

# 신재생에너지 분야 교육과정에 대한 지·산·학·연 전문가의 요구분석

최지현<sup>†</sup>

고려대학교 에너지산업 혁신융합대학사업단 연구교수

## Needs Analysis of Regional, Industrial, Academic, and Research Experts on Curriculum in the New and Renewable Energy

Choi, Jeehyun<sup>†</sup>

Research Professor, New Energy Industry–Convergence Open Sharing Center, Korea University

### ABSTRACT

The purpose of this study was to conduct a needs analysis among experts regarding the curriculum in the field of new and renewable energy for the future experts. To achieve this goal, purposive sampling was employed to select 30 experts from the regional, industrial, academic, and research sectors in the new and renewable energy field, who participated in needs surveys and expert Delphi surveys. Needs assessments for 53 courses and suitability evaluations for 6 curriculums were conducted, and comprehensive advisory opinions were gathered. Data were analyzed using t-tests, Brich's needs assessment, the locus for focus model, and content analysis methods, with the assistance of MS Office Excel 2018 and SPSS 25.0 software. The key findings include: (a) 18 courses should be given top priority for operation, while 4 courses should be considered secondarily; (b) All 6 curriculums received positive evaluations; (c) Improvements are needed in curriculum development to cater to both generalist and specialist training needs, incorporating the acquisition of new technology and project-based learning experiences. The results of this study provide implications for the development of customized curriculums in the new and renewable energy industry.

**Keywords:** Needs analysis, Curriculum assessment, New energy industry, New and renewable energy

## 1. 서 론

국제사회는 글로벌 경쟁력을 갖춘 에너지 전문가를 양성하는 데 관심을 두고, 핵심 인력양성을 위한 투자를 아끼지 않고 있다. 영국, 미국, 일본 등 주요 에너지 선진국은 에너지 최신기술 개발과 인력양성, 녹색산업 일자리 창출을 위해 대규모 투자를 이어왔으며, 우리나라도 차세대 원전기술, 고효율 소재, 에너지 저장 등 신재생에너지 산업 맞춤형 인력양성을 위해 다양한 정책을 시행해왔다(산업통상자원부, 2023). 그 이유는 기후 위기에 대응하기 위한 탄소중립 목표를 달성하고, 기술 패권 경쟁과 에너지 안보 측면에서 우위를 선점하기 위해서이다.

그러나 국내 신재생에너지산업을 에너지 가치사슬로 구분해

보면, 약 90% 이상이 에너지 생산에 밀집되어 있어 그 외 분야에 대한 산업육성이 절실한 상황이다(이유진, 2022). 에너지 가치사슬이란, 에너지의 가치가 생산되어 소비되기까지의 전 과정을 활동 또는 단계별로 구분하여 연결한 것을 의미한다. 신재생에너지산업의 균형적인 발전을 위해서는 에너지 가치사슬의 각 분야별 전문성을 보유한 핵심 인력을 양성하려는 노력이 필요하다. 또한, 신재생에너지 분야의 미래 전문인력에 대한 수요는 점차 증가하고 있어 인력 수급의 양적 격차, 현장과 교육의 질적 격차 문제는 시급하게 해결해야 할 과제이다. 이러한 신재생에너지산업의 질적·양적 미스매치 현상을 해소하기 위한 방안으로써 산업체, 연구기관, 고등교육의 역할과 상호 간 협력이 강조되었다(황규희 외, 2023).

이와 더불어 대학은 지역사회 문제를 해결하고 지역 수요에 대응하는 혁신적 주체로서 역할이 확대되고 있어(장후은·이중호, 2017), 지역 산업과의 협력도 중요해졌다. 미래 지역특화 산업분야 지역 정주형 인재양성, 시장 중심의 기술사업화 체계

Received April 8, 2024; Revised May 24, 2024

Accepted May 27, 2024

<sup>†</sup> Corresponding Author: hrd-ace@korea.ac.kr

©2024 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

혁신, 글로벌 창업 활성화 지역 일자리 창출, 지산학 협력 생태계 구축 등 주요 정책이 이러한 기조를 잘 보여준다(관계부처 합동, 2024). 최근에는 지자체, 산업체, 대학, 연구기관의 상호 협력을 기반으로 한 지·산·학·연의 생태계 구축과 연계 교육의 필요성이 더해지고 있다.

지·산·학·연의 협력을 통한 교육과정 운영은 해당 산업의 전문인력 양성, 최신기술의 연구개발, 지역 경제 활성화를 통한 양질의 일자리 창출과 산업육성으로 이어져 궁극적으로는 국가 기술 경쟁력을 강화시킨다. 그러므로 지·산·학·연이 공동의 이해관계를 형성하고 연계와 협력의 토대를 구축하는 것은 필수적이라 할 수 있다. 따라서 지자체, 산업체, 연구기관은 대학이 산업 맞춤형 교육과정을 개발 및 운영하여 우수한 인재를 배출하고, 양성된 인재들이 각 분야에서 산업육성과 기술이전에 기여할 수 있도록 적극적인 지원과 지속적인 피드백을 제공해야 한다. 또한, 대학은 교육과정 개발을 위한 일회성 요구조사에 그치지 않고, 주기적으로 요구를 분석하여 교육과정 개편과 평가에 반영함으로써 산업변화에 대응해야 한다. 공학교육은 사회환경 변화와 내외부 의견을 종합적으로 분석하는 등 교육과정과 프로그램의 지속적인 개선 활동을 통해 전문성을 인정받을 수 있다(ABEEK, 2024).

따라서 본 연구는 신재생에너지산업의 전문인력 양성을 목적으로 개발하여 운영해온 교육과정을 지·산·학·연 전문가를 대상으로 요구분석을 실시하고, 효과적인 교육과정 운영을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 본 교육과정은 개발 시점부터 최근 3년간 산업의 수요와 최신 동향을 반영하기 위해 매년 요구조사를 실시해 왔다. 그러나, 1~2회차까지는 산·학·연 전문가를 대상으로 요구조사를 실시하여 지역의 요구를 반영하는 것이 미흡하였다. 이에 따라 최근 강조되고 있는 지·산·학·연 연계 교육과정 제고를 위한 노력으로 지역 전문가를 포함하여 교육과정 평가를 위한 전문가 대상을 확대하였다. 본 연구의 결과는 신재생에너지산업의 맞춤형 교육과정을 운영하는데 유용한 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

연구 목적 달성을 위해 다음과 같이 연구문제를 설정하였다. 첫째, 신재생에너지 분야에서 요구도가 높은 교과목은 무엇인가? 둘째, 신재생에너지 분야의 전문가가 인식한 본 교육과정은 적합한가?

## II. 신재생에너지 분야 교육과정 요구도 평가

### 1. 신재생에너지 분야 교육과정 사례

최근 대학에서 특정 에너지 분야(예: 수소, 원자력, 이차전지, 전기, 태양광 등)의 교육과정이 아닌 신재생에너지 분야를 포

괄하는 교육과정으로 운영하는 대학이 늘고 있다. 구체적으로, 전문대학에서는 신재생에너지과(예: 신성대), 신재생에너지공학(예: 전주비전대), 에너지융합화학(예: 군장대)에서 전공 교육과정을 운영한다. 종합대학에서는 미래에너지공학과(예: 동아대), 미래에너지융합학과(예: 서울과학기술대), 사회에너지시스템공학과(예: 경기대), 자원에너지공학과 신재생에너지전공(예: 경북대), 첨단에너지공학과(예: 조선대) 등을 운영한다. 이상의 신재생에너지 교육과정의 운영사례를 에너지 가치사슬에 따라 교과 구성을 구분하여 정리하면 Table 1과 같다. 에너지 생산과 경영은 모든 교육과정에 포함되었으나, 저장과 수송은 일부 대학에만 포함되어 있다.

