

# Study on Emerging Technologies in Electric Power Industry

## 전력산업 미래 유망기술 발굴 방법론 연구

Sooman Park  
박수만

KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation, 105 Munji-ro Yuseong-gu, Daejeon 34056, Korea  
sooman.park@kepc.co.kr

### Abstract

In recent years, the U.S, Japan, Europe and other developed countries are strategically developing technologies in order to prepare for paradigm shift affecting the electric power industry in a preemptive way. In particular, a chance for new business models and innovation in the electric power industry would rapidly increase with convergence of various technologies including Information and communication technologies. This study gathered up the theories and methodologies, and sorted out emerging technologies for the electric power industry with those theories. In order to find the emerging technologies, first, we identified the possible key issues of the electric power industry in the future using four mining techniques such as STEEP. Second, we drew agenda related with each key issue. Third, we organized candidates of the emerging technologies for solving the agenda and set the priority after evaluating the possibility of technical innovation and business. Finally, we selected the top fourteen of emerging technologies and assessed their feasibility. This study has a methodological significance because the emerging technologies were developed with a market-oriented approach rather than technical-push one that has been primarily used in another studies. The results of this study are able to be used in establishment of technology policy and R&D planning in the electric power industry.

*Keywords* : Electric power industry, electric technology, emerging technology

### I. 서론

앞으로 20년 후의 전력, 에너지 산업의 미래는 어떻게 달라져 있을까? 2030년에 사람들은 전기 에너지를 어떻게 만들고 사용할까? 미래학자 제레미 러프킨은 ‘제3차 산업혁명’에서 현대사회를 특징짓는 대량 생산과 소비 중심의 산업형태는 새로운 커뮤니케이션 수단과 새로운 에너지의 결합, 즉 스마트그리드와 친환경 재생에너지가 결합한 산업혁명으로 바뀔 것으로 주장한 바 있다. 또한, ‘Energy transformation (PwC, 2013)’에서는 전 세계의 전력기업의 CEO의 94%가 전력산업의 수요측 비즈니스가 혁신적인 변화가 일어날 것으로 전망하고 있다 [1]. 세계 에너지 협의회(WEC)의 ‘2014 World Energy Issues’에서 2010년부터 2014년까지 회원국의 장·차관 등 정책결정자, 에너지기업 대표 등 90여개국 900여 에너지 분야 리더들을 대상으로 한 조사에서 세계 에너지산업에 가장 큰 영향력을 미치는 이슈 37건을 도출하였으며, 이중 이산화탄소 배출 저감, 비전통에너지원, 원자력, 에너지 효율, 신재생에너지 등이 관심변화가 컸던 것으로 나타났다 [2]. IEA의 ‘Energy Technology Perspectives 2014’는 2050년까지 에너지 수요가 25% 증가하는 동안 전력 수요는 80% 증가하는 등 전력이 글로벌 에너지시스템을 주도할 것이라고 전망하고 있다 [3]. 이처럼, ‘World Energy Scenarios’, ‘Energy Transformation’, Energy Technology Perspective 2014’ 등을 포함한 ‘에너지혁명 2030’, ‘UN 미래보고서’ 등을 종합하면 전력수요의 증가, 수요단의 기

술혁신에 따른 비즈니스 지형 변혁 등 에너지시스템의 근본적인 변화가 일어날 것이며, 이 과정에서 많은 혁신과 신사업 창출의 기회가 있을 것으로 전망하고 있다.

특히, 미국, 일본, 유럽 등 선진국들은 전력산업의 미래 변화에 대비 하고 선제적으로 대응하기 위해 전략적 기술개발을 추진 중에 있다. 미국은 ‘안정적인 에너지 공급’ 달성을 위한 송배전 단계에서의 효율향상과 이를 뒷받침 하는 ‘기초연구 강화’를 기본적인 추진 전략으로 설정하고 있다. 일본은 2014년 ‘에너지 기본계획’을 통해 에너지 자원의 높은 해외 의존도로 인한 공급 불안정, 온실가스 저배출 이슈들을 근본 문제로 설정하고 후쿠시마 사고로 인한 원자력 발전의 비중 축소 등을 현안 문제로 제시하고 있다. 유럽은 기후·에너지 정책 2030 Framework에서 2030년까지 지구온난화 가스 40% 저감, 2050년까지 80% 저감 목표를 발표하였다. 우리나라는 파리기후 협약 등 신기후변화체계에 대응하기 위해 앞으로 전기차 보급, 에너지 프로슈머 사업, 저탄소 발전 등을 확대하고 과감한 투자와 기술혁신을 위한 “2030 에너지 신산업 확산전략”을 지난 2015년에 발표하였다.

이와 같은 전력산업을 둘러싼 정책환경, 산업환경, 기술환경 등 패러다임 변화의 속도가 과학기술 환경에서 기업들이 경쟁력을 갖기 위해서는 현재의 트렌드를 이끄는 기술의 발전을 모니터링 함과 동시에 새롭게 부상하는 기술들을 찾아야 한다. 기업 관점에서는 제한된 자원을 이용하여 기술경쟁력을 확보하기 위해서 미

Table 1. 국내외 주요기관의 미래유망기술 정의 및 선정기준

구분	주요 내용	
해외	MIT	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전 세계적으로 연구되는 기술(IT, ET, NT, BT 등) 중 5년 안에 파급효과가 큰 기술 선정</li> <li>· 새로운 기술 출현의 마이크로 트렌드에 초점</li> <li>· 매년 2월경 당해연도 '10대 유망기술'을 Technology Review지에 발표</li> </ul>
	Mckinsey	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 향후 10~20년간 세계의 경제 혁신을 주도할 12가지 차세대 와해성 기술을 선정</li> <li>· 사회·경제적으로 미칠 파급력을 제시</li> <li>· 2013년 '와해성 기술: 일상, 비즈니스, 글로벌 경제를 변화시킬 기술 발전' 발표</li> </ul>
	TechCast	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 7대 분야(IT, BT, ET 등) 70여개 기술에 대한 출현시기, 시장규모 등을 평가</li> <li>· 10년 이상 장기적 관점의 기술전망</li> <li>· TechCast 웹사이트에서 상시 업데이트</li> </ul>
	Gartner	<ul style="list-style-type: none"> <li>· IT분야에서 향후 3년간 기업에 중요한 영향을 미칠 넓은 범위의 기술을 지목</li> <li>· 시장 관점에서 IT메가트렌드에 초점</li> <li>· 매년 10월 차년도 '10대 전략기술' 발표</li> </ul>
	WEF	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가까운 미래에 전 세계적으로 사회, 경제, 환경 측면에서 중대한 영향을 미칠 수 10대 첨단기술을 선정</li> <li>· 매년 다보스 포럼에서 '10대 유망기술'을 발표</li> </ul>
국내	KISTI	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 미래기술지식베이스에서 관리하는 유망아이템들의 재고찰, 평가를 통해 발굴</li> <li>· 논문, 특허, GTB 수집 모니터링 정보 등에 기반하여 유망기술 조사</li> <li>· 매년 주목해야할 '10대 유망기술' 발표</li> </ul>
	KISTEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 향후 10년간 사회적·경제적 파급효과가 높은 10대 기술을 선정</li> <li>· 매년 트렌드(15년의 경우 노화, 안전 등)를 선정하여 관련된 유망기술을 조사</li> <li>· 매년 당해연도 '10대 유망기술'을 발표</li> </ul>
	NIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 중장기적 관점에서 최선성과 빈도수 기반의 ICT 유망기술 및 서비스 등</li> <li>· ICT 내 융합 가능한 기술을 중심으로 조사</li> <li>· 매년 '유망기술'을 발표</li> </ul>

