

한국의 기후기술산업 인력수요 전망과 정책적 시사점

정용운* · 이우성** · 이승철*** · 김다은****†

*녹색기술센터 인력양성팀 팀장, **RISTI 대표이사, ***RISTI 책임연구원, ****녹색기술센터 연구원

Labor Force Demand Forecast and Policy Implications in the Korean Climate Technology Industry

Chung, Yong Woon* · Lee, Woo Sung** · Lee, Seung Chul*** and Kim, Da Eun****†

*Team Leader, HR Training Team, Green Technology Center, Seoul, Korea

**CEO, RISTI, Seoul, Korea

***Associate Research Fellow, RISTI, Seoul, Korea

****Researcher, Green Technology Center, Seoul, Korea

ABSTRACT

Amidst the international community's competition for technological supremacy regarding carbon neutrality and the climate crisis, Korea needs to accumulate technological capabilities and gain a competitive advantage by fostering professionals in the field of climate technology. In particular, Korea urgently needs a mid- to long-term labor force development plan and a labor force demand forecast to support it. Therefore, this study conducted a mid- to long-term labor force demand forecast for each climate technology and industrial sector by linking climate technology industrial statistics and standard industrial classification statistics. Forecast results for the industrial sector indicate high demand for labor force in R&D, electrical and electronics, and chemical industries. Forecast results for the climate technology sector suggest that the labor force demand in energy production and efficiency sectors such as energy demand and storage, renewable energy, and power IT is high. Other results indicate that the growth rate for labor force demand in the climate technology adaptation field is relatively high, and that multi-disciplinary sectors have the highest labor force demand. Therefore, it is imperative to design and implement climate technology labor force development policies for climate technology and related industries with high demand for mid- to long-term labor force, and to increase cooperation among Korean ministries to foster interdisciplinary professionals in climate technology fields.

Key words: Carbon Neutrality, Climate Technology, Labor Force Demand, Labor Force Development

1. 서론

최근 국제사회의 주요국 정상들이 탄소중립을 선언함에 따라 기후위기 대응이 글로벌 아젠다로 부상하고, 국제협력을 통한 기후위기 대응을 위한 해법을 찾고자 노력하고 있다. 한편 재생에너지 발전용량이 확대되고(IEA, 2020), 수소에너지 수요증가 및 친환경 에너지 시장이 확대됨에 따라 각국은 시장 선점을 위한 투자계획을 수립하는 등 기술 패권경쟁이 가열되고 있다. 이와 함께 청정에

너지 분야 고용인원이 2030년까지 1,400만 명 가량 증가(IEA, 2021)하는 등 기후변화대응 기술(이하 기후기술)¹⁾ 인력수요가 향후에도 계속 증가할 것으로 전망된다.

한국 정부도 이러한 국제사회의 흐름에 적극적으로 부응하여 지난 2020년 10월 탄소중립을 공표한 이래로, ‘2050 탄소중립 추진전략’(‘20.12) 및 ‘탄소중립 시나리오’(‘21.10)를 수립하고, 탄소중립 기술혁신 추진전략(‘21.3) 및 전략로드맵(‘22.3)을 마련했다(Joint Ministries 2020, 2021; MSIT, 2022b). 또한, 최근 기후위기 대응을 위한 탄소중립녹색성장

†Corresponding author : dekim@gtck.re.kr (Green Technology Center, 17th fl. Namsan Square Bldg., 173, Toegye-ro, Jung-gu, Seoul, 04554, Korea. Tel. +82-2-3393-4055)

ORCID 정용운 0000-0002-5260-7002
이우성 0000-0002-3306-5367

이승철 0000-0002-2167-8051
김다은 0000-0001-5342-4673

기본법(제정 '21.9, 시행 '22.3) 및 기후변화대응 기술개발 촉진법(제정 '22.6, 시행 '22.12)¹⁾ 등 관련 법령이 제정·시행됨에 따라 기후기술 산업 내 전문인력을 양성하고 지원하기 위한 법적인 근거를 마련했다(Act No. 18469; Act No. 18865).

이처럼 탄소중립과 기후기술 혁신을 위한 산업 내 요구가 증대되고, 정부차원의 법적 근거가 마련된 상황에서 기후기술 분야 추격그룹인 한국은 기술 역량의 축적을 위한 전문 인력양성이 절실하다(GTC, 2020). 그간 관계 부처들을 중심으로 일반 환경·에너지 분야의 전문인력 양성을 위한 지원사업을 추진해오고 있으나, 기후기술 부문에 특화된 역량을 강화하기 위한 지원 정책이나 사업은 드문 실정이다(Chung et al., 2022). 향후 기후기술 분야 인력양성 정책의 효과적 이행을 위해서는 중장기 인력수요 전망 분석이 수반될 필요가 있다.

최근에 발표된 기후기술 인력통계 문헌들을 살펴보면, 관계부처 산하 전문기관들을 중심으로 환경 및 에너지 부문을 포함한 기후기술 산업 내 종사자 수 현황을 주기적으로 발표하고 있으나, 향후 전망에 대한 분석치는 제공하고 있지 않다(GTC, 2021; EISC, 2020; KEA, 2021). 기존에 인력수급 전망을 연구한 문헌의 경우, 과학기술 전반의 인력수급 전망을 제시하거나, 세부 산업분류에 따른 인력수급 전망을 보여주고 있지만, 기후기술 부문을 포괄하는 인력 수급 전망치는 제시하지 못하는 상황이다(Brown et al., 2020; Kwak et al., 2015; Kwon et al., 2020; Lee et al., 2011; Oh et al., 2021; Park, 2002; Park et al., 2004; Park, 2015; Ram et al., 2022; 2020).

이에, 본 연구에서는 기존 연구의 공백을 보완하고자 기후기술과 관련 산업 간 연계를 통해서 기후기술 분야에 특화된 중장기 인력수요 전망을 분석하고 이를 통해 향후 기후기술 인력양성 정책의 설계 및 이행을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 본 연구는 탄소중립 달성이라는 목표 아래 기후기술과 산업을 연계하여 인력수요 전망을 분석함으로써 관련 정책을 수립하기 위한 중요한 근거를 제공한다는 점에서 큰 의의가 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저, 제1장 서론에 이어, 제2장에서는 기존 문헌연구를 검토한다. 제3장에서는 기존 기후기술 산업통계 자료와 중장기 인력수요 자료 간의 매칭을 통하여 기후기술 부문의 중장기 인력수요 전망 분석을 실시한 후, 제4장에서 정책적 시사점을 제시한다.