Table 1 Curriculum Cases

	Major/Curriculum	P	S	T	M
Collage	1. Energy Convergence: Kunjang	○	○	-	○
	2. New-Renewable Energy: Shinsung	○	○	-	○
	3. New-Renewable Energy Engineering: Jeonju Vision	○	-	○	○
University	1. Future Energy Engineering: Donga	○	○	-	○
	2. Future Energy Convergence: Seoul Science and Technology	○	-	○	○
	3. Social Energy System Engineering: Kyonggi	○	○	-	○
	4. New-Renewable Energy: Kyungpook	○	○	-	○
	5. Advanced Energy Engineering: Chosun	○	○	-	○

Note. P: Energy Production; S: Energy Storage; T: Energy Transport; M: Energy Management

Source: Website of Collages and Universities

전공 교육과정 외에도 경기대와 경북대 등 일부 대학에서는 소단위 학위과정(Micro Degree 또는 Nano Degree)의 단위 전공 교육과정을 운영하고 있다. 탄소중립 전문가트랙과 에너지 생산·저장시스템 모듈이 그 예시이다. 이처럼 대학은 신재생에너지 분야의 전문인력에 대한 수요와 정책적 요구를 반영하여 공학 교육과정에 혁신적인 노력을 기울이고 있다. 그러나, 하나의 대학에서 교육과정을 개발하여 운영하는 경우 한정된 인적, 물적자원으로 인해 다양한 에너지 분야의 융합을 위한 교육과정 운영이 쉽지 않다. 이 때문에 둘 이상의 전공이 공동 운영하는 융합전공, 둘 이상의 대학이 공동 운영하는 융합대학으로 운영하기도 한다. 신재생에너지 분야는 생산, 저장, 수송, 효율적 소비를 위한 경영까지 각 단계에는 과학적 기술이 필요하고(양의석 외, 2019), 융합적 사고가 요구되기 때문에 에너지 가치사슬에 따른 교과구성과 연계가 중요하다. 또한, 최근 융합 교육과정을 소단위 학위과정으로 운영하는 대학이 늘고 있지만, 학점충족 방식의 단기 교육과정으로 운영되고 있다(예: 6~15학점 이수 시 단위 학위취득). 효과적인 단위 교육과정을 위해서는 학점충족 기준 위주가 아니라, 내용 중심의 우

수한 교과 구성과 교육과정 간 연계가 필요하다(최정희, 2024). 따라서 신재생에너지 분야의 인재양성을 위한 교육과정에는 에너지 가치사슬에 따라 첨단기술을 활용하는 교과 구성을 포괄하고 각 단위 교육과정과 전공 교육과정이 연계되도록 운영하는 것이 바람직하다.

## 2. 신재생에너지 분야 교육과정 관련 선행연구

대학의 신재생에너지 분야의 교육과정은 비교적 최근에 개설되었기 때문에 관련 연구는 미흡한 실정이다. 특정 에너지 분야에 대한 교육과정 개발 연구가 드물게 수행되었다. 이유현과 이용택(2021)은 수소에너지 융합 교육과정 개발을 위해 학생들의 인식을 조사하였다. 단위 학위제에 대한 수요와 교육과정의 필요성을 높게 인식했다고 밝혔는데, 학습자의 수요를 조사했다는 점에서 의의가 있으나 교과 구성에 대한 구체적인 내용을 파악하기는 어려웠다. 이준혁 외(2020)는 해상풍력 산업 종사자의 안전 교육과정 개발을 위해 세계풍력기구의 교육과정을 참고하여 구성하였다. 국제기구의 교육과정을 벤치마킹하여 국제적 수준에 부합하고자 노력하였으나, 교육과정이 적합한지 이해관계자나 전문가를 대상으로 한 평가나 자문 과정이 생략되었다.

한편, 신재생에너지 분야 교육과정의 요구분석 관련 연구도 충분하지 않다. 사회환경 변화와 요구에 민첩하게 반응하고 전문 교육과정을 운영하는 것이 바람직하다는 것에는 이견이 없지만, 지·산·학·연의 종합적인 요구분석은 아직까지 실행 차원에 머물러 있는 것으로 보인다. 첨단분야의 요구조사는 기존 학과 중심이 아니기 때문에 조사대상을 확보하기 어렵고 첨단분야 인재에 대한 교육 요구수준이 복잡하여 교육과정에 반영하기 어렵다는 문제가 있다. 따라서 신재생에너지 분야 외 첨단기술 분야를 중심으로 수행된 선행연구를 살펴보았다. 이해선과 엄미정(2022)은 공학계열의 첨단분야 학과 개편의 배경과 특징을 분석하였다. 대학들이 시대변화에 대응하고, 과제 수주 등 학과 경쟁력 강화를 위해 학과명을 AI, 미래, 첨단, 스마트로 변경한다는 것을 밝혔다. 또한, 첨단분야 맞춤형 교육과정 개발을 위해 노력하지만, 교원 확보, 교육과정 개편, 요구조사의 어려움 때문에 최신회하기 어려운 현실적인 문제를 보여주었다. 진성희(2017)는 나노, 바이오, 로봇, 디자인 관련 산업을 대상으로 수요조사를 실시하여 융합기술의 요구도가 높다는 것과 협력체계 및 혁신적인 교육시스템의 필요성을 강조하였다. 다양한 첨단기술 분야에서 산업체의 요구를 반영한다는 점에서 함의를 제공했으나, 큰 틀에서 요구조사가 진행되어 교육과정의 구체적인 요구도를 파악하기는 어려웠다. 황운

자와 도현미(2023)는 항공, 드론 분야의 산업체와 학계 전문가를 대상으로 직무, 교수방법, 기술 분야 등에 대한 인식을 조사하고, 산·학의 인식 차이를 보고하였다. 산·학 간 인식의 공통점과 차이점을 발견함으로써 교육과정 개발에 함의를 제공하였으나, 교과 구성에 대한 정보는 얻기는 어려웠다. 황두희와 박금주(2021)는 울산지역 에너지산업체 재직자를 대상으로 신재생에너지 교육에 대한 요구분석을 실시하고, 수소정제, 제조, 저장, 자동차 인프라 기술에 대한 높은 요구를 보고하였다. 지역산업의 특성화 기술을 보유한 산업체 재직자를 대상으로 실시한 조사라는 측면에서 실무적 요구도를 알 수 있었으나, 대학의 교육과정에 난이도나 분야의 집약도를 반영하기 어려운 측면이 있다.

이와 같은 선행연구들은 다양한 공학교육 분야에서 첨단기술을 반영하기 위해 지역, 산업체, 대학의 요구를 조사하였으나, 각 대상별로 실시되어 다양한 전문가 그룹의 요구를 파악하기는 어려웠다. 또한, 대체로 초기 수요조사 위주로 수행되어 구체적인 교육과정에 대한 평가를 반영하지 못하였다. 따라서 신재생에너지 분야의 지·산·학·연의 전문가 그룹을 대상으로 한 교육과정 평가와 요구분석에 대한 과제는 여전히 남아있다.

## 3. 교육과정 요구도 평가

요구분석은 목표 달성을 위해 현재와 미래의 요구수준의 격차를 정의하고 간극을 해소함으로써 문제를 해결하기 위해 수행한다. 요구분석 결과는 교육과정의 성공을 위한 핵심요소를 제공하기 때문에 교육의 수혜자, 교육의 제공자, 운영자 및 투자자 등 다양한 이해관계자를 대상으로 요구조사를 실시하여 교육과정 개발, 조직개발 등의 분야에서 활용된다. 특히 산업 맞춤형 교육과정 운영 시 산업체를 대상으로 한 요구분석은 산업과 대학 간 피드백 기능을 함으로써 교육의 질과 고용기회를 향상시킨다(Matkovic et al., 2014). 본 교육과정은 신재생에너지산업 맞춤형으로 미래 전문인력 양성을 목표로 운영하므로 신재생에너지산업에 종사하고 있는 전문가들을 대상으로 요구분석을 실시하였다.

요구도 평가의 가장 대중적인 방식은 Altschuld와 Kumar(2010)의 3단계 모델인데, 1984년, Watkins가 제안한 초기모델에서 약 40년간 발전을 거듭해왔다. 요구도 평가의 3단계 모델은 현재까지 공공분야와 민간분야에서 적용 사례가 꾸준히 증가하고 있는 대표적인 요구도 평가 방법이다(Altschuld & Watkins, 2014). 요구도 평가의 3단계 모델을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 1단계 사전평가(Pre-assessment)는 요구분석을 할

필요와 상황을 탐색하기 위한 목적으로 시행하는데, 충분한 조사범위와 깊이가 있는 내용인지 분석한다. 기존의 기록자료를 검토하거나 정보를 수집함으로써 평가할 수 있다. 본 연구에서는 사업보고서, 전공 소개자료, 교육과정 및 교과목에 대한 교수요목, 강의계획서 등 본 교육과정을 알 수 있는 문헌을 참고하여 조사하였다.

둘째, 2단계 평가(Assessment)는 심층분석을 위해 추가자료 분석, 요구사항 조사, 우선순위 평가 등 문제해결을 위한 준비에 해당한다. 공식적인 설문조사, 개별 인터뷰나 그룹 인터뷰 등을 실시할 수 있다(Altschuld & Witkins, 2010). 본 연구에서는 에너지 분야 전문가를 대상으로 설문조사와 전문가 델파이 조사를 실시하여 정량적 및 정성적 자료를 수집함으로써 교육과정에 대한 요구를 종합적으로 분석하였다.

셋째, 3단계 사후평가(Post-assessment)는 1단계와 2단계의 분석 결과를 바탕으로 인과 분석, 우선순위 결정, 전략 수립 등이 포함된다. 더 폭넓게는 요구도 평가방식에 대한 적절성 평가, 실행에 대한 평가를 포함할 수 있다. 본 연구에서는 정량적 및 정성적 자료를 종합적으로 평가한 결과를 바탕으로 교과목의 우선순위를 결정하고, 교육과정에 대한 종합적인 평가와 함께 개선방안을 도출하였다.

