

해외 단독주택의 지속가능성 평가도구 분석에 관한 연구

Analysis on Sustainability Assessment Tools for Overseas Single Detached Houses

최 준 성*
Choi, Joon Sung

Abstract

As climate change and environmental degradation become more evident, the public's concern and knowledge on sustainable development requires planners to have regards to social impacts and long term economic viability, as well as environmental impacts. The main objective of this study is to analyze existing sustainability assessment tools for single detached houses. The most widely used overseas tools are selected. From analysis on the existing assessment tools, "Impact Estimator" by Athena Institute, "Bees 4.0" by NIST, "CASBEE for Home" by JSBC, "Envest for Housing" by Energy Saving Trust, "LISA" by Center for Sustainable Technology, "SBTool" by iiSBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), it can be seen that the current sustainability assessment programs are in need of much improvement. The selected programs are analyzed on scope of program setting & running, data input & output, assessment categories, and strength & weakness. This study is to supplement the existing sustainability assessment tools for single detached houses, and provide information for the development of web-based program to assist architects or home owners to plan sustainable houses in Korea in the schematic design stage.

키워드 : 지속가능성, 단독주택, 평가도구

Keywords : Sustainability, Single Detached House, Assessment Tool

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

친환경주택, 그린빌딩, 녹색주거, 패시브하우스, 제로하우스, 저탄소주택 등 환경에 대한 관점과 대응방식에서 비롯되는 새로운 용어들의 홍수 속에서 지속가능성 혹은 지속가능한 개발은 국내에서 점차 관심을 잃어가는 추세이다. 그 이면에는 지속가능성의 개념자체가 다소 포괄적이며 이를 효과적으로 실현하고 평가할 수 있는 방법과 수단들이 용이하지 않은 측면이 있다.

통계청에서 5년마다 실시하는 2005년 인구주택 총 조사에 따르면, 전국에 분포하는 단독주택의 수는 약 426만 호로 전체 주택수(약 1,322만호)의 32.2%를 차지하고 있다. 비록 노후화된 주거지들이 공동주택단지로 개발되는 경향이 있지만 단독주택은 여전히 아파트 다음으로 많은 주택 유형이다. 건물단위에서 이루어지는 개별 건축행위들이 주변 환경과 사회·경제에 대한 종합적인 고려없이

이루어질 경우 지속가능한 주거지와 도시는 성취될 수 없다. 지속가능한 주거지를 조성하기 위해서는 건축가나 주택소유주가 주택의 계획단계에서 대상지내 건축행위에 관한 결정사항들을 주변 환경과의 다양한 관계 속에서 살펴보고 이를 지속가능성의 측면에서 점검할 수 있어야 한다. 건물의 계획이나 운영과정에서 충족시켜야 하는 성능들이 더욱 구체적이고 전문화되어가는 추세속에서 개인 컴퓨터나 웹기반의 평가도구들은 정보입력, 평가, 결과해석의 과정 중 평가와 결과해석에 소요되는 시간을 절약함으로써 빠르고 정확한 평가를 수행할 수 있는 장점이 있다¹⁾.

본 연구에서는 지속가능성 개념과 평가에 관한 최근의 논의를 바탕으로 단독주택 계획의 초기단계에서 지속가능성을 평가할 수 있는 주요 해외프로그램들을 소개하고 장단점을 분석하였다. 연구의 목적은 단독주택의 지속가능성을 평가하는 주요 해외프로그램들을 비교 분석하여 기존 평가도구의 주요 특징과 문제점을 파악하는 데에

* 충남대학교 건축학과 조교수(jschoiny@cnu.ac.kr)

이 논문은 2009년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

1) Raymond J. Cole Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles, Building Research & Information, 2005, 35(5), p.458

있으며, 이를 통하여 국내 주택설계의 계획단계에서 활용할 수 있는 웹기반평가 프로그램의 개발에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 단독주택의 지속가능성을 평가하는 프로그램을 분석하기 위하여 다음과 같이 연구의 범위와 방법을 설정하였다. 문헌고찰에서는 지속가능성, 혹은 지속가능한 개발과 관련한 최근의 논의와 추세를 이론고찰로 살펴보고 건물단위의 지속가능성 평가에 관한 연구들을 하였다. 평가도구 분석을 위하여 사례도구를 선정하는 원칙을 세우고 그에 따라 대상 프로그램을 선정하였으며 도구 사용 단계에 따른 분석의 틀을 설정하였다.

평가도구의 분석에서는 첫째, 평가도구에 대한 전반적인 개요를 살펴본 후, 둘째, 평가도구별로 정보입력(Input)의 과정에서 나타난 주요 특징을 분석하였다. 셋째, 평가결과(Output)로써의 평가부문과 결과 등을 분석하였으며, 넷째, 평가도구별 활용상의 문제점과 장점을 요약하였다. 결론에서 연구결과의 주요 사항을 요약한 후 본 연구의 의의와 한계를 논하였다.

2. 단독주택의 지속가능성 평가

2.1 지속가능성의 시대적 패러다임 변화

바비어(Barbier)에 의하면 1972년 UN 인간환경회의는 지속가능한 발전이라는 개념을 대중화시킨 회의였으며 지속가능한 발전에 대한 공헌은 빈곤상환, 환경악화, 그리고 저개발에 대한 ‘누적적 인과관계(cumulative causation)론’을 환기시켰다고 주장하였다. 1987년 브룬트란트 보고서(Brundland Report)의 “우리 공동의 미래”에서는 인류가 지향해야 할 기본전략을 다루면서 지속가능성의 개념을 “미래세대의 필요를 충족시킬 수 있는 능력에 손상을 주지 않으면서 현세대의 필요를 충족시키는 개발을 의미한다.”라고 정의하였다. 개발과 환경문제에 대한 인식이 한 지역, 한 국가에만 국한되지 않고 광역적, 범지구적인 차원에서 이루어져야함을 천명하였다. 지속가능한 개발은 1992년 리우 유엔환경개발회의 이후 21세기 지구환경시대의 새로운 패러다임으로 등장하였다. 동 회의는 환경보호와 사회경제 발전의 시급한 문제들을 논의하였으며, 21세기 지속가능한 발전을 위한 “의제 21(Agenda 21)”을 채택함으로써 환경과 조화된 지속가능한 발전을 국제사회가 추구해야할 구체적 정책이념으로 확립하였다.

주거지개발부문에서도 지속가능한 정주지의 개발이 주요한 이슈로 등장하였다. 1996년에는 헤비타트 어젠다(Habitat Agenda)와 이스탄불선언이 UN 헤비타트 II 회의에서 공표되었으며 2001년 6월에는 이스탄불 선언 이후의 의제이행상황을 점검하기 위하여 유엔특별총회가 뉴욕에서 개최되었다²⁾. 유엔정주센터(UNCHS)에 따르면,

2) 이규인, 지속가능한 정주지 실현을 위한 계획목표 설정연구, 대한국토도시계획학회지 국토계획, 제36권 6호 2001.11. p.9

지속가능한 도시는 사회적, 경제적, 그리고 물리적 측면에서 지속적으로 발전하는 도시를 의미한다. UN은 2000년 9월 채택한 환경에 관한 ‘새천년 개발목표 및 전략(New Millenium Development Goals & Targets)’의 일환으로 지속가능한 도시 프로그램(UN Sustainable City Programme: UN-SCP)을 수행하고 있으며 우리나라의 일부 도시들도 본 프로그램에 참여하고 있다³⁾. 이 프로그램은 도시환경정책의 계획에서 최종 실행 단계까지 모든 이해 당사자들의 의견을 수렴하고, 이를 시범대상지역에 직접 적용하여 도시환경계획 및 관리를 위한 인문사회경제적 하부구조를 구축할 수 있는 능력을 배양하고 제도화하는 데에 중요성을 둔다⁴⁾. 추진내용으로는 도시환경정보 목록을 구축하는 환경관리정보시스템의 운용이며 프로그램의 과정동안 자문 및 실무작업 그룹, 주민간의 대화와 조율을 하며 의사결정이 이루어지도록 진행된다. 이후 지속가능한 주거지 조성을 위한 다양한 조치들이 국제사회에서 법제도화 되고 있으며 영국에서는 2006년도 12월에 ‘지속가능한 주택에 관한 법률(The Code for Sustainable Homes)’을 제정하여 신규 주택 사업 시 지속가능한 디자인과 건설시공을 위한 국가적인 차원에서의 기준에 부합하도록 하고 있다⁵⁾. 2009년 7월에는 미국 시카고에서 건축가, 지속가능성 전문가, 공무원, 표준 전문가와 법규 관련자들이 모여 국제친환경 건설법: 안전과 지속가능성을 위한 규칙 IGCC(International Green Construction Code: Safe and Sustainable by the Book)을 제정하기 시작하였다. 이 법은 모든 건물 형식에서의 지속가능한 디자인과 시공 실무를 대상으로 한다⁶⁾.

2000년 이전까지는 지속가능한 개발 혹은 지속가능성의 기본 개념이 형성되고 주요한 정책이념이 되어가는 과정이었다면 2000년 이후에는 시행대안과 행동계획을 수립하기 위한 구체적인 방법들이 추진되고 있다고 볼 수 있다. 이에 따라 지속가능성과 관련한 부문별 혹은 사용 목적별 지표체계들은 환경성과 지속가능성 관련 인증체계나 평가프로그램들에 반영되어 쉽게 이용될 수 있도록 전환되는 추세이다.

2.2 지속가능성의 영향권: 도시, 주거단지, 단독주택

지속가능한 발전을 위한 목표와 전략들은 다루는 대상 영역의 크기에 따라 구분되어 수립되어야 하며 어떤 영역에서 발생하는 행위가 다른 영역에 미치는 영향을 고려하여야한다.

Barton H.는 지속가능한 발전을 지속가능성의 개념과

3) 경기도 하남시가 2000년에 UN-Habitat/UNEP SCP로 지정된 도시이며, 2005년부터 제주특별자치도 서귀포시가 본 프로그램에 참여하고 있다(UNDP·서울대학교. 2005).

4) 박의준, 국제기구의 도시환경계획·관리 프로그램에 관한 고찰: 유엔 인간정주환경계획의 지속가능도시 프로그램(UN-SCP)을 중심으로, 지리학연구, 제42권 1호, 2008. p159

5) http://www.energysavingtrust.org.uk/business/Business/Housing_professionals/New-housing/The-Code-for-Sustainable-Homes

6) 법률의 초안은 공청회 등을 거쳐 2011년 하반기에 최종안이 확정될 예정이다. 이에 따라 2012년부터 적용 가능할 것으로 예측되고 있다.