래기술 발굴을 통한 효과적인 연구개발 전략의 수립이 필요하다. 따라서, 본 연구는 미래 전력 분야 미래유망 기술 발굴 방법론을 개발하고, 이를 적용하여 2030년을 목표로 한 전력산업분야의 미래 유망기술의 도출을 목표로 Fig. 4의 절차에 따라 진행하였다. 이를 위해 기술주도(technology-push)가 아닌 시장지향(market-pull)의 방법론을 적용하였다. 본 연구는 메가트렌드분석(Future mining), 현안문제분석(Insight mining), 기술전망분석(Technology mining) 등 다양한 유망기술 발굴 방법론을 적용하였고, 이에 대한 고찰을 통해 전력산업의 미래 이슈와 아젠다를 스크린 하였다. 각각의 아젠다를 해결하기 위한 전력에너지 기술 환경과 시장 환경에 적합한 유망기술 후보군을 도출한 다음 마지막으로 2030년 시점을 목표로 현 시점에 우선적으로 추진해야 할 전력에너지 분야 미래 유망기술을 선정하였다. 이론적인 측면에서 본 연구의 결과는 시장지향 접근법을 활용한 미래유망기술 발굴 방법론 연구라는 점에서 기술예측 기법의 발전에 크게 기여할 것이다. 또한, 실무적으로는 미래유망기술을 제시함으로써 전력산업에 대한 기술정책 수립과 연구과제 기획 등에 효과적으로 활용할 것으로 기대된다.

## II. 연구 방법론

### A. 문헌 및 선행 연구 검토

급변하는 세계 정세, 경제, 산업, 과학기술, 사회환경 등에 적절히 대응하고 산업경쟁력 확보를 위해 장기적 관점에서 미래환경변화에 대응하는 것이 꼭 필요하므로, 전 세계적으로 국가나 기업들이 미래기술비전의 설정과 실행전략 수립하기 위하여 기술예측 활동을 활발히 수행하고 있다.

미래를 예측하는 활동을 보면, 초기단계에 델파이나

시나리오 플래닝 등의 기법을 활용해 기술보다는 국가나 대기업 등에서 중장기 정책을 정성적으로 예측하는 '미래탐색 활동'에서 출발하였다. 이후, 국가정책에서 상대적으로 중요성이 낮았던 산업들의 기술의 위상이 높아지며 와해적 기술혁신이 일어나면서 '미래기술탐색활동'이 중요해지기 시작했다. 국가가 전면에서 대대적인 미래핵심기술 탐색에 나서 목표지향적 연구개발에 집중하며 큰 파급효과를 내자 '미래탐색'이 '미래핵심기술탐색'으로 트렌드가 바뀌기 시작했다. 90년대 중후반부터 정보통신기술의 발전으로 논문과 특허 등 지식과 정보의 폭증, 디지털화, 데이터베이스기술이 발전하며 기존의 정성적 기반의 방법에서 시스템 다이내믹스, 집단지성 등 과학적 미래기술탐색방법론이 개발되며 본격적인 진화가 이루어 졌다. 최근에는 정보통신기술과 빅데이터에 기반한 데이터마이닝, 복잡계 기법 등 정량적 미래기술탐색기법들이 부상하고 있다 [4].

국내외의 주요기관인 MIT, Mckinsey, WEF, KISTI 등에서는 Table 1과 같이 다양한 계량분석기법과 데이터마이닝 기법들을 융합하여 매년 미래유망기술을 발표하고 업데이트하고 있다 [5].

영국은 미래환경스캐닝센터(Horizon Scanning Center)를 설립하고 범부처적 동향파악을 총괄하고 있으며, 시그마 스캔을 통해 사회전반에 걸쳐 발생하고 있는 혹은 발생할 것으로 예상되는 주요 이슈들을 발굴하고 향후 파급효과를 분석하여 제공하며, 그 절차는 Fig. 1과 같다. 기술을 포함한 다양한 정책적 의사결정을 지원하며, 델타 스캔(Delta Scan)은 새롭게 등장하는 과학기술 발전 추세의 조망과 분석을 통해 기술 분야별 미래기술 정보를 재분석·가공하여 실현시기, 파급효과 등 2차 정보를 정책결정자 등에게 제공하고 있다 [4].

독일의 경우 컨설팅 회사인 Z\_punkt社는 기업예측 관련하여 전문성을 가지고 있으며 관련 toolkit 개발, 기

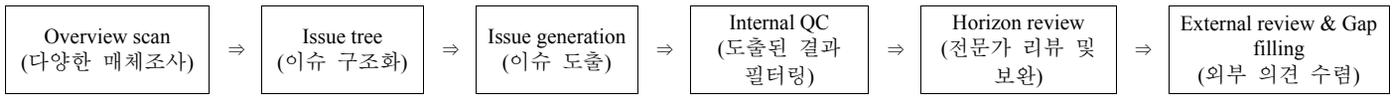


Fig. 1. 영국 시그마 스캔의 미래예측 프로세스.

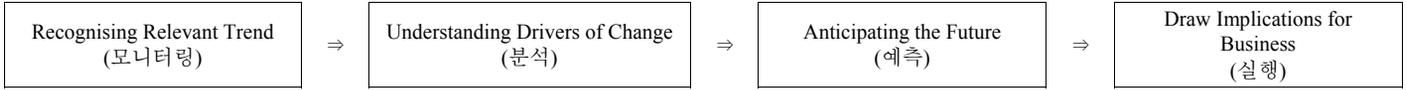


Fig. 2. 독일 Z\_punkt사의 미래예측 프로세스.

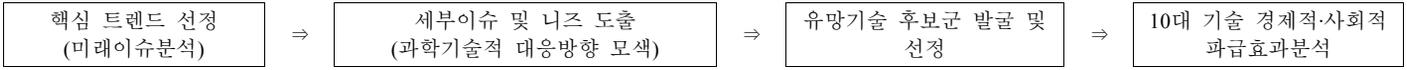


Fig. 3. KISTEP의 2015년도 미래 유망기술 선정절차.

