

지속가능한 친환경 지하캠퍼스 계획 방향에 관한 연구

- 사례분석과 이용자 만족도 조사를 중심으로 -

A Study on the Eco-friendly, Sustainable Underground Campus Plan - Based on the Case Study and User Satisfaction Research -

정 재 희* 이 상 윤**
Chung, Jae-Hee Lee, Sang-Yun

Abstract

This study aims to propose design directions for the eco-friendly, sustainable underground campus in terms of integrated design. For this purpose, theoretical investigation, design methodology and quality investigation, analytical case studies on the domestic and foreign underground campus, and user survey for POE(Post Occupancy Evaluation) and analysis on the recently built domestic underground campus plans were conducted. As a conclusion, design direction and improvement areas for the synthesized sustainable underground campus plan were proposed. Underground campus plan will be a great alternative for a 21st century sustainable campus if well-developed plans with organized design guidelines are established.

키워드 : 지속가능, 친환경, 지하캠퍼스

Keywords : Sustainable, Eco-friendly, Underground Campus

1. 서론

1.1 연구의 배경과 목적

최근에 지구 온난화와 온실가스의 환경과피에 따른 생태변화 및 기후변화가 날로 심각성을 더해가고 있어 이에 대한 대응이 인류 공통의 관심사로 등장했다. 이에 환경과 개발의 조화를 지향하는 '지속가능성(Sustainability)'이란 패러다임 하에, 전 세계적으로 인류의 생존을 위협하는 지구 온난화에 대응하는 연구가 진행되고 있다. 건축분야에서도 지속가능한 건축(Sustainable Architecture), 그린빌딩(Green Building), 친환경건축, 생태건축과 같은 용어들이 등장하면서 건축의 새로운 흐름을 주도하고 있다. 특히 전 세계적으로 에너지 소모의 40%를 건물이 차지하고 있기 때문에 건물의 에너지 사용과 CO2 배출 저감 등 환경 친화성 증진방안에 대한 국제적 논의가 활발하게 진행

중이고, 국내에서도 기술 개발과 정책 마련 등 많은 노력을 하고 있는 실정이다.

이와 더불어 학교시설 계획에 있어서도 지속가능한 학교 건축에 대한 개발이 미국, 영국, 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 우리나라도 2005년 3월부터 학교시설에 대한 친환경건축물 인증 심사를 시행하고 있다. 하지만 타 선진국들과 비교하여 아직 지속가능한 학교 건축에 대한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 특히 대학교의 경우, 대학들의 에너지 소비량 증가 폭이 우리나라 전체에 비해 3.7배나 높아 거대한 온실가스 배출원이 되고 있음을 단적으로 보여준다.¹⁾ 이에 국내 각 대학들은 2008년 '한국 그린 캠퍼스 협의회'를 창설해 지속가능한 친환경 캠퍼스 설계 계획과 환경 교과목 운영, 자발적인 에너지 절약 프로그램 개발에 합의했다.

이러한 배경하에서 지속가능한 친환경 캠퍼스 계획의 새로운 대안으로 지하 캠퍼스개발 계획이 크게 증가하고 있다. 대학들은 한정된 캠퍼스 내에서 시설 확충 및 주차

* 정희원, 홍익대 건축공학부 전임강사(archijenny@gmail.com)

** 정희원, 연세대 건축공학과 조교수

이 논문은 2010년도 홍익대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

1) 녹색연합, 에너지 사용량 통계자료, 2007

공간 확보를 위해 1990년대부터 지하 주차장을 건설하고 지상에는 녹지, 운동장을 조성하는 형태의 지하공간을 개발하였고, 2000년대에 들어 고려대학교 중앙광장 개발과 하스퀘어 건립, 그리고 2007년 이화여대 캠퍼스 센터(ECC) 건립으로 캠퍼스 센터 성격의 지하 공간 개발계획이 본격화되었다. 지하캠퍼스는 지하공간의 장점을 활용하고 단점을 보완하여 체계적인 가이드라인에 따라 계획이 이루어진다면 21세기형 지속가능한 캠퍼스를 위한 훌륭한 공간 확보의 대안이 될 수 있다. 특히 캠퍼스의 경우 도서관, 강의실, 전시시설, 공연시설 등 직접적인 자연채광의존도가 낮은 시설들이 많아 이를 효율적으로 활용하여 친환경적이고 지속가능한 지하캠퍼스를 개발할 수 있다.

본 연구는 국내외 지하캠퍼스들을 대상으로 친환경적이고 지속가능한 설계특성에 대해 분석하고 거주후평가(Post Occupancy Evaluation)를 위해 사용자 대상 설문조사를 실시함으로써, 지속가능한 디자인에 대한 통합설계의 관점에서 향후 나아가야 할 지하캠퍼스의 친환경적이고 지속가능한 설계 방향을 모색하는 데 의의가 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

최근에 캠퍼스 성격의 지하 공간 개발계획이 크게 증가하고 있지만 친환경적이고 지속가능한 지하캠퍼스 계획에 대한 개념과 도입에 대한 이해가 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 지속가능한 캠퍼스의 개념을 명확히 하고 지하캠퍼스의 특성과 캠퍼스의 제반조건에 따라 달라질 수 있는 계획의 접근방향을 제시하고자 한다. 국내외 현존하는 지하캠퍼스 사례를 분석하고 최근 지어진 국내 지하캠퍼스의 친환경적이고 지속가능한 설계기법에 대한 분석 및 설문조사를 통해 계획방향을 제시한다. 사례연구는 건축 관련 서적, 논문, 보고서 등 각종 문헌자료를 활용하고 현장조사 및 설문조사를 실시한다.

본 연구에서는 국내외 사례분석 및 설문조사를 통해 지하캠퍼스의 친환경적이고 지속가능한 설계기법을 도출하기 위해 다음과 같이 5단계로 분석을 진행한다.

1. 지속가능한 캠퍼스의 이론 고찰
2. 지속가능한 계획방법 및 특성 고찰
3. 국내외 지하캠퍼스 사례 분석
4. 최근 지어진 국내 지하캠퍼스 설문조사 및 분석
5. 사례 분석과 설문조사 분석 결과를 바탕으로 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 설계 계획을 도출한 후 종합하여 제안

1.3 선행연구 분석

관련된 선행연구를 검토한 결과 친환경 지하 캠퍼스 관련 연구 프로젝트는 크게 친환경캠퍼스, 지하캠퍼스 등으로 양분되었다.