계획지표수립의 측면보다는 지속가능한 개발이 미치는 일련의 영향권의 범주로 나누고자 하였다. 더욱 지속가능하고 자족적인 발전을 위해서는 내부영역에서 발생한 영향의 파급이 외부영역으로 전해지는 것을 줄임으로써 영역내의 계획과 개발의 자치권을 확보하는 것을 제안하였다. 도시에서 발생하는 공사나 행정조치가 상대적으로 작은 스케일에서 이루어지더라도 이들이 누적되어 나타나는 현상은 자연계와 동네, 지역, 도시 전체, 최종적으로는 지구에 심각한 상황을 초래할 수 있기 때문이다⁷⁾

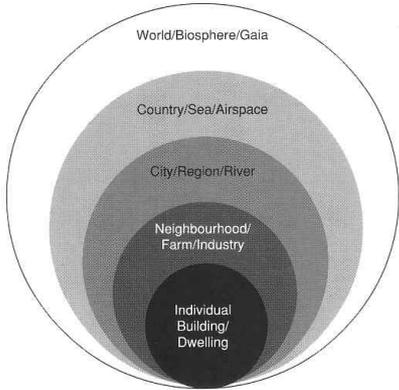


그림 1. 영향력의 범위
(출처: Barton 외, Sustainable Settlements, 1995, p. 12.)

2.3 단독주택의 지속가능성 평가

표 1. 국내관련연구동향

연구자	주요연구내용
이강희 외 (1999)	공동주택단지를 대상으로 개별건물이 환경에 미치는 영향을 파악하기 위한 개별건물의 지속가능한 개발지표 작성
이규인 (2001)	해외 선진사례 분석을 통하여 지속가능한 정주지 실현을 위한 계획요소와 계획목표를 추출하고 정주지 계획목표를 단계별로 설정
양병이 외 (2002)	계획 및 설계단계에서의 아파트단지의 환경적 지속가능성 평가를 중심으로한 단지규모 개발사업의 지속가능성 평가지표
이강희 외 (2002)	공동주택을 대상으로 건물의 지속가능성을 평가하기 위한 평가항목을 선정하고 가중치를 설정
이규인 (2002)	해외의 모범적인 계획사례 및 지표개발사례를 중심으로 지속가능한 정주지 개발을 위한 계획목표 및 평가지표 수립연구
이인우 (2005)	대전광역시 지구단위계획의 지속가능성 평가를 위한 세부항목 설정
권성실 외 (2006)	거주자의 관점을 중심으로 지속가능한 정주지 계획요소의 중요도 조사
이규인 외 (2008)	초고층 주거복합 건축물의 지속가능성 평가지표의 가중치 설정 및 모의 평가 연구
박규용 (2009)	지속가능성 계획요소를 고려하여 지속가능한 공동주택 공간계획 평가에 적용 가능한 공간계획 평가지표를 개발
한국토지주택공사*	지속가능한 발전을 도모하는 정주지 계획의 주요 이슈와 고려요소 도출 및 지속성 평가지표 설정

주) *주택도시연구원 친환경건축물인증센터 <http://huri.jugong.co.kr/ecohouse>

단독주택의 지속가능성 평가에 관한 연구는 국내에서 거의 이루어지지 않은 상태이다. 지속가능성 평가에 관한 기존의 연구들은 도시적 차원에서 연구들이 주를 이루고 있었다. 아래의 표1은 도시영역보다 작으며 주거용도를 대상으로 한 주거단지 혹은 건물 단위의 지속가능성 평가와 관련한 국내 주요 선행연구들을 조사하여 정리한 것이다. 대부분의 연구들이 지속가능성 평가 항목 혹은 지표 및 가중치 설정에 관한 것이었으며 평가프로그램을 분석하거나 개발하는 연구는 매우 미흡한 것으로 드러났다. 다만, 단지 차원의 공동주택단지나 개별건물을 대상으로 하는 친환경 인증제도와 평가도구들에 관한 연구들은 상대적으로 활발히 이루어지고 있는 것으로 파악되었다.

3. 단독주택의 지속가능성 평가도구 분석의 틀

3.1 분석대상 평가도구의 선정

분석을 위한 평가도구들은 다음과 같은 원칙으로 선정하였다. 첫째, 평가도구의 정의는 컴퓨터 기반의 계산과 평가방법들로 한정한다⁸⁾. 둘째, 개발 혹은 주관 기관의 웹사이트에 접속하여 직접 평가할 수 있거나 웹사이트에서 쉽게 다운로드 받을 수 있는 프로그램을 대상으로 한다. 셋째, 사용이나 평가의 과정에서 별도의 비용이 들지 않는 도구로 한다. 넷째, 건축물의 지속가능성 혹은 환경성평가 도구 및 분류체계에 관련한 국제적인 기관들에서 공인된 도구를 대상으로 한다. 다섯째, 국제적인 기관들의 도구분류체계에서 주제 키워드를 지속가능성, 지속가능한 계획요소의 평가 등으로, 건축물의 용도는 단독주택(detached or single family house)으로 한정하였을 때 검색되는 도구를 분석의 대상으로 선정한다. 위와 같은 선정원칙에 따라 캐나다 ATHENA Institute의 'Impact Estimator', 미국 NIST(국립표준·기술 연구소)의 'BEES', 일본 JSBC(지속가능한 건물협회)의 'CASBEE for Home(Detached House)', 영국 Energy Saving Trust의 'ENVEST for Housing', 호주 Center for Sustainable Technology의 'LISA', iiSBE(국제 지속가능한 건조환경 추진기구)의 'SBTool' 등 여섯 개의 평가도구를 본 연구의 분석대상으로 최종 선정하였다.

3.2 평가도구의 분석 방법

선정한 평가도구들을 분석하기 위하여 본 연구에서는 건축물의 지속가능성 혹은 환경성평가에 관한 도구들을 소개하고 등록하는 국제적인 기관들의 도구 분류 및 분석 방법을 연구하였고 그 결과는 표2와 같다. 기존의 분류체계에서 도구들에 관한 정보들은 주로 주관사의 프로그램소개에 의존한 것으로 프로그램의 실행과정이나 평가의 방법과 내용 그리고 평가결과 등에 관한 내용은 미흡한 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 선행연구의 내용

7) Carmona M., et al., Public Places-Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design, Architectural Press, 2003, pp.40-41.

8) Raymond J. Cole Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles, Building Research & Information, 2005, 35(5), pp.455-456

표 2. 분석의 틀 설정을 위한 선행연구

주관기관 (국가명)	분석 체계명	도구분석의 항목
iiSBE (국제기구)	Methods & Tools	소개, 버전, 출시일, 방법 혹은 도구유형, 사용용도, 성능평가부문, 주관기관, 주관기관유형, 사용료, 적용대상국, 언어, 단위, 생애주기대상, 적용건물유형, 건물년수, 결과적용의 최대범위, 프로젝트크기, 기후, 도시밀도, 상세정도, 정보제공처, 연락처, 관련자료, 이용현황, 웹주소, 개정 연월일
IEA (국제기구)	Directory of Tools	소개, 키워드, 숙련도, 활용대상, 이용자, 정보수집내용, 소프트웨어 적용 및 기술 지원, 평가결과, 장단점, 관련정책 과 프로그램, 구입방법, 연락처
DOE EERE (미국)	Building Energy Software Tools Directory	소개, 키워드, 숙련도요구, 이용빈도, 사용대상자, 입력, 출력, 컴퓨터 플랫폼, 프로그램언어, 장점, 단점, 연락처, 구입방법

주) 주관기관약어

iiSBE : International Initiative for Sustainable Built Environment

IEA : International Energy Agency DOE : Department of Energy

을 참고하고 보완하여 도구분석의 항목들을 프로그램의 활용단계에 따라 사용전(도구개요), 정보입력(Input), 평가결과(Output)의 세 단계로 구분하였고 프로그램을 사용한 후 두드러지게 나타난 사항들을 장점과 단점으로 분석하였다(표 3).

표 3. 도구 분석의 틀

단계	분석대상	분석의 주요내용
사용전 (도구 개요)	도구소개, 사용자 매뉴얼	주관기관, 주관기관유형, 적용대상국, 프로그램의 유형, 이용방법, 웹주소, 개발 및 수정 년도, 프로그램소개
정보 입력 (Input)	입력과정, 입력정보의 종류 및 기능	정보입력의 과정, 초기화면의 구성, 메인 화면의 구성, 가중치조정, 정보의 복사 및 조정
평가 결과 (Output)	평가영역, 결과유형	평가영역 구성체계, 배점 혹은 평가방법, 지속가능성, 생애주기평가, 대안 비교, 결과표현양식,
사용후	위 분석대상	프로그램 활용 시 나타난 주요 장점과 단점 종합 요약.

