를 추정. 대기 중 위해물질을 50% 줄이는 것에 대한 가구당 1년 평균 WTP는 143 위안이었으며, 연구지역 거주자들의 1년당 총 WTP는 3억3600만 위안으로 나타남.
30	CVM	Assessing social impacts in urban waterfront regeneration	Rauno Sairinen, Satu Kumpulainen (2006)	헬싱키에 새롭게 설립된 3개의 해안지역 재생의 사회적 영향을 확인하기 위해 연구를 진행. (post-evaluation) 결론적으로 헬싱키의 재생계획은 긍정적이었으며, 특히 계획단계에서부터 사회적 격기와 같은 측면이 잘 고려된 것으로 나타남.
31	CVM	The Economic Value of Air-Pollution-Related Health Risks in China: A Contingent Valuation Study	James K. Hammitt, Ying Zhou (2006)	CVM을 이용하여 중국 3개 지역의 대기오염 관련 건강에의 악영향을 예방하는 데에 대한 경제적 가치를 산출. 감기예방에 대한 WTP는 \$3~6, 만성 기관지염에 대한 WTP는 \$500~1,000, 마지막으로 VSL(value per statistical life)는 \$4,000 ~17,000으로 나타남.
32	CVM, CA	Valuing the diversity of biodiversity	Mike Christie, Nick Hanley, John Warren, Kevin Murphy, Robert Wright, Tony Hyde (2006)	생태계 다양성을 평가하기 위해 생태계 개념을 이해하고 있는 포커스 그룹을 중심으로 CVM과 choice experiment를 적용한 연구를 진행. 대다수의 사람들은 생물다양성에 대해 긍정적인 선호도를 가지고 있었으나, 생물다양성을 보호하는 방식에 대해서는 매우 무관심한 것으로 나타남.
33	CVM	Using contingent valuation to explore willingness to pay for renewable energy	Ryan H. Wiser (2007)	1574명의 미국 거주자의 재생에너지에 대한 WTP를 알아보기 위해 split-sample, dichotomous choice CV 평가를 이용함. 전략적인 응답 반응 및 다양한 CV 디자인의 인센티브 호환성에 관한 새

				로운 부분을 밝히고, 미국 가구의 재생 에너지 지지 선호도에 대한 실용적인 관점을 제시.
34	CVM	Contingent values as implicit contracts: estimating minimum legal willingness to pay for conservation of large carnivores in Sweden	Goran Bostedt, Goren Ericsson, Jonas Kindberg (2007)	스웨덴의 큰 육식동물 보호에 대한 WTP를 측정하기 위해 대규모의 국가 조사를 바탕으로 MLW (minimum legal WTP) 평가자를 이용하여 진행.
35	CVM	Valuing the benefits to the local community of supplying recreational facilities in community owned forests - an application of the contingent behaviour method	Stephen Hynes, Brian Cahill (2007)	아일랜드 도시 내의 작은 숲에 대한 환경 편익을 산출. 응답자들은 레크레이션의 편익이 가장 크다고 답했으며 1년에 36€의 지불의사를 산출.
36	CVM	Valuation of Urban Air Pollution: A Case Study of Kanpur City in India	Usha Gupta (2007)	인도의 Kanpur도시에서 대기오염에 대한 경제적 가치를 산출. 총 연간 Rs. 224,55 million의 환경편익이 있음을 밝힘.
37	CVM	An economic evaluation of Kanazawa and Shichika irrigation water's multi-functional roles using CVM	Maruyama Toshisuke, Takimoto Hiroshi (2008)	도시지역을 대표하는 카나자와의 관개수와 농촌 지역을 대표하는 시치카 지역의 관개수의 지역별 기능을 확인하기 위해 CVM을 이용한 경제가치 평가를 실시. 카나자와의 관개수의 지역적인 기능은 시치카 지역의 그것보다 훨씬 낮았으며, 이는 도시와 농촌의 관개수 사용목적이나 사람들의 선호도 및 의식 차이에서 비롯한 것으로 보임. 특히, 도시지역 사람은 물을 공공재로 보는 한편, 농촌의 경우는 개인재로 인식하는 경향을 보임.