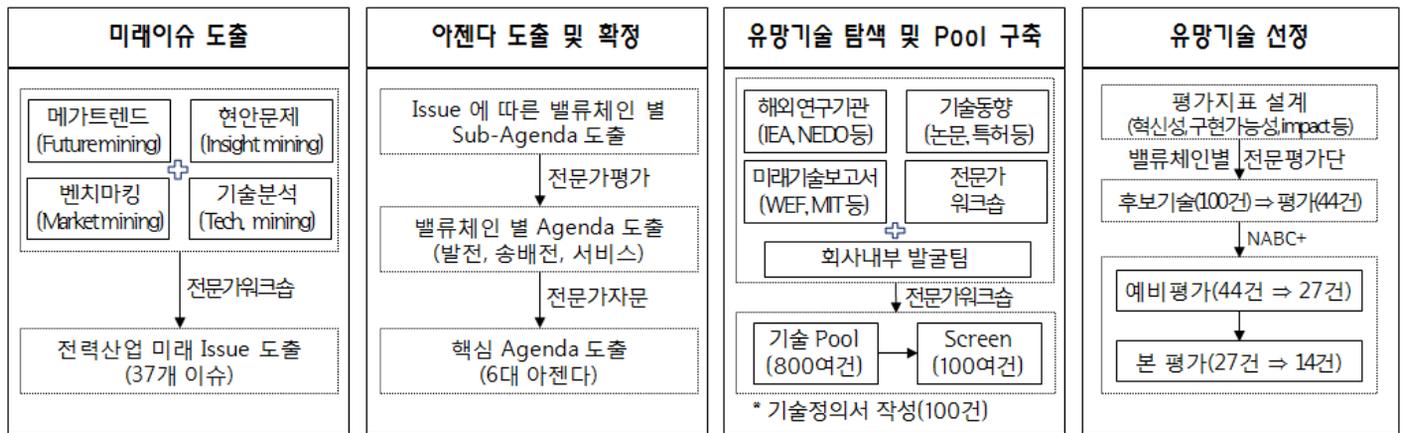


Fig. 4. 전력산업 미래유망기술 선정 절차.

업예측조사 보고서, 책자 발간 등 활발한 활동을 하고 있다. 미래예측을 4단계로 정의하고 각 단계별로 필요한 방법론을 모듈 형식으로 정립하여 Foresight Toolkit를 구축하였다. 또한, 향후 15년에 걸쳐 미래변화의 핵심 메가트렌드 규명하고 관련 기술을 도출하고 있으며, 그 절차는 Fig. 2와 같다 [4].

미국의 경우 TechCast(George Washington 대학에서 운영)에서 미래기술동향사이트를 운영하고 있으며, 실시간 델파이라는 트렌드 모니터링 자체 tool kit를 보유하고 예측활동에 활용하고 있다. TechCast는 기술적 진보를 예측하는 온라인상의 싱크탱크로서 온라인에서 일하는 전문가들의 제고한 지식을 모은 것을 세계 어디에나 기업, 정부, 과학자, 대중에게 실시간으로 제공하고 있다 [4].

우리나라의 경우 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 기존 기술을 혁신적으로 대체 또는 보완할 수 있거나, 미래 한국사회에서 이슈를 해결에 기여하거나, 새로운 시장을 창출할 수 있는 기술로서 기술적, 경제적, 사회적 파급효과 고려하여 미래 유망기술을 선정하고 있다. 2015년도의 경우 10대 미래유망기술은 한국사회 핵심이슈로 격차, 불평등을 선정하고, 환경변화 전망을 통해 한국사회에서 향후에 발생이 예상되는 격차, 불평등 이슈를 발굴하고 이에 대응할 수 있는 유망기술을 Fig. 3의 선정방법론에 따라 도출하였다 [6]. 또한, 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 논문, 특허, GTB (Global Trends Briefing) 수집 모니터링 정보 등에 기반한 미래기

술지식베이스에서 관리하는 유망아이템들의 재고찰, 평가를 통해 미래 유망기술을 탐색하고 발굴할 수 있는 모델을 개발하여 미래유망기술을 선정하고 있다 [4].

### B. 유망기술 발굴 프레임워크

전력산업의 이슈와 중장기 아젠다를 발굴하고, 아젠다 해결을 위한 기술을 도출하기 위해 4가지의 Mining Tool (Future, Problem, Market, Technology) 기법을 활용한다. 메가트렌드 분석(Future Mining)은 미래예측보고서에서 발표되는 메가트렌드를 조사하여 공통적으로 언급되는 주요 이슈들을 STEEP (Social, Technological, Economical, Environment, Political) 요소별로 구조화하고 전력산업에 미칠 영향과 해결해야 할 문제를 정리하였고, 현안문제 분석(Problem Mining)은 전문가 인터뷰, 문헌조사 등을 통한 전력산업 구조 및 특성 분석, 관련 정책 및 규제 조사, 기술동향분석을 바탕으로 발전·송변전·배전·활용 단계의 현안 문제를 파악하고 이슈를 도출한다. 또한, 벤치마킹 분석(Market Mining)을 위해 선진국 정책과 기업들의 R&D투자방향 조사, 주요 연구기관의 R&D 프로그램과 포트폴리오 조사를 통해 우리 전력산업의 전략적 방향과 유망기술을 도출하였고, 기술전망분석(Technology Mining)은 과학기술 전 분야의 기술 트렌드 조사, 전력 분야 논문·특허·문헌을 분석하여 기술트렌드를 파악하고

Table 2. 선진 Utility의 벤치마킹 (Market mining)을 통한 R&D 이슈

연구개발 이슈	EDF	RWE	ENEL	e-on	TEPCO	Exelon	GE	Siemens	Alstom	ABB	MHI	GDF Suez
화석연료의 친환경화 및 원자력 발전의 효율화			○	○		○			○		○	
기후변화 대응 및 환경 영향 평가	○	○			○			○			○	○
신재생에너지 개발과 도입 촉진을 위한 기반 기술	○	○	○	○		○		○	○		○	○
에너지 산업 구조 분석 및 개편		○		○	○		○					
공급자 측면의 전력공급 시스템 혁신	○		○	○	○		○	○	○	○		
수요자 측면의 에너지 이용 효율 증대	○		○	○	○		○				○	○

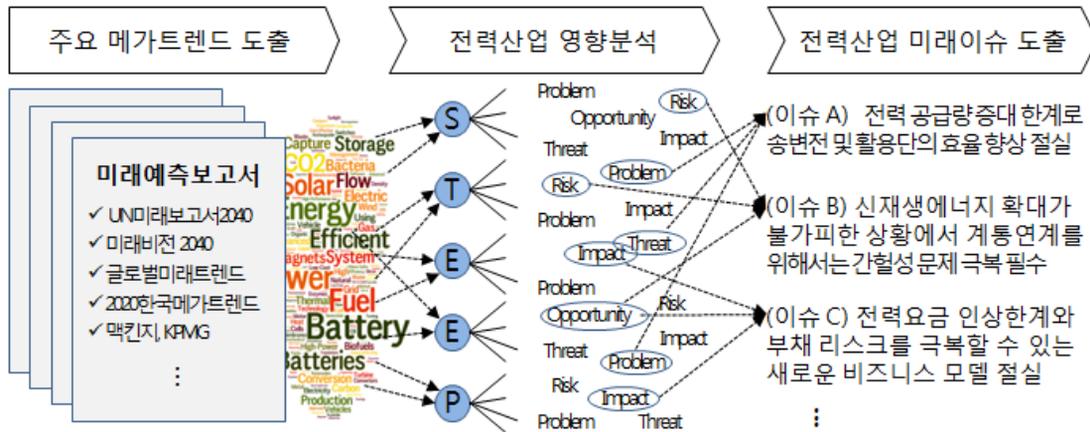


Fig. 5. 메가트렌드 분석(Future Mining)을 통한 전력산업 이슈 도출 프로세스.