4. 평가도구 분석

4.1 도구 개요

단독주택의 지속가능성을 평가하는 도구들을 선정 한 후 각 평가도구별 주관기관의 홈페이지에 접속하여 해당 프로그램에 관한 안내페이지 및 사용설명서 등을 중심으로 평가도구에 관한 개략적인 특징들을 분석한 결과는 표4와 같다. 평가도구들을 알파벳 순서에 따라 나열하여 주관기관명, 기관유형 및 소속국, 적용대상지역, 프로그램 형식, 도구이용을 위한 방법, 웹주소, 기타 프로그램 소개에서 나타난 주요 내용 등에 관하여 조사하였다. 캐나다, 미국, 일본, 영국, 호주와 국제 지속가능한 건조환경 추진

표 4. 도구 개요

분류 번호	평가도구명	주관기관	기관유형 (소속국가)	적용 대상국	형식	이용방법	웹주소	발표 개정	프로그램소개
1	Athena Model (Impact Estimator 4.1)	Athena Institute	비영리단체 (캐나다)	캐나다, 미국	마이크로소 프트 엑셀	웹페이지 다운로드	www.athenas mi.org	* 2010	건물구성요소의 선택에 따른 건물의 생 애주기별 환경에 대한 영향을 계산
2	BEES 4.0	NIST	국립기술 연구소 (미국)	미국	응용 프로그램	웹페이지 다운로드 혹은 CD	www.nist.gov/ el/economics/B EESSoftware.c fm	2002 2007	건물구성요소에 관한 제품선택에 따라 건물생애주기별 환경성과 경제적 성 능 평가
3	CASBEE for Home	JSBC	정부·산·학 연구기관 (일본)	일본, 아시아	마이크로소 프트 엑셀	웹페이지 다운로드	http://www.ibe c.or.jp/CASBE E/	2003 2007	일본의 지속가능한 건물 확산을 위하여 단독주택의 환경부하(Load)와 환경성능 (Performance)을 종합 평가하는 프로그 램
4	Invest for Housing	Energy Saving Trust	정부민간협 동비영리조 직(영국)	영국	웹기반 프로그램	웹페이지 접속·실 행	http://www.en ergysavingtrus t.org.uk	2001 2007	건물의 구성요소들에 관한 정보입력으 로 주택의 전생애주기동안의 환경영향 을 축적된 CO2로 계산
5	LISA	Centre for Sustainable Technology	대학연구소 (호주)	호주	응용프로그 램+사례분 석파일	웹페이지 다운로드	http://www.lis a.au.com	* 2003	건물이 환경에 미치는 영향을 건물재료 선정에 따라 생애주기별로 평가
6	SBTool 07 (과거 GBTTool)	iiSBE	국제기구 (캐나다)	국제	마이크로소 프트 엑셀	웹페이지 다운로드	http://iisbe.org /	1998 2007	지역적 특색과 건물의 친환경성 등을 종합적으로 평가하는 건물의 지속가능 성 평가프로그램

주1) 평가도구약어 2. BEES: Building for Environmental and Economic Sustainability

3. CASBEE: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

5. LISA: LCA in Sustainable Architecture

6. SBTool: Sustainable Building Assessment Tool

주2) 주관기관약어

2. NIST: National Institute of Standards and Technology 3. JSBC: Japan Sustainable Building Consortium

6. iiSBE: International Initiative for Sustainable Built Environment

기구에서 각 1개씩 선정된 도구들은 ‘ENVEST for Housing’을 제외하고는 모두 웹페이지에서 별도의 응용 프로그램을 다운로드받아서 개인컴퓨터에 설치하여야 하며 ‘ENVEST for Housing’은 웹상에 접속한 상태에서 해당 프로그램을 운영하였다. 평가도구의 적용지역을 개발국, 혹은 개발인접국으로 한정된 대부분의 분석대상 프로그램들과 다르게 SBTTool은 전세계 어느 나라도 자국의 특성에 따라 평가의 방법과 부문을 조정하여 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

4.2 정보입력(Input)

1) Athena Institute의 ‘Impact Estimator’

프로그램의 시작 및 정보입력의 주요과정과 방법을 요약하면 다음과 같다. 초기화면에서 먼저 프로젝트명, 목적, 위치, 예상수명 등 프로젝트에 관한 기본적인 정보와 연료유형별 연간 운영에너지를 입력한다. 프로젝트의 대상 지역은 북미 지역으로 한정되어 있고 건물의 예상수명은 20년 단위로 설정되었다. 정보입력 메인화면은 GIS의 Tree구조의 형태로 구성되어있으며 이곳에서 기초, 벽체, 기둥·보, 지붕, 바닥, 기타 사용된 주요 자재 등 건물의 주요 구조체를 중심으로 구분된 6개 영역, 34개의 건물구성부를 선택하여 크기와 재료를 지정하는 순서로 진행된다. 건물의 구성부들은 간단한 아이소메트릭 혹은 단면 이미지로 화면에 표시되며, 구성부나 재료를 지정하면 자동적으로 생애주기 환경부하 등이 계산되었다. 프로그램에서 설정된 구성부나 재료의 특성에 관한 수치들은 변경이나 새로운 목록의 추가가 불가능하였으나, 작성된 정보들은 5개까지 프로젝트의 대안을 위한 복사와 정보수정이 가능하였다. 계산의 근거로 활용되는 정보는 산업평균치 LCI 데이터베이스를 기준으로 하는 것으로 조사되었다.

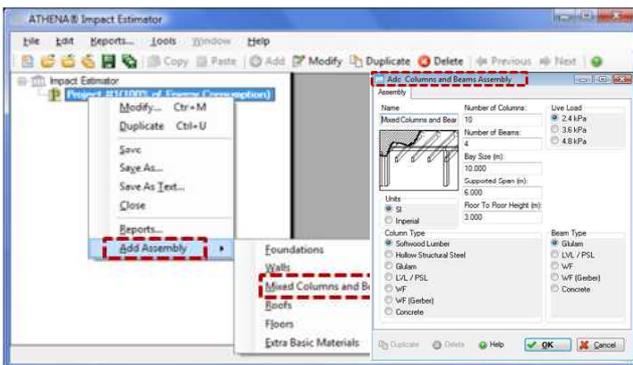


그림 2. Athena ‘Impact Estimator’의 입력화면

2) ‘BEES 4.0’

프로그램을 시작하면 부문별 성능 가중치를 조정하는 분석 매개변수창(Analysis Parameters)이 나오며 본 메뉴로 들어가면 건물의 구성요소와 제품에 관한 정보들을 입력하도록 되어있다. 이때 입력과정에서 사용되는 분류시스템은 ASTM(표준분류시스템)의 UNIFORMAT II의 개별요소별 제품정보 선택 방법을 사용하고 있다. 제품선

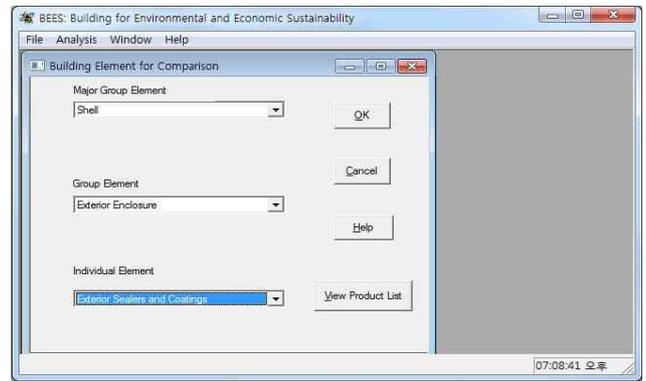


그림 3. ‘BEES 4.0’의 입력화면

택에 따른 생애주기환경영향평가의 방법은 ISO 14040(국제표준기구 생애주기평가의 원칙과 체계)를 따라 이루어지며 경제적 성능은 미국재료시험청의 기준을 따라 시행된다⁹⁾. 건물요소의 입력체계는 주요그룹요소, 그룹요소, 개별요소의 순서로 이루어진다. 주요그룹요소에는 유지관리, 보수와 개수, 부지작업, 장비와 가구, 인테리어, 외피, 건물하부구조 등 7개로 구성되어있으며 그룹요소에는 총 28개 요소, 개별요소는 총 189개의 요소로 이루어졌다. 제품정보는 위의 입력체계의 순서를 거쳐 총 504개의 목록으로 구성되어있는 상세제품정보를 개별적으로 선택하도록 구성되어있었다.

3) ‘CASBEE for Home’

‘CASBEE for Home’은 CASBEE 웹사이트에서 사용자 등록을 마친 후 사용설명서 등과 함께 다운로드할 수 있는 엑셀파일형식의 프로그램이다. 평가 소프트웨어는 ‘Main’, ‘Considerations’, ‘Q1 scoring’, ‘Q2 scoring’, ‘Q3 scoring’, ‘LR1 scoring’, ‘LR2 scoring’, ‘LR3 scoring’, ‘Scores’, ‘CO2 calculation’, ‘Results’, ‘Weightings’, ‘CO2 data’, ‘Credits’ 등 모두 14개의 화면(sheet)으로 구성되어 있으며, 이 중 정보입력의 체계는 건물에 관한 기본적인

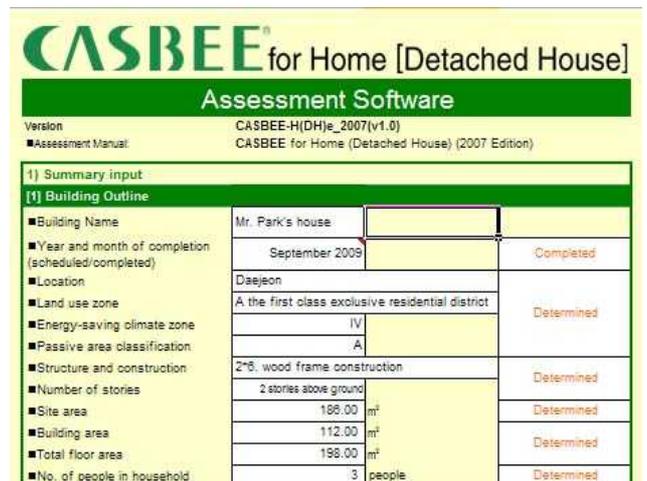


그림 4. ‘CASBEE for Home’의 메인 화면 일부

9) Barbara C. Lippiatt, Building for Environmental and Economic Sustainability(BEES), GBC '98 presentation, 1998

정보 등을 입력하는 ‘메인화면(Main)’과 환경의 질에 관한 세 개의 평가영역 화면들(Q1, 2, 3 scorings), 환경부하에 관한 세 개의 평가영역 화면들(LR1, 2, 3 scorings), 그리고 디자인상의 고려사항들을 입력하는 ‘Considerations’ 화면 등 8개의 화면들로 구성되어 있다. 메인화면은 ‘개요 입력(Summary Input)’과 ‘프로그램의 구성화면 연결(Display of each sheet)’로 나뉘어져 있으며 ‘개요입력’은 다시 ‘건물개요(Building Outline)’, ‘건물상세 결정여부(Status of Determination of Specification)’, ‘평가수행(Implementation of Assessment)’으로 구성되며 ‘프로그램 구성화면 연결(Display of each sheet)’은 ‘입력화면(Entry sheets)’, ‘계산화면(Calculation sheets)’, ‘평가결과화면(Assessment result sheet)’, ‘데이터베이스화면(Database sheets)’의 네 가지 영역으로 연결되어 있다. 입력한 항목들에 대한 가중치는 ‘가중치 화면(Weightings)’에서 조정할 수 있으나 입력한 정보들을 복사하거나 수정하는 등의 대안작업을 위한 기능은 없는 것으로 나타났다.