제 7 장 참고문헌

1. Arroyo, L. A., Healey, S. P., Cohen, W. B., Cocero, D., and Manzanera, J. A., 2006. Using object-oriented classification and high-resolution imagery to map fuel types in a Mediterranean region. *Journal of geophysical research* 111: G04S04.
2. Borga, M., Fontana, G. D., Ros, D. D. and Marchi, L., 1998, Shallow landslide hazard assessment using a physically based model and digital elevation data, *Environmental Geology*, 35, 81-88.
3. Brinkman, R. and O'Neill, C., 2000, LIDAR and Photogrammetric Mapping, *The Military Engineer*, No. 605.
4. Burtch, R., 2002, LiDAR Principles and Applications, 2002 IMAGIN Conference.
5. Chen, L. C., Teo, T. A., Shao, Y. C., Lai, Y. C., and Rau, J. Y., 2004, "Fusion of LIDAR Data and Optical Imagery for Building Modeling", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 35(B4) : pp.732~737.
6. Dubayah, R. O. and Drake, J. B., 2000, LiDAR Remote Sensing for Forestry, *Journal of Forestry* 98(6) : pp.44~46
7. Fleck, S., Obertreiber, N., Schmidt, I., Brauns, M., Jungkunst, H. and Leuschner, C., 2007, Terrestrial Lidar Measurements for Analysing Canopy Structure in an Old-Growth Forest, *ISPRS Workshop Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, Finland
8. Flood, M., 2001, LiDAR Activities and Research Priorities in the Commercial Sector, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 34(3/W4) : pp. 3~7
9. Gaveau, D., and Hill, R., 2003, Quantifying canopy height underestimation by laser pulse penetration in small-footprint airborne laser scanning data, *Canadian Journal of Remote Sensing* 29 : pp. 650~657
10. Guimaraes, R. F., Ramos, V. M., Redivo, A. L., Gomes, R. A. T., Fernandes, N. F. and de Carvalho, O.A., Jr., 2003, Application of the SHALSTAB model for mapping susceptible landslide area in Mine Zone(Quadrilatero Ferrifero in southeast Brazil), *IEEE International*, 4, 2444-2446.
11. Hans-Jörg Blöchliger, 1994, Main results of the study, *The contribution of amenities to rural development*, OECD.
12. Jason, S., and Briggs, J. M., 2007. An object-oriented approach to urban forest mapping in Phoenix. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 73(5): 577-583.

13. Jensen, J. R., 1996. Introductory digital image processing - a remote sensing perspective. Prentice Hall. Upper Saddle River, 318p.
14. Lillesand T. M., and Kiefer, R. W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation (4th ed.). John Wiley and Sons, Inc., 724 p.
15. Lim, K., Treitz, P., Wulder, M., St-Onge, B. and Flood, M., 2003, LiDAR remote sensing of forest structure, *Progress in Physical Geography* 27(1) : pp.88~106
16. Magnussen, S. and Boudewyn, P., 1998, Derivations of stand heights from airborne laser scanner data with canopy-based quantile estimators. *Canadian Journal of Forest Research* 28 : pp.1016~1031
17. Mallinis, G., Koutsias, N., T-Strati, M., and Karteris, Michael., 2007. Object-based classification using Quickbird imagery for delineating forest vegetation polygons in a Mediterranean test site. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Article in press.
18. McGranahan, D. A. (1999) Natural amenities drive rural population change. AER-781, Economic Research Service, USDA, Washington, DC.
19. Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M. and Iverson, L.R., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5): 629-641.
20. Montgomery, D. R. and Dietrich, W. E., 1994, Aphysically based model for the topographic control on shallow landsliding, *Water Resource Research*, 30, 1153-1171.
21. Pack, R. T., Tarboton, D. G. and Goodwin, C. N., 2001, Assessing terrain stability in a GIS using SINMAP, Presented at the 15th annual GIS conference, GIS 2001.
22. Pack, R. T., Tarboton, D. G. and Goodwin, C. N., 1998, The SINMAP approach to terrain stability mapping, Paper Submitted to 8th Congress of the International Association of Engineering Geology.
23. Palmer, T. C. and Shan, J., 2002, A Comparative Study on Urban Visualization Using LIDAR Data in GIS, *URISA Journal* 14(2) : pp.19~25
24. Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M., and Schirokauer, D., 2006. Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 72(7): 799-811.
25. Vijay K. Mathur and Sheldon H. Stein, 2003, Do amenities matter in attracting knowledge workers for regional economic development?, *Regional Science* 84:2, 251-269.

