

# 제4차 산업혁명 지원을 위한 조세 등 재정제도 재설계

- 조세지원과 예산지원의 Policy Mix -

2019년 12월

기 획 재 정 부  
이 종 화

# 국외훈련 개요

1. 훈련 국가 : 미국

2. 훈련 기관

- 플로리다 주립대 경제전망분석센터

Florida State University Center for Economic Forecasting and Analysis

3. 훈련 분야 : 재정 · 경제

- 제4차 산업혁명 지원을 위한 조세 등 재정제도 재설계

4. 훈련 기간 : 2018. 12. 26 ~ 2019. 12. 25 (1년)

## 훈련기관 소개

<b>명 칭</b>		CEFA(Center for Economic Forecasting and Analysis)
<b>소재지</b>		미국/ Florida State University 3200 Commonwealth Blvd. Tallahassee, Fl. 32303 U.S.A ※ 홈페이지 주소 : <a href="http://www.cefa.fsu.edu/">http://www.cefa.fsu.edu/</a>
<b>설립목적</b>		경제개발, 경제 조사·분석 등 공공정책 관련 다양한 분야의 연구를 전문적으로 수행하고, 계량경제, 통계기법 등을 활용하여 경제정책 관련 연구생 등을 지원
<b>조직</b>		사무국(Secretariat) 및 실무조직으로 구성
<b>주요인사 인적사항</b>		Julie Harrington(사무국장) - 오번대학교 경제학 박사 - 플로리다주립대 연구소 운영위 위원, 플로리다주 대학간 연구소 운영위 위원
<b>훈련기관 특성</b>	<b>주요기능 및 수행업무</b>	- 경제개발, 재정제도, 환경·에너지 등 다양한 공공분야 관련 조사 및 연구 등을 수행 - 계량경제, 통계기법 등을 활용하여 경제 현황을 분석·예측하고, 연구생들의 연구를 지원
	<b>훈련과제 수행과 관련성</b>	- 동 연구소는 미국내 공공행정분야 16위인 플로리다주립대의 공공행정·과학 연구소 중 경제분석 등에 특화 - 그동안 다른 개도국 소속의 다수의 연구생이 해당 연구소에서 경제관련 연구를 수행하여 관련 전문 자료와 노하우를 보유하고 있고, 미래의 새로운 산업 환경에서의 정책 대응에 높은 관심과 지원을 표명
<b>교섭현황</b>	<b>교섭창구</b>	
	<b>교섭형태</b>	E-메일 등을 통한 초청장
	<b>교섭정도</b>	실무적으로 사무국장과 E-메일 등을 통해 교섭
<b>연락처</b>		(담당) Dr. Julie Harrington (Director) (전화) (850) 644-7357 (e-메일) <a href="mailto:jharrington@fsu.edu">jharrington@fsu.edu</a>



# 목 차

## 제1장 : 서론

제1절 연구의 필요성 및 목적 .....	1
제2절 연구의 내용과 범위 및 한계 .....	5

## 제2장 : 산업혁명의 개념과 산업혁명의 단계별 특징

제1절 산업혁명에 대한 개념적 이해 .....	7
제2절 제4차 산업혁명 이전 단계 산업혁명의 특징과 의의	
1. 제1차 산업혁명 .....	9
2. 제2차 산업혁명 .....	10
3. 제3차 산업혁명 .....	11
제3절 제4차 산업혁명의 특징과 의의	
1. 이전 단계의 산업혁명과 차이점 .....	13
2. Klaus Schwab의 제4차 산업혁명론 .....	14
3. 유사 개념 .....	16

## 제3장 : 제4차 산업혁명과 경제 및 사회의 구조적 변화

제1절 제4차 산업혁명 관련 기술	
1. AI · Robot · Digital 분야	

가. 인공지능(AI: Artificial Intelligence)	18
나. 자율주행자동차	24
다. 스마트시티(Smart City)	28
2. Network · Communication 분야	
가. 사물인터넷(Internet of Things: IoT)	32
나. 보안 인프라와 블록체인(Blockchain) 기술	35
3. Human Change(Bio and Gene Technology) 분야	
가. 생명공학 분야	
(1) 유전자 편집(Genome Editing) 관련 기술	42
(2) 줄기세포(Stem Cell) 관련 기술	44
(3) 생명과학에 대한 윤리 및 규제	46
나. 생체인식 기술	
(1) 바이오메트릭스 분야	47
(2) 신경기술(Neurotechnology) 분야	48
4. 새로운 에너지 개발 및 효율화 분야	
가. 핵융합 발전 분야	51
나. ESS(Energy Storage System)와 스마트그리드	53
다. 재생에너지(Renewable Energy) 분야	56

**제2절 제4차 산업혁명으로 인한 경제 · 사회의 구조적 변화**

1. 경제활동의 탈인간화와 불평등의 확대	59
2. 분권 · 다원화 및 융 · 복합화로 인한 경제의 구조적 복잡화	61

3. 정치시스템과 정부의 기능 약화 및 역할 재조정 필요성 .....	62
4. 더 가까워진 세계와 더 멀어진 세계 .....	65
5. 인류에 대한 재정의(Re-definition)와 새로운 문명 .....	68

## **제4장 : 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책의 방향**

### **제1절 제4차 산업혁명에 대한 정책 설계**

1. 제4차 산업혁명의 개념적 수용 .....	70
2. 기존 정책에서 제4차 산업혁명의 개념화 현황 .....	71
3. 제4차 산업혁명의 정책화 한계점 등 .....	72
4. 외국의 정책 참고 사례	
가. 독일의 Industrie 4.0 및 Arbeiten 4.0 .....	75
나. 일본의 Society 5.0 .....	78

### **제2절 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책 분야**

1. 과학기술·연구개발 분야 .....	80
2. 산업혁신 분야 .....	83
3. 일자리 및 인적자원 개발 .....	85
4. 산업안전망 .....	92

## **제5장 : 제4차 산업혁명 지원을 위한 재정지원 재설계**

### **제1절 조세지원 분야 재설계**

1. 조세지출예산과 제4차 산업혁명 .....	98
---------------------------	----

2. 연구개발 및 산업혁신 분야 .....	101
3. 일자리 및 인적자원 개발 분야 .....	108
4. 로봇세 도입 .....	111

**제2절 예산지원 분야 재설계**

1. 국가 연구개발 예산과 제4차 산업혁명 .....	116
2. 연구개발 및 산업혁신 분야 .....	119
3. 일자리 및 벤처창업 지원 분야 .....	123
4. 인적자원 개발 분야 및 기본소득제 도입 .....	127

**제6장 : 결론**

1. 효과적인 재정지원 수단의 선택: Policy Mix .....	134
2. 제4차 산업혁명 분야별 재정지원 재설계 방향	
가. 연구개발 및 산업혁신 분야 .....	138
나. 일자리·창업 및 인적자원 개발 분야 .....	139
다. 로봇세와 기본소득제의 도입 .....	140
라. 관련 정부 조직의 협업 .....	142
3. 맺음말 .....	143

<b>[참고문헌]</b> .....	<b>145</b>
---------------------	------------



## [표 목차]

[표 1] 제4차 산업혁명 관련 기술 현황 .....	18
[표 2] 인공지능(AI) 머신러닝 핵심 기술 분야(과기정통부, 2018.5) .....	21
[표 3] 자율주행 단계별 기술적 특징 .....	24
[표 4] 사물인터넷 분야별 주요 기술 .....	34
[표 5] 블록체인 기반 콘텐츠 서비스 사례 .....	39
[표 6] 일본 Society 5.0 실현 전략(일본 미래투자전략 2017) .....	79
[표 7] 조세지출 규모(2019 조세지출 기본계획) .....	99
[표 8] 조특법 제10조의 연구·인력개발비 세액공제율 .....	101
[표 9] 국가별 기본소득 지급액 및 임금대비 기본소득 비율 .....	131

## [그림 목차]

[그림 1] 사물인터넷 아키텍처(한국지능형사물인터넷협회) .....	34
[그림 2] 스마트그리드 개념도 .....	55
[그림 3] Branko Milanovic의 코끼리 커브(Elephant Curve) .....	66
[그림 4] 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책 대상 분야 .....	80

# 제1장 : 서론

## 제1절 연구의 필요성 및 목적

Homo faber<sup>1)</sup> ‘도구의 인간’ 으로 번역되어 우리나라에 널리 소개된 이 말은 노벨문학상을 수상한 프랑스 철학자이자 문학가인 앙리-루이 베르그송(Henri-Louis Bergson)이 주창한 인간의 특징을 나타내는 개념이다. 그의 말과 같이 인류 문명은 그동안 인간이 만들어낸 도구가 있었기에 가능했다. 인류의 창의성도 도구가 없이는 실현될 수 없었을 것이다. 우리 생활 역시 말할 것도 없이 바로 인간이 만들어낸 도구들에 전적으로 의존하고 있다. 인류는 그렇게 도구의 발달을 통해 문명을 창조했고 향유했다. 하지만, 이제 우리 도구의 인간은 제4차 산업혁명론이 등장한 시점에서 인간의 도구에 대한 의존성을 다시 생각해봐야 할 시점에 이르렀다고 생각한다. 왜냐하면, 이제는 인간이 도구를 활용하는 것을 넘어서 도구가 인간을 대체하고 인간이 도구를 위해 존재할 수도 있는 영역으로 넘어가려 하고 있다고 생각되기 때문이다.

2016년 ‘알파고’ 라는 바둑 인공지능과 이세돌 9단의 바둑 대국은 세계의 이목을 집중시켰다. Machine learning 또는 Deep learning으로 일컬어지는 기술을 통해 학습이 가능했던 인공지능 알파고는 이세돌 9단을 4승-1패라는 압도적 우세로 눌렀다. 그동안 PC 게임으로 보아왔던 바둑프로그램과는 그 차원이 달랐다. 인공지능 알파고가 아무리 잘 만들어졌어도 인간의 두뇌를 앞지를 수는 없을 것이라는 일각의 호언과 이세돌 9단의 우승을 예견하기도 했으나, 결과는 완전히 예상 밖이었다. 이세돌 9단은 어찌 보면 가까스로 0패를 면한 듯 보이기도 했다. 4-1 패배라는 결과는 이제는 도구가 더 이상 인간이 지배하고 통제해 왔던 도구가 아니고 인간을 대체

---

1) faber는 라틴어로 영어의 smith, 대장장이라는 의미이며, Homo faber는 도구를 잘 사용한다는 뜻에서 현존 인류의 특징을 일컫는 용어다. 반면, ‘도구의 인간’ 으로 Homo habilis와 혼동이 되기도 하는데 Homo habilis는 현존 인류가 아니라 Australopithecus와 Homo erectus 사이인 150~200만년전 존재했던 멸종된 인류이다. 즉, Homo habilis는 인류의 종(species) 분류상 사용되는 용어지만, 처음으로 도구를 사용한 인류로 추정되면서 ‘도구의 인간’ 으로 혼동되기도 하지만 현존 인류인 Homo sapiens의 특징을 일컫는 용어는 아니다.

해 버릴 수도 있겠다는 충격을 안겨주었고, 기계가 인간을 대체할 날이 멀지 않았다는 암울한 그늘을 인류의 머리위에 드리울 수도 있는 사건이었다. 이세돌 9단은 기계문명에 종속될 수밖에 없는 무기력한 인간의 모습으로 여겨지기도 했다. 결국 인공지능과 인간의 한 판의 바둑대결이 우리나라가 4차 산업혁명이라는 단어에 더 주목하게 된 직접적 계기가 된 것이다.

제4차 산업혁명은 이전의 산업혁명과는 양상이 다르다는 일부 학자들의 말에 일부 동의한다.<sup>2)</sup> 이전의 산업혁명이 인간의 능력을 도구를 통해 보완하거나 강화시키는 차원이었다고 한다면, 제4차 산업혁명은 인공지능과 같이 인간을 대체할 수도 있는 도구 그 이상의 존재로 구체화되어 등장했기 때문이다. 그뿐만이 아니라 이제는 인간이 도구를 위해 일하는 존재가 될 수도 있다. 예컨대, 판단은 인공지능과 같은 존재에 맡기고 인간은 보조적인 역할을, 즉 인공지능이 판단할 수 있도록 학습시키고 데이터를 입력시키는 역할을 하게 될 수도 있다는 얘기다. 극단적이라고 할 수도 있겠지만, 이쯤되면 정확히 이십년 전인 1999년에 등장한 Wachowski 형제의 공상과학 영화 ‘The Matrix<sup>3)</sup>’가 떠오르지 않을 수 없다.

물론 1차 산업혁명 때에도 노동력을 공급할 기회를 뺏긴 노동자들이 생존을 위해 방직공장의 기계들을 파괴하는 등 ‘Rudite’ 운동이라고 불리는 대규모 시위를 벌였다. 하지만, 이후 산업구조가 변화되고 인권과 노동운동이 보편화되면서, 현재의 시점에서 보면 당시의 걱정은 기우에 불과했다는 것을 알 수 있다. 하지만, 과연 양상이 다르다는 제4차 산업혁명도 결국에는 현재의 우려들을 모두 떨치고, 다시 한 번 인류와 도구가 공존하고 번영하는 해피엔딩으로 갈 수 있을까? 이에 대해 인류 지성의 절대적인

---

2) 본론 산업혁명의 분류 편에서 자세히 논의하겠지만, Jeremy Rifkin이 제3차 산업혁명(3rd Industrial Revolution)을 주창한 것이 불과 2011년이므로, Klaus Schwab이 제4차 산업혁명을 처음으로 주창한 2016년과는 불과 5년의 차이밖에 나지 않는다. 그럼에도 4차 산업혁명을 3차 산업혁명과 구분하여 주창하는 입장에서는 제4차 산업혁명이 이전의 산업혁명과 양상이 전혀 다르다는 논리를 주장한다.

3) ‘The Matrix’는 지능을 가진 시스템(intelligent machine)이 인간을 전기에너지원으로 활용하기 위해 인간을 사육하는 체계를 만들고 인간을 지배하려는데 대해 저항하는 인간의 모습을 그린 영화다. 인간의 신체를 지배하기 위해 인간의 의식을 프로그램화된 가상 세계인 MATRIX에 가두고 정상적인 삶을 사는 듯 착각하게 만든다. 하지만, 기계에 의해 사육되고 있음을 깨닫게 된 주인공들이 기계의 지배로부터 탈출하고, 사육당하고 있는 인간들을 MATRIX에서 탈출시키기 위해 기계와 대결을 벌인다. \* [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Matrix](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Matrix) 참조

철학적 고민이 필요하며, 더 나아가 정부의 정책이 수립되기 전에 반드시 이러한 철학적 고민이 선행되어야 한다. 여러 관련 부처들이 성급하게 그럴듯한 정책들을 경쟁하듯 만들어내기 보다는 어떻게 하면 사회적 분열과 충돌을 피하면서 우리 사회의 구조적 혁신을 받아들일 수 있을 지부터 심각하게 고민해야 한다.

즉, 서둘러서 될 일이 아니라는 것이다. 바로 옆 나라 중국이 우리보다 훨씬 더 빠르게 치고 나가 앞서 달리는 것처럼 보여도, 우리는 먼저 4차 산업혁명을 어떻게 받아들일 것인가에 대한 철저한 고민부터 해야 한다. 알파고가 이세돌 9단을 이겼다고 해서 인공지능이 난해한 극한의 고차방정식이라고 할 수 있는 인류의 삶에 관한 결정과 판단을 내릴 수 있을 것인지, 또 그러한 결정과 판단이 가능하더라도 인류가 기계가 내린 결정과 판단을 수용할 수 있을 것인지 등에 대해 충분히 검증을 해야 한다. 왜냐하면 4차 산업혁명은 단순히 기술과 산업의 문제에 그치지 않고, 인간의 삶을 근본적으로 바꾸는 역사적 변혁이 될 수 있기 때문이다.

비근한 사례로 지난해 벌어진 카풀제도 도입과정을 살펴보자. 공유경제 (sharing economy)라는 이슈가 새로운 산업을 형성하기 위한 노력의 과정일 수도 있지만, 동시에 기존 업계와의 큰 충돌을 빚는 사회적 불협화음의 양상을 볼 수 있다. 카카오와 같은 플랫폼 사업자들은 자신의 플랫폼을 바탕으로 공유 사업의 모델을 똑딱 만들어 낼 수 있을지 몰라도 그로 인해 자신의 생계수단을 잃게 될지도 모르는 택시업계 종사자들은 자신의 생업을 새로운 기업이나 조직에 호락호락 내줄 생각이 없기 때문이다. 그렇다고 택시업계 종사자들을 혁신에 저항하는 집단으로 볼 수 있을까? 만일 카풀 제도의 도입에 대해 충분히 준비가 되어 있었다면 이렇게 저항이 심하지 않았거나 수용이 가능했을 수도 있었을 것이다.

더구나 우리의 삶을 근본적으로 바꿔야 하는 문제라면 사회적으로 충분한 준비와 필요하다면 합의 프로세스를 가동해야 한다.<sup>4)</sup> 조만간 4차 산업

---

4) 독일정부는 Industrie 4.0에 상응하는 노동분야 정책인 Arbeiten 4.0도 거의 동시에 추진했다. 산업의 변화에 걸맞은 노동의 변화도 수반되어야 하기 때문이다. 일자리와 노동의 형태가 어떻게 변화해야 하는 지에 대해 우리도 충분히 고민해야 한다. 뒤에 더 자세히 소개하겠지만,

혁명의 여파가 우리 실생활에 들이닥치기 시작할 지도 모른다. 가장 먼저 다가올 수 있는 대표적인 분야로 자율주행차와 같은 분야가 예상되고 있다. 특히 트럭운전이라는 업종은 자율주행 분야라는 무대에 처음으로 올라 설 수 있는 가장 유망한 업종중 하나다. 트럭운송이 가장 활발한 미국에서도 트럭운전사를 구하기 쉽지 않은 구인난이 문제가 되고 있는 분야이며 도로가 발달한 까닭에 어느 나라보다 자율주행의 가능성이 높다고 할 수 있다. 그러나 미국도 아직 충분히 준비가 되어 있는 것은 아니다. 자율주행차로 인한 사고뿐만 아니라 관련 일자리의 변화 등 인간의 생활과 관련된 부분에 있어서는 분명한 사회적 합의가 필요할 것이기 때문이다. 자율주행 분야는 이미 기술적으로는 자신감을 드러내고 있지만, 실제로 실생활에 정착하기까지는 예상보다 더 많은 시간이 걸릴 수도 있다.

본 연구보고서는 제목과 같이 4차 산업혁명의 지원을 위한 조세 등 재정 정책 분야에 주안점을 두고자 한다. 그동안 정부가 생산한 이러한 유형의 재정분야 정책은 주로 업계와 과학기술계의 입장에서 산업의 혁신을 위한 새로운 기술의 개발 및 기술의 수용과 확산을 비용적 측면에서 지원하는 것에 정책의 주안점을 두었다. 하지만, 4차 산업혁명과 같이 우리의 삶과 사회에 장기적이고 구조적인 변화를 초래할 정책은 단순히 기술과 산업의 측면에서 바라볼 수만은 없을 것이다. 4차 산업혁명에 관한 이슈들은 살펴보면 살펴볼수록 인류의 미래에 대한 직관과 통찰력을 필요로 하는 분야다. 노동을 포함하여 우리의 삶을 변화시킬 많은 이슈를 다루어야 하기에 본 연구는 더 깊은 철학적인 고민이 필요하고 주요 국가들의 정책추진 상황도 살펴봐야 하는 등 관련 분야의 많은 연구들이 필요하였다. 비록, 능력의 한계로 인해 충분한 연구가 되지는 못했다고 고백하지만, 최소한 우리 정부가 다가올 4차 산업혁명의 시대를 준비하기 위하여 무엇을 고민해야 하고, 어떤 관점에서 정책을 구상해야하는 지를 분명히 제시하기 위해서 노력했다는 점을 미리 밝혀 두고자 한다.

마지막으로 본 연구를 수행하면서 분명하게 느꼈고 또 알리고 싶은 한 가지 핵심적 아이디어는 4차 산업혁명은 우리가 주도적으로 나서서 받아들

---

일본의 Society 5.0은 이러한 사회적 문제까지 고민해서 명명된 정책이 아닐까 생각한다.

이지 못하면, 결국은 강요당하게 될 것이고 그렇게 되면 우리의 미래는 그만큼 어두워지게 된다는 것이다. 또, 4차 산업혁명은 정책으로 밀어붙여 국민을 따라 오게 만들 수 있는 것도 아니다. 국민과 정부가 신뢰를 바탕으로 한 이해와 소통, 양보와 협력을 해야 하고 이를 위해서는 국민 모두가 잘 살 수 있는 청사진에 대한 공감대와 합의가 있어야 한다는 것이다. 4차 산업혁명의 가장 큰 걸림돌은 기술적 어려움이 아니라 우리나라 산업계와 사회의 진취성 부족과 안주하려는 안이한 자세, 그리고 비타협적인 행태가 될 수도 있음을 분명히 알아야 한다는 것이다.

## 제2절 연구의 내용과 범위 및 한계

사실 4차 산업혁명과 관련된 산업은 대단히 넓고 방대하다. 논자에 따라 우리나라에서 주력으로 삼아야 할 관련 산업과 기술이 차이가 나기도 한다. 인공지능, 자율주행자동차, 로봇, Smart Factory, 5G, IoT, VR 등 이름도 생소한 산업들은 물론이고 심지어 바이오산업까지 거론되기도 한다. 그런데 산업마다 그 특성이 있어서 정부의 재정지원이 어떤 곳에 어떻게 지원이 되어야 할지는 산업마다 다르다. 그리고 관련 기술이 어느 정도까지 발전할 수 있으며, 어느 정도로 사회적 수용성을 가지게 될 것인지도 현재 상황에서는 정확한 예측이 어렵다. 따라서 산업별 각론에서는 정부 정책과 재정지원 방식에 대해서는 가급적 산업별로 세부적으로 접근해야 하며 정책 지원 방식 등에 대해서도 기술의 특징 등을 감안하여 산업별로 달라야 할 것인데 본 보고서에서 산업별로 기술적 특징까지 세밀하게 감안한 내용을 다루기는 어렵다는 한계가 있다.

본 보고서에서는 4차 산업혁명에 대한 철학적 고민과 사회적 합의 등을 포함한 재정지원의 총론적 부분을 주로 검토하고, 각론에서는 제4차 산업혁명의 두 가지 재정지원 수단인 조세지원과 예산지원에 대한 정부의 정책방향과 함께 조세 및 예산의 제도적 재설계 방향을 검토해보고자 한다. 본 연구의 구성은 서론(제1장)을 비롯해서 산업혁명의 개념과 산업혁명의 단계별 특징(제2장), 제4차 산업혁명과 경제 및 사회의 구조적 변화(제3장), 제4차

산업혁명 지원을 위한 정책의 방향(제4장), 제4차 산업혁명 지원을 위한 재정 지원 재설계(제5장) 그리고 마지막 결론(제6장)으로 총 6개의 장으로 구성되어 있다.

세부적으로, 먼저 제2장은 산업혁명에 대한 개념과 정책적 관점에서 산업 혁명이란 사회 변혁의 현상에 어떻게 접근해야 하는지를 살펴보기 위하여 과거 1, 2차 산업혁명에 대해 역사적으로 접근하였고, 이와는 다소 성격이 다르다고 할 수 있는 3, 4차 산업혁명에 대하여 나누어 고찰해 보았다. 제3장에서는 제4차 산업혁명이 초래할 우리 경제 및 사회의 구조적 변화를 예측해 보기 위하여 제4차 산업혁명의 주요 기술들로 지칭되고 있는 인공지능, 자율주행차, 사물인터넷, 블록체인, 생명공학 기술 그리고 에너지 분야 기술의 주요 내용과 이로 인한 영향을 살펴보고, 우리 경제와 사회의 구조적 변화로 인해 초래될 긍정적 및 부정적 영향을 가능한 선에서 예측하였다. 기술 발전의 수준과 사회적 수용성에 대해서는 정확한 예측은 어렵지만 국내외 경제학자 및 미래학자들이 저서 등에서 밝혀 놓은 예상을 참고로 하였다. 제4장에서는 제4차 산업혁명에 대응하는 정부의 정책방향에 대해서 살펴보았다. 제4차 산업혁명의 개념을 정책에서 어떻게 수용해야 할 것인지를 기존 정책에 비춰 보았고, 또 세간에 많이 알려진 독일의 Industrie 4.0, 그리고 많이 알려지지는 않았지만 Industrie 4.0를 추진하면서 필요한 노동정책으로서 Arbeiten 4.0를 소개하였고 또 일본판 제4차 산업혁명 대책이라고 할 수 있는 Society 5.0를 살펴보았다. 제5장에서는 제4차 산업혁명을 지원하는 정책수단으로서 조세지원과 예산지원의 현황과 재설계 방향을 분야별로 살펴보았다. 그리고 마지막으로 제6장에서는 이상의 연구에 대한 결론으로 조세지원과 예산지원의 특성 및 양자의 바람직한 정책조합(policy mix)에 대한 방향을 살펴보고 맺음말로 직무훈련 과정에서의 소회와 정책담당자들에 대한 제언을 담았다.

## 제2장 : 산업혁명의 개념과 산업혁명의 단계별 특징

### 제1절 산업혁명에 대한 개념적 이해

정부 정책의 기초는 명확한 문제의 인지에서 출발하므로 정책의 대상이 되는 사회현상에 대한 정확한 개념규정이 선행되어야 함은 당연한 것이다. 그러나, 제4차 산업혁명은 아직 명확하게 구체화된 개념이 없고, 포함되는 산업의 범위 등 하위 개념도 분명하지 않다. 또한, Klaus Schwab이 제4차 산업혁명을 주창한 것이 2016년이고, Jeremy Rifkin이 그의 저서를 통해 제3차 산업혁명을 주창한 것이 2011년이니 시간적으로는 불과 5년여의 차이 밖에 나지 않는다.<sup>5)</sup> Klaus Schwab은 왜 3차 산업혁명 얘기가 나온 지 5년 만에 다른 산업혁명을 주창하게 하였을까? WEF에서 다보스 포럼의 흥행을 위해 뽑아낸 제목이라는 비판적 시각에서부터 빠른 기술적 진보가 원인이라는 해석까지 의견은 다양하다. 이러한 의견들을 종합해 보면, 급속한 기술의 발전과 그로 인해 파생되는 경제 및 사회 변화에 속도감있게 대응해야 한다는 사회적 압력이 원인이 되었다고 생각한다.<sup>6)</sup>

산업혁명(Industrial Revolution)이라는 개념은 사실 그 자체로는 특별한 정의를 필요로 하는 개념은 아니라고 볼 수도 있다. 산업혁명은 대체로 두 가지 개념으로 인식되고 있는데, 하나는 영국에서 일어난 역사적 사건으로 고유명사적 성격의 개념이며, 다른 하나는 사회를 변화시키는 산업기술의 커다란 변화라고 하는 것 정도다.<sup>7)8)</sup> 여기서 살펴볼 점은 이제까지 산업혁

5) Jeremy Rifkin, Third Industrial Revolution, Palgrave Macmillan, 2011 vs Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, 2016 참조

6) 후술하겠지만, 제3차 산업혁명을 제시한 Jeremy Rifkin은 제3차 산업혁명의 근본적 동인을 화석 에너지에 너무 의존한 결과로 인해 성장이 한계에 다다랐다는 점과 거대 에너지 기업들의 급속한 성장과 이로 인한 경제의 비민주화, 그리고 인류를 위기에 빠뜨릴 지도 모르는 기후변화 문제의 해결이라고 분석하고 있다. 실제로 그의 저서 ‘제3차 산업혁명’은 에너지산업의 친환경적 변화와 그로 인한 경제적 의사결정의 민주화 등이 논의의 중심에 자리잡고 있다.

7) 국내외 주요 사전은 산업혁명을 새로운 동력, 기계 등 산업기술의 도입으로 인해 일어난 급격하고 주요한 경제구조의 변화라고 통상 정의하고 있다. 하지만, 과연 혁명이라는 용어가 적합한 지에 대해서는 John Clapton, Nicholas Crafts와 같은 일부 역사학자들은 산업기술의 변화와 이로 인한 사회구조적 변화가 실제로는 혁명이라고 할 만큼 급진적으로 진행되지 않았는데 혁명(revolution)이라는 용어를 쓴 것은 잘못이라는 견해를 밝히기도 했다.

8) Industrial revolution이라는 개념이 처음으로 등장한 문헌은 프랑스의 Louis-Guillaume Otto가



명이라는 개념은 후행적이었다는 사실이다. 즉, 산업기술의 커다란 변화와 그로 인한 사회구조적 변화가 역사적으로 인식된 이후에 산업혁명이라고 규정되었던 것이다. 실제로 1차 산업혁명이 대략 1760년경 전후에 시작되었다고 본다면 약 40년이 지난 후 Engels가 산업혁명에 대해 제대로 분석을 한 것이다. 이후 증기기관에서 석유를 원료로 하는 내연기관 중심의 새로운 동력체계로의 전환, 석유를 기반으로 하는 화학공업과 관련 산업 발전으로 인한 경제사회구조의 변화가 진행된 이후 이를 종합하여 2차 산업혁명 개념이 대두되었다.

그런데, 제3차 산업혁명론부터는 얘기가 달라진다. 우리는 대체로 21세기 전후로 자동화 기술과 인터넷, 정보통신기술이 급속히 발전하면서 또 다시 우리 경제사회구조가 크게 변화하자 제3차 산업혁명론이 대두되었다고 생각하지만, Jeremy Rifkin이 제시한 제3차 산업혁명은 특히 에너지 산업 분야에 대한 분명한 방향성과 혁신의 목적을 제시했다는 측면에서 개념적 선행성이라는 특징을 가지고 있다는 것이다. 즉, 제1차와 제2차 산업혁명론까지는 보편적인 측면에서 후행적 성격의 특성을 가진 산업혁명론이라고 한다면, 제3차 산업혁명부터는 어느 정도 사회구조적 변화가 가시화되면서 바로 그 산업혁명의 개념이 선행성을 띄며 주창된 특징이 나타난다. Klaus Schwab이 제시한 제4차 산업혁명은 그 선행적 개념의 특성이 더욱 두드러지게 나타난다. 그는 아직 미완성의 기술과 태동중인 산업을 미리 들고 나와서 산업혁명을 주창한 것이다. 이러한 측면에서 우리는 그간의 산업혁명에 대한 역사적 흐름을 좀 더 살펴볼 필요가 있다고 생각하여 이에 대한 논의도 다소나마 해보고자 한다.

