

건축물의 유형별 신재생에너지 기술을 적용하기 위한 평가방안과 기초자료 구축에 관한 연구

A Study of evaluation methodology and basic data building to apply
for the new renewable energy technology on the type of building

최 준 호* 김 예 상**
Choi, Jun-Ho Kim, Yea-Sang

Abstract

Recently, there is the growing concern about the environment and energy. Such concern has been seen in the field of building. In this study, Analysis was performed about a variety of techniques that can be applied to the building sector. By conducting a survey of expert, Characteristics of each technology and each Building types application are certificated. As a result, The application of renewable energy in buildings and determine the characteristics of each technology are presented.

Based on these results, the selection method of the efficient technologies that take advantage of the building of the project from the planning stage are expected.

Keywords : *Building, Delphi technology, New renewable energy*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

화석에너지의 고갈 및 온실가스 배출에 대한 문제로 세계 각국은 신재생에너지 개발을 위해 많은 자본 및 인력을 투자하고 있다. (김유정 2005)

현재 국내에서도 이에 대한 중요성을 인식하고, 공공기관건축물의 신재생에너지 이용 의무화를 통해 2011년 4월 13일 부로 신축, 개축, 증축하는 건축연면적 3000m² 이상의 공공건축물에 대해 총 에너지 사용량의 10% 이상을 신재생 에너지 사용 설계를 의무화를 실행하였으며, 표준공사비의 5% 이상을 신재생 에너지 설치에 사용하도록 의무화정책을 추진하고 있다.

또한, 2009년 11월 국토해양부에서는 '녹색도시, 건축물 활성화 방안'을 통해 2025년까지 신규 건축물에 대하여 '제로에너지 의무화 추진' 계획을 발표하였다.

본 녹색도시, 건축물 활성화 방안에서는 '신재생에너지 의무 대상 및 비율 강화', '신재생에너지 이용 건축물 인증제 도입' 등의 내용을 통해 제로에너지 추진을 위한 신재생에너지의 적용 방안을 나타내었다.

하지만 이러한 신재생에너지의 필요성과 관심에도 불구하고 이에 대한 구체적 기술적용을 목적으로 하는 특성과 수준파악에 대한 기반자료는 부족한 실정이다. 또한 기술이 가진 다양한 특성을 고려하기 보다는 경제성이라는 특정요소를 바탕으로 기술 선정이 이루어지고 있어 보다 다양한 측면에서의 기술에 대한

* 일반회원, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학과 석사과정, salio714@skku.edu

** 중신회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), yskim2@skku.ac.kr

특성과파악이 필요할 것으로 판단되었다.

이에 본 연구에서는 건축물에 적용되는 신재생에너지 기술을 대상으로 현재기술의 수준과 특성을 파악하고, 건축물 유형에 따른 적용성을 파악하여 건축물의 신재생에너지 적용을 위한 기반자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구를 통하여 건축물의 유형에 따른 신재생에너지의 적용가능기술을 선정하고, 각 기술의 특성을 파악하기 위해 그림 1과 같이 신재생에너지 기술 선정을 위한 연구진행절차를 마련하였다.

연구는 지난 30년간의 기상청 자료를 토대로 신재생에너지 적용에 영향을 미치는 기온, 강수량, 풍속, 지면온도, 일사량에 대한 요소를 서울시의 일반적 외부환경조건¹⁾을 바탕으로 한정하고, 총 11가지의 신재생에너지원 중 사전연구를 통해 도출된 5가지 에너지원의 10가지 대상기술을 대상으로 하였다. 이를 통해 건축물 유형과 기술진척도에 따른 적용가능 기술을 파악하고, 이에 대한 기술의 특성을 파악하여 각 기술들이 가진 특성과 수준을 파악하고자 하였다.

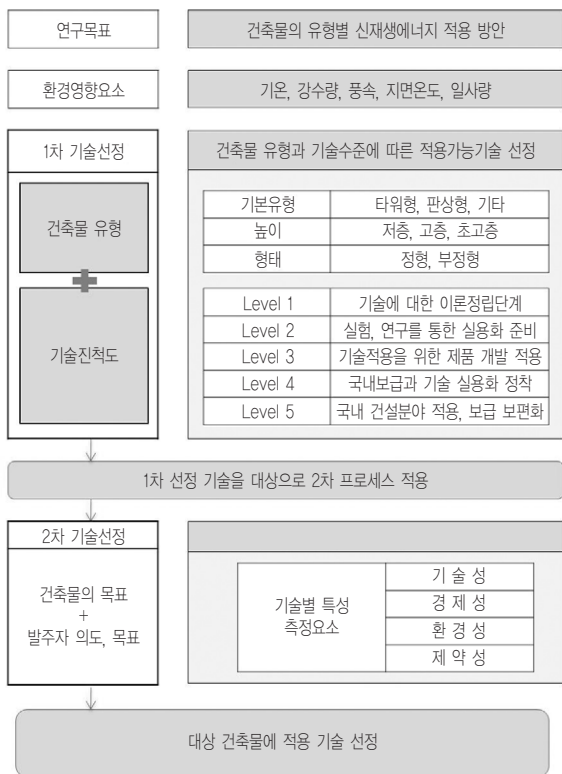


그림 1. 기술선정을 위한 연구진행절차

1) 기상청의 평년값 자료를 30년간의 자료를 토대로 기온 12.5 °C, 강수량 1450.5mm, 풍속 2.3m/s., 지면온도 13.4°C, 일사량 350.75MJ/m²을 기준으로 한다.