### III. 연구방법

#### 1. 연구참여자

본 연구는 신재생에너지산업의 맞춤형 교육과정에 대한 의견조

사를 실시하기 위해 신재생에너지 분야의 지·산·학·연 전문가 30명을 목적표집(Purposive Sampling) 하였다. 전문가를 분야별로 구분해 보면, 산업계 전문가(13명, 43.3%)가 가장 많았고, 그다음 학계 전문가(9명, 30.0%), 연구계와 지역 전문가 순으로 나타났다(각 4명, 13.3%). 전문가의 평균 연령은 52세, 해당 분야의 평균 경력은 17년 4개월을 보유한 것으로 조사되었다. 전문가의 최종학력은 박사학위자(22명, 73.3%)가 가장 많았고, 그다음 석사학위자(5명, 16.7%)와 학사학위자(3명, 10.0%) 순이었다. 전문가의 전공은 기계공학(8명, 26.7%)이 가장 많았고, 다음으로 에너지공학과 전기공학이 많았다(각 6명, 20.0%). 뒤이어 기술경영학 전공자(4명, 13.3%)가 많았고, 그 외 건축환경공학, 재료공학, 화학공학 전공자가 동일한 비율로 참여하였다(각 2명, 6.7%). 연구참여자의 정보는 Table 2와 같다.

#### 2. 자료수집 및 분석

자료수집과 분석은 다음과 같은 절차에 따라 진행되었다. 첫째, 신재생에너지 분야의 지원사업 및 사업보고서, 교육과정 및 과목별 교수요목, 강의계획서 등 관련 문헌을 조사하여 고찰하였다. 둘째, 신재생에너지 분야의 전문가를 대상으로 신재생에너지 분야의 교과목에 대한 요구조사를 실시하였다. 요구 조사는 각 교과목에 대한 요구도를 평가(5 Point-Likert Scale, 1=전혀 중요하지 않음, 5=매우 중요함)하는 설문조사 방식으로 진행하였다. 요구분석은 과목별 현재 중요도와 미래 중요도를 측정하여 바람직한 수준의 차이(요구도)를 평균값을 이용하여 t-test로 산출하였다. 우선순위 결정은 조대연(2009)이 제안한 방식에 따라 Borich 요구도를 식(1)과 같이 산출하고, The Locus for Focus Model의 HH 분면에서 중복으로 산출된 것을 우선으로 선택하였다.

$$Borich's\ NS = \frac{\{\sum(RL - PL)\} \times \overline{RL}}{N} \quad (1)$$

Note. NS=needs score, RL=required level, PL=present level,  $\overline{RL}$ =average of RL, N=sample size

The Locus for Focus model은 Fig. 1과 같이 x축을 미래 중요도 평균, y축을 요구도 평균(미래 중요도-현재 중요도)으로 하여 사분면으로 시각화한 모델이다(Mink et al., 1979). Sector 1(LH)은 미래 중요도는 낮지만 요구도가 높은 영역, Sector 2(HH)는 미래 중요도와 요구도가 모두 높은 영역, Sector 3(HL)은 미래 중요도는 높지만 요구도가 낮은 영역,

Table 2 Experts in New andRenewable Energy

No.	Experts	Degree	Career	No.	Experts	Degree	Career
1	Industry A	Bachelor	360	16	Academic C	PhD	315
2	Industry B	Master	360	17	Academic D	PhD	288
3	Industry C	Master	350	18	Academic E	PhD	177
4	Industry D	Master	210	19	Academic F	PhD	120
5	Industry E	Master	103	20	Academic G	PhD	120
6	Industry F	Master	84	21	Academic H	PhD	120
7	Industry G	PhD	300	22	Academic I	PhD	99
8	Industry H	PhD	228	23	Researcher A	PhD	310
9	Industry I	PhD	228	24	Researcher B	PhD	300
10	Industry J	PhD	145	25	Researcher C	PhD	216
11	Industry K	PhD	130	26	Researcher D	PhD	150
12	Industry L	PhD	25	27	Regional B	Bachelor	463
13	Industry M	PhD	23	28	Regional D	Bachelor	175
14	Academic A	PhD	336	29	Regional C	PhD	108
15	Academic B	PhD	330	30	Regional A	PhD	84

Note. Career: The Number of Months of Work Experiences

Sector 4(LL)는 미래 중요도와 요구도가 모두 낮은 영역에 해당한다.

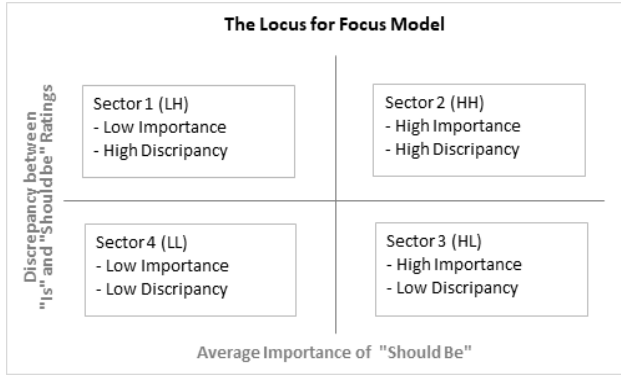


Fig. 1 The Locus for Focus Model

Source: Mink et al.,(1979), p128

셋째, 전문가 델파이 조사를 실시하여 교육과정 적합도에 대한 평가(7 Point-Likert scale, 1=전혀 적합하지 않음, 7=매우 적합함)와 의견을 수집하였다. 교육과정에 대한 평가는 '미래 신재생에너지 분야의 인재에게 요구되는 역량과 고용기회 확대를 위한 교육과정으로써 적합도 평가와 전반적인 의견'을 제시하는 것이었다. 1차 온라인 델파이 설문조사 결과 모두 적합한 것으로 평가되어 재평가를 시행하지는 않았으나, 2차 오프라인 델파이 의견조사를 실시하여 1차 결과에 대한 공유, 전문가들의 종합적인 의견을 청취하였다. 2차 오프라인 델파이 의견조사는 사전에 참여자들을 대상으로 시행 목적과 자료를 제공하고 녹음에 대한 안내와 동의를 구하여 녹취하였다.

1차 전문가 델파이 설문 응답 자료는 CVR(Content Validity Ratio) 값을 산출하여 분석하였다. CVR 값의 산출은 식(2)에 따라 수행하고, 내용적합도는 30인 패널의 임계값(CVR=.333)을 기준으로 판단하였다(Ayre & Scally, 2014).

$$CVR = \frac{n_e - (N/2)}{(N/2)} \quad (2)$$

Note.  $n_e$ =agreeing panel,  $N$ =panel size

2차 전문가 델파이 의견은 녹취내용을 분석하여 정리하였다. 본 연구에서는 온라인과 오프라인으로 전문가 델파이 조사를 2회 실시하여 정량평가에서 수집하기 어려운 정성평가 자료를 함께 수집함으로써 교육과정에 대한 종합적인 의견을 분석하였다. 자료분석은 MS Office Excel 2018과 SPSS 25.0 소프트웨어 프로그램을 사용하였다.

## IV. 연구결과

### 1. 지·산·학·연 전문가의 교과목 요구도 평가

신재생에너지 분야의 지·산·학·연 전문가가 인식한 교과목에 대한 Borich 요구도 분석 결과는 Table 3과 같다. 7개 융합대학에서 개발하여 운영하는 표준 교육과정의 교과목과 그