2. 선행 연구 분석

2.1. 기후기술 인력통계 현황

기후기술 인력과 연관된 주요 통계들로는 과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부 산하 전문기관에서 운영하고 있는 기후기술인력통계, 환경인력통계, 에너지 관련 인력통계들이 있다. 대표적으로 과기정통부 산하 녹색기술센터 「기후기술 산업통계」에서는 기후기술 산업 종사자수, 부문별, 기업/기관 규모별 종사자수 및 연구원수, 대분류별, 산학연별 연구원 분포 현황에 대한 통계를 매년 제시한다(GTC, 2021). 환경부 산하 환경산업기술원 「환경산업통계조사」(ME and KEITI, 2019)에서는 환경산업 활동(업종/유형)별 종사자 수 통계를 매년 발표하고 있다. 산업부 산하 한국에너지공단(KEA)의 「신·재생에너지산업통계」(MOTIE and KNREC, 2021)에서는 산업별(제조업, 건설업, 발전·열공급업, 서비스업) 종사자수를 매년 발표함으로써 신재생에너지 산업에서의 인력통계 현황을 제시하고 있다.

먼저, 녹색기술센터 기후기술산업통계는 기후기술분류체계의 3대 분야 14대 중분류로 구성되어있다. 이는 비재생에너지, 재생에너지, 신에너지, 에너지 저장, 송배전 및 에너지 관리, 에너지 수요, 온실가스 고정, 농업·축산, 물, 기후변화 예측 및 모니터링, 해안·수산·연안, 건강, 산림·육상, 감축 및 적응 융복합 산업으로 분류하였다. 각 기후기술산업의 종사자를 180,951명('20년 기준)으로 제시하였고 분야별로는 에너지수요 62,261명(38.3%), 재생에너지 29,368명(16.2%), 에너지저장 22,934명(12.7%), 송배전·전력IT 18,061명(10.0%)으로 추정하고 있다. 기후기술 연구인력의 경우, 기후기술 산업 내 연구인력 56,520명('20년 기준)으로 분야별로는 에너지 수요 22,462명(38.5%), 에너지저장 10,172명(17.4%), 재생에너지 9,057명(15.5%)으로 추정된다(GTC, 2021).

다음으로 환경산업기술원의 환경산업통계는 OECD/Eurostat의 환경산업 분류체계에 기반한 8대 분류 기준으로 조사하였다. 이는 자원순환관리, 물관리, 환경복원 및 복구, 기후대응, 대기관리, 환경안전·보건, 지속가능 환경·자원, 환경지식·정보·감시 부문으로 분류하였다. 환경산업 통계는 활동유형별·연도별 종사자수를 제시하고 있는데

1) 국제적으로 통용되고 있는 기후변화대응 기술의 정의는 아직 없는 상황이다. 국내적으로는 개별 연구기관 차원에서 기후기술을 정리하고 있으며, 대표적으로 녹색기술센터(GTC)에서 수립한 '기후기술 분류체계'(감축·적응·융복합 분야 45개 기술분류)가 있다. 정부에서 제시하고 있는 기후기술 분류로는 최근 과학기술정보통신부에서 발표한 '기후변화대응 기술 세부내용'(감축·적응) 등이 있다(MSIT, 2022a). 본 연구에서는 GTC의 분류체계를 기반으로 분석·정리했다.

2) 동 기후기술법 제5조에 따라 과기정통부는 온실가스 감축과 기후변화 적응에 관한 기술을 체계적으로 육성·발전시키기 위하여 기후변화대응 기술개발 기본계획(이하 '기본계획')을 5년마다 수립 및 시행해야 하며, 제1차 기본계획은 2022년 말 수립 예정이다.

전체 환경산업인력은 2014년 454,749명 이후, 2015년에서 2018년까지 44만 명 수준을 유지하는 것으로 보고하고 있으며, 부문별로는 '18년 기준 자원순환관리 부문 131,346명(29.3%), 지속가능 환경·자원 부문 112,747명(25.2%), 물관리 70,080명(15.7%) 순으로 나타났다(EISC, 2020; ME and KECO, 2014; ME and KEITI, 2019).

한국에너지공단(KEA) 신·재생에너지산업통계에서는 신·재생에너지 산업인력('20년 기준)을 신재생에너지산업 특수분류에 속한 신·재생에너지 생산설비 및 연료 제조업, 신·재생에너지 생산 및 연료 제조 설비 건설업, 신·재생에너지 발전 및 열 공급업, 신·재생에너지 관련 서비스업으로 분류하였다. 그리하여 신·재생에너지 산업인력의 총 종사자를 118,508명으로 제시한다. 분야별로는 발전·열공급업 82,810명(69.9%), 건설업 17,617명(14.9%), 제조업 12,759명(10.8%), 서비스업 5,322명(4.5%) 순으로 제조업의 경우 발전설비 10,538명(82.6%), 연료 제조업 1,780명(14.0%) 순으로 나타났다(MOTIE and KNREC, 2021).

2.2. 기후기술 인력통계 문헌 연구

기후기술 분야의 중장기 인력수급 전망은 별도로 연구되어 발표되지 않고 있다. 다만, 전 산업 부문에 대한 중장기 인력수급 전망은 고용노동부 산하 중장기 수급전망 전담기관인 한국고용정보원에서 발표하고 있다. 동 인력수급 전망은 2007년부터 실시 중이며, 현재는 2022년 3월 발표한 중장기 인력수급전망(수정전망)이 가장 최신 자료로서, 고용정책 기본계획 수립의 기초자료를 제공하고 있다(MOEL, 2022).

과학기술 산업 전반의 인력수급 전망을 다룬 대표적인 연

구로서 과학기술정책연구원은 미국 노동통계청(BLS)의 고용전망모형을 기반으로 과학기술 인력수급 전망에 대해 연구하기 시작하여(Park, 2002), 기존 과학기술 인력수급 전망을 연구한 문헌들의 모형 분석과 문제점을 파악하였다(Park et al., 2004; Park, 2015). 교육과학기술부에서는 과학기술인력에 대한 중장기 수급전망을 한국직업능력개발원에 위탁하여 연구를 수행하였다(MEST and KRIVET, 2009). 해당 연구에서는 과학기술인력통계에 대한 국제비교와 과학기술 관련 학과별 과학기술인력의 공급전망과 중장기 인력수요전망을 기반으로 과학기술인력에 대한 수급전망을 실시하였다.

