

SBTool을 활용한 탄소중립형 주거단지 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Carbon Neutral Housing
Development through SBTool

전우선* 최준성** 오덕성***
Jeon, Woo-Seon Choi, Joon-Sung Oh, Deog-Seong

Abstract

Recently, many countries are tightening a variety of policies and controls with great efforts to reduce emission of GHGs(Greenhouse Gases) as concern for climate change heightens. The purpose of the study is to provide guidelines for planning and evaluate element and evaluate housing development. The elements are also assorted into 6 sections and 30 planning elements were drawn from them. It is drawn to 6 sections, 27 categories, 31 evaluation elements except cultural and perceptual aspects unrelated to planning elements from these elements. Case analysis has shown that most of planning elements were applied because these cases obtained environment-friendly certification in the country. Followings are the common characteristics. Firstly, it showed that application of planning element in all cases is excellent. Secondly, the case with excellent application of elements related with energy and application degree obtained excellent degree i environment-friendly certification in the country. Finally, application of planning elements related with renewable energy was in poor condition in all cases. With the utilization of SBTool, the evaluation results about planning elements of housing complex of Carbon emissions-reduction type showed that CASE-A obtained 11.17 points and CASE-B obtained 9.24 points. In the case of renewable energy section, it was confirmed that the evaluation doesn't work well. As a result, changes of planning elements affect environment-friendly extent. It was confirmed that accessibility to housing complex of Carbon emissions-reduction type could change. Estimated result of Amount of Carbon emission showed that annual energy consumption per each family of CASE-A is 4,269,964MJ/m², as a result of which, Carbon emission is 234,815kg/m². And annual energy consumption per family of CASE-B is 4,197,563MJ/m², as a result of which, Carbon emission is 214,587kg/m². Application of planning elements in the aspect of housing complex of Carbon emissions-reduction type shows that the level for Carbon emissions-reduction is high level. And study with assessment from the draft should be followed.

키워드 : 기후변화, SBTool, 탄소중립 주거단지, 평가도구, 저탄소

Keywords : Climate Change, SBTool, Carbon Neutral Housing, Assessment tool, Low Carbon

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 전 세계적으로 산업화로 인한 과도한 화석에너지 사용, 도시의 인구증가 등으로 발생된 온실가스로 인한 기후변화로 환경오염과 자연생태계파괴와 같은 문제가 날로 심각해지고 있다.

이러한 문제는 인류의 생존까지 위협하는 수준까지 확대되어 기후변화에 대응하는 체계의 구축이 매우 시급한 과제로 급부상하고 있다. 이에 세계적으로 환경 경쟁력 강화를 위한 대처방안마련과 관련협약 및 규제 강화를 실시하는 동시에 온실가스 배출을 저감하기 위한 친환경 기술의 개발 및 기술도입을 위한 노력을 기울이고 있다.

우리나라의 경우 탄소배출량이 2006년을 기준으로 약 6억ton에 달해 전 세계에서 9위를 차지하고 있으며, 향후

온실가스 감축 의무대상국으로 포함될 것으로 예상되어 온실가스 배출 규제에 대한 대응책마련이 시급한 실정이다.

에너지소비 분야를 크게 산업, 운송 및 건축으로 분류할 때, 건축분야에서의 에너지 소비량은 33%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 이로 인한 CO₂발생량은 42%이다.¹⁾

건축에서 주거가 차지하는 비중은 70%이상으로 주거부문에서의 에너지 및 탄소중립을 실현할 수 있는 주거단지 조성으로의 전환이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이에 최근에는 주거단지 조성에 있어 친환경 건축기술개발 강화와 같은 친환경 주거단지 조성계획의 활성화 계획으로 기술개발을 통해 기술은 양호하나 계획부터 운영 단계까지 적용할 수 있는 종합적인 계획은 물론 이에 대한 평가는 전혀 이루어지고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기후변화에 대응하는 주거단지 조성평가의 필요성을 인식하고, 이를 탄소중립형 주거단지라 정의하고 조성평가에 필요한 계획요소를 도출하였다.

* 주저자, 충남대학교 대학원 석사 (joenews@cnu.ac.kr)

** 교신저자, 충남대학교 건축학과 조교수 (jschoiny@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축학과 교수, 공학박사 (ds_oh@cnu.ac.kr)

1) 이승복, 기후변화대응건물에너지 정책포럼, 서울특별시·에너지관리공단, 2008

평가를 위해서는 본 연구의 목적과 부합하는 평가도구들 중 SBTool을 선정하고, 이를 활용한 평가를 통해 향후 국내 탄소중립형 주거단지 평가에 대한 기본 틀을 마련하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 탄소중립형 주거단지 평가를 위하여 다음과 같은 연구의 범위와 방법을 설정하였다.

이론고찰에서는 탄소중립형 주거단지와 관련한 최근의 논의와 연구동향에 대해 살펴보고, 이를 토대로 탄소중립형 주거단지의 개념을 정의하였다. 평가도구 선정에 있어서는 최근 국제적으로 많이 사용되고 있는 관련된 프로그램 및 도구를 고찰하여 대상 도구를 선정하였다.

평가단계에서는 선행연구 고찰을 통해 계획요소를 도출하고, SBTool 평가요소와의 연관성 분석을 통해 탄소중립형 주거단지 평가요소를 도출하였다. 이를 바탕으로 국내 주거단지 두 곳을 선정하여 탄소중립형 주거단지 계획요소의 적용실태와 주요 특징을 살펴본 후 사례별로 SBTool을 활용한 평가를 통해 각 요소 및 부문별 점수와 함께 일부 정량적인 탄소배출량을 산정하였다.

결론에선 연구결과의 주요사항을 요약한 후 분석을 통해 SBTool을 활용한 탄소중립형 주거단지 평가에 대한 의의와 한계에 대해 논의하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 탄소중립형 주거단지 개념 및 조성방향

최근 기후변화가 이슈화되면서 이에 대응하기 위한 방안으로 지속가능한 개발계획 중 환경적지속성을 강화한 생태적 개념에서 좀 더 발전되고 있는 실정이다.

환경적 지속성뿐만 아니라 이제는 에너지의 효율적 활용과 신재생에너지 사용 등을 통하여 에너지를 절약하고, 이를 통해 CO₂의 배출량을 제로화하는 것을 목표로 하는 단계에 이르게 되었다. 이와 같은 배경 하에 건축 및 산업분야에서는 에너지 절감과 CO₂ 배출량 감축을 달성하기 위한 개념으로 'Zero Energy House', 'Zero Emission Building' 등과 같은 대안을 제시해왔다.

이러한 단지는 에너지 절약 적이고 친환경적인 단지조성을 위해 화석에너지 사용량을 줄이고 신재생에너지를 적극 활용하는 단지 및 도시 조성을 통해 에너지 소비량 Zero, CO₂ 배출량 Zero를 목표로 하고 있다.

이와 같은 맥락에서 볼 때 탄소중립형 주거단지의 기본 개념은 화석연료의 사용을 억제하고, 계획단계부터 신재생에너지 사용과 에너지효율을 극대화하는 단지를 말한다. 또한 녹색기술을 적극적으로 적용하여 기후변화와 에너지 문제를 동시에 해결하며, 인간의 소비활동이 자연을 최대한 파괴하지 않은 범위 내에서 이뤄지고 단지 내 CO₂ 발생을 근본적으로 줄이며, 발생된 CO₂는 최대한 흡수할 수 있도록 계획된 주거단지라 정의한다.

국토해양부에서 발표(2009.07.15)한 「저탄소녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 지침」을 통해 조성방향을 살

펴보면, 기후변화에 대비하여 온실가스 감축을 위한 종합적 탄소완화 및 적응계획 수립이 필요함을 제시하고 있다. 세부적으로는 단지 내 에너지 사용을 줄이고, 에너지 이용 효율화 도모와 건물의 단열강화·신재생에너지 이용의 설계기법을 추진을 목표로 하고 있다. 또한 단지 내 관리를 중요시하여 주민들의 자발적 유지·관리와 함께 참여의식 고취를 통하여 단지의 생태환경을 조성하고, 주변 미기후를 적극적으로 활용해야 함을 제시하고 있다.

2.2 탄소중립형 주거단지 선행연구

탄소중립형 주거단지에 관한 연구를 살펴보면, 주로 계획요소·기법에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 평가와 관련된 연구는 한계가 있는 것으로 나타났다.

이에 본 연구에서는 보다 넓은 범위에서의 선행연구 고찰을 위해 탄소중립형 주거단지와 의미와 맥락에 있어 함께 하고 있다고 할 수 있는 지속가능한 주거단지, 생태주거단지, 친환경주거단지, 에너지절약형 주거단지 등의 선행연구를 진행하였다.