Table 3 Results of Borich's Needs Assessment

No	Present		Future		Future-Present			Borich NS	Priority
	M	SD	M	SD	M	SD	t		
1	4.20	0.76	4.30	0.88	0.10	0.66	0.83	0.43	26
2	4.50	0.57	4.43	0.68	-0.07	0.52	-0.70	-0.30	49
3	4.23	0.63	4.33	0.61	0.10	0.55	1.00	0.43	25
4	<b>4.23</b>	<b>0.57</b>	<b>4.50</b>	<b>0.63</b>	<b>0.27</b>	<b>0.52</b>	<b>2.80**</b>	<b>1.20</b>	<b>10</b>
5	4.07	0.58	4.10	0.71	0.03	0.41	0.44	0.14	36
6	4.07	0.74	4.17	0.75	0.10	0.40	1.36	0.42	27
7	4.07	0.69	4.00	0.74	-0.07	0.64	-0.57	-0.27	48
8	4.03	0.72	4.20	0.76	0.17	0.70	1.31	0.70	19
9	<b>3.73</b>	<b>0.83</b>	<b>4.20</b>	<b>0.76</b>	<b>0.47</b>	<b>0.68</b>	<b>3.75***</b>	<b>1.96</b>	<b>3</b>
10	<b>3.70</b>	<b>0.84</b>	<b>4.03</b>	<b>0.85</b>	<b>0.33</b>	<b>0.71</b>	<b>2.57*</b>	<b>1.34</b>	<b>7</b>
11	3.73	0.69	3.83	0.70	0.10	0.40	1.36	0.38	33
12	3.83	0.65	3.87	0.97	0.03	0.76	0.24	0.13	37
13	3.60	0.67	3.80	1.03	0.20	1.00	1.10	0.76	16
14	4.07	0.52	4.17	0.70	0.10	0.55	1.00	0.42	28
15	<b>3.73</b>	<b>0.91</b>	<b>4.17</b>	<b>0.79</b>	<b>0.43</b>	<b>0.57</b>	<b>4.18***</b>	<b>1.81</b>	<b>4</b>
16	3.90	0.76	3.97	0.76	0.07	0.58	0.63	0.26	34
17	3.80	0.66	3.90	0.71	0.10	0.31	1.80	0.39	31
18	<b>3.90</b>	<b>0.76</b>	<b>4.23</b>	<b>0.68</b>	<b>0.33</b>	<b>0.76</b>	<b>2.41*</b>	<b>1.41</b>	<b>6</b>
19	<b>3.73</b>	<b>0.74</b>	<b>4.33</b>	<b>0.71</b>	<b>0.60</b>	<b>0.62</b>	<b>5.29***</b>	<b>2.60</b>	<b>1</b>
20	<b>3.93</b>	<b>0.74</b>	<b>4.20</b>	<b>0.81</b>	<b>0.27</b>	<b>0.58</b>	<b>2.50*</b>	<b>1.12</b>	<b>12</b>
21	<b>3.97</b>	<b>0.72</b>	<b>4.33</b>	<b>0.80</b>	<b>0.37</b>	<b>0.56</b>	<b>3.61***</b>	<b>1.59</b>	<b>5</b>
22	3.83	0.79	4.03	0.76	0.20	0.55	1.99	0.81	15
23	<b>3.67</b>	<b>0.71</b>	<b>3.97</b>	<b>0.76</b>	<b>0.30</b>	<b>0.60</b>	<b>2.76**</b>	<b>1.19</b>	<b>11</b>
24	3.83	0.83	3.77	0.77	-0.07	0.58	-0.63	-0.25	47
25	3.53	0.90	3.53	0.90	0.00	0.37	0.00	0.00	40
26	3.83	0.79	3.83	0.79	0.00	0.45	0.00	0.00	41
27	4.23	0.68	4.40	0.72	0.17	0.46	1.98	0.73	17
28	3.40	0.72	3.53	0.73	0.13	0.43	1.68	0.47	24
29	4.10	0.66	4.27	0.78	0.17	0.53	1.72	0.71	18
30	<b>4.10</b>	<b>0.76</b>	<b>4.30</b>	<b>0.65</b>	<b>0.20</b>	<b>0.48</b>	<b>2.26*</b>	<b>0.86</b>	<b>13</b>
31	<b>4.03</b>	<b>0.67</b>	<b>4.33</b>	<b>0.71</b>	<b>0.30</b>	<b>0.65</b>	<b>2.52*</b>	<b>1.30</b>	<b>9</b>
32	3.77	0.73	3.87	0.73	0.10	0.48	1.14	0.39	32
33	<b>3.37</b>	<b>0.72</b>	<b>3.93</b>	<b>0.91</b>	<b>0.57</b>	<b>0.73</b>	<b>4.26***</b>	<b>2.23</b>	<b>2</b>
34	<b>3.67</b>	<b>0.71</b>	<b>4.00</b>	<b>0.91</b>	<b>0.33</b>	<b>0.66</b>	<b>2.76*</b>	<b>1.33</b>	<b>8</b>
35	3.93	0.69	4.13	0.78	0.20	0.55	1.99	0.83	14
36	3.93	0.58	4.10	0.66	0.17	0.46	1.98	0.68	20
37	3.80	0.76	3.97	0.76	0.17	0.53	1.72	0.66	22
38	3.97	0.85	4.07	0.83	0.10	0.40	1.36	0.41	29
39	3.93	0.87	4.10	0.84	0.17	0.46	1.98	0.68	21
40	3.60	0.77	3.57	0.68	-0.03	0.41	-0.44	-0.12	43
41	3.50	0.86	3.57	0.97	0.07	0.52	0.70	0.24	35
42	3.90	0.76	3.73	0.87	-0.17	0.75	-1.22	-0.62	52
43	3.67	0.66	3.47	0.73	-0.20	0.55	-1.99	-0.69	53
44	3.83	0.70	3.80	0.76	-0.03	0.56	-0.33	-0.13	44
45	3.80	0.71	3.83	0.91	0.03	0.61	0.30	0.13	38
46	3.37	0.89	3.27	0.87	-0.10	0.40	-1.36	-0.33	51
47	3.57	0.90	3.53	0.86	-0.03	0.41	-0.44	-0.12	42
48	3.63	0.67	3.57	0.77	-0.07	0.52	-0.70	-0.24	45
49	3.77	0.68	3.70	0.84	-0.07	0.52	-0.70	-0.25	46
50	3.27	0.78	3.17	0.70	-0.10	0.48	-1.14	-0.32	50
51	3.83	0.70	3.93	0.78	0.10	0.61	0.90	0.39	30
52	3.77	0.77	3.93	0.78	0.17	0.65	1.41	0.66	23
53	3.40	0.72	3.43	0.82	0.03	0.49	0.37	0.11	39

Note. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

의 추가 교과목을 포함하여 53개 교과목을 조사한 결과이다. 신재생에너지 분야 미래 인재에게 요구되는 각 교과목의 미래 중요도와 현재 중요도의 차이가 통계적으로 유의한 것은 13개 교과목으로 산출되었다(19, 33, 9, 15, 21, 18, 10, 34, 31, 4, 23, 20, 30). 이것은 현재보다 미래에 더욱 중요해질 것이라고 판단되는 교육 요구도가 높은 과목들이다.

다음의 Fig 2는 Borich 요구도의 산출값과 미래 중요도의 평균값을 적용하여 The Locus for Focus Model로 분석한 좌표평면의 결과이다. LH 영역은 4개, HH 영역은 20개, HL 영역은 9개, LL 영역은 20개 과목을 포함하였다.

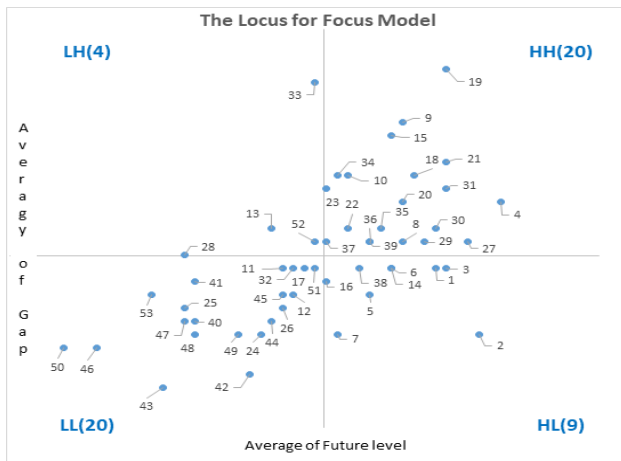


Fig. 2 The Locus for Focus Model of Courses

Fig. 2의 결과를 표로 정리하면 다음의 Table 4와 같다. HH 영역에서 도출된 교과목 수만큼 Borich 요구도 평가에 따른 우선순위를 20위까지 살펴보았다(Table 3. 참고). 그 결과, The Locus for Focus Model과 Borich 요구도 순위에서 중복으로 산출된 과목은 18개였다(Table 4. 음영 참고).

교과목의 요구도 평가 결과를 바탕으로 우선순위를 결정하면 다음의 Table 5와 같다. The Locus for Focus Model과 Borich 요구도 순위에서 중복으로 산출된 18개의 교과목은 신재생에너지 분야의 미래 인재가 수강해야 할 과목들로서 지·산·학·연 전문가들이 평가한 요구도가 높은 과목들이다. 따라서, 4. 에너지저장공학개론, 8. 에너지와기술의경계학, 9. 에너지환경기술, 10. 에너지와기후변화, 15. 거대에너지저장, 18. 화학적에너지수송, 19. AI기반에너지관리, 20. 이산화탄소포집활용저장, 21. 에너지빅데이터분석, 22. 에너지기후변화정책, 23. AI기반에너지안전공학, 27. 수소에너지공학, 29. 전기차배터리공학, 30. 차세대에너지저장변환공학, 31. 수소생산과연료전지응용, 34. AI기반시스템최적화, 35. 스마트그리드, 36. 에

너지사업타당성평가 과목은 최우선 순위로 운영해야 할 교과목에 해당된다.

