

근미래 친환경 건축분야 엔지니어에게 필요한 역량에 대한 델파이 연구

강소연*†·김태연**·이정우***

*연세대학교 공학교육혁신센터

**연세대학교 공과대학 건축공학과

***연세대학교 정보대학원

A Delphi Study on Competencies of Future Green Architectural Engineer

Kang, So Yeon*†·Kim Taeyeon**·Lee Jungwoo***

*Center for the Innovation of Engineering Education, Yonsei University†

**Department of Architecture & Architectural Engineering, Yonsei University

***Center for Work Science, Yonsei University

ABSTRACT

With rapid advance of technologies including information and communication technologies, jobs are evolving faster than ever. Architectural engineering is no exception in this regard, and the green architectural engineering is emerging fast as a promising new field. In this study, a Delphi study of expert architectural engineers are conducted to find out (1) near future prospects of the field, (2) near future emerging jobs, (3) competencies needed for these jobs, and (4) educational content necessary to build these competencies with regards to the green architectural engineering. Initial Delphi survey consisting of open-ended questions in the above four areas were conducted and came out with 65 items after duplicate removal and semantic refinements. Further refinements via second and third wave of Delphi results into 40 items that the 13 architectural engineering experts may largely agree upon as future prospects with regards to the green architectural engineering. Findings indicate that it is expected that the demand for green architectural engineering and needs for automatic energy control system increase. Also, collaborations with other fields is becoming more and more important in green architectural engineering. The professional work management skills such as knowledge convergence, problem solving, collaboration skills, and creativity linking components from various related areas seem to also be on the increasing need. Near future ready critical skills are found to be the building environment control techniques (thermal, light, sound, and air), the data processing techniques like data mining, energy monitoring, and the control and utilization of environmental analysis software. Experts also agree on new curriculum for green building architecture to be developed with more of converging subjects across disciplines for future ready professional skills and experiences. Major topics to be covered in the near future includes building environment studies, building energy management, energy reduction systems, indoor air quality, global environment and natural phenomena, and machinery and electrical facility. Architectural engineering community should be concerned with building up the competencies identified in this Delphi preparing for fast advancing future.

Keywords: Delphi Study, Architectural Engineering, Curriculum Development, Future Study, Job Competencies, Green Architectural Engineering

1. 서 론

정보통신기술을 비롯한 과학 공학 기술의 급격한 발달은 인간의 삶의 근간이 되는 일의 세계 전반을 변화시키고 있다. 미국 일자리 중 47%가 향후 20년 이내에 자동화 될 것으로 예측된다(Frey & Osborne, 2017). 세계경제포럼은 4차 산업혁명

으로 인해 선진 15개국에서 새로 생기는 일자리는 202만개에 불과한 반면 사라지는 일자리는 716만개로 4년 동안 500만개 이상의 일자리가 줄어들 수 있다고 보았다(<http://www.weforum.org>). 우리나라에서도 2016년에는 업무의 12.5%가, 2025년에는 70.6%가 로봇과 인공지능으로 대체될 것으로 예측하고 있다(한국교육학술정보원 & 국제미래학회, 2017).

그러나 단순 반복을 통한 숙련된 기술을 요하는 직업은 로봇이나 인공지능으로 인해 점점 더 줄어들 가능성이 높지만 새로운 정보 기술이나 프로그래밍 등을 활용하는 직업군에서는 새

Received May 2, 2018; Revised May 15, 2018

Accepted May 23, 2018

† Corresponding Author: ksy1124@yonsei.ac.kr

롭게 일자리들이 창출될 가능성이 높다. 특히 창조적인 직업이나 디지털 분야, 엔지니어링 관련 직업 전망은 오히려 밝을 것으로 예측된다. 건축 분야에 있어서도 전통적인 건축에 덧붙여 친환경 건축 관련 직업은 도시화가 가속화되고 환경의 지속가능성에 대한 관심 고조로 인해 수요가 높을 것으로 예측된다 (Shury et al., 2014).

이렇게 급격하게 변화하는 노동시장에 우리 공과대학 졸업생들이 성공적으로 참여하기 위해서는 기술 발전과 사업모델의 변화에 맞는 새로운 역량개발이 필요하다. 하지만 현재의 교육 시스템으로는 졸업생의 기술습득과 역량이 기술발전 속도를 따라가지 못해 일자리의 수요공급의 미스매치가 발생할 가능성이 상당히 높다. 기존의 일자리가 줄어들어 개인은 점점 더 직업을 구하기 어렵게 되는 반면 시장에서는 미래형 직업에 필요한 역량을 갖춘 인재를 확보하는 것이 어렵게 된다. 예를 들어 건축분야에서 가정 내 자동화 시스템과 같은 건물 테크놀로지가 정교해지면 기존의 건축공학 교육을 통해 키운 역량만으로는 한계가 있으므로 이에 더하여 정보통신기술의 시공, 유지, 보수, 그리고 이러한 디지털 모델링에 대한 역량이 요구된다. 따라서 미래의 건축가와 건물 관리인은 디지털 모델링을 다룰 수 있는 역량을 갖추어야 한다.

장주희(2014)는 환경스캐닝과 델파이 연구를 통해 2030년 우리나라 미래 직업 생활에 영향을 미칠 것으로 예상되는 6개의 원인으로 '저출산 및 고령화', '노동시장의 변화', '환경오염 및 기후변화', '과학기술의 발달', '삶의 질에 대한 관심 증대'를 제시하고 그에 따른 미래 직업 생활의 변화로 '공장자동화', '세계화에 따른 노동력 이동 증대', '유연근무제 확산', '글로벌 취업경쟁 심화', '전통적 조직 문화 변화', '프로젝트 단위 고용', '무경계 경력', '개인 주도 경력 개발' 등을 주요 특징으로 요약하고 있다.

이와 같이 급격한 직업 생활 변화에 따라 엔지니어에게 요구되는 일의 속성은 변화하고 있다. 공학교육이 미래 사회적 변화에 따른 역량을 갖춘 엔지니어를 양성하려면 전공별 미래 일의 특성에 대한 분석을 통해 미래 예상되는 직업들을 효과적으로 수행할 수 있는 핵심역량을 선정하여 이를 키울 수 있는 교육경험을 제공해 주는 것이 필요하다.