친환경캠퍼스 연구는 선진국의 사례를 중심으로 그 이론과 개념에 대한 연구와 친환경적 시스템을 중심으로 설비적 요소와, 건축 계획적 요소를 분석하는 연구가 있다. 이러한 연구는 현재 한국의 캠퍼스 사례와 외국 사례를 비교 검토하는 연구를 통하여 그 문제점과 시사점을 도출하고 있다. 연구의 사례로 미국 에코스쿨의 계획 기법에 관한 연구(2006), 지속가능한 건축디자인을 위한 가이드라인에 관한 연구(2008), 그린캠퍼스 조성을 위한 대학건물의 친환경적 특성에 관한 연구(2009), 지속가능한 캠퍼스 디자인의 계획 및 개선 방향 비교 연구(2009), 지속가능한 수직 대학 캠퍼스 계획안(2009), 캠퍼스 시설의 친환경적 설계에 관한연구(2009) 등이 있다. 이들 연구는 자연광, 자연환기 시스템, 지열에너지 시스템 등의 친환경적 시스템에 관한 연구와 부지, 에너지, 재료, 수자원, 실내 환경 등의 계획요소에 대한 연구, 또한 지역사회, 교육, 자연 등을 고려한 통합적 설계요소에 관한 것이었으며, 국내외 사례를 분석함으로써 이루어지고 있었다.

지하캠퍼스 연구는 캠퍼스 공간의 효율화 및 복잡화를 위한 분석과 지하공간의 배치와 연계 등의 계획방향 제시의 연구들이 있다. 지하공간의 유형별 계획 요소 분석하는 연구내용과 국내외 사례를 분석을 통한 지하공간의 물리적 환경을 분석하는 연구내용, 지하공간 개발의 접근방법 및 외부 및 내부시설 간의 상호 복합성 분석 등의 방법에 대한 내용으로 지하캠퍼스 연구는 진행되어왔다. 연구의 사례로 대학캠퍼스 지하공간 활용방안에 관한 연구(2002), 외부 및 운동장 지하공간의 효율적 활용을 통한 캠퍼스시설의 복합화계획 사례 연구(2003), 지하 캠퍼스 센터의 특성과 계획방향에 관한 연구(2007), 대학 캠퍼스 지하공간 활용에 관한 연구(2007) 등이 있다.

본 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 파악된 기존 연구의 방법론 등을 참조하여 활용하고자 한다. 이러한 선행연구 분석과 더불어 이론연구와 사례분석의 결과를 통해 도출된 특징은 친환경과 지하공간의 개념을 통합하여 새롭게 친환경적 지하캠퍼스의 개념을 정립하고 연구하는데 기초로 활용될 것이며, 기존 캠퍼스의 비교분석과 설문조사를 통해 지속가능한 계획방향을 제시하는데 이용될 것이다.

표 1. 국내 선행 연구 고찰

분류	논문제목	저자	연구내용	결론
지하 캠퍼스	대학캠퍼스 지하공간 활용방안에 관한 연구	고영민 (2002)	- 지하공간 개념 및 개발목적 - 지하공간 활용도 설문조사 - 대학캠퍼스 지하공간 개발사례	학생들이 가장 필요로 하는 공간은 편의시설과 강의실, 도서관으로 파악됐고 환기와 조명에 대해 고려할 것이 요구됨
	외부 및 운동장 지하공간의 효율적 활용을 통한 캠퍼스시설의 복합화계획 사례 연구	김선창 (2003)	- 캠퍼스 공간구성 특성의 변화	내 외부 전이활동 공간 및 완충공간을 통한 유기적인 동선체계를 조성 필요
건축	지하 '캠퍼스 센터'의 특성과 계획방향에 관한 연구	김현주, 심우갑 (2007)	- 지하 '캠퍼스 센터' 사례 분석 - 내외 부 시설의 상호 복잡성 분석	지하 '캠퍼스 센터'를 수용하는 프로그램의 종류 및 입지에 따라 분류하여 유형별 요소와 물리적 환경을 고려한 계획방향 제시
	대학 캠퍼스 지하공간 활용에 관한 연구	서기영 (2007)	- 대학캠퍼스 지하공간 활용 현황 조사 - 공간 용도별 사례 비교 - 만족도 설문조사 및 분석	사례비교 및 설문조사를 통한 지하공간 문제해결핵심요소들을 파악, 고립감 해결을 위한 지하공간으로의 접근과정 및 인접공간의 역할이 중요해짐
친환경 캠퍼스	미국 에코스쿨의 계획 기법에 관한 연구	강은주, 오덕성 (2006)	- 에코스쿨의 이론적 고찰 - 미국 에코스쿨 주요 계획 분석 - 사례학교의 건축적 특성 및 기후적 특성 분석, 환경적 특성 파악	에코스쿨의 주요 계획요소와 기법을 부지, 에너지, 재료, 수자원, 실내환경 5가지로 도출하여 종합적으로 제시
	지속가능한 건축디자인을 위한 가이드라인에 관한 연구	전미숙 (2008)	- 통합디자인 프로세스 개념 - 송도 캠퍼스 사례 분석	부지의 건조환경과 그와 상호작용을 하는 생태학적 디자인, 에너지, 자원 사용, 공기오염 감소, 재활용·재순환 시스템, 친환경교육 등 통합디자인 전략 제시
건축	그린캠퍼스 조성을 위한 대학건물의 친환경적 특성에 관한 연구	정숙인, 남경숙 (2009)	- 친환경 캠퍼스 이론 및 개념 고찰 - 국내의 친환경 대학 캠퍼스 설계특성 분석	적극적인 친환경 시스템 활용, 좀 더 개방적인 구조의 공간형태와 건물 내 공용 공간 증대, 자연적인 재료사용 제시
	지속가능한 캠퍼스 디자인의 계획 및 개선 방향 비교 연구	이경선 (2009)	- 지속가능한 캠퍼스 개념 및 요소 - 국내의 사례 비교 분석	국내의 경우 지하주차장이나 지하캠퍼스 등의 확충을 통한, 보행자 공간 및 녹지공간 등의 지상 오픈공간 확보
친환경 캠퍼스	지속가능한 '수직 대학 캠퍼스' 계획안	조진형, 조한 (2009)	- 수직 대학 도시 구성론적 이론 - 국내 대학 수직화 사례 분석 - 지속가능한 캠퍼스 해외사례 분석	지속가능한 캠퍼스 통합설계요소를 도출하여 지역사회, 교육, 자연이 어우러진 캠퍼스 제시 필요
	캠퍼스 시설의 친환경적 설계에 관한 연구	김정수 (2009)	- 캠퍼스 공간구성에 관한 고찰 - 저에너지 소비형 인자 적용 방안 - 경원대본관 계획	문헌조사, 환경 분석을 통해 대상지에 적용 가능한 계획안 제시

2. 본론

2.1 지속가능한 캠퍼스의 개념

교육부의 “환경친화형 학교 모형개발 연구”²⁾에 의하면, 지속가능한 캠퍼스의 개념을 다음과 같이 정리하고 있다.

- 1) 에너지, 자원, 폐기물 등의 한정된 자원을 고려하고 인간을 둘러싼 생태계의 균형을 유지하는 학교.
- 2) 학교와 학교 주변의 자연환경요소(물, 동식물, 소생물권 등) 및 주변 환경과 친밀하게 접촉하며, 자연과 동화되어 체험하고 학습하는 건강하고 쾌적한 환경을 유지하는 것.
- 3) 학교 내에서 물과 폐기물 등의 물질들이 순환적으로 재활용되는 지속가능한 학교환경을 유지하는 학교.