4) ‘Invest for Housing’

‘Invest for Housing’은 웹기반 프로그램으로써 영국의 에너지 세이빙 트러스트사(Energy Saving Trust)의 웹사이트¹⁰⁾에서 사용자 등록과 회원 로그인 과정을 거친 후 사용할 수 있다. 메인화면에는 7개의 실행영역이 있으며 프로그램소개, 사용자정보, 프로젝트 홈페이지, 로그아웃, 주택유형별 기준능력, 회사연락처, 도움말 순서로 구성되어 있다. 사용자정보(Your account)에서 이용자 혹은 회사에 관한 정보를 입력한 후 신규 프로젝트를 생성하면 프로젝트 홈페이지(Project home)로 연결된다. 프로젝트 홈페이지(Project home)는 건물 흙, 건물개요, 형태선택, 건물 구성 및 구조, 결과보고로 이루어져있으며 동일한 순서로 정보의 입력과 평가가 이루어진다. 본 프로그램의 정보입력에 관한 구성체계 및 입력과정상의 특징으로는 건물의 폭과 깊이, 평면의 기하학적 형태, 인테리어 마감재와 장식재 등 건물 디자인과 관련된 기초적인 정보들을 선택할 수 있다는 점과 건물정보의 입력과 동시에 예

상되는 환경영향을 생애주기 이산화탄소량으로 계산하여 쉽게 확인할 수 있다는 점이다. 건물정보의 복사와 수정이 용이함으로써 건물구성요소 혹은 재료의 대안 선택에 따라 달라지는 결과를 쉽게 비교분석할 수 있었다. 단독주택의 경우 ‘Invest for housing’에서 선택할 수 있는 평면 형태가 프로그램에 설정되어있는 총 8가지 중 두 개에 불과하여 건물디자인의 입체적이고 복합적인 측면을 고려하여 평가할 수 없는 한계가 있었다.

5) ‘LISA’

건설 분야에서의 생애주기평가 의사결정도구로 개발된 ‘LISA’는 웹사이트¹¹⁾에서 프로그램소개, 사례조사 등을 볼 수 있으며 소프트웨어를 다운로드할 수 있다. 정보의 입력은 해당프로젝트와 가장 유사한 사례분석을 선택한 후 세부사항들을 수정하는 방법으로 진행된다. 프로그램의 메인화면은 우측면의 9개의 버튼과 좌측면의 구성요소 및 세부사항 선택 영역으로 나뉘어져 있다. 9개의 버튼은 건물개요(Specification), 시공(Construction), 준비(Fitout), 냉난방요소(Heating/Cooling factors), 기구(Appliances), 사용(Utilization), 유지/보수(Repair/ Maintenance), 처분(Decommissioning), 재료수송(Material transport)으로 이루어졌다. 선택한 세부요소가 미치는 환경영향은 호주 EMMA (Eco-model for Material & Manufacturing Assessment)의 생애주기목록 정보들을 기준으로 평가된다. 입력체계상의 가장 큰 특징은 건물과 관련한 모든 정보를 일일이 입력할 필요 없이 유사한 프로젝트의 선행값을 중심으로 정보들을 필요에 따라 수정함으로써 프로그램을 처음 운영할 때의 시행착오를 줄이고 정보 입력에 따른 시간을 절약할 수 있었다. 메인 화면의 범주구성은 건물개요와 냉난방요소 기구의 3개를 제외하면 건물의 생애주기단계를 중심으로 구분되어있으며, 범주 간 혹은 일부 세부사항들이 체계적으로 구성되지 못한 측면이 발견되었다. 예를 들면 냉난방요소의 범주에서 선택하는 정보들은 벽체와 바닥의 재료들로 시공의 범주와 분리되어 있고 냉난방설비는 기구의 범주에서 운용에 관한 내용은 사용의 범주에서 분리되었으며 유지/보수의 범주에서 누락되어있었다.



그림 5. ‘Invest for Housing’의 입력 화면



그림 6. ‘LISA’의 입력 화면
(<http://www.lisa.au.com/images/fullsize/main.jpg>)

10) www.energysavingtrust.org.uk/housing

11) <http://www.lisa.au.com>

6) 'SBTool'

국제 지속가능한 건조 환경 추진기구(iiSBE; International Initiative for Sustainable Built Environment)가 개발한 SBTool은 3개의 마이크로소프트 엑셀파일들로 이루어졌다. 주로 지역 관공서나 법규에 의해 운영되는 설정파일(SBT07-A Settings)에서는 지역 주변의 맥락에 관한 정보를 입력하고 지역에서의 해당 건물유형에 대한 분야와 항목별 기준들을 설정한다. 건축가가 작성하는 프로젝트 디자인(SBT07-B Project Design) 파일에서는 구조체의 크기와 재료 등 구체적인 프로젝트의 특성들과 건축개요 등을 입력한다. 분야별 전문가나 건축가가 작성하는 평가(SBT07-B Evaluation) 파일에서는 분야 혹은 항목별로 추구하는 목표성과 잠재적인 자체성능을 평가할 수 있도록 가중치와 점수를 설정하며, 이후 평가를 수행하고 그 결과를 확인할 수 있다. 지역적 특성이나 프로젝트의 목적에 따라 입력과 평가결과의 범위를 조정할 수 있었다.

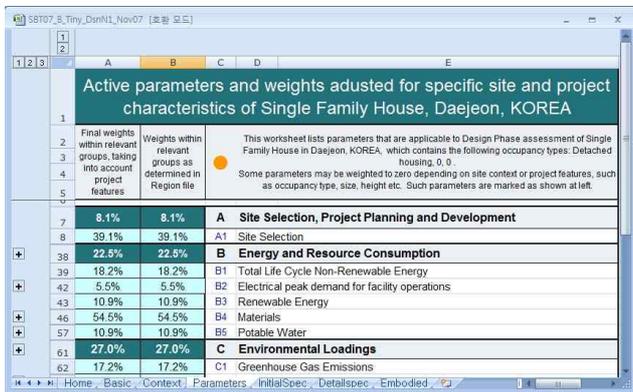


그림 7. 'SBTool'의 입력 화면(SBT07-B 파일)

4.3 평가·결과(Output)

1) Athena Institute의 'Impact Estimator'

최종 결과는 두 가지로 확인할 수 있는데, 프로젝트에 투입된 전체 재료사용목록(Bill of Materials Report)과 선택한 평가부문 및 양식에 따라 출력되는 결과보고서(Summary Measure Report)이다. 결과보고서에서 절대치와 요약결과 두 가지 중 선택하는 결과산출의 양식에 따라 평가의 부문이 달라진다. 먼저 절대치를 선택할 경우, ① 에너지(Energy), ② 공기(Air Emissions), ③ 물(Water Emissions), ④ 토지(Land Emissions), ⑤ 자원사용(Resource Use)의 5가지에 대한 결과를 절대수치로 확인할 수 있으며 요약결과를 선택할 경우에는 ① 에너지 소비량(Energy Consumption), ② 산성화 잠재력(Acidification Potential), ③ 지구온난화 잠재력(Global Warming Potential), ④ 인간 호흡기 건강 영향 가능성(HH Respiratory Effects Potential), ⑤ 오존 고갈 잠재력(Ozon Depletion Potential), ⑥ 스모그 잠재력(Smog Potential), ⑦ 부영양화 잠재력(Eutrophication Potential), ⑧ 자원 사용(Resource Use)의 8가지 환경영향의 결과가 그래프나 표의 형태로 표현된다. 또한, 기초, 벽체, 기둥과

보, 지붕, 바닥, 기타 기본 재료의 6가지 기본 구성체와 건물 생애주기 중 제조, 건설, 유지, 운영, 해체의 5단계별로 평가 결과를 얻을 수 있다. 따라서, 본 프로그램의 평가의 범주와 평가의 방법에서 두드러진 특징은 평가의 대상이 환경부하 및 환경영향 등에 집중되어 있으며 프로젝트 전반에 걸친 환경성이나 지속가능성에 관한 등급이나 점수 등 종합적인 평가가 없이 부문별 평가만 이루어지는 것으로 나타났다. 대안 비교는 5개 프로젝트까지 가능하였다.

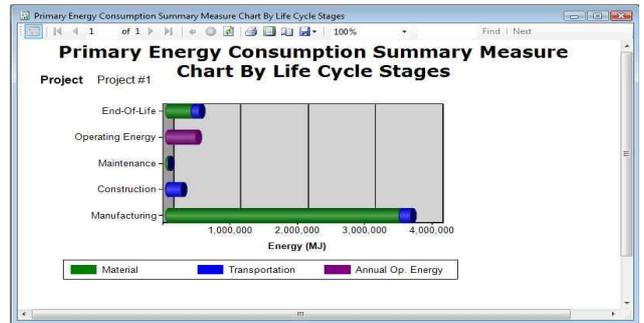


그림 8. 'Impact Estimator'의 평가 결과(요약 결과) 화면 (<http://www.athensmi.org/tools/impactEstimator/tutorial.html>)

2) 'BEES 4.0'

건물에 사용되는 제품들이 미치는 잠재적인 환경영향에 대하여 원료채취부터 폐기까지의 전생애주기 단계별로 분석이 가능하다. 건물의 지속가능성은 환경성능과 경제적 성능, 그리고 이 둘을 종합한 전체점수로 표현된다. 환경영역에는 ① 지구온난화, ② 산성화, ③ 부영양화, ④ 화석연료고갈, ⑤ 실내 공기, ⑥ 서식지변경, ⑦ 취수, ⑧ 대기오염, ⑨ 인간건강, ⑩ 스모그, ⑪ 오존고갈, ⑫ 생태계해독성 등 총 12가지에 대한 성능 평가가 이루어지며 이중 지구온난화와 서식지변경이 환경영역의 점수에서 각각 16%씩 가장 점수 비중이 큰 것으로 나타났다. 경제영역에는 초기비용(Initial Cost)과 미래비용(Future Cost)의 2개 부문에 대한 성능 평가가 이루어진다. 경제적 성능평가는 미국 시험 재료 협회(American Society of Testing and Materials)에서 제시하는 생애주기비용(LCC: Life Cycle Cost)기법에 따라 건물에 사용된 제품들을 50년 주기로 한정하여 미래에 발생하는 비용을 현재의 화폐가치로 전환하여 평가하는 것으로 조사되었다. 선택한 제품을 생산, 구입, 설치에 따른 초기비용과 재료의 내구성 등에 따라 이후에 발생할 교체 수선 등의 비용을 구분하였고 이 둘의 합을 생애주기 비용으로 계산하였다.