그림 1을 토대로 본 연구수행을 위한 진행절차는 다음과 같다. 첫째, 사전연구를 통해 도출된 건축물에 적용가능한 신재생에너지원을 토대로 분석대상 기술을 선정하였다.

둘째, 건축물의 유형을 분석하고, 이를 토대로 기술적용에 영향을 줄 수 있는 건축물의 형태를 기본유형과, 높이, 형태의 기준에 따라 구분하였다.

셋째, 기술의 진척도 파악을 위하여, 기술 성숙도 평가방법인 TRL (Technology Readiness Level)기법을 확인하고 이를 응용하여 본 대상기술의 평가에 활용 가능한 평가기준을 마련하였다.

넷째, 건축물의 목표와 발주자의 의도, 목표에 부합하는 대상 기술을 선정하고자 기존 연구고찰을 통하여 신재생에너지 평가를 위한 평가항목 요소를 도출하고, 이를 정리하여 본 연구의 수행에 적합한 평가항목을 선정하였다.

다섯째, 신재생에너지 분야의 학계, 시공사 연구원, 설계사 연구원, 발주기관 연구원으로 본 연구의 설문을 위한 대상집단을 선정 하였다. 연구의 특성에 따라 설문을 위한 전문적 판단이 가능한 집단이 소수라고 판단되어 본 연구에서는 델파이 분석기법을 통한 소수의 전문가를 대상으로 설문을 수행하였다.

여섯째, 델파이 분석기법을 통하여 선정된 설문대상에게 1차 설문을 실시하고, 이에 대한 결과를 분석하여 설문 응답자에게 인지도 후, 다시 2차 설문을 실시하여 전문가의 의견을 수렴하고 이를 통해 연구의 결과를 도출하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 신재생에너지 관련 연구 고찰

현재 에너지기술과 신재생에너지에 대한 관심은 온실가스 저감이라는 환경적 요인과 화석에너지 고갈에 따른 대체에너지의 필요성에 의해 그 관심이 집중되어지고 있다.

표 1. 신재생에너지 관련 연구 동향

키워드	저자	연구 내용
에너지 기술	채동훈 (2009)	저에너지 친환경 요소기술 중 공동주택에 적용 가능한 기술을 도출하고 이에 대한 경제성을 분석
	김성은 (2008)	유럽의 도시재생을 통한 신재생에너지의 활용사례를 소개하고 이를 분석하여 도시차원에서 적용 가능한 신재생에너지 기술요소 개발을 위한 자료를 제공
에너지 평가	홍정만 (2011)	민간기업의 공사에 적용하기 위한 신재생에너지 평가항목을 외생적, 내생적 관점에서 제안하고 전문가 설문은 통해 각 항목의 중요도 도출
	변수영 (2010)	AHP 기법을 활용하여 신재생에너지 적용에 영향요인을 도출하고 적용 시 우선적으로 고려해야 할 요인들을 제시
경제성	김병수 (2009)	대형병원의 에너지 소비 형태를 분석하여 문제점 및 개선안을 도출하고, 신재생에너지 및 마이크로 가스터빈 적용 시 냉난방, 전기에너지의 절감량을 분석하여 방안제시
	김종민 (2008)	신재생에너지원의 설비수명, 정책지원금, 이차용 발전단가에 대한 데이터를 통하여 경제성 분석을 실시하고 각 기술의 경제적 가치를 제시

하지만 표 1의 채동훈(2009), 김성은(2008)의 연구에서와 같이 특정유형에 대하여 적용 가능한 신재생에너지원을 도출하거나, 홍정만(2011), 변수영(2010)의 연구와 같이 신재생에너지원에 대한 평가에 필요한 요소를 도출 등 기술에 대한 종합적이고 직접적인 평가를 통한 기술적용방안에 대한 연구는 부족한 실정이다.

그리고 김병수(2009), 김종민(2008)의 연구와 같이 기술이 가진 다양한 측면에 대한 연구보다는 경제성이라는 특정분야에 대한 연구가 주를 이루어 시행되어 왔음을 확인 할 수 있었다.

이에 본 연구에서는 연구진행절차를 바탕으로 대상에너지 기술을 다각적으로 분석하여 기술에 대한 종합적인 판단과 기술선정을 위한 방안을 제시하고자 한다.

2.2 델파이(Delphi)기법

델파이 기법은 여러 전문가들의 의견을 반복적으로 수집, 교환하여 이를 발전시켜 미래를 예측하는 질적 분석기법으로 전문가를 대상으로 반복적인 설문을 통해 합의된 내용을 구하는 기법이다.

