



## 건축외피형 태양전지 적용 건축물의 분석계층과정 기반 심미성 평가

### *An Evaluation for the Building Aesthetics Applied with Facade-Integrated Solar Cells Based on Analytical Hierarchy Process*

조한솔\* · 한승훈\*\*

Jo, Han-Sol\* · Han, Seung-Hoon\*\*

\* Master of Engineering in Architecture, Chonnam National University, South Korea (hs3269@naver.com)

\*\* Corresponding Author, School of Architecture, Chonnam National University, South Korea (hshoon@jnu.ac.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** As the problem of global warming gets worse, interest in renewable energy and research continues. Especially, solar cells solved conveniently are receiving a lot of attentions these days. While, recently, solar cell applications are steadily growing, no systematic assessment system has been established. Also, there are often cases of solar cells being installed by some experts without taking into consideration aesthetic factors. Accordingly, it is essential to have a system for assessing the aesthetics of the building using BIPV (Building Integrated Photovoltaic) cells. Therefore, this study aims at implementing an appropriate evaluation system for building aesthetics applied with facade-typed solar cells that affects the beauty of the building elevation. **Method:** In this study, basic aesthetic components are derived by analyzing properties of solar cells and their installation method, and components of the building in order to build an evaluation system of aesthetics. Afterwards, field evaluation and AHP (Analytical Hierarchy Process) assessment are conducted to increase the reliability and accuracy of aesthetic elements, and the estheticism element's importance is analyzed through this process. **Result:** Finally, an integrated assessment system could be established by analyzing the key aesthetic elements of developers and architects via an evaluation by experts in each field, and its applicability to the relevant professions have been verified.

#### KEYWORD

Building Aesthetics  
Building Envelope  
Renewable Energy  
Analytical Hierarchy Process  
BIPV (Building Integrated Photovoltaic)

건물 심미성  
건축외피  
신재생에너지  
분석계층과정  
건물일체형 태양광설비

#### ACCEPTANCE INFO

Received Aug 10, 2018  
Final revision received Oct 2, 2018  
Accepted Oct 7, 2018

© 2018 KIEAE Journal

### 1. 서론

현재 신·재생에너지기술의 확산을 위한 정책과 연구 개발이 다각적으로 진행되고 있으며, 건축 분야에서도 건축물 에너지 평가 및 신·재생에너지 공급 의무화 정책 반영에 기인한 친환경 에너지 설비 비중의 확대와 함께 태양광 에너지의 시장이 크게 성장하고 있는 추세이다. 보편적으로 사용되어 왔던 실리콘 계열 태양광 전지의 생산성과 가격 경쟁력이 더욱 높아지고 일반 소비자의 기술적 이해와 접근성도 좋아져 비교적 손쉬운 구매와 설치로 이어지면서 기존 및 신축 건축물에 다양한 형식으로 적용되고 있다. 그러나, 기존의 실리콘 태양전지는 건축물 및 자연경과의 경관 조화에 제약이 많고, 특히 최근에는 태양광 사업자들이 대규모 사업지를 조성하는 과정에서 자연의 무분별한 훼손도 많아져 도시 및 자연경관의 심미성 측면에서 또 다른 문제점을 야기하고 있다.

이렇듯 태양광 설비 사용의 증가 추세에 따라 도시 및 자연, 건축물의 경관 심미성을 조화롭게 고려한 대체 태양광 전지의 연구 개발과 건축 경관 디자인 지침의 마련이 진행되고 있으며, 최근 획수 있

는 박막형 태양전지 및 색상을 낼 수 있는 염료감응형 태양전지(DSSC, Dye-Sensitized Solar Cell) 등이 제시되어 시범적으로 적용되고 있는 상황이다. 태양광 전지는 일반적으로 결정질 실리콘 태양전지, 박막형 태양전지, 염료감응형 태양전지로 분류하고 있으며, 태양전지의 유형에 따라 적용방식 및 미관적 특징이 다르다 [1]. 결정질 실리콘 태양전지는 투광성이 없기 때문에 적용가능 범위가 제한적이거나, 박막형 태양전지는 얇은 유리에 필름막을 입히는 방식을 사용하기 때문에 적용성이 좋고, DSSC는 그동안 표현 할 수 없었던 다채로운 색상표현과 투명도 조절이 가능하여 적용 범위가 넓다는 특징을 가진다 [2].

이 연구는 태양광 설비 적용 건축물의 심미적 요소로서 태양광 전지 모듈 자체의 구성적 측면과 태양광 전지가 적용된 건축물 및 주변의 경관적 측면으로 구분하여 제시한 선행연구의 후속 논문으로서 건물일체형 태양전지(BIPV, Building-Integrated Photovoltaic)의 관점에서 접근하였다 [3]. BIPV 건축물의 대표적인 유형을 분석하여 평가대상을 선정하였으며, 선정 기준은 가장 기본적인 건축물의 형태인 정방형 및 장방형 구조를 중심으로 하였다. 이는 의장적 요소나 구조적 요소의 영향을 줄이고, 태양전지와 건축물의 심미성 상관관계에 대해 집중 분석하고자 하는 의도가 반영된 것이다.