---

1796.7.6.일에 프랑스도 산업혁명의 경쟁에 합류했음을 선언한 서한이라고 한다. 이후에도 19세기 초반 Owen, Wordsworth 등의 저서 등 여러 문헌에서 산업혁명의 개념이 등장하나, 1844년 Friedrich Engels의 ‘The condition of the working class in England’에서 처음으로 사회구조를 바꾼 역사적 사건이라는 분석적인 개념으로 사용되었으나 영어로 번역되지 않아 널리 알려지지 않았다. 산업혁명이라는 용어가 널리 사용된 것은 Arnold Toynbee의 강의 이후라고 한다. \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_Revolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution) 참조

## 제2절 제4차 산업혁명 이전 단계 산업혁명의 특징과 의의<sup>9)</sup>

산업혁명은 급격한 변화가 단시간에 일어난 것 같지만, 실제로는 단기간에 급격한 변화보다는 지속되는 변화의 과정을 일정 시간이 지난 후 되돌아 본 결과, 큰 변화가 있었음을 인지한 결과이며, 이러한 시각에서 볼 때 산업혁명의 단계를 나누는 것은 일정 기간의 기술발전 과정에서 공통적인 특징을 가진 시기가 존재하였음을 인지하고, 이를 구체화하고 세부적으로 분석하여 정리한 것이라고 할 수 있다. 현재 산업혁명의 단계에 대해서는 분명하고 합의된 기준이 있는 것은 아니다. 산업혁명의 개념적 특징 중 하나는 후행성의 측면에서 볼 때, 제1차, 제2차 산업혁명에 대해서는 어느 정도 시간이 경과하여 관련 연구결과들이 축적된 결과 학계 등에서 충분한 공감대가 있는 듯하지만, 제3차, 제4차 산업혁명에 대해서는 아직 이론적 논의가 시작된 지도 오래되지 않아 내용적으로 구체화된 것이 아직 많지 않은 수준이라고 하겠다.<sup>10)</sup>

### 1. 제1차 산업혁명

제1차 산업혁명은 18세기 중반에서 19세기 중반까지 영국을 중심으로 일어난 산업기술의 혁신 과정이 유럽 전역으로 퍼져나간 경제사적 시기로 산업혁명이라는 신조어를 탄생시킨 소위 원조 산업혁명이라고 할 수 있다. 제1차 산업혁명은 18세기 중반 가축, 물레방아와 같은 자연의 힘에 의존하던 산업의 동력체계가 인간이 개발한 증기기관이라는 새로운 동력체제로 대체되고 방직기가 발명되어 인간의 노동력을 기계가 대체하면서 일어난 동력과 생산기술의 혁명을 말한다.

9) 본 보고서에서 산업혁명 단계에 대한 깊은 고찰까지 할 필요는 없다고 보이므로, 산업혁명의 단계에 대해서는 향후 논의 전개에 도움이 되는 최소한의 선에서만 살펴보기로 한다. 한편, 산업혁명의 단계를 부정하는 견해도 있다. 산업혁명은 지속적으로 진행되는 공업화의 연속된 과정에 불과하다는 시각이다.

10) 특히, 제3차 및 제4차 산업혁명은 Jeremy Rifkin과 Klaus Schwab이 각각 2011년, 2016년에 주창하여 아직 논의가 시작된 지 얼마되지 않았다. 제3차 및 제4차 산업혁명은 현재 논의가 시작되어 진행 중인 단계이므로 기존의 산업혁명과 분명하게 경제사적으로 차별적 의미를 가지려면 관련 연구가 더 축적이 되어야 할 것으로 보인다.

제1차 산업혁명이 인류의 역사에 미친 영향은 참으로 크다. 제1차 산업혁명으로 인해 인류는 농업중심의 1차 산업 경제사회구조에서 제조업, 서비스업 등 2차, 3차 산업으로 다양한 경제사회구조로 넘어가게 된다. 제1차 산업혁명으로 인한 경제구조의 가장 큰 변화는 본격적인 자본축적이 이루어지게 되었다는 것이고, 사회적으로는 경제력이 사회구조를 변화시키는 새로운 힘으로 작용하였다는 것이다. 이전에는 물리력을 바탕으로 하는 정치권력만이 인류의 역사를 좌지우지하는 주요 동인이었다고 한다면, 제1차 산업혁명 이후로는 경제력이 새로운 권력으로 등장하였고, 정치권력과 맞물려 다양한 측면에서 인류는 새로운 역사를 써나가게 된다.

## 2. 제2차 산업혁명

제2차 산업혁명은 시기적으로 대략 19세기 후반에서 20세기 초반으로 여겨지고 있으며, 영국을 중심으로 진행된 1차 산업혁명에서 새로운 동력원과 생산기술이 파생된 시기로, 영국, 독일, 미국과 프랑스, 이탈리아, 일본 등의 국가를 중심으로 진행되어 유럽대륙에서 북미와 아시아로 산업혁명의 공간적 확대가 이루어졌다는 특징이 있다.<sup>11)</sup>

제2차 산업혁명의 주요 특징을 보면, 먼저 동력원이 석탄을 연료로 하는 증기기관에서 석유를 연료로 하는 내연기관으로 전환되었으며, 생산방식에 있어서는 컨베이어 벨트와 자동화 개념의 도입으로 대량 생산이 더욱 촉진되었다. 교통수단은 철도에서 자동차와 항공기 등으로 다양화되었으며, 전기의 발견과 발전설비가 발명되었으며, 그로 인해 생산방식과 생산기술의 변화는 물론 전화, 라디오, TV 등 새로운 통신수단이 발명되어 생산기술과 연계되면서 인류의 생산과 소비에 큰 혁신을 가져오게 되었다는 점이다. 또한, 석유화학 공업이 발전하면서 화학비료에 의해 농업생산이 획기적으로 증가하여 인구도 대폭적으로 증가하는 기반이 형성되었으며, 화학의 발전은 제약산업을 획기적 발전시켜 의료기술의 발전과 질병의 극복으로 인류의 문명과 역사를 엄청나게 바꾸어 놓을 수 있는 기반을 형성했던 시기였다.

---

11) [https://en.wikipedia.org/wiki/Second\\_Industrial\\_Revolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Second_Industrial_Revolution)

### 3. 제3차 산업혁명

제3차 산업혁명은 2011년 Jeremy Rifkin이 주창한 것이며, 사실 아직 현재 진행형인 단계이다.<sup>12)</sup> 즉, 우리는 아직 3차 산업혁명의 와중에 있는 것이다. 따라서 전술한 바와 같이 제3차 산업혁명부터는 이전 단계와 달리 산업혁명의 의미가 후행성보다는 미래지향성을 가지고 있다. 1차, 2차 산업혁명은 해당 시기의 기술발전이라든가 그로 인한 사회구조의 변화 양상이 충분히 인식이 된 이후에야 논의가 되고 규정이 된 단계라면, Jeremy Rifkin이 주창한 3차 산업혁명 이후로는 그 내용적으로나 사회구조의 변화 양상이 충분히 인식되기 이전에 그 내용이 주창된 것이라고 할 수 있겠다.

Jeremy Rifkin은 제3차 산업혁명에 대해 다음의 세 가지 키워드를 제시하고 있다. 에너지(신재생), 인터넷, 수평적 권력분산. 다소 어울릴 것 같지 않은 세 가지의 키워드들은 바로 제1차 및 제2차 산업혁명의 결과로 빚어진 경제권력이 분권화되는 촉매가 되어 공유경제와 같은 새로운 산업을 만들어낸다는 것이다. 즉, 인터넷을 기반으로 하는 커뮤니케이션의 발달과 그동안 거대 자본의 상징과 같던 석유기업<sup>13)</sup>에 대한 의존이 재생에너지 기술과 산업의 발달로 완화되어 경제권력이 분권화되는 시대가 도래하여 새로운 산업이 등장하게 된다는 것이다.<sup>14)</sup> 그리하여 제3차 산업혁명의 시기에는 신재생에너지와 인터넷을 기반으로 하는 분권화된 경제구조를 통해 새로운 산업과 다양한 일자리가 생겨나게 된다는 것이다.

---

12) Jeremy Rifkin, "The Third Industrial Revolution - How lateral power is transforming energy, the economy, and the world," Palgrave MacMillan, 2011 참조(한글 번역판은 민음사에서 안진환역으로 2012년에 발간)

13) Jeremy Rifkin은 그의 저서에서 오늘날 세계 4대 기업중 3개가 석유기업이라는 점을 예시로 들고 있다. Jeremy Rifkin, *ibid*, p. 161. 2019년에도 상황은 유사하다. Fortune 500대 기업중 상위 10개 회사에서 석유 및 에너지 기업이 7개다.

14) 여기서 Jeremy Rifkin의 생애와 그의 철학을 살펴볼 필요가 있다. Jeremy Rifkin의 저서 "The 3rd Industrial Revolution"에서는 방대한 예시와 논리적 논거들에도 불구하고 제3차 산업혁명에 그의 주관적 사고가 굉장히 강하게 느껴진다. 아마도 Rifkin의 젊은 시절의 인생 역정이 베트남 전쟁 반전 운동에 헌신했고, 이후에도 학교에서 연구나 강의의 길을 걷기보다는 평화주의자로 행동에 나서는 activist였던 점에서 그의 젊은 시절 형성된 가치관과 세계관이 많은 영향을 미쳤을 것으로 생각한다. 경제에 있어서도 그는 소유의 종말을 주장하는 이상주의자였으며, 따라서 그러한 그의 사상이나 철학에서 경제권력의 분권과 공유경제는 아주 당연한 미래로 생각되었을 것이다.

예컨대, Rifkin은 빌딩 등 주거분야의 건물들이 미국 총에너지의 50.1%와 전력의 74.5%를 소비하고 이산화탄소 배출량의 49.1%를 내뿜는다고 하면서 에너지 생산과 주거분야를 연계시켜 모든 빌딩이 태양광 또는 풍력 발전을 할 수 있도록 하고 이를 스마트그리드로 연결하는 과정에서 신산업과 새로운 일자리를 창출할 수 있을 것으로 생각한다.<sup>15)</sup> 또한, 소위 신재생 에너지는 어디에서나 얻을 수 있는 것이라는 점에서 에너지 시장에서 소수만이 독점하던 화석연료와는 달리 경제권력을 수평적으로 민주화시키는 결과를 가져올 것으로 예측한다.

제3차 산업혁명의 또 하나 큰 특징은 네트워크, 오픈소스(open source)로 일컬어지는 공유체가 시장과 경쟁한다는 것이다. 이러한 형태는 개방적 마인드와 협업적 경제구조를 추구한다. Rifkin은 그 대표적 사례로 위키피디아(Wikipedia)를 들고 있는데, 위키피디아는 2019년 현재 590만개(2010년 당시 350만개)가 넘는 항목이 수록되어 있으며, 이는 종래 백과사전의 대명사였던 브리태니커, 엔카르타(Encarta)의 백과사전에 등재된 항목의 수십배에 해당한다. 그런데, 위키피디아는 누구나 수정할 수 있는 개방성과 협업적 구조를 가지고 시장과 경쟁하고 있는 형태의 구조가 그 특징이다. 게다가 놀라운 것은 위키피디아는 비영리로 운영되고 있다는 것이다. 통상 페이스북이나 유튜브와 같은 거대 온라인 사이트들이 광고를 통해 운영비를 마련하는데 반해 위키피디아는 접속자들에게 기부금을 요청하고 있다. 나아가 이러한 형태는 거래의 방식도 개인 중심인 P2P 거래로 바꾸어 놓고 있어 기존 기업들 중심의 거래방식과 유통망 구조도 바꾸어 놓고 있다. 공유경제(sharing economy)는 이러한 환경과 여건하에서 새로운 산업으로 등장한 것이다. 즉, 제3차 산업혁명 시대에서 경제구조는 개방적, 협업적 구조로 바뀌고 있다고 Jeremy Rifkin은 주장한다. 나아가 바로 이러한 토대로 인해 공유경제(sharing economy)의 산업화가 가능하고 번창하게 되는 것이라고 Rifkin은 주장하고 있는 것이다.

한편, 제4차 산업혁명을 주창하는 Klaus Schwab은 제3차 산업혁명에 대한 시각이 Jeremy Rifkin과는 분명 다르다. Klaus Schwab은 제3차 산업혁

---

15) Jeremy Rifkin, ibid p. 114

명에 대해 1960년대 등장한 메인프레임 컴퓨터로부터 시작하여 1980년대 PC, 1990년대 인터넷 기술 등으로 발전한 ‘컴퓨터 혁명’ 또는 ‘디지털 혁명’으로 인식한다. 또한 Klaus Schwab은 제3차 산업혁명의 주요 수단과 기술이 컴퓨터와 인터넷이긴 하지만, 기업 또는 산업별로 독립적이거나 연결이 되어도 느슨한 수준으로 연결된 기술적 혁명으로 인식한다고 할 수 있다. 또 다른 차이는 Klaus Schwab이 생각하는 제3차 산업혁명에서는 Jeremy Rifkin이 제3차 산업혁명론의 중심축으로 역설하고 있는 에너지 시장에 대해서는 언급조차 없다. 이러한 차이점은 아직까지 제3차 산업혁명과 제4차 산업혁명이 주창자의 개인적 견해 수준에 머무르고 있으며, 학계 등에서 제대로 논의되고 정리가 되지 않았기 때문이라고 생각한다.<sup>16)</sup>

### 제3절 제4차 산업혁명의 특징과 의의

#### 1. 이전 단계의 산업혁명과 차이점

제4차 산업혁명과 이전 단계의 산업혁명의 가장 큰 차이점이라면 산업혁명을 바라보는 시점이다. 제1차 및 제2차 산업혁명이 완료형, 제3차 산업혁명이 현재 진행중 또는 미완료형 혁명이라고 한다면, 제4차 산업혁명은 아직 관련 산업기술의 상황이 개발중이거나 제대로 된 모습을 갖추지 않은 미래지향적 산업혁명론이다.<sup>17)</sup> 따라서 아직 산업혁명에 기인한 사회 및 경제의 구조적 변화가 진행되지 않은 상황에서 제기된 산업혁명론이라고 할 수 있겠다. 즉, 제4차 산업혁명은 아직 진행이 되지 않은 미래형 개념이라는 점이 이전 단계의 산업혁명과는 확연히 다른 점이라고 하겠다.

16) 즉, 제2차 산업혁명론까지는 어느 정도 역사적으로나 학문적으로 학계의 공감대를 가지고 있는 것으로 보이지만, 제3차 산업혁명론부터는 아직 전혀 정리가 되지 않은 수준으로 학계 등의 공감대가 형성되려면 상당한 시간이 필요할 것으로 보인다. 개인적 견해지만, 만약 Jeremy Rifkin이 제3차 산업혁명론을 주창하지 않았으면 아마도 Klaus Schwab이 제4차 산업혁명을 제3차 산업혁명으로 명명하였을 것이라는 생각이다.

17) 예컨대, 인공지능이나 사물인터넷 등 대표적 기술은 아직 완성되지도 않았고 이에 대한 사회적 수용가능성도 명확하지 않은 시점이다. 제4차 산업혁명이 선행적 개념이라는 점에서 과연 다른 산업혁명과 같은 선상에서 논의할 수 있을지는 아마도 향후 문제제기가 따를 가능성이 있을 것이다. 실제로 일각에서는 4차 산업혁명론을 인정하지 않는다. 특히 최근 기술발전의 속도가 빠르기는 하지만 사회구조적 변화 측면에서는 제1차 산업혁명에 비해 과급효과나 영향이 크지 않다는 시각이다.

또 다른 측면은 산업혁명의 내용에 있어서의 근본적 측면이다. 이전 단계의 산업혁명은 인간의 노동력을 효율화시키거나 인간의 판단을 보조할 수 있는 기술의 진보로 인한 혁명적 변화를 그 내용으로 하고 있으나 인간을 완전히 대체할 수 있는 기술은 아니었다. 하지만, 제4차 산업혁명은 어쩌면 인간의 존재 이유를 흔들어 버릴 수 있는 이슈들을 내포하고 있으며, 따라서 이전 단계의 산업혁명보다 더 큰 사회·경제적 변화를 초래할 가능성이 크다. 예컨대, 제4차 산업혁명의 대표적 기술인 인공지능(AI), 사물인터넷 기술은 인간의 관여가 전혀 없이 기계들만으로 서비스와 가치를 창출하는 ‘비인간화(dehumanization)’를 특징으로 한다. 아울러 이러한 기술발전의 범위와 깊이 역시 모든 사회 시스템에 영향을 미쳐 현재의 모든 시스템에 엄청난 영향을 미치게 될 것이며, 그 수준은 인류가 겪어보지 못한 충격이 될 것이라고 Klaus Schwab은 지적한다.<sup>18)</sup>

## 2. Klaus Schwab의 제4차 산업혁명론

제4차 산업혁명이라는 용어는 매년 스위스 Davos에서 개최되는 World Economic Forum(WEF)에서 2016년의 주제로 “4th Industrial Revolution을 제시한 데서 유래한다. 제4차 산업혁명이라는 용어는 세계적으로 어느 정도 인지도가 있는 용어이기는 하지만, 아직까지 소개된 지 3년여 밖에 지나지 않아 제4차 산업혁명이라는 용어가 학계나 정부 등에서 공식적으로 사용되는 용어로 자리를 잡았다고 말하기에는 아직 이르다. 실제로 정부 차원에서 제4차 산업혁명이라는 용어를 쓰고 있는 나라로는 일본과 우리나라 정도가 적극적이며, 유럽이나 미국에서는 ‘제4차 산업혁명’이라는 용어를 정부나 정책 등에서 공식적으로 사용하고 있지는 않다.<sup>19)</sup>

Klaus Schwab은 WEF에서 인류가 제4차 산업혁명으로 인해 삶에서 겪을 변화는 인류가 이제까지 한 번도 겪어보지 못한 규모와 속도로 진행될 것

18) Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, 2016 p.2

19) 유럽과 미국에서도 정부의 정책 등에서 ‘제4차 산업혁명’이라는 용어가 공식적으로 사용되는 사례는 흔치 않으며, OECD에서는 ‘Digital Transformation’, ‘Next Production Revolution’ 정도를 유사한 개념으로 사용하고 있다.

이라고 서술한다. 즉, Schwab은 제4차 산업혁명의 가장 큰 특징으로 그 규모와 속도를 꼽는다. 아직 구체적 내용과 비전이 분명하지 않은 제4차 산업혁명론이 기업인과 정책당국자들은 물론 일반인에게도 공감대를 형성할 수 있는 이슈가 된 것은 그 변화의 속도와 규모로 인해 큰 충격파를 던질 것이므로 과거의 산업혁명과 달리 미리 주도적으로 대비해야 한다는 공감대가 형성되었던 것이라고 할 수 있다.

Klaus Schwab은 제4차 산업혁명을 디지털 혁명이라고 부르는 제3차 산업혁명의 토대 위에서 형성되고 있다고 밝히고 있다. 따라서, 제3차 산업혁명은 제4차 산업혁명과 내용적 측면이나 특성에 있어 유사한 측면이 있을 수 있다고 하면서도, 결코 제3차 산업혁명의 연장선상에 있는 것은 아니라고 한다. 양자를 확연히 다른 것으로 보아야 한다는 근거로 제4차 산업혁명의 전개 속도, 범위 그리고 사회에 미칠 영향(systems impact)을 제시하며 제4차 산업혁명은 우리의 삶과 일하는 방식을 근본적으로(fundamentally) 바꿀 것임을 주장한다.<sup>20)</sup>

Klaus Schwab이 주장하는 또 하나의 특징은 신기술의 융·복합화 현상이다. 그는 제4차 산업혁명의 기술들은 물리학, 디지털, 바이오의 영역 구분을 흐리게 만드는 퓨전 기술이 될 것이라고 하면서, 과거의 산업혁명과 같은 선형함수적(linear)이 아닌 지수함수적(exponential) 기술진화가 일어날 것이라고 한다. 그러한 기반으로 수 십억의 인구가 모바일 기기로 연결되어 지식과 신기술에 무제한적 접근이 가능하며, 전례 없는 프로세싱 및 데이터 저장 등 컴퓨팅 환경과 이에 기반한 인공지능, 사물인터넷, 로봇, 나노기술, 쿼텀컴퓨팅 등의 기술이 복합적으로 신기술의 개발과 문제해결에 돌파구를 만들어 줄 것이라고 한다.<sup>21)</sup>

제4차 산업혁명의 관련 기술 등 내용에 대해서는 다른 장에서 자세히 기술할 것이므로 여기서 상세한 내용을 다루지는 않겠지만, Klaus Schwab은 자신이 주장하는 제4차 산업혁명이 우리의 사회와 경제에 막대한 영향을 미칠 것이며, 그에 따른 충격과 저항도 클 것이므로 제4차 산업혁명의 성공

---

20) Klaus Schwab, *Ibid.* p.3

21) Klaus Schwab, *Ibid.* p.10



을 위해서는 사회적 합의와 같은 준비를 위해 미리 노력해야 할 것이라는 점을 암시하고 있는 것이다. 실제로 Klaus Schwab은 제4차 산업혁명에서 향후 과학기술과 사회가 공존할 수 있는 방법을 모색하는 것이 가장 중요한 과제가 될 것이며, 그 점이 바로 제4차 산업혁명론을 제기한 목적이라고 밝혔다. 즉, 제4차 산업혁명으로 인한 기술발전이 비인간화(dehumanizing)가 아니라 인간을 중심에 둘 수 있도록 모든 국가와 사회가 협력하고 담론을 만들어내야 하며, 이를 위해서는 제4차 산업혁명에 대한 이해와 인식의 폭을 넓혀야 한다는 것이다.<sup>22)</sup>

### 3. 유사 개념

제4차 산업혁명이란 용어에 대해서 아직 논란이 있을뿐더러 사람에 따라 다른 의미로 사용되고 있고 혼동되는 경우도 있는데, 가장 많이 혼동하고 있는 용어는 독일정부의 산업정책인 Industrie 4.0이다. 독일은 자국의 산업정책을 Industrie 4.0으로 표방하였는데, Industrie 4.0은 제조업 중심의 신산업 전략 일환으로 2011년에 독일 정부가 발표한 것이다. 간혹 Industrie 4.0이 WEF가 제시한 4차 산업혁명과 같은 개념으로 소개되거나 같은 개념으로 혼동할 수 있을 정도로 유사한 개념으로 소개되기도 하는데, 양자는 완전히 다른 개념이다.<sup>23)</sup> Industrie 4.0은 간단하게 말해서 생산성 향상과 불량률 최소화를 위해 모든 제조공정을 컴퓨터화하고 자동으로 관리하는 Smart Factory의 진보된 개념이라고도 할 수 있다. 기본적으로는 자재, 부품의 재고관리와 주문, 생산과정에서부터 배송 등 납품까지 전과정이 데이터화되어 불량품 발생시 즉시 해당 공정의 문제점을 파악하고 개선할 수 있는 시스템이다. 이 과정에서 빅데이터가 생성되고 인공지능과 사물인터넷(IoT) 기술이 접목되어 기존의 Smart Factory를 뛰어넘어 제조업 전반에 혁명적 변화를 초래할 수 있다. 결과적으로 Industrie 4.0은 독일의 제조업 분야에서 제4차 산업혁명을 선도하게 될 것이다.

22) Klaus Schwab은 제4차 산업혁명이 어떻게 인간의 삶을 바꾸고 경제, 사회, 문화와 환경에 영향을 미칠지에 대해 지구적으로(globally) 시각과 견해를 공유해야 한다고 주장한다. Klaus Schwab, “The Fourth Industrial Revolution - What It Means and How to Respond”, Foreign Affairs Dec. 12th, 2015 참조

23) Industrie 4.0은 산업 4.0으로 번역되어 소개되기도 하는데 독일정부가 자국의 산업정책 추진을 위해 만든 제조업 중심의 개념일 뿐 아니라, 2016년보다 훨씬 이전인 2011년에 제기된 개념이다. 2011년은 Jeremy Rifkin이 제3차 산업혁명론을 제기한 연도이기도 하다.

## 제3장 : 제4차 산업혁명과 경제 및 사회의 구조적 변화

### 제1절 제4차 산업혁명 관련 기술

먼저 명확히 해야 할 것은 제4차 산업혁명이 아직 공감대를 형성한 개념은 아니기 때문에 마찬가지로 제4차 산업혁명 관련 기술 역시 공감대를 가진 기술들이라고는 말할 수 없다. 하지만, 아직 공감대를 형성하지 못했더라도 제4차 산업혁명의 주춧돌이 될 기술들을 특징하는 것이 어렵거나 불가능한 것은 아니다. 예컨대, Klaus Schwab은 그의 두 번째 저서에서 세계경제포럼의 글로벌 미래위원회 및 전문가 네트워크의 공동 작업을 통해 열두 개의 기술을 선정하고 네 가지 분야로 나누어 소개하였다.<sup>24)</sup> 또한, 이미 국내외에서 제4차 산업혁명 관련 기술들이 많이 소개되어 다양한 기술들이 거론되고 있는 상황이다.

따라서 여기서는 Klaus Schwab의 저서 및 다른 국내외 기관들이 예상하는 제4차 산업혁명 관련 기술과 과기정통부 및 대통령직속 4차산업혁명위원회, 그리고 관련 국책 연구원 등에서 논의되는 기술 등을 참고하여 제4차 산업혁명 관련 기술들을 선정하고 살펴보고자 한다. 관련 기술들은 Klaus Schwab의 분류를 참고하되, 국내외에서 논의되고 있는 기술들을 추가하여 (1) AI · Robot · Digital 분야, (2) Network · Communication 분야, (3) Human Change 분야, (4) Energy · Climate Change · Space 분야로 다시 정리하였다. 각 분야에 포함되는 기술에 대해서는 먼저 해당 기술의 내용을 간략히 소개하고 향후 인류의 삶을 어떻게 바꾸게 되고 또 현 사회 · 산업 구조에 어떤 영향을 미칠 것인지를 개괄적으로 살펴보고자 한다.

24) 제4차 산업혁명 관련 기술의 분류에 있어서 Klaus Schwab은 2016년 *The Fourth Industrial Revolution*에서는 Physical, Digital, Biological 세 가지 분야로 나누었고, 2년 뒤 펴낸 *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*에서는 Extending digital technologies, Reforming the physical world, Altering the human being, Integrating the environment의 네 가지 분야로 나누었다. 차이점은 2016년 당초 저서에서는 다루지 않았던 에너지 기술, 기후 변화 대응 기술, 우주분야 기술을 2년 후 저서에서는 포함하였다는 점이다.

[표 1] 제4차 산업혁명 관련 기술 현황

AI · Robot · Digital	Network · Communication
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Artificial Intelligence(AI)</li> <li>· Robot</li> <li>· 자율주행</li> <li>· 스마트시티</li> <li>· 스마트팩토리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Internet of Things(IoT)</li> <li>· 5G</li> <li>· Big Data</li> <li>· Security, Block Chain</li> <li>· 공유경제</li> </ul>
Human Change	Energy · Climate Change · Space
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유전자 가위</li> <li>· 줄기세포</li> <li>· 기타 생명공학 기술</li> <li>· 생체인식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신재생에너지 원천 기술</li> <li>· 에너지의 저장 및 전송</li> <li>· 기후환경 변화 대응</li> <li>· 항공우주 개발</li> </ul>

## 1. AI · Robot · Digital 분야

### 가. 인공지능(AI: Artificial Intelligence)<sup>25)</sup>

#### (1) 인공지능 기술의 역사

인공지능은 우리에게 2016년 알파고라는 인공지능 바둑프로그램과 이세돌 9단의 대결로 잘 알려지게 되었다. 하지만 알파고보다 무려 37년전인 1979년에 IBM의 체스 컴퓨터<sup>26)</sup>인 ‘Deep Blue’가 세계 체스챔피언인 소련의 Garry Kasparov를 이긴 사건이 있었다. 인공지능에 대한 연구의 근원적 역사는 미국에서 다시 23년을 더 거슬러 올라간다. 아직 컴퓨터의 성능이 라든가 하드웨어적으로 기반이 미약하던 시절인 1950년대 후반부터 연구가 시작되었으나, 이미 그 당시부터 인공지능이 개발되면 인간의 일자리를 위협할 것으로 지적되면서 IBM은 인공지능 연구팀을 해체했다고 한다.<sup>27)</sup>

25) Jerry Kaplan에 의하면 인공지능(Artificial Intelligence)이라는 용어는 1956년 IBM Watson 연구소를 주축으로 인간의 지능을 그대로 재현하는 기계를 만들 방법을 논의하기 위해 Dartmouth대학에서 관련 전문가들이 모여 논의하면서 수학자인 John McCarthy가 제안하여 결정된 용어라고 한다.

26) Deep Blue를 체스컴퓨터라는 하는 이유는 그 당시 컴퓨터가 하드웨어와 소프트웨어가 분리된 형태가 아니고 체스만을 위한 전용 프로그래밍 칩셋으로 만들어졌기 때문이다.

27) Jerry Kaplan, 2015, Humans Need Not Apply, Yale Univ. 참고.

그 당시에는 문제해결을 위한 인간의 지능의 본질은 어떤 것이며, 인간의 의사결정 방식을 컴퓨터 프로그래밍으로 어떻게 모방할 수 있을까에 대한 연구들이 진행되었으나, 컴퓨터의 처리속도, 메모리 용량 등 하드웨어적 한계 등으로 연구에 한계가 많았다. 이후 인공지능 분야의 연구는 대학들이 중심이 되어 산발적으로 이루어졌으며, 체스 컴퓨터인 Deep Blue도 미국 카네기-멜론 대학교에서 1985년부터 칩셋 테스트가 이루어지고 있었는데, 그 연구팀이 IBM으로 옮겨가면서 IBM에서 체스컴퓨터를 내놓게 된 것이다.

그러나 인간과 컴퓨터의 체스 대결 이후에도 인공지능에 대한 연구가 더 활성화되지는 못했는데, 이는 모라베크의 역설(Moravec's Paradox)<sup>28)</sup>이 말하듯 인간이 문제를 해결하는 방식을 컴퓨터가 따라 할 수 있도록 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어를 설계할 수 없는 한계 때문이었다. 실제, 인공지능에 대한 연구가 획기적인 진보를 보이게 된 것은 21세기 들어 메모리 용량과 센싱기술이 비약적으로 발전하면서, 인간의 뇌가 사고하는 방식을 컴퓨터에 도입하여 학습시키는 'Deep Learning'<sup>29)</sup> 또는 'Machine Learning'이 가능해지면서 부터라고 하겠다.

아직 인공지능 기술은 개발이 진행중이라고 하겠지만, 이미 간단한 시스템은 상업화가 추진되고 있다. 대표적인 것이 바로 챗봇(chatter robot)과 같은 무인 고객 대응시스템이다. 문자 또는 음성으로 비교적 간단한 고객의 문의 등에 대한 1차 응대를 학습된 AI를 통해 서비스하는 것이다. 카카오톡 등의 SNS나 메신저로 이용할 수 있어 이미 보험회사와 같은 금융기관들이 이를 도입하고 있다. 챗봇과 같은 특정 AI 시스템보다 더 방대한 범용 AI 시스템인 IBM의 'WATSON'과 같은 시스템도 국내에 도입되었다.<sup>30)</sup> IBM WATSON은 이미 2016년부터 한국 시장에 본격 진입을 추진하고 있으

---

28) 모라베크의 역설이란 컴퓨터가 인지적으로 어려운 문제는 잘 해결하는 반면, 인지적으로 쉬운 문제는 오히려 해결하지 못한다는 것으로 복잡한 계산식과 같이 인간에게 어려워보이는 것은 쉽게 처리하는 반면 개와 고양이의 구별같이 인간에게 쉬운 문제는 오히려 처리하지 못하는 현상을 일컫는 용어

29) 인지과학자이며 컴퓨터과학자인 Geoffrey Hinton은 인간의 사고방식과 유사한 알고리즘을 개발하여 새로운 인공신경망(artificial neural network)을 구성하는데 공헌하였다.

30) IBM의 WATSON은 2011년에 공개되었는데, 인간의 자연어 처리를 기반으로 질문에 대답하는 (Question-answering) 시스템으로 개발되었다. 같은 해 미국의 유명 퀴즈쇼 Jeopardy!에서 퀴즈 챔피언들과 대결하여 우승하였다.