먼저 계획요소·기법에 관한 연구로 지승운(2010)은 에너지 소비현황과 CO₂배출량에 대한 특징을 위주로 주거단지의 설계단계에서부터 효율적인 접근방안의 필요성을 제안하고 있다. 김재황(2010)의 경우 탄소회피·저감·상쇄측면의 계획기법 찾고, 정량적인 에너지 저감량과 탄소감축량을 제시와 저탄소 단지설계를 통해 에너지저감에 따른 단지 및 건축차원의 방안을 제시하였다. 이재준 외(2009)는 지구단위차원의 계획요소를 도출하고, 이 중 에너지·녹지관련 요소의 중요도가 높음을 제시하고, 계획요소의 비용대비 탄소완화 효과를 비교분석해 우선순위를 제안하고 있다.

평가에 관한 연구는 현은미(2009)의 경우 건물에너지부하를 저감할 수 있는 계획요소를 도출하고, 에너지원별 배출되는 CO₂배출량을 정량화하여 사례평가를 통해 도출한 에너지소비량을 토대로 요소별 탄소저감 효과를 제안하였다. 태성호 외(2010)는 건설계획 및 기본설계단계에서 건설자재의 물량산출 데이터와 운용단계에서 에너지 소비량에 대한 건축물의 전 생애주기 CO₂배출량 간이평가 기법 개발 연구를 실시하였다. 박선호(2010)는 건축물의 LCA(Life Cycle Assessment : 전 과정 평가)를 고려하여 건물의 건설 및 유지관리단계에서 CO₂ 배출량에 많은 영향을 미치는 외피시스템을 개발을 통해 LCCO₂ 분석에 의한 평가를 실시로 시스템 개발 연구를 진행하였다.

이상의 내용을 종합해 볼 때 기존의 탄소중립형 주거단지 관련 계획요소·기법에 관한 연구는 탄소저감과 탄소흡수 측면에서 단순하게 계획요소의 중요도 분석을 통해 계획요소의 필요성만을 제시하고 있었다.

또한 평가와 관련된 연구들은 기존의 자재별 원단위 계산식을 바탕으로 건축물의 LCA를 고려하여 투입된 설비자재에 대한 CO₂배출량 산정에 관한 연구들이 이루어지고 있었으며, 일부 연구의 경우 프로그램화 된 소프트웨어를 사용하여 연구를 실시하였으나 평가범위에 있어 미비한 것으로 파악되었다.

2.3 탄소중립형 주거단지 평가도구

최근 효율적인 자원과 에너지 사용을 통한 환경오염의 저감과 함께 건축물의 성능향상을 위해 건물의 성능을 평가할 수 있는 종합적인 평가수법들이 세계 각국에서 개발되어 사용되고 있다.

우리나라의 경우 1990년 중반이후 산업자원부와 환경부가 국가기반산업 및 기초 물질을 중심으로 전 과정 평가(LCA)를 위한 데이터베이스 구축작업에 착수하였으나, 데이터베이스의 부족과 체계적인 구성이 이루어지지 않아 정확한 측정에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

다만 일부분야에서 탄소배출을 전 과정 평가(LCA)로 평가하기 위해 사용되고 있다. 대표적인 프로그램으로는 환경성적표시 전용 소프트웨어인 TOTAL, 기업의 환경경영 대응능력 제고를 위해 제품의 환경친화성 평가를 목적으로 개발된 PASS LCA, 건축자재 및 건축물 환경성을 평가하기 위해 한국 건설기술 연구원이 개발하여 발표한 APSS 등이 있다.

하지만 기존의 평가들은 주로 환경성과 에너지성능을 평가하는 것을 중심으로 이루어지고 있으며, 최근 지구 온난화의 주요 원인인 대기 중의 온실가스의 대부분을 차지하는 CO₂를 보다 넓은 측면에서 평가할 수 있는 도구는 개발하는 수준에 머물러있는 현실이다.

이에 본 연구에서는 지역특성이나 일정 프로젝트 등에 구애받지 않고, 포괄적인 범주의 평가가 필요하다고 판단하였다. 이에 성능평가도구들의 고찰²⁾을 통해 본 연구에 가장 부합한다고 판단되는 SBTool을 선정하였다.

2.4 SBTool(Sustainable Building Assessment Tool)³⁾

SBTool은 국제미간 컨소시엄 GBC(Green Building Challenge)가 1998년에 제시한 친환경 성능평가 프로그램(GBTool)으로, 2006년에 후속으로 SBTool이 출시되어 2007년에 최신버전으로 개정이 되었다. 주요특징은 평가를 위해 건축물을 생애주기로 구분하고, 종류 및 규모뿐만 아니라 국가를 넘나드는 포괄적인 적용을 통해 성능개선으로 평가항목과 성능표시 등을 융통성 있게 수정 보완되어 개발되었다.

SBTool은 Microsoft의 Excel의 프로그램 형태로 세부적으로 3개의 파일(SBT07-A Setting, SBT07-B Project Design, SBT07-C Evaluation)로 구성되어 있다. A파일에서는 지역주변의 맥락에 대한 정보의 입력과 항목별 기준을 설정하며, B파일에서는 A파일에서 설정된 조건과 지역상황을 추가적으로 구체화하여 입력과 대상건물(단지)의 특성들과 건축개요 등을 입력하게 된다. 최종적으로 A와 B파일에서 설정된 항목에 C파일에서 세부적인 가중치 설정에 의한 연산 작용을 통해 결과가 도출된다.

- 2) 본 연구에서는 한국의 GBCC, 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE, iiSBE의 SBTool을 부문·범주·평가항목의 종합적 비교분석을 통해 탄소중립형 주거단지 평가에 부합하고 평가 가능한 요소가 가장 많이 포함된 SBTool을 선정하였다.
- 3) 본 연구에서는 2007년에 개정되어 사용되는 총 7개의 SBTool 버전 중 SBT07_Tiny_DsnN1_Nov07을 사용하여 연구를 진행하였다.

평가는 7개의 부문(Issues), 28개 범주(Categories), 128개 항목을(Criteria) 갖추고 평가배점 및 세부사항은 다음 표 1과 같다. 항목별 평가는 -1(미흡), 0(평균), 3(우수), 5(최우수)점의 범위에서 이뤄지게 되는데, 중요도에 따라 미리 설정되어진 가중치와 사용자에 의해 가중치가 조정되어 점수가 책정된다. 범주와 부문의 경우 0점에서 5점까지 수치로 평가가 이루어지게 된다. 이때 다른 결과로 에너지 사용량 및 탄소배출량과 같은 정량적인 값이 일부 도출되어 다른 도구와는 다른 차별화 된 평가가 가능하다.

표 1. SBTool의 평가항목 및 배점

부 문 (Issues)	범주	항목	배점	비율 (%)
A. Site Selection, Project Planning and Development (부지 선택, 프로젝트 계획과 개발)	3	27	11	19.9
B. Energy and Resource Consumption (에너지 자원 소비량)	5	17	20	12.5
C. Environmental Loadings (환경부하)	6	24	20	17.6
D. Indoor Environmental Quality (실내 환경의 질)	5	21	18	15.4
E. Service Quality (서비스 향상)	6	23	10	22.8
F. Social and Economic aspects (사회·경제적 관점)	2	13	6	9.6
G. Cultural and Perceptual Aspects (문화)	1	3	6	2.2
합 계	28	128	91	100

주1) 배점은 각 부문별 세부부문의 합을 기준으로 작성함
 주2) 음영으로 표시한 부분은 탄소중립과 관련한 부분을 표현한 것임
 주3) 배점, 비율은 SBTool상에 기본적으로 설정된 값을 기재하였음

또한 기존의 정성적 평가뿐만 아니라 정량적 평가 또한 가능하며, 정량평가의 과정은 표1의 각 부문과 범주, 세부 항목들이 사용자에게 의해 가중치를 설정하게 된다. 이를 바탕으로 항목별 평가를 위한 사례지역 및 건물의 데이터(대지·포장·조경면적, 재활용·기존 구조체의 면적, 용도별·순면적별 점유공간, 운영에 의한 에너지·전기소비량, 주광이용시간, 재사용된 자재 등) 값과 평가과정상의 구체적인 수치 등을 입력한 값이 항목별 가중치가 곱해지는 연산과정을 통해 14개 항목에 대해서 정량적 평가가 이루어진다. 내용으로는 구조와 외피에 내재된 에너지 총 소비량 등 에너지관련 항목은 8개, 수자원 2개, 온실가스 1개, 생애주기비용·기존 구조의 재활용에 관련된 2개 항목의 결과가 도출된다.⁴⁾