한편, 학교시설부문 친환경 건축물 인증기준의 가이드라인의 인증 기준 총괄표³⁾를 살펴보면 환경 친화적 부지, 에너지 절약 및 재생, 친환경 재료, 자원의 재활용, 쾌적한 실내 환경의 조성, 생태환경의 조성 등을 친환경 건물 계획의 요소로 제시하고 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 지속가능한 대학 캠퍼스의 개념은 캠퍼스 자체를 주위 환경과 하나 되는 유기체로 발전시키고 학생과 교육적 측면을 중심으로 하는 친환경 계획개념이다. 이는 캠퍼스 내부의 자연환경의 생태적 조화와 건물의 에너지 절감은 물론, 나아가 캠퍼스 외부의 지역사회와의 연계까지 고려하는 복합적 발전 계획이라고 할 수 있다.

2.2 지속가능한 캠퍼스 계획방법 및 특성

21세기 건축의 새로운 패러다임으로 주목받고 있는 지속가능한 설계(Sustainable design)란 건물시스템이 생태계의 일부로서 자연환경에 순응할 수 있는 디자인 기법을 적용하여 건물이 환경에 미치는 영향과 에너지 소비를 최소화하려는 의미를 담고 있다. 환경에 미치는 영향과 에너지 소비를 최소화하고 생태학적으로 적응시킨 환경 친화적인 건물을 실현하고자 하는 의미를 담고 있다. 이러한 지속가능한 설계(Sustainable design)를 위해 에너지 절감을 고려한 경제적 측면과 환경적 측면이 건축 계획적 측면과 함께 통합적으로 설계되어야 한다. 다음 <표 2>는 지속가능한 캠퍼스 계획방법 및 특성을 요약한 것이다.

- 2) 김인호, 등 연구, 교육부, 1999
- 3) 류수훈, 학교시설부문 친환경건축물 인증기준의 가이드라인, 한국교육시설학회지, 제16권 제72호, 2009

표 2. 지속가능한 캠퍼스 평가 기준 요소

구분	세부분류 항목	내용
경제적 측면	에너지 효율적 측면	1) 자연채광을 이용한 시스템 - 대표적인 자연채광 방식은 아트리움(atrium), 광천장(top lighting), 광선반(light shelf)과 반사경을 이용한 방식 등이 있다. 2) 자연형 환기 시스템-공기의 온도차를 이용한 압력차와 건물에 부는 바람에 의한 풍압차를 이용하여 실내공기의 질을 쾌적하게 유지하는 장치로 유체의 흐름이 빠른 곳에서 압력이 작다는 베르누이 효과를 이용한 시스템과 굴뚝효과를 이용한 시스템이 있다. 3) 에너지 효율적인 건물의피시스템-가장 각광받고 있는 이중외피시스템(double skin system)은 두 외피 사이의 환층공간에 의한 단열의 기능으로 냉난방 에너지 절약뿐만 아니라 소음 차단에 효과적이다. 4) 우수이용시스템 건물의 외관에 우수관을 설치해 빗물을 지하 우수탱크에 저장한 후, 화장실 용수, 관개용수, 원예용수 등으로 재사용하는 방법이다.
	재생 에너지 활용	재생에너지는 태양, 바람, 물, 지열, 생물유기체 등의 자연적 조건을 최첨단 기술을 사용하여 재생 가능한 에너지로 변환시켜 이용하는 에너지원이다. 태양광, 태양열 발전시스템, 지열 시스템, 풍력발전, 조력발전, 바이오매스 등이 널리 쓰이고 있는 시스템이다.
환경적 측면	녹색환경의 조성	가장 널리 쓰이는 옥상녹화는 건물의 단열성능을 개선시켜 유지관리비용 절감, 이산화탄소 발생 감소, 복사열 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.
	환경친화적 재료 사용	Reuse, Recycle, Renewable의 세 가지 개념에 따라 life cycle상의 환경부하를 최소화하고 사용자의 건강을 저해하지 않는 친환경 소재를 사용하는 것이 지속가능성의 관점에서 매우 중요하다.
	실내 환경성	실내 환경의 쾌적성에 영향을 미치는 요소는 크게 빛 환경, 열환경, 공기환경, 음환경을 들 수 있다. 빛환경의 측면에서는 주광이용을 극대화하는 기법, 열환경 측면에서는 태양열 발전 시스템 등이 활용되고 있다. 공기환경 측면에서는 친환경 재료의 사용, 통풍과 환기 시스템이 운영되고 있다.
건축 계획적 측면	부지계획	1) 토지이용 부지의 특성을 고려하여 토양 특성이나 생태적 가치를 다루는 측면과 주변의 지형을 고려하여 개발 영향을 최소화하는 방향으로 계획해야 한다. 2) 건물배치계획 건물배치계획은 건축 전반의 설계와 시공, 기능에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 특히 지속가능한 친환경 건축을 위해서는 자연 지세와 지형물, 주변의 물리적 환경의 방해물 적게 받으면서 오히려 이를 활용할 계획을 세워야 한다. 그리고 자연채광, 자연환기, 풍향 및 자연자원 보존을 고려한 배치계획을 해야 한다.
	외부공간 계획	주변경관 및 자연 환경에 대한 영향을 최소화할 수 있는 외부공간 계획이 필요하다.
	내부 환경 계획	쾌적성(Amenity)의 관점에서 내부공간계획이 이루어져야 한다. ① 공간디자인 계획 ② 일조, 채광 계획 ③ 단열, 환기 계획 ④ 소음 저감 계획

2.3 지하캠퍼스 계획방법 및 특성

지하캠퍼스는 한정된 캠퍼스 내에서 시설 확충 및 주차 공간 확보를 위해 지상에는 녹지, 운동장을 조성하고 그 하부에 지하 주차장을 건설하는 형태로 개발되기 시작하였다. 지하캠퍼스는 캠퍼스 공간의 효율적인 사용과 학생들의 편리한 이용 도모, 그리고 녹지 조성과 보차분리를 통해 환경친화라는 효과를 거두는 장점이 있다. 또한 지하캠퍼스는 지중온도가 갖는 특성인 여름철의 서늘함과 겨울철의 따뜻함을 이용하여 에너지 절약 측면에서 유리할 수 있고, 지열에 의한 항온성, 단열성, 차음성, 정숙성 등에 우수한 지하공간의 특성을 살려 공간계획을 할 수 있다. 반면 지하캠퍼스는 지하공간이라는 제한적인 물리적 환경과 불안감, 고립감, 어두움, 답답함, 공간인지성 결여 등 이용자의 심리와 연관되어 있는 단점들이 있다. 그리고 지속가능성의 측면에서 2.2절에 요약된 ‘지속가능한 캠퍼스 계획방법 및 특성’ 중 지하캠퍼스는 지상캠퍼스에 비해 자연채광, 자연환기, 실내환경성 등에 한계가 있기 때문에 이를 특성화시켜 고려해야 하며, 거주역의 환경성을 확보하기 위한 채광, 환기, 습기대책에 배려가 필요하다. 따라서 지하캠퍼스 계획시, 이상과 같이 분석된 지하공간의 장점을 살리고 단점을 보완하는 방향으로 계획이 이루어져야 한다.

