

이슈페이퍼

KEEI ISSUE PAPER

정책 이슈페이퍼 19-09

4차 산업혁명과 전력산업의 변화 전망

김현제

KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE



정책 이슈페이퍼 19-09

4차 산업혁명과 전력산업의 변화 전망

김현제

목 차

- I. 연구배경 및 목적 / 1
- II. 주요 연구내용 / 2
- III. 시사점 / 20
- IV. 정책 제언 / 21
- 〈참고자료〉 / 23

I

연구배경 및 목적

□ 국내 전력산업 부문에서의 4차 산업혁명 이슈의 대두

- 지난 2017년 수립된 8차 전력수급기본계획에서는 “4차 산업혁명에 따른 전력수요의 변화”와 전기자동차의 전력부문 파급효과가 반영됨.
 - 4차 산업혁명에 대한 사회적 관심의 급격한 증가에 따라 4차 산업혁명이라는 거대한 패러다임의 변화가 우리나라 전력산업 전반에 미치는 영향을 국가 기본계획에 반영하고자 하였음.
 - 향후 전력수급기본계획 수립 시 4차 산업혁명의 전력산업 파급효과를 지속적으로 검토하고 반영할 것으로 예상됨.

□ 국내 전력산업 부문에서 4차 산업혁명 관련 연구의 필요성

- 4차 산업혁명은 독자적인 연구주제로 인정받고 있으나 최근에 이르러서야 본격적인 연구가 진행되는 추세임.
 - 지금까지의 4차 산업혁명 관련 연구들은 그 내용이 중첩되는 경향이 강하며, 전력산업 부문에 초점을 맞춘 연구가 적어 국내 전력산업 부문에 대한 4차 산업혁명의 효과를 파악하기가 쉽지 않음.
 - 향후 전력수급기본계획과 같은 국가 기본계획 수립 시 4차 산업혁명의 효과가 지속적으로 고려될 것을 감안한다면 전력산업 부문에 보다 초점을 맞춘 4차 산업혁명 연구가 필요함.
- 본 연구에서는 4차 산업혁명의 주요기술을 정리해보고 이러한 기술들이 국내 전력부문에 적용되었을 때 기대되는 변화를 선제적으로 짚어보는 한편, 기술들의 파급을 저해하는 요소에는 무엇이 있는지 살펴보고자 함.

1. 4차 산업혁명 시대의 대표 기술

□ 사물인터넷(Internet of Things, IoT)

- “사물인터넷”은 인터넷을 기반으로 기술, 제품, 서비스, 장소 등이 연결되어 사람-사물, 사물-사물 간 상호소통을 가능하게 만드는 기술로 정의
 - 사물들이 인터넷을 매개로 단순히 연결되는 개념을 뛰어넘어 그 연결에서 빅데이터가 축적되고, 기업들은 축적된 데이터 분석을 통해 새로운 사업모델을 개발하는 것까지 포함
 - IoT 기술이 적용된 사회에서는 디지털 비트(Digital Bit) 교류에 의해 가상세계와 현실세계 간 장벽이 무너져 두 세계가 일원화 될 것으로 전망됨.
- 전력분야에서의 IoT 기술의 적용 효과
 - 전력산업은 IoT 기술 적용이 용이한 부문들 중 하나며, IoT 기술이 적용된 전력산업은 2025년 기준 연간 0.2~0.5조 수준의 경제적 가치를 창출할 것으로 기대됨(Mckinsey(2013)).¹⁾
 - 특히 가스화력 발전부문에 IoT 기술이 적용되면 현재 대비 약 1% 가량의 연료절감이 가능하며, 전력산업 전체적으로는 연평균 약 5조 수준의 경제적 가치를 창출할 것으로 전망됨(GE(2012), 박찬국(2016)).²⁾

* 2011~2025년 기간 동안 총 660억 달러(약 71조 규모)의 경제적 가치 창출

1) Mckinsey(2013, p.55) 참조

2) GE(2012, p.4), 박찬국(2016, p.6) 참조

〈표 1〉 전력 분야의 IoT 적용 범위 및 가치

미래 양상	잠재력 적용 범위	생산성 및 가치 제고
· 세계 전력소비: 27,000~31,000TWh · 송전망 지출: 2,000억 달러 · 정전시간 합계: 3,000억분	· 소비자의 20~50%가 지능형 에너지관리 · 전력망의 20~50%가 센서를 통해 모니터링 · 계량의 50~100%가 스마트미터	· 최대수요 2~4% 절감 · 전력소비 1~2% 절감 · 스마트미터를 통한 운용·유지 비용 절감, 정전시간 축소 (총 0.2~0.5조 달러 가치)

자료: 자료: Mckinsey(2013, p.55), 박찬국(2016, p.7) 재인용

□ 빅데이터 분석(Big Data Analysis)

- 4차 산업혁명 시대에는 모든 사물들이 서로 연결되어 네트워크를 형성하면서 에너지 생산·소비·전달과 관련된 방대한 정보가 축적될 것으로 전망되며, 이러한 빅데이터는 “4V, 3E”의 특성이 있음(이성인·김지효(2016))³⁾
 - 4V : 엄청나게 증가한 데이터 수집총량(Volume), 실시간으로 생성되는 데이터의 수집, 처리 및 이용(Velocity), 정형/반정형/비정형 등의 특성(Variety), 에너지 효율 증진 및 비즈니스 모델 개발을 통한 수익(Value)
 - 3E : 빅데이터 분석을 통한 에너지 절약(Energy), 서로 다른 시스템과의 데이터 교환 및 통합(Exchange), 빅데이터를 활용한 더 나은 에너지 서비스의 제공(Empathy)
- 4차 산업혁명 시대 초연결 사회에서의 전력산업을 살펴보면, 실제로 GIS, 스마트미터, 자동화된 배전망 등의 요소를 바탕으로 대용량 데이터가 형성되고 있음.
 - 이렇게 축적된 빅데이터를 분석함으로써 고객의 행동양식을 보다 정확하게 파악 가능하며, 이는 보다 신속하고 정교한 부하패턴의 분류 및 부하예측으로 이어져 전력수요관리의 정확성과 효율성을 제고