Table 4 Results of the Locus for Focus Model

		Courses	
LH (4)	13. Bio-waste to Energy Conversion Engineering*	33. Wireless Energy Transfer*	
	28. Plasma Energy Engineering	52. Safety Engineering for Hydrogen Energy	
HH (20)	4. Introduction to Energy Storage Engineering*	23. AI-based Energy Safety Engineering*	
	8. Energy and Technology Economics*	27. Hydrogen Energy Engineering*	
	9. Energy and Environmental Technology*	29. Electric Vehicle Battery Engineering*	
	10. Energy and Climate Change*	30. Advanced Energy Storage Conversion Engineering*	
	15. Large Energy Storage System*	31. Hydrogen Production and Fuel Cell Applications*	
	18. Chemical Energy Transport*	34. AI-based System Optimization*	
	19. AI-based Energy Management*	35. Smart Grid*	
	20. Utilization and Storage of Carbon Dioxide Capture*	36. Feasibility Evaluation of Energy Projects*	
	21. Big Data Analytics for Energy*	37. Research on Issues in the New Energy Industry	
	22. Energy and Climate Change Policy*	39. New Energy Industry-Capstone Design 2	
HL (9)	1. Introduction to New Energy Engineering	7. Introduction to Electrical Energy	
	2. Introduction to Renewable Energy Engineering	14. Design of Energy Storage Materials	
	3. Introduction to Hydrogen Fuel Cells	16. Zero Energy Systems	
	5. Introduction to Energy Materials	38. New Energy Industry-Capstone Design 1	
	6. Theory and Experiment of Electrochemical Energy Storage		
		43. New Energy Industry-Incubating Entrepreneurship	
LL (20)	11. Reaction Engineering for Energy Production	44. New Energy Industry-Data Analytics	
	12. Materials Engineering for Energy Production	45. AI and New Energy Industry	
	17. Advanced power electronics and electric machines	46. Energy Semiconductors and Ultra-low Power Appliances	
	24. Solar Cell Energy Engineering	47. Energy, Environment, and Society	
	25. Geothermal Energy Engineering	48. Energy Plants-Capstone Design	
	26. Wind Energy Engineering	49. Experiment on Hydrogen Production and Fuel Cell Applications	
	32. Thermal Energy Conversion Engineering	50. Introduction to Nuclear Engineering	
	40. Introduction to Nuclear Power Engineering	51. Carbon Neutrality and ESG	
	41. Introduction to Python Programming	53. New Energy Industry in Our Region	
	42. New Energy Industry-Career Design		

Note. \*: The Results of Borich's Needs Assessment Priority

Table 5 Results of the Priority

Courses	BNA	LFF'HH	Priority
4. Introduction to Energy Storage Engineering	o	o	1st
8. Energy and Technology Economics	o	o	1st
9. Energy and Environmental Technology	o	o	1st
10. Energy and Climate Change	o	o	1st
13. Bio-waste to Energy Conversion Engineering	o	-	2nd
15. Large Energy Storage System	o	o	1st
18. Chemical Energy Transport	o	o	1st
19. AI-based Energy Management	o	o	1st
20. Utilization and Storage of Carbon Dioxide Capture	o	o	1st
21. Big Data Analytics for Energy	o	o	1st
22. Energy and Climate Change Policy	o	o	1st
23. AI-based Energy Safety Engineering	o	o	1st
27. Hydrogen Energy Engineering	o	o	1st
29. Electric Vehicle Battery Engineering	o	o	1st
30. Advanced Energy Storage Conversion Engineering	o	o	1st
31. Hydrogen Production and Fuel Cell Applications	o	o	1st
33. Wireless Energy Transfer	o	-	2nd
34. AI-based System Optimization	o	o	1st
35. Smart Grid	o	o	1st
36. Feasibility Evaluation of Energy Projects	o	o	1st
37. Research on Issues in the New Energy Industry	-	o	2nd
39. New Energy Industry-Capstone Design 2	-	o	2nd

Note. BNA=Borich's Needs Assessment; LFF' HH= HH(Sector2) on The Locus for Focus Model

다음, 차선으로 고려해야 할 과목은 Borich 요구도 우선순위 또는 The Locus for Focus Model에서 각각 산출된 4개 과목이다. 13. 바이오폐기물에너지공학, 33. 무선에너지전달, 37. 에너지신산업이슈연구, 39. 에너지신산업캡스톤디자인2 과목은 최우선 다음으로 운영해야 하는 교과목에 해당된다.

## 2. 지·산·학·연 전문가의 교육과정 적합도 평가

신재생에너지 분야에서 운영 중인 6개의 각 교육과정(A~F)은 초급·중급·고급 수준으로 교과목이 구성되어 있다. A 교육과정은 40개 교과목으로 구성되어 있으며 에너지 가치사슬의 에너지 생산, 저장·변환, 수송·관리, 경영 트랙을 모두 포함하는 표준 교육과정이다. B 교육과정은 에너지 생산(12과목), C 교육과정은 에너지 저장·변환(10과목), D 교육과정은 에너지 수송·관리(8과목), E 교육과정은 에너지 경영(10과목)으로 트랙별로 구성된다. 가장 최근에 개발된 F 교육과정은 에너지(4과목)와 환경(4과목)의 융합 교육과정(8과목)이다. B~F 교육과정은 소단위 학위과정(Micro Degree)으로 운영된다.

신재생에너지 분야의 교육과정 적합도 평가는 지·산·학·연 전문가를 대상으로 델파이 설문조사를 실시하여 분석하였다.

Table 6 Results of the Expert Delphi Survey

Curriculum	CVR	Decision
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum A consists of beginner, intermediate, and advanced levels in tracks for energy production, energy storage and conversion, energy transportation, and energy management.</li> <li>Total of 40 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>11 beginner-level, 14 intermediate-level, and 15 advanced-level courses</li> </ul> </li> </ul>	.800	Suitable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum B consists only of courses related to energy production.</li> <li>Total of 12 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Beginner-level(3):</b> Introduction to New Energy Engineering, Introduction to Renewable, Introduction to Hydrogen Fuel Cells, Energy Engineering</li> <li><b>Intermediate-level(4):</b> Reaction Engineering for Energy Production, Materials Engineering for Energy Production, Bio-waste to Energy Conversion Engineering, Introduction to Nuclear Engineering</li> <li><b>Advanced-level(5):</b> Solar Cell Energy Engineering, Geothermal Energy Engineering, Wind Energy Engineering, Hydrogen Energy Engineering, Plasma Energy Engineering</li> </ul> </li> </ul>	.533	Suitable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum C consists only of courses related to energy storage and conversion.</li> <li>Total of 10 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Beginner-level(3):</b> Introduction to Energy Storage Engineering, Introduction to Energy Materials, Theory and Experiment of Electrochemical Energy Storage</li> <li><b>Intermediate-level(3):</b> Design of Energy Storage Materials, Large Energy Storage System, Zero Energy Systems</li> <li><b>Advanced-level(4):</b> Electric Vehicle Battery Engineering, Advanced Energy Storage Conversion Engineering, Hydrogen Production and Fuel Cell Applications, Thermal Energy Conversion Engineering</li> </ul> </li> </ul>	.667	Suitable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum D consists only of courses related to energy transportation.</li> <li>Total of 8 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Beginner-level(1):</b> Introduction to Electrical Energy</li> <li><b>Intermediate-level(4):</b> Advanced Power Electronics and Electric Machines, Chemical Energy Transport, AI-based Energy Management, Utilization and Storage of Carbon Dioxide Capture</li> <li><b>Advanced-level(3):</b> Wireless Energy Transfer, AI-based System Optimization, Smart Grid</li> </ul> </li> </ul>	.467	Suitable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum E consists only of courses related to energy management.</li> <li>Total of 10 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Beginner-level(4):</b> Energy and Technology Economics, Energy and Environmental Technology, Energy and Climate Change, New Energy Industry-Capstone Design 1</li> <li><b>Intermediate-level(3):</b> Big Data Analytics for Energy, Energy and Climate Change Policy, AI-based Energy Safety Engineering</li> <li><b>Advanced-level(3):</b> Feasibility Evaluation of Energy Projects, Research on Issues in the New Energy Industry, New Energy Industry-Capstone Design 2</li> </ul> </li> </ul>	.667	Suitable



Curriculum	CVR	Decision
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curriculum F consists only of courses related to renewable energy and the environment.</li> <li>Total of 8 courses:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Beginner-level(3):</b> Introduction to Hydrogen Fuel Cells, Introduction to Environmental Engineering, Introduction to Smart Cities</li> <li>- <b>Intermediate-level(3):</b> Chemical Energy Transport, Preliminary Hazard Assessment, Environmental Ecology Engineering</li> <li>- <b>Advanced-level(2):</b> Solar Cell Energy Engineering, Thermal Energy Conversion Engineering</li> </ul> </li> </ul>	.667	Suitable

Table 6에서 제시한 바와 같이 CVR값을 산출하여 내용타당도를 분석한 결과, 6개 교육과정(A~F)은 모두 적합하였다(CVR>.333). 그중에서도 A 교육과정은 가장 긍정적인 평가를 받았는데, 그 이유로는 신재생에너지 분야의 교과목을 수준별, 트랙별로 포괄하여 체계적이라는 의견이 많았다. 국내 대학에서 운영하는 신재생에너지 분야 교육과정 사례들에 비해 다양한 교육과정 체계를 갖추고 있어 이러한 점이 장점으로 평가되었다. 그리고 적합하다는 평가를 받았지만, 가장 낮은 점수를 받은 것은 D 교육과정(에너지 수송·관리)으로 나타났다. D 교육과정은 트랙 중 교과목 수가 가장 적기 때문에 학생의 수강 선택권, 전문성 측면에서 추가 개설이 필요하다는 의견이 반영되었다.