2.4 사례분석 및 설문조사

2.4.1 분석의 틀

지속가능한 지하캠퍼스의 설계기법을 분석하는 방법은 다음 그림 1에서 나타난 과정으로 나타난다. 분석 내용은 2.2절에서 도출된 경제적, 환경적, 그리고 건축 계획적 측면으로 분류하고 각 특성들은 세부적인 항목으로 분석된다.

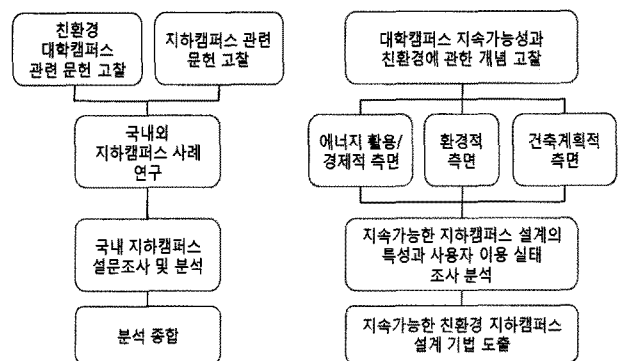


그림 1. 분석의 방법

2.4.2 각 사례별 분석

(1) 사례의 개요 및 특성

다음 <표 3>은 국내외 10개 지하캠퍼스 사례를 분석한 것이다. 개발목적은 기존 캠퍼스의 환경 보존이나 주차장 확보나 시설 확충을 위한 토지 부족 해결 등으로 볼 수 있으며, 이에 따라 개발방식은 인접건물 통합개발형, 연결통로형, 독립형 등 다양한 방식으로 나타난다. 캠퍼스 유형은 채광, 환기, 조망을 확보하기 위해 선큰(sunken)을 도입한 경우가 대부분인데, 선큰 외에 아트리움(atrium)이

나 외부통로를 조성하여 외기에 노출된 부분은 지상 건물과 비슷한 환경조건을 형성하는 경우도 있다.

(2) 국내 지하캠퍼스 사례의 친환경적 설계특성

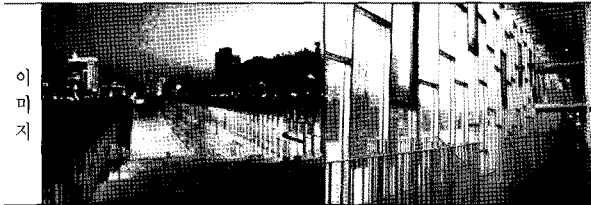
다음 <표 4>는 국내의 지하캠퍼스 사례 중 가장 최근에 지어진 캠퍼스센터 성격의 지하캠퍼스로서 친환경 개념을 도입한 이화여대, 고려대, 경원대를 선정하여 친환경적 설계특성을 분석한 것이다.

표 3. 사례의 일반적 개요 및 특성

항목	경원대학교	고려대학교	이화여자대학교	동경대학교	미네소타대학교	조지타운대학교	미네소타대학	하버드대학	Laval 대학
지하공간개발									
개발년도	2010	2006	2008	1977	1983	1979	1977	1976	
개발방식	인접건물 통합개발형	연결통로형	독립형	기존건물 통합형	독립형	독립형	독립형	인접건물 연결형	터널형
개발위치	정문 - 본관	후문 - 도서관사이	정문 - 본관사이	동경대 체육관	토목, 광물공학동	예즈 실내경기장	윌리암슨 홀	도서관	지하 네트워크
개발목적	고도제한해결, 통합캠퍼스에 따른 시설확충	정제성확보, 단과대학의 협력, 효율적 공간이용, 역사적 경관보존	캠퍼스 녹지 환경개선, 주차장확보	오픈스페이스 확보, 토지부족 해결	에너지 절약, 오픈스페이스 확보	효율적 공간이용, 지상 환경 보존, 에너지 절약	역사적 경관보존, 오픈스페이스 보호, 보행자 동선 유지	교정의 특성과 오픈스페이스 보전, 인접한 3개의 도서관을 연결하는 역할	추운기후로부터 보행자 보호
개발규모	지하 4층, 지상 7층	지하 3층, 지상 1층	지하 6층, 지상 1층	지하3층, 지상 1층	지상1층, 지하 7층	지하 2층	지상 2층, 지하 2층	지하 3층, 지상 3층	4km 터널
연면적	69,343m ²	28,154m ²	68,657m ²	6,915m ²	14,000m ²	13,217m ²	8,304m ²	8,100m ²	-
프로그래밍	광장 및 옥상정원	선큰 광장 및 휴게광장	옥상정원 및 휴게광장	운동장	아트리움	운동장	보행자 통로	선큰 광장	-
지하	학습연구, 자치활동, 생활복지, 문화, 주차장, 상업	주차장, 학습연구, 자치활동, 생활복지, 문화상업, 행정 업무	지하주차장, 행정 업무, 문화상업, 학습연구, 자치활동	매점, 사무소, 체육관	실험실, 연구실, 사무실, 강의실	댄스장, 사무실, 회의실, 라커실, 다목적코트, 풀장	서점, 대학사무실, 기록보관실	도서관	-
지하공간설계									
지하캠퍼스평면도									
단면도									
다이어그램 (캠퍼스 유형)	(sunken)	(atrium+sunken plaza)	(central passage + sunken)	(sunken)	(sunken)	(sunken)	(sunken)	(sunken)	

표 4. 국내 지하캠퍼스 사례의 친환경적 설계특성

1) 이화여대 ECC
 이화 캠퍼스 복합단지(ECC)는 기존 이화광장과 운동장이 있던 자리에 선근을 통해 본관 앞까지 이어지는 형태로 디자인되었으며 교육과 문화의 복합단지, 최첨단 정보통신기술이 접목된 미래형 첨단 캠퍼스이다. 건물 중간에 폭 25m, 길이250m의 계곡(valley)과 같은 외부공간을 형성하여 채광과 환기가 가능한 지하공간으로 만들었고 건물 옥상인 지상에 산책로와 녹지공간을 조성하여 캠퍼스 공원으로 탈바꿈시켰으로써 기존의 단절되어 있던 대학 캠퍼스와 주변 지역을 유기적으로 연결시키는 가교 역할을 하도록 했다. 주요 친환경 수상 경력으로는 제26회 서울시 건축상 대상을 수여하였다.