Absolute Performance Results			
		By area	By area & occupancy
1	이 대지는 국가 평가용 기초로 하고 있다.		
2	구조와 외피를 위한 주요하게 완성된 에너지의 총 면적 소비, GJ/m ²	30	1
3	외피의 구조를 위한 완성된 에너지의 넷 연산 소비, MJ/m ² ·yr.	592	20
4	건물 운영을 위한 주요한 재생되지 않는 에너지의 연적당 연산 소비, MJ/m ² ·year	4115430	138870
5	건물 운영을 위한 주요 비재생에너지의 연적당 연산 소비, MJ/m ² ·yr.	4269373	144064
6	프로젝트에서 추가 유닛 당 주요 비재생에너지의 연적당 연산 소비, MJ/m ² ·yr.	2420	82
7	가주요소에서 주거단위 당 주요 비재생에너지의 연적당 연산 소비, MJ/m ² ·yr.	2420	82
8	연적당 연산 주요 완성된 에너지와 연산 운용하는 주요 에너지	4269964	144084
9	운영에 이용되는 전체 대지의 재생에너지, MJ/m ² ·yr.	20	1
10	건물 운영을 위한 운용수의 연적당 연산 소비, m ³ / m ² * year	22.9	0.8
11	건물운영을 위한 운용의 연산 이용, m ³ / m ² * year	18	1
12	건물 운영으로부터 연적당 연산 온실가스 배출, kg. CO ₂	234815	7924
13	전체 프로젝트의 25년간의 LCC 비용의 총 현재 가치, USD per m ² .		8,900
14	새로운 프로젝트에서 기존 건축물의 총 재활용된 면적의 비율		100%
15	기존 건물의 자사에게 제공된 프로젝트의 순면적 비율		0%

그림 1. SBTool의 정량적 평가 결과

- 4) 최준성, 해외 단독주택의 지속가능성 평가도구 분석에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집 Vol. 11. No 2 2011

3. 분석의 틀

3.1 선행연구를 통한 계획요소 도출⁵⁾

선행연구의 계획요소를 모두 수용할 수 없으므로 탄소중립형 주거단지 계획요소 도출을 위해 1차적으로 명확성, 대표성, 객관성, 기대효과, 측정가능성, 적용가능성을 고려하여 의미가 중복되거나 비슷한 요소는 통합하였으며, 본 연구에서 제시한 목적에는 부합하나 일부 용어 및 의미가 다른 요소는 용어를 수정하여 도출하였다.

표 2. 계획요소 선정기준

선정기준	세부 내용
명확성	○ (요소에 대한 평가결과가) 명료하게 해석될 수 있는 요소인가?
대표성	○ 각 측면에 대한 평가를 할 수 있는(판단할 수 있는) 대표성을 지닌 요소인가?
객관성	○ 탄소중립 관련 논문이나 사례 검토에서 비중 있게 언급되는 요소인가?
기대효과	○ 요소가 적용되었을 때 보다 탄소중립형 주거단지에 영향을 미칠 수 있는 요소인가?
측정가능성	○ 평가할 수 있는 측정 가능한 요소인가?
적용가능성	○ 현재 적용시키기 위한 노력(ex.기술개발)을 기울이고 있거나 적용되고 있는가?

다음 과정으로 앞서 선행연구를 통해 1차적으로 도출된 계획요소가 탄소중립형 주거단지 평가를 위한 요소로 타당한지 파악하기 위해 관련 전문가를 대상으로 심층적으로 FGI(Focus Group Interview)를 실시하였다.

표 3. FGI 응답자 현황

구분	연령	성별	학위	직장	경력
A	47	남	박사	엔지니어링	18
B	45	여	박사	연구원	18
C	37	남	박사	공무원	10

이를 통해 요소 중 의미를 통합해야할 항목과 용어의 사용에 있어 모호한 항목, 제외가 필요한 항목에 대한 5개 요소에 대한 수정사항이 요구되어 3개의 요소로 수정 및 보완을 실시하였다.⁶⁾

도출된 계획요소를 토대로 부문설정에 있어 선행연구의 유사성적 요인들을 고려하여 토지이용, 녹색교통, 신재생에너지, 에너지저감 건축, 자원순환, 녹지 및 수자원의 6개 부문으로 설정하였다.

5) 본 연구에서는 “이재준 외(2009) 기후변화 대응을 위한 지구단위계획차원에서의 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구, 김재황(2010) 저탄소 녹색주거 단지계획, 한국토지주택공사 주택도시연구원(2009) 저탄소 녹색도시 모델, 박현신(2010) 기후변화에 대비한 저탄소 신도시 계획지표 개발 연구, 지승운(2010) 저탄소 녹색주거단지 설계요소 중요도 분석에 관한 연구”를 종합 및 재분류하여 계획요소를 도출하였다.

6) 의미를 통합해야할 “일조량을 고려한 주동 배치, 풍향을 고려한 단지 배치” 항목을 자연 미기후를 고려한 단지계획측면의 요소로 통합가능한 것으로 판단되어 “일조량·풍향을 고려한 배치”로 통합, 용어가 모호한 “유수지 및 저수지, 복합도지이용 계획”을 각각 “육생·수생 비오톱 조성”, “복합용도 개발”로 의미 변경을 하였으며, 단지가 아닌 도시적 차원의 적용이 적절하다고 판단되어 “스마트그리드 시스템” 항목은 제외하였다.

또한 평가범위를 주호, 주동, 단지차원으로 설정하고, 탄소완화측면(탄소흡수, 탄소저감)의 설정을 통해 범위 및 탄소중립의 적용정도를 파악하고자 하였다.



그림 2. 계획요소의 부문·측면·범위 설정

종합해 볼 때 6개 부문, 30개의 계획요소로 이 중 탄소저감측면에서는 6개 부문 모두가 탄소저감 요소를 포함하고 있었으며, 계획요소는 21개 요소, 탄소흡수측면에서는 녹지 및 수자원 부문만 해당되며, 9개의 요소가 포함된 것을 알 수 있었다. 적용범위에 있어서는 단지측면에서 에너지저감 건축부문을 제외한 모든 부문이 적용되며, 주동·주호측면은 토지이용, 녹색교통 부문을 제외한 4개 부문이 적용범위로 나타났다.

표 4. 탄소중립형 주거단지 계획요소

측면	부문	계획요소	적용범위		
			단지	주동	주호
탄소저감	토지이용	자연지형을 고려한 배치	●	●	
		복합용도 개발	●	●	
		일조량·풍향을 고려한 배치	●	●	
	녹색교통	자전거도로계획·네트워킹	●		
		단지 내 속도규제계획	●		
		지하도로 및 주차	●		
		대중교통이용·연계	●		
	신재생에너지	보행자도로계획·네트워킹	●	●	
		태양광에너지	●	●	●
		지열에너지	●	●	●
		열병합발전	●	●	
		바이오에너지	●	●	●
에너지저감 건축	고기밀·고단열 자체사용		●	●	
	자연채광		●	●	
	고효율 설비·열원 시스템			●	
	친환경자재 사용·재이용		●	●	
자원순환	폐기물재활용·시설설치	●	●	●	
	폐열회수시스템	●	●	●	
	음식물쓰레기 퇴비화	●	●	●	
탄소흡수	녹지 및 수자원	우수·중수 이용	●	●	●
		빗물관리시설	●	●	
		친수공간조성	●	●	
		바람길 조성	●	●	
		투수성 포장	●	●	
		탄소정화 식재·생태공원조성	●	●	
		녹지축 조성·네트워킹	●	●	
		육생·수생 비오톱 조성	●	●	
육상·벽면녹화	●	●	●		

15개 직접평가 가능한 요소 4개 간접평가 가능한 요소 4개 적·간접평가 가능한 요소

3.2 SBTool을 활용한 평가체계

앞 절에서 도출된 계획요소와 SBTool 평가요소와의 연관성 검토를 통해 SBTool의 주요 탄소중립 평가요소를 도출하고, 크게 세 가지 유형으로 분류할 수 있었다.⁷⁾ 그 결과 총 30개의 계획요소 중 중복적으로 평가 가능한 요소들을 포함해 SBTool을 활용한 평가요소는 31개로 나타났으며, 이 중 직·간접적 모두 평가 가능한 계획요소는 9개 요소, 직접적 평가만 가능한 요소는 21개, 간접적 평가만 가능한 요소는 3개로 나타났다.