3) Zhou et al(2016, p.217), 이성인·김지효(2016, pp.37~38) 참조

〈표 2〉 에너지 빅데이터의 활용 분야

활용분야	활용방식
에너지망 최적 관리	발전 효율성 제고 및 비용 감축, 자원분배 최적화 및 자원 활용률 증대, 전력망 건전 및 안전성 개선, 예측 정확도 향상
마이크로그리드, 신재생에너지 발전원의 효율적 관리	망 운영과정 단순화, 발전설비의 효과적 관리, 정확한 발전량 예측
효율적 에너지수요관리	실시간 가격(가격 차별화) 전략 및 제도 설계, 새로운 비즈니스 모델 개발, 전력 수요관리 강화, 효율적 에너지시스템 설계 및 목표 설정에 활용하여 에너지효율 개선 기여

자료: 소진영 외(2017), p.13; 이성인·김지효(2016), p.41의 표 내용 재인용

□ 인공지능(AI)

○ 4차 산업혁명 시대 인공지능(AI)의 역할 전망

- 4차 산업혁명 시대에는 인공지능의 활용을 통해 저급~고급까지의 전 노동 영역에 걸친 자동화가 이루어짐과 동시에 즉각적 연결이 발생하면서 신사업 영역이 창출될 것임(장필성(2016)).⁴⁾
- 인공지능과 빅데이터, 사물인터넷 등의 영역이 서로 융합되면서 디지털 플랫폼 구축에 역량이 있는 기업들의 성장이 더욱 촉진될 것(박창기(2016)).⁵⁾

○ 4차 산업혁명 시대 에너지 분야의 인공지능 적용 효과

- 에너지 분야에 인공지능이 적용될 경우 공급단과 수요단의 정보가 실시간으로 공유되면서 각 지역에 맞는 최적 에너지시스템 구축 및 운영이 가능해짐.
- 특히 전력수요의 실시간 파악을 용이하게 함으로써 P2P 전력거래 시 잉여전력 관리의 효율성을 제고하는데 일익(一翼)을 담당할 것으로 보임.

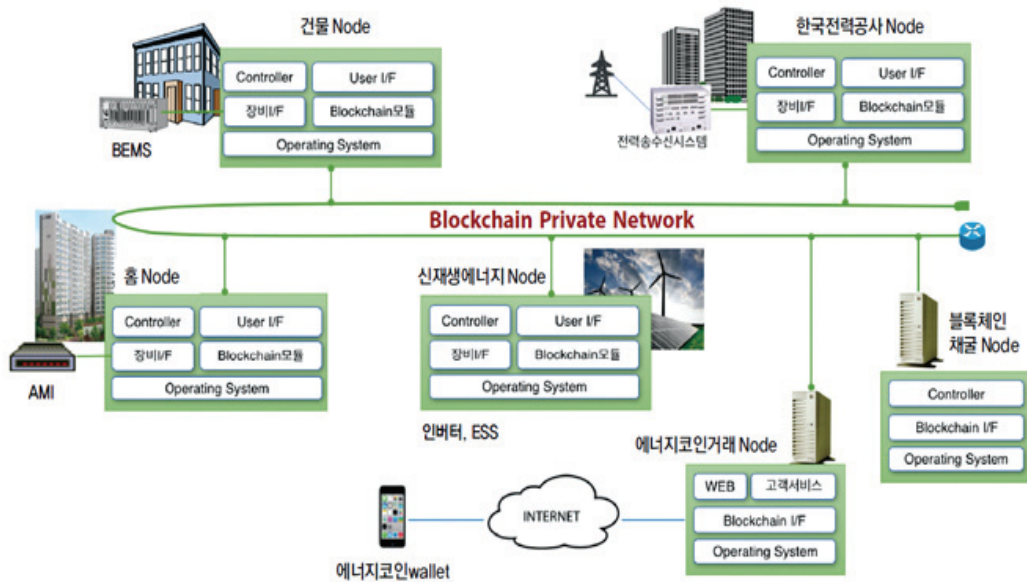
4) 장필성(2016, p.13) 참조

5) 박창기(2016, p.1) 참조

□ 블록체인(Block Chain) 기술

- “블록체인”은 클라우드 컴퓨팅 기술의 응용에 해당하며, 네트워크상에 연결된 시장 참여자들이 발생된 거래를 공동으로 검증하는 시스템으로 정의(박창기(2016))
 - 이러한 특성에 의해 블록체인을 “분산원장”으로도 볼 수 있으며, 블록체인 시스템에서는 중앙 공증기관의 모니터링 비용 및 공증비용이 크게 감소하므로 거래비용의 획기적 절감이 가능함.
 - 네트워크상에 연결된 참여자들에 의해 거래기록이 남고 거래내역은 암호화된 보안 방식으로 참여자들 간에 공유하므로 특정 사용자가 블록체인 시스템을 통제할 수는 없음.
- 4차 산업혁명 시대 전력시장과 블록체인 기술
 - 블록체인 기반의 분산형 거래방식이 전력시장에 도입될 경우 전력거래 중개자의 역할은 크게 축소되는 반면 “에너지 프로슈머”의 역할은 확대될 것으로 예상됨.
 - 에너지 분야 블록체인 적용 사례 : P2P 전력거래, 전기차 충전 및 공유, 에너지 데이터 활용, 에너지 공유, 탄소자산 거래 등

[그림 1] 에너지 분야에서의 블록체인 구성 사례



자료: 동아비즈니스리뷰(2017), 우청원(2018) 재인용

〈표 3〉 에너지 분야의 블록체인 유형 및 사례

유형	주요내용	사례
P2P 전력거래	개인 간 전력거래의 비용을 줄이고, 투명한 전력거래 도모	Brooklyn Microgrid Project (미국), Energo(중국), Power Ledger(호주), SolarCoin(미국)
전기자동차 충전 및 결제	전기차 충전 및 결제 시 신뢰성 및 비용 절감 효과 기대	Slock.it&RWE(독일) Energo(중국)
에너지 데이터 활용	블록체인에 에너지 데이터를 공유함으로써 새로운 비즈니스 모델 구축	Grid Singularity(오스트리아)
에너지 공유	에너지가 필요한 개도국에 신재생에너지 설비 공유	Bankymoon(남아공), M-PAYG(덴마크)
탄소자산 거래	탄소배출권거래제와 같은 탄소자산 거래 활성화	IBM & Smart Blockchain Lab(중국)

자료: 우청원(2018), p.10

2. 해외 주요국의 전력정책 동향

□ 미국의 4차 산업 관련 정책 및 제도

- 최근 미국 제조업계는 중국과 독일의 거센 도전에 직면하면서 경쟁력이 약화되고 시장 점유율이 감소하는 현상을 겪음.
- 이에 따라 미국 정부는 2011년 AMP(Advanced Manufacturing Partnership) 정책과 2013년 AMP 2.0 정책 등을 추진하면서 제조기술 관련 R&D 및 투자를 촉진하고 제조업체 간 협업 강화를 통한 제조업 성장 동력을 확보하는 한편, 제조업의 고용창출 기능 강화 등을 도모한 바 있음(〈표 4〉 참조).