따라서, 이 연구는 선행연구에서 제시되었던 BIPV 심미성 요소

를 기반으로 설문조사를 실시하고 산업현장에 적용, 건축 분야와 소재 및 기술 개발 분야 종사자 전반에 대해 심미성 지표별 가중치 도출을 위한 분석계층과정 (AHP, Analytical Hierarchy Process) 기법을 수행하였으며, 이를 반영한 통합적인 평가시스템 수립을 위한 근거를 제시하는 것에 목적이 있다. 이 연구의 목적 달성을 위한 과정과 방법은 다음과 같다.

첫 째, 선행연구를 통해 제안된 심미성 요소를 기반으로 한 평가지표를 활용한다. 둘째, 심미성 요소를 토대로 분석계층과정(AHP)을 진행하며, 심미성 요소들 간의 중요도 분석 및 타당성을 검증한다. 셋 째, 건축 분야 종사자와 소재 및 기술 개발 분야 종사자를 대상으로 심미성 평가를 진행하며, 구축된 평가지표를 대상으로 설문조사 방법을 이용하여 건축외피형 태양전지의 대표 유형인 벽면형, 창호형, 커튼월형 표본 건축물의 심미성을 평가한다. 넷 째, 지표별 획득 점수에 AHP 분석에 따른 가중치를 적용하여 최종적인 심미성 평가 결과를 도출하며, 각 분야별 비교분석을 진행한다. 마지막으로, 종합적인 심미성 평가결과를 분석하여 건축외피형 태양전지의 건축물 적용방안 및 개선사항을 제시한다.

## 2. 건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 요소

### 2.1. 심미성 요소의 검증

선행연구에서는 건축외피형 태양전지의 재료적 측면과 그 적용 대상으로서의 건축적 측면을 대분류로 하는 심미성 요소를 제안하였으며 이는 Table 1.에 제시된 바와 같다 [3].

Table 1. Evaluation Elements for BIPV-based Building Aesthetic [3]

Main Categories	Indexes	Elements
Material Characteristic	Material Type	Configuration
	Installation Type	Method
		Gainliness
	Applicability	Persistence
		Conformity
Architectural Characteristics	Shape	Openness Assessment
		Symbolism
	Color	Color
	Design	Design Molding
		Design Harmony
		Structure
Landscape	Conformity	

태양전지의 재료적 측면은 재료 자체의 특성과 설치유형의 특성으로 구분할 수 있다. 재료적 특성은 재료의 물성을 기반으로 표현할 수 있는 표현의 가능성으로서 실리콘 계열 PV(Photovoltaic)의 경우 검정색 또는 남색 계열의 단일 색상으로만 표현이 가능하며 재료 특성상 불투명한 성상을 띠고 있다 [2], [4]. 상대적으로 DSSC의 경우 염료에 따라 다양한 색상 표현이 가능하며 투명도 조절이 가능하다는 특성이 있다. 설치유형의 특성은 태양전지의 설치방법과 구성에 따른 표현 가능성을 의미한다 [5]. BIPV는 다양한 건축물 요소에 적용 가능한 만큼 설치방법에 따라 그 구성미는 달라지며, 또한 입면

패턴으로 이용하거나 다른 건축 부재와 조화를 이루어 심미성을 발현할 수 있다.

건축적 측면은 작게는 구조물 및 장식물 등 건축물 요소의 평가부터 크게는 건축물을 포함한 주변 경관의 조화성을 포함한다. 건축적 관점은 건물 자체가 가지는 조형적인 아름다움을 의미하며 건축물의 형태, 비례감, 구조, 재료, 색채 등 건축물에 직접적인 영향을 주는 요소라고 볼 수 있다. 경관적 관점은 건물이 주변 환경과 어우러져 조성되는 분위기적 아름다움을 의미하며 자연 또는 인접 건물과의 조화성, 도시 색채 등이 해당된다 [3].

이 연구에서는 심미성 요소 간의 중요도 설정을 위해 건축 관련 종사자와 소재 및 기술 개발 분야 종사자를 대상으로 태양전지 적용 건축외피의 심미성 요소에 대한 AHP를 실시하였다. AHP는 각 항목의 쌍대비교를 통해 중요도를 결정하는 방법으로 정량적·정성적 결과 도출에 용이하며, 쌍대비교를 통해 한 질문에 두 개의 요소를 비교분석하여 중요도를 평가하기 때문에 수월하게 평가를 진행할 수 있다 [1]. 이 과정은 각 분야의 전문가들을 통한 심미성 요소의 일관된 평가의 가능성과 심미성과 기능성 측면의 모든 가치를 반영한 평가 지표를 검증한다는 점에서 중요하다.