며 유명 국내 대기업들과 한국판 WATSON 구축을 위한 협력사업을 추진하고 있다.

## (2) 인공지능 관련 주요 기술

인공지능의 정의나 개념은 매우 다양하게 표현되지만 간단히 말하자면 인간 수준의 지능을 가진 컴퓨팅 시스템인데, 그 형태와 분야가 매우 다양하다. 위에서 챗봇과 같은 단편적 시스템도 있고, 자율주행자동차와 같이 센서 등을 통해 스스로 관련 정보를 탐색하며 문제를 해결하는 시스템도 있으며, 대규모의 학습 등을 통해 논리적 추론이나 이해와 같은 지능적 행위는 물론 창의적인 작업까지 할 수 있는 시스템도 있다. 즉, 인간의 두뇌 활동을 모방할 수 있는 시스템이다.<sup>31)</sup>

2016년 과기정통부의 전신인 미래창조과학부는 인공지능의 핵심기술 분야를 첫째 학습 및 추론 기술 분야, 둘째 상황이해 기술 분야, 셋째 언어 이해 기술, 넷째 시각 이해 기술, 마지막으로 인식 및 인지 기술 분야 다섯 가지 분야로 분류하였다. 이후 2018년 과학기술정보통신부로 개편된 이후에는 인공지능 기술을 서비스와 연계하여 다시 분류하고 그중 머신 러닝 분야에서 기존의 다섯 가지 기술을 다시 정리하였다. 이 분류에 의하면 인공지능을 구축하는 기술은 클라우드 및 고성능 컴퓨터와 같은 하드웨어 기반 기술과 인공지능 구축의 전단계인 학습을 위한 데이터 확보 및 처리 기술이 새로 추가되었다. 그리고 인공지능 알고리즘 구축을 위한 머신러닝의 다섯 가지 분야 기술에 기존 2016년도의 분류를 다시 재정리하여 발표하였는데, 이를 표로 정리해보면 다음과 같다.<sup>32)</sup>

---

31) 인공지능에 대한 정의는 매우 다양하지만, 그 중에서 공통적으로 포함되어 있는 개념들은 “학습, 인지, 추론, 지능, 지적 활동, 인간 두뇌의 모방” 등이다. 한편, 인간의 감정적 영역에 대한 이해 또는 모방에 대해서는 아직까지는 논의가능한 기술적 범위를 뛰어 넘는 것으로 간주된다. 인간의 감정을 읽어내기 위한 인공지능이 시도되고 있지만, 그것도 아직은 인간의 감정적 상태를 파악하기 위한 것이지 인간의 감정을 인공지능이 이해하거나 감응할 수 있다고 여겨지는 않는다.

32) 과기정통부, 2018.5, 「I-Korea 4.0 실현을 위한 인공지능(AI) R&D 전략」, “II. 인공지능 기술의 개념과 특징” 참조. 여기서 머신러닝은 데이터를 기반으로 최적의 해답을 찾기 위한 학습지능을 의미하며 이는 곧 인공지능의 수준을 결정하는 알고리즘 체계를 의미한다고 할 것이다.

[표 2] 인공지능(AI) 머신러닝 핵심 기술 분야(과기정통부, 2018.5)

핵심기술	기술 개요	응용 분야
시각, 언어 및 청각 지능	인간처럼 보고 듣고 말하는 지능으로 영상데이터 처리, 행동 인식, 자연어 처리, 질의응답, 자동번역 등의 기술	교통, 의료, 교육, 커뮤니케이션
상황 및 감정 이해	센서 등을 통해 공간 및 상호작용 등 주변 데이터 맥락을 분석하고 판단하며, 사람의 감정을 인지하는 기술	스마트 홈 제어, 인간 감정 분석
추론 및 지식 표현	데이터의 패턴, 규칙 및 상대적 관계 등을 파악하여 스스로 학습하고 예측함으로써 새로운 정보를 창출해 내는 기술	스토리 창작, Text Mining
행동 및 협업 지능	학습, 판단한 결과를 실행하는 단계에서 필요한 기술 및 관련 시스템과 상황 정보를 공유하거나 공동으로 실행하는 등의 기술	분산시스템의 정보공유 등
지능형 에이전트	인공지능 최종 활용 단계에서 관련 기기 등과의 인터페이스 기술 및 인간을 보조하는데 필요한 관련 기술	인공지능 비서, 로봇의 동작 제어

위의 다섯 분야 핵심기술은 개별적으로 또는 여러 개의 핵심기술이 융합하여 인공지능의 알고리즘을 구성하는 원천 기술들에 해당한다. 현재 인공지능 기술 대부분의 분야에서 주도국은 미국이지만, 중국이 빠른 속도로 미국을 추격하고 있으며, 안면인식 기술 등 일부 분야에서는 중국이 이미 미국을 앞서나가고 있다는 평가가 나오고 있다.

과기정통부는 우리 국내 인공지능 기술 여건에 대해 주요국들과의 기술 경쟁력이 매우 취약한 수준이라고 평가하고 있는데, 선도국인 미국과 비교 시 기술격차는 1.8년, 중국과는 1.4년이며, 일본 및 EU 등과도 격차가 1년 이상 나고 있어 향후 인공지능 개발 인프라 및 기술 인력 육성 노력이 절실하다고 판단하고 있다.<sup>33)</sup>

33) 과기정통부, 2018.5, 인공지능(AI) R&D 전략, “IV. 인공지능 R&D 현황 진단과 대응방향” 참조

### (3) 인공지능 기술의 산업화 전망

시장조사 전문기관인 Markets & Markets는 인공지능 분야의 세계 시장 규모가 2018년 214.6억달러에서 2025년 1,900.6억달러로 성장하여 향후 매년 36.7%의 성장률을 보이며 급속히 성장할 것으로 예측했다.<sup>34)</sup> 하지만, 인공지능 기술의 최근 비약적인 발전과 일부 기업의 산업화 진행에도 불구하고 아직은 산업화의 단계가 초기인 까닭에 우리나라와 같은 인공지능 분야 후발국도 늦지 않게 동참할 수 있을 것으로 예상된다.

현재 상업용으로는 기업의 경우 챗봇과 같은 대화형 인공지능을 활용한 고객관리 또는 인공지능 비서가 출시되고 있으며, 일상생활에서는 냉장고와 같은 가전제품, 네비게이션 그리고 스피커 등 단편적이고 특정 기능 위주의 인공지능이 제품화된 수준이다. 하지만, 앞으로는 범용 인공지능이나 인공지능 플랫폼을 활용한 인공지능 제품 및 서비스가 급성장하여 모든 산업의 영역에서 인공지능이 활용될 전망이다.

예컨대 IBM의 WATSON과 같은 범용 인공지능 시스템은 머신러닝을 통해 다양한 산업에 진출할 수 있다. 시스템이 머신러닝을 통해 헬스케어, 금융, 날씨 등의 분야에서 데이터를 학습하고 충분한 분석력과 예측력을 가지게 되면, 헬스케어 분야에서는 환자 정보의 분석과 진단을 통해 이상징후를 예측하여 의료기관 또는 담당 의사에게 관련 정보를 제공하고, 금융분야에서는 보험상품의 인수(Underwriting) 및 손해사정 업무는 물론 금융공학을 이용한 유가증권 및 파생상품의 투자 판단은 물론 직접 투자업무를 실행할 수 있으며, 날씨산업에서는 기단의 변화, 허리케인 경로 등 기상을 예측하고 알려주는 기상캐스터의 역할까지 담당할 수 있다. 즉, 인공지능시스템이 머신러닝을 통해 학습을 하고 예측을 할 수 있는 알고리즘개발이 가능한 산업에는 모두 진출할 수 있게 되는 것이다.<sup>35)</sup>

34) 한국정보화진흥원, 2018 국가정보화백서, p. 50

35) <https://www.ibm.com/watson> 참조. 미국 컨설팅 및 회계 분야 기업 KPMG, 호주의 Gas & Oil 에너지 기업 Woodside, 프랑스 은행 Credit Mutuel이 IBM의 WATSON을 실제 기업활동에 적용한 사례가 소개.

#### (4) 인공지능 기술의 사회적 영향

인공지능 기술은 과거의 어떤 산업 기술보다도 우리 사회에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이제까지 산업 기술은 인간의 제한된 능력을 보완하는 차원에서 발전해왔으나 인공지능은 인간을 완전히 대체할 수 있는 기술이 될지 모른다. 긍정적인 측면은 이러한 기술로 인해 모든 산업의 생산성과 부가가치가 크게 증가하고 생활의 편리함으로 인간의 삶이 더욱 풍요로워질 수 있다는 점이다. 반면 부정적인 측면은 바로 인간의 일자리가 사라져 버릴 것이라는 것이다. 과거 영국의 산업혁명 당시 발생했던 러다이트(Rudite) 운동은 다른 일자리가 늘어나면서 자연스럽게 사라졌으나 과연 이번에도 그렇게 사라진 일자리를 대체할 일자리가 생겨날 수 있을지가 관건이다. 이에 대해서는 아직은 아무도 시원스런 답을 내놓지 못하고 있으며, 긍정론과 부정론이 서로 다른 전망을 하고 있을 뿐이다.

인공지능에 관하여 숙고해야 할 또 다른 이슈들은 인간과 관련된 철학과 윤리적 문제다. 현재는 기술적, 경제적 측면의 긍정적 영향이나 효과들에만 정신을 빼앗기고 있지만 부정적 영향도 깊이 생각해봐야 한다. 가령, 인공지능이나 로봇들이 인간의 일자리를 대체할 경우 인공지능이나 로봇세를 도입하여 일하지 않아도 충분히 인간다운 생활을 할 수 있는 실업급여나 기초연금과 같은 급여제도를 도입한다고 하자. 과연 일하지 않고 정부로부터 연금만 받아 생활하게 될 경우, 그것이 인간이 추구할 바람직한 삶의 모습이 될 수 있을 것인가라는 문제는 여전히 남는 것이다.<sup>36)</sup>

또 인간이 해오던 의사결정을 인공지능에게 넘겨줄 경우 오작동으로 인해 발생할 책임의 문제는 물론 인공지능의 선택에 대한 공정성 문제 등 윤리적 차원의 문제도 발생할 가능성이 높다. 특히, 자율주행자동차, 의료서비스, 금융분야의 로보어드바이저와 같은 인공지능시스템 그리고 전투로봇과 같은 군사분야에서의 인공지능 사용에 있어서 윤리문제의 대두 가능성

---

36) 인공지능이 인간보다 탁월한 능력을 발휘하게 되는데 따른 인간의 정체성 위기(identity crisis) 및 무기력증, 자아실현의 기회가 될 수 있는 노동을 상실한 인간과 획일적일 수도 있는 알고리즘의 결정에 따른 인간의 다양성(diversity) 상실은 사회적 문제로 대두될 가능성이 높다고 생각한다.



이 매우 높다. 과연 국가마다 차이가 있고, 산업 등의 분야별로도 제각각인 윤리이슈와 윤리의 수준을 인공지능의 알고리즘에 포함시킬 수 있을까라는 문제가 해결되어야 하는 것이다. 결국 인공지능의 설계와 운영은 결코 엔지니어들만이 전담할 문제가 아닌 것이다.

## 나. 자율주행자동차

### (1) 자율주행자동차 관련 현황

자율주행자동차는 운전자의 조작 없이 스스로 목적지까지 주행할 수 있는 차량을 말한다.<sup>37)</sup> 제4차 산업혁명의 가장 대표적 기술 중의 하나이며, 자율주행 기능의 핵심이 인공지능이므로 인공지능과 중요한 기술적 영역에서 매우 밀접한 관련을 가진다. 또한, 실생활 측면에서 가장 현실에 가까이 근접한 기술이기도 하다. 자율주행자동차는 운전자가 모든 조작을 하는 단계부터 운전석에 사람이 없어도 되는 완전 자율주행까지 단계가 있다. 자율주행 단계에 대해서는 단순 부분 자율주행과 완전 자율주행의 2단계 구분부터 미국의 고속도로관리청(NHTSA)이 소개하고 있는 6단계 구분이 있는데 Society of Automotive Engineers(SAE)에서 제시한 6단계 구분은 다음의 표와 같다.<sup>38)</sup>

[표 3] 자율주행 단계별 기술적 특징

구분	자율주행 단계별 기술적 특징
0단계 No Automation	자율주행 전단계. 운전자가 모든 기능을 직접 조작
1단계 Driver Assistance	주행보조 단계. 속력 및 조향 보조 장치가 있으나 각각 독립적으로 작동하며 여전히 운전자가 직접 차량을 통제함
2단계 Partial Automation	부분 자율주행 단계. 자율주행장치가 속력 및 조향 작동을 동시에 할 수 있으며, 운전자는 모든 주행여건에 대해 실시간으로 모니터링해야 함

37) 자율주행자동차는 Autonomous car, Self-driving car, Driverless car, Unmanned Vehicle 등 다양한 용어로 지칭되나, 운전자 탑승 여부보다 자율주행 기능의 관점이 핵심이므로 Driverless 또는 Unmanned 라는 무인자동차와는 다소 다른 개념이다.

38) <https://www.nhtsa.gov> 참조

3단계 Conditional Automation	제한적 자율주행 단계. 일정 조건에서 차량이 스스로 운전할 수 있으나, 운전자는 언제든지 운전할 수 있도록 준비
4단계 High Automation	고도의 자율주행 단계. 차량이 일정 조건에서 스스로 운전할 수 있으며, 운전자가 선택적으로 차량을 운전할 수 있음
5단계 Full Automation	완전 자율주행 단계. 차량이 모든 조건에서 스스로 운전할 수 있으며, 운전자가 선택적으로 차량을 운전할 수 있음

현재 지역적 제한이 있지만 구글의 WAYMO는 아리조나주 Phoenix를 중심으로 100마일 이내 지역에서 운전석에 사람이 없는 ‘Level 4’ 단계의 자율주행 택시 상업운행을 시작했다. 아리조나주에서는 생필품과 음식의 배달에도 무인자동차가 이용되고 있다.<sup>39)</sup> 2019년 8월 뉴욕시에서도 사설 도로이긴 하지만 출퇴근 자율주행자동차의 상업운영이 시작됐다. Brooklyn Navy Yard는 300에이커(약 37만평) 규모의 상업지구로 약 1만명의 종사자들이 출퇴근하는 비즈니스 구역이다. 국내에서도 세종특별시에 자율주행 셔틀버스의 운영을 추진중이다. 중소벤처기업부는 세종시에 ‘자율주행 규제자유특구’ 를 승인하였으며, 세종시와 LG유플러스는 2021년부터 5G 통신망을 기반으로 자율주행 셔틀버스를 운행할 계획이다.<sup>40)</sup>

분명 Level 4 단계의 상업 운행까지 시작한 것은 자율주행자동차의 현실화에 매우 가까이 다가선 것은 맞지만, 아직도 기술적 측면과 제도적 측면에서 제한적이고 시험적인 운행이라고 할 수 있다. 일반도로에서 상업운행을 시작한 WAYMO도 아직까지 더 다양한 기후 등 더 많은 조건에서 테스트를 하고 있는 중이다. 또한 메이커가 다른 자율주행자동차들간 서로 다른 알고리즘 등으로 인해 발생할 수 있는 주행시 안전성 문제도 검증이 되

39) WAYMO는 Google이 2009년부터 개발을 시작한 자율주행자동차 브랜드다. 승용차와 트럭 자율주행자동차를 개발하고 테스트를 진행하고 있다. Google은 기후와 도로여건이 양호하고 자율운행자동차에 대한 규제가 가장 적은 아리조나주를 선정하여 주도인 Phoenix와 인근 7개 도시에서 2017년 4월부터 WAYMO 테스트 운영을 시작하였다. 초기에는 온라인으로 신청을 받아 400명의 테스터들을 선정해 Level 4 단계의 자율주행 테스트를 실시했으며, 2018년 12월부터 택시 형태로 상업운행을 시작했다. [www.waymo.com](http://www.waymo.com) 및 <https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo> 참고

40) “Driverless Cars Arrive in New York City”, New York Times 2019.8.6. 및 “운전자 없는 자율주행 셔틀버스 뉴욕서 첫 상업 운행”, 전자신문, 2019. 8.12. 참조. 뉴욕 Navy Yard의 자율자동차 운행은 다른 차량의 운행이 제한적인 사설도로이므로 일반도로에서의 운행이 아니라는 한계가 있으며, 세종시의 자율운행 차량 역시 BRT 전용도로에서 운행하므로 일반도로에서의 운행은 아니다.

어야 할 것으로 생각된다. 앞으로 일반도로에서 서로 다른 알고리즘을 가진 자율주행차들이 사람이 운전하는 자동차들과 충분히 안정적인 자율주행을 할 수 있는지를 검증하기 위한 시간이 더 필요할 것으로 예상된다.

## (2) 자율주행자동차 관련 주요 기술

자율주행자동차에 대한 관점은 기존 자동차업계와 Google과 같은 IT업계의 시각이 다소 다르다. 기존 자동차업계는 자동차와 운전자를 중심으로 자율주행기능은 보조적 기능으로 인식하는 경향이 있으며, IT업계는 자동차를 하나의 IT기기(connected device)로 인식하려는 경향이 있다. 다만 분명한 것은 자율주행자동차는 기존의 내연기관이나 전기차 모두 가능하므로 엔진이나 변속기 등 자동차구조에 관한 기술은 주요 기술이 아니다. 자율주행자동차의 주요 기술은 위치 맵핑과 주행중 도로 및 주변 여건 센싱, 자율주행의 알고리즘 및 인공지능, 자율주행 기능과 운전자와의 소통 기술, 그리고 주위 다른 차량과 정보를 교환하거나 도로상황 정보를 차량에 제공하여 자율주행 기능을 보조해줄 수 있는 스마트하이웨이 기술 등이 있다.<sup>41)</sup>

산업통상자원부가 2017년 자율주행자동차 핵심기술 개발사업과 관련하여 신규지원할 예정인 대상과제를 공고한 바 있는데, 위 공고에서 제시된 기술분야는 다음과 같다. 1) 자율주행 차량용 전방 및 측방 영상센서 모듈 개발, 2) 77 / 79 GHz Dual Band 레이더 개발, 3) 자율주행 차량용 레이저 다이오드 및 전용 반도체 개발을 포함한 저가형 LIDAR 센서 개발, 4) 자율주행자동차의 사고 데이터 저장 장치(ADR) 기술 개발, 5) 자율주행 지원용 Hybrid V2X 통신모듈 개발, 6) 자율주행 실증용 도로와 객체 정보를 포함한 고정밀 디지털 맵 기술 개발, 7) 자율주행 차량을 위한 보급형 복합측위 모듈 개발, 8) 자율주행차 운전자 및 상황 판단 위한 HVI 기술 개발, 9) 차세대 IVN기반 자율주행 통합 DCU(Domain Control Unit) 개발, 10) 자동차전용 도로/도심로 자율주행 시스템 개발 및 성능평가, 11) 자율주행 실도로 실증 기술 개발.

---

41) 산업통상자원부, 2017년, 자율주행자동차 핵심기술 개발사업 신규지원 대상과제 공고

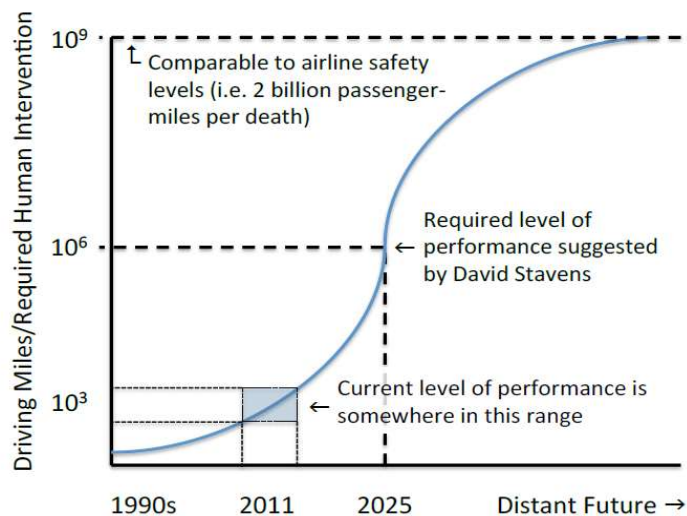
### (3) 자율주행 기술의 산업화 전망 및 사회적 영향

자율주행 기술은 2단계까지는 이미 산업화가 되었다고 본다. 차량에 ADAS(Advanced Driving Assistance System) 옵션이 다양하게 장착되어 판매되고 있는 것이 바로 2단계 자율주행단계라고 할 수 있다. 3단계 자율주행 기능은 테슬라의 오토파일럿 등 일부 차량에서 제공되고 있으나 아직은 초기 단계라고 할 수 있다. 4단계 자율주행은 WAYMO와 같은 단계로 시범 운영중이며 산업화 전단계라고 할 수 있다.

진정한 의미의 자율주행은 자율주행시스템이 사람이 운전하는 정도의 수준이 되었을 때로 운전자가 운전에 관여하지 않아도 되는 4단계부터라고 할 수 있다. 그렇다면 4단계 자율주행차가 본격적으로 산업화 또는 대중화 될 수 있는 시기는 대략 언제일까? 이에 대해 Matthew Moore와 Beverly Lu의 주장에 의하면 사람이 현재 자율주행시스템은 1천마일에 한 번 정도 사람이 필요한 경우가 발생하는데, 사람의 교통사고에서 사망과 같은 심각한 문제가 발생하는 것은 100만마일당 1건이므로 이를 기술발전의 S커브로 추정해보면 대략 그 시기는 2025년경이 될 것이라고 한다.<sup>42)</sup> 반면, 이에 대해 업계에서는 2021~22년경이면 완전 자율주행 단계의 차량이 출시될 것

42) 정보화진흥원, 2016.12, “ICT 정책연구 - 자율주행, 자동차산업의 빗장을 열다” p.13~14에서 재인용

Figure 1: Technological S-curve for mean failure distance (driving miles per required human intervention) for autonomous vehicle technology.



이라고도 하며, 또 다른 견해로는 자율주행 차량이 주행할 수 있는 제도와 관련 여건이 정비되어야 하므로 시간이 더 필요할 것이라는 견해도 있다.

한편 자율주행자동차의 본격적 상용화에 앞서 문제가 될 요소가 하나 있는데 이것은 자율주행 알고리즘 상의 윤리적 측면이다. 자율주행시 돌발 상황 발생으로 교통사고가 불가피할 경우 누구의 피해를 어떻게 최소화할 것인가라는 윤리적 딜레마가 발생하는데 이것이 기술적으로 해결이 가능할 것인가라는 것이다. 학계에서는 이러한 윤리적 문제는 인공지능이나 기술의 문제가 아니라 본질적으로 인간의 문제라고 지적한다. 즉 사회적 합의가 필요한 문제이므로 이에 대해서는 사회적 합의를 통해 해결해야 한다.<sup>43)</sup>

완전 자율주행 단계의 차량이 대중화될 경우 가장 큰 사회적 편익으로는 교통사고의 대폭적 감소와 이로 인한 사회적 손실이 크게 감소할 수 있을 것으로 전망된다. 그리고 운전애 소모하는 시간을 업무나 여가로 전용할 수 있어 이에 따른 경제적 효과도 예상해 볼 수 있다. 또한, 자율주행 택시와 같은 형태의 교통수단이 발달하면 자가차량 소유의 필요성이 낮아져 대중교통 또는 차량 공유서비스가 활성화될 수 있다. 단점으로는 운전기사 등 운송업에 종사하는 인력의 실업이 발생할 우려가 있다.

## 다. 스마트시티(Smart City)

### (1) 스마트시티의 개념 및 정책 현황

스마트시티는 지난 정부 ‘9대 국가전략 프로젝트’ 중의 하나였으며, 현 정부에서도 4차 산업혁명 추진 전략의 하나로 선정되어 4차산업혁명위원회를 중심으로 2018년 1월 관계부처 합동 ‘도시혁신 및 미래성장동력 창출을 위한 스마트시티 추진전략’을 발표하였다.

43) 이에 대해 서울대 지능형자동차IT연구센터장은 “수많은 논의를 거쳐 사회적 합의를 만들어야 한다”고 하며 이종기 홍익대 법과대학장은 “동기를 중시하는 의무론적 윤리설, 결과를 중시하는 공리주의 윤리설, 행위자의 통찰력을 중시하는 플라톤의 윤리설 모두 부작용이 있다. 결국 해답은 하나 이상이 존재하거나 상대적일 수 있으므로 다양한 해결책 중 어느 것을 선택해야 할지에 대한 공감대를 구해야 한다.”고 지적한다.

※ “자율주행차 딜레마, ‘기술’로 푼다”, 2019.9.13., The Science Times 및 “자율주행차 윤리적 이슈 부상 ” 사회적 합의 필요“, 2016.4.6., 연합뉴스 참조.

스마트시티는 갈수록 국민의 삶에서 도시의 역할과 중요성이 강화되면서 도시가 비대화됨에 따라 발생하는 교통, 환경, 주거 등의 문제와 비효율을 4차 산업혁명의 첨단 기술을 통해 해결하여 국민들이 쾌적한 도시생활을 누릴 수 있도록 하려는 정책이다. 스마트도시법에 의하면 스마트시티는 “도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 건설된 도시기반시설을 바탕으로 다양한 도시서비스를 제공하는 지속가능한 도시를 말한다” 라고 정의하고 있다.<sup>44)</sup>

스마트시티 정책은 인공지능, 사물인터넷, 5G 네트워크 등의 최첨단 기술들을 통해 기존 도시의 문제점과 비효율성을 개선할 뿐 아니라 4차 산업혁명 관련 기술들의 테스트베드 역할을 수행함으로써 혁신생태계를 지원하는 역할도 수행하게 된다. 정부는 세종시 5-1구역과 부산 에코델타시티를 국가 시범도시로 지정하여 세계적인 스마트시티로 육성할 계획이며, 지자체들의 스마트시티 사업에 대해서는 평가 인증제도를 통해 국토부가 지자체들의 신청을 받아 우수 사업으로 인증될 경우 해당 지자체의 사업에 대해서는 지원을 확대하는 등 인센티브를 제공하는 것이 정책의 핵심이다.

## (2) 스마트시티 관련 주요 기술

스마트시티 구축을 위한 가장 중요한 기술은 데이터 분석과 활용을 통해 도시를 운영하는 기술이다. 따라서 데이터 허브 구축을 위한 빅데이터 기술 및 인공지능과 사물인터넷 등 네트워크를 통한 도시운영 시스템을 만드는 것이 스마트시티의 기반기술이라고 하겠다.<sup>45)</sup>

세부적으로는 기존 도로를 스마트도로로 전환하여 도시의 교통흐름을 지능화시스템으로 관리하고 향후 자율주행자동차 운행에 대비하는 등 미래 교통의 혁신을 준비하는 기술이 필요하다. 도로에 있는 CCTV를 이용할 경

44) 스마트시티의 육성을 위한 ‘스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률’이 국토교통부 소관으로 2019년 4월 23일 제정되었다.

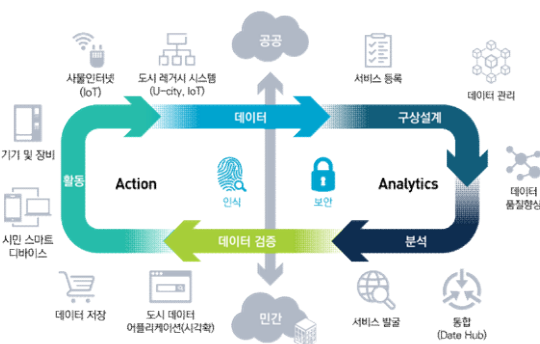
45) 국토교통부, 2018.5., 스마트시티 국가전략 프로젝트

우 범죄예방 및 수배차량 자동식별 등의 치안활동도 가능하다. 이를 위해 5G 통신망을 바탕으로 차량과의 정보 공유 및 소통이 가능한 사물인터넷 기반 도로 및 인공지능 관제시스템을 구축하는 기술이 필요하다.

또한, 기존의 화석연료 중심의 에너지시스템을 신재생에너지 중심의 스마트에너지시스템으로 전환하기 위하여 건물 및 도로에서 태양광 등을 통한 에너지 생산이 가능하도록 하고, 스마트그리드를 통해 도시 전체의 에너지 생산, 저장, 소비에 관한 빅데이터를 구축하고 인공지능 등을 통한 스마트 관제시스템으로 관리하는 디지털 기술이 필요하다.

### (3) 스마트시티의 사회적 영향

세계적으로 도시화 현상이 가속화되고 있다. 이는 도시 거주자의 편리성 뿐만 아니라 경제활동의 용이성 등으로 인한 현상으로 추정되는데, UN 경제사회국(DESA)은 2018년 세계 도시화율을 55%로 추정하고 2050년에는 68%까지 증가할 것으로 전망하였다. 우리나라의 경우도 2018년 도시화율은 81.5%이나 2050년에는 86%까지 상승할 것으로 전망됐다.<sup>46)</sup> 도시화는 당초 산업화에 따른 경제적 측면이 원인이었으나, 이제는 교육, 문화, 의료 등 다양한 원인으로 도시화가 또 다른 도시화를 부르는 가속화 현상이 일어나고 있다. 이제는 도시가 너무 비대해져 도시화의 역기능이 문제화되고 있음에도 불구하고 여전히 도시의 기능과 중요성은 증가하고 있다.



< 도시데이터 분석 및 활용모델 >



< 도시데이터 허브모델의 기능 >

46) UN Department of Economic and Social Affairs, 2018, "World Urbanization Prospect 2018" 참조

스마트시티는 이러한 도시화의 역기능을 4차 산업혁명상의 첨단기술을 통해 해결하고자 하는 전략이다. 도시의 역기능도 해소하면서 새로운 첨단 기술의 테스트베드로서 제4차 산업혁명을 촉진하는 발판으로 도시를 활용하는 것이다. 하지만, 이렇게 스마트시티를 육성하는 정책은 도시의 산업화를 가속화시키고 편리한 삶이라는 측면에서 인구의 도시유입을 가속화하여 지방의 소도시와 비도시 지역의 노령화와 공동화 현상도 가속화하게 될 것이다. 이는 결국 국토의 효율적 활용을 어렵게 하고 도시와 비도시로 국토가 양극화되는 현상을 초래할 수 있을 것이다.

## 2. Network · Communication 분야

네트워크는 제4차 산업혁명의 두 가지 특징으로 일컬어지는 “초지능”과 “초연결”의 기반이 되는 핵심 인프라 기술이다. 제4차 산업혁명의 기술들은 광범위하고 빠른 초고속의 연결망 없이는 구현될 수 없다. 예컨대, 제4차 산업혁명 핵심 기술의 하나인 자율주행 기술은 초고속 네트워크와 인공지능이 결합된 기술인데, 광범위한 네트워크에서 도로 여건 등의 빅데이터와 초고속 통신망 및 사물인터넷 기술 기반 스마트도로와 실시간으로 연결되어 제공되는 자율주행 관련 정보들을 인공지능이 판단하여 운전이 필요한 의사결정을 내리는 것이 바로 자율주행 기술이다.