한편, 산림, 핵융합에너지, 정보통신, 신재생에너지 분야의 인력수급 전망을 분석한 문헌들은 각 산업의 지속적인 성장을 위한 인력수급 통계 현황이 필요하다고 하였으며, 이에 따른 인력수급 전망을 제시한 바 있다(Oh et al., 2021; Kwon et al., 2020; Kwak et al., 2015; Lee et al., 2011).

기존 연구 중 기술과 산업을 연계한 방법론을 활용한 문헌도 거의 없다. 대부분의 연구들은 투입산출모형(I-O model)과 같은 산업분석 방법론을 활용하여 산업과 직종 내의 인력 수급 변화량을 예측하였다. 과학기술정책연구원의 인력수급 전망의 경우 수요와 공급을 구분하여 모형화했다. 수요 모형은 기존의 다부문모형을 기반으로 산업과 직종별 수요 전망을 바탕으로 과학기술인력의 직종과 전공별 전망을 예측하였고 공급 모형은 이중지수평활모형을 활용했다(Park et al., 2004). 정보통신 산업의 인력수급을 예측한 Kwak et al.(2015) 또한 수요와 공급을 나눠서 전망하였는데 수요는 ARIMA 모델을, 공급은 졸업생 중 구직 가능자의 변화 추세를 활용하였다.

Fig. 1에서 제시하는 바와 같이 교육과학기술부 과학기

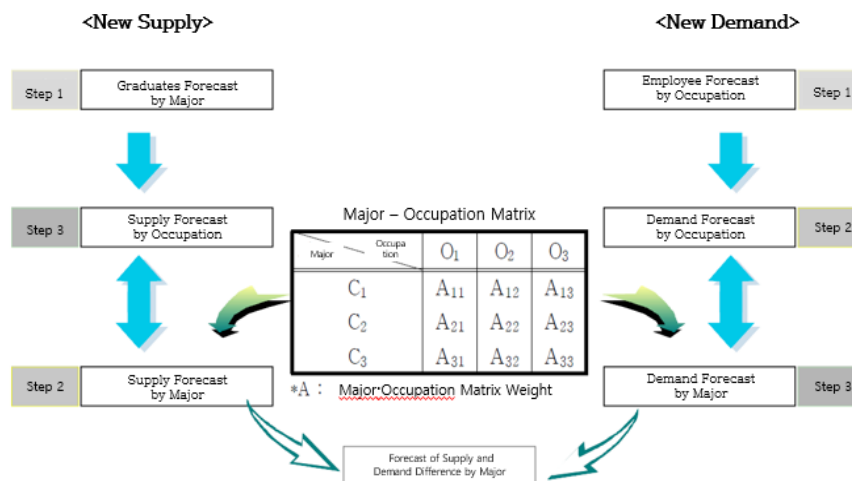


Fig. 1. Methodology of mid to long-term labor force supply and demand forecast

Source: MEST and KRIVET (2009)

출인력 증장기 수급 전망에서 취업자수 전망은 산업별 취업자수 전망을 산업-직업 행렬을 이용하여 직업별 취업자수를 도출하고 직업별 취업자수에서 과학기술인력을 정의하는 방식으로 과학기술인력에 대한 장기 수급전망을 실시하였다(MEST and KRIVET, 2009).

또한, 일부 문헌의 경우, 시나리오 분석을 활용하여 산림산업과 핵융합에너지 분야의 인력수급을 전망한 인력수급 모델을 구성하였다(Oh et al., 2021; Kwon et al., 2020). Oh et al.(2021)은 한국표준산업분류 중 산림산업으로 분류된 일자리의 수요를 예측하였고, Kwon et al.(2020)은 국가핵융합연구소 인력 데이터를 활용한 동태적 시뮬레이션 분석을 하였다. Ram et al.(2022; 2020)은 직종별로 어떤 물리적 단위 당 생겨나는 정규직을 계산하는 고용요인(Employment Factor) 접근방법론을 활용하여 2050년까지 전 세계가 신재생에너지로 100% 전환할 경우 생겨나는 에너지 직종 인력수급 전망을 연구하였다. Brown et al.(2020) 또한 투입산출모형을 기반으로 하는 조지아텍(Georgia Tech) 대학의 국가에너지모델링 시스템(NEMS)를 활용하여 에너지 효율화를 가정, 기업, 산업에 투자할 경우 생겨나는 직종의 종류와 변화량을 계산하였다.

정리하면, 기존 연구들은 과학기술이라는 큰 분류나 산업별 분류체계로 인력수급 전망을 연구했지만, 기술-산업 연계를 통한 기후기술산업 인력수급 전망을 제시한 문헌은 드물다. 기후기술과 산업 연계를 통한 기후기술 분야의 증장기 인력수요 전망을 위해서는 기존의 기후기술 부문의 인력통계와 증장기 인력수급전망 자료를 모두 활용할 필요가 있다.

3. 증장기 기후기술 인력수요 전망

3.1. 분석 개요

본 연구에서는 기후기술인력 수요전망을 위해 녹색기술센터의 기후기술 산업통계와 고용노동부의 증장기 인력수급전망을 활용한 2030년 증장기 전망을 실시했다. 녹색기술센터의 기후기술 산업통계³⁾는 기후기술분류별 기후기술산업 인력통계를 통계청 승인통계로 조사하고 있는 유일한 자료로서 해당 데이터를 기초자료로 활용하고 증장기 수요전망은 고용노동부의 자료를 활용했다.⁴⁾ 현재 녹색기술센터의 기후기술 산업통계에서 활용하고 있는 기후기술 산업분류 통계는 국제적인 표준인 표준산업분류통계와의 연계 표가 작성되어 있지 않기 때문에 직접적으로 표준산업분류체계인 증장기 수요전망 적용에 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 기후기술 산업통계와 표준산업분류통계와 연계를 위해 개별기업별 표준산업 분류체계의 소분류 산업기준에 따라서 기후기술 인력통계를 재분류하는 방식으로 기후기술 인력통계를 표준산업분류통계로 전환했다. 기존의 기후기술 산업통계는 국가 기후기술 분류체계와 한국표준산업분류체계가 상이하여 국내 기업의 특허등록 현황으로 특허분류체계를 활용하여 기후기술산업분류체계와 매칭을 시도했다. 즉, Table 1에서 보는 바와 같이 선진 특허분류(Cooperative Patent Classification, CPC) 체계 내에