### 2.2. 분석계층과정 기반 심미성 지표의 가중치 설정

건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 지표에 대한 가중치 설정 및 타당성 검토를 위하여 AHP 분석을 수행하였으며, 각 요소의 가중치를 설정하기 위하여 분석계층과정 기법에 대한 공인 소프트웨어인 MakeIt을 이용하여 진행하였다. 태양전지의 시작을 다루는 소재 및 기술 개발 분야와 그 적용 결과물로서의 건축 분야 종사자를 대상으로 진행하였으며, 직군에 따른 심미성 요소에 대한 중요도 인식차이를 분석하여 다각적인 평가체계를 수립하고자 하였다.

먼저, 건축 분야는 관련 종사자 60명을 대상으로 하였으며, 일관성 검증에서 검출된 무응답 및 불성실 답변 10명을 제외한 50명에 대해 분석하였다. 설문지 문항은 심미성 지표별 쌍대비교 32문항으로 구성되었으며 재료적 측면 10문항, 건축적 측면 21문항, 종합적 측면 1문항으로 구성된다. 평가는 10일간 진행하였으며, 이와 비슷한 절차와 방법으로 소재 및 기술 개발 분야 종사자 31명에 대한 분석을 연이어 진행하였다. 설문지 문항 및 분석 도구는 동일하며, 양 전문가 그룹에 대한 분석 결과를 비교하면 Table 2.와 같다.

두 분야의 AHP 결과를 분석하였을 때 계층 내 중요도 순위는 두 분야가 유사한 결과로 평가되었다, 중분류 항목에서 서로 상반되는 결과가 도출되었다. 건축분야는 재료적 측면의 중요도를 33.07%, 건축적 측면의 중요도를 66.93%로 평가하였으나, 소재 및 기술 개발 분야는 건축적 측면과 대조적으로 재료적 측면 60.82%, 건축적 측면 39.18%로 분석되었다.

계층 내 중요도는 유사하나 중분류의 결과 값으로 인해 최종적인 종합 가중치가 다르게 도출되었으며, 이러한 결과는 직군에 따라 다른 업무 범위와 성격의 차이에서 기인한 이종 분야에 대한 이해의 부족과 인식차 때문인 것으로 볼 수 있다. 즉, 심미성과 기능성 각각에 대한 직군별 지향점이 엇갈리면서 나타난 결과로서 태양전지 기술 적용의 주요 대상이 결국 건축물인 점을 감안한다면 원천 기술 또는

소재 개발의 초기 단계부터 건축 심미성 구현을 위한 데이터 반영과 지침 검토가 요구되며, 이종 분야간 협업과 요구사항 달성을 위한 의견 교환 등 소통도 증대되어야 할 것으로 보인다.

Table 2. Comparison of AHP Results between the Architecture Field and Material or Technology Development Field

No.	Evaluation Elements	Architecture Field		Material or Technology Development Field	
		Hierarchical Weight	Overall Importance	Hierarchical Weight	Overall Importance
<b>1</b>	<b>Material Characteristics</b>	<b>33.07%</b>	<b>33.07%</b>	<b>60.82%</b>	<b>60.82%</b>
1-1	Configuration	18.75%	6.20%	15.07%	9.17%
1-2	Method	11.06%	3.66%	13.33%	8.11%
1-3	Gainliness	22.83%	7.55%	23.51%	<b>14.30%</b>
1-4	Persistence	20.73%	6.86%	25.81%	<b>15.70%</b>
1-5	Conformity	26.62%	8.80%	22.28%	<b>13.55%</b>
<b>2</b>	<b>Architectural Characteristics</b>	<b>66.93%</b>	<b>66.93%</b>	<b>39.18%</b>	<b>39.18%</b>
2-1	Openness Assessment	12.67%	8.48%	15.63%	6.12%
2-2	Symbolism	13.48%	9.02%	10.24%	4.01%
2-3	Color	9.11%	6.10%	10.60%	4.15%
2-4	Design Molding	10.65%	7.13%	10.99%	4.31%
2-5	Design Harmony	19.07%	<b>12.76%</b>	16.04%	6.29%
2-6	Structure	15.89%	<b>10.64%</b>	15.96%	6.25%
2-7	Landscape Conformity	19.14%	<b>12.81%</b>	20.53%	8.05%

### 3. 건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가

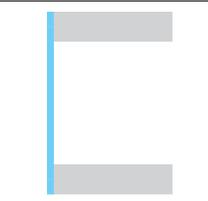
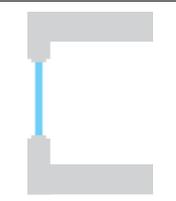
#### 3.1. 평가 대상 건축물 선정

국내의 건축외피형 태양전지가 적용된 건축 입면은 외벽에 적용된 사례가 많으며, 외벽은 다양한 설치방법으로 시공이 되고 있는 상황이다. 따라서, 이 연구는 평가 결과의 신뢰성 확보를 위해 변수를 최소화 할 수 있는 평가 대상을 선정하고자 하였으며 태양전지가 외벽에 적용된 경우로 국한하고자 하였다. 태양전지 적용 및 설치방법에 따른 심미성 점수 차이에 대한 분석을 진행하였으며, 이에 따라 평가 대상 건축물의 대표 유형을 설정하였다.