이러한 준비의 일환으로, 본 연구에서는 환경오염 및 기후변화, 에너지 부족 등으로 인해 전 세계적으로 친환경 건축의 중요성이 강조되는 현실에서 건축공학에서 예상되는 근미래의 직업 전망을 알아보고, 새롭게 나타나는 미래형 친환경 건축분야에 필요한 직업적 역량을 탐색하고, 이와 같은 역량을 갖추기 위한 핵심 교육과정을 개발하기 위한 요소들을 찾아내기 위하여, 전문가 델파이 연구를 수행하였다. 델파이 연구의 기초 준비로서 기존의 친

환경 분야 기술 분류를 상세 비교 검토하였고 그 결과는 델파이 연구 결과를 분석하는 데 활용하였다. 본 연구에서의 근미래는 향후 5~10년 후로 정의하고 연구를 진행하였다.

II. 문헌조사

본 연구의 목표는 건축분야에서 새롭게 나타나고 있는 친환경 건축 관련 직업들이 어떤 것이 있으며 근미래 새로운 직업분야에서 필요로 하는 역량은 무엇이며 새로운 역량을 키우기 위한 교육 콘텐츠는 무엇인지 전문가 델파이를 통해서 확인하는 것이다.

이러한 맥락에서 친환경 건축에서 활용되고 있는 기술 분류를 조사 분석하였고 아울러 친환경 건축 교육 프로그램들에 관해 개괄적으로 조사하여 델파이 결과와 비교 분석하는 데 활용하였다.

1. 친환경 건축의 정의 및 분류

새롭게 등장하고 있는 친환경 건축의 정의는 전문가와 학회 등에 따라 일부 차이는 있으나 일반적으로는 다음과 같이 정의한다. '친환경 건축이란 에너지절약과 환경보전을 목표로 에너지부하 저감, 고효율 에너지설비, 자원재활용, 환경공해 저감기술 등을 적용하여 자연친화적으로 설계, 건설하고 유지 관리한 후, 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 건축물을 계획하는 것'이다(Lechner, 2015). 친환경 건축은 Green, Ecological, Environmental responsible, Environmental friendly, Sustainable, 환경건축, 생태건축, 환경 친화적 건축 등의 용어들과 혼용되기도 한다.

친환경 건축의 기술 분류는 능력단위별 교육 콘텐츠를 정리하는데 필요하다. 또한 기존의 유사분야 또는 타 분야 직업을 가진 전문가가 친환경 건축 관련 전문가로 전환할 경우 추가로 필요한 역량을 분석하는데 이용할 수 있다. 친환경 건축의 기술은 그 목적에 따라서, 그리고 분류 하는 기관에 따라서 다양하게 나타난다. 대표적인 친환경 건축 관련 기관인 ASHRAE, Green Building Alliance, US Green Building Council의 LEED 인증 및 우리나라 국가직무능력표준(NCS)에 나타난 친환경 기술의 분류는 다음과 같이 요약할 수 있다.

가. ASHRAE 친환경 건축 기술 분류

American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)는 대표적인 친환경 건축 설비 관련 기관이다. ASHRAE는 에너지 절약이 가능하고 친환경적인 건물에 대한 디자인 전략과 기술을 제안하고 있다. Table 1의 상용빌딩 외피에 관한 친환경 기술 분류에서 볼 수 있듯이 각 건물의 용도에 따라 다른 기술 분류 체계를 제시하

고 있으나 용도별로 제시된 건물의 종류에 따라서 외피, 채광 및 조명, 부하, 공조시스템으로 나누어 비교적 단순한 분류체계를 제시하고 있다. 아울러 각각의 아이템별로 추천 범위와 기술들에 대한 설명을 제공하고 있으며 그 설명에는 정성적인 내용들이 많이 포함되어 있다.

Table 1. Design Strategies for Saving Energy for Middle & Large Commercial Buildings in ASHRAE

	항목	구성 요소	추천	How-To Tips
외피	지붕	갑판 위의 단열재	R-20.0 c.i.	EN1-2, 18-21
		금속 빌딩	R-19.0+R-10.0 FC	EN1, 3, 18-21
		SRI	78	EN1
	벽	Mass (HC>Btu/ft2)	추천 없음	EN4, 18-20
		금속 빌딩	R-0.0+R-9.8 c.i.	EN5, 18-20
		스틸 프레임	R-13.0+R-7.5 c.i.	EN6, 18-20
	바닥	질량	추천 없음	EN7, 18-20
		스틸 프레임	추천 없음	EN8, 18-20
	석판	비가열	추천 없음	EN11
		가열	R-7.5 for 12 in	EN10-11, 18-21
	문	swinging	U-0.70	EN12, 18-20
		Nonswinging	Roll-up=U-0.25 All other = U-0.07	EN13-14, 18-20
		차량 / 도크 침투 - 문 폐쇄	0.28 cfm/ft2 of door area	EN15, 18-20
		차량 / 도크 침투 - 문 열림, 트럭이 제자리에 있음	도크, 수평기, 트레일러 경첩용 날씨 seals	EN16, 18-20
	현관	건물 입구	Yes	EN17-20
전망	열 투과율	U-1.20	EN22-23	
창공	SHGC	0.25	EN23-26	
모든 방향	VT	0.25	EN23, 26	

(출처: <https://www.ashrae.org>)

나. Green Building Alliance

Green Building Alliance(GBA)는 건축가, 토목기사, 건설회사, 인테리어 디자이너, 태양에너지 관련 전문가, 조경, 부동산 중개인 등 친환경 건축과 관련된 전문가들의 집단으로 친환경 건축에 대한 기술과 관련 재료의 최신 정보를 제공하고 있다. Table 2에서 볼 수 있듯이 Green Building Alliance는 ASHRAE 보

다는 세분화된 기술 분류를 제공하고 있으나 GBA에 참여하고 있는 엔지니어들이 참조할 수 있는 간략한 내용이 대부분이다. 따라서 이를 심화 이용하기 위해서는 분류를 추가하거나 더 세분화해야 한다.