한편 이러한 초연결의 전제 조건은 ‘신뢰’다. 프라이버시나 보안이 필요한 중요한 데이터들이 함부로 누출되지 않고 연결될 수 있으려면, 연결이 되어도 누출되거나 해킹되지 않는다는 신뢰가 있어야 한다. 따라서 ‘초연결’이 가능하기 위해서는 보안기술이 반드시 뒷받침되어야 한다. 사물인터넷의 네트워크에서도 보안기술이 매우 중요하다. 비트코인으로 세간에 알려지게 된 ‘블록체인(Blockchain)’이라는 기술도 바로 이러한 보안에 대한 개념에서 등장한 신기술이다. 또, 클라우드 기술은 이러한 연결성을 바탕으로 하는 새로운 컴퓨팅 활동과 그 과정에서 생성된 데이터들을 경제적 가치가 있는 빅데이터로 전환시키는 미래지향적 기술이다. 이러한 연결성의 플랫폼이 제대로 구축될 때, Smart Connected Business라는 새로운 경제



활동의 형태가 나타나게 되는데, 공유경제(share economy)도 이러한 연결성을 바탕으로 새롭게 나타나는 경제영역이라고 할 수 있다.

## 가. 사물인터넷(Internet of Things: IoT)

### (1) 사물인터넷(IoT)<sup>47)</sup> 기술과 특징

제4차 산업혁명 시대의 특징인 “초연결성”의 의미는 연결의 범위와 속도가 우리의 상상을 넘어설 수 있다는 의미일 것이다. 연결의 범위에 있어서 전문가들은 2030년에는 70억명의 인구와 1,000억개 이상의 사물이 스마트폰과 1조개가 넘는 센서, 사물인터넷(IoT) 기술로 연결될 것이라는 전망을 내놓고 있다. 연결의 속도 측면에서는 현재 5G 통신망이 2018년부터 구축 중인데, 5G는 4G LTE보다 이론상 20배, 체감속도로는 10배 정도 빠르다. 2030년에는 다시 차세대 통신기술인 6G 기술이 등장할 전망이다. 6G 통신망은 5G보다 또 50배가 빠른 초당 1테라바이트(TB)의 속도를 목표로 개발을 추진할 계획을 세우고 있다. 사물인터넷은 이러한 초연결을 위한 인프라로 가장 핵심적인 기술인데 스마트홈, 스마트팩토리, 스마트팜, 스마트도로 등의 기술은 대부분 사물인터넷 기술을 기반으로 하고 있다. 또 사물인터넷으로 다양한 데이터가 수집되면 빅데이터를 형성하게 된다. 사물인터넷이란 인간이든 기계든 모든 것(Thing)들이 연결되어 새로운 서비스를 제공하는 다양한 융복합 기술을 말한다.<sup>48)</sup> 2주택에서 온도를 자동 컨트롤하는 스마트홈 기술이나, 지표면의 습도를 체크하여 자동으로 물을 주고 기온이 올라가면 선풍기를 켜주는 스마트팜 기술, 스마트팩토리에서 생산된 제품에 불량 발생 시 이력을 자동으로 추적할 수 있는 시스템 등 이미 사물인터넷 기술은 현재도 주위에서 얼마든지 찾아볼 수 있다.

47) “Internet of Things”라는 개념은 1999년 당시 미국 기업인 Procter and Gamble에서 근무하던 Kevin Ashton이 P&G의 다양한 제품들이 RFID 기반 태그를 부착하던 것에 착안하여 사물들이 서로 연결될 수 있다는 가능성을 제시한데서 비롯된 것이며 초기에는 “Internet for Things”라고도 불리었다. 개념의 핵심은 인간을 둘러싼 기기들이 서로 연결되면서 인간에게 새로운 서비스나 정보를 제공해 주는 것이다.

48) “사물인터넷의 표면적 정의는 사물, 사람, 장소, 프로세스 등 유/무형의 사물들이 연결된 것을 의미하지만, 본질에서는 이러한 사물들이 연결되어 진일보한 새로운 서비스를 제공하는 것을 의미한다. 즉, 두 가지 이상의 사물들이 서로 연결됨으로써 개별적인 사물들이 제공하지 못했던 새로운 기능을 제공하는 것이다.” NAVER 지식백과, 국립중앙과학관 사물인터넷 참조

## (2) 사물인터넷의 산업화 및 영향

사물인터넷의 기술은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 하나는 우리가 접하는 사물인터넷 기술인데 사실은 사물인터넷을 활용하는 기술이며, 다른 하나는 사물인터넷을 구성하는 사물인터넷의 인프라 기술이다. 사물인터넷을 활용하는 기술은 사물인터넷 네트워크를 기반으로 IT 기술을 활용하여 기기들을 연결시키는 것으로 창의력과 아이디어가 더 중요한 분야라고 할 수 있다. 즉, 아이디어만 있으면 기존의 어떤 제품에도 사물인터넷 기술을 활용한 새로운 IT 기능을 접목시킬 수 있어 새로운 제품과 시장을 만들어 낼 수 있는 것이다. 실제 제품화된 사례를 들어보면, 프라이팬에 온도 감지 센서를 부착하여 조리할 식자재에 따른 적절한 온도를 감지하여 핸드폰으로 알려주는 Pantelligent라는 상품, 침대에 센서를 부착하여 실내등과 수면등을 자동으로 켜고 꺼주는 스마트 침대 등이 있다.

위의 사례들은 1단계의 연결형 기술이지만, 앞으로는 2단계, 3단계로 확장된 지능형, 자율형 사물인터넷이 등장할 것인데, 연결된 기기들에 지능이 부여되고 기기들간 협업을 통해 자율적으로 상황을 제어할 수 있는 단계까지 이르게 될 것이다. 최근 단순 연결형에서 한 단계 업그레이드된 사물인터넷의 기술이 바로 V2X(Vehicle to X)기술이다. V2X는 V2H(Home), V2B(Building), V2G(Grid), V2V(Vehicle) 등으로 대상에 따라 나뉘지는데, V2H(Vehicle to Home) 기술을 예로 들어보면, 차량에서 가정에 있는 가전제품을 제어하거나 반대로 가정에서 차량을 제어하는 것이다. 퇴근하는 길에 집 근처에 도착하면 미리 보일러나 에어컨을 켜고 청소기를 가동하고, 가정에서 출발하기 전에 스마트스피커로 차의 시동을 걸거나 자율주행자동차를 현관 앞으로 오도록 명령할 수 있는 기능이다.<sup>49)</sup>

다음은 사물인터넷망 구성을 위한 통신, 네트워크, 플랫폼 기술과 보안기술 분야다. 데이터의 흐름을 중심으로 한 사물인터넷의 아키텍처는 먼저,

49) 2018년 현대차는 SK텔레콤과 협업을 통해 V2H 기술을 시현한 바 있으며, 2019년에는 기아차와 SK텔레콤이 'K7 프리미엄'에 V2H 기능을 장착한 차를 출시하였다.

※ "SK텔레콤, 기아차 K7 프리미어에 '카투홈' 적용", 2019.6.24., Digital Today 참조

센서들과 디바이스들이 필요한 데이터를 취득하고 전달하는 데서 출발한다. 이런 데이터들은 사물인터넷 통신 프로토콜에 따라 네트워크에 전송되며, 네트워크에 올려진 데이터는 필요한 곳으로 전달되어 분석 또는 처리된다. 이렇게 가공, 처리된 데이터는 다시 사물인터넷 플랫폼에서 의미있는 정보가 되어 개인, 공공, 산업의 영역으로 서비스로 제공된다. 이를 그림으로 나타내면 아래와 같다.



[그림 1] 사물인터넷 아키텍처(한국지능형사물인터넷협회)

여기서 단계별 산업화 관련 기술들은 다음의 표로 정리할 수 있다.

[표 4] 사물인터넷 분야별 주요 기술

단계	분야별 주요 기술
센서 및 디바이스	초정밀 sensor 및 Actuator, 기기간 저전력·광대역 통신모듈 등
네트워크	5G 기반 네트워크 구성 및 운영 SW, 10ms 이내 초저지연 기술 등
서비스 플랫폼	지능화 및 자율화 기술, IoT 클라우드 및 데이터 처리 기술 등
보안	기기에 대한 해킹 방지 및 Blockchain 적용 보안 기술 등

사물인터넷은 가장 활발한 기술개발과 성장이 이루어질 산업이 될 것으로 시장전문가들은 전망하고 있다. 사물인터넷 기술은 적용되지 않는 분야가 없을 뿐더러 적용 방법이나 수준도 매우 다양하여 창의성이 발휘되는 만큼 시장이 열리기 때문이다. 마이크로소프트는 일반 기업이나 기관들 중

85%가 사물인터넷을 사업에 도입했거나 최소한 도입을 검토중이라고 하며, 향후 2년내 사물인터넷 관련 수익이 30%에 이를 것이라고 전망하며, 당면한 가장 큰 문제점으로는 복잡성과 보안문제, 그리고 기술자와 전문가의 부족이 가장 어려운 점으로 지적되었다.<sup>50)</sup>

## 나. 보안 인프라와 블록체인(Blockchain) 기술

### (1) 초연결성과 보안 인프라

제4차 산업혁명 시대에 있어 네트워크는 초연결성으로 인해 속도와 범위에서 기존 상상을 초월하는 연결이 일어나게 되는데, 이러한 초연결이 가능한 전제조건은 연결과정에서 오류나 정보의 유출이 발생하지 않고 해킹 등의 위협로부터 안전할 것이라는 ‘신뢰’가 있어야 한다는 것이다. 예컨대, 자율주행자동차가 운행중 스마트도로 및 주위 차량들과 연결된 상황이나 가정에서 홈네트워크로 연결된 기기들이 해킹이나 오류로 인해 오작동을 일으키게 될 경우, 인명피해가 일어날 수 있는 위험한 상황까지 발생할 가능성이 있다. 따라서 이런 무수한 연결에서 신뢰성을 담보할 수 있는 보안솔루션이 없다면 제4차 산업혁명에서 초연결성은 애당초 가능하지 않을 것이라는 말이다.

실제 사물인터넷에서 가장 중요한 것은 사물인터넷 관련 기술보다도 보안솔루션이라는 견해가 이전부터 있었다. 특히 사물인터넷 환경은 수많은 디바이스가 연결되고 취약한 무선네트워크를 기반으로 하는 단계가 많으므로 보안 위해요소가 발생할 수 있는 접점이 무한히 확장될 수 있다는 특징이 있는 것이다. 예컨대, 교통 또는 환경 관련 네트워크에 연결되는 디바이스들이 생성한 데이터들이 빅데이터로 클라우드 시스템이나 다른 네트워크에 연결될 경우, 이 과정에서 발생하는 보안문제는 전국 혹은 그 이상의 넓은 지역으로 확대될 가능성이 있는 것이다. 즉, 특정 지역의 아주 작은 접점에서 바이러스나 해킹과 같은 위해 요소가 발생하더라도 그 피해는 광범위한 네트워크에 직·간접적으로 연결된 모든 기기에 치명적 문제를 일

50) Microsoft, 2019 “IoT Signals” 마이크로소프트(MS)가 2019년 일반 기업 및 기관들의 의사결정권자 3천여명을 대상으로 실시한 IoT 분야 설문조사 결과임

으킬 수 있는 것이다. 따라서 사물인터넷의 보안은 사물인터넷 아키텍처 개념도상에서 그린 바와 같이 디바이스, 네트워크, 플랫폼 및 서비스플랫폼의 모든 단계별로 보안솔루션이 필요한 상당히 광범위한 구조이며, 특정 보안솔루션의 우수성 뿐 아니라, 보안솔루션들 사이에서 구조적인 정합성까지도 요구하는 매우 까다로운 기술인 것이다.

특히 기술이 노동을 대체할 가능성이 높고 이로 인해 또는 과도기적 실업이 문제가 되는 상황이 도래하면, 4차 산업혁명에 대한 반감과 노동을 대체하는 새로운 산업구조에 대한 위협적 도전이 크게 증가할 가능성이 높다. 이러한 반대 세력에 의한 네트워크의 취약점을 노린 사이버 공격시도는 크게 증가할 수 있는 대표적인 사례일 것이다. 또한 이러한 문제는 단지 한 국가내에서만이 아니라 불평등이 더 커질 수 있는 국가간 문제로도 이어질 공산이 크며 국제적인 분쟁이 증가하는 이슈가 될 가능성도 있다.

한편, 이러한 사이버 공격에 대비하는 보안과 복구 관련 이슈는 예방적 차원에서는 민간부문이 스스로 대비하겠지만, 보안에 관한 문제는 근원적으로는 불법행위를 차단하고 뿌리 뽑아야 하는 정부의 영역이며 4차 산업혁명에서 정부의 실질적 역할이 가장 중요한 영역일 것이다. 또한 이 분야는 연결성이 확대될수록 성장성이 높아지며 일자리가 늘어날 분야가 될 것이므로 정부에서는 일자리를 확보할 수 있도록 미리 준비를 해야할 것이다.

## (2) 블록체인 기술(Blockchain)<sup>51)</sup>과 가상화폐

블록체인은 ‘비트코인(Bitcoin)’이라는 가상화폐로 인해 널리 알려지게 되었다고 해도 과언이 아닐 듯하다. 가상화폐에 대한 투자 열풍으로 소위 ‘묻지마’ 투자가 일어면서 정부 당국에서 가상화폐에 대한 투자를 규제하려하자 가상화폐를 규제하게 되면 블록체인 기술의 발전에 부정적 영향을 미치게 될 것이라는 경고가 나왔고, 가상화폐와 블록체인을 분리할 수 있는냐는 논의까지 이어졌다. 실제 비트코인 1개의 가치가 2010년 3월 최초 0.003달러에서 시작하여 2017년중 2만달러에 근접한 최고가를 기록하면

51) 블록체인(Blockchain)이라는 이름에서 블록은 일정 기간에 한 번씩 만들어지는 데이터 묶음을 의미하며 체인(chain)은 위의 블록들을 해시값으로 연결한다는 뜻이다.

서 폭등하자 이더리움, 리플 등 수많은 블록체인 기반의 화폐가 생겨났다.<sup>52)</sup> 정부 입장에서 보면 무분별한 가상화폐 투자로 인해 투자손실이 발생하는 것은 물론 비트코인과 같이 채굴(mining)이라는 과정이 필요한 가상화폐의 경우 컴퓨터로 채굴하는 과정에서 엄청난 전력이 필요하여 에너지 낭비의 문제가 생기며<sup>53)</sup>, 익명성으로 인한 자금흐름의 추적이 불가능하다는 점도 범죄와 연관될 수 있는 가능성이 충분하기 때문에 가상화폐를 규제하려는 동기가 생기기 마련이다.

그런데 사실 비트코인과 같은 블록체인 기반의 가상화폐는 블록체인 기술의 본질은 아니다. 블록체인은 메인 서버와 같은 중앙집중식의 데이터 관리가 아니라 개별 네트워크 노드에서 데이터를 저장하면서 해시값<sup>54)</sup>으로 연결하여 보안성이 자연스럽게 발생하게 되는 새로운 보안 체계라고 할 수 있다. 즉, 데이터의 유효성을 네트워크 내의 모든 참여자가 공유하고 있는 구조이므로, 메인 서버에 의한 중앙집중식 데이터 관리 방식은 서버만 해킹하면 서버에 저장된 모든 데이터에 접근 및 위·변조 등의 피해가 일어날 수 있지만, 블록체인과 같이 연결되어 분산된 데이터는 해킹이나 위·변조를 시도할 경우 연결되어 있는 모든 데이터를 위·변조해야 하는데, 이는 슈퍼컴퓨터 여러 대를 동원하더라도 불가능한 작업이기 때문에 해킹이 원천적으로 불가능한 것이라고 여겨진다.<sup>55)</sup>

이렇게 블록체인에서 분산되어 저장된 데이터들을 사용할 경우에는 데이터가 저장된 이후 위·변조 등으로 훼손되지 않았는지를 데이터끼리 연결되어 저장된 해시값을 확인하여 진위를 판별하게 되는데, 이 과정에서 필요한 암호체계의 발굴이 ‘채굴(mining)’이라 일컬어지는 과정이며, 이러한 채굴에 대한 보상을 비트코인과 같은 가상화폐로 부여하는 것이다. 즉, 블

52) [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_bitcoin](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_bitcoin) 등 참고.

53) 비트코인 채굴에 소모되는 전력량에 대한 추정치가 간혹 뉴스를 통해 보도되었는데, 2019년 7월 22일 KBS뉴스에서는 세계 전력 소비량의 0.3%를 차지하며, 세계 41위의 전력소비국인 오스트리아와 비슷한 수준이라고 보도한 바 있다.

54) 해시값이란 ‘임의의 길이의 데이터를 고정된 길이의 데이터로 매핑(mapping)하는 해시함수(hash function)에 의해 얻어진 값’으로 블록체인에서는 분산 저장된 데이터의 진위를 판별할 수 있는 암호와 같은 역할을 한다.

55) 비트코인이 해킹되었다는 보도가 나온 바 있으나, 이는 비트코인의 거래를 위해 설립된 사설 가상화폐거래소 일부가 해킹당한 것으로 비트코인의 블록체인 시스템이 해킹당한 것이 아니다.

블록체인 네트워크에서 가상화폐란 네트워크의 보안을 위해 암호체계를 제공하는 채굴자에게 보상을 하는 수단이다. 만약 보상이 없더라도 즉, 가상화폐를 발행하지 않더라도 네트워크의 암호체계를 발굴하는 역할을 누군가 한다면 가상화폐는 굳이 발행되지 않아도 되므로 블록체인과 가상화폐는 분리될 수도 있는 것이다. 즉, 모두에게 개방된 네트워크에서는 블록체인을 통해 보안성을 유지하려면 채굴에 필요한 보상이 필요한 반면, 폐쇄된 네트워크에서 누군가 채굴자의 역할을 하게 된다면 굳이 가상화폐가 필요하지 않을 수도 있고, 컨소시엄 블록체인과 같은 하이브리드 형태의 다양한 블록체인 기술이 개발될 수도 있는 것이다.

위에서와 같이 블록체인 네트워크는 개방성에 따라 개방형과 폐쇄형으로 나누어 볼 수 있는데, 비트코인과 같은 가상화폐를 위주로 하는 블록체인은 당연히 개방형을 전제로 한다. 또한, 불특정 다수와의 거래를 상정하는 네트워크의 경우에도 당연히 개방형 네트워크를 전제로 해야 하지만, 만약 민간기업이 기업운영을 위하여 자체적인 네트워크를 구성할 경우에는 자료가 외부로 공개되지 않는 폐쇄형으로 구성할 것이다.

한편, 개방형과 폐쇄형의 하이브리드 형태인 네트워크가 구성될 경우도 있다. 예컨대, 저작권이 침해될 우려가 높은 콘텐츠 서비스 산업에서는 해킹과 위·변조 방지에 용이한 블록체인 시스템의 활용도가 클 것으로 예상되며, 거래기록에 대한 신뢰도가 중요한 금융 및 각종의 전자상거래 시스템, 예컨대 아마존과 같은 거대 온라인쇼핑몰에도 중개 플랫폼이 없는 당사자간 직접거래 네트워크로 구축될 수 있어 제4차 산업혁명 시대의 네트워크 경제인프라로 각광을 받을 가능성이 있다.

### (3) 블록체인 기술 활용 사례 및 향후 과제

#### (가) 블록체인 기술 활용 사례

아직 블록체인 기술을 활용한 사례들이 많지는 않지만, 블록체인의 장점을 활용하려는 서비스가 등장하고 있다. 특히 저작권 및 위·변조 우려가

큰 콘텐츠 서비스 분야에서 블록체인 기술을 활용하려는 시도가 활발하다. 대표적으로 KodakOne, Ujo Music과 같은 사진, 음악 콘텐츠 제공업체는 작가가 사진 또는 음악파일을 업로드하면 향후 서비스 제공시 자동으로 알려주고 로열티가 지급되며, 복제여부까지 알아서 감시해주는 Smart Contract 기술을 제공한다. 또한, 참여 구성원들이 공평하게 각자의 기여도를 정확하게 평가받을 수 있어 콘텐츠 제작자들의 자발적 참여와 서비스 구매자와의 직접 연결이 가능할 뿐만 아니라, 자체 가상화폐를 운영하게 되면 콘텐츠 서비스에 대한 결제나 보상도 가능하다는 점에서 높은 평가를 받는다. 블록체인 기반의 콘텐츠 서비스는 다음의 표와 같은 사례들이 있다.<sup>56)</sup>

[표 5] 블록체인 기반 콘텐츠 서비스 사례

서비스 또는 기업명	콘텐츠	서비스 형태	보상(가상화폐)
Steemit	소셜네트워크	소셜네트워크서비스	Steem Dollar
Dtube	영상	영상스트리밍	
KodakOne	사진	사진 제공	Kodak Coin
Ujo Music	음악	음악 스트리밍	Ethereum(이더리움)
Civil	뉴스	뉴스 제공	CVL Token

\* Steemit과 Dtube는 연동되는 서비스

#### (나) 블록체인 기술의 향후 과제

블록체인에 대한 평가는 초기에는 단순한 분산 데이터베이스 구조에 불과하다는 견해도 있었지만, 지금은 향후 제4차 산업혁명에 따라 인터넷 기반의 경제구조를 더욱 강화해 나갈 인프라가 될 것이라는 평가와 기대감이 확산되고 있다. 향후 디지털 경제는 ‘중개자 없는 직접거래’ 패러다임으로 변화하고, 지급결제 시스템은 블록체인 기반의 가상화폐가 중심이 되고, 대출, 환전, 증권 거래 방식이 블록체인 기반의 P2P 방식으로 변경될 것으로 예상되고 있다. 이러한 블록체인 기반의 디지털 경제 시스템이 확산될 수록 지하경제의 가능성과 규모도 계속 축소될 것이다.

56) 한국정보화진흥원, 2018.3.30., “블록체인과 인센티브 기반의 콘텐츠 서비스 부상”



공공분야에서도 블록체인 기술의 활용이 가능한 분야는 매우 넓다. 이미 오래전부터 인터넷 관련 기술이 확대되며 전자투표시스템의 도입 가능성이 거론되었으나 투표나 개표 조작과 같은 신뢰성의 문제에 대한 해결책 미비로 전자투표제 도입이 곤란하였으나, 블록체인 기술을 적용한 전자투표시스템을 도입할 경우 이러한 문제에 대한 해결 가능성이 한층 높아진다. 우리나라의 경우 중앙선거관리위원회는 이미 2018년말 ‘블록체인 온라인 투표 시스템(K-Voting)’을 개발하였으며, 시범운영중이다.<sup>57)</sup> 아울러, 주민등록 정보와 부동산 등기 정보 등 위·변조가 불가능하고 신뢰성과 무결성이 높아야 하는 공공 데이터 및 공문서 관리·유통시스템에도 블록체인 기술을 적용한 새로운 시스템을 검토해볼 필요성이 크며, 향후 공공분야에서의 클라우드 시스템도 계속 확대될 것인데 이와 연계하는 방향도 적극 검토해야 할 것으로 생각된다.

또한, 사물인터넷(IoT) 활성화를 위해서도 블록체인 기술을 적용을 연구하고 있다. 이미 사물인터넷 부분에서 기술한 바와 같이 사물인터넷에서 보안문제는 사물인터넷 분야에서 가장 핵심적인 중요 기술이다. 특히, 사물인터넷은 다양한 기기들이 서로 연결되어 데이터를 소통하는 네트워크이므로 중앙집중식 구조를 가지게 될 경우 비효율성과 보안문제가 매우 큰 문제로 대두된다. 하지만, 블록체인은 애초에 분산시스템을 전제로 하는 기술이므로 사물인터넷의 작동 방식이나 본질적 속성과도 대단히 잘 어울릴 것으로 생각된다. IBM은 블록체인 기술을 기반으로 하는 Watson IoT를 개발하였는데, 중앙집중식 컨트롤 방식을 배제하여 운영비용 감소와 효율성의 증대 및 신뢰성 강화를 꾀하였다.<sup>58)</sup>

아직까지 블록체인 기술은 시범적 단계라고 할 수 있으며, 기술적 한계를 극복하기 위한 노력과 유사 플랫폼들의 경쟁이 진행중이다. 비트코인, 이더리움과 같은 가상화폐 분야에서는 다소 발전이 있었지만, 공공분야나 대기업에서는 본격적인 투자 또는 블록체인 기술을 활용한 비즈니스 모델이

57) 중앙선거관리위원회 보도자료, 2018.11.28.일자, “중앙선관위, 블록체인을 적용한 온라인투표 서비스 첫 개시” 참조

58) IBM Institute for Business Values, 2015, “Device democracy - Saving the future of the Internet of Things” 여기서 IBM이 ‘기기의 민주주의’라고 제목을 달았는데 이는 블록체인 기술을 통한 사물인터넷 구조를 재치있게 표현한 것으로 생각된다.

구체화된 것이 아직 없다. 하지만, 블록체인 플랫폼은 분명히 투명하고 안전한 공유를 통해 네트워크의 신뢰도를 높일 수 있는 혁신적 기술이다. 이 때까지 우리는 어떤 형태로든 신뢰할 수 있는 관리자가 있는 시스템을 당연한 것으로 받아들였으나, 블록체인 기술이 정착될 경우 더 이상 신뢰할 수 있는 관리자를 필요로 하지 않으며, 신뢰는 시스템적으로 당연히 보장되게 되는 것이다. 즉, 각각의 구성원들이 스스로 데이터의 진위를 검증할 수 있게 됨으로써 정보에 대한 자기 통제권을 가질 수 있는 정보의 민주주의가 구조적으로 보장되는 것이다.

다만, 현재 블록체인이 완성형 기술은 아니며 향후 예상하지 못한 한계가 분명히 있을 수 있는데, 이는 블록체인의 실제 테스트나 활용 사례를 축적함으로써 해결해야 한다. 향후 이러한 부분에서 정부나 공공기관이 중심이 되어 관련 인프라를 만들기 위한 다양한 노력이 필요할 것으로 생각된다. 특히, 블록체인은 중앙의 관리자가 없는 형태인 만큼 하드웨어 측면에 있어서도 참여자들의 투자가 필요한 부분이 많은데, 초기 투자에 있어서는 참여자들의 자발적 투자를 기대하기 어려울 수도 있으므로, 초기 산업조성을 위한 스타트업 지원 등 다양한 정책을 펼쳐야 할 것이다.

### 3. Human Change(Bio and Gene Technology) 분야

제4차 산업혁명 시대의 신기술은 기계와 인간, 기술과 인간의 경계도 허물고 있다. 기계가 인간의 신체를 대체하는데서 더 나아가 유전자 조작을 통해 인간의 신체를 바꾸고 인간의 신체를 설계하는 수준에 이르러 제4차 산업혁명 이후 시대의 인류는 그 이전의 인류와 차원이 다른 존재가 될 가능성도 있다. 유전자조작과 같은 생명공학 기술은 인간뿐만이 아니라 세상의 모든 생명현상을 가진 유기체를 대상으로 하고 있으며, 이는 단순히 인간을 위협하는 암과 같은 질병 또는 세균, 바이러스와 같은 위해로부터의 해방만이 아니라 인간이 자연환경을 포함한 세상과 교류하고 소통하는 방식을 바꾸게 될 것이라는 의미다. 결국 제4차 산업혁명은 인간이라는 존재에 대한 생물학적, 사회학적 인식의 변경을 초래하며, 인간에 대한 신념과 윤리의 대대적인 수정도 요구할 것이고 기존의 인간에 대한 관념에서 탈피

하여 인간과 인류에 대한 새로운 통찰과 각성까지도 요구하게 될 것이다. 따라서, 생명공학 등 생명체를 다루는 과학은 다른 공학분야와 달리 연구와 기술개발 등에 많은 규제가 가해진다. 생명의 존중이라는 선의지와 아울러 이윤배반적으로 동시에 존재하는 막대한 성공 보상에 대한 기대로 무분별한 실험과 연구로 인한 예측하기 어려운 파급영향이 초래될 수 있기 때문이다. 그러므로 생명과학 분야에 대해서는 연구개발에 대한 윤리적 문제와 규제에 관련한 논의를 반드시 함께 다루어야 한다.

## 가. 생명공학 분야

### (1) 유전자 편집(Genome Editing) 관련 기술

1865년 멘델은 “식물잡종에 대한 실험”이라는 논문에서 세계 최초로 유전 법칙을 제시하였다. 이후 Oswald Avery, Alfred Hershey와 같은 미국 생물학자들에 의해 DNA가 유전정보를 가진 유전물질임이 1950년을 전후로 밝혀지게 된다. 그로부터 약 20년후인 1970년에 최초로 DNA를 조작하는 실험이 실시되었고, 2012년에는 유전자의 염기서열을 조작할 수 있는 강력한 유전자 가위인 CRISPR-Cas9이 발견되었다.<sup>59)</sup> 현재 CRISPR를 활용한 유전자 편집 기술은 생명과학분야에서 가장 인기있고 유망한 연구개발 분야로 제시되고 있다.

이와 같은 유전자 편집 기술이 발전할 수 있었던 인프라는 인간의 유전자 정보를 완전히 분석하겠다는 목표로 1990년에 추진된 인간게놈프로젝트(HGP: Human Genome Project)라고 할 수 있다.<sup>60)</sup> 동 연구는 2003년 완료

---

59) CRISPR는 Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat의 줄임말로 반복적인 짧은 회문(앞으로 읽어도 뒤로 읽어도 똑같은)구조를 가진 DNA를 의미하며, Cas9은 Crispr associated protein 9의 줄임말로 DNA에 부수되는 단백질이며 외부에서 침입한 DNA를 인식하고 특정부분을 잘라 면역체계에 붙여주는 역할을 한다. 여기서 Cas9이 외부 DNA의 특정부분을 절단하는 원리를 이용해서 편집하고 싶은 DNA부분을 넣어주면 원하는 부분의 DNA가 절단되게 되는 것이다. 이 원리를 최초로 발견한 것은 덴마크의 요구르트 회사 ‘Danisco’로 알려지고 있는데, 바이러스인 박테리오파지가 유산균에 침입할 때 유산균의 면역체계에서 일어나는 현상을 연구하면서 발견한 것이라고 한다.

<남궁석, 2015.7.13., 생물산책 및 Nature video, CRISPR: Gene editing and beyond, 2017.10.31., [www.youtube.com/watch?v=4YKFW2KZA5o](http://www.youtube.com/watch?v=4YKFW2KZA5o) 참조>

60) 인간게놈프로젝트는 유전자 관련 연구중 단연 역사적 사건으로 미국 에너지부에서 1984년

되어 인간의 유전자 지도로 불리는 데이터베이스가 만들어졌으며, 모두 공개되어 있어 누구라도 연구에 활용할 수 있다. 따라서 특정 질병에 연관되는 유전자가 입증되면 유전자 편집을 통해 해당 질병에 걸리지 않을 수 있고 또 치료할 수 있는 새로운 의학기술이 탄생하는 것이다. 이러한 기반위에서 유전자 가위로 불리는 유전자 편집 기술은 향후 더욱 각광받는 최첨단 기술이 될 전망이다. 게다가 CRISPR로 유전자를 편집하는 것은 의외로 큰 비용이 많이 들지 않아 더욱 각광 받고 있다.