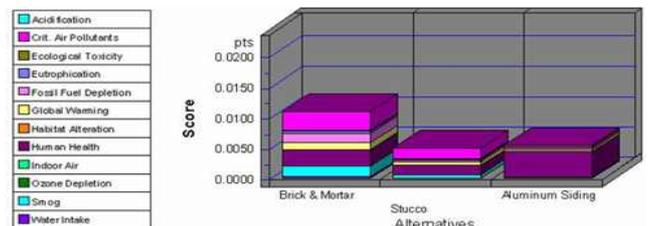


그림 9. 'BEES 4.0'의 평가 결과(환경 성능) 화면 (http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory)

평가결과의 표현 유형은 요약 그래프와 요약표로 나타나며 부문별 혹은 영역별 점수로 정량화된 결과를 확인할 수 있다.

3) 'CASBEE for Home'

평가의 체계(structure)는 두 개의 부문(view point)과 여섯 개의 범주(categories), 54개의 세부항목들(minor items)로 구성되어있다. CASBEE 프로그램의 평가는 환경의 질(Q: environmental quality)과 환경부하(L: environmental load)의 두 개의 부문(view point)에서 이루어진다. 환경의 질(Q)은 ① 실내환경(Q1), ② 서비스(Q2), ③ 경관과 생태계(Q3)의 세 가지 범주들에 대한 평가로 이루어지며 환경부하(L)는 ④ 에너지와 물(L1), ⑤ 자원과 폐기(L2), ⑥ 부지 및 광역 환경(L3)의 범주들에 대한 평가로 이루어졌다. 배점은 각 범주내 세부항목들이 1점부터 5점까지로 평가된 후 항목들의 중요도에 따라 설정된 가중치가 항목별로 곱해지고 그 값들이 합해져서 해당 범주의 점수가 1점에서 5점까지 계산되었다. 같은 방식으로 범주별 점수들이 합산되어 환경의 질(Q)과 환경부하(L)에 대한 부문별 최종점수가 도출되었다. 단독주택에 대한 종합적이고 최종적인 평가는 건물환경효율(BEE: Building environmental Efficiency)로 계산되는데 이는 환경의 질에 대한 환경부하의 비로써 환경의 질이 높고 환경부하가 낮을수록 좋은 평가를 받을 수 있는 방식이었다.

$$BEE = \frac{Q(Q1, Q2, Q3)}{L(L1, L2, L3)}$$

Q: 환경의질(Environmental Quality)
L: 환경부하(Environmental Load)

평가의 결과는 건물환경효율(BEE), 여섯 가지 범주들, 그리고 생애주기 이산화탄소량의 세 가지 주요 측면과 여섯 개 범주별 주요 항목들에 대한 평가결과로 확인할 수 있었다. 건물환경효율은 계산 결과에 따라 0.5 이하(C), 0.5-1.0(B'), 1.0-1.5(B''), 1.5-3.0(A), 3.0 이상(S)의 다섯 개의 등급이 매겨지며 등급에 따라 별이 한 개부터

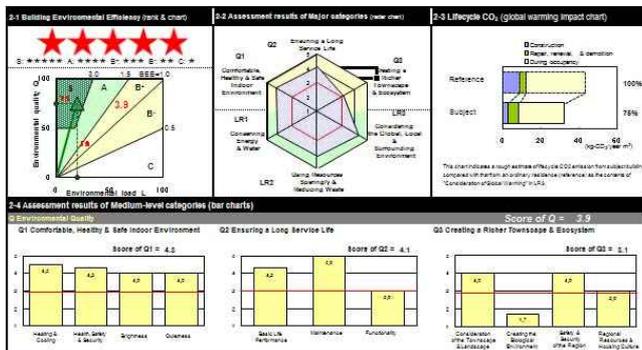


그림 10. 'CASBEE for Home'의 평가 결과 화면

12) 평가 영역의 체계와 사용하는 용어가 도구마다 상이하여 상호 비교가 어려우므로 평가체계가 가장 세분화된 SBTTool을 기준으로 모든 평가도구들의 평가영역에 관한 한글번역용어를 통일하여 표시하였다. 평가영역의 크기가 큰 순서부터 부문, 범주, 항목으로 하였으며 그 옆에 본래 영어 원문 용어를 함께 표기하였다. 표6에서 평가도구 1, 2, 4, 5는 이들 평가체계에 대한 별도의 설명이나 용어가 없으므로 3과 6에 준하여 표기하였다.

다섯 개로 표시되었다. 환경효율 1을 기준으로 일본주택 표준치보다 높고 낮음을 비교할 수 있게 하였다. 여섯 가지 범주들에 대한 평가결과는 레이더 차트(radar chart)로 생애주기 이산화탄소량은 표준 주택의 기준치와 함께 막대그래프로 표현되었다. 건축물의 생애주기 단계별 평가나 대안비교 등은 할 수 없었다.

4) 'Invest for Housing'

건물정보의 입력과 동시에 건물요소의 그룹별 환경영향의 결과가 생애주기 이산화탄소량으로 계산되며, 프로젝트에 대한 종합적인 평가와 대안 비교 등은 결과보고(Reports)에서 확인할 수 있다. ① 건물 프레임, ② 기초, ③ 외벽, ④ 내벽, ⑤ 맞벽, ⑥ 1층, ⑦ 2층, ⑧ 창호, ⑨ 천창, ⑩ 천장, ⑪ 지붕, ⑫ 대지경계, ⑬ 지표면 등 총 13 가지 항목들에 대한 평가를 수행할 수 있다. 이들 항목들에 대한 생애주기 이산화탄소 발생량을 수치와 막대그래프의 형태로 보여주며 건물구성요소 혹은 재료의 대안 선택에 따라 변환 결과를 함께 비교할 수 있다. '주택표준(Benchmarks)' 페이지는 단독주택을 총 19개의 유형으로 구분하여 일반적인 주택에서 발생하는 이산화탄소량을 제시하고 있다. 모든 평가 결과는 사용되는 건물 구성요소의 물리적인 크기와 재료 등을 근거로 계산된 이산화탄소량으로 국한되어있으며 건물 운영과정에서 소비되는 냉난방 등으로 인한 에너지양 등은 입력단계부터 평가와 최종 결과까지 포함되지 않은 것으로 파악되었다.

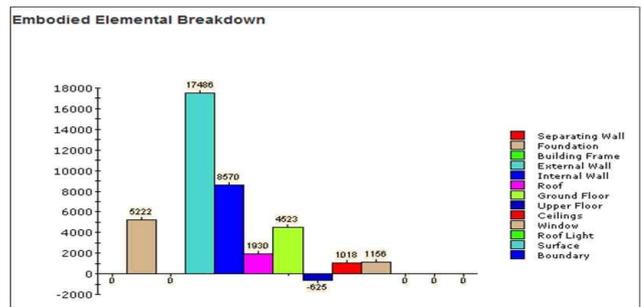


그림 11. 'Invest for Housing'의 평가 결과 화면 (Invest for Housing User Guide, Energy Saving Trust, 2009)

5) 'LISA'

사용(Utilisation), 시공(Construction), 준비(Fitout), 기구(Appliances), 유지/보수(Repair/Maintenance), 처분(Decommissioning), 재료수송(Material transport)의 7개 단계에서 배출되거나 사용되는 ① 에너지(Energy), ② 온실가스(GGE), ③ 대기 중 부유물질(SPM), ④ 비메탄 휘발성 유기물질(NMVO), ⑤ 물(Water) ⑥ 질소산화물(NO_x), ⑦ 아황산(SO_x) 등 7가지에 대한 평가가 이루어진다. 평가결과는 메인화면의 보고서(Report)메뉴에서 전체영향평가보고서(Total impact report), 재료목록(Bill of materials), 기본재료정보(Base material data)의 세 가지 유형들로 확인할 수 있으며, 사용자 메뉴에서 재료 사용 및 속성(Material consumption and attributes)을 통하여 선택한 건물구성요소에 투입된 재료들의 양과 이들이 미

치는 환경영향을 확인할 수 있다. 재료목록(Bill of materials)를 통하여 선택한 구성요소 및 세부사항별로 사용된 모든 재료들의 양과 이들이 미치는 환경영향을 부문별로 확인할 수 있다. 평가의 결과는 호주 뉴사우스 웨일스 주(New South Wales)의 평균치와 해당 프로젝트의 평가결과가 함께 막대그래프로 표시된다.

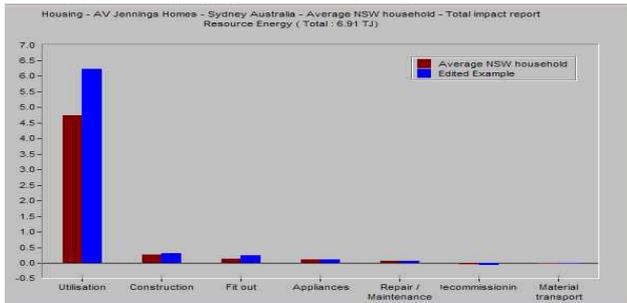


그림 12. 'LISA'의 평가 결과 화면

6) 'SBTool'

평가결과는 상대성능평가와 절대성능평가로 나누어지며 상대성능평가에서는 단독주택인 경우 7개의 부문들(Issues)과 29개 범주들(Categories)의 108개 항목들(Criteria)에 대한 평가를 할 수 있었다. 7개의 이슈들의 구체적인 내용은 ① 부지 선택, 프로젝트 계획과 개발(Site Selection, Project Planning & Development) ② 에너지와 자원 소비(Energy & Resource Consumption) ③ 환경부하(Environmental Loadings) ④ 실내 환경의 질(Indoor Environmental Quality) ⑤ 서비스의 질(Service Quality) ⑥ 사회·경제적 측면(Social and Economic Aspects) ⑦ 문화·인지적 측면(Cultural and Perceptual Aspects)이다. 평가의 배점 및 평가점수의 산정방식은 아래 표5와 같다. 항목별 평가는 -1, 0, 3, 5점의 네 단계 중에서 해당 성능에 따라 단계를 선택하거나 혹은 대중교통수단까지의 거리 등 구체적인 수치 등을 입력할 때 자동적으로 배정된 단계에 항목별 가중치가 곱해지는 방식이었다. 항목, 범주, 부문, 그리고 종합점수 모두 0점부터 5점까지의 배점체계를 가졌다. -1점은 미흡한 성능, 0점은 최소한의 수용 가능한 성능, 3점은 우수한 성능, 5점은 최고의 성능을 의미한다. 항목별 평가점수는 중요도에 따라 미리 설정된 가중치 혹은 목적에 따라 가중치가 조정되어 점수로 환산되며 범주 내 항목점수들의 합이 범주의 평가점수가 되고 범주점수들의 합이 해당 이슈의