Table 2. Green Building Alliance Technical Classification Examples

분류	기술
건물의외곽 개선	능동적 일광, Barra 시스템, 시원한 지붕과 녹색 지붕, 일광 절약법, 이중 외곽 주택, 지구 보호 시설, 에너지 플러스 하우스, 형광등, 소형 형광등 및 LED 조명, 수동형 태양광 건축 설계의 역사, 저에너지 하우스, 수동형 일광, 수동형 태양광, 수동형 태양광 없는 디자인, 태양광 에너지, 슈퍼 단열, 지속 가능한 건축, 실체성, 트롬 베 벽, 윈드 캐처
난방, 냉각, 환기 및 온수, 난방 개선	흡수식 냉장고, 연평균 지열 태양열, 지구 냉각 튜브, 지열 열펌프, 열 회수 환기, 온수 열 재활용, 수동 냉각, 재생 열, 계절 열에너지 저장 (STES), 태양열 공기 조절, 태양열 온수

(출처: <https://www.go-gba.org>)

다. LEED 분류

미국의 USGBC (U.S. Green Building Council)의 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)는 세계적으로 가장 공신력 있고 인지도 높은 친환경 건축 인증 제도이다. 미국뿐만 아니라 우리나라를 포함한 세계 각지에서 LEED 인증을 채택하고 있다. LEED는 친환경 건축에 대한 포괄적인 기술 내용과 기준을 제시하고 있다. Table 3은 LEED에서 제시하고 있는 기술 분류의 예시이다. 분류, 주요 이슈, 전략, 구체적 전략 및 코드로 구성되어 (총 136개 코드) 매우 체계적인 구조를 가지고 있다. 하지만 매우 체계적임에도 불구하고 정량적인 사항이 매우 많아서 교육의 콘텐츠를 구성하거나 경력에서 모자라는 콘텐츠를 찾아내 매칭하기에는 다소 무리가 있어 보인다.

라. 국가직무능력표준(NCS)에 의한 분류

우리나라 국가직무능력표준(National Competency Standards: NCS)은 개인이 산업현장에서 자신의 업무를 성공적으로 수행하기 위해 요구되는 직무능력(지식, 기술, 태도)을 과학적이고 체계적으로 도출하여 표준화 한 것이다. NCS는 모든 전공 분야를 소분류, 세분류, 능력단위 명칭, 능력단위 요소, 수행준거, 지식기술태도 등으로 상세하게 분류하고 있고, 각각의 능력단위 별로 관련된 교과목을 제시하고 있다. NCS의 건축분야 직업과 기술 분류의 사례는 아래 Table 4 및 Table 5와 같다

Table 3. LEED Technical Classification Examples

분류	주요이슈	전략	구체적 전략	코드	
E	에너지 수요	1	에너지 수요 절감	1 건물 차지 면적 (footprint) 감소	Ea11
				2 수동 태양열 디자인, 수동 환기 장치, 일광	Ea12
				3 건물 외피에 고단열, 고효율 자재 사용	Ea13
				4 커미셔닝(Commissioning) 수행	Ea14
				5 보조 계량기 설치	Ea15
				6 건물 자동화 시스템 설치	Ea16
	에너지 효율	1	에너지 효율 향상	1 요구 대응 (DR) 프로그램 참여	Eb11
				2 건물 에너지 벤치마킹 수행	Eb12
				3 고효율 HVAC 시스템 사용	Eb13
				4 고효율 가전제품 사용	Eb14
				5 에너지 모델링(시뮬레이션) 수행	Eb15
	신재생 에너지	1	부지내 신재생 에너지 생산	1 태양에너지 이용	Ec11
				2 풍력발전	Ec12
				3 바이오 에너지 이용	Ec13
				4 지열 에너지 이용	Ec14
		2	부지밖 신재생 에너지 활용	1 친환경 전기 (Green power) 및 RECs(Renewable energy certificates) 구매	Ec21
				2 Green-e 인증 프로그램	Ec22
				3 탄소배출권 (Carbon offsets)	Ec23
d	냉매	1	유해 냉매 관리	1 ODP, GWP 기준 만족하는 냉매 사용	Ed11
e	지속적인 관리	1	에너지 계측 및 검증	1 커미셔닝(Commissioning) 수행	Ee11
				2 보조 계량기 설치	Ee12
				3 건물 자동화 시스템 설치	Ee13
	2	건물 시설 관리자 및 사용자 교육	1	건물 시설 관리자 및 사용자 교육	Ee21

(출처: <https://new.usgbc.org/leed>)

Table 4. Architectural Career Classification Examples in NCS

구분	소분류	세분류
01	건축 설계 감리	건축설계, 건축구조설계, 건축감리, 실내건축설계
02	건축 시공	건축목공시공, 조적미장시공, 방수시공, 타일석공 시공, 건축도장시공, 철근콘크리트시공, 창호시공, 가설시공, 수장시공, 단열시공, 지붕시공, 구조물해체, 강구조시공, 경량철골시공, 건설공사판넬시공
03	건축설비설계 시공	건축설비설계, 건축설비시공, 건축설비감리, 건축설비유지관리

(출처: <https://www.ncs.go.kr/index.do>)

Table 5. Technical Unit of Architectural Career in NCS

능력단위	01. 설비설계계획, 03. 에너지계획 수립, 05. 공기조화설비설계, 07. 환기설비설계, 09. 자동제어시스템 설계, 11. 설계도서작성,	02. 설비시스템 검토, 04. 친환경에너지계획 검토, 06. 열원설비설계, 08. 위생설비설계, 10. 설계검증시물레이션, 12. 설비적산
------	---	--

(출처: <https://www.ncs.go.kr/index.do>).

2. 친환경 건축 교육

지속가능한 건축에 대한 해외 교육의 사례를 보면 이론과 실습을 통합적으로 운영하거나 지속가능성에 대한 사회 경제적 관점을 포함하여 실습과 연계하여 포괄적으로 운영하고 있다.