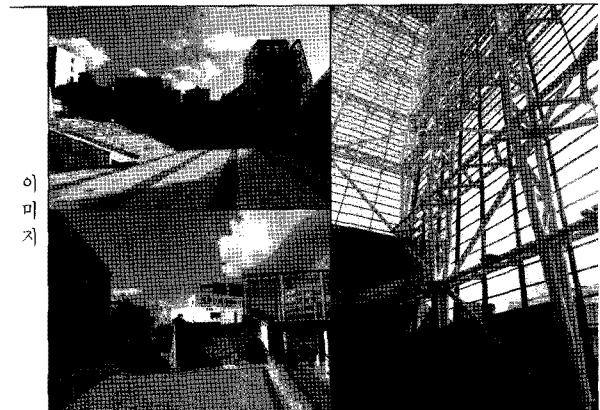
이미지	특성	
	에너지절감 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - Cooling Radiator를 통한 복사 냉방과 지하수 특성을 이용하여 복사-냉난방 시스템인 Concrete Core Activation을 통한 에너지 절약 효과 - 자연 채광 사용하여 인공조명 최소화 - 우수이용-녹색 지붕에 설치한 우수관은 우천시 우수를 흡수하여 지하저장탱크로 이동, 필요에 따라 화장실 용수, 원예용수로 활용됨
경계적 측면	재생에너지 활용	<ul style="list-style-type: none"> - 열미로(thermal labyrinth)를 이용, 지상의 외기를 긴 통로를 지나게 하여 공기중에 유입되는 외기 온도를 자연적으로 조정하는 에너지 절약 시스템을 사용 - 지열에너지 사용
	녹색환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> - 옥상정원을 조성하여 캠퍼스 공원으로 탈바꿈
환경적 측면	재료의 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 외부 마감재로는 내구성이 강한 목재와 포름알데히드 성분이 없는 나무섬유질 흡음재 사용 - 외부 마감재로는 건물 내 채광을 위해 유리와 유광스테인리스 스틸 사용
	실내환경 (채광, 환기, 소음, 실내온도, 공기)	<ul style="list-style-type: none"> - 18m에 달하는 유리커튼월을 통해 지하4층까지 자연채광이 가능 - 지붕환기기와 커튼월 통풍창을 통해 부분적인 자연환기 가능
건축계획적 측면	부지계획	<ul style="list-style-type: none"> - 경사의 긴 내리막 이용하여 주요도로 역할의 계곡 형성
	건물배치계획	<ul style="list-style-type: none"> - 포괄적 랜드스케이프를 창출하고 자연채광과 자연환기를 고려한 배치계획
공간계획	공간계획	
	외부공간	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간의 단절을 보완하기 위해 건물 중앙에 계곡(valley)과 같은 외부공간 형성 - 선형의 오픈공간을 통해 지하공간 각층으로 진입용이 - 선근을 통해 대학캠퍼스와 주변지역, 지하철역을 긴밀히 연결 선형의 오픈공간에 붙어 있는 복도를 통해 각층으로의 진입과 수적이동
내부공간	<ul style="list-style-type: none"> - 지하1층부터 지하4층까지 18m에 달하는 벽면을 커튼월로 마감하여 밝고 쾌적한 실내조성 	

2) 고려대
 고려대학교 하나스퀘어는 최첨단 캠퍼스 센터로 국내 최초로 지하광장을 도입한 대학캠퍼스이다. 과거 주차공간으로 활용되던 공간을 녹지공간으로 조성하고 보행공간을 확충하였다. 또한 새로운 남북방향의 축을 설정하여 캠퍼스의 균형 있는 동선을 가능하게 함으로써 상징적 정체성을 높일 수 있도록 한 친환경 캠퍼스다.



이미지	특성	
	에너지절감 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 이중외피시스템 구조내에 물 스크린을 활용하여 복사열에 의한 온도 상승을 제어 - 유리에 단열효과를 극대화하기 위해 아르곤가스를 충전한 복층접합 Low-E유리 사용 - 내부 온도 변화에 따라 자동으로 창이 개폐되는 환기시스템 적용
경계적 측면	녹색환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> - 지상녹지공간이 보행자를 위해 개방되도록 구성
	재료의 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 외부 마감재로는 건물 내 채광을 위해 유리 사용
환경적 측면	실내환경 (채광, 환기, 소음, 실내온도, 공기)	<ul style="list-style-type: none"> - 지하1층 공간의 로비 공용부분에 천장 설치하여 지하주차장의 채광 및 환기 해결 - 지하1층 공간의 로비는 자연채광 가능
	부지계획	<ul style="list-style-type: none"> - 내지 자체의 선형성을 고려하여 지상대미고지 위치 차이를 활용하여 각각 아트리움과 선근을 둠
건축계획적 측면	건물배치 계획	<ul style="list-style-type: none"> - 오브체의 상징적 정체성을 높임과 동시에 채광과 환기를 고려한 배치 계획
	공간계획	
공간계획	외부공간	<ul style="list-style-type: none"> - 아트리움과 선근이 지하공간의 진입부 역할을 함 - 연결통로에 의해 인접건물과 공간연계 - 아트리움과 중정을 통해 내외부 연결
	내부공간	<ul style="list-style-type: none"> - 아트리움과 선근을 통해 자연채광 - 선근에서 아트리움까지 선형의 축을 따라 공간이 형성되어 진입과 이동 용이 - 밝은 톤의 마감으로 지하공간이라는 느낌 해소

3) 경원대
 지하철역과 캠퍼스가 직통으로 연결되고 강의실, 식당, 편의시설을 갖춰 4740명을 수용하는 국내 최대 규모의 지하캠퍼스이다. 외부인의 이용을 고려한 B구역은 지하철역과 직접 연결되는 광장을 중심으로 지하공간과 신축 건물이 통합 개발되었고 학생들이 사용하는 A구역에는 광장을 중심으로 전 자정보도서관과 학생지원시설, 극장, 체육관, 식당을 배치하여 캠퍼스 센터를 형성하고 있다. 레벨차에 따라 존재하는 3개의 광장은 지하공간으로의 진입을 해결하고 경사로를 통해서 두 개의 지하공간 구역을 연결하고 있다.



이미지	특성	
	에너지 절감 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 발생과 전력 낭비없는 지능형 전력망 - 자연환기를 최대한 이용한 하이브리드 환기 시스템 - 이중외피시스템

환경적 측면	녹색환경 조성	- 옥상정원과 실내조경을 조성
	재료의 이용	- 외부마감재료는 건물 내 채광을 위해 유리사용
	실내환경 (채광, 환기, 소음, 실내온도, 공기)	- 유리커튼월을 통해 지하4층까지 자연채광이 가능
건축계획적 측면	부지계획	- 4개의 레벨차를 연결하는 주요행로 역할의 선큰 형성
	건물배치계획	- 지하 공간의 연결을 중심으로 동간 자연채광과 자연환기를 고려한 배치계획
	공간계획	
	외부공간	- 4개의 레벨차를 연결하는 선큰을 통해 지하공간의 어두움이나 답답함 보완 - 레벨차에 따라 존재하는 3개의 광장이 지하공간으로의 진입 해결 - 지하철역과 직접 연결되어 지하철역과 지하캠퍼스의 경계를 없앴음. - 경사로를 통해 두 개의 지하공간 구역 연결 - 지하4층 분수광장에서 에스컬레이터, 계단 이용시 1-3분 안에 강의실이나 도서관 등에 도달 가능.
	내부공간	- 밝은 톤의 마감으로 지하공간이라는 느낌 해소

2.4.3 설문조사

선정된 경원대학교, 고려대학교, 이화여자대학교의 지하 캠퍼스에 대한 거주후평가(Post Occupancy Evaluation)를 위하여 실제 지하캠퍼스 이용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 지하캠퍼스의 단점인 불안감, 고립감, 어두움, 답답함, 공간인지성 결여 등이 이용자의 심리와 연관되어 있기 때문에 이용자 설문조사를 통해 거주후평가를 이끌어내고 이를 향후 지하캠퍼스 계획에 활용하려고 한다. 설문조사를 위해 Preiser⁴⁾의 모델을 기초로 하고 그 밖의 문헌조사를 통해 지하캠퍼스 계획시 중요시해야 하는 평가기준 요소를 아래의 <표 5>와 같이 선정하였다.