표 5. SBTool의 평가점수 산정 방법

평가영역의 구조	평가점수 산정 방법	배점
종합점수 (Total score)	Σ 모든 (부문점수 * 가중치)	0-5점
부문점수 (7 Issues)	Σ 부문내 (범주점수 * 가중치)	0-5점
범주점수 (29 Categories)	Σ 범주내 (항목점수 * 가중치)	0-5점
항목점수 (108 Criteria)	(-1, 0, 3, 5점의 네 단계 중 하나) * 가중치	0-5점

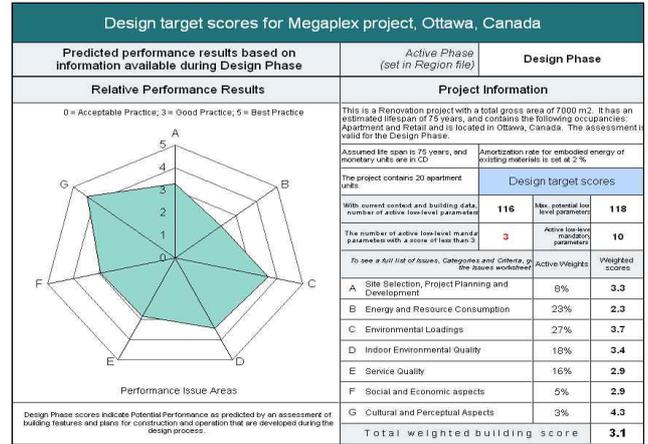


그림 13. 'SBTool'의 평가 결과(상대 성능 평가) 화면

평가점수가 된다. 7개 부문들에 대한 상대적인 성능평가 결과는 0점부터 5점까지의 수치와 다양한 유형의 그래프들로 확인할 수 있으며 절대성능평가에서는 14개 항목들에 대한 정량적인 성능평가가 이루어진다. 14개 항목의 내용은 구조와 외피에 내재된 에너지의 총 소비량 등 에너지에 관한 평가결과가 8개 항목이며 수자원이 2개 항목, 온실가스 1개 항목, 생애주기비용, 기존 구조의 재활용에 관한 2개 항목으로 조사되었다.

4.4 사용상에 나타난 장·단점(Strength & Weakness)

1) Athena Institute의 'Impact Estimator'

정보입력과정에서 메인 메뉴가 Tree형식으로 구성되어 프로젝트, 구성그룹, 개별 요소의 파악이 용이하였고 선택버튼의 인식이 용이하여 사용이 편리하였다. 개별적으로 선택한 건물 구성 요소들이 미치는 환경영향의 결과들이 건물생애주기에 따른 요약 테이블과 그래프로 작성되어 이해하기가 쉬우며 건물 요소들 간의 비교가 용이하였다. 재료 및 구조시스템을 비교하여 선택할 수 있으며 외관과 기초적인 내부 인테리어공사를 포함하여 평가할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 평가결과를 동일 기관에서 개발한 엑셀형태의 프로그램인 'EcoCalculator'와 연계할 경우 사용된 구조와 재료에 대한 부문별 환경영향의 LCA 결과를 바로 계산할 수 있었다. 하지만, 대상 프로젝트의 지역이 북미지역으로 한정되어 있고 평가의 영역이 건물이 미치는 환경영향성으로 제한된 한계가 있었다. 따라서 본 프로그램의 용도는 건축계획의 초기단계에서 건축물의 물리 환경적인 측면에서의 지속가능성 평가를 위한 보조적인 도구로 한정할 필요가 있는 것으로 파악되었다.

2) 'BEES 4.0'

건물의 생애주기 환경영향을 줄이기 위한 조치들을 고려할 때 경제적으로 발생하는 비용을 함께 살펴볼 수 있는 건축 실무에서 디자인에 관한 결정을 내릴 때 유용한 도구이다. 건물에 사용되는 재료들을 중심으로 지속가능성 평가를 수행함으로써 물리적환경은 물론 사회적인 유대관계, 공사 및 유지관리 비용 등에 많은 영향을 미치는

건축의 형태와 공간 등 디자인에 관한 고려가 평가에서 빠져있다. 또한, 설비, 외피의 커튼월, 천장마감재 등 일부 건물시스템과 건물 구성요소들이 누락된 것으로 조사되었다. 환경적 성능 부문의 범주들에 대한 점수 비중이 적절하지에 관한 의문이 들었다. 범주별로 환경에 미치는 영향력이 10년, 100년 등 시간의 경과에 따라 다르게 나타날 수 있음을 간과한 측면이 있었다. 예를 들면 실내 공기는 건물의 수명과 사용 단계 이후의 조치 등에 따라 단기적 영향을 미치지만, 지구온난화의 경우 배출된 이산화탄소가 적외선을 흡수하며 대기 중에 체류함으로 인한 환경 영향은 매우 장기적으로 미칠 수 있다. LCA 관점에서 볼 때 지구온난화의 비중이 다소 낮게 평가된 측면이 있었다.

3) 'CASBEE for Home'

메인화면에서 입력, 평가, 결과확인 의 각 과정으로 쉽게 접근할 수 있었으며 평가의 체계와 과정이 명확하였다. 평가항목별로 프로젝트의 총족여부에 따라 다섯 단계 중 하나를 선택하면 평가가 이루어짐으로써 쉽고 빠르게 평가를 할 수 있었다. 하지만 이는 평가가 개략적으로만 이루어질 수 밖에 없는 한계가 되기도 하였다. 예를 들면, 건물의 구조(Q2. 1.1.1)와 외벽 재료(Q2. 1.1.2) 등의 항목들은 주로 재료의 예상수명 등에 따라 다섯 단계 중 하나를 선택하도록 되어있는데 두 개 이상의 구조시스템을 도입하거나 두 개 이상의 재료를 함께 선택할 수는 없었으며 재료의 두께와 시공 공법 등에 따른 세부적인 사항들은 평가에서 제외되었다. 이는 타 분석대상 도구들에 비하여 건물구성요소와 재료 등에 관한 정보입력이 상대적으로 미비하여 환경부하 특히 이산화탄소량 등에 관한 결과에 의문을 가지게 하였다. 입력한 정보를 복사하거나 수정 편집하는 기능이 없어서 대안 비교 평가가 불가능하였다. 프로그램의 활용지역을 일본과 아시아로 하였으나 54개의 평가 항목 중 10개가 일본의 주택 성능 기준(Japan Housing Performance indication Standards)에서 정한 세부 지침들에 따라 운영되어야함을 원칙으로 삼고 있어 이에 대한 사용국별 전환이 없이는 타 지역에서의 본 프로그램을 통한 평가가 부분적으로만 이루어질 수 밖에 없었다. 또한, '육조의 단열여부(LR1 2.2.2)' 항목이 54개 평가 항목 중 하나인 것은 일본 특유의 문화적 특성이 반영된 예라 하겠다.

4) 'Invest for Housing'

Invest의 장점은 디자이너가 건물에 관한 기본적인 정보를 입력하고 프로젝트가 미칠 영향을 온실가스배출량으로 쉽게 확인할 수 있다는 점이었다. 입력하는 항목별로 환경성에 대한 결과를 바로 볼 수 있으며 건물요소의 그룹 혹은 대안 비교가 쉽게 이루어졌다. 또한, 정보입력과 결과확인 의 과정이 간단하여 프로그램 사용에 고도의 지식과 전문성이 필요하지 않았다. 사용이 용이한 반면, 평가의 대상이 건물의 구성요소 위주로 한정되어있으며 건물의 기계·설비 시스템과 에너지 등에 대한 내용들이

누락된 것으로 조사되었다. 프로그램의 구성체계상에서 보완할 점으로 정보입력에서의 건물요소의 그룹들과 평가결과의 그래프에서 나타나는 일부 그룹들의 순서가 상이하여(표6과 그림9 비교) 구성체계의 일관성이 떨어지는 측면이 있었다. 프로젝트의 초기단계에서 건축가나 건축주가 건축물의 환경성에 대한 영향을 쉽게 파악할 수 있었으며 건축물의 디자인이 평가에 부분적으로 반영되었다. 하지만, 입력 가능한 정보의 범위와 양, 그리고 평가의 영역과 항목의 수가 매우 제한되어 있으며, 경제적·사회적 측면의 계획요소들에 관한 평가가 제외되어있는 등 지속가능성을 판단하기 위한 종합적인 평가도구로서의 전문성이 떨어지는 것으로 판단되었다.

5) 'LISA'

별도의 학습 없이 프로그램을 사용할 수 있을 정도로 간단하고 쉽게 구성되어있었다. 프로그램과 연계되어있는 사례의 사진과 개요를 확인하고 해당 프로젝트와 가장 유사한 사례를 선택하여 정보를 수정함으로써 정보입력 단계에서의 시간절약이 돋보이는 프로그램이었다. 하지만, 2003년 이후 프로그램의 업그레이드가 이루어지지 않은 점, 유지/보수의 영역은 페인트의 한 가지만 선택할 수 있는 등 세부적인 정보의 입력이 불가능한 점 등은 결과에 대한 전문성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 또한, 평가부문의 대부분이 배출되는 유해환경물질의 정량적인 수치 중심으로 이루어짐으로써 디자인의 측면과 주변맥락과의 관계, 생애비용 등이 고려되지 못한 한계가 드러났다. 따라서 본 프로그램의 활용은 프로젝트의 초기 단계에서의 신속한 의사결정을 위한 참고도구로 용도를 한정할 필요가 있다.