또한, E 교육과정(에너지 경영)의 경우에는 전문가들의 상반된 의견이 있었다. E 교육과정은 다른 교육과정에 비해 기초수준의 교과목으로 구성되어 전문성이 결여된 것처럼 보일 수 있다고 언급하였다. 이를 개선하기 위한 방법으로 구체적인 강의 계획서와 함께 교수요목 명확화의 필요성을 제시하였다. 그러나 E 교육과정은 타 전공자들의 진입이 용이하여 융합인재를 양성하는데 적합하다는 긍정적인 견해도 있었다.

지·산·학·연 분야별 전문가의 견해를 구분해 보기 위해 각 교육과정에 대한 응답 평균값을 기준으로 Fig 3과 같이 그래프로 나타내었다.

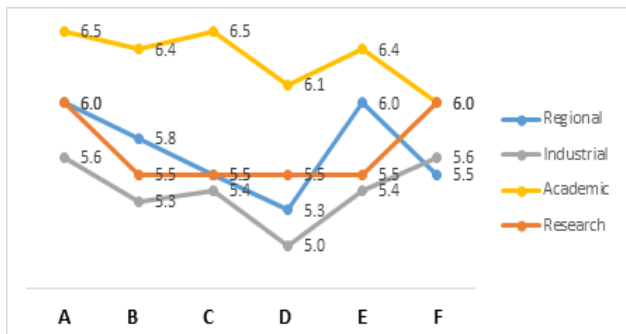


Fig. 3 Graph of Experts Response for Curriculum

가장 높은 평가를 준 전문가 그룹은 학계였고(6.0~6.5), 가장 낮은 평가를 준 전문가 그룹은 산업계였다(5.0~5.6). 지역 및 연구계 전문가 그룹은 학계보다는 산업계에 가까운 응답을 보였다. 모든 전문가 그룹의 평균이 높은 편이었으나, 학계와 현장 간 인식의 차이를 줄이기 위한 노력이 필요하다.

### 3. 지·산·학·연 전문가의 교육과정에 대한 의견

신재생에너지 분야의 교육과정에 대한 의견 청취를 위해 지·산·학·연 전문가를 대상으로 델파이 의견조사를 추가로 실시하였다. 반구조화된 질문을 제시하여 교육과정에 대한 전반적인 의견을 물었고, 약 2시간에 걸쳐 진행하였다. 주요 질문은 “전체 교육과정에 대해 귀하는 어떻게 생각하십니까?”, “귀하가 채용하고자 하는 인재가 이수했다면 하는 교육내용은 무엇입니까?”였다. 학계 전문가보다는 주로 지역, 산업계, 연구계 전문가들의 의견을 청취하는 방식으로 진행되었다. 전문가들은 대체로 교육과정이 체계적으로 설계되었다고 평가했지만, 채용 담당자 또는 관리자 관점에서 개선사항에 대한 의견을 자유롭게 개진하였다. 주요 내용을 분석하여 정리하면 다음과 같다.

#### 가. 기본기가 탄탄한 기초공동 교육

전문가들은 산업 현장에서 특정 에너지원 또는 각 에너지 분야의 전문적인 지식을 요구하기도 하지만 그보다도 기초적인 지식을 두루 갖추는 것이 중요하다는 공통된 의견이 있었다. 구체적으로, 에너지 대전환이 필요한 이유, 전공 분야의 기초 개념, 에너지 사용에 대한 안전교육 등은 필수라고 설명하였다. 또한, 에너지 가치사슬을 전반적으로 이해하는 것이 실무에서 필요하다고 덧붙였다.

“에너지기술 간 경제성과 안정성 확보 측면에서 에너지경제공학 같은 과목은 통합으로 해서 공통으로 운영되었으면 합니다. 경영하는 사람만 알아야 되는 게 아니라 다 필요하거든요.” (산업계F)

“신재생에너지를 활용한 에너지 사용 효율을 개선하기 위해 제로에너지 건축의 개념이라든지 기초적인 소양이 필요합니다.” (산업계M)

“재생에너지로 전환이 불가피하다는 당위성을 기초과정에서부터 이해하는 것이 중요하고...” (산업계J)

“현장에서는 안전사고가 일어날 수 있기 때문에 안전교육은 필수입니다. 이런 건 학교에서부터 배우고 오면 좋은데, 교육 과정에 배치가 어려우면 현장 방문교육이라도 받는 게 어떨까



제안하고 싶습니다.” (산업계L)

“현장에서는 실무적으로 바로 일할 수 있는 인재가 필요한데, (전반적인 지식을 갖추기 위해) 교육과정의 50% 이상을 이수 하는 것으로 기준을 상향시키면 좋겠습니다.” (지역D)

“우리 회사 입장에서 보면, 한 분야의 전문가를 위한 교육과정 보다는 전 과정을 축소시켜서 전반적으로 배우는 형태로 하는 것이 좋습니다.” (산업계K)

현재 신재생에너지 분야는 트랙별 전문성과 학생들의 편의, 전공의 진입장벽 완화를 위해 4개 교과목씩 수강하면 마이크로 디그리가 발급되는 단위 교육과정을 운영하고 있다. 이에 대해 전문가들은 신입 채용 시 특정 분야의 지식을 갖추는 것 보다는 에너지 분야에 대한 기초지식을 두루 갖춘 사람을 선호 한다는 입장이었다. 현재는 특정 전공에 포함되지 않는 교양 성격의 과목만을 기초 공통과목으로 운영하나, 신재생에너지의 기초과목을 필수과목으로 지정 및 운영하는 방안이 검토가 필요하다.

#### 나. 융합·통합적 연계 교육

전문가들은 신재생에너지 분야에서 각자가 수행하는 업무가 있더라도 교육과정에서 익힌 지식 단위를 연결하는 통합적인 사고력이 요구된다고 설명하였다. 즉, 에너지정책, 동향 등과 연계하여 거시적인 관점에서 판단할 수 있는 사고력을 갖춘 인재를 선호하였다. 또한, 하나의 에너지원으로부터 에너지효율을 기대하기 어렵기 때문에 현장에서는 에너지원의 융합에 대한 이해가 있는 지원자들을 환영한다고 밝혔다.

“현장에서는 전반적인 지식이 필요하기 때문에 교과목이 딱 구분되지 않고 연계하는 것이 핵심인 것 같습니다. 예를 들면, 에너지정책과 에너지, 에너지와 환경의 연계성을 다루는 교육 같은 게 필요한 거죠.” (지역C)

“산업에 대한 이해, 기술, 정책, 비전과의 연관성을 배우고 종합적인 사고능력을 갖추는 교육과정으로 구성하는 것이 바람직하지 않나...” (연구계C)

“기후변화로 인해 발생하는 새로운 에너지산업의 형태라든지, 각국의 정책적 대응에 대한 동향을 알아야 왜 이걸 추진하는지 알 수 있으니까...” (산업계E)

“특정 에너지 생산기술과 시스템에 대해 배우는 것도 필요한데, 저희 같은 경우는 다양한 에너지믹스에 대한 교육을 받는

게 필요합니다.” (산업계J)

현재의 교육과정에는 각 에너지원에 대한 공학적 지식을 교과목으로 편성하여 수준별로 운영하고 있다. 에너지의 융합과 통합은 수강생의 사고력에 의존하는 상황이므로 에너지믹스에 대한 다양한 사례를 배울 수 있는 교과목을 편성하여 운영하는 것이 필요하다. 또한, 각 에너지원에 대한 교과목 수강 시 관련 정책과 이슈를 제공하여 현안과 연계된 학습을 제공하려는 노력이 필요하다.

#### 다. 최신기술 습득을 위한 심화 교육

전문가들은 본 교육과정이 학부 수준이라는 것을 인정하면서도 신재생에너지 산업에서는 최신기술을 보유한 전문인력을 선호한다고 밝혔다. 현장에서는 전공지식 외에도 AI의 활용과 빅데이터 분석능력을 갖추는 것이 중요하다고 덧붙였다. 그리고 현재 산업에서 특히 성장하고 있는 분야에 대한 지식 요구도가 높았다.