미래유망기술 후보를 도출하는 방법론을 적용하였다.

본 연구에서 미래유망기술 발굴 절차는 Fig. 4와 같이 크게 4단계이다. 첫째, 『미래사회의 전력산업 이슈 전망』 단계에서는 연구보고서, 전망보고서 등 문헌조사를 통해 미래사회의 메가트렌드와 이슈를 정의하고 이로부터 앞으로 사회에서 필요성이 높아질 전력과 에너지산업이 갖는 한계와 현재의 전력 서비스 산업을 근본적으로 바꿀 수 있는 패러다임 변화요인을 도출한다. 본 과정에는 전력-에너지산업 관련 외부 전문가 그룹, 전력산업에 직접 종사하는 기술전문가 그룹을 별도로 구성하여 미래 이슈를 도출한다. 둘째, 『전력산업 아젠다 도출』 단계에서는 두 개의 그룹에서 제시한 미래 전력산업 이슈들을 그룹핑하여 핵심이슈를 도출하고, 이를 기초로 미래사회를 이끌어갈 핵심적인 아젠다를 도출하고, 아젠다를 해결하기 위한 미래유망기술들을 Sourcing하였다. 유망기술은 기존 회사의 전략기술과 차별화하여 중복되지 않은 조건으로 Sourcing하였으며, 새로운 기술은 회사 내부의 TF그룹과 전문기관과 병행하여 전력산업 및 서비스를 근본적으로 바꿀 수 있는 패러다임을 시프트할 수 있는 전력산업 혁신형 미래기술과 송변전, 배전, 발전 등 현 사업의 핵심 난제 해결을 통해 회사의 사업 경쟁력을 높일 수 있는 전력산업 한계돌파형 미래기술의 Dual Track으로 Sourcing하였다. 특히 미래유망기술의 체계도는 전력산업분야에서 한전에서 활용 중인 기술 체계도를 적용하여 중분류 수준의 기술로 정의하며, 전문가들이 주도가 되어 가능한 다양한 필요기술을 도출

한다. 셋째, 『미래유망기술 후보군 선정』 단계에서는 앞선 단계에서 도출한 기술들을 기술성, 혁신성, 기술과급도 등의 기준으로 평가하고 평가결과를 종합분석하여 유망기술 후보군을 선정한다. 이때 전문가 그룹의 컨설팅을 통하여 유망기술 후보군을 도출한 다음 1차단계에서 도출된 기술들로부터 기술간 유사성, 중복성, 기술별 규모 등을 검토, 통폐합하여 유망기술 후보군을 도출하게 된다. 마지막으로 『미래유망기술 우선순위 평가』 단계에서는 기술에 대한 평가지표를 선정한 뒤, 미래유망기술 후보군을 대상으로 1단계 예비평가, 2단계 본 평가를 통해서 미래유망기술로써 이들의 가치를 NABC+ 관점에서 평가한다. 선정평가는 1단계 예비평가에서는 심의대상 기술의 기술적 타당성, 실현 가능성, 과급효과 등을 중점적으로 검토하고, 2단계 본 평가는 기술의 혁신성, 사업성 등의 평가 결과를 종합하여 진행한다. 끝으로 최종 도출된 14대 유망기술은 회사 경영진에게 보고를 하고 각각의 유망기술별 비즈니스모델, 기술확보 전략, 기술로드맵 등을 구체화한 상세계획을 추진한 후, 회사의 기술정책과 R&D계획에 반영되어 본격적인 연구 개발을 추진한다.

### III. 전력산업 미래유망기술 발굴결과 [7]

#### A. 핵심 이슈 및 아젠다

전력산업의 아젠다를 발굴하기 위하여 미래 거시동

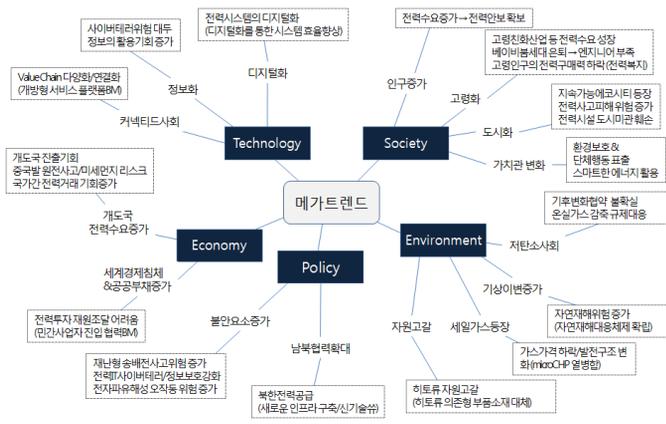


Fig. 6. 메가트렌드 동인 전력산업 이슈 도출(예시).

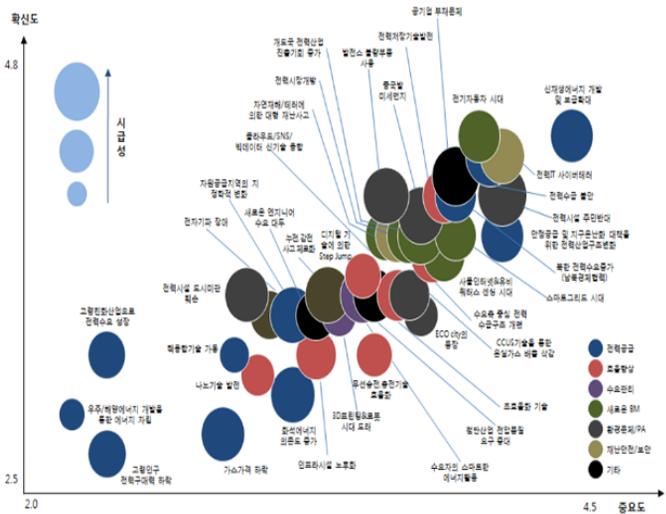


Fig. 7. 전력산업의 주요 이슈와 이슈 중요도.