문제에 대한 적절한 예측방법을 찾을 수 없을 때 전문가들의 직관을 동원하여 미래를 예측하는 방법으로 발전하기 시작하여, 미래변화 뿐 아니라 합의를 도출하여 문제를 추정하거나 구성원의 의견을 수집, 수렴하는 도구로도 활용되고 있다. (최원정 2009)

델파이 수행절차는 사전준비단계, 설문조사단계, 평가 및 정리단계로 진행되며, 사전준비단계에서는 분석대상을 선정하고 이를 평가하기 위한 전문가 대상을 결정하게 된다. 설문조사 단계에서는 설문지를 작성하여 정해진 라운드에 걸쳐 설문조사를 실시하게 되며, 설문 후 설문결과를 분석하고 이를 토대로 설문지를 개발하는 방법으로 단계를 반복하여 전문가의 의견을 수렴하고, 보다 객관적인 결과를 얻게 된다. 평가 및 정리단계에서는 최종설문에 대한 결과를 정리 및 평가하게 되고 이를 토대로 연구에 유효한 결과를 도출하게 된다. (노승용 2006)

2.3 연구의 대상 신재생에너지 기술의 선정

본 연구에서는 사전연구를 통해 최준호(2012)의 연구에서 도출되어진 건축물에 적용 가능한 10가지 대상기술을 표 2와 같이 본 연구의 대상기술로 선정하였다.

표 2. 대상기술 세분화 결과 연구 대상 기술

연구대상 선정기술	신재생에너지응용기술
태양열	태양열발전 태양열 급탕 태양열 냉난방
태양광	태양광 발전 독립형 태양광 발전 일체형 (BIPV) 자연채광시스템
지열	지열 냉난방 시스템 지열 발전
풍력	도시형 풍력발전
연료전지	가정용 연료전지

사전연구에서는 전체 신재생에너지원 중 건축물에 적용가능한 대상에너지원을 연구분야와 실제 기술적용사례를 바탕으로 도출하였고, 이에 대한 문헌고찰과 해당분야 전문가 인터뷰를 통해 건축물에 적용가능한 5가지 에너지원에 대한 10가지 세부 기술을 선정, 정리하였다. 본 연구에서는 사전연구를 통해 선정된 해당기술을 본 연구의 대상기술로 선정하고 각 기술이 가진 특성과 수준을 파악하기 위해 활용하였다.

3. 대상기술의 평가기준 마련

3.1 건축물 유형별 기술의 적용성 평가

문헌고찰을 통하여 건축물에 대하여 용도별 분류를 실시하였다. 표 3에서와 같이 기존의 연구문헌 및 자료의 조사를 통하여 건축물의 분류항목을 도출하였고, 이를 통해 건축물의 용도별 분류를 주거시설, 업무시설, 상업시설, 교육시설, 의료시설, 문화시설, 산업시설, 복합시설, 기타시설 총9개로 건축물의 용도에 따른 분류항목을 선정하였다.

표 3. 건축물 용도별 분류를 위한 연구문헌 및 자료조사

		한국표준 산업분류	고영진 (2012)	김창원 (2011)	조영선 (2010)
주거시설	공동주택	0	0	0	0
	주상복합	0	0	0	0
	오피스텔			0	0
업무 시설	오피스	0	0	0	0
	백화점, 마트	0		0	0
	공공기관 숙박시설	0		0	0
산업시설	공장		0		0
교육 의료 시설	학교		0	0	0
	도서관		0	0	0
	연구소		0	0	0
	의료기관		0	0	
문화 시설	미술관		0		0
	박물관		0	0	0

표 3. 건축물 용도별 분류를 위한 연구문헌 및 자료조사 (계속)

		한국표준 산업분류	고영진 (2012)	김창원 (2011)	조영선 (2010)
문화 시설	예술회관		0	0	0
	종교시설			0	0
	체육시설		0	0	0
	관광시설		0	0	0
복합 시설	주거		0		0
	역사		0		0

이와 같이 구분된 용도별 시설은 건축물의 형태별 분류요소를 설정하고, 이에 각 용도시설을 포함시켰다. 이는 건축물의 용도에 의한 분류는 그 각각이 가진 형태와 구조가 설문응답자에 따라 다르게 해석될 수 있으므로 본 연구에서는 용도별 분류를 토대로 신재생에너지 적용에 영향을 미치는 건축물의 외관형태에 따라 분류대상을 정리하였다.

1차적으로 분류한 건축물 용도별 분류를 토대로 표 4와 같이 건축물의 외형에 따른 건축물의 분류체계를 형성하였으며, 그 기준은 기존의 건축물 형태에 관한 연구를 고찰하여 각각의 분류에 대한 상세기준을 설정하였다.

본 연구에서는 각 건축물 유형별 형태의 변화에 따라 대상 신재생에너지 기술의 적용성을 판단하는 기준으로 사용하였다.

표 4. 건축물의 외형에 따른 분류

기본 유형	높이	형상	세부분류기준
타워형	저층	정형	기본유형 타워형 : 단면과 정면비율이 1:4 미만인 건축물 판상형 : 단면과 정면비율이 1:4 이상의 'L' 형 건축물 기타유형 공장과 역사와 같이 긴 형태의 단층 구조물 또는 타워형, 판상형에 속하지 않은 건축물
		부정형	
	고층	정형	
		부정형	
초고층	정형	높이기준 ²⁾ 저층 : 1~30층 고층 : 21~50층 초고층 : 50층이상	
	부정형		
판상형	저층	정형	형상 ³⁾ 정형 : 단순기하형, 기하형의 결합과 삭제 유형 부정형 : 독특한 모양
	고층	정형	
기타 유형	저층	정형	
		부정형	

3.2 기술진척도 측정에 따른 기술 수준의 평가

본 연구에 적용할 대상기술의 기술 진척도 판단을 위해 TRL (Technology Readiness Level) 기법을 활용하였다. TRL 기법

은 1980년대 미 항공우주국(NASA)에서 개발된 기법으로 특정 기술에 대한 기술성숙도를 측정하기 위한 방안으로 개발되어진 기법이다.