건축외피형 태양전지는 다음과 같은 3가지의 형태로 유형화 할 수 있다. 첫 째, 커튼월형은 건물과 일체형으로 적용된 방식으로 실내에서도 태양전지의 영향을 받는 경우를 말한다. 즉, 외부에서는 태양전지 사이로 내부가 보이고, 내부에서는 외부를 바라 볼 수 있는 유형을 말한다. 둘째, 벽면형은 외부에서 바라보았을 때는 커튼월과 유사하지만 건축물 내부에서는 태양전지의 영향을 받지 않는 경우를 의미한다. 즉, 태양전지 적용 위치가 건축물 벽면에 위치한 경우이다. 셋 째, 창호형은 건축물 일부분에 창호의 형태로 적용된 경

우를 의미한다. 창호형인 경우 다른 요소들과 형태 및 기능적 측면에서 연계되어 있기 때문에 태양전지의 물성은 창호의 기본 특성을 반영하여야 하며, 창호의 표현성도 대체할 수 있어야 한다. 각 유형의 차이는 Table 3.의 도해를 통해 쉽게 구분할 수 있다.

Table 3. Representative type of BIPV

Curtain-Wall Type	Wall Type	Window Type
		

이와 같은 3가지 대표 유형이 구현된 국내 소재 건축물 중 비교 분석의 객관성을 위해서 모두 기본적인 장방형 또는 정방형 건물 형태를 가지며 BIPV 외 의장적 요소가 최소로 사용된 건축물을 선정하였다. 각 유형별 대표 건축물 한 곳씩 모두 3곳의 비교 분석 대상지를 선정하여 현장 조사를 통해 평가하는 과정으로 진행하였다.

커튼월형 태양전지 적용 건축물은 국립환경과학원의 지구환경연구동을 선정하였다. 이 건물은 인천광역시에 소재하고 있으며, 건축외피에 실리콘 계열 태양전지를 비롯한 다양한 모듈을 구축하여 연구개발을 수행하고 있다. 벽면형 태양전지 적용 건축물은 인천광역시에 소재한 숙박시설인 오라카이 호텔을 선정하였으며, 외벽에 태양전지를 적용한 패넌을 주요 입면계획 요소로 사용한 건물이다. 창호형 태양전지 적용 건축물은 대전광역시 한밭대학교에 구축된 솔라큐브이다. 이 역시 태양전지 관련 테스트베드로서 다양한 창호형 태양전지 모듈을 각 입면에 탑재하고 있다. 유형별 평가 대상지의 구성 현황은 Table 4.에 정리된 것과 같다.

Table 4. Selection of the Assessment Specimen [1]

Curtain-Wall Type	Wall Type	Window Type
Global Environment Research Center	Orakai Hotel	Hanbat National University Solar Cube
		
		
		
		

### 3.2. 평가시스템 적용 및 평가 수행

각 유형별 대표 평가대상지를 대상으로 제시된 평가요소에 대해 설문조사의 형식으로 심미성 평가를 진행하였다. 구축된 평가지표별 의미분화 (SD, Semantic Difference) 형식의 정성적 척도를 표시하는 설문조사 방법을 채택하였으며, 평가의 보조자료로서 평가대상지 현장에서 촬영한 영상을 제공하여 이를 참조하여 평가할 수 있도록 하였다. 영상은 평가 대상 건축물별 20초씩 제공되었으며 반복해서 볼 수 있게 하는 등 평가시간 제한은 두지 않았다. 평가대상자는 기본적으로 AHP를 의뢰하였던 평가 그룹과 동일하며, 건축 분야 종사자 50명과 소재 및 기술 개발 분야 종사자 26명을 대상으로 실시하였다. 소재 및 기술 개발 분야 종사자 31명 중 5명은 2차 설문인 심미성 평가의 방식을 잘못 숙지하여 최종적으로 제외되었으며, 설문 도중 피평가자들의 요구가 있을 때는 건축외피형 태양전지에 대한 참고자료를 함께 제공하여 이해를 도울 수 있도록 하였다.