향으로부터 도출된 주요 이슈들에 대해 이러한 이슈를 해결하기 위한 핵심 아젠다를 도출한다. 이는 2단계로 나눠서 진행했는데, 1단계에서는 메가트렌드 변화(Future mining)에 따른 전력산업의 이슈, 전력산업이 당면한 기술, 제도, 규제정책 등의 현안문제(Insight mining) 이슈, 선진국들이 중점적으로 다루고 있는 벤치마킹(Market mining) 이슈, 전력기술 트렌드(Technology mining) 이슈 등의 관점에서 각각의 이슈를 도출하였다. 메가트렌드 분석(Future mining)에 의한 이슈 도출은 국내외 공공/민간 분야 연구기관에서 발간하는 미래사회 환경변화 및 메가트렌드 예측보고서를 조사하여 공통적으로 언급되는 주요 이슈들을 STEEP 요소별로 구조화하였다 [8]. 그리고, 전문가 자문, 웹서치, 브레인스토밍 등을 통해 STEEP 요소별로 전력산업에 미치는 영향(Problem, Risk, Opportunity, Threat)들을 도출한 후 그룹핑·구조화하여 미래 전력산업이 해결해야 할 이슈로 정의하였으며, 그 프로세스는 Fig. 5와 같다. 벤치마킹(Market mining) 기법은 문헌조사 및 웹서치 등의 스캐닝 기법을 통해 미국, 일본 등 선진국의 전력·에너지 관련 정책과 전력분야 주요 연구기관 및 기업들의 최근 연구개발 투자방향 및 전략적 포지션을 조사·분석하여 전력산업 이슈를 도출하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

이들 4개의 Mining Tools (Future, Problem, Market, Technology)로 도출된 이슈를 근간으로 ‘전력산업 이슈 도출 워크숍’에서 Mind-map을 활용하여 전력분야에 대한 37개의 이슈를 도출하였다. 전문가 워크숍은 전력분야 기술 전문가, 미래예측 전문가, 정책 전문가, 언론인 등 다양한 분야의 전문가가 참여하여 미래 전력산업 이슈와 관련된 400여개의 키워드를 도출하고 구조화하였으며, Mind-map 기법을 통해 전문가의 관점에서 메가트렌드 동인의 전력산업 이슈 도출과정의 예시는 Fig. 6과 같다. 그리고, 4가지 mining tool에 따라 도출된 이슈를 전문가 집단에서 평가한 결과 신재생에너지, 스마트그리드, 전기자동차, 전력저장 등과 관련된 이슈가 중요도가 높은 것으로 나타났고, 결과는 Fig. 7과 같다.

2단계에서는 도출된 주요 이슈의 우선순위를 내외부 전문가의 평가와 전문가 워크숍의 평가의견을 반영하여 해결과제로 정리된 아젠다(Agenda)를 발전(6개), 송배전(7개), 판매·서비스(7개) 분야로 구분하여 도출하였다. 전력산업의 판매·서비스 부문에서 도출된 이슈로부터 해결해야 할 아젠다를 도출하기 위한 프로세스는 Fig. 8과 같다.

최종적으로 전력산업의 발전, 송배전 등 밸류체인에서 이슈 해결을 위한 아젠다는 전문가 자문을 통해 그룹핑하여 효율향상, 온실가스 감축, 안정성강화, 합리적 이용, 신사업, 혁신기술 등 핵심 6대 아젠다를 선정하였으며, 그 결과는 Fig. 9와 같다.

**B. 아젠다 해결을 위한 미래유망기술 Pool 구축 및 후보군 도출**

전력산업 아젠다 해결을 위한 후보기술 발굴은 외부 전문가와의 협업 발굴(Track 1), 회사내부의 자체발굴(Track 2)을 통한 Two-Track으로 병행하여 진행하였다. 기술 Sourcing을 통해 총 800여 개의 후보기술을 Pooling 하였으며, 그룹핑과 Screening을 통해 100개의 유망 후보 기술로 압축하였다.

유망기술 Sourcing시 고려사항은 기존 회사의 전략 기술과 차별화하여 중복되지 않은 조건으로 하였으며, 미래유망기술의 체계도는 회사에서 기개발되어 운용 중인 전력산업기술 체계도를 활용하여, 중분류 수준에서 구체화된 기술로 정의하였다. 유망기술 Sourcing은 해외 선진연구기관, 미래기술 보고서, 논문 및 특허 분석을 비롯하여, 두 차례에 걸쳐 아젠다 해결을 위한 기술도출 워크숍을 통해 기술을 Pooling하였다. 먼저, 해외 선진 Utility회사와 연구기관(IEA, EPRI, NETL, NEDO, ARPA-E 등)에서 진행하고 있는 전력산업 관련 R&D 테마를 도출하였다. 둘째는 MIT, WEF, IEA, SERI, KISTI 등 미래기술을 예측하는 국내외 주요 보고서와 문헌을 기초로 하여 전력과 에너지와 관련된 후보기술을 발굴하였다. 셋째는 특허(FOCUST), 논문(Web of Science) 검색 Tool을 활용하여 전력산업과 관련되어 현재 기술개발이 활발히 진행되고 있는 분야와 동향을 파악하여 기술분야를 도출하였다. 넷째는 아젠다 해결을 위한 기술을 도출하기 위하여 두 차례에 걸친 전문가 워크숍을 통해 유망기술을 도출하였다. 다섯째는 전력연구원 내부의 창의학습조