기술의 기초이론 정립에서부터 사업화 및 실용화까지 각 단계로 구분하여, 단계별 측정기준을 통해 기술의 현재 수준을 측정하는 기법으로 큰 범위의 기초연구단계, 실험단계, 시제품단계, 실용화 단계, 사업화 단계의 총 5단계로 구성되며 세부적 구분에 따라 총 9가지의 판단기준으로 나누어진다.

본 연구에서는 TRL측정기법의 5단계 분류기준을 토대로 표 5와 같이 기술평가의 분류기준을 마련하였다.

표 5. 대상기술의 기술 진척도 평가 기준

Level	TRL단계	내용
1	기초연구단계	기술에 대한 이론 정립단계이다
2	실험단계	실험 및 연구를 통해 실용화를 준비하고 있다
3	시제품단계	기술적용을 위한 제품이 개발, 적용되고 있다
4	실용화단계	국내보급과 기술 실용화에서 정착화 단계이다
5	사업화단계	국내 건설분야의 적용, 보급에 보편화를 이루어 활발히 활용되어지고 있다.

TRL의 각 단계별 정의를 바탕으로 본 연구의 특성에 부합하도록 신재생에너지 기술평가를 위한 평가항목을 마련하였다. 기초연구단계에서 사업화단계까지 총 5단계로 나누어 각 측정기준을 바탕으로 '기술에 대한 이론정립단계이다' 에서부터 '기술적용이 보편화, 활성화되고 있다' 까지 각 단계를 내용을 정의하였다. 이를 통해 신재생에너지 대상기술의 현재 기술의 수준을 파악하기 위한 평가항목으로 활용하고자 하였다.

3.3 기술의 특성 평가

건축물의 목표와 발주자의 의도에 부합하는 기술선정을 위한 기술의 특성에 대한 평가항목을 마련하였다. 관련연구의 고찰을 통하여 표 6과 같이 신재생에너지원의 평가를 위하여 고려되어야 하는 평가항목을 도출하였다.

2) 김종경, 2009 중 '건축물 층수별 분석'

3) 김지훈, 2007 중 '평면형상에 따른 조형요소' 분류

표 6. 신재생에너지 평가항목에 대한 문헌고찰 및 평가항목 도출

평가항목	이 덕 기	김 유 정	변 수 영	홍 정 만	평가항목 도출
시스템효율성			0		(추상적개념)
시공 용이성			0		시공 및 보수용이성
보수용이성	0				
에너지 공급 신뢰성	0		0		에너지공급의 신뢰성
기술 성숙도	0	0	0	0	별도설문측정
안전도	0				발전통제 및 사용안전성
발전에 대한 통제				0	
기술 실현성		0			(추상적개념)
기술 발전성		0			기술 연계성
기술연계성		0			
초기투자비	0		0	0	초기투자 경제성
유지관리비			0		유지관리 경제성
보조금지원			0	0	보조금지원범위
투자회수기간		0	0	0	투자회수기간
시장확장성				0	(본연구의 목적에 부합하지 않음)
경제파급성		0			기후 및 주변환경 민감성
주변환경에 영향도		0	0	0	
기후조건			0		환경개선의 효과성
환경개선효과		0			
CO2 배출량	0		0		
Sox 배출량	0				
Vox 배출량	0				
TSP 배출량	0				사회성
일자리 창출		0	0		
사회적 인식 및 수용			0		
에너지 안보		0			(본연구의 목적에 부합하지 않음)
에너지 수급 기여도	0				
과학적 공헌도	0				
탄산업 응용가능성	0				
이미지 제고				0	국내적용 용이성
기술 이전성		0			
사용범위 다양성		0			
국내적용성		0			
민원 최소화		0			민원발생 가능성

평가항목 선정을 위하여 먼저 전체 신재생에너지 평가항목 중 기술에 대한 평가에 직접적인 영향을 미치지 못하는 사회적, 파급효과, 효과성의 특성을 본 연구의 평가항목에서 제외하였다. 이는 기술이 가진 직접적인 특성파악을 위한 본 연구의 취지에서 벗어나 일자리 창출이나 과학적 공헌도와 같은 간접적 영향요소로 파악되었기 때문이다. 다음으로 평가항목 중 추상적 개념의 내용을 제외하고 비슷한 유형의 평가항목을 결합하였다. 예로 시스템 효율성과 같은 평가항목의 경우 설문참여자의 주관적 판단에 따라 다르게 해석될 수 있고, 발전통제와 시공, 보수적 측면의 파악을 통해 기술이 가진 효율성을 측정할 수 있기 때문에 본 연구의 평가항목에서 제외하게 되었다.