### 3.3. 심미성 요소 평가 결과

결과분석은 평균값, 빈도, 백분율 등을 통하여 분석되었으며, 분석의 틀은 다음과 같다. 첫 째, 설문조사를 통해 얻어진 결과를 스프레드시트를 이용하여 질문에 따른 점수를 기입한 다음 항목별 통계 분석을 실시하여 점수에 따른 빈도분석을 진행하며, 도출된 결과에 대해 다이어그램을 통해 살펴본다. 둘째, AHP 분석을 통해 얻어진 가중치 결과를 심미성 평가시스템에 적용하여 분석한다. 각 항목별 중요도를 적용하여 이에 따른 심미성 평가 결과를 도출한다. 셋 째, 가중치가 적용된 평가결과를 통해 평가 대상지의 심미성 점수를 산출한다. 또한, 평가자의 성별 · 직군별 분석 결과에 대해 살펴보고, 기타 다양한 변수 요인에 대한 분석을 함께 진행한다.

#### 1) 설문조사 결과 분석

설문조사의 결과는 AHP가 적용되지 않은 10점 척도에 대한 응답 점수로서 건축외피형 태양전지 적용 건축물을 평가하여 얻어진 원 점수를 기입한 것이다. 심미성 요소 점수는 평가한 요소 순서에 따라 항목 번호로 나타났다. 이 과정에서 주요하게 살펴볼 점은 각 분야별 심미성 요소의 점수 차이이다. 이는 심미성 요소에 대한 인식 차이라고 볼 수 있는 가장 기본적인 단계이므로 이러한 요인을 분석하여 통합적 태양전지 적용 지침 구축에 반영할 수 있을 것으로 기대된다.

먼저, 지구환경연구동에 대한 분석 결과, 각 분야의 점수차가 0.5 점 이상 차이가 나는 항목은 1·2·3·5·6·8·10번 항목으로서 평가의 종합적인 평균점수는 건축분야 종사자가 10점 만점에 6.0점으로, 소재 및 기술 개발 분야 종사자는 5.7점으로 집계되었다.

오라카이 호텔에 대한 분석결과, 각 분야의 점수차가 0.5점 이상 차이가 나는 항목은 1·2·7·8·9·11·12번 항목으로서 평가의 종합적인

Table 5. Comparison of Average Score per Element between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for Global Environment Research Center

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	6.5	7.3	6.7	6.8	6.2	6.6	4.6	6.3	5.0	6.6	4.5	5.8
B	5.7	7.8	5.2	7.0	5.2	5.3	4.8	5.4	5.2	5.8	4.3	6.2

평균점수는 건축분야 종사자가 10점 만점에 6.5점으로, 소재 및 기술 개발 관련 종사자는 7.4점으로 집계되었다.

Table 6. Comparison of Average Score per Element between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for Orakai Hotel

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	7.5	7.9	7.7	7.3	7.2	7.4	5.3	5.7	6.5	7.3	5.4	5.1
B	8.0	8.4	7.7	7.4	7.4	7.2	6.8	6.5	7.7	7.5	6.4	7.7

한밭대학교 솔라큐브에 대한 분석결과, 각 분야의 점수차가 0.5 점 이상 차이가 나는 항목은 1·3·4·6·7·8·9·11·12번 항목으로서 평가의 종합적인 평균점수는 건축분야 종사자가 10점 만점에 6.1점으로, 소재 및 기술 개발 관련 종사자는 6.9점으로 집계되었다.

Table 7. Comparison of Average Score per Element between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for the Solar Cube at Hanbat National University

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	6.5	7.1	6.6	6.9	6.6	6.9	5.3	5.7	5.6	6.3	4.4	5.5
B	7.5	6.7	7.4	7.5	6.7	7.5	6.7	6.9	7.0	6.7	6.2	6.6

분석 결과를 살펴보면 모든 심미성 항목에 대해 2곳 이상의 평가 대상지에서 0.5점 이상 점수 차이가 발생하였으며, 3곳 모두에서 0.5점 이상 점수차가 난 항목으로는 1(구성) 및 8(색채감)이 있다. 이러한 결과로 예측해 볼 때, 구성 및 색채감 항목에서 직군에 따른 심미성 인식 차이가 더욱 뚜렷하다고 볼 수 있다. 전체적인 점수 분포를 볼 때, 같은 평가 조건에서 건축 분야가 상대적으로 소재 및 기술 개발 분야 보다 심미성 측면에서 엄격하게 평가함을 알 수 있다.

#### 2) 분석계층과정 적용 결과 분석

AHP 분석 결과 적용 방식은 (설문조사 점수 x 가중치 = 최종 심미성 점수)이며, 심미성 요소 12개의 가중치 합이 10이 되도록 하여 최종 심미성 점수가 100점 만점이 되도록 설정하였다. 심미성 평가 항목은 앞에서 기술한 바와 같이 12개 항목으로 구성되어 있으나, 경관적합성의 경우 건물의 대기 상황을 고려해 자연적 환경 및 도시적 환경 2개의 질문으로 분류하여 응답자가 선택하여 평가하도록 설정하였다. 다만, 응답자에 따라 자연 및 도시적 측면을 모두 평가한 경우, 그 평균점수를 결과 값으로 기입하였으며 이에 따른 AHP 적용 분석 결과는 다음과 같다.