표 5. SBTool을 활용한 평가체계

부문	평가요소	부문	평가요소	
부지선택·프로젝트계획과개발(16%)	A16 대중교통 정류소의 근접성	에너지자원소비량(27%)	B3.2 부지 내에서 재생가능한 에너지 시스템을 이용하는 계획	
	A1.8 상업시설과 문화시설의 근접성		B4.4 내구성 있는 자재의 사용	
	A2.4 지표수관리시스템 준비		B4.5 폐자재의 재이용	
	A2.5 상수처리시스템의 유용성		B4.7 지속가능한 자원을 바탕으로 얻어진 바이오제품 이용 계획	
	A2.6 중수 시스템과 상수시스템의 분할 계획		B4.10 해체, 재이용, 재활용 계획	
	A2.8 지역 or 프로젝트에서 슬러지 처리와 재이용	환경부하(32%)	C4.2 추후 재사용을 위한 우수의 보유	
	A2.9 태양의 간접적인 이용 가능성 최대화를 위한 부지의 방위		C4.3 부지 내 저장되는 통제되지 않는 폭우	
	A3.2 프로젝트 내에서의 복합 용도 계획		C5.3 부지 내 생물다양성에 대한 변화	
	A3.3 도로의 강령		C5.4 고층건물 주변 지상의 역풍	
	A3.4 자전거 이용을 위한 지원계획		C6.1 인접건물에 대한 주광 또는 태양에너지 이용가능성에 대한 영향	
	A3.5 개인 교통수단의 이용을 억제하는 정책	실내환경의 질(16%)	C6.3 열섬 효과 - 조경부분과 포장된 부분	
	A3.6 친환경공간 계획 공급		C6.4 열섬 효과 - 지붕	
	A3.8 태양열 차양과 이산화탄소의 제거를 위한 나무 이용계획		D2.1 자연환기 거주지의 환기 효율성	
	서비스향상(6%)		사회경제성(1%)	D3.2 자연 환기되는 거주공간에서 적절한 공기의 온도
				D4.1 주요 거주영역에서의 적절한 주광
	A3.9 야생생물의 유지 혹은 개발	E4.5 에너지 공급유형 변화에 대한 적합성	F1.3 단위주거 생활영역의 일광사입량	

21개 직접평가만 가능 요소 3개 간접평가만 가능 요소 9개 직·간접평가 가능 요소

3.3 평가기준 설정 및 평가방법

평가를 진행함에 있어 가장 먼저 가중치에 대한 설정은 SBTool 상의 기본 가중치에서 일부내용을 변경하여 적용하였다.⁸⁾ 각 요소 및 부문별 결과 도출의 점수산정 기준은 SBTool상의 점수를 기준(-1, 0, 3, 5)으로 하였으며, 데이터 입력에 필요한 데이터는 도면검토와 현장조사, 주민인터뷰를 바탕으로 하였다. 이 외 일부 데이터에 대해서는 국내기관의 통계치 및 기준 값을 적용하였다.⁹⁾

7) 연관성을 고려한 세 가지 유형별 특징은 의미가 같거나 평가요소 정량적평가가 가능한 요소는 “직접평가만 가능한 요소”, 평가범위가 모호하고 정성적 평가가 가능한 요소는 “간접평가만 가능한 요소”, 두 가지 특징을 모두 가지고 있는 “직·간접평가 가능한 요소”로 명명하였다.

8) 부지선택·프로젝트 계획과 개발부문 16%, 에너지자원 소비량 부문 27%, 환경부하부문 32%, 실내 환경의 질부문 16%, 서비스향상부문 6%, 사회·경제성부문 2%, 문화부문 1%로 각각 설정하였다. (표5 참조)

9) 지식경제부, 에너지 총 조사 보고서 2008, 2009
수원시청 홈페이지(<http://www.suwon.ne.kr/>) 통계연보 2006
대전시청 홈페이지(<http://www.daejeon.go.kr/>) 통계연보 2007

또한 일부 기상데이터 및 에너지 사용량을 제외한 나머지는 프로그램 내에서 제시하는 기준에 의한 값을 적용하여 값을 도출하였다.

다음으로 SBTool은 기준의 설정(평가자에 의해 설정)이 중요하게 반영된다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 평가기준을 설정하였다. 첫째, SBTool상의 기준 값을 사용하였으며, 둘째, 기준 값이 없는 경우 평가요소의 적용 유무로 판단하였는데, 적용된 경우 적용정도를 상, 중, 하로 나누어 기준을 적용하였다. 평가 기준 또한 정량적으로 적용가능한 부분과 기준이 모호한 부분으로 분류가 되었으나 본 연구에서는 일부 요소 중 방위각, 일조량, 인동간격과 같은 특수한 경우의 요소가 있어 일반적으로 대상단지가 위치한 지역에 대한 값을 적용하였다.



4. 사례연구

4.1 사례선정 및 개요

본 연구에서는 기존의 일반적인 주거단지사례 보다 계획단계부터 친환경·에너지절약·탄소중립에 초점을 두고 조성한 사례를 선정하고자 하였다. 이에 최근에 국내 친환경인증 받은 단지 중 입지여건 및 단지의 규모, 세대수, 조경율, 건설시기 등과 같은 조건이 비슷한 사례를 대상으로 선정하였다. 그 결과 광교신도시 자연&힐스테이트와 도안신도시 엘드 수목토아파트를 선정하였다.

사례단지들은 국내 친환경인증 획득한 단지로 각각 최우수와 우수등급을 획득한 단지로써 실태조사 및 평가를 통해 국내 친환경인증등급의 차이가 탄소중립측면에서는 얼마나 많은 차이를 보이고 있는지에 대한 결과도 일부 도출하고자 한다.

표 6. 사례대상지 개요

	자연 & 힐스테이트	엘드 수목토아파트
조감도		
위치	광교신도시 택지개발지구 12블럭	도안신도시 택지개발지구 16블럭
친환경 인증등급	최우수 (예비인증 2010.01.21)	우수 (본 인증 2010.07.26)
건설연도	2010-2012년 입주예정	2008-2010년 8월 입주
세대수	1,764	1,253
대지면적	93,496.000m ²	78,974.000m ²
조경율	45.21%	42.44%
연면적	278,295.8140m ²	213,375.7092m ²
건폐율	14.196%	17.74%
용적률	209.546%	182.63%

자연 & 힐스테이트는 광교신도시 내에서도 중심의 에듀타운지역¹⁰⁾에 건설 중인 단지로 2010년 01월 21일에 예비인증을 거쳐 최우수 등급으로 선정되었으며, 2012년 12월 입주를 목표로 하여 현재 공사가 진행되고 있다.

10) 광교신도시 에듀타운은 학교중심으로 커뮤니티가 활성화 되도록 토지이용계획을 수립한 광교신도시 내 특화구역을 말함

단지 내 보행자 전용도로 및 자전거도로계획과 신재생 에너지시설, 재활용·쓰레기 처리시설 설치계획과 우수이용, 수생·육생 비오톱 설치 등의 계획요소들이 도입되었다.

엘드수목도아파트는 대전 도안 신도시 내 6BL에 위치하고 있으며, 현재 완공되어 입주중인 단지이다. 생태주거단지 조성 목표를 가지고 2010년 07월 26일에 친환경인증의 우수 등급을 획득한 단지이다. 자연주의 단지설계, 풍요로운 그린파크, 테마파크를 세부목표·계획을 수립하고 단지를 조성하고 있다.

4.2 사례분석 : 적용실태 파악 및 SBTool 평가

1) 토지이용

자연 & 힐스테이트의 대지는 전체적으로 동서로 긴 형태이며, 단지의 용적률이 209%이고 인동간격이 넓게 계획되어있다. 주변에 대형상가와 경기도청이 위치할 CBD 지역과 커뮤니티 지역, 녹지지역과의 연계지점으로 가로변의 주동계획을 통해 단지 내부의 토지이용률을 높였다. 단지 전체에 커뮤니티 활성화를 위해 테마형 복합 커뮤니티 센터를 계획하고 있다.

엘드수목도아파트의 경우 단지배치는 대부분의 주동이 남향으로 구성되어 있으며, 기존의 토양을 재활용하고 있으며, 지상 1~2층을 입주민의 빠르고 편리한 통행을 고려한 필로티로 설계하여 동 사이의 개방감을 높이는 한편 이웃 간의 커뮤니티 공간(휴식 공간)을 제공하고 있다.

2) 녹색교통

자연 & 힐스테이트는 단지 북측전면에 43m의 도로와 보행자전용도로를 조성하고 있으며, 분당선의 연장선인 도청사역이 인접하여 환승시설이 설치 및 BRT 조성으로 대중교통과의 연계계획을 포함하며, 단지주변은 Drop-off Zone(차량회차구간)으로 지정되어 양호한 교통체계를 유지하고 있다. 내부에는 주변지역의 교통망과 사람들의 동선을 고려하여 단지 내부에 보행자 전용도로를 조성하고, 자전거 도로계획과 보관소 설치계획을 포함하고 있다.