미국 건축가협회 AIA(American Institute of Architects)는 사회, 문화, 경제와 다양한 범위에서 일어나는 지속가능성에 대한 이유, 역사적 건물의 보전, 건물의 재활용과 건축기술과 지속가능한 건축 디자인에 대해 대학에서 교육을 강화하도록 요구하고 있다. AIA의 지속 가능 교육은 환경, 경제 및 사회 시스템에 대한 광범위한 인간의 관심과 실제 상황을 연결하는 응용 학습 모델을 활용한다. AIA는 초중등 교육은 물론 고등교육을 위한 지속가능 교육 프로그램을 개발하고 있는데 Hands on 기반의 참여형 프로그램을 개발하고 있으며 학업이나 전문성 개발을 위한 학점(credit)을 취득할 수 있는 제도도 마련하고 있다.

AIA는 평생교육 프로그램의 주제도 그린 빌딩, 지속가능한 건축에 중점을 두고 있으며 이해 관계자들이 바로 친환경 건축에 대한 개념을 이해하고 활용할 수 있는 교육 프로그램을 운영하고 있다(출처: <http://www.green educationfoundation.org>).

III. 연구방법

미래 친환경건축에 필요한 직업역량을 파악하고 이에 관련된 교육 콘텐츠를 알아보기 위해 본 연구에서는 전문가들을 활용한 델파이 연구방법을 실시하였다. 델파이 연구는 해당 분야 전문가 패널의 의견을 수렴하여 미래에 대한 예측과 의사결정을 하는 연구 방법이다.

본 연구에서는 친환경 분야에서 예측되는 근미래(5~10년)의 전망, 이러한 전망에 의거하여 나타날 새로운 직업, 새롭게 요구되는 직업 역량, 더 나아가 이러한 역량 개발에 필요한 교육과정의 네 가지에 초점을 맞추어 전문가들의 의견을 수렴하였다.

1. 델파이 수행 내용 및 패널 구성

우선 친환경 건축 분야 전문가 13명으로 패널을 구성하였다.

이들을 대상으로 3차에 걸쳐 델파이 조사를 실시하였으며 전문가 패널과의 상호작용은 이메일을 통해 이루어졌다. 델파이 수행 내용과 기간은 Table 6과 같으며 참여한 패널의 소속 및 학위, 관련 분야 및 참여 횟수는 Table 7에 정리하였다.

Table 6. Delphi Execution Contents and Period

구분	내용	실시 기간
1차	미래 친환경 분야에 관해서 4가지 관점에 있어서의 변화에 관한 개방형 질문	2018년 1월 23일 ~ 1월 30일
2차	1차 델파이에서 도출된 결과에 대한 중요도 평정	2018년 2월 03일 ~ 2월 10일
3차	2차 델파이에서 도출된 결과에 대한 중요도 평정	2018년 3월 07일 ~ 3월 14일

Table 7. Delphi Panel

이름	직업	소속/지위	분야	성별	델파이 참여
S **	교수	영국 Oxford 대학교	친환경 건축	남	1차
C **	교수	미국 USC 대학교	친환경 건축	남	1차
P **	연구원	한국건설생활환경시험연구원/선임	친환경 설계 지원	남	1차
C **	회사원	정림건축종합건축사사무소/AD2	설계	여	1차, 2차, 3차
K **	회사원	정림건축종합건축사사무소/AP3	친환경 계획	남	1차, 2차, 3차
K **	연구원	한국건설기술연구소연구원	건축연구 개발	남	1차, 2차, 3차
K **	회사원	정림건축종합건축사사무소/AD2	친환경 설계 지원	남	1차, 2차, 3차
L **	회사원	현대건설/대리	연구개발	여	1차, 2차, 3차
C **	교수	경남과학기술대학교 건축공학과/조교수	교육 및 연구개발	남	1차, 2차, 3차
P **	회사원	희림종합건축사사무소/팀장	친환경 설계 에너지 및 친환경 인증	여	1차, 2차, 3차
L **	회사원	정림건축종합건축사사무소/AP3	설계	여	1차, 2차, 3차
A **	연구원	연세대학교 대학원	설계	여	2차, 3차
L **	연구원	연세대학교 대학원	친환경 계획	남	2차, 3차

2. 델파이 연구 진행 과정

델파이 설문지 초안은 친환경 분야 전문가 및 교육학 전문가 4인의 3차에 걸친 회의 및 친환경 분야 미래 변화에 관한 선행

연구 자료 검토를 통해 개방형 질문으로 구성하였다.

여기서 구성된 개방형 질문은 크게 아래의 4가지이다.

- (1) 근미래 친환경 건축 분야에서 예상되는 변화
- (2) 근미래 친환경 건축 분야의 직업 전망
- (3) 근미래 친환경 분야에서 필요한 직업적 역량
- (4) 근미래 친환경 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육 과정

이 4가지 개방형 질문들을 활용하여 1차 델파이에서 전문가들의 응답을 수집하였고, 응답 내용을 심층 분석하여 65개의 항목을 추출하였다. 이 65개 항목은 미래전망 관련 17개, 직업 관련 11개, 직업역량 관련 16개, 그리고 교육내용 관련 21개의 항목으로 구성되었다.

2차 델파이 조사에서는 1차 개방형 응답을 기초로 의미 단위로 구분된 65개 항목들을 5점 척도로 중요성을 묻는 설문형태의 문항으로 제작하여 2차 설문지를 구성했으며 이 과정에서 교육학 박사 및 건축학 박사 2명의 검토 과정을 거쳤다.

3차 델파이 조사에서는 2차 델파이 조사 결과를 요약하여 사용하였다. 2차의 결과를 전문가들에게 제시할 때, 중앙치는 M, 사분범위(interquartile range)¹⁾는 【】로 표시하여 제공하였고, 내용타당도 비율(Content Validity Ratio: CVR)과 본인의 이전 응답을 X로 표시하여 제공하였다. 이 자료를 기초로 각 항목에 대한 본인 응답의 수정 여부에 대해 체크를 요청하여 전문가들의 의견을 수렴하였다.

내용타당도 비율(CVR: content validity ratio)은 전문가들의 중요도 평가에 대한 합치된 정도를 수치화한 것으로 타당도 검증의 척도로 사용할 수 있다(Lawshe, 1975). 패널 수에 따른 CVR값의 최소값 기준을 고려할 때 패널 수가 13명인 경우 CVR값이 0.54 미만인 값의 문항은 타당도가 없다고 판단되므로 이를 기준으로 유의한 항목들을 선정하였다. 최종적으로는 미래전망 8항목, 직업전망 8항목, 역량전망 13항목, 교육내용 전망 10항목, 총 39개의 항목들을 전문가들이 미래의 중요한 변화의 요소로 꼽고 있었다.