유전자 편집을 활용할 수 있는 분야는 질병의 치료와 예방에서 농업 및 에너지·화학산업에 응용까지 다양하다. 먼저 질병 분야에 있어서는 질병과 관련된 유전자를 잘라내어 질병을 예방하거나 이미 질병에 걸렸을 경우 유전자 편집 기술을 활용한 치료가 가능하다. 예컨대, 배아 단계에서 심장병 관련 유전자를 제거하면 심장병을 유발하는 유전자가 성체에 유전되지 않는 기술이 이미 제시되었다. 또 항생제가 더 이상 듣지 않는 슈퍼박테리아와 같은 미생물에 의한 감염병에 대해서도 슈퍼박테리아의 유전자를 무력화시킬 수 있도록 항체 단백질을 편집하여 슈퍼박테리아에 대응할 수 있는 치료가 가능할 전망이다. 다음은 유전자치료제 개발로 아직은 개발중이나 인체의 세포에 특정 유전자를 편집할 수 있는 CRISPR 단백질을 전달할 수 있는 안전한 전달 체계를 확보한다면 성인의 경우에도 유전자를 편집할 수 있는 유전자치료제를 개발할 수 있는 것이다. 두 번째, 농업분야에서는 과거 GMO 식물의 유전자 조작은 돌연변이에 의존하면서 동시에 예상하지 못한 부작용들이 나타나거나 이로 인해 생태계에 미칠 악영향을 우려하였으나, 유전자 편집을 활용할 경우 타겟이 되는 유전자만 잘라내거나 교체하는 방식이 사용되어 보다 안전한 유전자 조작이 가능하게 되었다는 것이다. 더 나아가, 에너지로 전환이 가능한 바이오매스(biomass)를 처리할 수 있는 세균 등을 유전자 편집기술로 개발하여 Bio-Refinery를 구축하거나, 석유를

---

‘원자력이 인간 유전자 돌연변이에 미치는 영향’이라는 연구에서 비롯되었다. 여기서 DNA 염기서열 대량 분석기법이 소개되며, 인간 게놈 전체를 해독하는 것이 가능하다는 아이디어가 나왔고, 이에 따라 미국 국립보건원 산하에 인간게놈연구센터(National Human Genome Research Institute)가 설립되어 1990년에 목표기간 15년, 예산 30억달러, 6개국 과학자 3천여 명이 참여하는 프로젝트로 추진되었다. 이후 생물학 발전과 컴퓨터의 비약적 발전으로 연구기간이 단축되어 최종 목표 기한인 2005년보다 2년여를 앞당겨 2003년에 인간 유전자의 99%가 99.99%의 정확도로 분석된 최종 결과가 발표되었다. 인간게놈프로젝트의 결과는 모두 공개되어 있으며, 유전자 관련 질환을 연구하는 의학, 약학계 등에 큰 도움이 되고 있다.

이용하지 않는 화학제품을 생산할 수 있는 미생물공장을 만들 수 있을 것이다.<sup>61)</sup> 유전자 편집 기술을 응용하는 바이오 벤처기업들이 속속 생겨나면서 유전자 편집 기술을 활용하는 분야는 더욱 넓어지고 있다.

## (2) 줄기세포(Stem cell) 관련 기술

생명공학 분야에서 각광을 받는 또 다른 분야는 재생의학에서 출발한 줄기세포(stem cells) 분야라고 할 수 있다. 줄기세포는 생체에 존재하는 다양한 세포들의 근원이 되는 세포로 무한히 증식할 수 있고 여러 가지 다른 세포로 바뀔 수도 있는 세포다. 줄기세포에 대한 연구에서 인간과 관련하여 생명공학적으로 의미있는 줄기세포의 발견은 1978년 제대혈에서 발견한 혈액 줄기세포라고 할 수 있다. 이후 1981년 쥐의 배아에서 만능줄기세포를 발견했으며, 1998년에는 미국에서 인간의 배아줄기세포를 분리하여 배양하는데 성공했다.

줄기세포는 크게 배아 줄기세포와 성체 줄기세포로 나눌 수 있다. 배아 줄기세포는 수정란에서 만들어진 배아 줄기세포와 체세포 복제 줄기세포로 다시 나누어지는데, 전자의 경우에는 생명과 직결되기에 매우 심각한 윤리적 고려가 필요하며 그만큼 엄격한 규제가 뒤따른다. 배아 줄기세포는 모든 세포로 바뀔 수 있어 만능 줄기세포라고도 불리며, 성체 줄기세포는 세포가 손상되었을 경우 손상된 부분의 세포들을 복구하고 대체하는 역할로 성체에 소량으로 존재한다. 그런데 성체 줄기세포는 인체의 모든 조직에 존재하지 않으므로 뇌, 심장, 췌장, 척수 등 줄기세포가 존재하지 않는 인체 조직들은 한 번 파괴되면 더 이상 재생이 불가능하다. 따라서 불치병이나 줄기세포가 존재하지 않는 인체 조직의 손상을 줄기세포를 이용하여 치료할 수 있는 길이 열리기를 많은 사람들이 열광적으로 기대하는 것이다. 성체 줄기세포는 윤리적 문제가 없으나 분화나 증식능력이 배아 줄기세포에 비해 떨어지는 단점이 있는데, 성체 세포를 줄기세포로 환원시킬 수 있는 연구가 이루어지면서 영국의 거든 교수와 일본의 야마나카 교수가 2012년도에 노벨생리의학상을 수상하게 되고, 이후 윤리적 문제없이 만능으로 분

---

61) Klaus Schwab, 2018, “Shaping the future of the Fourth Industrial Revolution”, WEF, p.160

화할 수 있는 ‘유도만능줄기세포 또는 역분화줄기세포(IPS: Induced Pluripotent Stem cell)’에 대한 연구가 각광을 받고 있지만, 아직 성체 세포에서 얻을 수 있는 IPS의 비율이 너무 낮으며, 유도된 줄기세포가 목표로 하는 세포로 분화하지 않고 암세포로 증식하는 등의 의도하지 않는 결과를 초래할 가능성도 있어 이에 대한 연구와 임상실험 등이 진행되고 있다.

우리나라는 줄기세포와 관련하여 2004년 황우석박사의 논문조작 사건으로 인해, 줄기세포에 대한 불신과 트라우마로 이후 상당기간 관련 연구가 침체에 빠졌으나, 2011년과 2012년 국내 바이오 기업인 파미셀과 메디포스트가 줄기세포를 이용한 치료제를 연달아 승인받으면서 세계 최초로 줄기세포치료제를 상업화하였으며, 현재 4개의 줄기세포치료제가 시판되고 있다. 또한, 줄기세포 관련 연구에서도 2014년 성인의 체세포를 이용한 줄기세포를 확립하는 등 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 다만, 질적인 측면에서 비판도 있다. 세계 최초로 줄기세포치료제를 허가했다고 하지만, 2011년 허가된 파미셀의 심근경색치료제 ‘하티셀그램’은 시판후 조사 건수 600건을 채우지 못해 허가 취소 위기를 겪는 등 치료제에 대한 신뢰도나 실제 임상 사례가 부족하여 세계 최초 허가라는 점이 무색할 지경이라고 비판을 받기도 한다.<sup>62)</sup> 반면에, 줄기세포 연구개발자들은 우리나라의 관련 규제가 너무 엄격해 중국 등 규제가 비교적 엄격하지 않은 국가로 진출하고 있는 의료기관이나 바이오 벤처기업들도 많으므로 관련 규제를 개선해야한다고 주장하기도 한다.

향후 줄기세포 치료 관련 시장에 대해서는 꾸준한 성장세가 예상된다. 최근 정밀의료기술이 빠르게 발전하면서 유전자 관련 기술과 줄기세포 기술이 복합적으로 활용되어 부작용이 최소화되는 개인 맞춤형 치료에 대한 기대도 높아지고 있어 줄기세포 관련 시장이 더욱 넓어질 것으로 전망된다. 전 세계 줄기세포 관련 시장규모는 2017년 1,350억달러에서 2020년 2,080억달러, 2023년 3,380억달러에 이를 것이라는 전망 결과가 있으며, 2017년 시

62) 국내에 시판허가된 총 4종의 줄기세포치료제중 (주)메디포스트의 골관절염 치료제 카티스템만 100억원 이상 매출을 올렸으며, 나머지는 매출이 지지부진한 실정이다. 카티스템은 미국 FDA 1/2a 임상이 진행중이다. [www.medi-post.co.kr/cartistem/](http://www.medi-post.co.kr/cartistem/) 참조

장분포는 북미지역 37.3%, 유럽 27.8%, 아시아 태평양지역 21.3% 순으로 형성되고 있다고 한다.<sup>63)</sup>

### (3) 생명과학에 대한 윤리 및 규제

생명과학에 대한 강한 규제의 배경에는 생명존중이라는 윤리와 생태계에 대한 우려라는 현실의 두 가지 측면이 대두된다. 먼저 윤리적 측면에서 대두되는 문제는 생명 현상과 관련한 연구개발을 인간이 어디까지 진행할 수 있는지에 대한 것으로 종교적 측면에서 특히 문제의식이 큰 이슈라고 할 수 있다. 또, 생명은 사회적 지위나 능력과 무관하게 보편적인 최상의 가치임에도 불구하고, 한 생명을 살리기 위해 또 다른 생명을 희생할 수 있는가, 특히 물질·금전적 보상으로 생명의 기회를 거래하게 될 경우 물질·금전 만능주의와 생명경시 풍조를 초래하게 되는 것은 아닌가에 대한 휴머니즘의 문제인 것이다.

이러한 윤리적 측면의 문제는 유전자 편집 기술과 줄기세포 치료 분야에서 공히 문제가 된다. 유전자 편집 기술의 경우 어디까지 해당 기술을 이용한 연구를 허용해야 하는가의 문제가 제기된다. 예컨대 수정란 단계에서 유전적 질병을 미리 파악해서 제거하거나, 머리카락과 눈동자 색깔을 바꾸는 등의 소위 ‘맞춤형 인간’을 만들어내는 등의 의료행위를 허용할 수 있는가가 그 핵심이다. 우리나라의 경우 『생명윤리 및 안전에 관한 법률(생명윤리법)』 제47조에서 유전자 치료의 대상을 현재 치료법이 없는 유전질환, 암, 후천성면역결핍증 등에 국한하고 있고, 배아, 난자, 정자 및 태아에 대해서는 시행할 수 없도록 규정하고 있다. 반면, 미국, 영국, EU 등은 희귀난치병 치료를 위해 배아에 관한 기초연구를 허용하고 있고, 중국은 아예 관련 규정이 없으며 따라서 가장 활발한 연구가 진행되고 있다.<sup>64)</sup> 줄기세포 치료 분야에서도 배아줄기세포는 수정란의 경우 생명의 기회를 희생시켜야 하는 것이며, 체세포 복제 배아줄기세포의 경우에도 다른 생명의 기회가 될 수 있는 난자를 치료 목적으로 사용할 수 있는가라는 문제가 여전

63) 오태광, 2019.3.12, “줄기세포 기술발전의 최근 동향과 시장전망”, 국가미래연구원

64) 우리나라도 과학기술정보통신부가 2017년말 인간 배아에 대한 유전자 치료 등을 허용하도록 규제를 완화하겠다고 밝힌 바 있으나, 아직 논의가 진전되지 못하고 있다.

히 남는 것이다. 우리나라의 경우 생명윤리법에서 배아줄기세포를 이용한 연구 등은 엄격히 통제되고 있는 편이다. 반면, 바로 이웃 국가인 중국과 일본의 경우 우리나라보다 규제 수준이 낮아, 줄기세포 관련 연구가 훨씬 앞서있다는 지적을 받는다.

다음으로 현실적 측면에서는 생명공학 분야가 공통적으로 안고 있는 어려움인데 유기체를 대상으로 하기에 다른 공학분야와 달리 예상하지 못한 결과가 나올 가능성이 있어 결과에 대한 예측가능성이 떨어진다는 점이다. 만약 예측하지 못한 생태계에의 악영향이 발생할 경우 생태계에 미치는 피해가 돌이킬 수 없는 수준에 까지 이를 가능성도 있을 수 있기 때문이다. 따라서 생명공학 분야의 연구에 대한 거버넌스는 다른 분야와 달리 과학과 윤리를 모두 반영하여야 하며, 규제는 국가의 문화규범 등에 따라 다를 수 밖에 없는 특성을 가진다.

## 나. 생체인식 기술

생체인식이란 인간의 신체 및 행동의 특징을 파악하여 개인을 식별하는 인식기술과 신체에서 나오는 뇌파 등 전기적 신호를 파악하여 개인의 의도나 생각을 파악할 수 있는 기술을 말한다. 종래 생체인식은 지문, 홍채와 같은 고유한 신체적 특징을 파악하는 바이오메트릭스(biometrics) 분야를 의미하였으나, 최근 인체의 신경활동에 의해 발생하는 전기적 신호를 검출하여 해석하는 신경기술(Neurotechnology)도 큰 진전을 보이고 있으며 양자를 모두 생체인식 기술로 묶어 볼 수 있을 것이다.

### (1) 바이오메트릭스 분야

바이오메트릭스는 개인의 신체적 특징이나 행동적 특징 또는 양자를 모두 이용하여 특정인을 식별하거나 인증할 수 있는 측정기술을 말한다. 개인마다 각각의 고유한 특징을 가진 신체 부분으로 얼굴, 홍채, 망막, 지문, 정맥 등이 주로 활용되고 있으며, 행동적 특징으로는 음성과 걸음걸이가 대표적인 인식 대상이다. 바이오메트릭스 기술이 주로 보안기술에 이용되고



있어, 보안기술과 동일시되기도 하다. 우리의 실생활에서는 핸드폰을 통한 지문과 홍채 인식 기술이 가장 널리 쓰이는 기술이며, 핀테크 분야 관련 앱 등에서 활성화된 기술이다. 2015년 전자금융거래시 공인인증서 사용의무가 폐지되면서 다양한 보안기술이 필요하게 되었는데 이는 바이오메트릭스가 더욱 활성화되는 계기가 되었다.

한편, 최근 바이오메트릭스 분야의 핫뉴스는 중국을 중심으로 급속히 발전하고 있는 안면인식 기술이다. 중국은 안면인식 기술 개발은 국민에 대한 통제를 위한 것이라는 비판도 있지만, 중국의 안면인식 기술은 미국 국가기술표준연구소(NIST)가 전세계 관련 기업을 대상으로 실시한 안면인식공급자평가(Face Recognition Vendor Test)에서 1위부터 5위까지를 휩쓸었다.<sup>65)</sup> 중국은 안면인식 기술을 지하철과 같은 대중교통에 적용하여 탑승시 결제가 되는 시스템을 도입하였으며, 안면인식 지불시스템을 도입한 무인매장을 오픈하기도 하였다. 중국의 안면인식 기술은 단순히 개인을 인식하는 수준을 넘어 인공지능 기술과 결합하여 군중속에서 특정인을 찾거나 공중에서 항공감시망을 구축하는 사업에 적용하고 있다. 지문은 근거리에서만 사용이 가능한 반면 안면인식은 원거리에서도 사용할 수 있다는 장점을 최대한 활용하고 있는 것이다. 인구가 많은 인도도 중국식 안면인식 시스템에 관심을 보이는 것으로 알려졌다. 그러나, 생체인식 기술만으로는 아직 보안 위협으로부터 완전히 자유로운 것은 아니다. 생체인식 정보 데이터베이스가 해킹을 당할 수도 있고, 생체관련 정보의 위·변조 시도의 가능성도 여전히 있어 기존의 보안기술과 상호보완적 시스템 구축이 필요하다.

## (2) 신경기술(Neurotechnology) 분야

Klaus Schwab에 의해 제4차 산업혁명의 주요 기술로 제시된 신경기술(Neurotechnology)은 엄밀히 말하면 뇌신경기술로 뇌에서 일어나는 의식과 생각, 명령 등의 뇌활동을 뇌파 등을 활용하여 이해·인식하는 다양한 기술을 말하며, Klaus Schwab은 신경기술을 통해 정보를 추출하며, 감각을 확대하고, 행동을 변화시키며 세상과 상호작용이 가능하게 된다고 한다.<sup>66)</sup> 좁

65) 중국 신화통신, 2018.11.21., “Chinese AI teams win big in global facial recognition competition” [www.xinhuanet.com/english/2018-11/21/c\\_137622674.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2018-11/21/c_137622674.htm)

더 세부적으로 말하면 신경기술은 뇌가 화학작용에 의한 전기적 신호로 작용하는 원리에 바탕하여 뇌파 등을 통해 뇌의 활동을 읽고 뇌에 영향을 미칠 수 있는 기술이다. 예컨대, 수사기관에서 사용하고 있는 거짓말탐지기는 이미 오래전 신경기술에 착안해 만든 기기라고 할 수 있다. 신경기술은 애초 뇌손상으로 인한 장애 치료 등 의료적 관점에서 출발하였으나 이제는 뇌파를 이용하여 기기를 조작하고 컴퓨터를 작동시키는 등의 일상생활로의 적극적인 행보에 나서고 있다. 예컨대 2008년 원숭이의 뇌파로 로봇 팔을 움직였던 실험과 최근에는 사지마비 환자가 F35 전투기 시뮬레이터를 통해 의식만으로 전투기를 이륙시키는 실험에 성공하기도 했다.

신경기술은 더 적극적으로는 인류가 오랜기간 진화시켜온 신체의 기능을 더욱 활성화시킬 수도 있을 것이라고 전망한다. 예컨대, 두뇌의 능력을 더 강화시키거나, 현재는 의식적으로 컨트롤할 수 없는 심장과 같은 장기도 신경기술을 통해 저하된 기능을 회복시킬 수 있게 되거나, 가시광선이 아닌 적외선도 볼 수 있게 한다는 것이다. 또한 꿈이나 기억을 뇌에서 추출하여 녹화·재생할 수도 있고, 인간의 생물학적 지능과 컴퓨터의 디지털 지능을 결합하는 인터페이스를 만들 수 있을 것이라는 예측 등이 제시되고 있다. 그러나, 신경기술은 신체와 기계의 인터페이스라는 측면에서 개인의 프라이버시는 물론 보안의 문제에도 심각한 문제를 낳을 수 있다. 예컨대, 뇌를 스캔해서 기억이나 생각을 스캔할 수 있게 될 경우 발생할 수 있는 윤리적 문제와 프라이버시 문제가 있을 수 있으며, 신경기술 관련 기기의 해킹으로 인해 신체가 의지와 무관하게 또는 자신도 모르게 범죄에 이용당하거나 연루되는 보안상의 문제에 대비하는 기술개발이 선행되어야 한다.

#### 4. 새로운 에너지 개발 및 효율화 분야

전기는 더 나은 촛불을 만들기 위해 발명된 것이 아니라는 말처럼 제4차 산업혁명은 향후 엄청난 전력을 필요로 할 것이 자명하고 우리가 앞으로

---

66) Klaus Schwab, 2018, “Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution”, WEF p.167  
여기서 Neurotechnology는 신경기술이라고 번역되나 아직 널리 알려진 번역용어는 아니다.  
신경은 우리 몸의 신경계 전체를 일컫는 단어이므로 여기에서 보다 정확한 번역은 뇌신경기술이 맞을 것으로 생각된다.

얼마나 더 전기에 의존하게 될 지는 현재로는 가늠하기도 어려울 것 같다. 예컨대, 클라우드컴퓨팅의 기반이 되는 데이터센터는 이미 ‘전기 먹는 하마’라는 별명이 붙은 지 오래다. 강원도에 있는 네이버 데이터센터에서는 약 12만대의 서버가 24시간 풀가동되는데, 국내에는 이런 데이터센터가 17년 말 현재 145개가 운영되고 있으며, 우리나라 산업용 전기 전체 소비 전력의 1%인 26.5억kWh를 소비하고 있다. 비단 데이터센터만이 아니라 인공지능, 자율주행(전기)차, 스마트시티 등 많은 제4차 산업혁명 관련 기술은 전력을 기반으로 하고 있다. 최근 지구의 대기 온도 상승으로 빙하들이 녹아 해수면이 상승하고 있는 등 기후변화에 대한 우려가 큰 상황에서 기존과 같이 화석연료나 원자력에 의존하는 전력수급 체계로는 제4차 산업혁명을 안정적으로 뒷받침하기 어려울 수도 있어, 세계는 친환경적인 신재생에너지의 비중 확대와 새로운 에너지원 개발에 나서고 있다. 우리나라도 신재생에너지를 확대하기 위한 정책을 추진한 지는 이미 이십 년 가까이 되고 있으나 신재생에너지에 불리한 자연적 조건과 낮은 수율로 인해 아직 전체 발전량의 6~7% 수준에 머물고 있는 실정이다. 반면, 국가별로 차이는 있겠지만 세계 전체의 신재생에너지의 발전비중은 2017년 약 25%에 이르고 있어 우리나라와는 차이가 크다.<sup>67)</sup> 따라서 신재생에너지의 비중 강화라는 세계적 추세를 감안하면 우리나라는 각별히 관심을 가지고 정부가 정책을 추진할 필요가 있다.

향후 세계 인구가 110억까지 증가할 것이라는 전망이 나오고 있다는 점까지 감안한다면 청정 에너지원의 개발과 친환경적인 전력생산의 증가는 반드시 필요한 과제인 것이다. 따라서 신재생에너지 분야에서도 제4차 산업혁명의 과급 속도와 영향에 걸맞은 기술적 혁명이 필요하며, 이를 위해 세계 각국은 신재생에너지 분야에 더 과감한 투자와 기술개발을 위한 노력을 경주하고 있다. 또한 전기에너지의 효율적 수급시스템을 구축하여 낭비되는 전기가 없도록 만드는 것도 중요한 과제이다. 이를 위해 ESS, 스마트그리드와 같은 시스템 구성에 인공지능, 사물인터넷이 접목된다면 전력수급

67) 우리나라는 한전의 2018년 발전원별 전력 구입량을 보면 신재생과 수력이 6.2%이며 세계는 IEA, World Energy Balances Overview 2019에서 Renewables의 비중이 25%에 이르는 밝히고 있다. 다만, 세계의 Renewables의 발전비중은 1970년대 이후 15~25% 사에서 등락하고 있었으므로, 우리나라와는 본질적으로 신재생에너지의 출발점부터 달랐음을 알 수 있다.

의 효율성을 최적화시킬 수 있다. 4차 산업혁명과 관련된 에너지 기술은 이외에도 인공광합성을 이용한 에너지 생산기술이나, 마이크로웨이브를 이용한 전송기술 등 다양하지만 여기서는 새로운 에너지원의 개발과 전기의 효율적 사용 및 재생에너지 확대를 중심으로 다루고자 한다.

## 가. 핵융합 발전 분야

기존의 태양광, 풍력, 조류발전, 지열 등 신재생에너지원을 활용한 발전기술은 계속 효율화되고 있지만, 그리드패리티 차원에서 발전단가를 비교하면 현재로서는 화석연료를 중심으로 하는 기존 발전방식에 뒤쳐진다.<sup>68)</sup> 물론 신재생에너지 발전기술이 발전해나가고 외부효과 등을 감안하게 되면 조만간 그리드패리티가 달성될 시점이 오겠지만, 당장은 신재생에너지원에 의한 발전에 대한 국가의 보조금 기반이나, 법률에 의한 의무가 없으면 발전이 계속될 수 없을 것이다.<sup>69)</sup> 앞으로 제4차 산업혁명이 진행될수록 지속적·대폭적인 전력수요 증가가 예상되므로 기존 신재생에너지 발전 기술 개선 및 개발 노력을 지속하면서, 한편으로는 추가적인 새로운 에너지원을 발굴하여야 할 필요성이 크다.

새로운 미래 에너지원으로 가장 각광받는 분야 중 하나는 핵융합이라고 할 수 있다. 핵융합은 핵이 분열하며 에너지를 방출하는 원자력과 반대로 핵이 융합하는 과정에서 방출되는 에너지를 이용하는 것인데, 태양과 같은

68) 그리드패리티(Grid Parity)란 신재생에너지원의 발전단가가 기존의 발전원(화석연료 및 원자력)에 의한 발전단가와 동일해지는 수준에 이르는 단계를 말한다. 그리드패리티는 국가마다 신재생에너지 발전을 위한 자연 조건과 기술수준에 따라 다르다. 우리나라의 경우 2018년도 전력거래소에서 발전원별 구입단가(kWh)를 비교해보면, 원자력 62.18원, 석탄 83.19원, LNG 122.62원, 신재생 176.03원, 수력 118.98원으로 아직은 신재생에너지가 가장 비싸다.

69) 단순히 발전원별 단가만을 비교하는데 대한 비판은 원전의 경우 철거비용과 대형 사고에 따른 위험성을 감안해야 하며, 화석연료에 의한 발전은 이산화탄소 배출과 질소산화물에 의한 미세먼지 등의 외부효과 등을 감안해야 하는데 이를 계산하지 않고 단순히 외부효과가 거의 없는 신재생에너지와 비교하는 것은 맞지 않다는 것이다. 2018년 에너지경제연구원이 자체 수립한 시나리오에 따른 발전원별 균등화 발전단가 연구에 의하면 태양광 발전의 경우 2020년후 반이나 늦어도 2030년까지는 원자력보다 발전단가가 낮아질 것이라는 결과를 발표했다.

	원자력	석탄	LNG	태양광	육상 풍력
2017년	64.51	81.22	92.00	118.65	124.25
2030년	72.66	100.66	98.71	66.03	93.24

\* 발전단가 : 원/kWh, 원자력: 전국, 이용률 80% 기준, 태양광: 3,000kW 이상 설비, 유휴부지 설치기준

항성이 방출하는 빛과 에너지의 원리와 같은 것이다. 원자력과 비교해서 핵융합은 엄청난 장점을 가지고 있다. 핵융합 발전의 원료가 되는 중수소는 바다에서 얼마든지 얻을 수 있는데, 그 매장량은 이론적으로 인류가 약 200억년을 사용할 양이라고 하며, 안전성에 있어서도 핵융합은 원료인 수소를 핵융합로에 조금씩 보충하는 방식이므로 유사시 원료공급을 중단해버리면 핵융합반응이 중단되어, 원자력과 같이 핵연료봉 제어에 실패해서 발생할 수 있는 재앙적 상황이 발생할 가능성이 없다. 또한 위험한 방사능 폐기물은 아주 소량이며 수십년이 지나면 중저준위 폐기물이 되어 원자력 발전에 비해 매우 깨끗한 에너지로 평가받는다. 이와 같은 장점으로 핵융합은 꿈의 에너지라고 불려지지만, 핵융합은 지구의 자연 상태에서는 일어나지 않는 현상이므로 인공적으로 핵융합을 유도하기 위해서는 1억도 이상의 초고온 플라즈마를 만들고 유지시킬 수 있는 장치와 기술이 필요한데, 현재 프랑스의 ITER이나 우리나라의 국가핵융합연구소는 바로 이런 기술을 개발하고 실험중이다.<sup>70)</sup>

우리나라는 1996년에 출범한 핵융합연구개발사업단이 2007년 국가핵융합연구소가 되어 관련 연구개발을 담당하고 있다. 국가핵융합연구소는 KSTAR라는 초전도 핵융합연구장치를 독자 기술로 개발하였으며, 금년 초에는 세계 최초로 1억도의 플라즈마 초고온 상태를 달성하여 1.5초 동안 유지하는 성과를 냈다고 2월13일 발표한 바 있다. 또 한국은 프랑스에 있는 국제핵융합실험로 ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)<sup>71)</sup>의 건설에 주도적인 역할을 하는 국가중 하나로 국가핵융합연구소는 핵심 부품들을 수주하여 한국에서 제작한 후 프랑스로 운송하여 설치하고 있다. 핵융합 발전의 실용화 전망은 2040년 정도로 아직은 멀게 느껴지지만, 우리나라가 기술을 선도하고 있으며, 원자력을 대체할 에너지의 혁명적 전환을 불러올 수 있는 분야이므로 지속적인 노력과 지원이 필요하다.

---

70) 핵융합 기술의 핵심은 토카막(Tokamak)으로 불리는 핵융합로의 개발인데, 수소 플라즈마를 만들고 보관하기 위한 장치다. 수소 플라즈마를 만들기 위해서는 1억도라는 초고온을 달성해야 하는 반면, 플라즈마를 유지·보관하기 위해서는 초전도 전자석에 의한 강력한 자기장이 필요한데 초전도 상태를 형성하기 위해서는 절대온도에 가까운 영하 269도 이하의 상태를 유지해야 하는 초저온 기술이 동시에 필요한 매우 어려운 기술인 것이다.

71) ITER은 프랑스 카다르쉬에 건설중이며 2025년 완공 이후 2042년까지 500MW급 핵융합 발전의 기술적·공학적 실증을 위한 실험을 해나갈 예정으로 EU, 미국, 러시아, 중국, 일본, 인도 그리고 우리나라 7개국이 참여하고 있다.

## 나. ESS(Energy Storage System)와 스마트그리드

전기는 생산됨과 동시에 소비되어야 하는 에너지다. 즉, 생산된 전기가 사용되지 않으면 그 전기는 전력망내에서 그냥 사라지게 된다. 따라서, 전기는 소비량에 맞추어 생산하는 것이 중요한데, 소비량은 예측할 수가 없으니 통상 과거 데이터나 예측치보다 10~15%를 더 생산하고 있다. 따라서, 통상 더 생산하여 버려질 수 밖에 없는 전기를 저장해둔 전기로 커버할 수 있다면 그만큼 전기생산을 위해 버려지는 화석원료 등의 에너지를 절약할 수 있게 되니, 발전소를 더 건설하는 것과 같은 효과를 가져온다. 특히, 태양광이나 풍력과 같은 신재생에너지원에 의한 발전의 경우 가장 큰 단점은 필요할 때 반드시 생산할 수 있다는 보장이 없으므로 생산의 안정성 측면에서 취약하다는 문제를 가지고 있다. 하지만 수요가 없는 시점에서 생산된 전기를 저장했다가 추후 수요가 증가하는 경우에 쓸 수 있게 된다면 신재생에너지를 더욱 효율적으로 활용할 수 있게 되는 것이다. 즉, 전기를 잘 저장해두고 쓸 수 있는 시스템을 마련하는 것은 국가의 전력수급체계를 효율화시키고 탄소배출을 줄이는 등의 큰 장점이 있다.

### (1) ESS(Energy Storage System) 분야

전력공급에서 가장 중요한 분야 중의 하나가 첨두 부하의 관리, 즉 수요 피크(Peak)에 잘 대응하는 것이다. 그래서 보통 전력공급에서 기저부하는 원자력과 수력 등 상시적으로 전력을 생산하는 발전소가 담당하고 첨두부하는 주로 LNG와 같이 필요한 순간에 신속하게 발전을 할 수 있는 가스발전이 담당하게 된다. 발전원가의 측면에서 보면 LNG와 같은 가스발전이 가장 비싸고 석유나 석탄이 중간, 원자력이 가장 낮은 발전원가의 갖는 구조를 가지고 있다. 따라서 전력회사는 수요 관리를 위해서 수요 피크를 이루는 시간대의 전기요금을 가장 비싸게 책정한다. 한편, 발전회사와 소비자의 중간에서 도매 또는 소매로 전력을 공급하는 회사에서는 가장 싼 시간대의 전기를 저장해서 수요 피크를 이루는 시간에 비싼 가격에 팔아 차익을 볼 수 있는 기회가 생기게 된다. 이것이 스마트그리드를 구축하게 되

는 중요한 경제적 인센티브의 하나인데, 발전회사의 입장에서조차 수요 피크를 안정적으로 관리할 수 있어서 좋고 정부도 수요 피크에 대비하기 위한 에너지의 낭비를 줄일 수 있을 뿐 아니라 탄소배출 및 미세먼지 저감 등으로 친환경 정책에도 도움이 된다. 여기에서 가장 중요한 부분이 바로 전기를 효율적으로 저장하고 공급할 수 있는 시스템인데, 이것이 ESS라고 불리는 스마트그리드의 핵심 시스템 중의 하나다. 특히 ESS는 분산 전원 관리를 위한 마이크로그리드에는 거의 필수적인 장치라고 할 수 있다.