표 7. 본 연구의 대상기술 파악을 위한 평가항목

특성	세부평가항목
기술성	시공 및 보수 용이성
	발전통제 및 사용안전성
	터 기술과의 연계성
경제성	에너지 공급의 신뢰성
	초기투자비의 경제성
	유지관리비의 경제성
환경성	투자회수기간
	국가보조금 지원의 범위
	환경개선의 효과성
제약성	기후 및 주변요건에 의한 영향성
	설치 및 운영시 민원발생의 가능성

이와 같은 과정을 통해 전체 신재생에너지 평가항목 중 표 7에서와 같이 기술성, 경제성, 환경성, 제약성 부분의 큰 범주에 대하여 총 12개의 평가항목을 도출하였다.

4. 건축물 유형별 적용 가능한 신재생에너지 기술의 도출

4.1 설문의 개요

본 연구의 특성에 따라 대상기술에 대한 종합적인 판단이 가능한 전문가가 소수라는 점에 착안하여 다수를 대상으로 하는 설문방식에서 벗어나 델파이기법이 가진 특성을 활용하여 설문을 실시하였다.

4.1.1 설문대상의 선정

연구의 신뢰성 높은 결과를 도출하기 위하여 대상은 해당분야의 최소 5년 이상의 경력과 연구경험을 갖춘 전문가를 대상으로 하였으며 설문참여자의 분포는 그림 2와 같다.

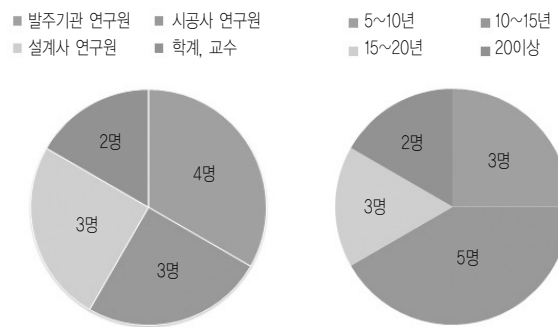


그림 2. 전문가 집단 (설문집단) 분포

참여자의 직종은 관련분야 교수진, 건축시공사의 에너지 분야 연구원, 건축설계사의 에너지 분야 연구원, 공공발주기관의 에너지 관련부서 담당자 및 연구원이 본 연구를 위한 대상으로 설문문에 참여하였다.

4.1.2 설문의 방법 및 기간

앞선 기준에 따라 선정된 전문가집단을 대상으로 설문은 그림 3과 같은 순서로 진행하였다.

앞선 평가항목을 바탕으로 설문지를 제작하여 선정된 전문가 집단에게 1차 설문을 실시하였고, 이를 통해 1차적으로 전문가들의 의견을 분석하였다. 그리고 이에 대한 연구의 결과를 전문가 집단에게 숙지시킨 후, 1차에서의 전문가 의견을 반영한 2차 설문지를 바탕으로 설문을 실시하여 전문가 집단의 의견을 좁히는 과정으로 설문을 진행하였다.



그림 3. 설문의 진행방법

설문은 총 2차에 걸쳐 진행되었고, 1차 설문은 2012년 6월에 실시하였으며, 1차 설문의 내용을 정리하고 그 결과를 12인의 동일설문자에게 제시하여 이를 인지시키는 과정을 통해 2012년 10월 2차 설문을 진행하여 최종적인 결과를 도출하였다.

4.1.3 설문결과에의 평가기준 및 방법

설문의 결과에 대한 평가기준과 방법을 마련하였다. 먼저 건축물 유형별 적용성과 기술진척도 수준과 파악에 대한 평가에서는 건축물 유형별 적용성의 경우 '적용성이 보통이다' 인 2점 이상의 대상을 선출하였고, 기술진척도 평가에서는 '기술적용을 위한 제품이 개발, 적용되고 있다.' 를 나타내는 Level 3 이상의 기술을 대상으로 선정하였다. 이를 통해 두가지 평가기준을 모두 만족하는 대상기술을 도출함으로써 건축물 유형별 적용가능한 기술을 선정하고자 하였다.

기술의 특성에서는 전문가들의 평점을 평균화하여 그 결과를 바탕으로 기술의 특성을 파악함으로써 각 평가항목별 가장 유용한 기술과 불리한 기술을 파악하고자 하였다.

4.2 대상기술의 결과 분석

4.2.1 건축물 유형별 적용성과 기술진척도 분석

델파이 기법의 적용하여 총 2차에 걸쳐 설문을 실시하였으며 1차 설문의 결과를 정리하여, 설문응답자에게 이를 인지시키고, 전문가의 의견이 반영되도록 설문지를 수정하여 2차 설문을 진

행하여 그 결과를 도출하였다.

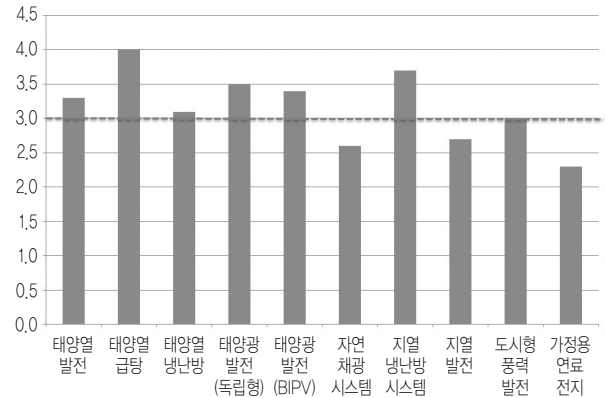


그림 4. 대상기술의 기술진척도 분석

그림 4와 같이 기술진척도 분석에서는 1차 설문의 결과와 수치상의 차이는 있었으나, 태양열발전, 태양열 급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템, 도시형 풍력발전이 1차 설문과 동일하게 적용가능한 기술수준의 신재생에너지 기술로 도출되었다.