〈표 4〉 AMP, AMP 2.0 정책 요약

	AMP(2011)	AMP 2.0(2013)
혁신 기반 강화	· 국가 차원 첨단 제조업 전략 수립 · 핵심 기술 관련 연구개발 투자 확대 · 제조업 혁신 연구소들 간 네트워크 확립 · 선진 제조업 기술 상용화 환경 조성 · 선진 제조업 기술 관련 산학 연계 강화	· 국가 차원 첨단 제조업 전략 수립 · 선진 기술 확보를 위한 민/관 투자 조성 · 제조혁신 네트워크 설립/지원 · 연구개발 산학 연계 강화 · 제조 기술의 공유를 위한 보안 기준/절차 수립 · AMP DB 구축
인재양성	· 제조업에 대한 인식 개선 · 선진 제조업 핵심기술 교육 · 선진 제조 기술 관련 대학교육 확대 · 국가 인증 제조업 인턴십 제도 창설	· 제조업에 대한 인식 개선 · 재향 군인 취업기회 제공 · 커뮤니티 칼리지 단위 교육 투자 · 기술공인 제도를 위한 기업 간 파트너십 설립 · 첨단 제조업 기술에 대한 교육기회 제공 · 국가 인증 제조업 인턴십 제도 창설
비즈니스 환경 개선	· 세제 개혁 및 제도 효율화 · 규제 완화 · 통상 정책 개선 · 에너지 정책 개선	· 세제 개혁 · 규제 완화 · 무역 정책 개선 · 에너지 정책 갱신

자료: President's Council of Advisors on Science and Technology(2011 & 2014) 정리, 강성진 외 (2017, pp.126~127) 표 재인용 및 정리

- 이러한 미국의 제조업 혁신정책을 바탕으로 미국 4차 산업혁명 관련 정책의 주안점을 정리해보면 ① 기존 제도 보완을 통한 대응, ② 정책 실행가능성 제고, ③ 시장지향성 강화로 요약됨.
- ① 기존 제도 보완 : 개인정보 보호, 데이터 보안 강화, 자율주행차 제도 및 인프라 구축 부문에서 제도보완이 집중적으로 이루어짐.
- ② 정책 실행가능성 제고 : 각종 프로젝트 추진 시 정부와 민간의 역할을 구분하여 정책 실행가능성을 제고함(정부 : 기업가 정신 고취 / 민간 : 창업생태계 조성, 차세대 기업가 양성, 혁신 가속화 등).
- ③ 시장지향성 강화 : 제조업 및 산업 전반에 걸쳐 민간기업들이 자발적으로 “IIC(Industrial Internet Consortium)⁶⁾”를 구성하고 기술개발 기업들에 대한 사업모델 창출 관련 자금을 지원

□ 독일의 4차 산업 관련 정책 및 제도

- 독일에서는 2006년 “하이테크 전략”을 필두로 2012년 “하이테크 2020 전략”, 2014년 “신(新) 하이테크 전략”에 이르기까지 4차 산업혁명 관련 정책을 지속적으로 보완발전시켜 왔음.
- 에너지, 통신, 안전, 교통 등 다양한 분야에 대해 일관된 정책지원이 이루어진 결과 독일은 4차 산업혁명 시대 패러다임을 선도하고 있음.
- “2006년 하이테크 전략”의 경우 구체성은 부족했으나 4대 추진전략, 17개 중점 기술개발 분야를 중심으로 63억 달러를 투자하여 독일의 4차 산업혁명 정책의 전반적인 틀을 마련하는데 크게 기여함.
- 2012년에 수립된 “하이테크 2020 전략”은 17개 기술개발 분야를 6개로 압축하는 한편 10대 미래 프로젝트 선정을 통해 2006년 하이테크 전략을 보다 구체화 함(“Industry 4.0” 개념이 공식적으로 포함됨).

6) IIC는 GE, SAP, Schneider Electric, IBM, Intel 등이 주축이 되어 설립되었으며 에너지, 헬스케어, 제조업, 공공부문, 교통부문 등 다양한 업종의 기업들이 참여하고 있음(혁신은 기업이 담당, 정부는 지원 역할).

〈표 5〉 하이테크 2020 전략의 ‘5대 핵심기술, 10대 미래 프로젝트’

5대 핵심 기술분야	10대 미래 프로젝트
기후/에너지	· 탄소중립, 고효율 에너지 사용, 기후변화 적응 도시개발 · 바이오 에너지 자원 개발 · 에너지 공급 다변화
정보통신	· 인터넷 기반 경제서비스 · Industry 4.0
안전	· 개인정보 보호
이동성	· 지속가능 이동수단
보건/식량	· 차별화된 처방을 통한 질병의 효과적 치료 · 질병 예방과 건강식단을 통한 국민건강증진 · 노년기 생활자립 지원

자료: Federal Ministry of Education and Research(2012, pp.23~32); 강성진 외(2017, p.124) 표 재인용 및 정리

- 2014년에 수립된 “신(新) 하이테크 전략”에서는 아이디어의 신속한 시장화를 통해 “세계혁신을 선도하는 독일”을 목표로 하고 있으며, 세부적으로는 규제 완화, 산학협력 촉진, 국제 네트워크 구축 등을 추진하고 있음.

□ 일본의 4차 산업 관련 정책 및 제도

- 일본 정부는 “일본 재흥전략 2015(Japan Revitalization Strategy 2015)”를 통해 4차 산업혁명 관련 대응을 본격적으로 추진함.
- 민간 기업이 IoT, 빅데이터, AI 등과 관련된 기술개발 및 혁신에 신속히 대응할 수 있는 제반 제도개선 및 만관이 공유 가능한 비전 수립의 필요성을 강조함.
- 일본 재흥전략 2015가 4차 산업혁명에 대한 대응방향을 제시하는 역할을 했다면 2016년 수립된 “신산업구조비전(New Industrial Structure Vision)”은 재흥전략의 세부 지침에 해당함.