또한 단지 내부에 단지를 가로지르는 중심부의 수직적인 도로가 있으며, 이와 연계하여 모든 내부의 길은 순환형 조성을 통하여 주동 간의 연결계획을 통해 단지의 모든 지역을 연결 가능하도록 하였다. 에듀타운이라는 특화적인 단지에 알맞도록 학교 가는 길을 단지 내부와 외부에 네트워크화 하여 설치하였으며, 단지 내부의 일부 지역에는 생태환경을 체험할 수 있는 보행로를 조성하고 있다.

엘드수목도의 교통계획은 근린생활시설 주차공간을 제외한 모든 주차공간을 지하주차장으로 계획하여 쾌적한 단지계획과 이와 연계하여 보행자 안전을 배려하는 순환형 길을 단지전체에 걸쳐 보행로를 조성하고 있으며, 더불어 자전거 도로계획과 자전거 보관소를 주동 마다 설치하는 계획을 포함하고 있다. 단지 곳곳에 산책을 할 수 있는 보행자전용도로인 산책로를 조성하고 있다.

3) 신재생에너지

자연 & 힐스테이트는 광교신도시 내에 열병합발전소,

첨두부하보일러, 축열조의 집단에너지 시설 설치계획으로 인해 에너지를 공급할 예정이며, 지붕에 태양광패널 설치를 통해 주동에 에너지공급을 지원하고 있다.

엘드수목도아파트는 도안신도시 내에 열병합발전소의 집단에너지 시설설치계획으로 인해 단지 내부에 에너지를 공급할 예정이다.

4) 에너지저장 건축

자연 & 힐스테이트의 에너지저장 건축계획은 기존의 일반 문보다 9mm 두꺼워진 45mm문을 시공하고 방문에 틈을 막을 수 있도록 하여 거실과 방사이의 방음 및 단열이 되도록 하였다. 발코니를 제외한 외부 공기와 접하는 모든 외벽에는 단열재 시공으로 열손실을 최대한 줄이도록 하였다. 초고속 정보통신 특등급망의 구축으로 내·외부에서 온도조절이 가능하게 하여 냉·난방비절약을 실시하였다.

엘드의 경우 실별 온도조절 시스템으로 각실 난방온도의 개별조절을 통해 에너지를 절감할 수 있었으며, 신개념 환기시스템을 적용하여 환기시스템이 오염물질과 습도를 제거하여 쾌적한 환경을 조성해 난방부하를 줄이고 있었다. 실내공간에 유해물질 저 함유 자재를 사용하는 친환경 자재 및 흡음, 단열성능이 우수 자재를 사용하였다.

5) 자원순환

자연 & 힐스테이트의 경우 자원순환을 위해 싱크대 배수구에 음식물 쓰레기 탈수기를 부착하였으며, 분리 배출할 수 있는 시설 및 공간마련을 하고 있었다. 또한 기존의 유해한 자재 사용이 아닌 유효자원 재활용 및 친환경 인증제품 사용으로 자원절감·탄소배출량을 저감시키는 계획을 실시하였다.

엘드수목도는 단지 내부에 재활용 생활폐기물 분리수거 용기 및 보관시설 설치(Recycle House)를 하고 있으며, 싱크대 배수구에 음식물쓰레기 탈수기를 부착과 쓰레기 자동이송 시스템의 설치로 쾌적한 단지환경조성이 가능하도록 하고 있다.

6) 녹지 및 수자원

자연 & 힐스테이트는 단지 전체에 걸쳐 녹지를 조성하여 내부의 탄소발생을 흡수하는 효과를 보이며, 육생·수생비오톱의 조성과 우수를 적극적으로 이용하기 위한 시설의 설치 및 투수성 포장을 통해 에너지사용 및 자원사용을 절감할 수 있었다. 또한 주동 간 화원, 생태연못, 숲길, 식물원 등을 설치하고 주호의 내부에는 발코니에 개인정원을 조성하여 입면녹화를 실현하고 있었다.

엘드수목도에서는 단지 전부분에 걸쳐 풍부한 녹지공간을 마련하고 조경면적을 최대화하는 계획을 수립하고 있었으며, 육생·수생비오톱의 조성과 우수 침투를 위한 투수성 포장과 우수 이용 시설을 설치하는 계획을 실시하고 있다. 단지 내 웰빙광장, 맨땅정원, 잔디광장, 모험(친환경)놀이터, 중앙광장, 퍼팅그린, 가로수길 등과 같은 많은 부분에 걸쳐 녹지공간을 조성·연계하고 있었다.

표 7. 계획요소 적용실태 종합 및 사례평가 결과

광교신도시 자연 & 힐스테이트			도안신도시 엘트수목토타파트							
<ul style="list-style-type: none"> • 생태체험형 산책로 조성 • 단지 내 직선도로 설치 • 자전거 도로 및 보관소 설치 • 보행자전용도로 설치 • 태양광패널 설치 • 열병합발전소 • 유해물질 저함유 자재 사용 • 단열성능강화 • 자연환기 계획 • 단열재 시공 • 커뮤니티시설 계획 • 음식물쓰레기 재활용 • 자원재활용 및 재활용시설 설치 • 우수이용시설 설치 • 탄소정화 식재 • 옥생 · 수생비오름 조성 • 투수성포장 • 녹지축연계 • 생태학습장 조성 • 개인정원 조성 • 입면녹화 • 동서로 길 대지 형태 			<ul style="list-style-type: none"> • 남향배치 • 대지형태의 주동 배치 • 근린생활시설 근접 배치 설치 • 기존 토지 재이용 • 자전거 도로 및 보관소 설치 • 보행자전용도로 설치 • 열병합발전소 • 녹지공간조성 • 녹지축조성 및 네트워크 • 옥생 · 수생비오름 조성 • 환기시스템 설치 계획 • 자연채광 • 친환경자재사용 • 폐기물 분리수거장 설치 • 쓰레기 자동이송 시스템 설치 • 음식물쓰레기 탈수기 설치 • 우수이용시설 설치 • 우수침투계획 • 중앙광장(수공간)조성 • 투수성포장 							
a) 녹지축 연계	b) 배치계획도	c) 주차장계획	a) 수생비오름	b) 토지의 재이용	c) 자전거 보관소					
										