Table 1. Climate technology classifications and details related to CPC-Y

Code	Classification Details
Y	GENERAL TAGGING OF NEW TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS; GENERAL TAGGING OF CROSS-SECTIONAL TECHNOLOGIES SPANNING OVER SEVERAL SECTIONS OF THE IPC; TECHNICAL SUBJECTS COVERED BY FORMER USPC CROSS-REFERENCE ART COLLECTIONS [XRACs] AND DIGESTS
Y02	TECHNOLOGIES OR APPLICATIONS FOR MITIGATION OR ADAPTATION AGAINST CLIMATE CHANGE
Y02B	CLIMATE CHANGE MITIGATION TECHNOLOGIES RELATED TO BUILDINGS
Y02C	CAPTURE, STORAGE, SEQUESTRATION OR DISPOSAL OF GREENHOUSE GASES [GHG]
Y02E	REDUCTION OF GREENHOUSE GAS [GHG] EMISSIONS, RELATED TO ENERGY GENERATION, TRANSMISSION OR DISTRIBUTION
Y02P	CLIMATE CHANGE MITIGATION TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OR PROCESSING OF GOODS
Y02T	CLIMATE CHANGE MITIGATION TECHNOLOGIES RELATED TO TRANSPORTATION
Y02W	CLIMATE CHANGE MITIGATION TECHNOLOGIES RELATED TO WASTE WATER TREATMENT OR WASTE MANAGEMENT
Y04	INFORMATION OR COMMUNICATION TECHNOLOGIES HAVING AN IMPACT ON OTHER TECHNOLOGY AREAS
Y04S	SYSTEMS INTEGRATING TECHNOLOGIES RELATED TO POWER NETWORK OPERATION, COMMUNICATION OR INFORMATION TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE ELECTRICAL POWER GENERATION, TRANSMISSION, DISTRIBUTION, MANAGEMENT OR USAGE, i.e. SMART GRIDS

Source: EPO and USPTO

3) 기후기술 산업통계(승인번호-442001)

4) 보다 정밀한 분석을 위해서는 기후기술인력에 특화된 별도의 인력수요전망모델을 수립하는 것이 필요하나 장기적인 연구과제로 남겨둔다.

기후 변화에 대한 기술(Y02 섹션), 스마트그리드 기술(Y04 섹션) 코드를 활용했다. 기후기술 산업통계를 한국표준산업분류통계로 전환함으로써 한국표준산업분류에 의한 기존의 중장기 인력수요 전망 결과를 활용할 수 있게 된다.

3.2. 분석 데이터

본 연구에서는 기후기술인력에 대한 중장기 수요전망을 기후기술인력에 대한 기후기술산업분류별 2020년 통

계와 한국표준산업분류별 중장기수급전망에 관한 한국고용정보원(KEIS, 2020)의 연구결과자료를 활용하여 연구를 진행하였다.

먼저 기후기술 산업통계에서 조사한 기업체 통계를 기반으로 분석을 실시하였다. Table 2에 나타난 바와 같이, 기후기술 산업통계는 2020년 12월 결산 기준으로 기후기술 분류체계에 따른 기후기술 관련 특허를 보유하고 있는 기업 및 기관 7,648곳을 대상으로 컨택하여 조사를 실시하

Table 2. Climate Technology Industry Statistics Survey design

Section		Details	
Survey Subject		As of December 2020, 7,648 companies and institutions have applied for and registered patents under the CPC-Y code (Y02, Y04)	
Survey Method		Online and telephone, fax	
Survey Tool		Structured Questionnaire	
Survey Details	General Status	<ul style="list-style-type: none"> Company/Organization Name Name of representative Business registration number Corporate registration number 	<ul style="list-style-type: none"> Date of establishment Representative number Main industry Representative field in climate technology
	Financial Status	<ul style="list-style-type: none"> Total sales Percentage of sales related to climate technology Percentage of exports related to climate technology Total R&D expenses 	<ul style="list-style-type: none"> Percentage of R&D expenses related to climate technology Percentage of R&D funds by source Total number of employees Percentage of employees/researchers related to climate technology
	Policy Demand	<ul style="list-style-type: none"> Current status of technology development and utilization Overall Status of Climate Technology Sales of climate technology products 	<ul style="list-style-type: none"> Climate technology transfer/introduction Support for commercialization of climate technology Intent to participate in government support
Survey Period		Sept 8 th , 2021 ~ Oct 27 th , 2021	
Organization		Survey Supervision: Green Technology Center	Survey Implementation: Matrix Research Corporation

Source: GTC (2021)

Table 3. Characteristics of the respondents to the Climate Technology Industry Statistics Survey

Classification		No. of Cases	%	Classification		No. of Cases	%
Mitigation	Non-renewable energy	35	1.6	Adaptation	Agriculture and Livestock	139	6.5
	Renewable energy	494	23.0		Water	222	10.3
	New energy	97	4.5		Climate change forecast and monitoring	15	0.7
	Energy storage	172	8.0		Marine, fisheries, and coastal	24	1.1
	Transmission and distribution, power IT	115	5.4		Health	21	1.0
	Energy demand	715	33.3		Forest and land	20	0.9
	Greenhouse gas fixation	24	1.1		Subtotal	441	20.5
	Subtotal	1,652	76.9	Convergence	Multi-disciplinary convergence	55	2.6
Total	2,148	100.0	Subtotal		55	2.6	

Source: GTC (2021)

였으며 이 가운데 응답기업들인 총 2,644개 기업(응답률 34.5%)(감축분야 2,148개, 적응분야 441개, 융복합분야 55개)들을 기반으로 일반현황과 재무현황, 기후기술분야 매출액과 기후기술분야 종업원/연구원수, 기후기술개발 관련 정책수요 등에 조사한 통계청 공식 승인통계이다.

본 연구에서는 해당 기후기술 산업통계의 원자료를 한국표준산업분류 소분류 기준으로 재가공한 가공데이터를 제공받아 본 연구의 기초 데이터로 활용하였다. 본 연구에서는 기후기술 인력 수요전망에 대한 분석으로 기후기술 산업통계의 데이터 항목들 가운데 기업들의 한국표준산업분류 소분류별 기후기술분야 인력(명)에 대한 데이터를 제공 받아 연구를 수행하였다. 2020년 기후기술 산업통계는 2020년 12월 31일 기준으로 기후기술분류체계 기술관련 특허를 보유하고 있는 기업체 및 기관을 대상으로 진행된 표본조사를 실시한 결과를 기반으로 통계가 작성되고 있다. Table 3은 해당 통계 응답자의 특성을 보여준다. 기후기술산업분류는 GTC에서 개발한 기후기술분류체계를 따르고 있으며 감축, 적응, 융복합분야의 대분류와 감축분야에서는 비재생에너지 등 7개 중분류분야, 적응에서는 농업/축산 등 6개 중분류, 융복합에서는 융복합 1개 중분류 기준을 따르고 있다.