6) 'SBTool'

물리적 환경에 대해서만 영향평가가 이루어지는 기존의 대부분의 환경성 평가도구나 지속가능성 평가도구들과 비교할 때, 'SBTool'은 장애인의 접근성, 생애주기 비용, 기존 가로와의 조화 등 사회·문화, 경제적 측면들에 대한 항목들과 범주들을 포함하고 있었다. 단독주택의 지속가능성을 평가하는 7개의 부문들(Issues)과 29개 범주들(Categories)의 108개 항목들(Criteria) 중 2개의 부문들과 3개의 범주들, 13개의 항목들이 이에 해당하는 것으로 나타났다. 평가항목들을 선택하고 가중치를 조정할 수 있는 점은 지역적 특수성과 프로젝트 자체의 목적에 따라 평가를 수행할 수 있는 장점인 반면, 임의적으로 설정된 평가 기준들과 도출된 결과에 대한 객관성에 의문의 소지가 있는 것으로 파악되었다. 프로그램 자체의 기준치들을 이용하여 개략적인 평가를 수행할 수 있으며, 일부 항목에서는 평가 분야별 전문가들이 정량적 평가 이외에 정성적 평가에 참여할 수 있었다. 또한, 전문 모델링 소프트웨어를 해당 항목들에 연동하여 좀 더 정확한 평가를 수행할 수 있었다. 하지만, 프로그램을 제대로 활용하기 위해서는 정보입력과 평가체계에 대한 이해와 숙련된 경험들이 필수적이며 이에 이르기까지 적지 않은 시간과

노력이 필요한 것으로 나타났다.

4.5 분석의 종합 및 비교

단독주택의 지속가능성 평가를 위해 해외에서 사용하고 있는 평가도구들에 관하여 분석한 주요내용을 종합하여 비교하면 표6와 같다. 대부분의 사례들에서 평가가 가능한 대상지역이 도구를 개발한 국가로 한정되었으나 'SBTool'은 활용 지역에 대한 제한이 없었다. 프로그램의 이용방법은 주관기관의 웹사이트에 접속하여 간단한 등록 절차를 마친 후 프로그램을 다운로드하여 개인 컴퓨터에서 실행하는 경우(Envest for Housing을 제외한 모든 도구)와 해당 웹사이트에 접속한 상태에서 입력과 평가 결과의 과정을 수행하는 경우(Envest for Housing)로 나뉘었다. 정보입력의 과정은 프로젝트에 대한 개략적인 건축개요를 시작으로 건물의 주요 구성부나 구조체를 지정하고 건물의 부재나 재료 등을 지정하는 순서로 지정되었는데 'SBTool'은 이외에도 프로젝트의 계획에 관한 내용을 7개 부문, 29개 범주, 108개 항목으로 구분하여 입력과 평가의 대상으로 삼았다. 'LISA'의 경우 해당 프로젝트와 가장 유사한 사례를 선택하고 세부내용을 수정하는 방법으로 진행되었으며 'SBTool'은 정보입력의 주제에 따라 사용파일들을 구분하였고 전문가가 참여하거나 모델링 프로그램을 연동하여 도출한 정보를 입력할 수 있었다. 'Impact Estimator'와 'ENVEST for Housing'은 계획의 대안을 쉽게 마련할 수 있도록 입력정보를 복사하고 대안들을 비교 평가하는 기능을 갖추고 있었다.

평가하는 지속가능성의 영역을 환경, 경제, 사회적 측면으로 구분하여 프로그램들을 분석한 결과 'SBTool'만이 세 영역 모두와 관련한 입력 혹은 평가 항목들을 포함하고 있었으며 'BEES'는 환경과 경제적인 측면의 지속가능성을 평가할 수 있었고 'CASBEE for Home'은 환경적 측면을 중심으로 일부 사회적인 측면을 고려하고 있었고 'Impact Estimator', 'ENVEST for Housing', 'LISA'는 환경적 측면을 평가하는 것으로 나타났다. 또한, 환경영역의 평가부문들을 환경 전과정평가에서 일반적으로 사용되는 천연자원, 생태계, 인간보건의 세 가지 영향범주와 이에 대한 세부영향범주의 측면에서 분석하면 'Impact Estimator'와 'BEES', 'CASBEE for Home'이 세 가지 범주, 'SBTool'은 천연자원과 생태계, 'LISA'와 'ENVEST for Housing'은 생태계에 관한 세부영향범주들을 포함하고 있었다. 평가의 범주와 항목의 갯수는 'SBTool'이 상대적평가의 측면에서 108개 항목과 절대적평가의 측면에서 14개의 항목으로 가장 많은 것으로 나타났다. 평가도구의 사용상에 나타난 특징으로는 이용의 편의성에서 'ENVEST for Housing'과 'LISA'의 두 프로그램이 프로그램숙련에 걸리는 시간과 다루는 정보의 양이 적은 것으로 나타났으며 'SBTool'은 가장 많은 시간과 정보를 요하는 것으로 나타났다. 평가 과정에서 계획 건물의 디자인을 반영했는지의 여부를 살펴보면 'ENVEST for Housing'이 건물의 평면 형태와 폭, 깊이, 높이 등 건물의 기초적인 형태를 다루고 있었고 'Impact Estimator'는 입

력과정에서 건물의 구성부들을 간단한 아이소 매트릭 혹은 단면 이미지로 표시하여 선택할 수 있었으며, 'LISA'는 선택하는 유사프로젝트의 외부사진을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

지속가능성 혹은 지속가능한 개발과 관련한 연구와 논의의 흐름을 간략히 정리하면, 2000년 이전에는 지속가능성에 관한 다양한 개념이나 평가지표들을 수립하고 목표와 정책들을 마련하는 과정이었고 2000년 이후에는 시행대안과 행동계획을 수립하기 위한 구체적인 방법들이 추진되고 있다고 볼 수 있다. 본 연구의 목적은 해외의 지속가능성, 혹은, 환경성 관련기관들에 의해 개발되어 사용되고 있는 평가도구들을 소개하고 주요 특징들과 한계점을 분석하는데 있다. 이를 통해 국내 단독주택의 건축계획 단계에서 활용할 수 있는 지속가능성 평가도구의 개발 시 참고할 수 있는 기초자료를 만들고자 하였다. 본 연구에서는 국제적인 기관들에 의해 단독주택을 평가하는 도구로 분류되었고 웹사이트에 접속하여, 혹은 다운로드 후 사용이 가능한 6개의 해외 평가 도구들을 선정하였다. 이들을 프로그램을 사용하기 위한 초기단계, 정보입력과 평가 및 결과, 그리고 사용상에 나타난 장점과 단점을 중심으로 분석하였다. 개별도구들에 관한 분석의 주요 내용들을 상호 비교하며 종합하였고 현재 단독주택의 지속가능성 평가를 위하여 개발된 해외평가도구 6개에서 나타난 주요특징과 한계점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 프로그램을 사용하기 위해서는 도구들 대부분의 경우 해당 사이트에서 프로그램을 다운로드한 후 개인 컴퓨터에서 프로그램을 실행한 반면 'ENVEST for Housing'은 웹사이트에 접속한 상태에서 평가가 이루어졌다. 이는 평가 프로젝트들에 관한 정보들을 축적하고 평가의 과정과 결과를 공정하게 관리할 수 있는 긍정적인 측면을 가져오지만 증가하는 데이터를 운영할 수 있는 별도의 체계를 마련해야한다. 둘째, 'SBTool'을 제외하면 사례 도구들이 활용대상지역에서 대한민국이 포함하고 있지 않은 것으로 나타났으며 국내의 건물구성요소와 재료선택에 따른 생애주기비용의 차이를 고려하지 않은 채 기존 도구를 활용하여 평가하는 것은 적합하지 않다. 셋째, 기존 평가도구들의 입력과 평가체계 상의 특징으로 정량적 수치화의 추진이 뚜렷한 점을 들 수 있다. 'CASBEE for Home'과 'SBTool'의 일부 항목을 제외하면 입력하는 정보와 평가 결과의 대부분이 정량적인 수치 위주였으며 정성적인 분석이 이루어져야하는 항목을 구분하고 평가의 방법을 재고할 필요가 있다. 넷째, 환경분야 특히 에너지와 온실가스 등에 의해 생태계에 미치는 영향에 관한 세부적인 평가에 비해 사회적, 경제적 측면에서의 지속 가능성은 상대적으로 미약한 상태였다. 다섯째, 'SBTool'의 일부 범주와 항목들을 제외하면 입력 정보와 평가 결과의 대부분이 개별 단위건물의 차원이었으며 단지나 도시적 차원에서의 건물과 주변 환경과의