d) 차량동선·주차장	e) 태양광패널 설치	h) 자연환기	d) 보행자전용도로연계	e) 쓰레기이송시스템	f) 에너지 모니터링					
										
분류체계		광교신도시 자연 & 힐스테이트			도안신도시 엘트 수목토타파트					
측면	부 문	계획요소	적용실태	평가요소/점수	비율(%)	부분합계	적용실태	평가요소/점수	비율(%)	부분합계
탄소 저감	토지 이용	자연치양을 고려한 배치	• 파우(대지) 형태로의 주동 배치	*	*	1.02 1.85 (56.7%)	• 대지 형태에 따른 주동 배치	*	*	1.22 1.85 (98.7%)
		복합용도 개발	• 복합커뮤니티 시설 계획	A1.8 / 0.03	25		• 근린생활시설 근접 배치 설치	A1.8 / 0.02	21.9	
		일차양 · 풍향을 고려한 배치	• 풍향을 고려한 단지 배치	A3.2 / 0.27	100		• 남향설치	A3.2 / 0.16	65.6	
	녹색 교통	자전거도로계획 · 네트워크	• 자전거 도로 및 보관소 설치	A2.9 / 0.25	58.3	1.22 2.80 (40.0%)	• 자전거도로계획 및 보관소설치	A2.9 / 0.25	58.3	1.11 2.80 (39.6%)
		단지 내 속도규제계획	• Drop-off Zone 지정	C5.4 / 0.47	63.8		• 지하도로 및 주차장계획	C5.4 / 0.79	100	
		지하도로 및 주차	• 관습역 설치 계획	A3.4 / -0.11	0		• 대중교통경유장 근접 설치	A3.4 / 0.18	34.7	
	신재생 에너지	태양광패널 · 연차	• 보행자 전용도로 설치	A3.5 / 0.37	66.2	1.30 3.26 (55.7%)	• 태양광패널 설치	A3.5 / 0.00	*	0.00 3.26 (0.0%)
		태양광에너지	• 태양광패널 설치	A3.9 / 0.82	100		• 지구 내 열병합발전소 설치	A3.9 / 0.82	100	
		개발에너지	• 태양광패널 설치	E4.5 / 1.30	84.7		• 지구 내 열병합발전소 설치	E4.5 / 0.00	*	
	에너지 지감 건축	태양열에너지	• 45mm 창호 계획	E4.5 / 0.00	*	2.84 13.85 (30.6%)	• 창호 고려한 배치로 자연채광	E4.5 / 0.00	*	2.67 13.85 (18.5%)
		자연채광	• 자연채광 계획	C6.1 / 0.59	41.7		• 창호 고려한 배치로 자연채광	C6.1 / 0.47	36.6	
		고효율 자연환기설비	• 자연환기설비 계획	D4.1 / -0.20	13.3		• 신개념 환기시스템 설치	D4.1 / -0.50	8.3	
고효율 창폐 · 문열 시스템		*	F1.3 / 0.00	16.5	*		F1.3 / -0.07	8.2		
친환경자재 사용 · 재이용		• 친환경인증 자재 사용	D2.1 / 1.42	66.5	• 친환경자재사용		D2.1 / 1.42	79.7		
친환경인증 자재 사용 · 재이용		• 친환경인증 자재 사용	D3.2 / 0.00	16.7	*		D3.2 / 0.50	33.3		
자원 순환	폐기물재활용 · 시설설치	• 분리수거시설 설치	B4.4 / 0.26	52.6	1.05 3.94 (27.7%)	• 폐기물 분리수거장 설치	B4.4 / 0.30	66.6	1.09 3.94 (27.7%)	
	폐기물처리시설	• 음식물쓰레기 탈수기 설치	B4.7 / 0.77	100		• 음식물쓰레기 탈수기 설치	B4.7 / 0.55	78.1		
	음식물쓰레기처리	• 음식물쓰레기 탈수기 설치	B4.5 / 0.00	*		• 음식물쓰레기 탈수기 설치	B4.5 / 0.00	*		
탄소 흡수	녹지 및 수자원	우수 · 중수 이용	*	A4.10 / 0.38	57.6	3.74 16.26 (23.0%)	• 우수이용시설 설치	A4.10 / 0.62	83.7	3.15 16.26 (18.4%)
		빗물관리시설	• 우수이용시설 설치	B3.2 / 0.00	0		• 투수성포장	B3.2 / 0.00	*	
		친수공간조성	• 생태연못조성	A2.8 / 0.67	100		• 중앙광장조성	A2.8 / 0.47	71.8	
		바람길 조성	• 녹지축 조성을 통한 바람길 조성	A2.6 / 0.00	*		• 녹지공간 조성	A2.6 / 0.00	*	
		투수성 포장	• 투수성 포장 계획	A2.5 / 0.50	100		• 녹지축조성 및 네트워크	A2.5 / 0.30	46.7	
		탄소정화식재 · 생태학습장	• 탄소정화 식재	A3.6 / 0.10	26.5		• 옥생 · 수생비오름 조성	A3.6 / 0.12	28.3	
		녹지축 조성 · 네트워크	• 녹지축 조성 · 네트워크	C6.3 / 0.10	23.1		• 개인정원 설치로 비면(일면)녹화	C6.3 / 0.00	*	
		옥생 · 수생 비오름 조성	• 옥생 · 수생비오름 조성	C4.3 / 0.40	33.3		*	C4.3 / 0.40	56.7	
		옥생 · 비면녹화	• 개인정원 설치로 비면(일면)녹화	A3.6 / 0.10	26.5		*	A3.6 / 0.12	28.3	
				A3.8 / 0.11	33.3		*	A3.8 / 0.05	21.7	
		A3.9 / 0.29	40.4	*	A3.9 / 0.23	30.9				
		C6.3 / 0.10	23.1	*	C6.3 / 0.08	31.1				
		A3.9 / 0.29	40.4	*	A3.9 / 0.23	33.7				
		C5.3 / 1.42	66.5	*	C5.3 / 1.42	66.5				
		C6.4 / 0.13	34.3	*	C6.4 / 0.00	*				
합 계				11.17	27.2	11.17 41.01	9.24	22.5	9.24 41.01	

19/19개 : 3/3개 : 6/9개 : 광교신도시 자연 & 힐스테이트 18/19개 : 2/3개 : 6/9개 : 도안신도시 엘트 수목토타파트

주1) 평가요소의 점수는 SBTool의 5점 척도로 기재하였으며, 비율은 획득할 수 있는 점수 폭을 기준으로 평가요소가 획득한 점수의 비율을 백분율로 나타낸 것이며, 합계의 비율은 전체부분의 합에 대한 비율을 나타낸 것임
 주2) 비율은 소수점 두 번째 자리에서 반올림 한 수를 기재하였음
 주3) 자연&힐스테이트는 연간 에너지사용량 4.269.964MJ/㎡를 기준 234.815kg/㎡의 탄소배출량이 산정, 엘트수목토타파트 경우 연간 에너지사용량 4.197.563MJ/㎡를 기준으로 214.587kg/㎡의 탄소배출량이 산정됨
 주4) 직렬평가만 가능 요소 간렬평가만 가능 요소 직·간렬평가 가능 요소

7) 소결

광고신도시 자연 & 힐스테이트에 적용된 주요요소를 살펴보면, 탄소배출과 밀접한 관계인 녹색교통부문에서 지하도로 및 주차장 계획, 차량회차구간 지정 등을 통해 단지 내 차량유입을 최소화하는 계획으로 탄소배출을 최소화하고 있었다. 또한 에너지저감 건축부문에서는 자연환기설비·계획의 적용으로 에너지부하를 감소시켰다.

탄소흡수와 관련 있는 녹지 및 수자원부문에서는 거의 모든 요소의 적용으로 인해 발생한 탄소량을 줄이는 계획을 실시하고 있었다. 반면, 아직 국내 환경 및 기술수준은 가능하나 신재생에너지부문의 계획은 지붕에 일부 태양광 패널의 설치계획만 있을 뿐 실제 다른 요소에 대한 적용은 이루어지지 않는 것으로 보인다.

도안신도시 엘드수목토아파트는 광고신도시의 자연&힐스테이트에 비해 비교적 적은 수의 계획요소의 적용이 있음을 확인할 수 있었지만, 녹지 및 수자원부문에서는 많은 계획내용을 포함하고 있었다. 세부적으로 토지이용부문과 녹색교통부문에서 가장 높은 비율을 보였으며, 세부항목에서는 C5.4(토지이용부문)와 A3.3(녹색교통부문)항목에서만 100%의 적용률을 보였다. 이 외의 부문은 녹색교통부문을 제외한 모든 부문에서 20%정도의 적용만 보여 탄소중립측면에서는 취약할 것으로 예상된다.

평가결과는 사례별 각 각 11.17점을 획득하여 27.2%와 9.24점을 획득하여, 22.5%의 적용률로 낮은 점수를 획득한 것을 알 수 있었다. 세부적으로 부문에서는 토지이용부문과 에너지저감 건축부문에서 가장 높은 비율을 보였으며, 항목에서는 A1.8, A2.5, A3.3, B4.7의 항목이 100%의 적용률을 보여 신재생에너지부문을 제외한 5개의 부문에서 각각 1개 항목에 대해서 적용률이 높은 것으로 나타났다.

4.3 사례 분석의 비교 및 종합

1) 계획요소 적용실태 결과

사례에서 대부분 계획요소의 적용이 많은 것으로 나타났는데, 현재 우리나라의 공동주택단지에 적용할 수 있는 기술수준과 효과 등을 고려할 때 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다. 계획요소의 적용정도를 놓고 볼 때 총 30개의 계획요소 중 자연&힐스테이트의 경우 24개의 계획요소가 적용되어 86.7%의 적용률을 보였으며, 엘드수목토아파트의 경우 19개의 요소가 적용되어 63.3%의 적용률을 보였다.

계획요소의 적용정도를 크게 셋으로 구분하면 많은 요소의 적용이 있는 부문으로는 토지이용, 녹색교통, 녹지 및 수자원부문으로 나타났으며, 다음으로 에너지저감 건축, 자원순환부문의 요소가 비교적 많이 적용되었으며, 신재생에너지부문이 가장 적은 계획요소가 적용된 것을 알 수 있었다. 이는 현재 국내 신재생에너지와 관련된 계획요소의 적용은 시행단계로써 적용정도에 있어 미비한 것에서 비롯된 것으로 보인다.

두 사례에서 큰 차이점은 나타나지 않았으나, 4개 부문에서 자연&힐스테이트가 더 많은 요소가 적용된 것으로 나타났다. 이는 곧 국내 친환경인증에도 그 영향이 미쳐져 등급의 차이가 발생한 것으로 보인다.

2) 평가결과

평가결과를 살펴보면, 자연&힐스테이트의 경우 41.01점 중에서 11.17점(27.2%)을 획득하였으며, 엘드 수목토아파트는 9.24점(22.5%)을 획득한 것을 알 수 있다.

세부적으로 살펴보면, 두 사례에서 공통적인 특징을 보이고 있었는데, 각 부문에서 획득할 수 있는 점수 대비 획득한 점수를 기준으로 볼 때 토지이용부문의 적용이 가장 높았으며, 에너지저감건축부문과 신재생에너지부문의 적용은 낮은 것으로 나타났다.¹¹⁾ 또한 낮은 적용률을 보인 두 부문의 경우 자연&힐스테이트 사례에서는 단순 설치계획만 가지고 있어 적용으로 인한 효과는 없는 것으로 파악된다.