- 신산업구조비전 중 데이터 활용 환경 구축, 혁신·기술개발 가속화 (Society 5.0), 4차 산업혁명 대응 사회·경제 시스템 고도화 부문에서 에너지 관련 세부 지침이 구성됨(〈표 6〉 참조).

〈표 6〉 4차 산업혁명시대 에너지 관련 신산업구조 내용

데이터 활용 환경 구축	· 데이터 플랫폼 및 유통망 구축 · 개인 데이터 활용 촉진 · 보안기술개발 및 인재 육성 생태계 구축 · 4차 산업혁명 지적재산 보호 · 4차 산업혁명 산업경쟁력 강화 정책 수립
혁신/기술개발 가속화 (Society 5.0)	· 오픈 이노베이션시스템 구축 · 지적 재산관리 및 국제표준화 전략
4차 산업혁명 대응 사회/경제 시스템 고도화	· 규제완화 · 데이터 활용을 통한 행정서비스 향상 · 4차 산업혁명 성과 확산

자료: METI 홈페이지(http://www.meti.go.jp/english/press/2016/0427_05.html, 검색일자 2018.07.11.); 강성진 외(2017, p.131) 표 재인용 및 발췌정리

- 일본의 4차 산업혁명 추진 전략은 스마트 모빌리티와 스마트 제조 부문에 집중되는 경향이 있음.
 - 스마트 제조는 스마트 공장 및 테스트베드 확충과 관련되어 있어 IoT 기술의 에너지 부문 확산에 실질적 촉매 역할을 할 것으로 판단됨 (김규판 외(2017)).⁷⁾

7) 김규판 외(2017, pp.145~155, pp.161~165) 참조

〈표 7〉 스마트 제조 부문에 대한 일본정부의 지원 내역

세부분야	지원내역
스마트 공장 시범사업	· 2016년부터 3억엔~5억엔 지원(경제산업성)
테스트 베드 구축	· 구체적 시범사업은 없으나 타당성 조사단계
중견/중소기업 지원	· IoT 전문가 현장 파견 · IoT Tool 지원
국제 표준화 대응	· RRI를 통해 독일과 표준화 확립에 협력(2017.2)

주: RRI는 ‘로봇혁명 이니셔티브 협의회(Robot Revolution Initiative)’로 일본을 대표하는 Industry 4.0 민관 협력기구임(경제산업성이 주도).

자료: 김규관 외(2017), pp.145~155, pp.161~165 내용을 바탕으로 필자가 발췌, 정리

- 일본의 4차 산업혁명 혁신정책은 4차 산업혁명 선도국가(미국, 독일) 대비 자동차와 제조업 분야에 국한되어 있으며, 상대적으로 폐쇄적인 기술혁신 시스템으로 인해 산학 협력관계 형성이 비교적 취약함.
- 아울러 미국과 독일에 비해 노동시장이 경직적인 탓에 인공지능(AI)과 같이 기술집약 산업 성장에 필요한 기술의 도입이 상대적으로 뒤쳐지는 특징이 있음(김규관 외(2017)).⁸⁾

3. 해외 주요국의 전력산업 동향

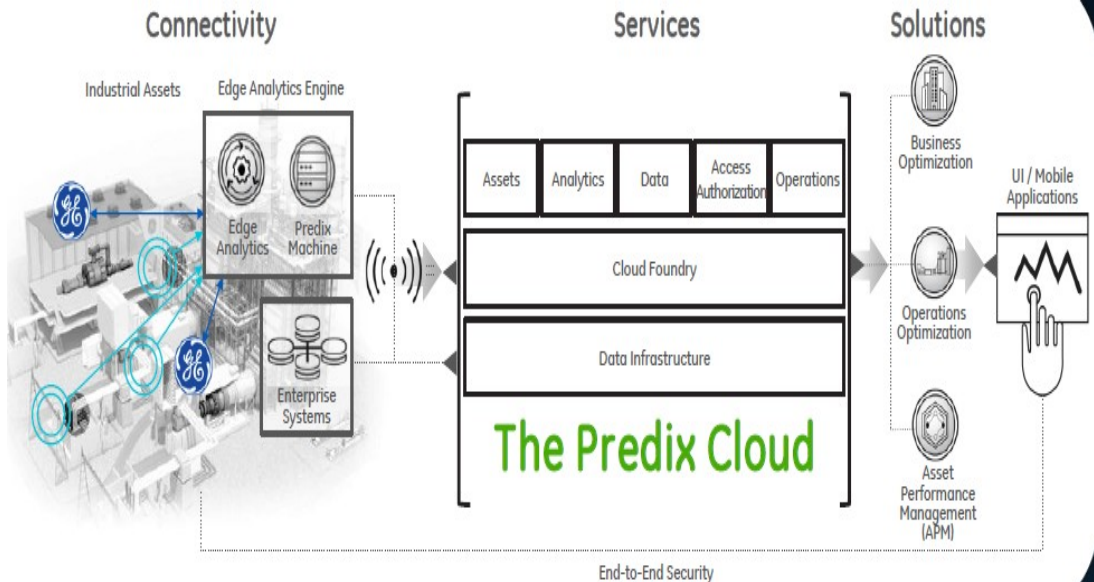
□ 미국

- 미국 중부 전력회사인 “Exelon”은 GE의 “Predix 플랫폼” 도입을 통해 원자력, 가스, 신재생 전원을 통합 관리함으로써, 설비 운영의 효율성 제고를 도모함.
- Predix 플랫폼은 산업기기에 부착된 센서를 통해 데이터를 수집하고 이를 자체 클라우드 서버에서 공유·분석함으로써 고객에게 최적화된 솔루션을 제공할 수 있음([그림 2]).

8) 김규관 외(2017, pp.161~164) 참조

- Exelon은 Predix 플랫폼 및 플랫폼 내 자체 애플리케이션을 활용하여 기존 발전설비와 신재생 발전설비를 결합함으로써 발전설비 운영의 효율성을 높이고자 함.

[그림 2] GE의 Predix 플랫폼



자료: GE Digital(<https://www.ge.com/digital/iiot-platform>, 접속일자 2018.5.1.)

- 미국 뉴욕의 전력회사인 “Con Edison”은 변전소의 자동화 및 IT화, 소비자와의 소통 확대를 통해 보다 효율적이고 첨단화된 사업구조 구축을 지향함.
- 변전설비(차단기, 변압기, 한류기, 개폐기)의 복합화로 공간 효율성을 제고하고 광섬유 기반의 데이터 통신 및 자동화 소프트웨어의 도입을 통해 데이터 수집 안정성과 신뢰성을 강화함.