3.3. 분석 방법

기후기술 인력수요전망은 먼저 기후기술산업분류별 2020년 통계를 기업별 기후기술인력의 표준산업 소분류

통계로 전환하고 이후 고용정보원의 한국표준산업분류 소분류별 중장기 인력수급전망자료에서 산출한 2019~2029년도 전망자료에서 나타난 소분류 산업별 인력수요 증가율 전망치에 적용하여 기후기술인력의 2021~2030년까지의 중장기 전망을 산출했다. 한국고용정보원의 인력수급 전망자료의 산업 소분류별 전망치는 2019~2023년 증가율 자료, 2024~2028년 증가율 자료를 제공하고 있으며 2029~2030년 증가율 추정치는 2024~2028년 증가율이 지속된다고 가정하고 적용하였다.

Fig. 2에서 나타난 바와 같이, 분석 1단계로 녹색기술센터의 기후기술 산업통계 분류작업으로서 선진특허분류(CPC) 특허분류체계 내에 기후 변화에 대한 기술(Y02 섹션), 스마트그리드 기술(Y04 섹션) 코드를 활용하여 기후기술 산업통계를 작성했다. 2단계로서 2020년 기준(CPC 코드 내) Y02, Y04로 특허를 출원하고 등록한 기업 7,648곳의 한국표준산업분류 소분류별 주력업종을 파악했다. 3단계로서 해당 기업별 확인된 주력업종과 한국표준산업분류상의 소분류별 산업분류와 매칭을 실시했다. 4단계로서, 주력업종이 확인된 기업의 기후기술 인력현황과 한국표준산업분류 상 매칭된 산업의 전체 인력현황을 비교했다. 마지막 5단계로서 한국표준산업분류 소분류별 ‘중장기 인력수급 전망’에서 제시하고 있는 중장기 기간별 취업자수 증가율 전망자료에 기반하여, 기후기술인력들의 표준산업 소분류별 중장기 인력 전망 규모를 표준산업 소분류별로 산출하고 이를 다시 기후기술 산업분류별로 재분류하여 기후기술산업인력 중장기 전망을 도출했다.⁵⁾

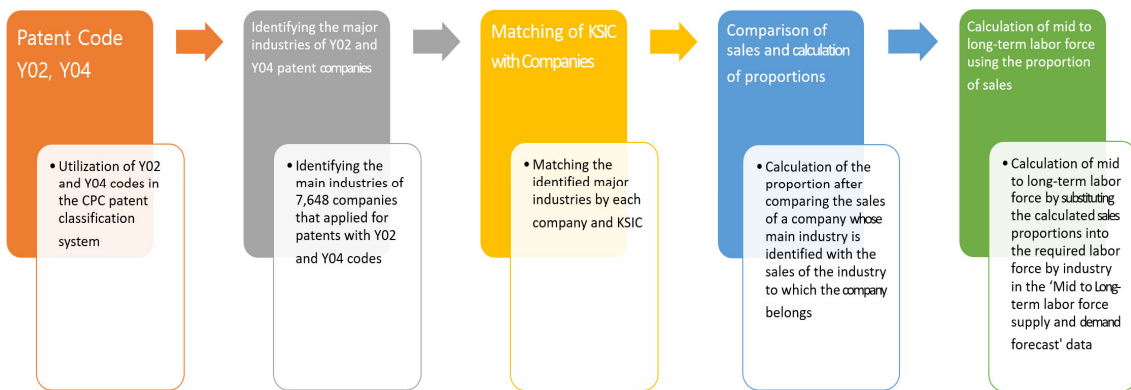


Fig. 2. Process of calculating mid to long-term labor force demand in the climate technology industry

5) 다만, 기후기술 산업통계는 표본추출의 기준을 기후기술산업의 분포에 맞추어서 설문조사를 실시하였기 때문에 한국표준산업분류의 분포에 따른 표본추출과는 상이할 수 있다. 또한, 중장기 전망이 표준산업분류 소분류에 기준하여 전망한바 기후기술인력의 중장기 수급 전망과 상이할 수 있다.

3.4. 주요 분석 결과

3.4.1. 산업 부문별 인력수요 전망

한국표준산업분류별 기후기술 인력수요전망 결과에 따르면 2020년 현재 총 180,951명에서 2030년 190,562명으로 확대되며 전자전기, 자동차, 화학산업, 연구개발업 관련 산업에서 기후기술인력 증가가 높을 것으로 전망된다. 표준산업분

류별로 기후기술인력 분포가 가장 높은 산업은 기타기계장비(25,366명), 화학(19,600명), 전기(16,487명), 전자(15,818명), 연구개발업(13,288명), 자동차(12,850명)으로 나타났다. 2030년까지의 수요전망에서 가장 높은 취업자수 증가를 보이는 분야도 화학(2,826명, 2020년 대비 2030년 증가율 14.4%), 연구개발업(2,659명, 20.0%), 전기(2,325명, 14.1%), 전자(2,214명, 14.0%) 산업으로 나타났다(Table 4 참조).

Table 4. Mid to long-term labor force demand forecast in climate technology industry by Korea Standard Industry Sub-Classification (2023 ~ 2030)

KSIC Sub-Classification	Sales (million KRW)	No. of Employees (persons)				Increment (persons)	Growth rate (% 2020~2030)
		2020	2023	2028	2030		
Agriculture	27	49	49.62	45.08	43.38	-6	-12.3
Fishing	22	13	13.01	12.88	12.83	0	0.4
Mining of coal, crude petroleum and natural gas	-	43	43.72	42.00	41.33	-1	-2.9
Manufacture of food products	16,310	1,680	1,698.44	1,695.13	1,693.91	14	0.83
Manufacture of beverages	171	44	46.84	47.31	47.50	3	7.3
Manufacture of textiles, except apparel	4,698	507	485.10	465.03	457.24	-49	-9.75
Manufacture of wearing apparel, clothing accessories and fur articles	-	42	38.25	34.40	32.97	-9	-20.8
Manufacture of wood and of products of wood and cork; except furniture	324	81	77.75	76.21	75.60	-5	-6.48
Manufacture of pulp, paper and paper products	8,152	257	248.03	227.54	219.87	-37	-14.5
Printing and reproduction of recorded media	1	5	5.12	4.65	4.47	-1	-14.38
Manufacture of coke, briquettes and refined petroleum products	897	127	136.39	137.75	138.31	11	8.88
Manufacture of chemicals and chemical products; except pharmaceuticals and medicinal chemicals	469,214	19,600	20,432.71	21,795.86	22,426.11	2,826	14.41
Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products	19,026	1,573	1,748.70	1,744.71	1,743.13	170	10.78
Manufacture of rubber and plastics products	17,231	3,185	3,177.85	3,106.27	3,078.11	-107	-3.36
Manufacture of other non-metallic mineral products	37,662	6,113	6,260.04	6,152.00	6,109.41	-4	-0.06
Manufacture of basic metals	25,306	1,493	1,462.65	1,374.18	1,340.54	-153	-10.2