표 5. 지하캠퍼스 계획시 평가 기준 요소

평가기준요소	세부 인자
쾌적성	채광, 환기, 소음, 온도, 조명, 안전성, 편의성
심미성	내부마감, 이미지, 미
이동성	동선, 접근성
인지성	식별성, 방향감, 위치감, 시간감
개방성	공간크기, 외부공간과의 연계

설문지는 경원대학교, 고려대학교, 이화여자대학교 총 3개 학교에 각 110부씩 배부되었고 그 중 경원대학교-104부, 고려대학교-100부, 이화여자대학교-108부로 총 312부가 이용자 만족도 분석에 이용되었다. 질문 항목은 지하공간과 관련된 선행 연구들 중에서 만족도 조사에 관련된

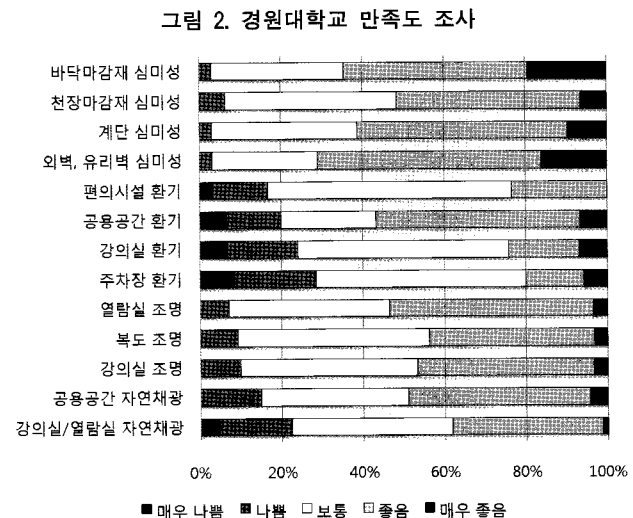
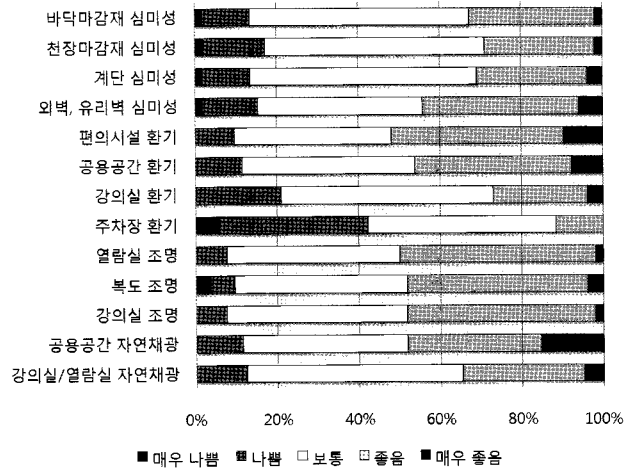
4) Preiser, Rabinowitz, White(1988), "Post-Occupancy Evaluation", VNR, pp.39-46

질문 항목들을 종합한 후 재정리하여 총 19개의 문항으로 축약하였으며, 이는 '쾌적성', '이동성', '심미성', '인지성', '개방성' 등 <표 5>에 있는 평가기준요소에 대한 분석을 도출해 낼 수 있는 항목들이다.

'쾌적성'은 지하공간의 내부 환경의 질을 대표하는 인자이다. '이동성'은 지상 레벨과의 연계성과 지상으로 이동의 용이성을 대표하는 인자이다. '심미성'은 계단, 바닥, 천정, 기둥의 마감재와 마감재의 밝기 혹은 색채와 같은 요소를 대표한다. '인지성'은 수직, 수평동선 파악의 용이성, 방향 판단에 대한 용이성 등을 대표한다. 마지막으로 '개방성'은 지하라는 심리적 압박감이나, 지하라는 요소가 갖기 쉬운 시각적인 폐쇄성을 극복하기 위한 인자이다.

(1) 만족도 설문 결과

만족도 조사 항목에서 자연채광에 관련된 항목들은 지하캠퍼스라는 특수성에도 불구하고 세 학교 모두 응답자의 70% 이상이 "보통" 이상의 긍정적인 답변을 보여주었



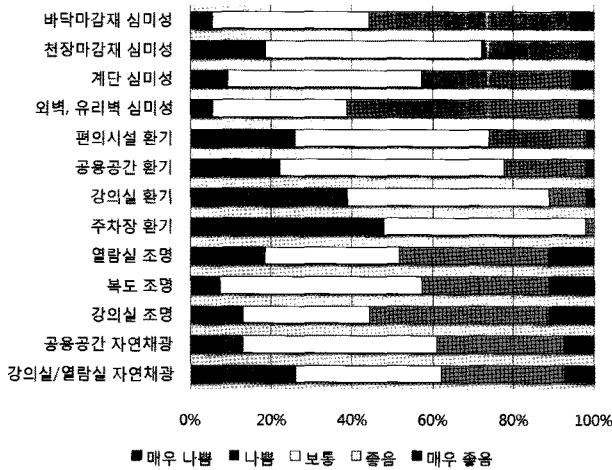


그림 4. 이화여자대학교 만족도 조사

고, 내부 공간의 심미성과 조명에 관련된 항목들에서는 세 학교 모두 응답자의 80% 이상이 “보통” 이상의 매우 긍정적인 답변을 하였다. 반면 환기와 관련된 항목에서는 다른 항목에 비하여 전반적으로 낮은 만족도를 보이고 있으며, 특히 주차장의 환기에 대해서는 50% 정도의 매우 낮은 만족도를 보이고 있는 것으로 나타났다.