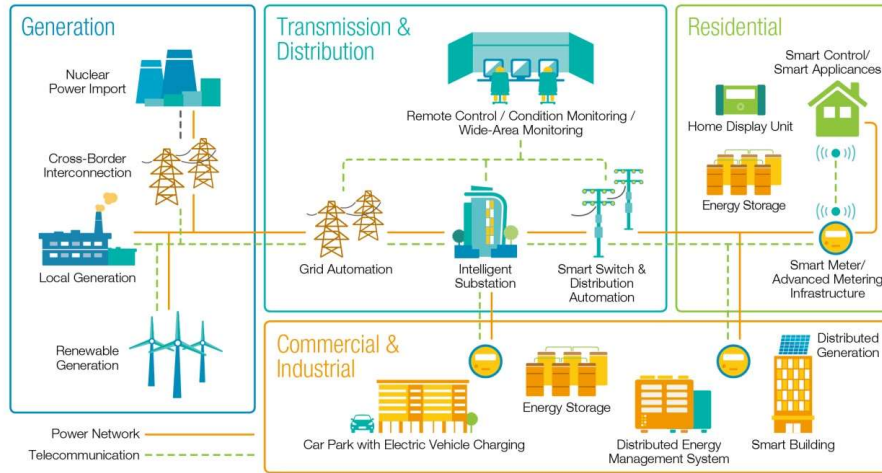
전기를 저장하는 기술에서 가장 핵심은 배터리, 즉 저장장치다. 사용하고 다시 충전할 수 있는 배터리를 이차전지라고 하는데, 이차전지는 ESS 뿐만 아니라 전기자동차의 핵심 부품이기도 해서 최근 이차전지 분야에서 비약적인 기술발전이 이루어지고 있다. 하지만, 2017년 이후 국내에서 ESS 설비 화재가 27건이나 잇따라 원인 규명을 위한 정부조사가 진행되고 있다. 세계에서 ESS가 가장 많이 설치된 나라는 바로 한국이다. 정부가 보조금으로 ESS 설치를 장려하면서 ESS는 2016년 274개에서 2018년말 1,490개로 큰 폭으로 증가했는데 초기 기술의 문제점과 설치 급증에 따른 시공상의 문제점 등이 지적된 바 있다.<sup>72)</sup> 향후 세계적으로 ESS 시장의 전망이 밝은 만큼 화재로 인해 해외의 신뢰도가 떨어지지 않도록 정부와 국내 대기업인 배터리 제조회사들의 화재 원인규명과 대책 마련 등 적극적인 대처가 필요하다.

## (2) 스마트그리드(Smart Grid) 분야

생산과 동시에 소비되어야 하는 전기를 최대한 효율적으로 사용하는 방법은 소비패턴과 소비량에 맞게 생산하는 것이다. 즉, 공급자가 소비에 관한 정확한 정보를 가지고 있다면 가능할 것인데 이를 뒷받침 할 수 있는 것이 스마트그리드라고 할 수 있다. 스마트그리드란 기존 전력망에 정보·통신기술을 접목하여, 공급자와 수요자간 양방향으로 실시간 정보를 교환함

72) 동 기간 발생한 27건의 ESS 화재에서 9건은 삼성SDI, 15건은 LG화학이 생산한 배터리에서 발생했다. 이에 산업부가 조사위를 통해 5개월간 조사하고 대책을 발표하였으나, ESS 화재가 계속 발생하자 2차 조사위를 가동한 상황이다. 다만, 특이한 점은 ESS 화재가 모두 국내에서만 발생했고, 외국에 수출한 사례에서는 없었다는 점인데, 이와 관련 국내에서의 무리한 ESS 설치 확대와 수익성을 감안한 소규모 발전사업자들의 과잉 발전 등이 원인이 될 수도 있다는 점이 제기되기도 하였다. 시사저널e, 2019.10.23., “26개월새 27건...국내에 유독 잦은 ESS 화재, 원인과 대책은?” 참고.

으로써 지능형 수요관리, 신재생 에너지 연계, 전기차 충전 등을 가능케 하는 차세대 전력인프라 시스템을 말한다.



[그림 2] 스마트그리드 개념도

<https://www.clp.com.hk/en/about-clp/power-transmission-and-distribution/smart-grid>

우리나라의 현재 전력공급시스템은 공급자 중심의 중앙집중식이라고 할 수 있는데, 한국전력공사가 전체 전력수요를 예상하여 이보다 10~15% 높은 수준으로 전력망에 공급하는 안정적 공급을 중시하는 형태다. 반면, 스마트그리드에서는 각 계통에 센서를 달아 소비자의 수요에 실시간의 반응하는 커뮤니케이션이 가능하기에 중앙집중식보다 지역중심의 분산된 전력망을 구축하게 되며 전국적인 발전소 가동을 최소화하게 된다. 또한 인근 지역에서 신재생에너지에 의해 발전된 전력을 활용하기에도 용이하며 적절한 규모의 ESS나 마이크로그리드를 갖추게 되면 지역 자체적으로 최적화된 전력수급이 가능하다. 마이크로그리드는 자체적으로 전력을 생산하는 소규모 네트워크를 말하는데, 아파트별로 또는 마을별로 필요시 전력을 생산하여 사용하므로 송전손실을 크게 낮출 수 있다. 향후 인공지능과 사물인터넷 기술이 접목된 스마트그리드 운영이 가능하게 되면, 전기에너지의 수급은 더욱 최적화 될 수 있을 것이다.

산업통상자원부는 2011년 지능형전력망 관련 법령을 마련하고 2012년에는 스마트그리드 시스템 정착을 위한 기본계획을 수립하였다. 당시 세계적으로 스마트그리드 사업의 비전이 명확하지 않은 상황에서 산업부의 스마트그리드 추진은 전세계적으로 주목을 받았다. 이후 제주도에 실증사업



을 추진하고 현재 서울과 광주로 확대 추진중이며 스마트미터링이 가능한 스마트계량기 보급사업을 추진중이다. 그러나, 스마트그리드를 도입한다는 것은 광범위한 소비자와 국가의 전반적 전력공급 체계를 아우르는 방대한 정책인 점을 감안하면 무작정 정해진 목표대로 속도감있게 추진해 나가는 것만이 반드시 능사는 아니라고 할 것이다.<sup>73)</sup> 정부는 명확한 사업비전과 인내심을 가지고 모든 국민과 기업을 설득해나가야 하며 관련한 인프라도 확충해야 하므로 서두르기보다는 국내 사정과 관련 기술의 발전 동향 그리고 스마트그리드를 추진하고 있는 미국, EU 국가들의 사정을 보아가며 적절한 스피드로 추진해나가는 것이 옳다고 생각한다. 향후 ESS 및 EMS 등의 관련 기술과 투자비용도 계속 낮아지고 있어 적절한 수준의 기술과 적절한 비용이 적용될 수 있도록 관련 사업의 진행속도를 잘 조절해 나가야 할 것이다.<sup>74)</sup>

#### 다. 재생에너지(Renewable Energy)<sup>75)</sup> 분야

2014년 The Climate Group과 Carbon Disclosure Project(CDP)는 늦어도 2050년까지 전력의 100% Renewable Energy로 달성하자는 제안을 하였고 이에 자발적으로 참여하는 기업들이 ‘RE100’ 이라는 그룹을 형성하게 된다. RE100은 민간의 자발적인 모임인데, 현재 206개의 세계적 기업이 참여하고 있어, 세계적으로 영향력이 매우 크다.<sup>76)</sup> 실제로 RE100 가입 기업으

73) 전기는 일반적으로 거래되는 다른 에너지와 달리 국민 생활 그 자체와 밀착된 에너지로 경제는 물론 문화, 사회 등 국가 전반의 제도가 모두 결합된 하나의 시스템이라고 생각되며, 따라서 수급을 포함한 운영원리를 바꾸는 것은 국민의 생활은 물론 국가 전반에 지대한 영향을 미친다고 할 수 있다.

74) 스마트그리드 기술의 세계 시장 진출 기회를 감안하면 기술선도를 위해 속도감있는 사업추진이 바람직하게 보이지만, 스마트그리드는 매우 광범위한 국가적 사업이며, 스마트그리드를 도입하려는 배경이 국가마다 달라 기술적 우위가 반드시 세계 시장 진출을 보장해주지 않을 수도 있다. 따라서 정부는 국내에 가장 최적화된 스마트그리드 시스템을 구성하는 목표에 우선순위를 두고 정책을 추진해나가야 할 것이다.

75) 『신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법』에서는 신에너지와 재생에너지를 구분하여 정의하고 있으며, 재생에너지를 “햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지”로 정의하고 있다.

76) RE100은 순수 민간의 자발적인 운동으로 출범하여 Coca Cola, CITI bank, Facebook, Goldman Sachs, GM, Google, HP, Microsoft, Morgan Stanley, P&G, Philips, Starbucks, Walmart 등의 세계적 기업들이 참여하고 있다. RE100은 재생에너지가 저렴한 다른 국가 등에서 조달하는 것을 인정하지 않으며, 자가발전, 부지내 설비, 직통선 구매, 발전사업자로부터 전력구매계약, 전력회사로부터 전용상품 계약(녹색요금제 등) 등의 경우만을 재생에너지 구매로 인정한다. 또한 최장 2050년까지 100%를 달성한다는 목표는 매 10년마다 시기별로 최소

로 인해 재생에너지에 친화적이지 않은 기업이 불이익을 받을 가능성도 있는데, 우리나라의 경우 BMW가 삼성SDI에게 전기차 배터리 납품시 재생에너지를 일정비율 이상 사용하여 생산한 제품을 납품하라고 권고하거나, 세계 최대 국부펀드인 노르웨이 국부펀드가 전력생산의 30% 이상을 석탄에 의존하는 전력회사에 대해 투자하지 못하게 하는 조항을 신설하면서 한국 전력공사에 대한 투자금을 회수한 사례가 있다.

이러한 추세에 따라 산업부는 2030년까지 재생에너지의 발전 비중을 20%까지 높인다는 ‘재생에너지 3020 이행계획’을 2017년말에 발표하였다. 동 계획에 의하면, 재생에너지 발전비중을 17년 38%, 8%에서 2030년 57%, 17.7%로 대폭 확대하는 것으로 되어 있다. 아직 2030년까지는 많은 시간이 남았지만, 우리나라의 경우 태양광과 풍력은 입지 문제로 인해 추진에 많은 어려움이 예상되며, 무리한 확대를 추진할 경우 부작용도 우려된다.<sup>77)</sup> 태양광, 풍력은 주로 농지와 산지에 설치할 수 밖에 없는데 인허가 과정에서 현지 시민단체나 주민들과의 마찰이 종종 보도되고 있다. 또 현지 사정을 잘 모르는 도시 은퇴자들이 태양광 발전시설을 건설하는 사업자의 말만 믿고 사업성이 떨어지는 부지를 권유받아 발전시설을 설치하거나 건설업자의 부실시공 등으로 피해를 보고 있다는 보도도 나오고 있다. 물론 일부 그와 같은 실패 사례들이 있을 수는 있겠지만 무리하게 태양광 발전시설을 확대시키다 보면 그와 같은 피해가 발생할 확률은 더 높아질 가능성이 크다.

풍력발전의 경우에는 특히나 입지를 찾기 어렵는데 우리나라의 바람지도를 보면 풍력발전에 유리한 입지는 백두대간으로 불리는 태백산맥 등 산지와 바닷가 밖에 없지만, 산지에 풍력발전기 설치에 환경단체들의 완강한 반대에 직면하고 있고, 바닷가는 인근 어민들의 어업보상 요구 등으로 설치가 매우 어려운 실정이다.<sup>78)</sup> 단순한 정부의 정책적 노력으로는 한계가 있을 것이므로 국민적 공감대 형성이 필요함은 물론 국가차원의 정치적 결단이

---

달성 기준을 책정하여 2020년 30%, 2030년 60%, 2040년 90%, 2050년 100%를 달성하여야 한다. 2018년말 현재 참여기업들의 재생에너지 목표 수요는 연간 220TWh에 이른다.

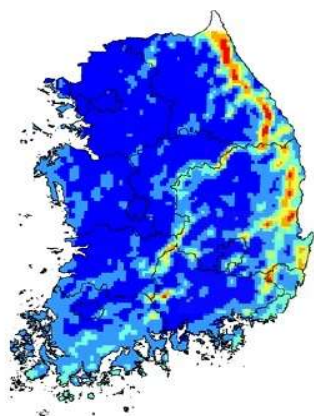
77) 일각에서 현재의 신재생에너지 목표에 대해 우려를 표하는 소리도 있다. 우리나라는 신재생에너지를 용이하게 생산할 수 있는 자연적 조건이 갖추어있지 않다는 것이다. 중앙일보, 2018.12.18., “정부 신재생에너지 비중, 목표치 절반으로 낮춰야”

78) 국가바람지도에서 나타나는 최적입지는 다음 그림과 같다.

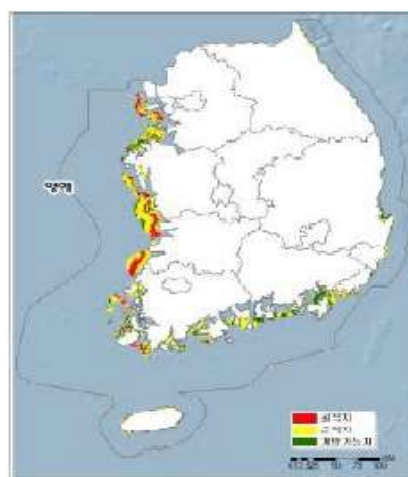
필요할 수도 있을 것이다. 따라서 정부는 자연적 조건부터 신재생에너지에 불리한 우리나라의 실정을 감안하여 관련 정책수립에 있어 더욱 깊은 고민을 해야만 할 것이다.

## 제2절 제4차 산업혁명으로 인한 경제·사회의 구조적 변화

두 번의 산업혁명 역사에서 볼 수 있듯이 산업혁명은 필연적으로 우리 사회와 경제를 구조적으로 변화시켰다. 제4차 산업혁명도 마찬가지로 우리 사회와 경제의 구조적 변화를 초래할 것이 분명한데, 그 변화의 범위와 속도는 우리의 현재 시스템이 감당할 수 없을 정도로 넓고 빠를 수도 있으며, 세계 모든 국가에서 관심을 가지고 협력해야 할 이슈들이 많을 것이라고 Klaus Schwab은 주장한다. 따라서 정부와 관련 업계뿐만 아니라 모든 국민이 언제 어떻게 밀어 닥칠지 모르는 충격에 대비하도록 하는 것이 옳을 것이다. 얼마나 준비가 되었느냐에 따라 우리는 산업혁명의 파도를 타고 변화를 선도하고 비상할 수도 있지만, 반대로 저항하다 거센 파도에 밀려 멀리 뒤쳐져 버릴 수도 있는 것이다. 따라서 우리는 비록 현재 상황에서 제4차 산업혁명이 몰고 올 변화를 정확하게 예상할 수는 없지만, 가능한 미리 대비할 수 있는 선에서 그 변화의 본질과 핵심을 살펴보아야 한다.



A : 육상 풍력 자원도



B : 해상 풍력 자원도

A: 박재형 외 4인, 2014, “GIS 및 수치지도를 활용한 육상풍력발전단지 적지 분석”

B: 김현구 외 4인, 2009, “국가바람지도 및 지리정보시스템 기반의 해상풍력단지 입지전략 연구”  
(시나리오 I - 현재 기술수준 조건)

## 1. 경제활동의 탈인간화와 불평등의 확대

제4차 산업혁명의 서곡이 울렸을 당시부터 일성이 바로 인간이 일자리를 잃게 될 것이라는 우려였다. 과거 산업혁명 당시에도 인간들의 일자리를 기계들이 차지하게 되면서 해프닝이 많았지만 결국에는 일자리가 더 생겨 일자리에 대한 우려가 없다는 낙관론도 있다. 과거 산업혁명에서는 단순 노동을 기계가 대신하게 되었으나 기계는 생산량을 높이는데 이용되었고, 인간은 창의성과 감수성을 발휘해 양적 측면에서 제품과 서비스의 품질을 높여 부가가치 창출에 기여할 수 있었기에 일자리가 유지되거나 더 늘어날 수 있었다고 할 수 있다. 하지만, 인공지능과 같은 기술은 인간의 판단력, 창의성마저 머신러닝이라는 학습과 모방으로 대체할 예정인데, 과연 인간이 더 부가가치 창출에 기여할 수 있을지가 관건이다. 낙관론만을 믿고 손을 놓을 수도 없는 입장이고 그렇다고 비관론에 우려하여 다가오는 제4차 산업혁명의 높은 파고에 저항을 할 수도 없다.

인공지능이 인간의 일자리를 대체하는 사례로 IBM의 인공지능 Watson을 들어볼 수 있는데, 2016년 길병원을 시작으로 부산대병원, 건양대병원 등에서 종양분야 인공지능 의사(Watson for Oncology)으로 도입되었다. 환자의 기록을 입력하면 자체적으로 분석하고 예측한 진단과 그에 맞는 치료법을 제시한다.<sup>79)</sup> 물론 아직은 Watson이 제시한 치료법은 참고하는 수준이고 담당의사가 진료에 모든 책임을 지지만, 향후에는 Watson이 모든 책임을 지고 처방을 내리고 치료를 하게 될 날이 오게 될지 모른다. 인공지능 의사의 등장으로 일자리를 잃게 될 의사는 어떤 일을 하게 될지, 의사와 비슷하거나 더 나은 소득의 일자리를 갖게 될지 아직은 알 수 없다. 다만, 미리 준비가 되어있지 않다면 기간이 얼마나 될지는 모르겠지만 최소한 마찰적 실업으로 인한 어려움이 있을 것이라는 사실만 예상할 수 있을 뿐이다. 지금 당장은 인공지능으로 대체될 일자리들에 대한 우려가 앞서지만, 보안

79) Watson은 의학서, 학술지 및 임상 빅데이터 1,500만페이지 분량을 통한 머신러닝을 마쳤으며, 환자의 진료기록을 보고 개인정보, 과거 진료기록, 가족력 등을 참고하여 진단은 물론 향후 병증의 진행 예측과 이에 따른 치료법을 제시한다. 다만, 아직은 한국의 임상데이터들이 빅데이터화 되지 않아 Watson이 한국인의 병증에 정확한 진단과 처방을 내릴 수 있는지에 대한 비판적 시각도 있다.

산업과 같이 앞으로 일자리가 더 생겨날 분야도 있다. 그런데, 실직한 인력이 새로 생겨나는 일자리로 갈 수 있는 지는 또 다른 문제다. 이런 부분에서 인력의 수급이 원활하도록 예상하고 준비하는 것이 중요한 정부의 역할일 것이다.

경제학에서 생산요소는 노동과 자본 두 가지다. 인공지능은 기계에 해당하므로 자본으로 분류된다. 2017년 EU는 스스로 작동할 수 있는 로봇에게 ‘전자인간’의 지위를 부여하는 방안을 의회에서 의결했다고 하지만, 그것은 조세와 같은 행정편의를 위한 방편에 불과하며, 기업 등에 생산요소로 사용될 로봇을 노동도 자본도 아닌 제3의 생산요소로 분류할 필요는 없다. 로봇이나 인공지능이 인간의 직업을 대신하게 된다면, 그것은 생산요소에 있어 자본의 비중이 더 높아지는 결과를 가져오며, 근로소득보다 자본소득이 더 커지게 되어, 노동만 가진 사람보다 자본을 많이 가진 사람에게 유리하도록 소득이 재분배되는 결과를 가져오게 된다. 바로 이 점이 많은 학자들이 우려하는 제4차 산업혁명에 의한 경제적 불평등의 확대다. 여기서 소득의 불평등은 자본에 대한 과세 강화로 해결하면 된다고 단순하게 생각할 수도 있는데, 과연 일자리를 상실한 사람에게 이전소득으로 보완해주면 문제가 모두 해결될 것인지는 장담할 수 없다. 일자리가 주는 소득외의 다른 효용과 일자리로 인한 미래의 잠재적 소득가능성을 이전소득으로 모두 보상받을 수 없기 때문이다. 즉, 일을 통해서 보람을 얻거나 일을 통해서 새로운 가치를 창출하게 될 지식이나 경험을 습득할 수도 있는데, 일자리를 잃어버리면 그런 기회들을 모두 상실하게 되는 것이다.

그리고 제4차 산업혁명 과정에서 일자리를 상실한 노동자가 비슷하거나 더 나은 소득이 보장되는 일자리로 갈 수 있는 확률보다는 낮은 소득의 일자리로 갈 확률이 더 높다. 왜냐하면 비슷하거나 더 나은 소득의 일자리는 이전부터 그냥 있던 일자리가 아니라 새로운 부가가치를 창출하도록 만들어져야 할 일자리들인데 그런 일자리들은 쉽게 생기지 않기 때문이다. 그런 관점에서 보면 특히 인간의 창의성이나 지적 기여도가 낮은 일자리는 기계로 대체될 가능성이 높는데, 그런 일자리는 비교적 저소득층의 일자리일 개연성이 크다. 인공지능이 인간의 일자리를 대체할수록 노동의 가치는

전체적으로 하락할 수 밖에 없는데, 그렇게 되면 저소득층의 어려움은 더욱 가중될 가능성이 크다.<sup>80)</sup> 그렇게 되면 최소 단기간이라도 인간의 노동이 제4차 산업혁명으로 인한 기술발전의 종속되고, 계층간 불평등은 더욱 확대되는 결과를 가져올 수 있다.

## 2. 분권·다원화 및 융·복합화로 인한 경제의 구조적 복잡화

현재 우리 경제와 사회의 조직구조는 대부분 중앙집중식 구조를 가지고 있다. 정부에는 중앙정부와 지방자치단체가 있고, 기업에는 본사와 지사가 있지만, 중요한 의사결정은 거의 중앙에서 이루어지고 있는데, 이는 비단 우리나라뿐만 아니라 다른 나라에서도 거의 비슷하다. 향후 제4차 산업혁명의 특징인 초지능과 초연결은 경제와 사회의 조직화를 어떤 방향으로 변화시켜 어떤 구조를 가지게 될 것인가? 먼저, 초지능과 초연결을 통해 중앙에서 지방의 컨트롤을 더욱 쉽게 할 수 있어 중앙집중식 구조를 더욱 강화할 수 있는 가능성이 있다. 하지만, 동시에 그 반대 방향의 조직화도 가능하다. 즉, 인공지능과 사물인터넷 등으로 현장에서도 많은 정보가 빅데이터화되고 의사결정에 필요한 정보에 접근이 가능하게 된다면, 굳이 중앙에서 의사결정을 할 필요가 없게 된다. 오히려 많은 정보와 의사결정으로 과부하가 걸릴 수도 있는 중앙집중의 조직구조를 다원화시킬 경우 더 현실적이고 바람직한 의사결정이 이루어질 수도 있다. 그리고, 지방에서도 정보와 의사결정 능력을 가지게 된다면, 분권과 다원화에 대한 요구는 더욱 강해질 것이며 자연스럽게 권한이 다원화되는 결과를 가져올 것이다. 즉, 제4차 산업혁명의 기술로 인해 우리의 경제와 사회 구조는 중앙집권화보다는 더 다양화되고 분권적인 사회로 바뀌게 되어 이전보다 복잡한 구조를 갖게 될 것으로 예상된다. 만약 중앙집권화가 더 강화되어 제4차 산업혁명으로 인한 수혜가 중앙으로 집중되고 골고루 분산되지 못한다면, 오히려 제4차 산업혁명은 순탄한 길로 갈 수 없을 것이다.<sup>81)</sup>

80) 고용정보원은 제4차 산업혁명시대에서 위기를 맞을 가능성이 높은 직업으로 콜센터 요원, 생산 및 제조관련 단순 종사원, 의료진단 전문가, 금융사무원, 창고작업원, 계산원 등을 제시하였고, 유망직업으로는 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 가상현실, 드론, 생명공학, 정보보호, 로봇공학, 소프트웨어 분야 전문가를 예로 들었다.

81) Klaus Schwab, 2018, *ibid*, Chapter 4. Empowering All Stakeholders

블록체인 기술은 분권화를 촉진시키는 상징적 기술이다. 현재 거의 모든 보안 및 데이터 관련 시스템은 중앙의 관리자를 전제로 구축되어 있지만, 블록체인의 분산원장 기술은 네트워크에서 관리자를 필요하지 않으며, 개별 노드에서 데이터를 독립적으로 관리하면서도 해킹이나 데이터 위·변조를 방지하고 있다. 분권화되고 다원화된 경제·사회 구조에서는 지역단위의 효율성은 높아질 수 있지만 전체적인 차원에서 효율성은 오히려 낮아질 수도 있다. 또 분권화된 체제에서는 전체적인 시스템적 안정성은 더 높아지지만, 전체적인 관점에서 체제의 정합성의 제고를 위해서는 거버넌스의 문제를 살펴보아야 한다. 예컨대, 현재도 지자체간 특정 산업을 육성하기 위한 인센티브 등이 과잉경쟁 현상이 보이거나 분쟁이 발생하는 경우 중앙정부가 나서서 조정하는 것과 같은 메커니즘이다.

또 제4차 산업혁명 기술의 다른 특징인 융·복합화는 경제활동을 구조적으로 복잡화시키고 있다. 이것은 다가올 새로운 현상은 아니지만 이전보다 융·복합화 관련 이슈는 빠른 속도로 증가할 전망이다. 가까운 예로 이미 몇 해 전 Smartwatch라는 시계형 전자기기에서 맥박이나 심전도를 측정할 경우 의료기구로 허가를 받아야 되는지를 두고 이슈가 된 바 있다. 마찬가지로 앞으로 사물인터넷 기술은 더욱 혁신적인 제품들을 탄생시켜 모든 업종의 경계를 넘나들게 될 것이고, 웨어러블 기기들은 이제 체내 삽입형으로 발전하고 있으며 침대, 가구와 같은 제품들도 의료산업 및 바이오 업종 분야와 중첩성을 보이고 있다. 이렇게 경제활동이 복잡화하게 될 경우 기업들은 계약, 제휴, 인수, 합병 등으로 더욱 자유롭게 기업간 관계를 설정할 수 있도록 요구하게 될 것이며, 이는 촘촘히 규제가 도입된 기존의 경제시스템에서 불만과 개선의 요구를 올려나오게 할 것이다.

### 3. 정치시스템과 정부의 기능 약화 및 역할 재조정 필요성

제4차 산업혁명이 진행되면 분권·다원화되는 경제활동으로 인한 영향은 사회전반으로 파급될 것인데, 이에 대응하는 정치시스템과 정부가 변화의 속도를 맞춰나가며 제 기능을 할 수 있을까? 아마도 현재 체제를 그대로 유지한다면 그런 기대를 하기는 어려울 것으로 생각되며, 제4차 산업혁명의

과정에서 빚어지는 갈등과 사회적 마찰 역시 효율적으로 감당하기 어려울 것으로 예상된다. 제4차 산업혁명 같이 국민의 삶과 국가 전반에 영향을 미치는 대변혁은 국가의 모든 시스템이 순조롭게 바뀌어 갈 때 가장 효과적이고 효율적으로 수용이 될 것이다. 최근 제4차 산업혁명에 대한 과학과 기술적 측면에서의 연구와 논의는 다양하게 진행되고 있는데, 우리나라에서 그런 기술혁신이 실제로 작동할 수 있을 것인지에 대한 논의는 많지 않은 것 같다. 예컨대, 실제로 자동차업체가 우리나라 실제 도로에서 Google이 WAYMO의 자율주행차로 아리조나주에서 했던 주행시험과 똑같은 시험을 할 수 있는지, 인공지능으로 인해 유발되는 실업문제를 잘 해결해 나갈 수 있을 것인지, 유전자기술에 대해서는 주요 선진국들과 같이 배아에 대해서도 연구개발을 허용할 것인지 등의 과제를 우리나라 정치계와 정부가 어떻게 풀어나갈 수 있을지에 대한 해법을 찾는 논의가 잘 보이지 않는 것이다.

특히 국회를 중심으로 하는 우리나라의 정치시스템은 민주화 과정을 거친 이후 입법과 행정부 견제라는 고유의 기능에 충실하기 위해 많은 노력을 기울였고, 입법조사처와 예산정책처 등을 설립하며 활동과 권한을 강화해나갔다. 그러나 우리 국회는 아직도 설득과 합의를 통한 분쟁해결이나 정책의 생산에는 한계를 보이고 있으며 국회의 역할에 대한 국민적 기대도 높지 않다는 평가가 있다.<sup>82)</sup> 그럼에도 불구하고 정부 정책의 입법의존도는 갈수록 높아져 국회의 표결만 기다리다 실기하거나 사장되는 경우도 많다. 앞으로 제4차 산업혁명의 과정에서 새로운 산업화를 지원하고 경제구조의 복잡화로 인한 마찰과 갈등을 정치적으로 잘 풀어내기 위해서는 국회에서 사회통합과 갈등해소 기능을 활성화시킬 수 있는 계기가 필요하다.

국회의 입법권과 행정부에 대한 견제 기능이 강화되면서 행정부가 정책을 주도하고 문제해결을 위해 나서던 적극적인 모습은 이제 찾아보기 어렵게 됐다. 정책을 입법에 의존하게 되면서 국회가 정치적 대립으로 공전하는 상황이 발생하면 관련 부처는 손을 쓸 수 없는 상황이 된다. 야당이 정

---

82) 김기동·이정희, 2017, “한국 시민들의 신뢰수준이 정치참여에 미치는 효과 연구” 및 가상준·안순철, 2010, “입법에 의해 종결된 공공분쟁의 특징: 국회의 역할을 중심으로” 참고. 위 두 논문은 국회와 정부에 대한 낮은 신뢰수준 및 정치적 문제해결 과정에서 국회의 기여도가 높지 않음을 지적하고 있다.



부와 여당이 추진해야 하는 정책의 발목을 잡는 상황은 우리 국회에서 흔히 않게 볼 수 있는 사례다. 그렇다고 정부가 선뜻 나서다가 문제가 해결 되지 않거나 상황이 악화되면, 국회에서 질타를 받게 되고, 이런 상황이 반복되면 행정부와 공무원들의 최선의 선택은 책임을 피해 다니는 일 밖에 없는 무기력한 모습이 되어 버린다. 그렇게 되면 업계와 국민들이 직접 국회와 청와대를 찾아다니게 되는데, 일부는 해결이 될지 몰라도 이해관계가 첨예한 이슈들은 오히려 거리로 나서게 되는 악순환이 발생하는 것이 우리나라 정치시스템과 정부의 현실이 되어가고 있다. 국회나 정부가 언제나 신속하게 문제를 해결할 수 있는 것은 아니겠지만, 최소한 이러한 정치시스템과 정부의 모습은 제4차 산업혁명을 선도하겠다는 목표를 가진 국가에 걸맞은 모습은 아니다.