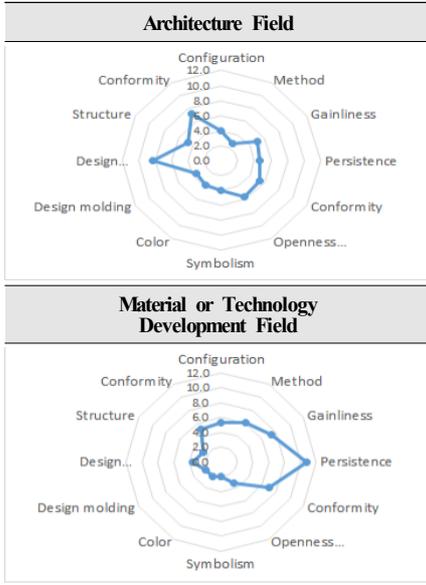
지구환경연구동에서 건축분야는 의장조화성이 8.3점으로 가장 높았으며, 가장 낮은 점수는 2.7점인 구축방법으로 분석되었다. 또한, 소재 및 기술 개발 분야에서는 지속성이 10.8점으로 가장 높았으

Table 8. Comparison of Average Score per Element after AHP between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for Global Environment Research Center

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	4.0	2.7	5.0	4.6	5.4	5.5	4.0	3.8	3.5	8.3	4.7	7.1
B	5.2	6.1	7.4	10.8	6.9	3.3	1.9	2.2	2.2	3.6	2.6	5.0

며 1.9점인 상징성이 가장 낮은 점수 분포를 보였다.

Table 9. Comparative AHP Analysis for Global Environment Research Center

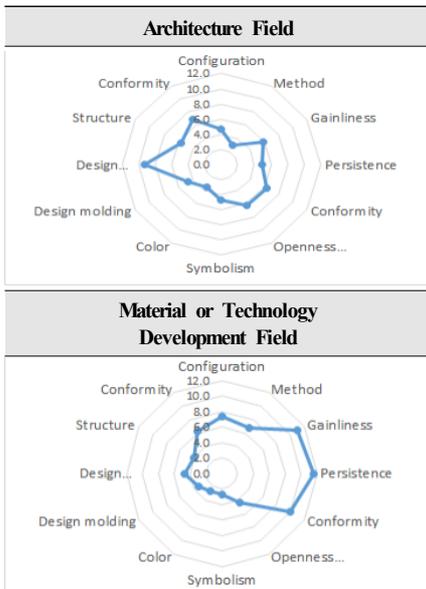


오라카이 호텔에서 건축분야는 의장조화성이 9.3점으로 가장 높았으며, 가장 낮은 점수는 2.9점인 구축방법으로 분석되었다. 소재 및 기술 개발 분야에서는 지속성이 11.6점으로 가장 높았고, 가장 낮은 점수는 2.7점인 상징성과 색채로 평가되었다.

Table 10. Comparison of Average Score per Element after AHP Application between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for Orakai Hotel

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	4.7	2.9	5.8	5.0	6.3	6.2	4.8	3.5	4.6	9.3	5.7	6.8
B	7.3	6.8	11.1	11.6	10	4.4	2.7	2.7	3.3	4.7	4.0	6.2

Table 11. Comparative AHP Analysis for Orakai Hotel

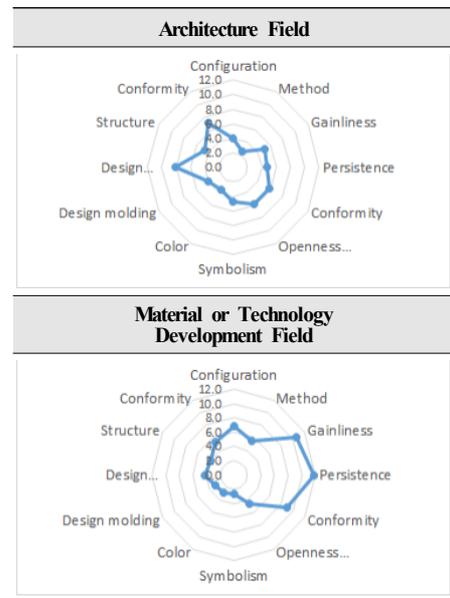


한밭대학교 솔라큐브에서 건축분야는 의장조화성이 8.1점으로 가장 높았으며, 가장 낮은 점수는 2.6점 구축방법으로 평가되었다. 소재 및 기술 개발 분야에서는 지속성이 11.7점으로 가장 높았으며, 가장 낮은 점수는 2.7점인 상징성으로 분석되었다.