IV. 결과 및 해석

1. 델파이 분석 결과

가. 근미래 친환경 건축분야의 예상되는 변화
5~10년 내 친환경 건축 분야에서 예상되는 변화로 3차 델파이

1) 사분범위는 제3사분위수(C75)에서 제1사분위수(C25) 간의 거리를 반으로 나눈 값으로 사분위 범위가 크면 흩어진 분포이고, 작으면 밀집된 분포이다(교육심리학 용어사전, 1999, 171쪽).

이 검사결과 내용타당도 비율(CVR)의 최소화 값(0.54)을 기준으로 8개의 문항이 채택되었다.

Table 8에서 제시된 것과 같이 가장 높은 순위의 응답으로는 ‘친환경 건축 분야는 빅데이터 연구와 긴밀한 관계를 맺게 될 것이다’는 응답이 평균 4.80으로 가장 높았으며 그 다음으로는 ‘건물의 에너지 자동제어 시스템이 발전할 것이다’ (평균 4.70), ‘고령자를 위한 헬스케어 및 실내환경조절 시스템의 보급이 촉진될 것이다’ (평균 4.30)와 ‘불연(준불연) 단열재 개발 및 보급이 촉진될 것이다’ (평균 4.50)가 평균값이 동일하게 나타났다. 이 네 항목은 2차와 3차 조사에서도 평균값과 순위에서 차이가 없었다.

그 외에도 ‘융합기술을 이용한 새로운 건축 재료의 개발 및 보급이 이루어질 것이다’(평균 4.10), ‘시공계획 불이행/변경에 대한 관리가 강화될 것이다’(평균 4.10), ‘거주자와 이용자도 건축 행위의 주체로 대두될 것이다’(평균 3.80), ‘사용자 맞춤형 집이 발달할 것이다’(평균 3.80) 등이 선정되었다.

나. 5~10년 내 친환경 건축 분야의 직업 전망

5~10년 내 친환경 건축 분야의 직업 전망으로는 3차 델파이 검사 결과 내용타당도 비율(CVR)의 최소화 값(0.54)을 기준으로 8개의 문항이 채택되었다.

Table 9에서 제시된 것과 같이 가장 높은 순위의 응답으로 ‘친환경 건축 전문가는 다양한 분야와 협업하는 일이 많아질 것이다’가 평균 4.60으로 가장 높았다. 다음으로는 ‘친환경 건축 전문가는 새로운 지식에 관한 교육에도 참여하게 될 것이다’ (평균 4.40), ‘친환경 건축분야는 점점 더 확대될 것이다’ (평균 4.00), ‘건물의 에너지 설계에 관한 수요가 증가할 것이다’ (평균 4.00), ‘노령화 사회로 인해 노인들을 위한 인테리어 분야가 활성화 될 것이다’ (평균 3.90), ‘친환경 건축 전문가의 중요도가 높아질 것이다’ (평균 3.90)의 순으로 나타났다.

그 외에도 ‘친환경 건축 분야에 대한 수요는 점점 더 많을 것이다’ (평균 3.80), ‘인공지능이 반복 작업을 대체함으로써 친

Table 8. The Expected Changes in the Green Building Sector

항목	2차 델파이 분석 결과				3차 델파이 분석 결과			
	순위	평균	표준편차	CVR	순위	평균	표준편차	CVR
1 (재료) 융합기술을 이용한 새로운 건축 재료의 개발 및 보급이 이루어질 것이다.	5	4.20	0.62	0.60	6	4.10	0.54	0.60
2 (재료) 불연(준불연) 단열재 개발 및 보급이 촉진될 것이다.	3	4.30	1.12	0.60	3	4.30	1.12	0.60
3 (기능) 건물 구조체에 자기 치유 기능이 적용될 것이다.	17	2.90	0.77	-0.40	17	2.60	0.49	-0.80
4 (기능) 건물의 에너지 자동제어 시스템이 발전할 것이다.	2	4.70	0.23	1.00	2	4.70	0.23	1.00
5 (연계분야) 친환경 건축 분야는 빅데이터 연구와 더욱 긴밀한 관계를 맺게 될 것이다.	1	4.80	0.18	1.00	1	4.80	0.18	1.00
6 (연계분야) 인공지능 발전에 따라 건축설계 방식을 간편하게 구현해 낼 수 있게 될 것이다.	15	3.60	0.93	0.00	15	3.60	0.93	0.00
7 (시장) 에너지 프로슈머 시장이 확대될 것이다.	15	3.60	1.38	0.20	15	3.60	1.16	0.40
8 (시장) 친환경 저에너지 리모델링 시장이 확대될 것이다.	10	3.80	1.51	0.40	12	3.70	1.34	0.40
9 (인증/규제) 친환경 건축분야 인증제도가 강화될 것이다.	5	4.20	0.84	0.40	5	4.20	0.84	0.40
10 (인증/규제) 친환경건축물 규제 확대에 따라 관련 기술이 전문화될 것이다.	8	4.00	0.67	0.40	8	3.90	0.54	0.40
11 (인증/규제) 시공 계획 불이행/변경에 대한 관리가 강화될 것이다.	5	4.20	0.40	0.80	6	4.10	0.32	0.80
12 (사용자) 거주자와 이용자도 건축 행위의 주체로 대두될 것이다.	10	3.80	1.29	0.60	10	3.80	1.07	0.80
13 (사용자) 사용자 맞춤형 집이 발달할 것이다.	10	3.80	1.51	0.40	10	3.80	1.29	0.60
14 (확산) 고령자를 위한 헬스케어/실내환경조절 시스템의 보급이 촉진될 것이다.	3	4.30	1.12	0.60	3	4.30	1.12	0.60
15 (확산) 일반 대중의 에너지절약 및 친환경 건축물에 대한 인식 제고로 친환경 건축이 보편화될 것이다.	9	3.90	1.21	0.20	8	3.90	1.21	0.20
16 (확산)에너지/자원 절약형 친환경 건축에서 심리적/환경적 쾌적성 추구를 위한 친환경 건축으로 변화할 것이다.	10	3.80	0.62	0.20	12	3.70	0.46	0.20
17 (확산)친환경 건축의 경제성이 높아질 것이다.	14	3.70	1.34	0.20	12	3.70	0.90	0.20

※ 3차 델파이 분석에서 CVR값이 0.54 이상인 경우만 채택

환경 전문가의 일이 수월해 질 것이다'(평균 3.56) 의 순서로 나타났다. 전반적으로 친환경 건축 분야 직업의 미래를 비교적 긍정적으로 전망하고 있고 정보통신기술의 도입을 중요한 요소로 평가하는 것을 알 수 있다.