(2) 서술형 설문 결과

지하캠퍼스 이용시 불편을 경험한 여부에 대해서는 경험하지 못했다는 답변이 50% 정도로 우세하였고, 불편함을 경험하였을 경우 네 가지 원인항목 중 환기 문제가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 이용자 만족도 조사에서 환기에 대한 항목이 가장 낮게 나온 것과도 일치하는 것이다. 지하캠퍼스에서 자신의 위치를 인지하는 방법으로는 안내표지판을 이용한 인지가 가장 높았고 분수, 중정, 아트리움, 광장과 같은 특수시설물을 이용한 인지가 두 번째로 높게 나타났다. 환경적인 측면에서 불편한 점은 경원대학교의 경우 냄새 문제가 가장 큰 것으로 나타났고 고려대학교와 이화여자대학교의 경우 소음문제가 가장 큰 것으로 나타났다. 추가 필요한 시설에 대한 항목에서는 세 학교 모두 휴게실인 것으로 나타났고 개선이 필요한 점으로 경원대학교와 이화여자대학교의 경우 방향을 찾기 어렵다는 점을, 고려대학교의 경우 녹지, 휴게공간과 같은 외부공간이 부족하다는 지적이 나왔다.

‘인지성’과 관련된 항목에서는, 지상출입구에서 지하의 목적 지점으로 가기 위해 필요한 정보 습득의 용이성에 대해서 경원대학교가 상대적으로 낮은 만족도를 보였다. 지하캠퍼스 내에서 방향 판단에 대한 용이성에 대해서는 경원대학교와 이화여자대학교가 상대적으로 낮은 만족도

표 6. 서술형 설문 결과 요약

문항	설문응답	경원대학교	고려대학교	이화여자대학교
지하캠퍼스 이용시 불편함의 원인	지하라는 심리적 압박감	15	2	5
	자연채광 부족	6	16	4
	환기 문제	22	26	43
	좁은 시야	7	2	4
	경험하지 못함	54	54	52
지하캠퍼스의 하루 평균 이용시간	0 - 1 시간	30	23	16
	1 - 3 시간	42	45	70
	3 - 6 시간	12	4	10
	6 시간 이상	20	28	12
지하캠퍼스에서 자신의 위치를 인지하는 방법	안내표지판	59	51	82
	바닥패턴/색 변화	14	8	2
	특수시설물(분수, 중정, 아트리움, 광장 등)	62	77	62
	조명의 변화 (어두워짐, 밝아짐)	17	14	12
	천장패턴/색 변화	0	6	2
	습도	24	2	25
환경적인 측면에서 불편한 점	냄새	66	8	32
	실내 온도	16	10	23
	소음	36	36	42
	기타	8	4	6
	휴게실	49	32	54
지하캠퍼스에서 가장 필요한 시설	안내실	46	0	26
	화장실	8	6	4
	지하광장	7	8	10
	기타	4	10	10
개선이 필요하거나 불만족스러운 점	방향 찾기 어려움	60	0	36
	지상에 있는 캠퍼스에 비해 비교적 어두움	12	9	14
	환기	20	17	34
	외부 공간 (녹지, 휴게공간 등) 부족	12	29	12
	기타	2	10	10

를 보였으며, 이에 대한 주요인은 이동통로가 복잡하다는 점과 각 통로마다의 특징이 없다는 점이 지적되었다. ‘이동성’과 관련된 항목에서는, 지하에서 지상으로 통하는 동선에 대해서 경원대학교가 상대적으로 먼 것으로 나타났다. 지하에서 지상의 목적 지점에서의 이동에 대한 용이성은 고려대학교와 이화여자대학교의 경우 ‘시행착오를 겪은 후 가능하다’는 답변과 ‘즉각 가능하다’는 답변이 비슷한 비율을 차지하였고, 경원대학교의 경우 전자의 답변이 큰 비율을 차지하였다.

2.4.4 분석의 종합 및 평가

국내외 지하 캠퍼스 사례 분석 결과 각기 다른 개발목적과 유형에 따라 지하 캠퍼스의 계획방법이 다양하게 나타났다. 비교적 최근에 지하 캠퍼스를 건립한 이화여대, 고려대, 경원대의 경우 친환경요소를 도입함으로써 이용자 설문 조사시 전반적으로 지하공간에 대한 높은 만족도를

보였다. 이는 지하공간의 물리적 환경과 부정적 심리를 극복하기 위해 아트트리움이나 선큰 등의 요소를 활용하여 자연채광을 적극적으로 도입함으로써 쾌적한 지하공간을 조성한 결과이다.

지하캠퍼스의 경우 '인지성'이 가장 중요한 인자 중 하나인데 대부분의 이용자들이 안내 표지판이나 아트트리움, 광장과 같은 특수시설을 통해 자신의 위치를 인지한다고 답해 앞으로의 지하캠퍼스 계획도 이러한 시설물의 도입을 적극 고려해야 한다.

공통적으로 개선해야 할 점으로 '휴게공간의 부족'을 꼽았다는 것은 지하공간의 특성에서 오는 외부공간과의 연계성 결여, 녹지공간의 부족 등을 휴게공간이 해결해줘야 한다는 것을 단적으로 보여준다.

2.5 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 계획 방향

국내외의 지하 캠퍼스 사례 조사와 설문조사 분석 결과를 바탕으로 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 계획 방향을 도출하였다. 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

표 7. 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 계획방향

구분	세부분류항목	내용	
경제적 측면	에너지 효율적 측면	- 시설비가 저렴하고 이용가치가 높은 자연채광을 이용한 시스템을 이용 - 이용자 수가 많은 학교시설의 경우 버려지는 수자원을 절약하여 우수 재활용하는 시스템을 적극 활용	
	재생 에너지 활용	- 지열에 의한 항온성이라는 장점을 고려하여 지열에너지를 적극 활용	
환경적 측면	녹색환경의 조성	- 지하캠퍼스의 장점을 살려 옥상정원을 계획. - 지하주차장 계획으로 보행자 중심 캠퍼스를 조성하여 쾌적한 환경을 제공	
	환경친화적 재료 사용	- 지하공간의 고질적인 단점인 환기 부족을 고려하여 환경친화적 재료 사용이 중요	
	실내 환경의 질	- 지하공간의 경우 채광, 환기, 습기 대책에 대한 배려가 필요 - 아트트리움이나 선큰 등의 요소를 활용하여 자연채광을 적극적으로 도입함으로써 쾌적한 지하공간을 조성	
건축 계획적 측면	부지계획	- 기존 지형을 이용한 건물배치 - 기존캠퍼스의 생태환경 보존하면서 융화	
	외부공간 계획	지상부 계획	- 주변경관 및 자연환경에 대한 영향을 최소화할 수 있는 지상부 계획 필요
		진입부 계획	- 지하공간의 진입부는 지표면과 지하공간의 연결구로서 지하공간의 이미지를 결정하는 주요 상징물의 역할을 하므로 지하에 들어간다는 심리적 불안감 완화를 고려한 계획 필요
지하휴식, 녹지공간 계획		- 수경시설 또는 관엽식물 등의 옥외자연환경 연출	