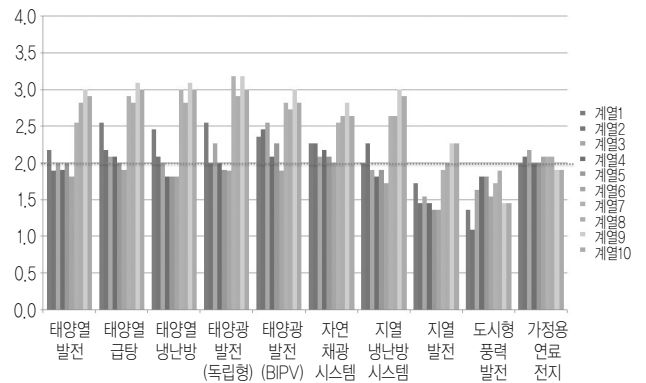


그림 5. 건축물 유형별 적용성 판단 결과

건축물 유형별 적용성 분석의 경우 그림 5와 같은 결과를 나타내었다. 타워형-저층-정형과 기타형-저층형의 경우 기술진척도 측정 유효기술 중 지열발전과 도시형 풍력발전을 제외한 모든 기술이 활용가능하다는 결과를 나타내었고, 타워형-초고층-부정형의 경우 1차 설문의 결과에서와 같이 건축물에 대한 적용성에서 기준을 만족하는 기술이 없는 것으로 나타났으며, 태양열과 태양광 기술의 경우 대부분의 건축물 유형에 적용이 가능한 것으로 나타났다.

앞선 건축물 유형별 적용성과 기술의 진척도 파악을 통한 결과를 바탕으로 표 8과 같이 각 건축물 유형별 적용 가능한 대상 기술을 도출하였다.

표 8. 2차 건축물 유형별 적용성과 기술진척도 만족 대상 기술

건축물 유형		선정기술	
타워형	저층	정형	태양열발전, 태양열급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템
		부정형	태양열급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템
	고층	정형	태양열발전, 태양열급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV
		부정형	태양열발전, 태양열급탕독립형 태양광발전, BIPV
	초고층	정형	태양열발전, 태양열급탕, BIPV
		부정형	-
판상형	저층	정형	태양열발전, 태양열급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템
	고층		
기타형	저층	정형	태양열발전, 태양열급탕, 태양열냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템
		부정형	

타워형-저층-정형과 판상형, 기타형의 건축물 유형의 경우 6가지의 동일한 기술이 적용가능한 기술로 나타났으며, 반면 건축물이 고층화되고 부정형화 될수록 기술의 적용에 어려움이 있는 것으로 확인할 수 있었다.

그리고 기술의 적용도 측면에서는 태양열발전과 BIPV의 경우 10가지 건축물 유형 중 9가지 건축물에 적용가능한 가장 적용도가 높은 기술로 파악되었고, 태양열발전과 독립형 태양광발전의 경우 8가지 건축물유형 다음으로 태양열냉난방과 지열냉난방 순으로 건축물 유형별 적용도가 높은 것으로 나타났다.

4.2.2 대상기술의 특성분석

앞서 선정한 표 9의 평가요소를 바탕으로 본 연구를 위해 선정된 12인의 전문가에게 2차에 걸친 설문을 실시하여 10가지 대상에너지 기술에 대한 각 기술별 특성을 파악하였다.

그림 6에서와 같이 기술성 부분 중 시공 및 보수용이성 부분에서는 독립형 태양광 발전이 가장 높은 점수를 나타내었으며, 지열발전의 경우가 가장 시공과 보수가 어려운 기술로 나타났다, 또한 태양열 냉난방기술과 도시형 풍력발전의 경우 시공과

보수에 어려움이 있는 기술로 나타났다. 발전통제와 사용안전성 부분에서도 역시 독립형 태양광발전 기술이 가장 높은 수치를 나타내었으며, 지열발전과 도시형 풍력발전이 안전과 발전통제에 어려움이 있는 기술로 나타났다. 타 기술과의 연계적으로 사용가능한가에 대한 질문에서는 전체적으로 비슷한 수치를 기록하였으며, 가정용 연료전지와 태양열 급탕이 가장 연계사용성이 높은 기술로 나타났고, 지열발전은 연계적 사용에 있어 활용성이 가장 낮은 기술로 나타났다. 에너지공급 신뢰성의 경우 가정용 연료전지가 공급에 신뢰성이 높은 기술로 나타났으며, 도시형 풍력발전의 경우 신뢰성이 상대적으로 떨어지는 기술로 파악되었다.

경제성 부분에서는 태양열기술과 자연채광시스템의 경우가 초기투자비가 경제적인 기술로 조사되었고, 유지관리비의 경제성 부분에서도 역시 자연채광시스템과 태양열기술이 경제적인 효과가 있는 기술로 조사되었다, 반면 지열발전과 가정용 연료전지의 경우 그 경제성이 떨어지는 것으로 확인되었다, 투자회수기간과 국가보조금지원에 대한 조사에서는 전체적으로 '낮다'와 '보통' 사이의 양상을 보이며 그 기대효과가 크지 않은 것으로 확인되었다.