□ 독일

- 독일 최대 전력회사인 “E.ON”과 “RWE”는 4차 산업혁명과 에너지전환정책에 발맞추어 사업구조 개편을 빠르게 추진 중임.
- E.ON은 에너지 네트워크 구축을 통해 신재생에너지 발전자원의 약 1/3을 자사 에너지 네트워크인 “E.ON Grid”에 연결하여 에너지 네트워크의 활용성을 제고함.

* 최근에는 그리드 시스템에 스마트 플랫폼을 적용하여 전력발전부터 판매에 이르기까지 단계별로 수집된 데이터를 설비 운영에 활용 중임.

- RWE는 자사의 분산 발전자원들을 전력망에 연결시키기 위한 프로젝트를 추진하고 있는데, “Designetz 프로젝트(독일·프랑스 합작)”는 지능형 네트워크(그리드) 구축 노력의 대표적 사례임.

* 세계 각지에 “Innovation Hub”를 구축하여 4차 산업혁명 관련 R&D를 적극 추진 중이며 현재 베를린, 런던, 텔아비브, 실리콘벨리에서 데이터 중심 디지털 사업모델을 개발하고 있음(<표 8> 참조).

〈표 8〉 RWE(Innogy) Innovation Hub 운영 요약

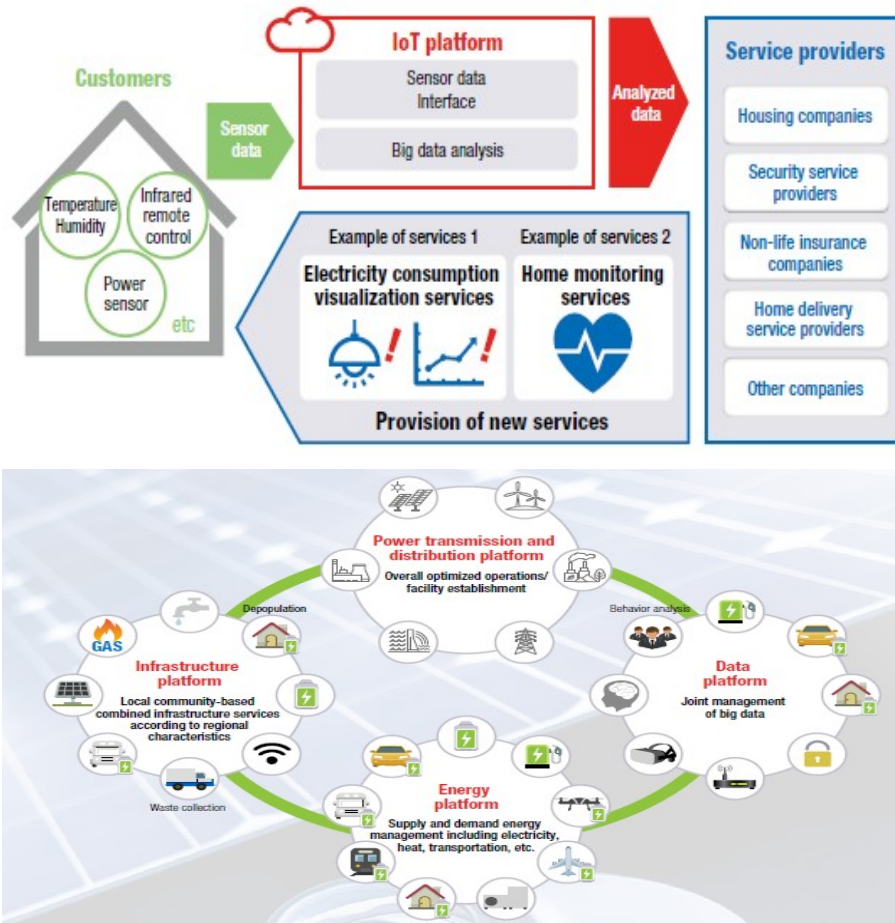
허브	중점 혁신분야	연구내용
베를린	Machine Economy	블록체인 및 암호화 관련 기술 연구
런던	Smart & Connected	AI, 건물 건축/유지관리 디지털화 기술 연구
텔아비브	Cyber Venture	사이버 보안 관련 기술 연구
실리콘벨리	Disruptive Digital	에너지 시장 민주화, 에너지 가치사슬의 개방 관련 연구

자료: Innogy(2017), pp.26~28 내용을 바탕으로 필자가 정리

□ 일본

- 일본 최대 전력회사인 “TEPCO(도쿄전력)”는 송배전망 정교화를 통한 소비자 편의 확대와 신사업 영역 확장 전략 등으로 4차 산업혁명 환경 변화에 대응하고 있음.
 - 스마트미터 시스템의 지속적 확대를 통해 신재생에너지 발전설비와 송배전망 간 효과적 연결방안을 모색 중임.
 - “TEPCO Green Power Grid”는 IoT 기술과 빅데이터 분석기술의 결합을 바탕으로 소비자들에게 전력소비량 관리 서비스를 제공하는 사업임.
 - “Green & Innovation 프로젝트”는 TEPCO의 송배전 플랫폼, 데이터 플랫폼, 에너지 플랫폼, 지역사회 전력 인프라 플랫폼을 연동하는 사업임.