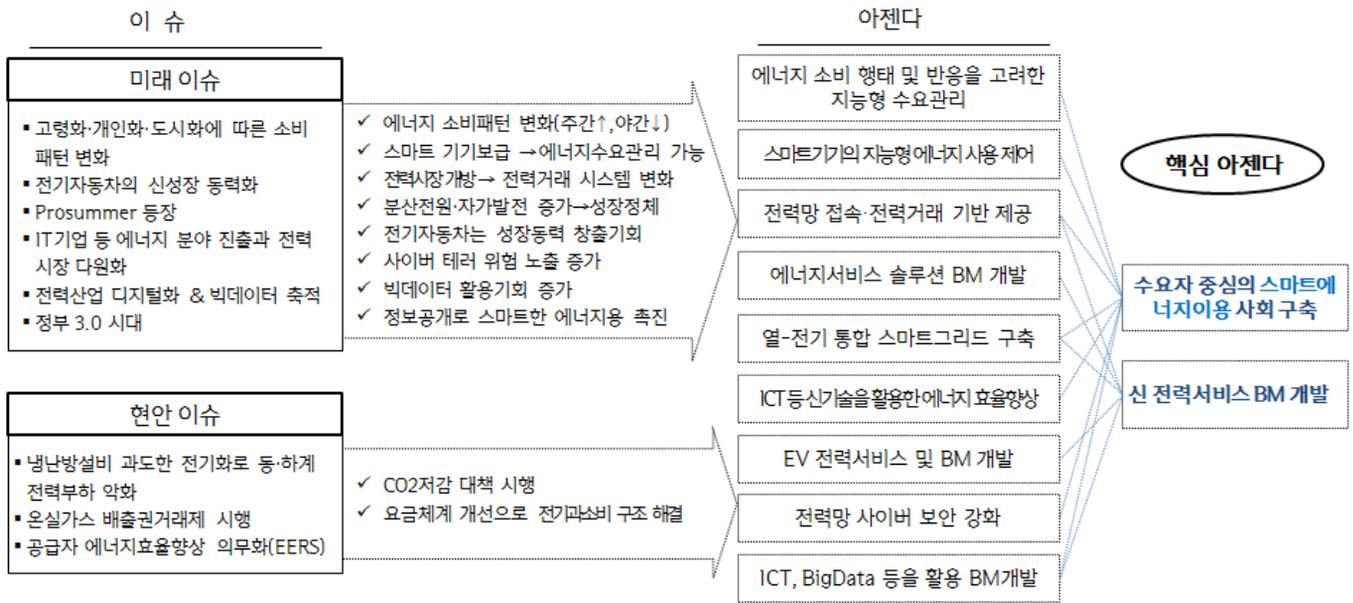


Fig. 8. 판매·서비스 부문의 이슈 및 아젠다 도출(예시).

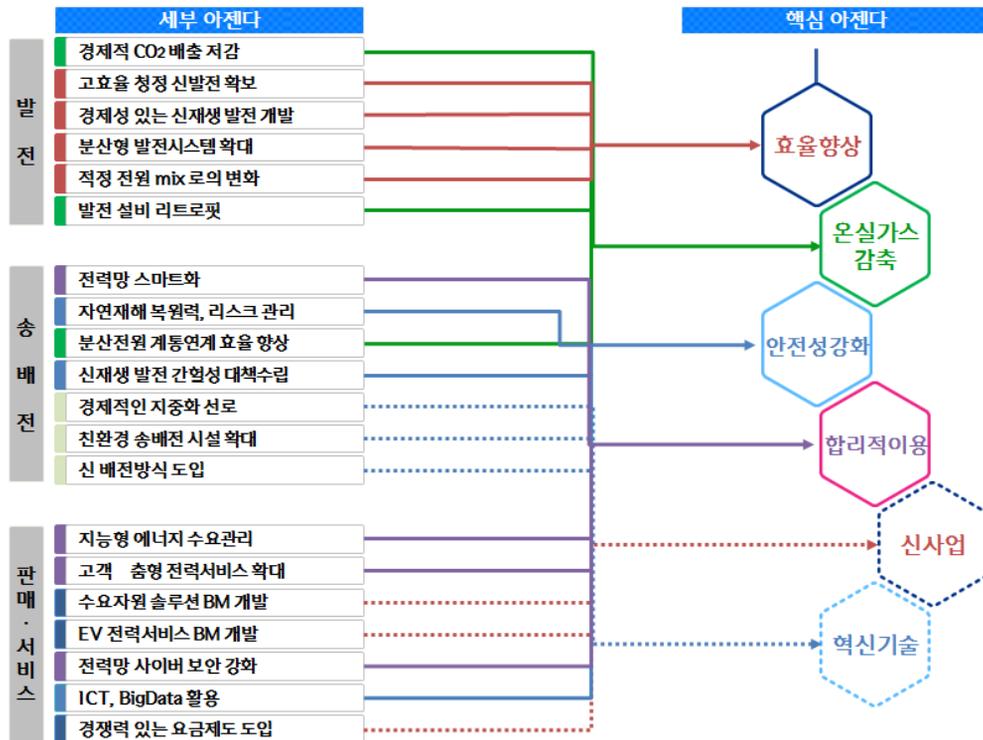


Fig. 9. 전력산업 밸류체인별 세부 아젠다 및 핵심 6대 아젠다.

직, 연구부서별 발굴팀, R&D기획위원회 등 자체발굴팀을 통해 발굴하였다.

기술 Sourcing을 통해 총 800여개의 후보기술을 도출하였으며, 이에 대해 전문가 워크숍에서 그 기술의 중복성, 유사성, 적합성 등에 따라 통폐합하였다. 유망기술 후보군은 전력산업 및 서비스를 근본적으로 바꿀 수 있는 패러다임을 시프트할 수 있는 전력산업 혁신형 기술과 송변전, 배전, 발전 등 현 사업의 핵심 난제 해결을 통해 회사의 사업경쟁력을 높일 수 있는 전력산업 한계 돌파형 기술로 분류하였다. 각각의 기술은 그룹핑과 Screening을 통해 100개의 유망 후보기술로 압축한 다음

6대 핵심 아젠다별로 적합한 기술을 매칭하였다. Fig. 10은 핵심 아젠다 중 발전설비의 효율향상을 위해 필요한 유망기술 후보 예시이다. 그리고, 유망기술 후보군은 각각 기술별로 기술개요, 이슈 및 아젠다, 기술·시장동향, 기존기술의 한계·문제점, 기술개발 장애요인, 주요 기술구성, 파급효과 등이 수록된 기술정의서를 작성하였다. 전력산업 미래유망기술 우선순위를 정하기 위해 전력연구원을 포함한 산학연 전문가 37명의 평가단을 운영하여 전력산업 유망후보기술에 대한 논의 및 평가를 진행하였다.

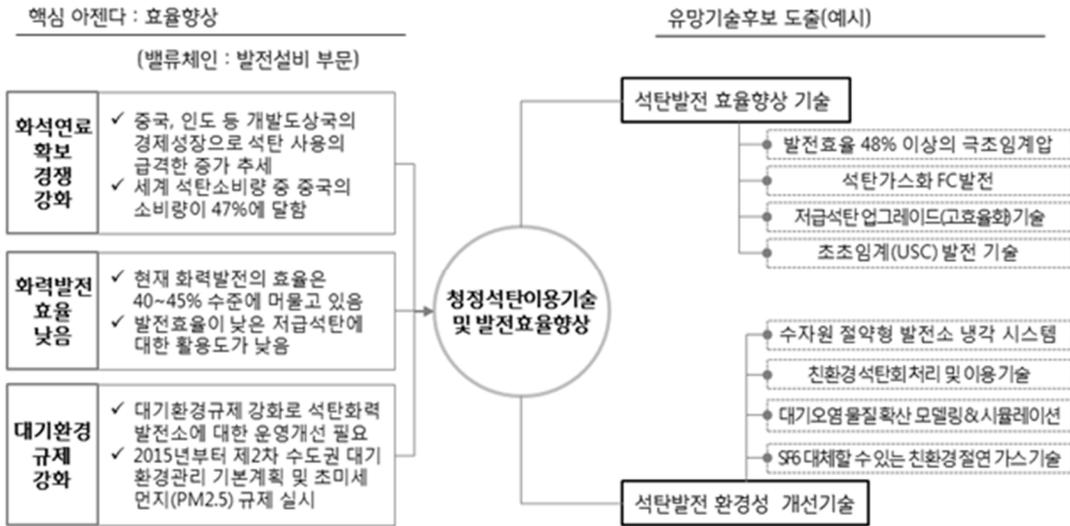


Fig. 10. '효율향상' 핵심 아젠다 해결을 위한 발전설비의 유망기술 후보 도출(예시).