4개 부문(녹색교통, 신재생에너지, 에너지저감 건축, 녹지 및 수자원)에서 자연&힐스테이트가 높은 점수를 획득하고 있었는데, 계획요소의 적용실태와 마찬가지로 단순 계획요소의 적용뿐 아니라 요소의 적용범위 및 규모, 연계성 강화 등을 통해 탄소중립에 높은 효과를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

계획요소와 마찬가지로 평가정도를 크게 셋으로 구분하면 녹지 및 수자원, 에너지저감 건축, 토지이용부문이 높은 평가가 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 녹색교통, 자원순환부문이 비교적 많은 평가가 이루어지고 있었다. 이러한 결과는 국내 주거단지 조성의 현실을 보여주는 한 예로써 토지이용차원에서 편의성만 고려한 것으로 판단되며, 탄소중립관점에서의 조성은 아직은 부족한 현실을 보여주는 것이라 할 수 있겠다.

3) 분석·평가의 종합

사례분석의 결과 전체적으로 계획요소의 적용실태가 양호하게 나타났으나, 국내 친환경인증등급의 차이에 따라 적용정도가 일부 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

또한 적용실태와 평가결과의 분석을 통해 비슷한 결과를 도출해 낼 수 있었는데, 사례에서 계획요소의 적용도가 높은 부문(토지이용, 에너지저감 건축, 녹지 및 수자원)이 평가(토지이용, 녹색교통, 녹지 및 수자원)에서도 비교적 높은 수준으로 평가가 가능한 것을 알 수 있었다. 녹색교통부문의 경우 지하주차장 및 도로계획으로 단지 내 탄소발생을 낮출 수 있는 계획의 시행으로 쾌적한 환경 개선으로 친환경적인 단지환경을 조성하고 있었다.

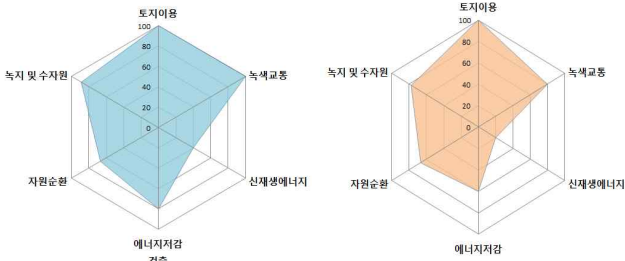
다음으로 점수의 획득만을 놓고 볼 때 녹지 및 수자원·에너지저감 건축 부문에서 높은 점수를 획득하고 있었다. 이러한 결과는 국내 친환경인증을 받은 주거단지뿐만 아니라 일반적으로 최근에 조성되어지는 단지들의 경향으로 보이며, 단순 미관상 녹지조성이나 쾌적한 환경을 위한 수단으로의 단지조성 계획에 치중하고 있는 현실을 보여주고 있다고 할 수 있겠다.

이에 적용범위에 있어서 단지적측면에선 친환경적인

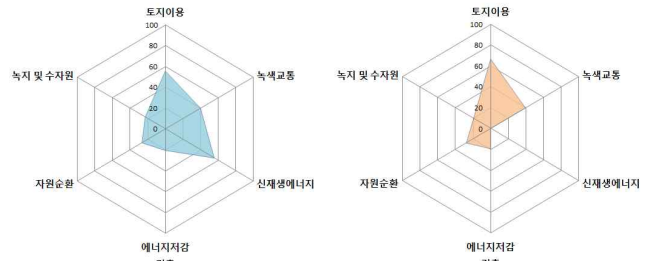
11) 적용률 순으로 살펴보면 자연&힐스테이트는 1순위 : 토지이용, 신재생에너지, 2순위 : 녹색교통, 3순위 : 자원순환, 4순위 : 녹지 및 수자원, 5순위 : 에너지저감 건축부문 순이며, 엘드 수목토아파트의 경우 1순위 : 토지이용, 2순위 : 녹색교통, 3순위 : 자원순환, 4순위 : 녹지 및 수자원, 5순위 : 에너지저감 건축, 6순위 : 신재생에너지부문 순으로 나타났다.

환경을 조성하고, 주동·주호적측면에서는 에너지 효율을 높이고, 미기후의 적용 활용하는 계획으로의 전환이 필요함을 보여주는 것이다.

또한 계획단계부터 적용할 수 있는 요소의 검토를 통해 각 단지별 적합한 요소를 선정하여야 할 것이며, 평가 기준 및 방안마련이 시급한 실정이다.



a) 광교신도시 자연&힐스테이트
b) 도안신도시 엘드수목토포아파트
그림 3. 계획요소 적용실태 비교



a) 광교신도시 자연&힐스테이트
b) 도안신도시 엘드수목토포아파트
그림 4. 평가요소 평가결과 부문합계 비교

표 8. 탄소중립형 주거단지 적용실태·평가결과 종합

부 문	계 획요 소	평 가요 소	계 획요 소		평 가요 소		평 가요 소 점 수											
			A	B	A	B	A					B						
			20	40	60	80	100	20	40	60	80	100						
부지선택·프로젝트 계획과 개발 (16%)	• 대중교통이용·연계	A1.6 대중교통 정류소의 근접성	■	■	■	■	30.9					27.3						
	• 복합용도 개발	A1.8 상업시설과 문화시설의 근접성	■	■	■	■	25					21.9						
	• 빗물관리시설	A2.4 지표수관리시스템 준비		■	■		0					0						
	• 빗물관리시설	A2.5 상수처리시스템의 유용성	■	■		■	100					0						
	• 우수·중수 이용	A2.6 중수 시스템과 상수 시스템의 분할 계획	■	■	■	■	18					18						
	• 음식물쓰레기 퇴비화	A2.8 지역 or 프로젝트에서 슬러지 퇴비화와 재이용	■	■	■	■	100					71.8						
	• 일조량·풍향을 고려한 배치	A2.9 태양의 간접적인 이용가능성 최대화를 위한 부지의 방위	■	■	■	■	58.3					58.3						
	• 복합용도 개발	A3.2 프로젝트 내에서의 복합용도 계획	■	■	■	■	100					65.6						
	• 보행자도로계획·네트워크	A3.3 도보의 장려	■	■	■	■	100					100						
	• 자전거도로계획·네트워크	A3.4 자전거 이용을 위한 지원계획	■	■	■	■	0					34.7						
	• 단지 내 속도규제계획	A3.5 개인 교통수단의 이용을 억제 하는 정책	■		■		66.2					0						
	에너지자원 소비량 (27%)	• 친수공간조성 • 탄소정화식재·생태공원조성	A3.6 친환경공간 계획 공급	■	■	■	■	26.5					28.3					
• 탄소정화 식재·생태공원조성		A3.8 태양열 차양과 이산화탄소의 제거를 위한 나무 이용계획	■	■	■	■	33.3					21.7						
• 육생·수생 비오름 조성 • 녹지축조성·네트워크		A3.9 야생통로의 유지 혹은 개발	■	■	■	■	40.4					30.9						
• 친환경자재사용·재이용		B4.4 내구성 있는 자재의 사용	■	■	■	■	52.6					65.6						
• 친환경자재사용·재이용		B4.7 지속가능한 자원을 바탕으로 얻어진 바이오제품 이용 계획	■	■	■	■	100					76.1						
• 폐기물재활용·시설설치		B4.10 폐재, 재이용, 재활용 계획	■	■	■	■	57.6					83.7						
환경부하 (32%)		• 우수·중수 이용 • 투수성포장	C4.3 부지 내 저장되는 통제되지 않는 폭우	■	■	■	■	33.3					56.7					
		• 육생·수생비오름 조성	C5.3 부지 내 생물다양성에 대한 변화	■	■	■	■	66.5					66.5					
		• 일조량·풍향을 고려한 배치	C5.4 고층건물 주변 지상의 역풍		■		■	63.8					100					
	• 자연채광	C6.1 인접건물에 대한 주광 또는 태양 에너지 이용가능성에 대한 영향		■		■	0					36.6						
	• 바람길 조성 • 녹지축 조성·네트워크	C6.3 열섬 효과 - 조정부분과 포장된 부분	■	■	■	■	23.1					31.1						
	• 옥상·벽면녹화	C6.4 열섬 효과 - 지붕	■		■		34.3					0						
실내 환경의 질 (16%)	• 고효율 자연환기설비	D2.1 자연환기 거주지의 환기 효율성	■	■	■	■	66.5					79.7						
	• 고효율 자연환기설비	D3.2 자연 환기되는 거주공간에서 적절한 공기의 온도	■	■	■	■	16.7					33.3						
	• 자연채광	D4.1 주요 거주영역에서의 적절한 주광		■		■	0					8.3						
서비스향상 (6%)	• 태양광에너지 • 태양열에너지	E4.5 에너지 공급유형 변화에 대한 적합성	■		■		84.7					0						
사회·경제성 (2%)	• 자연채광	F1.3 단위주거 생활영역의 일광 사입량		■		■	0					8.2						

주1) A : 광교신도시 자연&힐스테이트, B : 도안신도시 엘드 수목토포아파트

주2) “평가요소의 점수”는 SBTool의 점수를 백분율을 기준으로 환산한 것으로, 각 점수별 획득 가능한 점수 대비 획득 점수의 비율을 기입한 것임

주3) 적용 되지 않은 계획요소(폐열회수시스템, 우수·중수이용), 평가요소(B3.2, C4.2)와 “B4.5 폐자재의 재이용”은 평가가 이뤄지지 않아 내용에서 삭제함

5. 결론

본 연구에서는 탄소중립형 주거단지의 계획요소를 도출하여 국내 주거단지의 적용실태를 파악하고, SBTool을 활용한 평가방법을 연구하여 향후 탄소중립형 주거단지 평가의 기본 틀을 마련하고자 하였다.