Table 12. Comparison of Average Score per Element after AHP Application between the Architecture Field (A) and Material or Technology Development Field (B) for the Solar Cube at Hanbat National University

Field	Category											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	4.0	2.6	5.0	4.7	5.8	5.8	4.8	3.5	4.0	8.1	4.7	7.0
B	6.8	5.4	10.6	11.7	9.1	4.6	2.7	2.9	3.0	4.2	3.9	5.4

Table 13. Comparative AHP Analysis for the Solar Cube at Hanbat National University



건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가를 분석한 결과, 종합점수 측면에서 건축 분야와 소재 및 기술 개발 분야 모두 동일하게 오라카이 호텔, 한밭대 솔라큐브, 지구환경연구동 순서로 심미성이 우수한 것으로 나타났다. 커튼월형 BIPV가 채택된 지구환경연구동은 연구시설로서 비교적 단조로운 형태이나 유지 관리에 용이한 건축적 구성이며, 벽면형 BIPV가 적용된 오라카이 호텔은 강한 구조색을 이용한 건축 미관을 구성하는 주요한 건축입면 요소로서 태양전지를 사용하였다. 한밭대 솔라큐브는 다양한 창호형 BIPV를 사용하여 의장의 구성미를 부여하였다. 건축물을 인지하는 방법에 따라 종합적 측면의 조화로우름을 높이 평가하거나 장치 운영의 지속성에 점수를 주는 등 평가 성향에 따른 그룹별 차이가 뚜렷한 항목도 있으나, 심미성에 대한 일반적 견해는 유사한 추이를 보였다.

### 3.4. 분야별 심미성 비교분석

분야에 따른 보다 정확한 심미성 인식 차이를 비교하기 위하여 평가 대상자의 표본을 앞서 수행한 유효 표본 중 건축, 소재 및 기술 개발 각 분야에 종사하는 국·공립연구소 및 대학 연구원 18명씩을 무작위로 선정하여 동일 조건으로 심미성 평가 분석을 진행하였다.

Table 14.에서 설정된 바와 같이 표본 수 및 직군을 동일 조건으로 제한하여 AHP를 적용 분석한 결과, 재료적 측면에서 건축분야는 적합성을 가장 높게 평가한 반면, 기술 및 소재 개발 분야에서는 지속성이 가장 높았다. 가장 낮은 요소는 두 분야 모두 구축방법을 선택하였다.

Table 14. Comparative AHP Result from Researchers in Both Fields

No.	Evaluation Elements	Architecture Field		Material or Technology Development Field	
		Hierarchical Weight	Overall Importance	Hierarchical Weight	Overall Importance
<b>1</b>	<b>Material Characteristics</b>	<b>41.53%</b>	<b>41.53%</b>	<b>55.91%</b>	<b>55.91%</b>
1-1	Configuration	18.26%	7.58%	15.74%	8.80%
1-2	Method	11.88%	4.93%	14.76%	8.25%
1-3	Gainliness	25.12%	10.43%	22.45%	12.55%
1-4	Persistence	19.10%	7.93%	27.12%	<b>15.17%</b>
1-5	Conformity	25.64%	10.65%	19.93%	11.14%
<b>2</b>	<b>Architectural Characteristics</b>	<b>58.47%</b>	<b>58.47%</b>	<b>44.09%</b>	<b>44.09%</b>
2-1	Openness Assessment	13.27%	7.76%	15.13%	6.67%
2-2	Symbolism	11.55%	6.75%	9.70%	4.28%
2-3	Color	8.79%	5.14%	10.11%	4.46%
2-4	Design Molding	11.43%	6.68%	10.83%	4.77%
2-5	Design Harmony	20.95%	<b>12.25%</b>	14.07%	6.20%
2-6	Structure	15.68%	9.17%	17.68%	7.79%
2-7	Landscape Conformity	18.34%	10.72%	22.48%	9.91%

건축적 측면에서 건축 분야는 의장조화성, 기술 및 소재 개발 분야에서는 경관적합성을 가장 높게 평가하였다. 가장 낮은 점수를 획득한 요소로서 건축적 측면은 색채, 기술 및 소재 개발 분야는 상징성이 선택되었다. 두 분야를 비교분석하였을 때 계층 내 중요도 선정 순위와 심미성 평가 순위는 비교적 유사하게 나타나 일관된 결과가 도출되었으며, 따라서 제안된 평가체계는 건축외피형 태양전지를 적용한 건축물의 심미성 요인 분석과 검토를 위한 유의미한 수단으로 활용 가능할 것으로 분석되었다.