“에너지 저장 분야의 인력수요가 커졌기 때문에 에너지 저장에 대한 교육이 포함되면 좋겠습니다.” (연구계A)

“최근에는 채용할 때 전공 분야와는 상관없이 AI기반의 문제 해결능력을 갖춘 인재를 선호합니다.” (연구계B)

“에너지 생산의 효율 증대... 에너지를 분석할 수 있는 교육이 필요하고...” (산업계B)

“전문인력 양성 과정이라면, 연구나 기술에 대한 현안과 전문 지식을 배울 수 있는 고급과정을 확대시키는 것이 필요하고 생각합니다.” (산업계G)

“저희는 이차산업에 대한 이해와 기술력을 갖춘 인재를 원합니다. ESS(Electrical Energy Storage) SI(시스템통합), Micro Grid 분야를 잘 알고 있는 인재가 필요한데, 이런 것들이 교육 과정에 반영이 되면 좋겠습니다.” (산업계D)

전체 교육과정에는 AI와 프로그래밍 관련 교과목이 7개로 편성되어 있어 이에 대한 전문가들의 긍정적인 피드백이 있었다. 그러나 전문지식을 배울 수 있는 고급 수준의 교과목을 보다 확대 운영할 것을 제안했으므로 이에 대한 검토가 필요하다.

#### 라. 현장 친화적 프로젝트형 교육

전문가들은 지식 외에도 업무방식이나 태도에 대한 의견을 제시하였다. 현장에서는 협업 능력이 요구되기 때문에 프로젝

트 경험과 실습 경험이 많은 지원자를 선호한다고 설명하였다. 수동적·미온적 태도로 일하는 사람들은 기피하므로 학교에서 지식뿐만 아니라 어떻게 일해야 하는지에 대한 것을 배워 오면 좋겠다는 바람을 보였다.

“프로젝트 단위의 교육을 많이 경험하고 오면 좋겠습니다.”  
(연구계A)

“탑 저널에 논문 실적을 내는 것도 중요하지만, 연구자 간 협력이 중요하고...(중략) 프로젝트에 참여하는 경험을 하고 오면 도움이 될 것이라고 생각합니다.” (연구계B)

“채용 즉시 최소한의 교육을 거쳐 현장에서 업무능력을 능동적으로 보여줄 수 있어야 하니까, 경험 위주의 교육과정을 포함시키는 것이 중요합니다.” (지역B)

“에너지효율 분석, 중요한 건 에너지효율을 극대화 하는 것인데, 이런 실습을 많이 해보고 오면 좋겠습니다.” (산업계A)

현재 교육과정은 실습이나 프로젝트 과목을 운영하고 있지만, 대기업과 주로 협력하여 지역 문제 등 다양한 현장의 문제를 경험하기는 어려운 상황이다. 현장에서는 학교에서 배운 지식을 적용하여 실무 수행 능력을 보여주는 것이 중요하므로 학생들이 보다 다양한 현장의 문제를 경험하고 현장 적응력을 높일 수 있도록 경험학습을 지원해야 한다. 실습 또는 프로젝트 과목을 교육과정에서 확대 제공하는 방안에 대해 검토가 필요하다.

## V. 논의 및 결론

본 연구는 신재생에너지산업의 전문인력 양성을 목적으로 운영하고 있는 교육과정에 대해 객관적인 평가를 받고, 분야별 전문가의 요구를 반영하여 교육과정을 개선하기 위해 수행되었다. 이를 위해 신재생에너지 분야에 종사하고 있는 지·산·학·연 전문가 30명을 대상으로 요구조사와 전문가 델파이 조사를 실시하였다. 정량평가와 정성평가 결과를 종합적으로 분석한 주요 결과에 대해 논의하면 다음과 같다.

첫째, Borich 요구도 평가와 The Locus for Focus Model의 분석 결과, 중복으로 산출되어 지·산·학·연 전문가의 요구도가 가장 높은 과목은 18개였고, Borich 요구도 평가 또는 The Locus for Focus Model의 HH 영역에만 산출된 과목은 4개였다. 따라서 18개 교과목은 최우선 순위로 운영하고 4개 교과목은 차선으로 고려하여 운영해야 한다. 최우선 그룹에는

디지털 신기술과 에너지 신기술 관련 교과목을 대거 포함했는데, AI기반에너지관리, AI기반시스템최적화, 에너지빅데이터분석, 수소에너지공학, 거대에너지저장, 이산화탄소포집활용저장 등이 있다. 최근 에너지산업은 AI, 빅데이터, IoT 기술 등 신기술을 활용한 광범위하고 체계적인 에너지효율 분석이 이루어지고 있다(양수영 외, 2021, 최광훈·권규현, 2021). 이러한 산업의 수요가 반영된 것으로 보인다. 또한, 수소경제와 관련된 수소에너지, 에너지저장, 이산화탄소포집에 대한 높은 관심(박의섭 외, 2022)이 반영된 것으로 이해할 수 있다.

둘째, 전문가 델파이 1차 설문조사 결과, A, B, C, D, E, F 6개의 교육과정은 모두 적합하다는 평가를 받았다. 그중 가장 높은 평가를 받은 것은 표준 교육과정으로 운영되는 A로 수준별(초급·중급·고급), 에너지 트랙별(생산, 저장·변환, 수송관리, 경영)로 포괄하여 체계적으로 설계했다는 평가를 받았다. 그리고 D 교육과정(에너지 수송·관리)의 경우, 적합하다는 평가를 받았으나, 운영 교과목 수가 가장 적어 수강생의 수강 선택권과 전문성 측면에서 보완이 필요하다는 조언이 있었다. 에너지 선진국은 에너지 안보 측면에서 에너지 저장과 운송이 활성화되어 있으며, 안정적인 에너지 공급을 위해 국내에서도 에너지 운송 기술에 대해 주목하고 있다(박의섭 외, 2022). 이러한 산업계의 요구가 반영된 평가로 해석할 수 있다.

셋째, 전문가 델파이 2차 의견조사 결과, 전문가들은 신재생에너지 분야의 전반적인 지식을 학습하면서도 최신기술과 실무능력을 갖추 수 있는 교육과정을 선호하였다. 교육 효과성 향상, 산업인력의 미스매치 해소를 위해서는 산업 맞춤형, 현장 맞춤형 교육을 시행해야 한다. 특히 신재생에너지 분야는 산업 특성상 현장경험을 하기 어렵기 때문에 학교 교육과정에서부터 경험학습을 제공하기 위해 더욱 노력해야 한다. 에너지 산업 현장에서는 현장 활용도가 높은 교육에 대한 요구가 꾸준히 있었다(황두희·박금주, 2021; 황윤자·도현미, 2023). 이러한 현장의 요구가 신재생에너지산업에서도 동일하게 나타난 것으로 이해할 수 있다.

이상의 논의를 바탕으로 시사점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 신재생에너지 분야의 전문인력 양성을 위한 교육과정은 Generalist와 Specialist를 양성하는 두 가지 목표를 가지고 운영할 필요가 있다는 점을 시사한다. 규모가 작은 중소기업이나 지역 산업체의 경우 에너지 관련 지식을 두루 갖춘 Generalist를 요구하는 반면, 대기업이나 정부산하 연구소의 경우에는 최신기술과 연구 동향을 민첩하게 학습하고 현안을 이해하는 수준의 전문성을 요구하였다. 현재의 교육과정은 초급·중급·고급 수준으로 구분하여 운영되고 있지만, 초급과정은 폭넓은 비중을 차지하고 있는데 반해 전문성을 향상시킬 수 있는 고급과

정의 내용은 제한적이어서 Specialist를 양성하는데 한계가 있다. 향후 고급 수준의 교과목을 세분화하여 교육과정에 편성 및 확대 운영함으로써 학생들의 전문지식 향상과 수강 선택의 폭을 넓혀줄 수 있다. 그러나 학부 교육과정의 한계가 있기 때문에 향후 학·석 연계로 전문교육이 이어지는 경로를 열어주는 것이 하나의 방법이 될 수 있다.

둘째, 지식 간 연계와 융합을 통해 통합적 사고력을 기를 수 있도록 교육과정을 운영해야 한다는 것을 시사한다. 현재의 교육과정은 수준별, 트랙별로 교과목을 구성하여 주제에 대한 명확성과 교육과정 간 연계성이 있다. 그러나, 교과목 간 연계나 에너지믹스를 고려하지는 않았다. 교과목 간 연계와 융합은 다양한 경우의 수가 있어 교육과정으로 명확히 하는데 어려움이 예상되지만, 일부 교과목을 예시로 시도하는 것이 필요하다. 예를 들어, 특정 주제를 다루는 교과목이라도 전후 연계되는 정책과 이슈에 대한 내용, 관련성이 높은 교과목에 대한 소개를 하는 것으로 최소한의 효과를 거둘 수 있을 것이다. 이를 통해 학생들은 관련성이 높은 교과목을 수강해나감으로써 지식의 영역을 확장해나갈 수 있고, 궁극적으로는 기존의 지식을 연결·융합·통합하는 확장된 사고력을 기를 수 있을 것이다. 대학은 수강기록을 토대로 수강자의 수요를 파악하여 추가 교육과정 개발에 대한 아이디어를 얻을 수 있을 것이다.