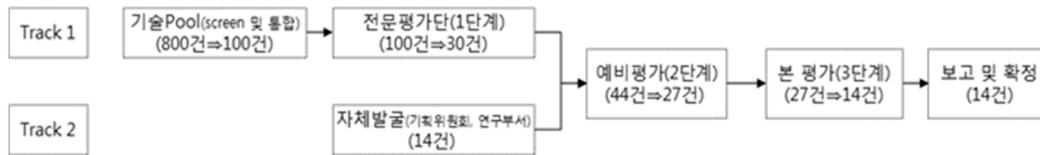


Fig. 11. 미래유망기술 선정 프로세스 및 3단계 평가.

Table 3. 미래유망기술 우선순위 평가지표 항목 및 내용 (1단계 평가)

평가 항목	세부 내용
혁신성 (Innovativeness/Newness)	- 기존의 전력시스템에 얼마나 차별적이고 새로운 기술인가? 기존 시스템을 변화시킬 수 있을 정도의 혁신성을 보유하고 있는지에 대한 평가
구현 가능성 (Commercialization)	- 현실적으로 개발 가능하고 5~10년 이내 상용화 가능한 기술인가? 기술개발이 현실성이 있는지에 대한 평가
수익성 (Sales Growth)	- 한국전력의 성장 및 수익성 개선에 대한 효과가 큰 기술인가? 기술의 수익성이 한국전력에 직접적으로 주는 효과가 얼마나 큰지에 대한 평가
전력산업 분야 영향력 (Impacts)	- 현재와 미래의 전력산업 문제해결에 있어서 중요한 기술인가? 기술개발로 해결 가능한 문제와 이로 인한 혜택이 명확한 지에 대한 평가

C. 전력산업 미래유망기술 선정

전력산업 미래유망기술 선정절차는 1단계(산학연 전문 평가단의 우선순위 평가), 2단계(회사 중간관리자의 예비평가), 3단계(경영진 및 외부 전문가의 본 평가) 등 Fig. 11과 같이 3단계 평가를 통해 선정하였다.

1단계의 『미래유망기술 우선순위 평가』는 기술의 혁신성, 구현가능성, 수익성, 전력산업 분야 파급효과의 4가지 지표를 Table 3과 같이 설계한 뒤, 산학연 전문가 37명의 평가단을 전력산업의 밸류체인인 발전, 송변전, 배전·서비스로 나누어 전력산업 후보기술의 기술정의서를 바탕으로 토의·검토를 거쳐 상대적인 중요도를 평가하고, 44건의 우선순위 기술을 도출하였다. 우선순위 기술 44건 중 Track 1(미래기술 전담TF와 외부 전문가관 협동 발굴)에 따라 발굴한 기술이 30건, Track 2(전력연구원의 연구부서별 자체발굴팀)이 발굴한 기술이 14건이며, Track 1에 따라 발굴한 결과는 Fig. 12와 같다.

다음으로 본 44개의 후보군을 대상으로 두 단계에 걸쳐 『미래유망기술 선정평가』를 진행하였다. 우선순위 평가로 도출된 44개의 기술은 기술정의서를 바탕으로

NABC+ 관점의 기술설명서[유망기술 정의, 필요성(Needs), 차별성(Approach), 사업성(Benefits), 경쟁력(Competition), 기술확보전략(Strategy)]을 작성하였다. 2단계의 예비평가는 전력연구원의 연구부서 그룹장으로 평가단을 구성하였으며, 평가지표는 NABC+ 기반의 5개 항목으로 구성된 Table 4의 기준을 적용한 타당성 평가를 통해 27개의 미래유망기술을 도출하였다. 3단계의 본 평가에서는 한진 및 전력연구원의 기술정책 부서장, 산학연 전문경영자 등 10명으로 평가단을 구성하여 기술의 혁신성, 사업성 등을 반영한 선정평가를 통해 총 14개의 유망기술을 선정하였다.

전력산업 미래유망기술로 선정된 14건은 회사의 경영진 보고를 통해 최종적으로 채택되었다. 선정된 유망 기술에는 고객맞춤형 전력망 구축기술, 스마트 변압기, 고효율/대용량 극초임계압 발전기술 등 기존 전력사업의 한계를 돌파하기 위한 기술, IoT 활용 송배전 시스템, CO<sub>2</sub> Free 신발전기술 등 전력 서비스 산업의 패러다임 변화 대응기술로 구성되어 있다. 확정된 14건의 미래유망기술은 Table 5와 같으며, 이에 대한 실행력을 높이기 위하여 비즈모델, 기술확보 전략, 기술로드맵 등을 구체

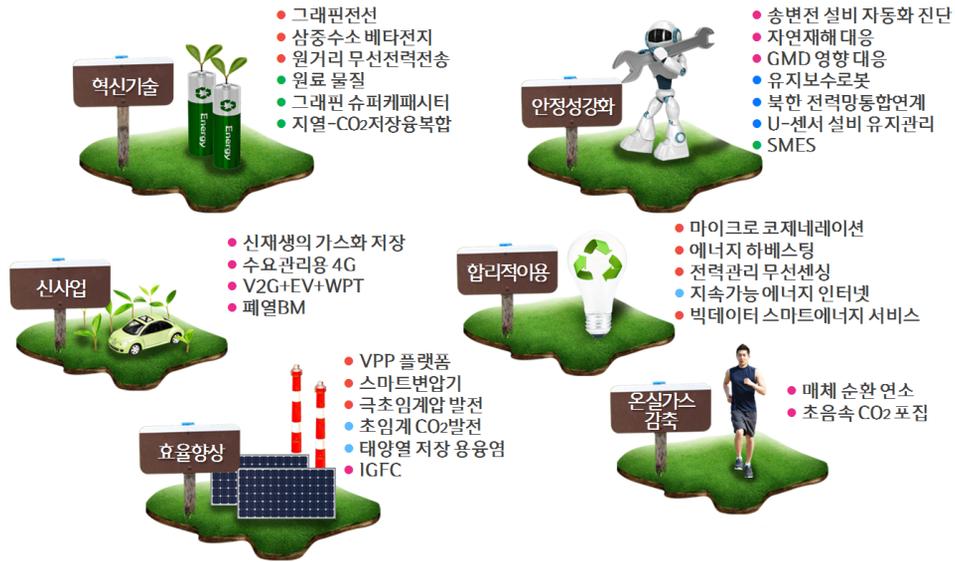


Fig. 12. 핵심 6대 아젠다를 해결하기 위한 미래유망기술 후보군 30선.