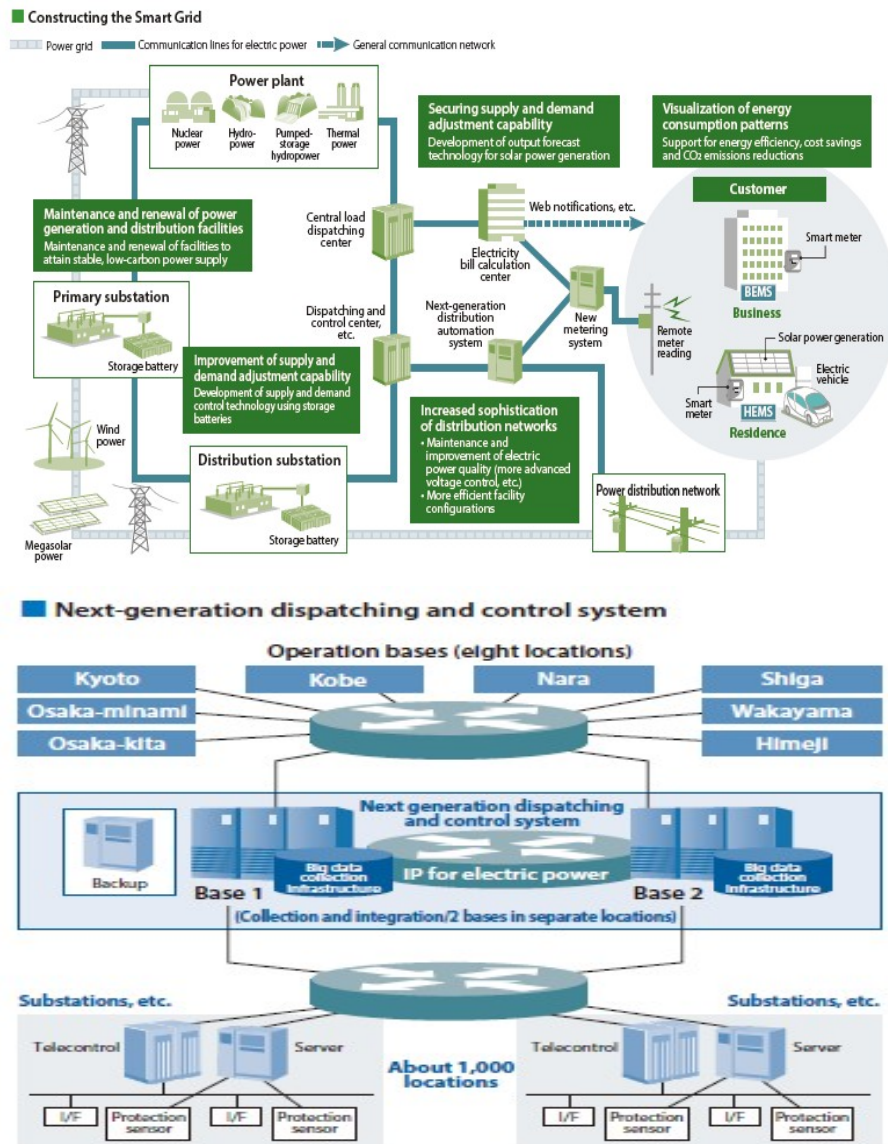
[그림 3] TEPCO의 4차 산업혁명 대응 전략



자료: TEPCO Integrated Report(2017), pp.54~63 참조

- 일본 내 2위 전력회사인 “KEPCO(간사이전력)” 역시 발전망과 송전망을 통합하는 그리드 네트워크를 구축하고 자체 전력 컨트롤 시스템을 개발하는 노력을 기울이고 있음.
- “빅데이터 분석 시스템 고도화”는 간사이 지방 8개 지역(교토, 고베, 오사카 등)의 전력을 통합 관리하기 위한 사업임.
- “P2P 신재생에너지 전력 거래 플랫폼 시범운영”은 호주 블록체인 거래 시스템 개발회사인 “Power Ledger”와의 협력을 통한 KEPCO만의 차별화된 4차 산업혁명 대응 전략으로 평가할 수 있음.

[그림 4] KEPCO 스마트그리드 네트워크 및 빅데이터 분석망



자료: KEPCO Group Report(2017), pp.41~53 참조

4. 미래 전력산업의 변화 전망

□ 전력수요의 변화

- 4차 산업혁명 시대 신기술 적용을 전제로 미래 전력수요를 예측한 다양한 선행연구들이 있으나 수요의 증감방향에 대해 일치된 견해를 찾기는 어려움.
 - [전력수요 감소 전망] 스마트 홈, 휴머노이드 로봇, 전기자동차의 증가 등으로 인해 가정용, 운송용 전력수요는 증가하나 스마트 빌딩과 스마트 공장의 확대로 산업용 전력수요는 감소 예상 ▶ 전체적인 전력수요 감소
 - [전력수요 증가 전망] 에너지 소비의 효율성은 개선되더라도 이로 인해 에너지 소비는 더욱 증가하는 “리바운드 효과” ▶ 전체 전력수요는 오히려 증가
- 향후 4차 산업혁명의 효과가 반영된 장기 전력수요 전망을 목표로 정량적 후속연구가 진행될 필요가 있음.

□ 전력생산 및 수요관리

- 석탄화력 발전소의 연료전환 및 폐지와 같은 공급단에서의 온실가스 감축 노력만으로는 국제 협약 상의 온실가스 감축목표를 달성하기 쉽지 않음.
 - 소비단에서의 효과적인 전력수요관리의 중요성이 더욱 커질 것으로 전망되며, 4차 산업혁명의 신기술들은 전력수요관리의 효율성 제고에 큰 역할을 할 것으로 예상됨.
- 전 세계적인 에너지전환 추세를 고려했을 때 간헐성 전원의 확대에 따라 발생하는 전력계통 불안정 현상에 대한 효과적 대응 방안 마련이 필요하며, 4차 산업혁명의 신기술이 중요한 역할을 할 수 있음.
 - 4차 산업혁명에 따라 급격히 발달하고 있는 인공지능 및 빅데이터 분석 기술과 양수발전, 가스발전, 수요반응이 상호 결합될 가능성이 높음.

□ 전력 거래방식

- 에너지전환정책에 따라 신재생에너지 발전이 확대되면 분산형 전력시스템의 확산도 자연스레 이루어질 것으로 예상됨.
 - 에너지 중간 거래자의 역할이 크게 축소되는 “블록체인 거래방식”은 분산형 전력 시스템에 보다 적합한 4차 산업혁명 신기술임.
 - 향후 P2P 전력거래, 전기자동차 충전 및 결제, 에너지 공유, 탄소배출권 거래, 신재생에너지 인센티브 등에 블록체인 거래방식 적용이 확대될 것으로 전망됨.
- 재생에너지 및 분산형 전력시스템의 확대와 전력계통의 안정성 유지 간에 발생하는 상충관계에 대한 해결책이 필요함.
 - 마이크로그리드 형태의 전력시스템 개발 및 확장을 통해 기존의 중앙 집중형 전력계통 운용 및 유지에 소요되는 경제적·기술적 부담을 간접적으로 줄여줄 필요가 있음.