26. 건설교통부, 2005, 지속가능한 신도시 계획기준.
27. 국토지리정보원, 2006, 3차원 공간정보구축 2차년도 시범사업 요약보고서, 건설교통부, pp: 1~8
28. 권용우 · 이재준 · 김세용, 2001, 도시의 쾌적성을 위한 어메니티 계획지표의 개발, 국토지리학회 35:4, 351-361.
29. 김선희, 2006, 국토어메니티 창출을 위한 과제와 전략 ; 국토어메니티의 개념과 정책과제, 국토 298:0, 6-16.
30. 김해창 역(사카이 겐이치), 1998, 환경을 넘어서는 실천사상 어메니티, 도서출판 따님.
31. 김현, 2007, 법률, 특허: 조망권, 대한토목학회, 자연과 문명의 조화 55:8, 126-128.
32. 김황배 · 김시곤, 2006, 접근성 이론과 GIS 공간분석기법을 활용한 행정기관의 입지선정, 대한토목학회, 대한토목학회논문집D 26:3, 385-391.
33. 농업기반공사, 2005, 어메니티 증진을 위한 농촌경관 보전 및 관리방안 연구, 농림부.
34. 박혁진, 이사로, 김정우, 2003, 무한사면해석기법과 GIS를 이용한 사면재해 위험성분석 및 검증, 자원환경지질, 36, 313-320.
35. 손학기, 김원주, 박종화, 2000, GIS 공간유형분석 모형을 이용한 경관 규모 생태계의 평가기법, 한국GIS학회지, 8(2), 233-241.
36. 유주한 · 박경훈 · 정성관, 2005, 환경친화적 국토보전을 위한 자연생태계 평가요인 및 평가지표의 중요도에 관한 연구, 한국 환경영향평가학회, 환경영향평가 14:4, 165-177.
37. 이관규 · 양병이, 2001, 환경평가를 위한 지표의 가중치 산정방법 결정 모형, 한국환경영향평가학회, 환경영향평가 10:1, 59-71.
38. 이동근 · 윤소원, 1998, 지속가능한 도시개발을 위한 환경지표에 관한 연구 - 인간과 자연과의 공생지표를 중심으로-, 한국환경영향평가학회, 환경영향평가 7:1, 93-107.
39. 이재준, 1998, 공동주택 주거환경의 어메니티 평가와 계획적 함의에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문.
40. 전병수, 이종경, 김원호, 김맹중, 윤세형, 최기준, 신재순, 서성, 2007, 축산 어메니티 자원 이용실태, 농촌진흥청 축산과학원.
41. 전성원, 2005, 건축설계자를 위한 일조권 · 조망권 설계 도구 개발, 한국 태양 에너지 학회, 한국 태양 에너지 학회 학술대회 논문집 2005년도 춘계학술발표대회 논문집, 269-274.
42. 정성관, 오정학, 박경훈, 2003, 도시경관계획수립을 위한 경관파편화에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 6(3), 11-20.
43. 정종철, 1999, 식생지수에 의한 경관파편화의 해석기법, 한국지리정보학회,

16-22.

44. 조동범, 2001, 지형 경관평가에 있어 스카이라인과 불가시심도의 경관정보화 연구, 도시계획학회지, 국토계획 36:7.
45. 조용현, 2000, 경관지수를 이용한 지역생태계 평가 - 용인시를 대상으로, 한국환경영향평가학회, 349-362.
46. 최막중 · 김상균, 2002, 고용 및 녹지 접근성을 동시에 고려한 잠재력 모형의 주거입지 수요추정, 대한국토 · 도시계획학회, 국토계획 4, 55-63.
47. 허성구, 김기성, 안재훈, 윤정숙, 임경재, 최중대, 신용철, 유창원, 2006, FRAGSTATS 모형을 이용한 도암댐 유역의 산림 파편화 분석, 한국지리정보학회, 81-94.
48. 황국웅, 박소윤, 2003, 지속가능한 토지이용을 위한 경관규모 생태계 평가기법 연구, 한국지리정보학회지, 6(1), 78-84.