Table 4. Mid to long-term labor force demand forecast in climate technology industry by Korea Standard Industry Sub-Classification (2023 ~ 2030) (Continued)

KSIC Sub-Classification	Sales (million KRW)	No. of Employees (persons)				Increment (persons)	Growth rate (% 2020 ~ 2030)
		2020	2023	2028	2030		
Manufacture of fabricated metal products, except machinery and furniture	11,277	2,294	2,272.82	2,191.78	2,160.29	-133	-5.81
Manufacture of electronic components, computer; visual, sounding and communication equipment	100,263	15,818	17,014.41	17,734.78	18,031.77	2,214	13.99
Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks	18,632	4,047	4,105.43	4,209.10	4,251.30	205	5.1
Manufacture of electrical equipment	131,688	16,487	17,922.90	18,553.46	18,811.86	2,325	14.1
Manufacture of other machinery and equipment	172,568	25,366	25,677.60	25,608.55	25,581.03	215	0.8
Manufacture of motor vehicles, trailers and semitrailers	67,536	12,850	11,955.14	11,228.74	10,953.00	-1,897	-14.8
Manufacture of other transport equipment	33,314	2,721	2,899.12	3,045.44	3,106.82	386	14.2
Manufacture of furniture	945	109	106.09	102.43	101.00	-8	-7.1
Other manufacturing	864	262	273.49	265.38	262.20	0	0.0
Maintenance and repair services of industrial machinery and equipment	1,192	625	645.40	626.27	618.78	-6	-0.9
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	291,421	9,516	9,439.03	9,183.59	9,083.75	-432	-4.5
Water supply	30,564	802	816.34	788.16	777.17	-25	-3.1
Sewage, wastewater, human and animal waste treatment services	3,752	3,398	3,307.23	3,241.61	3,215.73	-182	-5.4
Waste collection, treatment and disposal activities; materials recovery	6,340	722	736.81	740.53	742.08	20	2.8
Remediation activities and other waste management services	3,312	118	189.19	180.83	177.59	59	50.0
General construction	55,137	3,834	3,862.02	3,728.73	3,676.71	-157	-4.1
Specialized construction activities	21,864	3,789	3,842.69	3,780.59	3,756.06	-33	-0.9
Wholesale trade on own account or on a fee or contract basis	46,644	1,893	1,889.16	1,806.72	1,774.84	-119	-6.3
Retail trade, except motor vehicles and motorcycles	-	-	-	-	-	-	-

Table 4. Mid to long-term labor force demand forecast in climate technology industry by Korea Standard Industry Sub-Classification (2023 ~ 2030) (Continued)

KSIC Sub-Classification	Sales (million KRW)	No. of Employees (persons)				Increment (persons)	Growth rate (% 2020 ~ 2030)
		2020	2023	2028	2030		
Land transport and transport via pipelines	2,433	2,307	2,304.15	2,247.12	2,224.70	-82	-3.6
Warehousing and support activities for transportation	289	107	111.80	109.03	107.94	1	1.3
Publishing activities	7,783	2,939	3,239.44	3,524.31	3,645.16	706	24.0
Motion picture, video and television programme production, sound recording and music publishing activities	6	9	8.97	9.24	9.36	1	7.4
Computer programming, consultancy and related activities	6,651	2,700	2,933.45	2,992.59	3,016.58	316	11.7
Information service activities	68	159	177.87	176.10	175.40	16	10.1
Financial service activities, except insurance and pension funding	3,484	836	846.23	792.67	772.21	-64	-7.6
Real estate activities	1,435	232	233.76	227.98	225.70	-6	-2.8
Research and development	24,796	13,288	14,576.13	15,542.20	15,946.33	2,659	20.0
Professional services	5,075	1,871	2,070.35	2,246.31	2,321.28	451	24.1
Architectural, engineering and other scientific technical services	17,930	9,025	9,777.19	9,826.18	9,845.84	821	9.1
Other professional, scientific and technical services	639	157	168.57	171.97	173.35	16	10.1
Business facilities management and business support services; rental and leasing activities	-	-	-	-	-	-	-
Business support services	8,377	4,141	4,231.19	4,146.86	4,113.60	-28	-0.7
Public administration and defence; compulsory social security	1,398	198	208.82	212.00	213.29	15	7.7
Education	3,756	1,370	1,361.45	1,321.09	1,305.28	-64	-4.7
Membership organizations	81	590	574.55	560.33	554.74	-36	-6.0
Maintenance and repair services of personal and household goods	669	137	143.16	141.73	141.17	5	3.4
Other personal services activities	5,632	1,422	1,350.35	1,258.44	1,223.45	-198	-13.9
Total	1,686,853	180,951	187,196.52	189,483.83	190,562.04	9,612	5.3

Table 5. Mid to long-term labor force demand forecast in climate technology industry by Climate Technology Classification (2023 ~ 2030)

Field	Sub-Classification				Sales (million KRW)	No. of Employees (persons)				Increment (persons)	Growth Rate (%, 2020~ 2030)
						2020	2023	2028	2030		
Mitigation	GHG Reduction	Energy Production and Supply	Generation/ Conversion	Non-renewable energy	60,868	7,975	8,289	8,462	8,536	561	7.0
				Renewable energy	204,105	29,368	30,255	30,556	30,705	1,337	4.6
				New energy	115,395	6,907	7,087	7,190	7,238	331	4.8
				Energy storage	433,237	22,934	24,177	24,874	25,180	2,246	9.8
				Transmission and distribution, power IT	103,416	18,061	18,920	19,584	19,878	1,817	10.1
	Energy Demand				590,002	69,261	71,050	71,136	71,212	1,950	2.8
	Greenhouse gas fixation				15,113	534	546	542	541	6	1.2
Subtotal				1,522,136	155,040	160,324	162,344	163,290	8,248		
Adaptation	Agriculture and Livestock				37,226	5,421	5,575	5,602	5,615	194	3.6
	Water				103,702	14,462	14,854	14,779	14,760	298	2.1
	Climate change forecast and monitoring				813	180	191	196	199	19	10.5
	Marine, fisheries, and coastal				594	144	152	152	153	8	5.6
	Health				3,869	957	1,034	1,079	1,098	142	14.8
	Forest and land				631	431	457	458	459	28	6.5
	Subtotal				146,835	21,595	22,263	22,266	22,284	689	
Convergence	Multi-disciplinary convergence				17,884	4,314	4,611	4,873	4,988	674	15.6
Total				1,686,853	180,951	187,197	189,484	190,562	9,611		