내부 환경 계획	공간 계획	- 지하공간의 밀폐, 폐쇄감을 완화시키기 위해 개방적 구조를 도입하여 가능한 높은 천정, 넓은 내부공간, 외기에 면한 넓은 창, 선큰 및 출입구의 설계가 필요. - 답답함 극복을 위해 외부를 조망할 수 있도록 외부공간과 내부공간의 연계를 피하고 녹지를 가능한 제공 - 지하공간의 특성에서 오는 외부 공간과의 연계성 결여, 녹지공간의 부족 등을 휴게공간이 보완 - 인지성 보안을 위해 입구, 복도, 선큰, 가든, 홀, 아트트리움, 천장 등의 처리가 지상부보다 중요 - 이동이 많은 학교시설의 특성을 고려하여 이동을 위한 공간에 천장이나 유리벽면을 설치하는 등 인지성과 쾌적성을 부여 - 지하공간의 단조로움과 방향감 상실, 위치인식의 어려움을 극복하기 위해 인터리어의 다양성 추구
	일조, 채광, 조명 계획	- 어두움 극복을 위해 선큰, 아트트리움, 천창, 유리커튼월 등을 도입하여 자연채광을 최대한 유입. 이를 통해 지상부와의 연계성 향상 및 에너지 절약을 도모 - 지하공간의 용도에 알맞은 충분한 조도 확보 - 인공조명도 주광상태와 같은 분위기 연출
	단열, 환기 계획	- 지하는 부하의 변동에 안정적이나 환기부족과 고습성의 단점이 있음 - 사용시와 비사용시를 고려하여 온도, 습도의 자동 제어방식 선택 - 자연 환기 및 기계 환기 선택
	소음 저감 계획	- 지하는 내부소음에 민감하므로 흡음성 내부 마감재를 사용

지하 캠퍼스는 인접공간과 연계가 가능한 지하공간의 특성을 이용한 계획방법을 고안해야 한다. '지속가능한 디자인'(Sustainable Design)의 관점에서 '연계'의 측면을 적극적으로 고려해야 하는데, 이는 외부공간과의 연계뿐 아니라 지역사회와의 연계에까지 개념이 확장된다. 프로그램의 경우 복합시설로 학생편의시설뿐만 아니라 외부인 이용시설을 포함하여 지역사회와의 교류를 꾀하는 지속가능한 캠퍼스의 이념을 실현할 수 있다. 그리고 지하 캠퍼스는 지하공간의 제한적인 물리적 환경과 부정적 심리를 극복하는 계획방법을 정립해야 한다. 특히 '인지성'의 측면을 세심하게 고려하여야 하는데, 지하로 들어가는 진입로나 지하 공간 내부에서 자신의 위치를 인지하는 방법 등에 대한 계획을 통해 지하에 들어간다는 심리적 불안감이나 폐쇄감을 완화시킬 수 있어야 한다. 다음 <표 7>은 사례 조사와 설문조사 결과를 통해 통합적으로 도출된 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 계획방향을 요약한 것이다.

3. 결론

지하캠퍼스는 캠퍼스 코어의 기능을 지하로 끌어들이 캠퍼스 공간의 효율적인 사용을 도모하고 보행자중심의 친환경캠퍼스라는 효과를 거두는 장점이 있어 지속가능한 캠퍼스의 중요한 대안으로 각광받고 있다. 지하캠퍼스는 채광, 환기, 진입을 위한 건축계획과 녹지공간, 수공간, 휴게공간 등의 조경계획으로 지형이 조정되고 지상공간이 새로 형성되므로 캠퍼스 전체 배치계획에 영향을 준다. 하지만 현재 국내 대학에서 활성화되고 있는 지하 캠퍼스 개발은 근시안적이고 단편적인 계획에 그치는 경우가 많은 실정이다. 따라서 본 연구는 앞으로 국내 대학들이 지하 캠퍼스를 개발할 때 기획 단계부터 지속가능한 설계 계획이 적극적으로 도입되어야 한다는 필요성을 바탕으로 현존하는 국내 지하 캠퍼스들을 대상으로 친환경적이고 지속가능한 설계특성에 대해 분석, 고찰하였으며 이용자 설문조사를 통한 POE (Post Occupancy Evaluation) 에서 나온 결과를 수렴하여 2.5절의 <표 7>에서 통합적인 계획 방향을 제시하였다.

미래사회는 지속가능한 친환경 건축에 대한 연구의 필요성이 더욱 커질 것이고, 이러한 사회를 책임질 다음 세대를 양성하는 교육 공간의 친환경 교육의 도구로서의 중요성이 더욱 커지고 있다. 지속가능한 캠퍼스는 장기적인 안목을 가지고 체계화된 계획에 따라 추진되어 대학이 친환경문화의 보급에 선도적 역할을 하고 친환경 캠퍼스의 조성으로 교육효과를 극대화해야 할 것이다. 특히 친환경 지하캠퍼스는 건물자체가 'Interactive Teaching Tool'로 활용될 수 있다는 점을 고려하여 학생들을 대상으로 친환경 교육의 도구로 사용되고 쾌적한 환경 제공으로 교육활동을 향상시키는 효과를 얻을 수 있도록 보다 진전된 연구가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 이상과 같이 도출된 본 연구의 결과가 향후 지속가능한 친환경 지하캠퍼스 디자인 가이드라인을 도출하기 위한 기초자료로 활용될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

1. 김삼수 역, 『지하건축물의 디자인』, 세진사, 1993
2. 심우갑·김창수·이강주, 『지하공간건축』, 시공문화사, 1997
3. 정광섭·김수빈·이연생·김영일, 『그린빌딩과 설비 시스템』, 성안당, 2009
4. 강은주·오덕성, 미국 에코스쿨의 계획 기법에 관한 연구,

- 대한건축학회논문집 계획계 제22권 제11호, 2006
5. 고영민, 대학캠퍼스 지하공간 활용방안에 관한 연구, 연세대 석사학위논문, 2002
6. 김선창, 외부 및 운동장 지하공간의 효율적 활용을 통한 캠퍼스시설의 복합화계획 사례 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제19권 제4호, 2003
7. 김정수, 캠퍼스 시설의 친환경적 설계에 관한연구, 경원대 석사학위논문, 2009
8. 김천희·박덕규, 이화캠퍼스 복합단지(ECC)와 친환경 건축물, '건축'프로젝트 리포트, 2008
9. 김현주·심우갑, 지하 '캠퍼스 센터'의 특성과 계획방향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제27권 제1호, 2007
10. 이경선, 지속가능한 캠퍼스 디자인의 계획 및 개선 방향비교 연구, 한국청소년시설환경학회지 제7권 제1호, 2009
11. 서기영, 대학 캠퍼스 지하공간 활용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제23권 제11호, 2007
12. 정숙인·남경숙, 그린캠퍼스 조성을 위한 대학건물의 친환경적 특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집 제18권 6호, 2009
13. John Carmody; Raymond Sterling, 『Underground Space Design』, Van Nostrand Reinhold, 1993
14. www.kyungwon.ac.kr
15. www.korea.ac.kr
16. www.ewha.ac.kr

접수 2010. 10. 15
 1차 심사완료 2010. 11. 23
 2차 심사완료 2010. 11. 30
 게재확정 2010. 11. 30