표 6. 평가도구 분석결과와 주요내용

구 분	1. Impact Estimator 4.1	2. BEES 4.0	3. CASBEE for Home	4. Envest for Housing	5. LISA	6. SBTool 07	
정보 입력 (INPUT)	입력 과정	건물개요>건물구성요소지정>세부정보입력>복사 편집	부문별 성능가중치 조정>건물구성요소선택>상세제품정보선택	메인화면>환경의 질정보(Q),환경부하정보(L),디자인고려사항	사용자정보>프로젝트홈페이지(건물개요, 형태, 건물구조및재료선택)	사례선택>사례정보수정	프로젝트기본정보>주변맥락>가중치설정>평가영역정보입력
	초기 화면 구성	프로젝트명, 위치, 연면적, 예상건물수명, 건물용도, 단위, 연간건물운영에너지소비량	매개변수창: 12개 환경성능, 2개 경제성능, 종합점수 가중치설정	별도의 초기화면은 없으며 곧바로 메인화면으로 이동	사용자 홈페이지: 회사, 사용자, 프로젝트 정보 입력창	사례선택, 도움, LISA 프로그램 마침	설정파일, 프로젝트디자인파일, 평가파일 실행시 별도의 초기화면 없이 Home화면이동
	메인 화면 구성	상단: 파일, 편집, 리포트, 도구, 윈도우, 도움. 하단: 트리구조 건물구성요소	상단: 파일, 분석, 윈도우, 도움. 하단: 건물요소	개요입력(건물개요, 건물상세결정여부, 평가수행), 구성화면 연결	프로젝트홈페이지: 건물홈, 건물개요, 형태선택, 건물구조, 결과보고	상단: 파일, 리포트, LCA 옵션, 윈도우, 도움. 우측: 9개단계. 좌측: 세부정보	홈, 기본, 맥락, 매개변수창, 가중치, 벤치마크, 초기스펙, 상세스펙 등
	입력 정보 구성 체계	건물요소: 6개 그룹(기초, 벽체, 기둥·보, 지붕, 바닥, 주요 재료), 34개 요소	건물요소: 7개요소그룹(유지관리, 보수와 개수, 부지작업, 장비와 가구, 인테리어, 외피, 건물하부구조) 28개 그룹요소, 189개 개별요소	2개부분(환경의 질, 환경부하), 6개범주(실내환경, 서비스, 경관과생태계, 에너지와물, 자원과폐기, 부지 및 광역환경), 54개 항목	건물개요, 형태(8개), 건물요소: 13개그룹(건물 프레임, 기초, 외벽, 내벽, 맞벽, 1층, 2층, 지붕, 창호, 천장, 대지경계, 조정경계, 지표면)	9개단계(항목수): 건물개요(6), 시공(9), 준비(4), 냉난방요소(2), 설비·가전기구(6), 사용(6), 유지/보수(1), 처분, 재료수송	프로젝트기본정보(18), 주변맥락(12), 평가영역정보(7개부분, 29개범주, 108개항목)
	가중치	N/A	평가부분, 범주 가중치	범주와 항목 가중치	N/A	N/A	부분, 범주, 항목 가중치
	복사	복사 후 정보수정가능	N/A	N/A	복사 후 정보수정가능	N/A	N/A
	장점	정보입력과정과 화면의 메뉴구성이 사용하기에 쉽고편리.	504개로 구성된 상세한 제품정보목록	메인화면에서 다른 과정으로 접근이 용이. 일부항목 디자인 고려	정보입력과정이 간단하고 메뉴구성이 사용에 편리, 건물형태선택기능	선택한 사례의 정보를 수정함으로써 정보입력 시간을 크게 단축	입력·평가항목들을 선택하고 가중치를 조정할 수 있음.
단점	입력정보 구성체계에 새로운 목록을 추가할 수 없음	커튼월, 설비 등 일부 주요 건물요소와 제품 누락	건물구성요소와 재료 등에 관한 입력정보가 상대적으로 미비	입력가능한 정보의 종류와 양이 매우 제한적	입력항목을 추가할 수 없고 선택가능한 사례의 종류와 수가 적음	입력과정과 화면메뉴구성이 매우 복잡. 정보 입력시 많은 시간소요	
평가 결과 (OUTPUT)	평가 영역 구성 체계	8개범주(에너지소비량, 산성화잠재력, 지구온난화잠재력, 인간건강영향, 오존고갈잠재력, 스모그잠재력, 부영양화잠재력, 자원사용)	2개부분, 14개범주 성능평가: 환경적 성능부분은 지구온난화, 산성화 등 12개 범주, 경제적 성능부분은 초기비용과 미래비용의 2개 영역	2개부분(환경의 질, 환경부하), 6개범주(실내환경, 서비스, 경관과생태계, 에너지와물, 자원과폐기, 부지 및 광역환경), 54개 항목	13개그룹(건물 프레임, 기초, 외벽, 내벽, 맞벽, 1층, 2층, 지붕, 창호, 천장, 천정, 대지경계, 조정경계, 지표면)과 각 그룹내 구성요소	7개 범주(에너지, 온실가스, 비메탄휘발성 유기물질, 질소산화물, 아황산, 대기중 부유물질, 물)	상대성능평가: 7개부분, (부지선택, 에너지와자원, 환경부하, 실내환경, 서비스의 질, 사회·경제, 문화·인 지적 측면) 29개 범주, 108개 항목 절대성능평가: 에너지 소비소비량 등 14개 항목
	평가 방법 배점	8개범주에 대한 생애주기단계 혹은 건물요소 그룹별 절대수치평가	종합점수=환경적 성능(50점)+경제적 성능(50점), 정량평가	부분, 범주, 항목평가: 1점에서 5점, 건물환경효율 5등급 평가	13개그룹과 그룹내 구성요소의 생애주기발생 CO2량	7개범주에 대한 환경영향을 일부단계, 전체단계로 절대수치평가	상대성능평가: 0에서 5점 절대성능평가: 절대수치
	유형	그래프, 표, 재료목록	그래프, 표, 제품목록	보고서, 그래프, 표	보고서, 그래프	그래프, 표, 재료목록	보고서, 그래프, 표
	대안	5개까지 대안비교 가능	대안비교 가능	대안비교없음	대안비교가능	대안비교없음	대안비교없음.
	디자인	외관, 실내 부분반영	평가에 미반영	주변경관과의조화 평가	건물의 평면형태 고려	평가에 미반영	문화·인 지적부분 3항목
	지속가능성	환경 경제 사회 O X X	환경 경제 사회 O O X	환경 경제 사회 O X O	환경 경제 사회 O X X	환경 경제 사회 O X X	환경 경제 사회 O O O
	생애주기평가	자원 생태계 보건 O O O	자원 생태계 보건 O O O	자원 생태계 보건 O O O	자원 생태계 보건 X O X	자원 생태계 보건 X O X	자원 생태계 보건 O O X
장점	결과표현양식이 단순하며 대안기능으로 재료 및 구조시스템간의 환경영향 비교가 용이.	경제적이며 동시에 친환경적인 재료 선택을 도와줌. 제품목록이 구체적이고 많음.	평가영역구성체계와 평가방법이 명확. 등급표시 등 평가결과유형이 다양하고 이해가 쉬움	평가의 방법과 과정이 간단하여 쉽게 사용할 수 있고 평가 소요시간 짧음. 디자인고려 평가	평가영역의 구성과 결과표현양식이 간단하여 쉽고 빠르게 평가할 수 있음.	평가항목의 내용과 방법들이 구체적. 평가체계의 변경 가능. 전문가의 정성적 평가포함.	
단점	평가가 환경영향영역에 집중되어 있으며 종합적인 평가가 없이 부분별 평가만 이루어짐	제품위주의 평가. 일부 주요 건물요소와 제품 누락. 건물형태와 구조 등에 관한 고려 부족.	일부 항목들이 일본주택기준에 따라 평가가 이루어짐으로 타국에서의 평가가 제한적임.	평가의 방법이 이산화탄소발생량계산으로 한정되어 있음.	평가의 영역이 환경영향의 부문별 평가로 한정됨. 평가기준사례가 2003년 이전으로 제한	프로그램 숙련과 평가 과정에 많은 시간 소요. 가중치 변경 등에 따른 결과의 신뢰성	

주1) 평가도구약어 2. BEES: Building for Environmental and Economic Sustainability
 3. CASBEE: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
 5. LISA: LCA in Sustainable Architecture 6. SBTool: Sustainable Building Assessment Tool
 주2) 기호해설 O: 해당 평가항목 있음. X: 해당 평가항목 없음.

관계의 측면에서의 고려가 부족하였다. 여섯째, 도구 대부분이 사용의 편의성과 평가의 전문성을 동시에 충족하지는 못하는 것으로 나타났다. 일곱째, 건물의 3차원적 형태와 디자인에 관한 계획이 평가에서 매우 미흡하게 혹은 전혀 반영되지 못하는 것으로 나타났다.

본 연구는 단독주택의 지속가능성 평가를 위한 도구를 개발하기 위하여 진행하는 연구의 한 부분이며 이상과 같이 해외의 기존 평가도구들을 선정하여 주요 특징과 한계점을 도출하였다. 하지만 선정한 사례도구의 수가 6개에 불과하여 연구결과를 일반화시키기에는 한계가 있으며, 국내 적용을 위한 평가항목선정과 가중치 등 국내 단독주택의 지속가능성 평가방법에 관한 연구와 이의 컴퓨터 혹은 웹기반 프로그램으로의 개발 등은 추후에 뒤따라 진행할 과제이다.

참고문헌

1. Athena Institute, home page of Athena Institute, [web page], <http://www.athenasmi.org/> Accessed: June 2009.
2. BREEAM, home page of BREEAM, [web page], <http://www.breeam.org>. Accessed: Aug 2009.
3. Cole R.J. Building environmental assessment methods: clarifying intentions. *Building Research & Information* 1999;27:230-46.
4. DOE, Energy Efficiency and Renewable Energy, Building Energy Software Tool Directory. 1996, updated 2006 [webpage], http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory.
5. Environmental Australia, home page of Greening the Building Life Cycle, [web page], <http://buildlca.rmit.edu.au/Accessed> June 2009.
6. IEA Annex 31. Energy related environmental impact of buildings; 2001 [web page], <http://www.annex31.com> Accessed June 2009.
7. LEED, home page of LEED, 2009, [web page], <http://www.usgbc.org>. Accessed July 2009.
8. SBIS, Methods & Tools Search, [web page], <http://www.sbis.info/database/dbsearch/mtoolssearch.jsp>
9. Trusty W.B. Introducing assessment tool classification system. *Advanced Building Newsletter*. 2000; 25: p.18. [webpage], <http://www.athenasmi.ca/publications> Accessed Jan 2005.
10. Trusty W. B. Understanding the green building toolkit: picking the right tool for the job. In proceedings of the USGBC Greenbuilding International Conference & Expo, Pittsburgh, USA, 2003.
11. Japan Sustainable Building Consortium, CASBEE for Home(Detached House) Technical Manual 2007, Institute of Building Environment and Energy Conservation, 2007
12. 이강희, 황은경, 건물의 지속가능성 평가항목 선정방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 계획계, Vol.18 No.4, 2002.
13. 이규인, 지속가능한 정주지 계획을 위한 평가지표 수립연구, 대한건축학회 논문집, 계획계, Vol.18 No.4, 2002.
14. 이인우, 대전광역시 지구단위계획의 지속가능성 평가, 한밭대학교 석사학위논문, 2005.
15. 이강희, 황은경, 공동주택 지속가능성 평가항목 선정에 관한

연구, 한국주거학회 논문집, Vol.14 No.6, 2003.

16. 박규용, 지속가능 공동주택단지 공간계획을 위한 평가지표 개발, 한양대학교 석사학위논문, 2009.
17. 양병이, 이관규, 단지규모 개발사업의 지속가능성 평가지표, 대한국토도시계획학회 논문집, Vol.37 No.5, 2002.
18. 박상현, 이규인, 초고층 주거복합 건축물의 지속가능성 평가지표의 가중치 설정 및 모의평가 연구, 계획계, Vol.24 No.3, 2006.
19. 최준성, 건축물 환경성 평가 도구의 유형화에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), Vol.25 No.12, 2009.

투고(접수)일자: 2011년 1월 14일

심사일자: 2011년 1월 19일

게재확정일자: 2011년 3월 14일