환경성의 경우 '보통' 이상의 설문결과를 보이며 환경개선에 대상기술이 효과가 있는 것으로 확인되었고, 특히 태양열과 태양광을 이용한 기술이 환경개선에 효과적인 기술로 조사되었고, 기후와 주변에 대한 영향성에서는 지열에너지 기술과 가정용 연료전지가 그 영향을 가장 받지 않은 기술로 확인되었다.

제약성의 경우 태양열 급탕과 태양광발전 그리고 가정용 연료전지 기술이 국내적용에 용이한 기술로 나타났고, 도시형 풍력발전의 경우 가장 국내적용에 어려움이 있는 것으로 나타났다. 민원발생 가능성의 경우 도시형 풍력발전이 가장 민원발생이 클 것으로 확인되었으며 가정용 연료전지 기술의 경우가 민원발생이 가장 적은 기술로 확인되었다.

5. 결론

본 연구에서는 델파이(Delphi) 기법을 활용한 전문가 집단의 설문을 통해 사전연구인 최준호 (2012)에서 나타난 건설분야에 적용가능한 신재생에너지 기술 10개를 대상으로 건축물 유형별 적용성, 기술진척도, 기술의 특성에 대해 알아보았다. 이를 통해 각 과정에서 나온 결과 및 내용은 다음과 같다.

1) 건축물 유형별 적용성과 기술진척도 측정

본 연구에서는 건축물 유형별 적용성을 판단하기 위하여 건축물 형태별로 그 기준을 마련하였고, TRL측정기법을 활용하여

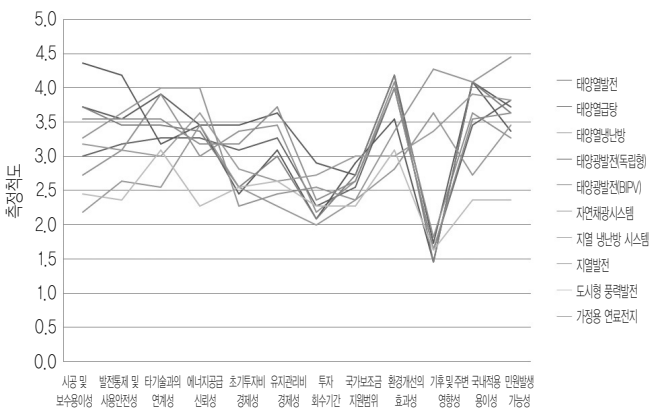


그림 6. 대상에너지기술의 특성 분석

기술진척도 측정 기준을 마련하였다.

이를 통해 건축물 유형별 적용성의 경우 '적용성이 보통이다'를 나타내는 2점 이상기술과 기술의 진척도 부분의 평가에 대해서는 '기술적용을 위한 제품이 개발, 적용되고 있다.'를 나타내는 Level 3 이상의 기술이상으로 두가지 조건을 모두 만족하는 대상기술을 각 건축물 유형별로 도출하였다. 이를 통해 타워형-저층-단순형과 판상형, 저층 기타형의 경우 가장 많은 6가지 기술이 적용가능함을 파악할 수 있었고, 반면, 타워형-초고층-부정형의 경우 대상기술들의 적용이 어려운 것으로 파악되었다.

2) 기술의 특성분석

기술의 특성에 대한 설문을 통해 태양열 급탕의 경우 기술연계성, 초기투자비와 유지관리비 경제성, 환경개선효과, 국내적용 용이성이 높은 기술로 나타났고, 독립형 태양광발전의 경우 시공, 보수가 용이하고 발전통제 및 사용이 안전하며 역시 국내적용이 용이한 기술로 나타났다. BIPV의 경우 환경개선효과와 국내적용성이 높은 기술로 나타났고, 자연채광시스템의 경우 유지관리비 부분에 경제성이 높은 기술로 나타났다 지열을 이용한 기술의 경우 기후 및 주변의 영향을 적게 받는 기술로 나타났고, 가정용 연료전지의 경우 기술연계성, 에너지공급에 대한 신뢰성이 높고 기후 및 주변환경에 영향을 적게 받으며 국내적용이 용이한 기술로 나타났다.

본 연구에서는 건축물에 신재생에너지 기술적용에 대한 평가, 분석을 위한 연구진행절차를 마련하였고, 이를 바탕으로 각 단계별 평가항목을 마련하여 전문가 집단의 설문을 실시하였다. 이를 통해 현재 기술의 수준, 적용성, 특성 등을 파악하여 현재 기술의 수준과 특성을 파악하고 기술선정을 위한 기반구축에 활용하고자 하였다.

끝으로, 본 연구는 각각의 기술에 대한 종합적인 판단을 위해 전문가의 의견을 통해 이를 확인하였다. 향후 연구의 절차와 결과를 바탕으로 각 기술에 대하여 실제 건축물에 적용을 통해 해당기술의 심층 분석이 추가적으로 이루어진다면 건축물에 신재생에너지의 효과적이고 체계적인 기술선정을 위한 좋은 방안이 될 것이라고 판단된다.