Table 4. NABC+<sup>1)</sup> 기반의 미래유망기술 평가기법 적용 (2,3단계 평가)

평가 항목	세부 내용
필요성 (Needs, 30%)	한전/발전사/고객의 핵심현안, 미래와 관련된 기술로서 회사가 상용화에 따른 시장의 크기와 성장성이 충분한 도전가치를 가지는 기술
기술의 차별성 (Approach, 20%)	제안된 기술이 문제해결을 위한 유일한 방법 또는 기존 방법에 대해서 차별화된 접근이며, 기술개발을 통해 5~10년 이내에 적용/상업화/사업창출이 가능한 기술
사업성 (Benefits, 20%)	기술의 적용/상업화를 통해서 한전/발전사의 새로운 수익창출 또는 사업경쟁력 제고가 가능하며, 사업화에 대한 제약이 적은 기술
경쟁력 (Competition, 20%)	경쟁기관에 비해 한전이 우위를 가질 부분이 충분하며, 대체/와해성 기술 출현 리스크가 적은 기술
자사의 적합성 (NABC+, 10%)	한전이 Outsourcing을 하지 않고 직접 주도할 이유가 충분하며, 우리 구성원이 잘 할 수 있을 것으로 예상되는 기술

<sup>1)</sup> NABC : Needs, Approach, Benefits, Competition

Table 5. 전력산업 14대 미래유망기술

No	아젠다	14대 기술명	No	아젠다	14대 기술명
1	효율향상	고효율, 대용량 극초임계압 발전 시스템	8	합리적이용	IoT 기술을 활용한 지능형 송배전 시스템
2		초임계 CO2 발전 시스템	9		전력설비 운영용 스마트 웨어러블 시스템
3		고객 맞춤형 전력망 구축 기술	10	무선전력 전송 충전 기술	
4	안정성 강화	공급-수요에 실시간 반응하는 스마트 변압기	11	혁신기술	고탄소강심 차세대 주력발전
5		극한작업용 생체 모방형 로봇	12		석탄회를 활용한 고부가 희토류 금속 추출 기술
6		전력구조물 장수명화를 위한 Self-Healing Concrete	13		
7	온실가스	CO2 원천분리 신발전기술	14	신산업	CO2 연료화/에너지 저장 복합기술

화한 상세계획을 통해 회사의 연구개발계획에 반영되어 본격적인 연구개발이 추진되고 있다.

#### IV. 결론 및 시사점

과학기술은 최근 기술혁신 주기가 빨라지고 기술개발의 불확실성이 높아짐에 따라 경제·산업 및 국민의 삶에 미치는 영향이 크므로, 경쟁력 확보를 위해서는 장기적 시각에서 미래변화에 대응하는 것이 중요하다. 전력산업분야도 ICT 융복합, 기후변화 등 기술혁신에 따른 에너지시스템의 변화, 에너지신산업의 비즈니스 변혁이 일어날 것이며, 이 과정에서 많은 혁신과 신사업 창출의 기회가 창출될 것이라고 미래학자, 글로벌 에너지기구

등에서 전망하고 있다.

이번 연구는 급변하는 환경 속에서 KEPCO가 미래를 대비하기 위해 전력산업 분야에서 향후 10년 이내에 핵심기술 확보 및 사업화 가능성이 높은 기술, 사회적·경제적·기술적 파급효과가 큰 ‘14대 미래유망기술’ 발굴·선정하였다. 다만, 에너지저장기술, 스마트그리드, 이산화탄소처리기술 등 기존의 KEPCO 10대 전략기술과 차별화하고 중복되지 않은 조건으로 새로운 미래기술을 선정하였기 때문에 전력기술의 메가트렌드, 이슈 등을 총합하는 데는 한계가 있었다. 이번 연구에서 전력산업 분야의 미래유망기술 발굴은 메가트렌드분석(Future mining), 현안문제분석(Insight mining), 벤치마킹(Market mining), 기술전망분석(Technology mining) 등의 방법론을 적용하였고, 다양한 분야의 국내전문가 그룹의 참여와

평가를 통해 진행되었다. 첫째, 미래사회 환경변화 및 메가트렌드 예측보고서 등을 조사하여 STEEP 관점에서 전력산업의 미래 주요 이슈들을 도출하고 전력산업의 밸류체인별로 미칠 영향을 분석하여 핵심이슈를 정리하였다. 둘째, 주요 이슈들의 당면과제를 발전, 송배전, 서비스 등 밸류체인별로 미래와 현안 문제를 파악하고, 이를 해결하기 위한 전력기술혁신 6대 핵심 아젠다로 선정하였다. 셋째, 각각의 핵심 아젠다를 만족시키기 위한 후보기술은 기술분석(논문 및 특허분석), 벤치마킹(MIT, WEF 등 발표 유망기술, IEA, WEC 등 글로벌 에너지기관 보고서, NEDO, NETI, ARPA-e 등 선진국 R&D 프로그램, 글로벌 Utility의 기술동향 및 정책 등), 국내 전문가그룹 수요조사 등을 통해 기술 Pool을 구축하였다. 기술Pool의 후보기술은 혁신성과 사업성 등으로 설계된 평가지표를 활용하여 전문가그룹에서 우선순위를 도출하였다. 마지막으로, NABC+ 관점의 평가지표를 바탕으로 선정결과의 타당성과 실행력을 확보하기 위해 사내 중간관리자의 예비평가와 경영진 레벨의 본 평가를 통해 14대 유망기술을 선정하였다.

본 연구는 선행 연구에서 활용하던 technology-push 기법이 아닌 market-pull 기법을 적용하여 미래유망기술을 발굴하였다는 점에서 그 의의가 있을 것이며, 연구결

과는 전력산업에 대한 기술정책 수립과 연구과제 기획 등에 활용할 수 있을 것이다. 또한, KEPCO는 14대 미래유망기술의 실행력을 높이기 위하여 기술확보 전략, 기술로드맵, 비즈니스 모델 등을 구체화한 상세기획을 통해 회사의 연구개발계획에 반영되어 본격적인 연구개발을 추진하고 있다.

## REFERENCES

- [1] Energy transformation (13<sup>th</sup> PwC annual global Power & Utilities survey), [www.pwc.com/utilities](http://www.pwc.com/utilities).
- [2] WEC, 2014 World Energy Issues Monitor([www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)).
- [3] IEA, Energy Technology Perspectives 2014([www.iea.org/etp2014](http://www.iea.org/etp2014)).
- [4] KISTI, 미래기술백서, KISTI, 2013(<http://mirian.kisti.re.kr>).
- [5] ETRI, 세계 주요기관의 미래기술 트렌드 분석(2013. 3, 이승민, 송영화).
- [6] KISTEP, 2015 KISTEP 10대 미래유망기술 선정에 관한 연구(<http://www.kistep.re.kr>).
- [7] 전력연구원, 전력산업분야 신수종 미래유망기술 발굴 최종 보고서, 2014.
- [8] NIA, 한국 사회의 15대 메가트렌드(Meta analysis), 한국정보화진흥원, 2010.