다. 근미래 친환경 분야에서 필요한 직업적 역량 5~10년 내 친환경 건축 분야에서 필요한 직업적 역량으로는 3차 델파이 검사 결과 13개 문항이 채택되었다. Table 10에서 제시된 것과 같이 가장 필요성이 높은 순위의

Table 9. The Prospect of Green Building Engineering in the near Future

항목	2차 델파이 분석 결과				3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준편차	CVR	순위	평균	표준편차	CVR	
1	친환경 건축분야는 점점 더 확대될 것이다.	5	4.10	0.54	0.60	3	4.00	0.00	1.00
2	친환경 건축 분야에 대한 수요는 점점 더 많을 것이다.	8	3.90	0.54	0.40	7	3.80	0.18	0.60
3	친환경 건축 전문가의 중요도가 높아질 것이다.	3	4.20	0.40	0.80	5	3.90	0.10	0.80
4	친환경 건축 전문가의 업무 영역이 증가할 것이다.	7	4.00	0.67	0.40	7	3.80	0.40	0.40
5	친환경 건축 분야 관련 새로운 직업이 많이 생길 것이다.	10	3.30	1.34	0.00	10	3.40	0.71	0.20
6	친환경 건축 분야의 전문가는 다양한 분야와 협업하는 일이 많아질 것이다.	1	4.40	0.93	0.80	1	4.60	0.27	1.00
7	친환경 건축전문가는 새로운 지식에 관한 교육에도 참여하게 될 것이다	2	4.30	0.68	0.60	2	4.40	0.49	0.80
8	인공지능이 반복 작업을 대체함으로써 친환경 전문가의 일이 수월해질 것이다.	9	3.70	1.34	0.40	9	3.56	1.03	0.56
9	인공지능이 친환경 전문가의 역할을 대체하여 친환경 전문가가 할 일이 줄어들게 될 것이다.	11	3.10	1.66	-0.40	11	3.00	0.44	-0.60
10	노령화 사회로 인해 노인들을 위한 인테리어 분야가 활성화 될 것이다	5	4.10	0.77	0.80	5	3.90	0.54	0.80
11	건물의 에너지 설계에 관한 수요가 증가할 것이다.	3	4.20	0.40	0.80	3	4.00	0.22	0.80

※ 3차 델파이 분석에서 CVR값이 0.54 이상인 경우만 채택

Table 10. The Competency of Green Building Architectural Engineer in the near Future

항목	2차 델파이 분석 결과				3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준편차	CVR	순위	평균	표준편차	CVR	
1	새로운 서비스 창출 능력	14	3.90	0.77	0.20	13	3.90	0.54	0.40
2	소비자 맞춤형 기술 발굴 능력	6	4.30	0.68	0.60	5	4.40	0.49	0.80
3	3R(Reduce, Recycle, Reuse) 구현 능력	16	3.80	0.62	0.60	15	3.80	0.62	0.60
4	새로운 소재와 재료의 응용 능력	9	4.20	0.40	0.80	12	4.00	0.22	0.80
5	건물 설비 운영 시퀀스 이해 능력	9	4.20	0.62	0.60	9	4.30	0.46	0.80
6	데이터 처리 기술 (데이터마이닝)	6	4.30	0.46	0.80	5	4.40	0.27	1.00
7	환경 분석 소프트웨어 활용 능력	12	4.10	0.77	0.40	11	4.10	0.77	0.40
8	자연재해로부터 생존가능성을 높이는 기술에 대한 이해력	13	4.00	0.89	0.60	13	3.90	0.77	0.60
9	다양한 분야 간 융합적 사고능력	1	4.80	0.18	1.00	1	5.00	0.00	1.00
10	창의력	6	4.30	0.46	0.80	5	4.40	0.27	1.00
11	문제해결 능력	1	4.80	0.18	1.00	2	4.90	0.10	1.00
12	협업 능력	1	4.80	0.18	1.00	2	4.90	0.10	1.00
13	건축환경학(열, 빛, 음, 공기)의 제어 기술	4	4.60	0.27	1.00	4	4.50	0.28	1.00
14	에너지 모니터링에 대한 지식	5	4.40	0.27	1.00	5	4.40	0.27	1.00
15	건축설계에 대한 실무 경험	14	3.90	0.77	0.20	15	3.80	0.62	0.20
16	경제성 평가에 대한 이해력	9	4.20	0.62	0.60	9	4.30	0.46	0.80

※ 3차 델파이 분석에서 CVR값이 0.54 이상인 경우만 채택

응답으로는 ‘다양한 분야간 융합적 사고능력’이라는 응답이 평균 5.00으로 가장 필요한 직업적 역량으로 선정되었으며 그 다음으로는 ‘문제해결능력’ (평균 4.90)과, ‘협업능력’(평균 4.90)이 선정되었다. 그 다음으로는 ‘건축환경학(열, 빛, 음, 공기)의 제어기술’(평균 4.50), ‘창의력’(평균 4.40), ‘소비자 맞춤형 기술 발굴 능력’(평균 4.40), ‘데이터 처리 기술: 데이터 마이닝’(평균 4.40), ‘에너지 모니터링에 대한 지식’(평균 4.40), ‘건물 설비 운영 시퀀스 이해 능력’(평균 4.30), ‘경제성 평가에 대한 이해력’(평균 4.30), ‘새로운 소재와 재료의 응용능력’(평균 4.00), ‘자연재해로부터 생존 가능성을 높이는 기술에 대한 이해력’(평균 3.90), ‘3R 구현 능력(Reduce, Recycle, Reuse)’ (평균 3.80) 등이 선정되었다.