□ 규제제도

- 4차 산업혁명에 따른 전력산업의 미래 모습이 구현되기 위해서는 현재 국내 전력거래제도, 요금산정, 도매시장 규칙 등 다양한 방면에서의 규제개혁이 필요하며 에너지 전환에 보다 적합한 시장구조는 무엇인지에 대한 고찰이 요구됨.
- [소매경쟁 찬성론] 친환경적이고 분산된 에너지 확산에 독점 전력회사가 장애로 작용하고 있으며, 현재보다 더 저렴하고 깨끗한 에너지를 생산하면서 에너지전환을 촉진시키는 데 있어 소매경쟁이 더 나음.
 - 일본은 후쿠시마 사태와 같은 국가적 위기를 극복하면서도 전력산업을 지역독점체제에서 경쟁시장체제로 전환하였는데, 이는 국가적 위기상황에 직면했을 때 국가보다는 시장을 통해 문제를 해결하고자 하는 정치 철학이 반영된 것임.

- [소매경쟁 신중론] 소매경쟁이 청정에너지 미래로의 유일한 경로로 단정할 수는 없음(Sioshansi 외(2018)).
 - 미국에서는 모든 주의 규제당국이 전력공급 신뢰도 확보와 청정에너지의 확대를 위해 전력시장에 직접 개입하고 있으며 에너지 절약, 혁신적 요금제 도입은 시장이 아닌 규제적 결정에서 시작되었음(Sioshansi 외(2018)).⁹⁾
- 재생에너지 확대에 따른 전력계통 신뢰도 유지를 위해 유연성 자원의 가치를 재평가하는 한편, 이들 유연성 자원의 확보가 보다 용이한 방향으로 전력시장이 개편되어야 함.
 - 유연성 자원의 확보 차원에서 효율이 낮은 GT에 대해 적정 인센티브를 제공 할 수 있는 구조를 만들어야 함.
 - 증감발 성능은 우수하나 효율이 낮아 급전계획에 반영되지 못하는 GT의 경우 “10분 단위 증감발 필요의무량의 확보”를 위해 급전계획에 포함시켜야 함.
- 아울러 에너지 중심의 현행 전력시장제도를 예비력과 에너지를 통합하여 운영하고, “하루 전(day ahead) 시장”을 “당일 15분” 또는 “5분 단위의 실시간 시장”으로 개편할 필요성이 있음.
 - 현행 비제약 가격제도에서 제약기반 가격제도로 이행하고 정산주기를 단축하는 것이 중요함.
- 전력시장 개편과 더불어 요금제도 개선, 에너지세제 개편, 보조금 지원 등을 통해 에너지전환의 효과를 극대화해야 할 것임.

□ 신기술의 영향

- 4차 산업혁명 시대에 진입함에 따라 저렴하고 다양해진 센서들이 유무선 통신망을 활용하여 언제, 어디서나 연결될 것으로 예상됨.

⁹⁾ Sioshansi 외(2018, p263) 참조

- 센서들로부터 수집된 방대한 빅데이터의 활용이 확대되고 빅데이터 분석을 위한 머신러닝 기법의 인공지능 기술이 대두되고 있음(클라우드, 로봇, IoT, AI 등의 기술이 접목된 플랫폼 부문에서 4차 산업혁명이 탄력을 받는 중임).
- 4차 산업혁명과 관련하여 최근 전력산업이 직면한 주요 과제로 에너지 신산업 확대, 전력산업 해외수출, 전력설비 및 시스템의 디지털화 및 선진화 등을 들 수 있으며, 전력산업에서 눈에 띄는 변화상은 다음과 같음.
 - [발전 부문] 많은 센서의 부착과 빅데이터 분석 툴을 활용하여 운영 효율을 높이고 설비예방정비를 효과적으로 수행함.
 - [전력시장 운영] 재생에너지 발전 예측과 운영을 전력 전체 시스템에 효과적으로 결합할 수 있게 됨.
 - [송전 및 배전] 센서와 빅데이터, 인공지능의 활용을 통해 설비운영의 안정성과 시설보수의 자동화를 도모함.
- 전력산업은 디지털 전환 및 4차 산업혁명 기술의 도입을 통한 경영 최적화 및 사업 다각화를 달성함으로써 대내외 환경변화에 대응하고 새로운 가치를 창출해 나갈 것으로 전망됨.
 - 4차 산업혁명 신기술을 활용하여 전력산업 내 관련 자산의 수명을 연장하고 운영효율을 높이면서 보건·안전·환경 측면에서의 경영성과도 제고할 것으로 예상됨.
 - 이러한 방식으로 강화된 산업 경쟁력을 바탕으로 안정적인 전력공급을 달성할 뿐 아니라 새로운 부가서비스의 개발까지도 가능하리라 기대됨.
 - 향후 통신업체, 인터넷 플랫폼 기업, 소프트웨어 개발자와 같은 비에너지 산업 부문 참여자들의 전력 관련 서비스 진출 역시 가속화 될 것으로 예상됨.

□ 국내 전력부문의 대응 방향 제시

- 우리나라 전력산업에 4차 산업혁명 기술이 적용되고 새로운 비즈니스 모델이 확산되기 위해서는 법·제도적 측면의 개선이 필수임.
 - 특히 규제완화, 시장제도 개편, 보안강화 및 표준화 추진 등이 시급함.
- ICT 융복합에 따른 새로운 변화 흐름에 대응하기 위해서는 지속적 혁신이 가능한 법·제도로의 개선과 규제의 유연성 확보에 힘써야 함.
 - 이런 측면에서 “포괄적 네거티브 규제방식”으로의 대전환이 요구되며, 정산 시스템의 개편 등을 통해 전력계통의 신뢰도와 유연성 자원의 확보를 제고하는 노력이 선제적으로 진행되어야 함.
- 4차 산업혁명 시대 소비자 데이터의 이용 증대는 신사업을 개발하는 사업자 입장에서는 기회가 될 수 있으나, 동시에 개인정보 유출에 대한 우려를 야기함.
 - 향후 개인정보를 비즈니스에 활용할 수 있는 법·제도적 여건을 마련하되, 개인정보 보호를 철저히 이행하지 못해 발생하는 사고에 대해서는 처벌 수준을 높일 필요가 있음.
- 표준화(Standardization)는 4차 산업혁명 관련 신기술의 효과적 보급 및 확산의 필수요소이므로 민관의 국내 표준화 작업 추진에 더하여 국제 표준화 기구와의 협업을 바탕으로 한 “국제적 표준화 노력” 역시 강화되어야 함.