3.4.2. 기술 분야별 인력수요 전망

기후기술 분야별 인력수요전망에서는 2020년 현재 총 180,951명에서 2030년 190,562명으로 확대될 전망이다. 기후기술인력은 2020년 총 180,951명에서 2025년에는 189,484명, 그리고 2030년 190,562명으로 2020년 대비 9,612명이 확대될 전망이다. 2020년 현재 기후기술산업 분야에서 인력규모가 큰 산업은 에너지산업으로 에너지 수요산업(69,261명)과 재생에너지(29,368명), 에너지저장(22,934명), 송배전분야(18,061명)의 산업 기후기술인력이 가장 큰 것으로 나타났다. 2030년까지의 수요전망에서 가장 높은 취업자수 증가를 보이는 분야도 에너지산업으로 에너지저장산업에서 2,246명, 에너지수요산업에서 1,950명, 송배전/전력IT분야 1,817명, 재생에너지 1,337명인 것으로 나타났다(Table 5 참조).

3.4.3. 정책적 시사점

이상의 연구 결과에 따르면 온실가스 감축과 에너지 기술 분야에 특화된 인력이 여전히 부족한 것이 자명하다. 그러나, 동시에 간과할 수 없는 부분은 가장 급격한 인력 수요 증가율을 보여주는 다분야 중첩 분야의 인력임을 알 수 있다. 기존 정부부처의 기후기술 인력양성 사업은 현장 전문인력을 양성하기 위한 단일기술 중심의 대학원 과정이 대부분인 점을 감안할 때(Chung et al., 2022), 본 연구 결과는 기존 기후기술 인력양성 사업에 새로운 방향성을 제시한다. 즉, 기후기술의 발전은 온실가스 감축과 탄소중립에 기여하는 것뿐만 아니라 사회 전반에 영향을 미치므로, 이에 따른 융합형 인재가 필요한 것으로 예상된다. 특히 코로나-19와 같은 질병에 취약한 현대사회에서 기후위기에 따른 보건 취약성을 연구하거나 기후변화 예측 및 모니터링을 통해 국가·사회 전반의 이슈에 대응

하기 위한 연구인력도 필요할 것이다.

따라서 부처별 기후기술 인력양성 정책 및 사업은 기후 기술 산업 발전속도에 발맞춘 인력공급에서 더 나아가 미래 사회에 필요한 기후기술 인재를 양성하는 방향성을 제시할 필요가 있다. 하지만 현시점에서는 기후기술 인력양성의 현황과 수요전망에 관한 연구가 미비하기에 향후 기후기술 인력양성 정책 설계 및 이행 시, 상대적으로 높은 인력수요를 나타내고 있는 기후기술 및 관련 산업 분야를 중점적으로 검토하되, 관련 부처의 인력양성 정책 및 사업과의 정합성을 극대화하는 방향으로 추진할 필요가 있다. 향후 특정 분야에만 국한된 전문인력이 아닌 융복합 인력양성을 위해 부처별 정책의 중복성을 최소화하는 노력도 요구된다.

더 나아가, 에너지를 포함한 기후기술 분야의 R&D 역량뿐 아니라, 기후기술 관련 글로벌 아젠다를 선도할 수 있는 글로벌 역량을 겸비한 인재육성정책 마련이 시급하다. 기술추격 그룹인 한국이 주요 선진국이나 국제기구의 기후기술 인력양성 프로그램과의 연계를 통해 보다 효과적으로 기술역량 축적을 도모할 필요가 있다. 글로벌 협력을 통한 기후기술의 해외 이전·사업화 및 유엔기후변화협약 기술 협상 전문가를 포함하여 오늘날 기후기술 R&D를 기반으로 글로벌 난제를 해결할 수 있는 전략을 제시할 뿐 아니라, 산업 현장에서 활용할 수 있는 전주기적 역량을 함양할 수 있는 프로그램의 개발이 수반되어야 한다.

4. 결론

탄소중립 달성과 기후위기 대응을 위한 각국의 기술 패권 경쟁이 심화되고, 경제 구조가 급격히 변화하고 있는 상황에서, 기술 추격그룹인 한국은 기술 역량 축적을 위해 기후기술 분야의 전문인력양성을 위한 구체적인 계획과 실행 노력이 필요한 시점이다. 그럼에도 불구하고, 다양한 부처 차원의 추진되고 있는 인력양성 사업은 대부분 기후기술과는 다소 차이가 있는 일반 환경 및 에너지 분야 중심이며(Chung et al., 2022), 기후기술 분야의 인력양성 정책 설계의 기초자료로 활용될 수 있는 중장기 인력수요 전망에 대한 연구가 부재한 상황이다. 이러한 배경하에, 본 연구에서는 기존의 기후기술 산업통계 데이터와 중장기 수급전망 자료 간 연계를 통하여, 기후기술 분야의 중장기 수요 전망 분석을 실시했다.

먼저, 한국표준산업분류에 의한 기후기술인력의 중장기 수요전망결과를 보면 서비스업에서는 연구개발업의 증가 규모와 증가율이 가장 크며 제조업에서는 화학산업, 전자

산업, 전기산업에서의 규모증가와 증가율이 두드러지게 나타난다. 산업별 수요전망에 따르면 기후기술분야에 집중된 연구개발업의 육성과 인력공급이 필요하며, 전기전자산업과 화학산업에서의 인력 수요규모가 확대되면서 이들 산업 분야에서의 인력양성의 중요성이 높아질 전망이다.