어느 나라를 막론하고 국가의 시스템 전반이 시계부품처럼 정밀하게 맞춰 돌아갈 수는 없을 것이다. 주요 선진국의 경우에도 우리나라보다 정치시스템이 잘 작동하고는 있지만, 제4차 산업혁명의 속도와 규모를 따라잡기에는 역부족일 것이라는 예상을 하고 있고, 이러한 점에서 WEF는 거버넌스의 문제에 대해 ‘기민한 거버넌스(Agile Governance)’를 주문하고 있다. WEF가 주장하는 기민한 거버넌스는 단지 빠르다는 것만이 아니라 더 많은 이해관계자와의 소통을 포함하는 개념이며, 파일럿테스트와 실행을 중심으로 빠른 피드백을 받을 수 있는 정책을 구상하는 것이 중요하다고 한다. WEF는 기민한 거버넌스의 형성을 위한 수단으로는 정책실험실(Policy labs), 규제샌드박스, Crowdsourced policy-making, Regulator와 Innovator의 협업, Public-private 데이터웨어링 등을 예시로 들고 있으며, 정부를 벗어나 민간 스스로도 셀프규제, 윤리기준 마련, 기술혁신의 투명성 제고, 관계자 또는 기업의 협업 생태계 활성화 등을 권고하고 있다.<sup>83)</sup> 앞으로 제4차 산업혁명은 경제 및 사회의 구조적 복잡화를 더욱 촉진할 것인데, 정부의 경제정책은 타겟을 잡기 더욱 어려워지며 정책효과가 알 수 없는 틈새로 누수될 가

---

83) WEF, 2018.1, “Agile Governance: Reimagining Policy-making in the Fourth Industrial Revolution” 참고. WEF는 기민(agile)하다는 것이 반드시 속도가 빠르다라는 것은 아니며, 더 포괄적이고 사람중심적인 접근방식을 의미한다고 한다. 또한, WEF는 기민한 거버넌스를 위해 System thinking, Design thinking을 제안하며, 정부 등의 거버넌스의 주체들은 과거와 같이 계획, 통제 중심이 아닌 파일럿테스트, 실행 중심의 정책으로 전환하여 정책에 대한 빠른 피드백을 받는 것이 중요하다고 한다.

능성도 높아져 정책의 유효성은 더욱 저하되게 될 것이며, 규제 역시 자칫 선부르게 시도하다가 의도하지 않은 부작용을 초래할 우려도 크다. 따라서 갈수록 복잡화되는 민간 분야에 국회와 정부가 직접적인 규제나 간섭은 지양하고 권한을 이양하여, 민간이 스스로 게임의 룰을 만들도록 하고 국회와 정부는 민간분야의 투명성 제고와 모니터링을 담당하는 것이 더 시장친화적이고 효과적인 대안이 될 전망이다.

예컨대, Gig Economy라는 현상은 소위 플랫폼경제종사자라고 불리는 비정규직 고용을 확대시키고 있지만, 플랫폼 노동이라는 것은 고용관계가 모호하고 고정사업장이 없는 등 고용의 실체가 없어 기존의 고용관계를 규율하는 관계 법령으로는 실체가 인식되지 않는다. 2018년말 고용정보원에서 처음으로 3만명의 표본조사를 통해 약 47만~54만명의 플랫폼경제종사자가 있는 것으로 추산하였으며, 대표적인 4개의 플랫폼 노동 직종으로 대리운전, 퀵서비스, 음식배달, 택시운전을 예로 들었다. 위 직종으로만 보면, 사회적으로 보호를 받아야 할 약자의 노동이라고 생각되겠지만, 엄밀히 말하면 플랫폼경제는 디지털기술의 발달에 의해 서비스의 생산과 소비가 조직되는 새로운 방식에 불과한 것이다.<sup>84)</sup> 따라서 플랫폼경제종사자에게는 기회와 리스크가 모두 존재하는 것이며, 보호받아야 할 직종이 많다고 선불리 규제를 하기도 어려운 새로운 영역 것이다.<sup>85)</sup> 이렇게 구조적으로 복잡한 새로운 영역이 나타나면, 정부의 대응도 어렵고 기존 정책의 효과와 영향력도 감소하게 될 것이다. 이런 거버넌스의 공백을 방지하기 위한 최선의 선택은 시장과의 소통 확대 및 권한의 이양 또는 배분이 될 것이다.

#### 4. 더 가까워진 세계와 더 멀어진 세계

시야를 넓혀 해외로 보면 선진국들은 제4차 산업혁명에 대비하기 위해 연구개발에 몰두하고 있는 반면 아직도 세계 인구의 절반 이상이 인터넷

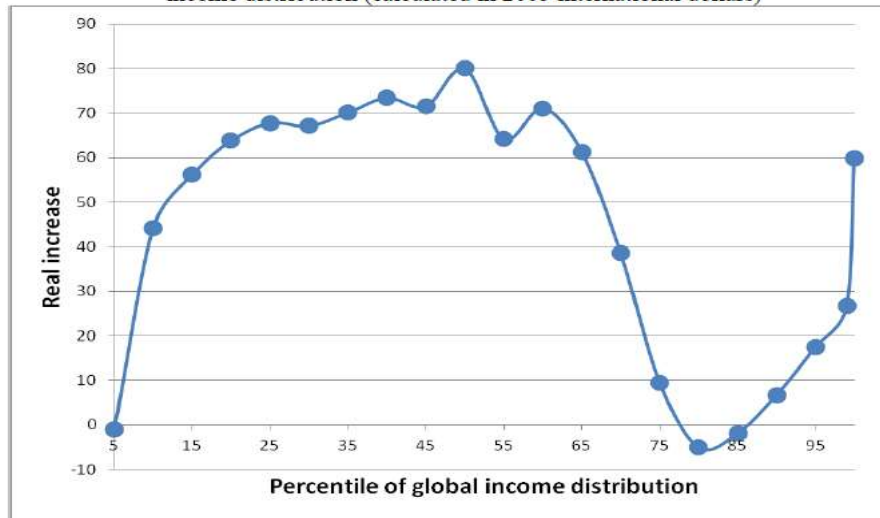
84) 김준영 외 4인, 2018, “플랫폼경제종사자 규모 추정과 특성 분석”, 한국고용정보원. 위 보고서에 의하면 플랫폼경제종사자에 대한 긍정적 시각을 갖는 측에서는 공유, 협조와 같은 긍정적 용어를 선택한 반면 부정적 시각을 갖는 측에서는 깃, 프리캐리아트(Precariate - precarious와 Proletariat의 합성어)와 같은 용어를 선택한다고 한다.

85) Irene Mandl, 2019, “Platform work: Maximising the potential while safeguarding standards?”, Eurofound Policy Brief.

접속조차 어려운 것이 현실이다.<sup>86)</sup> 현재도 선진국과 개발도상국의 격차가 큰 편이지만, 이대로 가면 제4차 산업혁명을 지나는 과정에서 선진국과 개도국의 격차는 더 벌어질 수 밖에 없으며, 한 국가내에서 국민들의 불평등 수준도 마찬가지로 더 벌어지게 될 것으로 예상된다. 따라서 제4차 산업혁명과 관련된 담론을 주도하고 있는 WEF와 같은 곳에서는 불평등의 격차를 줄이는 것을 제4차 산업혁명이 직면한 가장 큰 과제라고 보고 있다.

또한 새로운 기술의 물결은 부의 흐름을 바꾸어 놓기도 한다. 새로운 기술과 문명을 주도하고 그 물결에 올라탄 국가들은 부가 크게 증가한 반면, 그렇지 못한 국가들은 혜택을 보지 못한다. 제3차 산업혁명 과정에서 세계 소득의 흐름이 어떠했는지를 잘 보여주는 그래프가 있는데, 그 모습이 마치 코끼리와 닮아서 ‘코끼리 커브(Elephant curve)’ 라고 알려진 그래프다.

Figure 4. Change in real income between 1988 and 2008 at various percentiles of global income distribution (calculated in 2005 international dollars)



Note: The vertical axis shows the percentage change in real income, measured in constant international dollars. The horizontal axis shows the percentile position in the global income distribution. The percentile positions run from 5 to 95, in increments of five, while the top 5% are divided into two groups: the top 1%, and those between 95<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles.

### [그림 3] Branko Milanovic의 코끼리 커브(Elephant Curve)

이 그래프는 World Bank Research Department에서 근무하던 브랑코 밀라노비치라는 경제학자가 1988년에서 2008년까지 30년간 소득구간별 소득 증가율을 나타낸 그래프다.<sup>87)</sup> 조사기간이 공교롭게도 제3차 산업혁명이 가

86) UN International Telecommunications Union의 추정에 따르면 2017년 세계 인터넷 접속 인구의 비율은 48%이며, 선진국은 인구의 81%, 개발도상국은 41.3%이다.

장 활발히 진행되던 시기와 겹쳐 제3차 산업혁명으로 인한 영향도 잘 반영되었다고 생각된다. 밀라노비치는 소득 상위 1% 구간의 소득증가율 60%와 중위 구간인 50%와 60% 근처에서 소득증가율이 70~80% 증가한 점에 주목하고 이 두 구간의 계층을 진정한 승자(winner)라고 하였는데, 상위 1% 소득구간은 미국, 독일, 영국 등 선진국의 제3차 산업혁명의 기술을 선도하는 계층이라고 볼 수 있고 중위구간은 제3차 산업혁명의 물결에 올라탄 중국, 인도, 브라질 등 신흥국의 상위 소득자라고 할 수 있다. 반면, 75~90% 소득구간은 소득이 감소하여 진정한 패자(loser)로 여겨지는데 밀라노비치는 이 계층을 주로 동구권, 남아프리카 및 세계화에서 소외된 기존의 부유층으로 추정하는 이들은 제3차 산업혁명에서 소외된 계층으로 보면 될 것이다.

제4차 산업혁명은 그래프는 달라질지 몰라도 또다시 위와 같이 세계의 소득과 부의 지도를 바꿔놓을 것이 분명하다. 그동안 국가간 소득불평등이 계속 확대되어 오긴 했지만, 그래도 개발도상국에게는 선진국에 비해 낮은 임금이라는 경쟁력이 있었다. 하지만, 기계가 인간의 일자리를 대체해버릴 제4차 산업혁명 시대에서는 더 이상 선진국의 기업들이 임금과 같은 저렴한 생산요소를 찾아 해외로 나갈 이유가 없어진다. 특히 낮은 임금의 우수한 노동력이 필요해서 개발도상국으로 갔던 기업들이 되돌아오는 리쇼어링 현상이 점차 증가할 것이다. 그렇게 되면 개발도상국들이 기대할 수 있는 소득은 지난 산업혁명에서보다 낮은 수준이 될 것이며, 이런 상황은 개발도상국 국민들의 불만을 키우게 되고 국가간 불평등을 키워 국제적 갈등과 분쟁을 불러올 가능성을 높이게 된다. 현재도 선진국과 개발도상국의 소득과 부의 불평등이 큰 편인데, 현재보다 더 확대되는 것은 결코 바람직하지 않다. 특히 아직도 인터넷에 접근이 어려운 국가들과 노동소득에 의존도가 높은 계층이 노동력의 위기를 불러올 가능성이 높은 제4차 산업혁명의 과정에서 소외되지 않도록 제4차 산업혁명을 주도하는 국가나 기업들은 개발도상국과 협력하는 계기를 더욱 확대시키고 배려하는 정책을 펴야 한다.

---

87) Branko Milanovic, 2013, “Global income inequality by the numbers: In history and now”  
 2. From the fall of the Berlin Wall to the global financial crisis: who won and who lost라는 주제에서, Milanovic는 위 그래프에 나타난 소득구간별 소득증가율은 globalization의 결과라고 주장하고 있다. 한편, The Economist 2019년 10월 18일자에서 “Shooting an elephant - Global inequality” 라는 제하의 기사에서 인구 증감의 측면 등을 고려하지 않았다는 지적과 함께 수정된 그래프를 제시했으나 그 형태가 큰 차이는 없다.

## 5. 인류에 대한 재정의(Re-definition)와 새로운 문명

제4차 산업혁명은 사람중심의 산업혁명이 되어야 한다고 한다. 이와 관련하여 대통령 당선 직전인 2017년 4월 문재인대통령의 후보 시절 과학의 날 기념 메시지중 다음 부분이 회자되기도 한다. “우리가 노력하지 않아도 4차 산업혁명 시대는 올 것입니다. 우리가 노력하지 않는다면 ‘사람’ 이 빠진 4차 산업혁명 시대를 맞게 될 것입니다.” 여기서 사람이 중심이 된다는 것이 어떤 의미인지, 또 사람을 위한다는 것은 어떤 의미인지 우리는 잘 생각해야 한다. 긍정적이던 부정적이던 인류는 제4차 산업혁명에 성공적으로 정착될 무렵이면 현재와는 완전히 다른 존재가 되어 있을지도 모르기 때문이다.

생물의 진화에서 배웠던 ‘적자생존’ 이라는 말은 이미 인류에게는 적용되지 않는 말이다. 가장 강한 종들만이 살아남는다는 거칠고 동물적으로 들리는 자연의 법칙은 말 그대로 자연스럽게 제일 우수한 종이 살아 후세를 남길 수 있도록 해주는 ‘대자연(Mother nature)’ 의 위대한 법칙이다. 하지만, 인류는 내부적으로는 자연의 법칙을 거스를 수 있을 만큼 스스로 진화했고 외부적으로는 사람이 아니면 아무도 살아남을 수 없다고 할 수 있을 만큼 자연계의 정점에 존재하게 되는 절대 강자가 되었다. 앞으로 제 4차 산업혁명 시대에서는 질병을 극복하는 수준의 문제가 아니라 ‘유전자 편집’ 과 ‘줄기세포’ 와 같이 스스로를 변종시킬 수 있는 기술에 다가서고 있는 것이다. 유전자 정보를 해독하고, 유전자를 편집하여 후세를 직접 디자인 할 수 있는 인간이라면 이는 분명 과거에 우리 선대가 살았던 삶에서 생각했던 인간의 모습과 같을 수는 없을 것이다.

‘일’ 이라는 것은 인류에게 아주 각별한 삶의 수단이자 방식이다. 우리는 일을 해야 생존에 필요한 돈과 같은 자원을 확보할 수 있고, 일을 통해 자아성취라는 삶의 동기도 부여받을 수 있다. 반대로, 이율배반적이지만 그동안 사람들은 일에서 해방되고 싶어 했고 일하지 않고 살 수 있는 삶을 꿈꾸기도 했다. 인간에게 일이라는 것은 이렇게 두 가지의 상반된 측면이

있는 존재다. 제4차 산업혁명만은 인류 역사상 최대의 노동의 위기를 초래할 것이라고 하는데, 과연 제4차 산업혁명은 인간과 일의 관계를 어떻게 정립시킬 수 있을까? 인간을 일로부터 해방시켜 주는 것일까, 아니면 긴 역사와 함께 해온 삶의 방식이자 희망이었던 일을 인간에게서 빼앗게 될 것인가? 기술의 발달로 인공지능과 같은 기계가 인간보다 일을 더 잘 하게 된다면, 인간은 기계가 창출하는 부가가치로 일을 거의 하지 않고 편안하게 살아도 좋을 것인지, 또는 인간이 할 수 있는 일이 기계를 위한 일이라는 역설적 상황에서 인간이 기계, 기술에 종속되는 삶을 살아도 좋은 것인지 등의 철학적 문제가 남는 것이다. 그런 상황이 닥치면 좋은 해결방안이 나올지 지금은 알 수 없지만, 보다 본질적인 문제들은 미리 고민하고 미리 사회적 합의를 이루어둘 수 있도록 하는 것도 좋을 것이다.

사람을 위한 제4차 산업혁명이라고 하지만, 기계나 기술은 어떤 것이 사람에게 좋은 것인지를 모른다. 어떤 것이 사람에게 좋은 것인지는 인간의 본질적 측면의 문제이기 때문에 오직 사람만이 알고, 판단하며, 결정할 수 있는 것이다. 기계가 알고리즘으로 인간의 삶에 관한 판단하고 결정할 경우가 생긴다면 그 알고리즘은 반드시 인간의 철학적, 윤리적 고뇌가 녹아들어난 판단과 결정이 구현될 수 있도록 짜여야 할 것이다. 어느 쪽이든 인간은 분명 지금과 다른 삶을 살아야 하고 새로운 문명이 창출되어야 한다. 새로운 철학이 필요하고 새로운 윤리가 필요할 것이다. 그렇지 못하면 인간은 기계문명에 종속될 수도 있다. 사람, 인류에 대한 고민이 곧 인문학인데, 인문학은 경제적 현실에 가려져 있다. 균형있는 사고와 학문적 발전이 필요한 시점이라고 하겠다.

## 제4장 : 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책의 방향

### 제1절 제4차 산업혁명에 대한 정책 설계

#### 1. 제4차 산업혁명의 개념적 수용

제4차 산업혁명이라는 용어는 이미 모르는 국민이 없을 정도로 흔하게 접할 수 있는 용어가 되었다. 동 주제와 관련한 강의, 세미나, 컨퍼런스 등은 식상할 만큼 자주 접하게 된다. 국책 연구기관들도 이미 소관 연구주제 등을 4차 산업혁명과 연관시켜 보고서를 내거나 국내 혹은 국제 컨퍼런스를 개최하지 않은 곳이 없을 정도다. 이렇게 4차 산업혁명은 이미 뉴스나 보고서를 통해 어느 정도 익숙한 용어로 등장했지만, 막상 4차 산업혁명에 대해 명확한 공통의 관념을 설정하고 얘기하거나 논의를 진행하는 경우는 아직 별로 없는 것 같다. 그것도 그럴 것이 제4차 산업혁명이라는 용어 자체가 Davos 포럼을 개최하는 WEF라는 곳에서 행사용으로 만들어 낸 용어라는 주장까지 있는 실정이고, 제4차 산업혁명이라는 용어에 대해서도 학계나 연구계에서 그 개념이나 범위에 대해 아직 제대로 논의되지 않았기 때문이다. 세계경제포럼(WEF)은 이후 글로벌 미래위원회를 조직하고 관련 전문가 네트워크도 만들어 제4차 산업혁명에 대한 많은 이슈를 다루고 있지만, 아직도 세계적으로 제4차 산업혁명이라는 용어가 공감대를 이루고 있지는 않으며 정부에서 공식적으로 사용되는 경우도 많지 않다.

우리나라에서는 여러 강의나 도서에서 강사나 저자들이 각자 나름대로 해석하고 정리한 제4차 산업혁명론을 제시하고 있지만 여전히 다양한 의견들을 엮어낼 구심점이 필요한 상황이다. 그렇다면 과기정통부와 같은 소관 부처나 산하 연구원 등 정부 기관이 중심이 되어 우리나라에서 필요한 한국형 제4차 산업혁명론을 정리해 볼 수도 있겠으나, 이 또한 제4차 산업혁명을 보는 관점들이 다르며, 관련 산업별로 이해관계도 제각기 다른 상황일 것이므로 모두가 만족할 수 있는 결론을 내기가 그렇게 쉽지는 않을 것이다. 하지만, 정부가 공식적으로 제4차 산업혁명을 다루는 정책적 접근을

위해서는 이러한 작업이 필요하다. 즉, 가능한 범위내에서라도 4차 산업혁명에 대한 관념적 명확화와 공감대를 만들어 “한국형 제4차 산업혁명론”을 도출할 수 있도록 해야 할 것이다. 그래야만 여러 관계부처가 서로 다른 정책을 개발해도 목표 등 일관성을 유지하고 중복을 방지할 수 있으며, 수립된 정책을 제대로 평가를 할 수 있기 때문이다.

그렇다면 제4차 산업혁명이라는 거대한 관념을 정책적으로 다룰 때는 어떻게 이를 정책내에서 구체화할 수 있을 것인가? 우선, 산업혁명의 핵심은 바로 산업혁명을 촉발시킨 기술로 인해 우리 국민의 삶이 어떻게 변화될 것인가, 그리고 관련 기술들을 어떻게 우리 삶의 개선을 위해 활용할 것인가라는 부분을 명확하게 하는 것이다. 즉, 제4차 산업혁명을 대비하고 선도해 나가기 위한 우리 목표를 명확히 하는 것이 선행되어야 한다. 이 부분에 있어서는 일본의 “Society 5.0”이라는 일본의 제4차 산업혁명 관련 정책을 주의깊게 살펴볼 필요가 있다.<sup>88)</sup> Society 5.0은 “초스마트사회”라는 목표를 설정하고, 고령화 사회에서 필요한 제4차 산업혁명 관련 기술에 대한 지원은 물론 제4차 산업혁명으로 인한 사회적 변화를 어떻게 수용할 것인지를 밝힌 정책이다. 우리나라에서도 제4차 산업혁명을 이와 같이 개념화하고 구체적으로 그려내야 향후 정부의 정책적 접근이 용이할 것으로 생각된다.

## 2. 기존 정책에서 제4차 산업혁명의 개념화 현황

2016년 제4차 산업혁명론이 제기된 같은 해인 지난 정부말 미래창조과학부를 중심으로 제4차 산업혁명 관련 정책입안을 위한 노력이 처음으로 이루어졌다. 창조경제가 지난 정부의 주요 국정과제였던 만큼 제4차 산업혁명론에 대한 정책대응 노력은 바로 이어졌으며 연말에는 관계부처 합동으로 종합대책을 발표하였다. 그러나, 2016년 12월 관계부처 합동으로 발표된 “제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책”에서도 명

---

88) Society 5.0은 일본 정부를 중심으로 마련한 일본형 제4차 산업혁명 종합대책인데, 일본의 현실 등을 잘 반영한 제4차 산업혁명에 대한 개념화를 통해 제4차 산업혁명을 어떻게 활용하고 지원할 것인지를 종합적으로 그려내고 있다.



확한 개념 정의는 보이지 않는다. 다만, “지능정보기술이 중심이 되어 촉발될 산업혁명”이라는 정도로 간략하게 규정되어 있다. 그 뒤로 대통령 탄핵 정국을 맞아 4차 산업혁명에 대한 정책은 더 이상 추진 동력을 이어가지 못했고 더 이상 정책 관련 노력은 표면화되지 못했다.

문재인정부가 출범하고 4차 산업혁명 관련 정책은 미래창조과학부가 과학기술정보통신부로 재편되고 4차 산업혁명위원회가 발족되면서 다시 틀을 잡게되는데, “4차 산업혁명위원회” 홈페이지에 게시된 장병규위원장의 강연 PPT에서는 4차 산업혁명을 “인공지능, 빅데이터, 초연결 등으로 촉발되는 지능화 혁명, 그리고 그 이상”으로 개념을 정의하였다. 한편, 가장 최근의 정부 관련 자료로는 과학기술정보통신부의 웹진 “플러스기술” 2018년 12월호에 실린 한세광 포항공대 신소재공학과 교수 인터뷰 관련 자료가 있다. 한세광 교수는 4차 산업혁명 시대를 다음과 같이 설명하였다. “21세기 현재 정보통신기술의 발달과 더불어 융·복합 기술의 중요성이 대두되면서 초연결성(Hyperconnectivity) 및 초지능성(Superintelligence)을 기반으로 하는 4차 산업혁명의 시대가 도래했다.”

이상과 같이 아직까지 우리 정부에서는 해당 산업기술까지 포함하는 정책적 개념은 아직 구체화되었다고 보기 어렵다. 우리나라의 과학기술, 산업의 수준 등을 고려할 때, 우리가 4차 산업혁명 관련 모든 기술을 지원하기는 어려울 뿐 아니라 모든 관련 기술이 우리나라에 필요한 것도 아니다. 우리 산업에 대한 현실적 맵핑(mapping)을 통해 제4차 산업혁명에서 우리가 주력으로 삼아야 할 기술, 민간 기업에서 독자적 개발이 어려운 기술 등을 조속히 파악하여 한국형 제4차 산업혁명 정책의 기초로 삼아야 한다.<sup>89)</sup>

### 3. 제4차 산업혁명의 정책화 한계점 등

과거의 단계별 산업혁명에서 본다면, 제1차 산업혁명은 증기기관과 방적 관련 기술, 제2차 산업혁명은 석유를 중심으로 한 내연기관과 화학기술, 전

89) 지난 정부에서 2016년에 종합대책이라는 이름으로 관련 대책을 발표하였지만, 구체성이나 현실성 등의 측면에서 보완될 필요가 있으므로 향후 적절한 시점에서 기존의 제4차 산업혁명 정책을 종합적으로 보완하는 정책을 마련할 필요가 있을 것으로 생각한다.

기 및 통신 관련 기술 등이며, 제3차 산업혁명은 ICT 및 신재생에너지 관련 기술이 각 단계별 핵심이라고 할 수 있다. 이에 비해 제4차 산업혁명은 위에서 밝힌 바와 같이 선행적 개념이므로 아직은 초연결(Hyper-connectivity), 초지능(Super-intelligence)과 같은 추상적 개념 위주로 제시할 수 밖에 없다는 한계는 어쩔 수 없을 것 같다. 하지만, 현재 4차 산업혁명 관련 핵심 기술이 전혀 베일에 가려진 상황은 아니고, 이미 어느 정도 개발이 되어 있거나 기술적 영향이나 결과를 예상할 수 있는 시점이므로 현재 개발중이거나 개발될 예정인 기술의 향후 성공가능성 등을 참고하여 제4차 산업혁명의 핵심 관련 기술을 예측하고 선정할 수 있을 것으로 생각된다. 즉, 정책적 시각에서 보면 제4차 산업혁명의 개념과 관련하여 중요한 점은 바로 제4차 산업혁명이 본격 진행될 단계에서 우리나라가 가장 성공적으로 개발하고 활용할 수 있는 기술들이 어떤 것들인가를 정확하게 파악하는 것이다.

두 번째 측면은 방대한 제4차 산업혁명 관련 기술을 체계적으로 하나의 그릇에 담아 지원할 수 있는 정책으로 만들어 낼 수 있는 것인가라는 문제이다. 무작정 좋다는 기술만을 나열식으로 열거하는 것으로는 효과적인 정책을 기획하기 어렵다. 우리에게 정말 필요하고 성공가능성이 있는 기술들을 발굴하여 체계적으로 지원하고 관리할 수 있는 그릇을 만들어야 한다. 이를 위해 관련 산업을 포함한 각계의 연구기관들이 모두 머리를 맞대고 우리가 추구해야 할 제4차 산업혁명이 무엇인지를 밝혀야 할 것이다. 그리고 제4차 산업혁명을 과학기술, 연구개발 또는 기업에 대한 지원 위주의 대책으로만 판단하고 조세나 예산지원 같은 재정수단만으로 접근하면 곤란하다. 제4차 산업혁명은 단지 과학기술이나 연구개발, 기업대책의 수준에서 다룰 이슈가 아니며, 제4차 산업혁명이 사회적으로 미칠 방대한 영향을 감안하면 관련 정책은 범사회적 종합 대책으로 철학적 윤리적 이슈까지 포괄적인 대책으로 다뤄져야 한다.<sup>90)</sup>

그리고 제4차 산업혁명을 다루기 위해서는 매우 장기적인 시계를 가져야 한다. 우리나라는 제9차 개헌 이후 단임제 대통령제가 되면서 과거 4차례에 걸친 경제개발 계획에서 보여준 장기적 시계의 정책운영의 장점을 잊어

90) The McKinsey Global Institute는 제4차 산업혁명의 양상이 제1차 산업혁명에 비해 속도는 10배, 규모는 300배, 사회적 충격은 3,000배 더 클 것으로 전망했다. The Economist, 2016.6.23. 참조

버린 듯하다. 특히 우리나라의 정치가 합의에 기반을 둔 민주주의 본연의 정치보다는 대결과 진영 중심의 대립하는 정치가 관행으로 자리잡게 되어 권력이 교체되고 나면 가장 먼저 전정부의 업적을 지우고 새 정부 색깔을 입히는 작업부터 하게 되니 5년을 넘길 수 있는 정책이 많지 않게 되었다. 하지만 제4차 산업혁명은 최소한 20년은 봐야할 장기적 시계의 정책이므로 행정부만이 아니라 국회에서도 여야를 떠나 장기적 시계의 정책수립과 그에 따른 입법의 뒷받침이 이루어질 수 있도록 노력해야 하므로 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책의 추진은 매우 강력하고 통합적인 리더십이 바탕이 될 수 있어야 한다. 제20대 국회에서 ‘4차 산업혁명 특별위원회’를 설치하였으나 여야 대립으로 국회가 공전하는 상황에서 눈에 띄는 성과를 남기지 못했다. 여야가 극단적으로 대립하는 우리 정치풍토에서 국가의 미래를 위한 제4차 산업혁명 관련 정책조차 협의와 토론이 쉽지 않은 현실이 아쉬울 뿐이다.<sup>91)</sup>

#### 4. 외국의 정책 참고 사례

제4차 산업혁명이라는 용어는 Klaus Schwab이 제안하고 다보스포럼에서 사용된 것이지만 아직 제4차 산업혁명이라는 용어를 외국 정부가 정책에서 공식적으로 사용한 사례를 찾아보기 쉽지 않다는 점은 이미 밝힌 바와 같다. 비록 인공지능, 사물인터넷 등 디지털과 통신 기술이 산업계를 혁신적으로 바꾸어 놓고 있기는 하지만, 아직 외국 정부들은 이러한 기술혁신을 새로운 산업혁명의 단계로 인식하기보다는 현재 기술 발전의 연장선상에서 기존 산업정책을 수정·보완해나가거나 새로운 기술 등으로 인해 새로운 정책이 필요하게 되면 해당 기술에 대한 정책을 수립하는 상황 정도로 생각된다. 따라서 참고가 될 만한 외국 정부의 정책 사례로 독일의 ‘Industrie 4.0’와 ‘Arbeiten 4.0’ 그리고, 일본의 ‘Society 5.0’을 살펴보고자 한다.

91) 제20대 국회에서 4차산업혁명 특별위원회가 두 차례 설치되어 운영되었다. 2018년 상반기(6개월)에 설치된 특위에서는 김성식의원이 위원장을 맡았으며, 2018년 하반기와 2019년 상반기(연장)에 설치된 특위에서는 정병국국원이 위원장을 맡았다. 동 특위는 입법심의권은 없었으며 주요 활동으로는 부처 업무보고, 공청회 개최, 연구용역 발주, 해외 시찰 등의 활동을 하였고, 성과로는 타 위원회 소관 법령에 대한 의견 제출 및 정부 시행령, 훈령 등에 대한 개정 의견을 담은 결의안 채택, 정부 정책에 대한 권고 및 공청회와 해외시찰 결과보고서 등을 남겼다.

## 가. 독일의 Industrie 4.0 및 Arbeiten 4.0

### (1) Industrie 4.0 개요

Industrie 4.0은 정보 및 통신 기술을 활용하여 제조 프로세스에서 장비의 지능적 네트워킹이 이루어져 효율적이고 경쟁력있는 제품생산을 가능하게 하려는 것을 말한다. 즉, Industrie 4.0은 제4차 산업혁명론이 제기되기 이전인 2011년 독일 제조기업의 생산성 및 경쟁력 제고를 목표로 독일 정부가 제기한 산업정책이다.<sup>92)</sup> Industrie 4.0의 등장 배경은 2008년 세계적 금융위기의 극복과정에서 독일의 경쟁력은 제조업에 있다는 판단에서 비롯되었는데, 당시 임금수준이라든가 인력 여건이 제조업의 경쟁력을 유지하기에 마땅치 않은 상황이라고 판단한 독일 정부는 제조업의 경쟁력 강화를 위한 독일의 미래 산업 패러다임으로 공장의 자동화와 디지털화를 가속화하는 정책을 마련하게 되었는데 이것이 Industrie 4.0으로 귀결되었다.