IV 정책 제언

- 전력산업에 4차 산업혁명의 영향을 반영하기 위해 가장 빠른 시간 내에 진행되어야 할 과제는 “신재생에너지 관제센터”를 설립·운영하고 4차 산업혁명의 주요기술인 인공지능, 빅데이터 분석, 사물인터넷 기술을 적용하는 것임.
- 신재생에너지 관제센터 운영과 관련된 대표적인 해외사례는 스페인의 “CECRE(Control Centre of Renewable Energies)” 운영임.
 - CECRE는 신재생에너지 발전출력을 감시(시각화) 및 제어할 목적으로 2007년에 구축된 세계 최초의 신재생 관제센터로, 스페인 내에 설치된 풍력발전설비 대부분(98.6%)의 출력 데이터를 원격으로 수신하고 그 중 96% 가량을 15분 이내에 제어하고 있음.
- 신재생에너지 관제센터 설립 후 효과적으로 적용 가능한 4차 산업혁명 관련 기술은 “사물인터넷”과 “빅데이터 분석 기술”이 될 것으로 전망됨.
 - 사물인터넷을 풍력 및 태양광 발전설비에 적용하여 간헐적 발전설비의 출력현황을 실시간으로 파악할 수 있다면 재생에너지 발전량 증대 및 효율 극대화에 매우 유용할 것으로 예상됨.
 - 사물인터넷을 통해 수집된 방대한 정보를 바탕으로 빅데이터 분석을 진행한다면 재생에너지 확대에 따라 발생할 것으로 우려되는 여러 가지 문제점들(전력계통 불안정성 증대 등)을 상당부분 해결 가능할 것으로 보임.
- 이와 같이 신재생에너지 관제센터의 운영은 4차 산업혁명을 국내 전력산업에 실질적으로 적용해 볼 수 있는 좋은 기회가 될 것임.

-
- 4차 산업혁명의 패러다임 변화에 국내 전력산업이 효과적으로 대응하기 위해서는 다양한 규제 개혁이 필수적이나, 신규 사업자들이 전력시장 및 산업에 자유롭게 진출할 수 있는 사업여건의 조성이 선행되어야 함.
 - 4차 산업혁명의 영향으로 재생에너지 발전량이 급속도로 증가하고 발전 단가가 저렴해지면 재생에너지 발전사업자는 잉여전력을 판매할 유인이 발생함.
 - 이러한 “발전사업자의 판매사업 겸업”은 국내 전기사업법에서 금지하고 있는 사항임.
 - 스마트그리드와 마이크로그리드가 점차 활성화될 경우 발전·판매·송배전 사업 등을 동시에 진행할 유인이 발생할 수 있으나, 이 역시 현행 전기사업법에서 금지하고 있음.
 - 이와 같이 전력산업에 4차 산업혁명 기술이 효과적으로 적용되고 신사업 비즈니스 모델이 활성화되기 위해서는 법적·제도적 개선이 절실함.
 - 규제완화, 가격기능 정상화, 전력시장 개편, 연구개발 확대, 보안강화 및 표준화 추진 등의 요소를 중점적으로 반영한 제도개선이 보다 적극적으로 이루어져야 함.

〈 참고자료 〉

1. 국내 참고문헌

- 강성진 외, 「4차 산업혁명과 신기후체제 대응」, 국민경제자문회의지원단/고려대학교 산학협력단, 2017.5.
- 김규판 외, 「주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략: 미국, 독일, 일본을 중심으로」, 대외경제정책연구원, 2017.11.
- 김현제 외, 「발전 Industry4.0 구현을 위한 환경여건 분석과 추진전략 도출 연구」, 동서발전, 2017.12.
- 박찬국, 「사물인터넷을 통한 미래 에너지산업 발전방향」, 에너지포커스, 13(4), 4-21, 2016.
- 박창기, 「제4차 산업혁명의 도전과 응전수단, 블록체인」, 한반도선진화재단 한선 프리미엄 리포트 225회 정책세미나, 2016.
- 산업통상자원부, 「8차 전력수급기본계획」, 2017.
- 소진영 외, 「4차 산업혁명이 에너지시스템에 미치는 영향과 대응 방안」, 에너지경제연구원 용역보고서, 과학기술정책연구원, 2017.11.
- 우청원, 「에너지 블록체인 도입방안 연구」, STEPI Insight, 222, 2018.4.
- 이성인·김지효, 「ICT 융복합 기술과 연계한 에너지 수요관리 추진 전략 연구(2차년도)」, 에너지경제연구원, 2016.11.
- 장필성, 「다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은?」, 과학기술정책연구원 해외 혁신동향, 2016.
- Fereidoon Sioshansi 외, 「에너지전환 전력산업의 미래」, 이모션미디어, 2018.7.

2. 외국 참고문헌

- E.ON, “Annual Report 2017,” 2017.
- Federal Ministry of Education and Research, “Federal Report on Research and Innovation 2012,” 2012.
- Federal Ministry of Education and Research, “The New High-Tech Strategy Innovations for Germany,” 2014.

GE, "Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines," General Electric, 2012.

Innogy, "Annual Report 2017," 2017.

KEPCO, "Kansai Electric Power Group Report 2017," Annual Report, 2017.

Mckinsey, "Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy," McKinsey Global Institute, 2013.

President's Council of Advisors on Science and Technology, "Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing," 2014.

President's Council of Advisors on Science and Technology, "Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing," 2011.

RWE, "Powering. Reliable. Future. Yesterday, today and tomorrow," Annual Report, 2017.

TEPCO, "TEPCO Integrated Report 2017," Annual Report, 2017.

Zhou, K., C. Fu, S. Yang, "Big Data Driven Smart Energy Management: From Big Data to Big Insights", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, 215-225, 2016.

3. 홈페이지

GE Digital 홈페이지(<https://www.ge.com/digital/iiot-platform>, 검색일자 2018.05.01.)

일본 경제산업성(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) 홈페이지 (http://www.meti.go.jp/english/press/2016/0427_05.html, 검색일자 2018.07.11.)

정책 이슈페이퍼 19-09

4차 산업혁명과 전력산업의 변화 전망

2019년 5월 30일 인쇄

2019년 5월 31일 발행

저 자 김 현 제

발행인 조 용 성

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)-714-2028

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 디자인 범신 (042)226-8737

KEEI ISSUE PAPER



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

울산광역시 중구 중가로 405-11 | TEL: 052) 714-2114 | <http://www.keei.re.kr>