이를 위해 먼저 관련 선행연구 고찰을 통해 탄소중립형 주거단지의 개념 및 조성방향을 살펴보고, 명확성, 대표성, 객관성, 기대효과, 측정가능성, 적용가능성의 선정기준을 세우고 1차 계획요소를 도출하였다. 2차로 관련 전문가를 대상으로 심층 FGI(Focus Group Interview)를 실시해 최종적으로 6개 부문, 30개의 계획요소를 도출하였다.

다음으로 앞서 도출한 계획요소와 SBTool의 평가요소와 연관성 분석을 통해 탄소중립형 주거단지 평가요소를 도출하고 사례분석 및 평가를 실시하였다.

계획요소의 적용실태 분석결과 사례 단지들은 국내 친환경 경인증을 획득한 사례로 대부분 요소의 적용을 확인할 수 있었으며, 분석결과 나타난 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 녹지 및 수자원부문과 에너지저감 건축부문에서 많은 요소의 적용이 있는 것을 알 수 있었다. 향후 이 두 부문 위주의 친환경적이고 에너지절약적인 계획으로의 전환이 곧 탄소중립형 주거단지로의 전환을 의미한다 할 수 있으며, 계획요소 및 적용정도를 강화해야함을 알 수 있었다. 둘째, 모든 사례에서 신재생에너지에 대한 계획요소의 적용은 미비한 것으로 나타났는데, 이는 국내 기술수준은 도달해 있으나 경제적인 측면에서 비롯된 것으로 파악된다. 셋째, 에너지와 관련된 요소의 적용과 그 적용정도가 우수한 것이 국내 친환경인증에서도 우수한 등급을 획득한 것으로 나타났다. 넷째, 탄소중립에 대해서는 계획·평가요소의 도출과정에서도 보았듯 탄소저감측면에서 적용이 두드러지게 나타났으며, 적용범위에 있어서는 단지적 차원의 적용이 높은 것으로 나타났다.

다음으로 SBTool을 활용한 평가결과 광고신도시 자연&힐스테이트는 11.17점을 획득하고 평가요소에서는 3개 요소에서 적용이 안 된 것으로 나타났다. 도안신도시 엘드수목도아파트의 경우 9.24점을 획득하고, 평가요소의 적용에서는 약 5개요소가 적용이 안 되어진 것으로 나타났다.

또한 구조·에너지사용량·물 사용량에 입력된 값을 바탕으로 계산되어 지는 정량적평가 부분으로는 자연&힐스테이트의 연간 에너지 사용량은 4,269,964MJ/m²로 나타났으며, 탄소배출량은 234,815kg/m²로 나타났다. 엘드수목도아파트의 경우 연간 에너지사용량은 4,197,563MJ/m²로 나타났으며, 탄소배출량은 214,587kg/m²이 도출되었다.

평가결과 계획요소의 적용실태와 비슷한 결과를 나타내고 있었으며, 계획요소의 적용도가 높은 부문(토지이용, 에너지저감 건축, 녹지 및 수자원)의 평가가(토지이용, 녹색교통, 녹지 및 수자원) 가능한 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 현재 건설 중이거나 최근에 완공이 된 국내 주거단지의 경우 본 연구에서 제시한 탄소중립형 주거단지의 계획·평가요소로 평가할 수 있는 기준의 마련이 되어졌으나 향후 이를 포괄적인 평가를 할 수 있는 방안 마련이 필요한 것으로 판단된다.

종합적으로 볼 때 국내 주거단지의 경우 탄소중립을 위한 수준은 높은 수준으로 보이나, 직접적인 계획의 적

용보다는 단순히 많은 수의 계획만을 목적으로 주거단지가 조성되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 단순 적용으로 인해 효과가 미비해 향후 적용범위 및 요소의 적용범위 및 규모, 연계성 강화 등을 통해 탄소배출을 완화하는 계획 측면 강화와 함께 탄소배출량 평가 및 결과를 도출할 수 있는 기준마련이 시급하게 필요한 것으로 판단된다.

본 연구는 탄소중립형 주거단지의 평가를 위해 SBTool을 활용한 평가 실시 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다. 첫째, 현재까지 탄소중립형 주거단지 평가방안 마련은 이뤄지지 않았으나, 본 연구에서는 평가체계를 마련하였다. 다만 이 과정에서 일부 항목에 대한 기준적용에 어려움이 있는 것으로 나타났다. 둘째, 기존의 정성적측면의 평가에서 벗어나 정량적측면의 평가가 가능함을 알 수 있었다. 하지만 이를 위한 각 항목별 전문가적 지식과 함께 시간마련이 필요한 항목의 경우 평가에 한계가 있는 것으로 나타났다. 셋째, 본 연구에서 제시한 계획요소와 평가요소 간 연관성분석 또한 향후 측정범위 및 평가정도에 있어 차이를 줄이는 노력이 필요한 것으로 판단된다.

이에 향후 계속되는 연구에서는 보다 국내 주거단지의 평가에 적합하고 단지의 계획단계부터 정성적·정량적 평가가 동시에 이루어져야 할 것이다. 또한 계획·평가요소별 탄소중립 효과를 직접적으로 평가할 수 있는 체계가 갖추어져야 할 것이다. 이를 위해 각 분야별 전문가와 연계 체계를 갖춘 연구가 진행되어, 최종결과에 대한 신뢰도를 높이는 연구가 뒤따라야 하겠다

참고문헌

1. 최준성, 해외 단독주택의 지속가능성 평가도구 분석에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집 Vol. 11, No 2 2011, pp.45-57
2. 지승운, 저탄소 녹색 주거단지 설계요소 중요도 분석에 관한 연구 - 사업주 측면에서, 한양대학교 도시대학원 석사학위 논문, 2010
3. 박현신, 기후변화에 대비한 저탄소 신도시 계획지표 개발 연구, 인하대학교 대학원 석사학위 논문, 2010.
4. 태성호 외, 공동주택의 전생애주기 이산화탄소(LCCO₂) 간이평가 기법 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제26권 제8호(통권262호), 2010, pp37-44
5. 박선효, LCCO₂ 분석에 의한 공동주택 외피 시스템 평가에 관한 연구, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 2010.
6. 현은미, 친환경건물의 운영단계에서의 이산화탄소 배출 저감에 관한 연구, 건국대학교 대학원 석사학위 논문, 2010.
7. 이재준, 최석환, 기후변화 대응을 위한 지구단위계획 차원에서 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구, 대한민국·도시계획학회지 「국토계획」 제44권 제4호, 2009, pp119-131
8. 김제황, 저탄소 녹색주거단지계획 - 부천고강 도시재정비촉진지구를 중심으로, 협성대학교 대학원 석사학위 논문, 2009.
9. 국토해양부, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립지침, 2009
10. 주택도시연구원, 저탄소 녹색도시 모델구상, 2009.
11. 임정아 외, 공동주택 관리영역 구분에 의한 친환경 성능평가도구의 가중치 비교 분석, 대한건축학회논문집 계획계 제25권 제1호(통권243호), 2009, pp61-71
12. 이승복, 기후변화대응 건물에너지 정책포럼, 서울특별시·에너지관리공단, 2008.
13. 전상현, 국내·외 친환경건축물 인증제도의 비교분석에 관한 연구, 전남대학교 대학원 석사학위 논문, 2007.

투고(접수)일자: 2011년 12월 16일

수정일자: 2012년 2월 29일

게재확정일자: 2012년 3월 21일