셋째, 현재의 교육과정은 보다 현장 친화적인 수업방식을 적용하여 확대 운영해야 한다는 것을 시사한다. 지금의 교육과정은 캡스톤디자인 과목과 실험과목 등에서 실험·실습, PBL (Problem/Project Based Learning) 방식으로 운영하고 있다. 더불어 학습 보장 차원에서 교과목과 연계하여 비교과 프로그램을 운영하고 있으나, 현장의 요구를 충족하는 수준에는 미치지 못하고 있다. 요구분석 결과에 따라, 최우선 순위 교과목을 우선으로 운영하되 AI, 빅데이터분석 등 신기술을 활용한 실습을 제공하고, 프로젝트 비중을 늘리기 위한 노력이 필요하다. 프로젝트 과목의 경우, 주로 대기업과 협업하여 운영하고 있는데, 대기업의 현장의 문제와 지역사회 현장의 문제는 다를 수 있다. 특히 지역에서는 현장에 즉시 투입되어 지역사회 문제를 해결하는 인재를 필요로 하므로, 지역 산업 또는 지자체와 연계한 프로젝트 과목을 교육과정 내에 추가로 편성하여 확대 운영할 필요가 있다. 이를 통해 학생들은 일하는 방식과 업무태도를 함양하고 현장 적응력을 키울 수 있을 것이다.

넷째, 여전히 학계와 현장 간 인식의 차이가 크기 때문에 적극적으로 현장의 요구를 반영하고 지·산·학·연 협력을 바탕으로 인식의 차이를 줄여나가는 노력이 필요하다는 것을 시사한다. 전문가들의 교육과정에 대한 평가는 높은 편이었고 모두 적합하다는 평가가 있었으나, 각 전문가 그룹별 평가를 구분해

본 결과, 학계와 현장(지역, 산업, 연구계) 간의 차이가 크다는 것을 확인하였다. 이것은 새로 추가된 지역 전문가 그룹도 마찬가지였다. 특히 공학교육은 사회환경 변화와 내외부의 요구를 반영하고 지속적인 혁신을 통해 교육과정의 전문성을 인정받고 수강생들을 공학인으로서 인증하는 기능을 한다(ABEEK, 2024). 대학은 빠른 외부환경 변화로 인해 현장의 요구도 달라지므로 지속적인 요구조사와 유연한 교육과정 개편을 통해 시기적절하게 현장의 요구를 반영할 수 있어야 한다. 이것이 현장 맞춤형 미래 인재양성 교육의 목적과 인력의 기대에 부응하는 대학의 실무적 차원의 노력이라 할 수 있다.

본 연구는 신재생에너지산업의 지·산·학·연 전문가를 대상으로 전문인력 양성을 위한 교육과정 평가를 수행함으로써 운영에 유용한 여러 시사점을 제공하였다. 그러나, 본 연구는 몇 가지 한계점이 있으며, 이를 토대로 후속 연구에 대해 제언하면 다음과 같다. 첫째, 신재생에너지 분야의 지·산·학·연 전문가가 연구에 참여했으나, 분야별 비율이 동일하지 않았으며, 모두 남성이었다. 향후에는 전문가의 분야별 비율과 성별을 고려하여 조사한다면 보다 다양한 요구를 도출할 수 있을 것이다. 둘째, 교육과정 평가를 위해 제공된 자료는 사업내용 및 전공 소개, 교육과정과 교과목에 대한 서면 자료였다. 실제 교수법이나 과목별 구체적인 운영방식에 대한 추가 정보를 획득하는데 한계가 있었기 때문에 실제 운영한 내용과는 차이가 있을 수 있다. 추후에는 교과목 운영방식에 대한 부가적인 자료를 추가 제공하여 보다 포괄적인 평가를 할 수 있도록 노력이 필요하다.

## 참고문헌

1. 관계부처 합동(2024.01). 제2차(2024~2028) 산업교육 및 산학협력 기본계획(안). 관계부처 합동.
2. 경기대학교 사회에너지시스템공학부(2024.05.17. 검색). <https://www.kyonggi.ac.kr/cee/index.do>
3. 경북대학교 에너지공학부(2024.05.17. 검색). <https://energy.knu.ac.kr>
4. 군장대학교 에너지융합화학공과(2024.05.13. 검색). <https://www.kunjang.ac.kr/main/enter/degree/engineering/energy>
5. 동아대학교 미래에너지공학전공(2024.05.17. 검색). [http://donga.dsoo.kr/sub3\\_1.php](http://donga.dsoo.kr/sub3_1.php)
6. 박의섭·정용복·오세욱(2022). 탄소중립과 수소에너지 지하저장. *한국자원공학회지*, 59(5), 462-473.
7. 산업통상자원부(2023.05). 에너지 인력양성 중장기 전략(안). 산업통상자원부.
8. 서울과학기술대학교 미래에너지융합학과(2024.05.17. 검색). <https://future-energy.seoultech.ac.kr>

9. 신성대학교 신재생에너지과(2024.05.13. 검색). <https://re100.shinsung.ac.kr/main>
10. 양수영 외(2021). 에너지신산업을 위한 에너지 빅데이터 전처리 시스템. *한국전자통신학회논문지*, 16(5), 851-858.
11. 양익석·김수린·김기중(2019). 주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진성과와 과제. *에너지경제연구원*. 기본연구보고서 19-19.
12. 이유진(2022). 국내 에너지신산업의 규모와 지리적 분포 특성에 관한 연구. *한국지역경제연구*, 51, 25-48.
13. 이유현·이용택(2021). 기후변화 시대 수요기반 수소에너지 융합교육과정 개발연구: 충청 지역대학 수소에너지 마이크로디그리 사례에 대한 CIPP 모형의 적용. *에너지기후변화교육*, 11(3), 13-25.
14. 이준혁 외(2020). 해상풍력산업 근로자 안전 향상 방안에 관한 고찰: 안전 교육과정 도입 중심. *해항도시문화교섭학*, 23(1), 363-387.
15. 이해선·임미정(2022). 첨단·신기술분야 학과개편 동향과 정책적 시사점. *교육혁신연구*, 32(2), 1-27.
16. 장후은·이종호(2017). 지역사회 문제해결형 산학협력을 통한 대학의 역할 제고 방안. *한국지역지리학회지*, 23(3), 459-469.
17. 전주비전대학교 신재생에너지공학과(2024.05.13. 검색). <https://www.jvision.ac.kr/vision/main/?menu=85#>
18. 조대연(2009). 설문조사를 통한 요구분석에서 우선순위결정 방안 탐색. *교육문제연구*, 35(1), 165-187.
19. 조선대학교 첨단에너지공학과(2024.05.17. 검색). <https://newenergy.chosun.ac.kr/newenergy/index.do>
20. 진성희(2017). 융합기술교육에 대한 산업체 수요조사: 나노, 바이오, 로봇, 디자인 분야를 중심으로. *공학교육연구*, 20(1), 18-27.
21. 최광훈·권규현(2021). 에너지 신산업에서 디지털 기술 활용 전략에 관한 연구: 기술융합의 패턴, 혁신 영향력 및 예측 관점에서. *기술혁신학회지*, 24(2), 1-21.
22. 최정희(2024). 우리나라 마이크로디그리 제도의 현황과 해결 과제: D대학교 사례를 중심으로. *학습자중심교과교육연구*, 24(8), 485-505.
23. 황규희·유한구·채창균(2023). 탄소중립 성장을 위한 인재양성 방안: 에너지 분야를 중심으로. *한국직업능력연구원*.
24. 황동희·박금주(2021). 지속가능 에너지 산업 분야의 교육수요 분석 연구: 울산의 중소기업 및 벤처기업을 중심으로. *한국산학기술학회 논문지*, 22(10), 636-643.
25. 황윤자·도현미(2023). 항공·드론 디지털 신기술 분야 융복합 인재양성을 위한 산업체와 교수자 인식 비교 연구. *디지털콘텐츠학회논문지*, 24(9), 2193-2203.
26. ABEEK(2024). 공학교육인증기준2024(KEC2024). 한국공학교육인증원.
27. Altschuld, J. W., & Kumar, D. D.(2010). *Needs assessment: An overview*. Sage.
28. Altschuld, J. W., & Watkins, R.(2014). A primer on needs assessment: More than 40 years of research and practice. *New Directions for Evaluation*, 2014(144), 5-18.
29. Ayre, C., & Scally, A. J.(2014). Critical values for Lawshe's content validity ratio: Revisiting the original methods of calculation. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 47(1), 79-86.
30. Borich, G. D.(1980). A needs assessment model for conducting follow-up studies. *Journal of Teacher Education*, 31(3), 39-42.
31. Matkovic, P. et al.(2014). Curriculum development process redesign based on university-industry cooperation. In *EDULEARN14 Proceedings* (pp. 4113-4123). IATED.
32. Mink, O. G., Shultz, J. M., & Mink, B. P.(1979). *Developing and managing open organizations: A model and method for maximizing organizational potential*. Somerset Consulting Group, Inc.



**최지현 (Choi, Jeehyun)**

2022년: 고려대학교 교육학과 박사

2022년~현재: 고려대학교 에너지신산업 혁신융합대학 사업단 연구교수

관심분야: 융합교육, 학습성과, 경력개발

E-mail: hrd-ace@korea.ac.kr