근미래 친환경 건축 분야에 필요한 역량으로 융합적 사고능력, 문제해결능력, 협업능력, 창의력, 경제성 평가에 대한 이해능력 등과 같은 일반적인 전문역량(professional skill)이 건축 관련 전공 능력 보다 더 중요한 역량으로 평가되었다는 점은 건축학과의 교육과정 설계시 주요 교육목표와 학습성과로 채

택할 필요가 있다고 생각된다.

그 외에도 건축환경학의 제어기술이나 자연재해로부터의 생존 가능성을 높이는 기술에 대한 이해력 등도 근미래 친환경 건축분야 교육과정 개발에서 관심 가져야 할 중요한 분야로 인식된다.

라. 친환경 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정 5~10년 내 친환경 건축 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정으로는 3차 델파이 검사 결과 내용타당도 비율(CVR)의 최소화 값(0.54)을 기준으로 10개의 문항이 채택되었다.

Table 11에서 제시된 것과 같이 가장 필요한 과목으로는 ‘건축환경학(열, 공기 조명 등)’이 평균 5점 만점으로 나타났으며 그 다음으로는 ‘건물 에너지관리/절감 시스템’(평균 4.90), ‘건축학 전공기초’(평균4.70), ‘다양한 학문간 융복합 교육’(평균 4.60), ‘실내 공기 질 관련 교육’(평균 4.50), ‘지구 환경 및 자연현상에 대한 교육’(평균 4.30) ‘기계/전기 설비 교육’(평균 4.20), ‘데이터 처리 기술 교육(예: 빅데이터 활용교육’(평균

Table 11. The Curriculum for Competency development of Green Building Architectural Engineer in the Future

항목	2차 델파이 분석 결과				3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준편차	CVR	순위	평균	표준편차	CVR	
1	건축학 전공 기초 교육	3	4.50	0.50	0.80	3	4.70	0.23	1.00
2	건축 환경학 (열, 공기, 조명 등)	1	4.90	0.10	1.00	1	5.00	0.00	1.00
3	주거 환경학	13	3.80	0.40	0.40	11	3.90	0.32	0.60
4	사회 환경학	14	3.70	0.68	0.00	14	3.78	0.44	0.33
5	환경 경영학	18	3.60	1.03	-0.11	16	3.60	0.49	0.00
6	건물 자동제어 및 커미셔닝 교육	6	4.20	0.18	1.00	8	4.10	0.10	1.00
7	건물 에너지 관리/절감 시스템 관련 교육	2	4.80	0.18	1.00	2	4.90	0.10	1.00
8	실내 공기 질 관련 교육	3	4.50	0.28	1.00	5	4.50	0.28	1.00
9	지구 환경 및 자연현상에 대한 교육	6	4.20	0.62	0.60	6	4.30	0.46	0.80
10	기계/전기 설비 교육	9	4.10	0.54	0.60	7	4.20	0.18	1.00
11	데이터 처리 기술 교육 (예: 빅데이터 활용 교육)	6	4.20	0.40	0.80	8	4.10	0.32	0.80
12	프로그래밍/코딩 교육	17	3.60	0.49	0.00	16	3.60	0.49	0.00
13	VR(Virtual Reality) 관련 교육	20	3.00	1.56	-0.20	20	3.00	1.56	-0.20
14	실습 중심 프로젝트 (예: 창의설계)	11	3.90	0.99	0.40	11	3.90	0.54	0.40
15	커뮤니케이션 교육	11	3.90	1.43	0.00	10	4.00	1.33	0.20
16	다양한 학문간 융복합 교육	3	4.50	0.50	0.80	4	4.60	0.27	1.00
17	경제학	14	3.70	0.68	0.00	16	3.60	0.49	0.00
18	의료분야 (고령자 및 건강)	14	3.70	1.12	0.00	15	3.70	0.68	0.00
19	Well-being (삶의 질) 관련 교육	10	4.00	0.67	0.40	13	3.80	0.84	0.40
20	친환경 건축인증 규정에 관한 교육	19	3.30	1.57	-0.20	19	3.40	1.38	-0.20
21	복잡한 건축물 구현을 위한 컴퓨터 하드웨어 성능에 관한 교육	21	2.90	1.66	-0.40	21	2.78	1.44	-0.78

※ 3차 델파이 분석에서 CVR값이 0.54 이상인 경우만 채택

4.10), ‘건물자동제어 및 커미셔닝 교육’(평균 4.10), ‘주거환경학’(평균 3.90) 등이 개설되어야 할 교육과정으로 선정되었다.

그러나 커뮤니케이션 능력이나 Well-being에 관한 교육, 고령자 건강에 대한 의료분야, 친환경 인증 규정에 관한 교육 등은 CVR값이 0.54 보다 작아서 이번 델파이 연구에서는 필요한 교육과정에 채택되지 못했다. 아직은 전문가들 사이에서도 이와 같은 과목들이 근미래 역량 개발을 위한 건축학과 교육과정으로 개설되는데 대해서는 합의도출이 어려운 것으로 보인다.

V. 결론 및 논의

2016년 다보스 포럼을 통해 인공지능이 주도하는 4차 산업혁명이 이미 시작되었다고 선포하였고 일자리와 관련 업무의 큰 변화가 예상되어 새로운 사회적 수요에 적합한 인재 양성이 국가 경쟁력에 중요한 요인으로 등장하였다.

본 연구에서는 환경오염 및 기후변화, 에너지 부족 등으로 인해 전 세계적으로 친환경 건축의 중요성이 강조되는 현실에서 친환경 건축전문가를 대상으로 델파이 연구를 통해 친환경 건축 분야에서 예상되는 근미래의 변화와 관련 직업전망을 알아 보고, 친환경 분야에 필요한 직업적 역량을 탐색하여 이와 같은 역량을 갖추기 위해 어떤 교육과정이 필요한지 탐색하였다.