참고문헌

국토해양부, 교육과학기술부, 행정안전부, 지식경제부, 환경부, 산림청 (2009). "녹색도시 건축물 활성화 방안."
권성훈 · 홍순기 (2009). "텔파이 기술예측의 타당성과 신뢰성 분석에 관한 연구." 기술혁신연구, 제17권 제1호, pp.97~117
김남균 · 안병호 · 이현석 · 최재홍 · 박상혁 · 김예상 (2012) "국

가 건설교통 R&D 사업의 실용화 향상을 위한 기술성숙도평가 기반 R&D 평가모델 수립에 관한 연구." 한국건설관리학회 논문집, 제13권 제4호, 한국건설관리학회, pp.110~119
김병수 · 홍원표 (2009). "병원건물의 마이크로터빈과 신재생에너지 도입에 따른 경제성 평가 기초연구." 한국조명*전기설비학회 2009 춘계학술대회 논문집, pp.439~444
김성은 · 정민희 · 박진철 · 이연구 (2008). "도시재생을 위한 신재생에너지 적용에 관한 기초 연구." 한국태양에너지학회 2008 추계학술발표대회 논문집, 2008 Nov. 14, pp.120~125
김유정 (2005). "신재생에너지 평가시스템 구축." 한국 신재생에너지학회 2005년 춘계학술대회논문집, pp.656~659
김종경 (2010). "야간경관조명의 영향요소별 분류에 따른 건축물 특성 연구." 건국대학교, 석사학위논문
김종현 (2010). "친환경 건축물을 위한 신재생에너지 최적화 시뮬레이션 프로그램 개발 및 적용." 한양대학교, 석사학위논문
김지훈 (2007). "대구지역 업무용 건축물의 조형적 특성에 관한 연구." 계명대학교, 박사학위논문
김창원 (2011). "건설프로젝트 유형별 사업관리자 전문성 추정모델." 고려대학교, 석사학위논문
노승용 (2006). "텔파이 기법 : 전문적 통찰로 미래예측하기." 국토연구, 통권 299호, pp.53~62
문홍국 (2011). "정립건축의 신재생에너지 적용사례." 한국 그린빌딩협회의 춘계학술강연회 논문집, pp.131~154
변수영, 정민희, 박진철, 이연구 (2010). "신재생에너지 복합적용시 중요도 평가에 관한 연구." 대한건축학회, 제 26권 제6호 통권 260호, pp.333~340
이덕기 · 박수익 · 양종택 · 김봉진 (2003). "AHP를 이용한 에너지시스템 대안 선정 평가." 자원환경경제연구, 제12권 제4호, pp.611~635
이원용 · 김민진 (2008). "연료전지 시스템의 건축응용 기술현황." 건축환경설비, Vol. 2 No.1, pp.48~53
이장호 · 김성호 · 조강표 · 송화창 · 김용이 · 이지현 · 강기원 (2009). "도시형풍력발전의 종류와 원천기술개발." 2009유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp.589~592
이철호 · 이강자 (2008). "지열에너지의 이용과 전망." 대한토목학회지, 제56권 제10호, pp.82~85
정민희 · 박진철 · 이연구 (2008). "공동주택의 신재생에너지시스템 적용에 관한 연구." 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제28권 제1호(통권 제 52집), pp.591~594
조영선 · 차의성 (2010). "건설프로젝트 특성과 프로젝트 성파난이도 도출에 관한 연구." 한국건설관리학회 논문집, 제11

권 제6호, 한국건설관리학회, pp.78~88
채동훈 (2009). “공동주택에 적용 가능한 에너지절약기술 및 적용 타당성 분석.” 건축환경설비, Vol. 3 No. 2, pp.23~28
최준호 · 김예상 (2012). “건설분야에 적용가능한 신재생에너지 기술의 선정.” 정기학술발표대회 논문집, 제12권, 한국건설관리학회, pp.529~530
에너지관리공단 (2009). “2009 에너지 절약 통계.”

홍정만 (2011). “AHP기법을 적용한 민간 기업의 신재생에너지 평가항목에 대한 연구.” 에너지 경제 연구, 제10권 제1호, pp.115~142

논문제출일 : 2012.11.12
논문심사일 : 2012.11.16
심사완료일 : 2013.01.29

요 약

온실가스로 인한 환경의 파괴와 화석에너지의 고갈로 인한 대체에너지의 필요성 인식으로 신재생에너지원의 활용에 대한 관심은 전 세계적으로 그 중요성이 증대되고 있다. 국내에서도 이미 2011년부터 공공기관 건축물에 대한 신재생에너지 적용을 시작으로, 국토해양부의 ‘녹색도시, 건축물 활성화 방안’을 통해 2025년까지 모든 신규건축물에 제로에너지 건축물의 의무화를 추진하는 정책을 펼치며 건축물에 대한 신재생에너지의 활용이 이제 선택이 아닌 필수가 되어가고 있음을 나타냈다. 이에 본 연구에서는 건축물에 활용 가능한 신재생에너지원을 대상으로, 기술선정을 위한 연구 프로세스를 마련하고 이에 대한 다각적인 평가를 실시하였다. 이를 통해 건축물을 대상으로 신재생에너지 기술선정을 위한 방안을 제안하고, 현재 대상기술들의 수준과 특성을 검증하여 성공적 기술적용을 위한 기반구축 자료로서의 역할을 기대한다.

키워드 : 건축물, 델파이기법, 신재생에너지