#### 4. 결론

이 연구는 건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가를 목적으로 평가 요소 도출을 위한 선행연구를 진행하였으며, 최종 평가 요소 검증과 지표별 가중치 설정을 위한 전문 영역 설문조사를 실시하였다. 평가 대상으로서 주요 건축외피형 태양전지의 유형별 건축물을 선정하였으며, 건축 분야와 소재 및 기술 개발 분야 종사자 그룹을 피평가자 그룹으로 설정하여 분석계층과정 기법을 활용한 비

교 분석을 수행하였다. 평가 결과를 토대로 궁극적으로 건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가시스템 구축을 위한 근거를 마련하고자 하였다.

건축외피형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가를 수행한 결과,

첫째, 전문 분야에 따라 심미성에 대한 다른 인식을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 분석 결과를 보면 건축 분야 종사자는 건축적 측면을 높게 평가한 반면, 소재 및 기술 개발 분야 종사자는 재료적 측면의 중요성을 상대적으로 높게 평가하였다.

둘째, 건축적 측면에서 건축 분야는 의장조화성, 기술 및 소재 개발 분야에서는 경관적합성을 가장 높게 평가하였다. 가장 낮은 점수를 획득한 요소로서 건축적 측면은 색채, 기술 및 소재 개발 분야는 상징성이 선택되었다. 종합점수 측면에서 건축 분야와 소재 및 기술 개발 분야 모두 동일하게 벽면형, 창호형, 커튼월형 순서로 심미성이 우수한 것으로 나타났는데, 이는 태양전지 및 건축물 요소간의 배열을 이용하여 미적 구성과 조화감을 달리할 수 있는 가능성의 측면과 비례하는 것으로 판단된다.

셋째, 평가 시스템을 실무 현장에 적용한 결과, 경관적합성의 평가 방안을 수정할 필요성이 있다고 판단되었으나, 전반적으로 평가 범위와 해제를 구체적으로 평가자에게 제시하여 제한된 평가범위 내에서 신뢰성을 확보하고 일관된 평가를 진행할 수 있었다. 향후 도출된 개선사항을 반영하여 보다 객관적인 심미성 평가체계 구축과 기준 수립으로 연계될 수 있도록 지속적인 연구가 필요하다.

국내 태양광 에너지 시장은 건축외피형 태양전지를 포함한 BIPV의 다양성 측면에서 여전히 초기 단계라고 할 수 있지만, 전반적인 태양광 전지 산업은 크게 확대되고 있는 추세이다. 건축외피형 태양전지의 바람직한 적용을 위해서 관련 기술과 제품 개발의 초기부터 건축 분야와 소재 및 기술 개발 분야의 공동연구와 협업이 필요할 것으로 보이며, 보다 체계적인 심미성 평가체계 수립을 위한 심도 있는 연구 개발이 병행되어야 할 것이다.

#### Acknowledgement

This research was developed from Master's Thesis by Han-Sol Jo joined as an academic collaborator and supported by a grant from Land and Transport Technology Promotion Research Program (Implementation of Building Façade Modules Based on Colorful Semi-transparent Solar Cells towards Urban Surroundings) funded by Ministry of Land and Transport Affairs of Korean Government (Project No.: 18CTAP-C129910-02).

#### Reference

[1] 조한솔, 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가방안에 대한 연구, 전남대학교 석사학위 논문, 2018 // (Jo, Han-Sol, A Study on the Evaluation

- Method for Building Aesthetics Applied with Solar Cells, Mater's Thesis, Chonnam National University, 2018)
- [2] 이기원, 교육시설에서의 DSC BIPV 창호를 통한 에너지 증감 분석 연구, 세명대학교, 2016, pp.36~38 // (Lee, Ki-Won, A Study on the Energy Decrease Analysis with DSC BIPV Windows in Educational Facilities, Semyung University, 2016, pp.36~38)
- [3] 조한솔, 한승훈, 건물일체형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가체계 구축, 한국생태환경건축학회 논문집, 17권 6호, 2017, pp.200~205 // (Jo, Han-Sol, Han, Seung-Hoon, An Evaluation System for Architectural Aesthetics Applied with Building Integrated Solar Cells, KIEAE Journal, Vol.17, No.6, 2017, pp.200~205)
- [4] 윤성훈, 태양광발전시스템의 공공디자인적 요소에 관한 연구 : 일반건축/공동주택/공공시설물 등을 중심으로, 한양대학교, 2013, pp.74~81 // (Yun, Sung-Hun, Studying the Factors of Photovoltaic Power Generation System in the Public Design Area, Hanyang University, 2013, pp.74~81)
- [5] 조덕규, 태양광 발전 모듈을 이용한 건축디자인에 관한 연구, 강원대학교, 2006, pp.20~22 // (Jo, Duck-Kyu, A Study on Architecture Design Application of Building International Photovoltaics, Kangwon National University, 2006, pp.20~22)