다음으로 기후기술 분야별 중장기 인력 수요전망 결과를 보면 현재 인력규모와 향후 증가될 것으로 예상되는 기후기술분야의 인력규모를 기준으로 에너지수요와 에너지저장, 재생에너지, 전력IT 등 에너지 생산 및 효율화 산업 부문에서 높은 수요를 보인다. 향후 에너지 관련 사업들의 기후기술 연구인력과 산업인력 공급에 중점을 두고 인력양성을 지원할 필요가 있으며 이들 에너지 관련 국제 사업을 주도할 수 있는 프로젝트 인력양성이 필요할 것으로 보인다. 반면 증가율로는 다분야중점 15.6%, 적응(건강분야) 14.8%, 기후변화예측 및 모니터링 10.5% 등 적응 분야에서의 기후기술인력 취업자수 증가율 전망이 매우 높은 것으로 나타나, 기존의 기후기술인력공급과 별도의 인력양성 사업들의 지원이 필요할 것으로 보인다.

다만, 본 연구에서 활용한 기후기술 인력통계와 산업분류는 모두 기후기술분류와 산업통계조사의 부가조사자료로 수행된 데이터베이스로서 한국표준산업분류에 따른 표본추출의 한계점이 존재하므로 해석상의 주의가 필요하다. 향후 보다 정교한 기후기술인력의 중장기 수요전망을 위해서는 현재의 기후기술 산업통계조사와 별도로 기후기술 인력통계의 기반이 되는 기후기술 인력분류체계를 수립하고, 인력실태조사와 기후기술인력 중장기 수요모형 개발을 통한 수요전망이 필요하며, 이 부분은 향후 연구과제로 남겨두고자 한다.

사사

본 연구는 녹색기술센터의 2022년도 한국연구재단 수탁사업 「기후기술 국제협력을 위한 정책지원 사업(N2200002)」의 지원으로 수행되었으며, 동 사업의 연구내용을 토대로 작성되었습니다.

References

Act No. 18469. Basic Act on Carbon Neutral and Green Growth to Respond to the Climate Crisis (Enactment on September 24, 2022, Enforcement on September

- 25, 2022).
- Act No. 18865. Act on the Promotion of Technology Development in Response to Climate Change (Amendment of Other Laws June 10, 2022, Enforcement December 11, 2022).
- Brown M. A, Soni A, Li Y. 2020. Estimating employment from energy-efficiency investments. *MethodsX*. doi:10.1016/j.mex.2020.100955.
- Chung Y, Choi G, Oh J, Han S, Kim T. 2022. Trends and Implications of Domestic Climate Technology Human Resources Development Policy: GTC Brief 2022 Vol. 3 No. 4.
- EISC (Environment Industrial Skills Council). 2020. Environment Industrial Skills Council Environment Industry Manpower Status Report.
- EPO and USPTO (European Patent Office and United States Patent and Trademark Office); [accessed 2022 Sept 30]. <https://www.cooperativepatentclassification.org/sites/default/files/cpc/scheme/Y/scheme-Y.pdf>
- GTC (Green Technology Center). 2020. Climate Technology Level Survey: GTC Technical Report 2020.
- GTC (Green Technology Center). 2021. 2020 Climate Technology Industry Statistics: GTC Technical Report 2021.
- IEA (International Energy Agency). 2020. Renewables 2020 - Analysis and Forecast to 2025, Revised Version: IEA Fuel Report.
- IEA (International Energy Agency). 2021. Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector: IEA Flagship Report.
- Joint Ministries. 2020. 「2050 Carbon Neutrality」 Promotion Strategy.
- Joint Ministries. 2021. 2050 Carbon Neutrality Scenario Plan.
- KEA (Korea Energy Agency). 2021. 2020 New and Renewable Energy Industry Status.
- KEIS (Korea Employment Information Service). 2020. Mid to Long-term Labor Force Supply and Demand Forecast. Policy Report 2020-064.
- Kwak JH, Kwun TH, Oh D-s, Kim J-w. 2015. Labor market forecasts for Information and communication construction business (in Korean with English Abstract). *Journal of Internet Computing and Services* 16: 99-107.
- Kwon S, Chang H, Lee YH, Lee ES. 2020. A Dynamic Simulation Analysis on the Prospects of Human Resource Balance in the Field of Fusion (in Korean with English Abstract). *Energy* 23: 289-304.
- Lee Y, Lee D, Heo E, Kim M, Choi H. 2011. A Study on Demand for Renewable Energy Workforce and HRD Policy Strategy (in Korean with English Abstract). *Korea Technology Innovation Society* 14: 736-760.
- ME (Ministry of Environment) and KECO (Korea Environment Corporation). 2014. Report on the Environment Industry Survey.
- ME (Ministry of Environment) and KEITI (Korea Environmental Industry & Technology Institute). 2019. Report on the Environmental Survey.
- MEST (Ministry of Education and Science and Technology) and KRIVET (Korea Research Institute for Vocational Education & Training). 2009. National Mid- to Long-Term Manpower Projection - Mid- to Long-Term Manpower Projection for Science and Technology Human Resources. Policy Report 2009-13.
- MOEL (Ministry of Employment and Labor). 2022. Mid to Long-term Labor Force Supply and Demand Forecast.
- MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy) and KNREC (Korea Energy Corporation Renewable Energy Center). 2021. Report on the Renewable Energy Industry Statistics.
- MSIT (Ministry of Science and ICT). 2022a. (Notification No. 2022-55) Notice of “Details of Climate Change Response Technology”.
- MSIT (Ministry of Science and ICT). 2022b. The 4th Special Committee on 「Carbon Neutral Technology Implementation Strategy (Roadmap)-I」. Press Release.
- Oh C-s, Shinn Y, Han J, Lee G. 2021. An Analysis on

- the Forest Industry and Future Forest Job Demand (in Korean with English Abstract). *The Journal of Humanities and Social Sciences* 21(HSS21) 21: 2881-2892.
- Park J. 2002. A Study on the Supply and Demand Prospects of Science and Technology Sector Labor Force: Focusing on the US BLS Model. *Science & Technology Policy* 135: 118-131.
- Park J, Park M, Jeon J. 2004. The Labor Force Supply and Demand Model of Science and Technology Sector: Current Status and Improvement Plan. *Science and Technology Policy Institute. Policy Report* 2004-08.
- Park K. 2015. The Achievements and Limitations of the Prospects for the Labor Force Supply and Demand of Science and Technology Sector. *Science and Technology Policy Institute. Policy Report* 2015-161.
- Ram M, Aghahosseini A, Breyer C. 2020. Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. *Technological Forecasting and Social Change*, doi:10.1016/j.techfore.2019.06.008.
- Ram M, Osorio-Aravena J.C, Aghahosseini A, Bogdanov D, Breyer C. 2022. Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050. *Energy*. doi:10.1016/j.energy.2021.121690.