연구 결과 근미래 친환경 건축분야에 대한 수요는 점점 더 많아질 것으로 예측되며 특별히 에너지 절약과 관련하여 건물의 에너지 자동제어 시스템의 발전과 실내 환경 조절 시스템 보급, 단열재 개발 등이 중요해질 것으로 보인다. 친환경 건축 분야는 빅데이터 연구와 긴밀한 관계를 맺게 될 것이며 전 세계가 고령화 사회로 변화함에 따라 고령자를 위한 헬스케어에 대한 건축도 근미래 친환경 건축분야의 주요 관심 영역이 될 것으로 보인다.

근미래 친환경 건축분야의 직업 전망으로는 친환경 건축 전문가의 중요성에 대한 인식이 높아지고 수요가 상당히 증가할 것으로 예측되었다. 친환경 건축 전문가는 다양한 분야와 협업할 가능성이 높고 새로운 지식에 관해 교육하는 역할도 담당하게 될 것이다. 또한 에너지 설계 등에 관한 수요 증가와 노인들을 위한 인테리어 분야 등의 활성화로 관련 일자리와 업무가 증가할 것으로 전망된다.

근미래 친환경 건축 분야에 필요한 직업적 역량으로는 다양한 분야와의 협업이 중요해짐에 따라 융합적 사고능력, 문제해결능력, 협업능력, 창의성 등과 같은 전문역량(professional skill)이 전공 능력 이상으로 중요해질 것이므로 이에 대한 교육과정 개선이 필요하다. 건물 설비 운영 시퀀스 이해 능력이

나 자연재해로부터 생존 가능성을 높이는 기술에 대한 이해력 등도 친환경 건축분야에서 새롭게 필요한 역량으로 인식되었다. 그 외에도 경제성 평가에 대한 이해를 위해 건축공학 이외의 타 분야에 대한 역량도 필요할 것으로 보인다.

이와 같은 친환경 건축 분야 전공 관련 직업적 역량 개발을 위해 건축분야의 교육과정의 개편이 필요하다. 건축환경학, 건물 에너지관리/절감 시스템, 실내 공기 질 관련 교육, 지구 환경 및 자연현상에 대한 교육, 기계/전기 설비 교육 등과 같은 환경 및 설비에 관한 교육 등이 강화되어야 할 필요가 있으며, 데이터 처리 기술이나 건물자동제어 및 커미셔닝 교육 등도 개설 되어야 할 것이다.

근미래 친환경 분야는 학문간 융복합적인 협력이 무엇보다 중요하므로 설계 교육에 있어서 다른 분야와 협력하는 경험을 해 볼 수 있는 교육과정 설계도 필요하다.

특히 건물 제어 기술은 물론 자동화 시스템과 같은 건물 테크놀로지가 발전함에 따라 새로운 시공, 유지, 보수에 대한 기술, 디지털 모델링을 다룰 수 있는 역량이나 데이터 마이닝 기술이 필요하지만 이와 같은 수업은 현재 건축학과에서는 매우 제한적으로 운영되고 있다. 학생들이 친환경 건축 트랙을 이수할 수 있도록 하여 친환경 건축에 관심 있는 학생들이 미래에 필요한 역량을 개발할 수 있는 기회를 제공하는 것이 바람직하다.

본 연구의 제한점 및 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 이번 연구는 근미래 친환경 건축분야의 미래 전망과 필요한 직업 역량을 예측해 보기 위해 친환경 건축 분야의 소수의 전문가를 대상으로 진행하였다. 이로 인해 해당 전문가의 분야별 관점에 따라 이견이 있을 수 있다.

이번 연구를 기초로 건축학 분야의 다양한 전문가들은 물론 미래 연구가들과의 융복합 접근의 후속 연구가 이루어진다면 미래 친환경 건축분야에 대한 예측이 좀 더 정교해 질 수 있을 것이다. 또한 4차 산업혁명 시대를 맞아 다른 공학 전공분야에서도 미래 전망을 연구하고 이에 따른 역량개발을 위한 교육과정을 구안한다면 우리나라 엔지니어의 국제적 경쟁력을 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(NRF-2017M3C1B6053063)

참고문헌

1. 박가열 외 (2016). 기술변화에 따른 일자리 영향 연구, 한국고용정보원.
2. 장주희 (2014). 2030 미래사회 및 직업생활의 변화와 교육적

- 접근 방안. 한국가정교육학회 학술대회. Vol. 2014(11). 35-51.
3. 한국교육심리학회(1999). *교육심리학 용어사전*. 서울: 학지사.
 4. 한국교육학술정보원 & 국제미래학회 (2017). *제4차 산업혁명 시대 대한민국 미래교육보고서*. 광문각.
 5. Frey, C. B., & Osborne, M. A., (2017). "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?", *Technological Forecasting and Social Change*. 114.
 6. Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
 7. Lechner N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects 4th Edition*. John Wiley & Sons.
 8. Shury et al., (2014). *Employer Perspectives Survey 2014: UK Results*. UKCES.
 9. <http://www.ashrae.org>
 10. <https://www.go-gba.org>
 11. <https://www.ncs.go.kr/>
 12. <https://new.usgbc.org/leed>
 13. <https://www.weforum.org/>



강소연 (Kang, So Yeon)

1985년: 연세대학교 영어영문학과 졸업
 1987년: 연세대학교 대학원 교육학 석사
 1996년: 동 대학원 교육학 박사
 2013-현재: 연세대학교 공학교육혁신센터 부교수
 관심분야: 창의성, PBL, 공학교육인증

E-mail: ksy1124@yonsei.ac.kr



김태연 (Kim, Taeyeon)

1992년: 연세대학교 건축공학과 졸업
 1995년: 동 대학원 건축공학과 석사
 1999년: (일) 동경대학교 건축공학과 박사
 2003년~현재: 연세대학교 건축공학과 교수
 관심분야: 친환경 건축

E-mail: tkim@yonsei.ac.kr



이정우 (Lee, Jungwoo)

1982년: 연세대학교 영어영문학과 졸업
 1990년: 서강대학교 MBA
 1995년: 조지아주립대학교 경영학 석사
 1998년: 조지아주립대학교 경영학 박사
 1997년: 네바다주립대학교 교수

2001년~현재: 연세대학교 정보대학원 교수

관심분야: 워크사이언스

E-mail: jlee@yonsei.ac.kr