그러나, Industrie 4.0 초기 버전의 정책은 당시 독일 중소기업들의 인식부족과 표준화에 대한 합의를 진행하기 어려워 당초 의도대로 추진되지 못한 것으로 평가된다. 이에 독일정부는 초기 Industrie 4.0 정책에서 지적된 다양한 문제점을 해결하기 위해 기업계와 학계를 포함하여 추진 체계를 재정비하고, 핵심요건인 표준화 문제 등의 신속한 해결을 위해 새로운 방안을 마련, 2015년 ‘Platform Industrie 4.0’ 라는 정책을 발표하게 되는데, 이것이 우리가 흔히 알고있는 Industrie 4.0이라고 할 수 있다. 아울러 독일정부는 중소기업들에게 Industrie 4.0의 신속한 확산을 위해 관련 정보와 솔루션, 테스트베드를 제공하는 별도의 정책 ‘Mittelstand 4.0’ 를 마련하였으며, 이후로도 관련 정책을 지속적으로 업데이트하면서 독일 제조업의 경쟁력 강화와 제4차 산업혁명에 대비해 나가고 있다.<sup>93)</sup>

---

92) 본 보고서 초반에서 이미 밝힌 바와 같이 제4차 산업혁명론이 등장하면서 Industrie 4.0을 독일의 제4차 산업혁명 대책으로 간혹 오해를 하고 있는 경우가 있다. Industrie 4.0은 스마트팩토리를 중심으로 하는 독일 산업정책의 일환이며, 제4차 산업혁명과 관련이 없는 것은 아니지만, 독일의 제4차 산업혁명 대책은 아니다. 일각에서 독일의 Industrie 4.0이 Klaus Schwab이 주창한 제4차 산업혁명론에 영향을 미쳤으며 Industrie 4.0의 내용이 다 녹아들어갔다고 하면서 양자를 동일시하는 시각도 있지만, 제4차 산업혁명론이 Industrie 4.0의 영향을 받았다고 하더라도 제4차 산업혁명과 같은 것은 아니라는 것이다. [www.plattform-i40.de](http://www.plattform-i40.de) 참고

93) 김성섭, 2018, “4차 산업혁명 시대의 해외 중소제조업 혁신사례 등을 통한 우리나라 중소기업의

## (2) Industrie 4.0 주요 내용

Industrie 4.0에서는 시장 환경이 철저히 개인별로 맞춤형된 제품 수요로 전환되며 기업은 이러한 제품 수요에 대응하여 새로운 제조 시스템을 구축해야 하는 것을 시대적 상황으로 전제한다. 이에 따른 Industrie 4.0의 주요 전략은 네 단계로 나누어 볼 수 있다. 먼저 기업의 제조기술과 제조시스템을 자동화·지능화하는 전략이다. 개인별로 세분화된 수요에 맞춰 주문된 다양한 제품들을 자동화·지능화된 생산설비와 공정을 통해 생산하여 경쟁력있는 기업이 될 수 있도록 하는 것이다. 다음으로는 제조 설비에 대한 전략으로 기업의 제조 시설을 자동화·지능화하고 네트워크와 연결시켜 제품을 온라인으로 주문받아 생산할 수 있도록 기존 공장을 Smart Factory화하는 정책을 추진하는 것이다. 이렇게 Smart Factory 시설 및 장비로 기존 제조 기업들의 공장이 스마트화되면, Networking을 통해 Smart Factory에서 생산된 제품 및 주문 관련 정보 등의 데이터를 축적하여 수요패턴, 생산제품의 품질관리 등 운영을 디지털화하는 것이 세 번째 전략인 스마트운영(Smart Operation)이다. 스마트운영체제에서는 가령 고객이 주문한 제품이 준비, 생산, 배송 어느 단계에 있는지도 실시간으로 추적 가능하며 원재료의 재고상태, 설비의 유지보수 등 전반적인 기업의 경영이 디지털화됨으로써 효율성이 제고된다. 마지막은 제품을 스마트제품화하는 단계로 제품주문에서부터 사용되는 단계까지 단계별로 수집되는 데이터를 통해 제품의 라이프사이클을 파악하고 새로운 비즈니스의 창출을 가능하게 하는 단계다. 스마트제품에 관한 관련 데이터들은 아마존과 같은 유통업체와도 공유가 되면 고객의 구매정보와 연동하여 고객의 새로운 수요를 창출할 수도 있게 되어 국가적으로는 데이터기반의 경제활동이 이루어지는 효과가 나타난다. 독일 정부는 이러한 전략들을 추진하기 위해 산업계, 노동계, 학계 및 정당까지 망라한 협의체를 구성하여 논의를 통해 표준 및 규범화 문제의 해결을 추진하였고, 중소기업의 인식과 역량제고를 위하여 클라우드, 생산공정 등의 에이전시와 지역별 Industrie 4.0 역량센터를 운영하고 있다.

---

경쟁력 강화 방안 연구”, 중기부 직무훈련 보고서 IV. 독일의 제조혁신 지원사례(Industrie 4.0 + Mittelstand 4.0) 사례 참고.

## (2) Arbeiten 4.0

Industrie 4.0이 추진되면서 그 영향은 자연스럽게 노동계에도 미치게 되었고 이에 노동계는 노동포용적인 경제의 디지털화를 주장하게 되었는데, 이와 관련된 논의의 결정판이 바로 Arbeiten 4.0이다. Arbeiten 4.0은 정부, 기업 및 노동계 등 관련 단체들이 경제의 디지털화에 따른 미래의 노동방식과 좋은 일자리의 유지에 대해 합의한 일종의 사회적 계약이라고 할 수 있다. 독일 정부에서 발간한 Arbeiten 4.0 백서에 의하면 노동계는 경제에너지부, 독일산업협회와 함께 미래의 노동을 위한 논의에 나섰고, 최종적으로 디지털화가 고용·숙련·노동시간·임금·건강 등에 해악을 끼치지 않는 방식의 대안을 노사합의로 찾는다는 내용을 공동으로 발표하였다.<sup>94)</sup> Arbeiten 4.0의 다섯 가지 원칙과 여덟 가지 전략을 살펴보면 다음과 같다.<sup>95)</sup>

다섯 가지 원칙 중 첫째는 소득과 사회적 안전이다. 백서에서 성과에 부합하는 소득과 사회적 안전을 누구나 자신의 노동을 통해 누릴 수 있고, 어려운 상황에서도 사회안전망에 의지할 수 있어야 한다고 규정하고 있다. 둘째 원칙은 좋은 일자리다. 누구에게나 좋은 일자리의 기회가 주어져야 한다는 것이며, 좋은 일자리를 전제로 한 완전고용을 정책의 목표로 한다는 것이다. 셋째 원칙은 다양성을 인정해야 한다는 것이다. 근로자의 노동 요구는 생애주기에 따라 변화한다는 것을 받아들여 생애단계에 따른 설계가 필요하다는 것이다. 예컨대 풀타임 근로와 파트타임 근로의 이동성, 가정생활과 경제활동과 이동성 및 고용과 자영업 간의 이동을 보장하여 노동자에게 생애단계 별로 더 많은 자기주도권을 부여해야 한다는 것이다. 넷째

---

94) Federal Ministry of Labour and Social Affairs of Germany, 2017, “White Paper Work 4.0 - Re-imagining Work” 참고. Arbeiten 4.0은 독일 연방 노동사회부(Federal Ministry of Labour and Social Affairs)에서 2015년부터 논의를 시작하여 2016.11월 마지막 회의를 거쳐 2017년 최종 결과를 발표하였다. 독일 노동사회부의 백서에 따르면 노동, 기업, 학계의 전문가 200명 이상이 논의에 참여하였으며 25개 도시에서 175회의 토론회가 개최되어 12,000여명이 참석하였고, 그 외에도 소규모 전문가 회의 및 관련 연구보고서 발간, 1,200명의 개별 노동자 조사 등 광범위한 논의 과정이 진행되었다. 학계에서는 Arbeiten 4.0을 기준으로 18세기 노조의 출현을 1.0, 대량생산이 시작된 19세기를 2.0, 세계화와 디지털화가 진행된 1970년대 이후를 3.0으로 역산하기도 하지만, 4.0이라는 버전은 독일의 Industrie 4.0에 추진에 맞춰 노동의 혁신과 변화를 유도하기 위한 노동정책이라는 의미라고 보는 것이 현실적이다.

95) 박명준, 2017, “한국형 노동4.0의 필요성과 과제:독일 노동4.0의 수용을 통한 ‘노동포용 디지털 경제’로의 이행 모색”, 한국노동연구원, 21세기 디지털 기술변동과 고용관계

원칙은 디지털 노동에서 노동의 질을 유지해야 하며 노동의 질에는 다음 네 가지를 포함한다. (1)고용의 유연성 보장, (2)노동자-기계간 새로운 협력 관계 수립, (3)새로운 조직형태 구축 방향, (4)생산과정에서 빅데이터의 활용 방안이다. 다섯째 원칙은 공동결정, 참여, 그리고 기업문화를 함께 생각해야 한다는 것인데, 이를 위해 국가 차원의 제도가 필요하며, 구체적 사항은 사회 파트너들 간에 또 기업내에서 협의, 결정될 수 있어야 한다.

다음으로 Arbeiten 4.0의 여덟 가지 전략은 위의 다섯 가지 원칙을 구체화하기 위한 것으로 ①노동자 역량강화를 위한 투자 및 보다 넓은 보장을 위해 실업보험에서 노동보험으로 전환, ②유연하고 자기주도적인 노동시간 변화 보장, ③노동자 가사서비스 확대 등 양호한 근로조건의 촉진, ④산업 안전 및 보건 서비스 확대, ⑤고용자 관련 정보보호의 강화, ⑥사회적 동반자 관계에 의한 공동결정 및 근로자의 참여 유지, ⑦자영업자를 위한 사회적 보호의 확대, ⑧청년에 대한 개인경제활동계좌<sup>96)</sup> 부여 등 미래지향적 노동복지 체계의 구축이다.

#### 나. 일본의 Society 5.0

『Society 5.0』은 일본 아베정부의 제5차 과학기술기본계획(2016~2020)에서 제4차 산업혁명 대응을 위해 추진하는 정책에 포함된 분야로 IT 기술의 발전을 사회발전에 결부시켜 미래의 사회상을 제시하는 정책이다.<sup>97)</sup> 동 계획의 Society 5.0의 개념에 대해 문부과학성은 “IT 기술 발전으로 사회 전체가 사이버 공간과 물리적 공간이 융합되는 초스마트 사회로 변화됨에 따라, 구성원들이 필요한 제품과 서비스를 필요한 사람에게 필요한 시간에, 필요한 만큼 제공하고 사회의 다양한 니즈에 세밀하게 대응하여 모든 사람이 질 높은 서비스를 받아 연령, 성별, 지역, 언어의 차이를 초월해 건강하고 쾌적하게 살 수 있는 사회” 라고 정의하고 있다. 일본 정부는 Society 5.0

96) 개인경제활동계좌는 젊은 경제활동자에게 일종의 출발자금 성격의 자금을 제공하여 자기개발, 자격취득, 창업준비 등 경제활동을 준비하는데 도움을 줄 수 있도록 사회적 유산 성격의 급여계좌를 제공하자는 독일식 정책 아이디어다.

97) Society 5.0의 설계자로 알려진 스나미 아쓰시(角南篤) 일본 정책연구대학원대학(GRIPS) 교수는 Society 5.0은 독일의 Industrie 4.0을 더 확대한 개념이라고 하면서 제4차 산업혁명을 산업을 넘어 사회전반에 도입하려는 개념이라고 설명한다. 최해옥 외2인(2017)에서는 Society 5.0은 WEF가 주창한 제4차 산업혁명과 용어는 다르지만 내용상으로는 동일하다고 본다.

을 기술발전을 통한 경제발전과 사회문제의 해결(to balance economic advancement with the resolution of social problems)이라는 기치를 내걸고 있다.<sup>98)</sup> 아울러, 제4차 산업혁명의 기술 발전으로 구현된 산업을 ‘Connected industries’로 명명하고 “IoT, 인공지능(AI), 빅데이터 등 제4차 산업혁명 기술발전으로 모든 사물이 서로 연결되고 거기서 수집된 빅데이터가 새로운 부가가치를 창출하는 새로운 산업의 모습”이라고 정의하고 있다.<sup>99)</sup> Society 5.0은 아베 정부의 기본적 경제정책인 일본재흥전략과 별도로 만든 『미래투자전략 2017』에도 등장하는데, 미래투자전략 2017에서는 Society 5.0 실현을 위한 다섯 가지 전략분야가 제시됐는데 다음과 같다.<sup>100)</sup>

[표 6] 일본 Society 5.0 실현 전략(일본 미래투자전략 2017)

전략과제	주요 시책
빅데이터·인공지능을 활용한 국민건강관리 및 생활지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020년까지 건강·의료 관련 데이터 통합, 관리네트워크 및 플랫폼 구축</li> <li>- 원격진료 등을 통한 의료 효율화</li> <li>- 로봇과 센서를 활용한 고령자·환자 돌봄</li> </ul>
자율주행과 드론을 활용한 물류·교통 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020년까지 무인차 고속도로 대열주행 실현</li> <li>- 자율주행 관련 데이터 공유·수집체제 구축</li> <li>- 2020년까지 5세대 이동통신망 서비스 개시</li> </ul>
데이터를 활용한 Supply Chain 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기업의 데이터 공유 및 기록 포맷 제정</li> <li>- 중소기업에 대한 IoT, 로봇 도입 지원</li> <li>- 중소기업의 IoT·데이터 활용에 대한 인센티브</li> </ul>
IT, 로봇, 센서를 활용한 건설생산성 제고	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원 데이터 활용을 위한 오픈데이터 규칙 제정</li> <li>- ICT를 활용한 교량·터널·댐 신축 및 유지관리</li> <li>- 중소건설사에 대한 ICT 토공 지원</li> </ul>
블록체인 등 선진기술을 활용한 핀테크 육성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fintech 기업 및 금융기관 신사업 도입 촉진</li> <li>- 블록체인 관련 금융인프라 고도화</li> <li>- 핀테크를 활용한 기업의 재무·결제 고도화</li> </ul>

98) 일본 정부가 Society 5.0을 통한 사회문제 해결로 예시하는 사안은 온실가스 감축, 고령사회의 비용 감축, 식량·식품 생산 증가, 지속가능한 산업화, 소득재분배와 지역 불균형 해소 등임

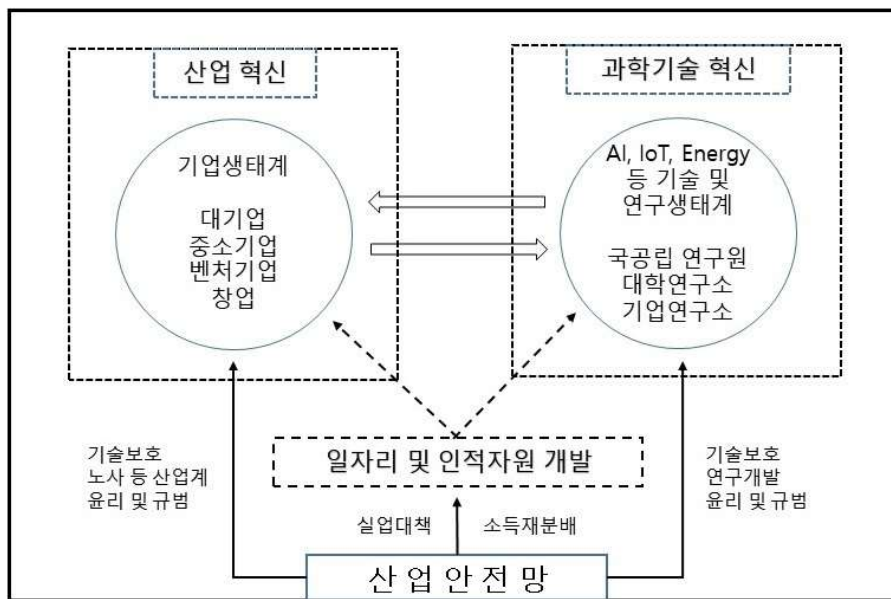
99) 일본 내각부 홈페이지 [https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html) 참고

100) 정석완, 2018.6.4. “일본정부의 4차 산업혁명 관련 산업전략”, KDB Weekly Report 참고



## 제2절 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책 분야

여기서부터는 보다 각론적 측면에서 정부가 정책으로 제4차 산업혁명을 지원할 수 있는 분야를 살펴보고 새로운 장에서 조세와 예산사업을 통한 지원방안을 살펴보고자 한다. 정부 정책으로 다루어야 할 부분은 과학기술 분야, 산업혁신 분야, 일자리 및 인적자원 개발 분야, 기타 산업안전망의 네 가지 분야로 나눠 살펴볼 것이다. 여기서 산업안전망은 기업과 근로자를 위한 부조나 보험적 기능을 포함하며 국가 경제 전체를 대상으로 하는 보안시스템 등을 포함하는 공공서비스의 개념이다. 위 네 가지 분야는 개념적으로 다음과 같은 상호작용과 상관관계를 가지고 있다 할 것이다.



[그림 4] 제4차 산업혁명 지원을 위한 정책 대상 분야

### 1. 과학기술·연구개발 분야

제4차 산업혁명 지원을 위한 과학기술 분야의 정책은 기초 과학을 포함하여 산업화를 위한 응용 기술까지 과학기술의 연구개발을 위한 정책이다. 즉, 기업과 대학 등 민간의 연구개발(R&D)을 유도하고 활성화하기 위한 정책인데, 연구개발에 대한 정부의 지원은 경제에 미치는 외부경제효과

(externality)가 크기 때문에 세계 모든 국가에서 연구개발에 대해 조세 또는 예산 등 재정수단을 통해 연구개발을 하는 기업이나 기관에 지원을 해 주고 있다. 우리나라의 연구개발에 대한 투자규모와 정부지원은 이미 세계적으로 높은 수준으로 알려져 있다. 과학기술정보통신부의 2018년도 통계에 의하면 우리나라의 과학기술 연구개발 투자규모는 598억달러로 세계 5위에 이르며, GDP 대비 비중은 4.24%로 세계 1위이며 정부의 연구개발 예산규모도 165억달러로 세계 4위, GDP 대비 비중은 1.17%로 역시 세계 1위이다. 연구실적도 특허출원 건수 세계 5위, SCI급 논문 게재 세계12위로 연구개발 투자에 있어서는 세계 최고 수준의 연구개발 성과와 환경을 자랑한다.

그러나, 우리나라의 연구개발 투자에 대해서는 비판적 시각도 없지 않다. 통계적으로 규모나 비율로는 세계 최고 수준이 맞지만, 내실을 살펴보면 반드시 그렇지도 않다는 지적들이 있다. 특히 정부의 예산사업은 연구개발의 생산성이 낮다는 것인데, 부처가 예산을 확보한 연구개발사업은 해당 부처가 전문연구관리기관에 맡겨 연구개발사업을 공고하고 기업이 응모하여 연구개발 투자가 진행된다. 그런데 부처가 확보한 예산사업은 이미 1년전에 신청해서 확보한 예산이라 막상 사업을 시작할 무렵에는 시의성이 없어지는 경우도 있고, 연구개발이 실패할 경우 감사에 대한 부담과 실패에 대한 관용이 없어 애당초 부처가 실패할 확률이 높은 연구개발 주제는 신청을 하지도 않는다는 것이다. 따라서 연구개발에 대한 정부의 지원은 예산 사업보다 기업들이 사업화가 가능한 연구개발을 진행하고 정부는 그에 대한 조세지원을 해주는 것이 더 효율적이라는 지적인 것이다.<sup>101)</sup>

이러한 점에 비추어 보면, 제4차 산업혁명 관련 기술은 매우 다양한 분야를 가지고 있을 뿐 아니라 융·복합 기술로 인해 매우 복잡한 기술적 상관

---

101) 이에 대해 금년 대통령도 2019.1월 대전 항공우주연구원에서 국가출연연구소의 연구과제 성공률이 99.5%에 이르지만 전혀 자랑스럽지 않다고 말씀한 바 있다. 이에 대해 언론들은 높은 연구개발 성공률에도 불구하고 사업화는 20%대에 불과하다는 보도를 냈다. 미국과 영국은 70% 내외의 사업화 성공률을 보이고 있고 일본도 54%로 한국과는 큰 차이가 있다. 그 원인으로서는 쉽고 짧은 과제만 연구개발이 물리며 정권과 장관 등의 눈치를 보다보니 현장에서의 소리는 들리지 않는다는 것이다. 일본의 대한국 수출규제 관련 반도체 소재에 대한 국내 연구는 그렇게 많은 연구개발과제 중에서 하나도 없다는 것도 지적되었다. 중앙일보, 2019.8.10., “연구 성공률 98% 미스터리…韓 기술위기 원인 따로 있다”, KBS NEWS, 2019.9.16., [탐사K] “R&D 성공률 99.5%…사업화는 20%” 등 참조

관계를 가지는 경우가 많아 사실상 정부가 예산사업으로 추진하기에 적절하지 않은 경우가 많을 것으로 생각된다. 그리고 이러한 융·복합 기술은 공동연구개발이 필요한데, 자기완결적 또는 폐쇄형 혁신(closed innovation) 방식의 연구개발 사업에 익숙한 우리 연구개발체제에서 상정하고 설계한 지원제도는 다수의 기업이나 연구원 및 대학 등 기관이 참여할 경우와 같은 공동연구개발을 적절히 지원하지 못할 가능성도 있어 조세지원 등의 정책수단을 정교하게 재검토할 필요도 있는 것이다. 만약 규모가 크거나 실패확률이 높아 민간이 선뜻 나서기 힘들기에 정부가 지원이 필요하다면 그 경우에도 정부의 관여나 성공여부에 따른 평가를 배제할 수 있는 새로운 접근이 필요하다.

또한 기술의 융·복합화를 활성화하기 위해서는 융·복합 기술에 대한 수요를 진작하고 기술을 쉽고 안전하게 거래할 있는 시장이 필요하다. Open Innovation에 대한 세계적 추세는 기술의 융·복합화에 대한 인식과 앞으로는 기업이 과거와 같이 내부완결적인 자체 기술개발보다 외부 개발에서 더 혁신적 기술이나 제품의 발굴이 가능하다는 것을 보여주고 있다고 할 것이다. 즉, 나보다 더 잘 할 수 있는 기업이 있다면 그것은 그 기업에게 맡기는 협업을 선택함으로써 다른 기업보다 더 잘 할 수 있는 기술에 집중하여 부가가치를 높일 뿐만 아니라 비용도 절감하는 것이다. 우리나라는 특허출원 건수로 세계 5위의 특허 강국이다. 하지만, 출원된 특허가 얼마나 잘 활용되고 있는 지에 대해서는 잘 살펴볼 필요가 있다. 몇 년 전 삼성전자와 애플의 휴대폰 관련 특허 소송에서 보듯이 이제 특허는 기술전쟁에서 진입장벽을 위한 무기로 사용되고 있다. 대기업들의 경우 경쟁이 예상되는 기술에 대해서는 선제적으로 특허를 받아두려는 경향이 있으며 이러한 특허는 자신의 기술을 지킬 수도 있지만, 다른 기업의 새로운 기술개발을 방해할 수도 있어, 국가적으로는 제4차 산업혁명 시대에서 연구개발을 위해 특허기술을 잘 관리하는 것이 중요한 일이 될 전망이다. 즉, 특허를 받고도 활용하지 않는 기술이 있다면 이러한 기술이 거래될 수 있도록 시장을 조성하거나 지원하는 방안을 정부가 추진하는 것도 오픈 이노베이션을 활성화하는 방안중 하나가 될 것이다.

## 2. 산업혁신 분야

우리나라에서 중소기업을 논할 때면 ‘9988’이라는 숫자가 등장하는데, 이는 우리나라 중소기업이 전체 기업수의 99%를 차지하며, 고용의 88%를 차지하고 있다는 의미다. 그러나 부가가치 생산 비중을 따져보면 기업수의 1% 밖에 안되는 대기업과 중소기업의 비중은 2016년말 기준으로 각각 49.1%, 50.9%로 비슷한 수준이다.<sup>102)</sup> 이러한 현상은 과거 정부의 대기업 중심 불균형 성장정책에 따른 결과로 받아들일 수 있다. 과거 대기업들은 기대 이상의 성장으로 우리 경제를 견인해온 기관차 역할을 해 왔으며, 현재도 마찬가지다. 하지만, 최근 우리 경제의 높은 대기업 의존도에 대해 우려하는 시각도 있으며, 대기업들의 성장동력에 대해 의문을 표시하기도 한다. 과거 대기업들은 우리나라 산업을 새로이 일구는 큰 역할을 했으나, 지금은 더 이상 새로운 산업을 일구어 내거나 해외 시장을 개척하지 않고, 국내에서 중소기업들이 해야 할 업종까지 진출해 어려운 중소기업들의 입지만 더 축소시키는 행태를 보이고 있다는 지적이다. 물론 모든 대기업이 그런 것은 아니다. 반도체, 휴대폰을 가지고 있는 삼성전자와 자율주행차, 수소연료전지차를 개발하는 현대차 등 첨단 업종에 있는 대기업들은 아직도 불모의 신산업을 개척하는 역할을 잘 해내고 있다.

하지만, 우리나라 대기업들의 경영체제가 2세, 3세로 승계되어 내려가면서 초대의 ‘창업가 정신’ 보다는 나의 대에서 기업을 망하게 할 수는 없다는 생각으로 리스크를 회피하고 관리자형 경영체제에 안주하는 경향이 있다는 지적은 피할 수 없을 것으로 생각된다.<sup>103)</sup> 관련 사례로 대기업들의

102) 중소기업의 수와 종사자 수에 대해 관련 단체간 이견이 있어 산업연구원에서 중소기업의 위상에 대한 보고서를 낸 사례도 있다. 대기업 중심인 전국경제인연합회는 ‘9976’을 거론한 반면 중견기업연합회는 ‘9080’을 주장하기도 한다. 조덕희, 2016, “중소기업 9988 의미의 재해석과 시사점”, 산업연구원 Issue Paper 참고. 결론적으로 기업체 수는 크게 논란이 없으나 종사자 수에 대해서는 조사방법상의 문제를 지적하며, 사업장 단위가 아닌 기업체 단위로 조사하면 고용비중은 82% 수준이며, 여기서 비영리조직인 학교, 병원 등을 제외하면 72%까지 떨어진다고 한다. 서울경제, 2018.4.19., [S리포트, 영터리 중소기업 통계] “중소 상징 ‘9988’의 함정” 참고. 한국은행의 한 보고서에서도 중소기업의 종사자수는 2016년말 기준 74.6%로 보고 있다. 한국은행 경기본부, 2018.1, “최근의 기업규모별 부가가치 배분 현황 및 시사점” 참고.

103) 중앙일보, 2017.10.15., “실패 경험없는 한국 경영자들 현실 안주, 위험 회피에만 몰두 - O40 시대의 기업가 정신”, 매일경제신문, 2018.5.28., [매경포럼] “대기업의 혁신성장은 가능한가”

사내유보금은 차곡차곡 쌓여갔으나, 새로운 산업이나 해외 진출 등을 위한 투자는 그렇게 눈에 띄지 못했다. 이에 지난 정부에서는 이중과세라는 비판에도 불구하고 대기업의 내부에 유보되는 자금을 신규 투자 또는 종업원의 임금인상 등으로 유도하기 위해 기업소득환류세제, 근로소득증대세제 등의 조세를 활용한 새로운 유인제도를 도입하기도 했다. 대기업들은 이제 과거와는 달리 매우 관료화된 것으로 평가되고 있고, 실제로 새로운 연구개발 제안이나 기술구입 또는 인수·합병과 같은 경우 직원들이 제안을 올려도 그것이 최고 경영자의 눈치만 보거나 잘못될 경우 책임질 것이 두려워 임원들도 적극적으로 나서지 않는다는 기업내부 사정들이 종종 들려오곤 한다. 대기업들은 이에 대해 세계 경제가 불확실하고 확실한 투자처를 찾기가 어렵다는 답변을 하고 있지만, 여전히 국내에서 안주하고 있다는 인상을 지우기는 어렵다. 사정이 다르기는 하지만 중소기업계도 마찬가지다. 중소기업들도 대기업들의 무리한 단가 인하요구 등에 대해 불만을 토로하면서도 대기업의 하청기업이 되기 위한 노력을 아끼지 않는다. 하청기업이 되고 대기업과 전속거래 관계가 형성되면, 안정적인 수직적 하청 관계를 바탕으로 편안하게 기업을 운영할 수 있기 때문이다.

대개 정권이 바뀌면서 혁신을 외치면 공무원 조직만 대상으로 보는 것이 우리나라의 현실인데, 관료화로 인한 부조리 현상은 산업계에서도 크게 다르지 않으며 산업계의 혁신을 가로막는 장벽이 되고 있다. 최근 언론에서 대기업의 하청기업 평가를 담당할 직원이 하청기업으로부터 접대를 받거나 취직 부탁과 같은 부당한 영향력을 행사하는 경우를 적발했다고 보도한 바 있다. 이러한 사정은 기업만의 문제는 아니며, 우리 사회에서 ‘창업가 정신(Entrepreneuership)’ 과 같은 도전과 혁신 의식이 침체됐기 때문이라고 생각한다. 이러한 문제는 정부가 사회문제로 인식해 정책을 마련해서 나서기도 부적절하므로 기업과 근로자, 시민단체 등 민간이 스스로 문제임을 자각하고 자발적으로 해결책을 모색할 이슈다. 하지만, 제4차 산업혁명이 목전에 닥친 상황에서 불가피하면 정부가 우회적으로라도 이슈화할 필요도 있을 것이다. 왜냐하면 통상적으로 기업과 같은 조직이나 근로자들이 자발적으로 나서서 사례는 관련 사건·사고가 발생하는 등의 계기가 발생하는 경우가 대부분이며 그러한 계기가 각성의 도화선으로 작용하기 때문이다.

이러한 현실에도 불구하고 이제는 우리 산업계의 제4차 산업혁명 시대를 위해 누군가가 혁신을 위한 빅뱅의 도화선이 점화될 수 있도록 불씨를 던져야 할 시점이다. 경제권력도 수평적으로 분산이 되어야 하고, 자본이나 자산을 소유하지 않아도 어디서나 접속될 수 있는 공유되는 경제의 플랫폼을 통해 새로운 가치를 창출해 낼 수 있는 시스템이 우리 산업에 자리를 잡을 수 있도록 정부는 바로 그 부분을 정확하게 지원할 수 있어야 한다. 다시 말하면, 소유와 권력을 바탕으로 이루어지는 산업 생태계가 아니라 공유와 창의적 혁신을 바탕으로 언제 어디서나 우리 경제와 사회의 자원을 활용하여 가치를 창출해 낼 수 있는 자유로운 가치창출의 네트워크가 우리 산업에 자리를 잡아야 하는 것이며, 이는 곧 우리 산업시스템에서 접속과 공유의 비용을 줄이는 것이라고도 할 수 있다. 사실 말은 쉽지만 가야할 길은 한참 멀다. 인공지능, 사물인터넷, 생명과학과 같은 기술은 자본과 결합하여 강력한 기술권력화 하기 쉬우며, 갈수록 약화되는 정치·행정 권력의 빈 자리를 채워 물과 공기처럼 생존에 필수적 요소가 되어 버린 기술과 서비스로 소비자의 목줄을 죄어 올 수 있음을 경계해야 한다.<sup>104)</sup> 따라서, 산업 혁신은 기술 지상주의적인 접근이 아니라 반드시 사람중심으로 접근해야 함을 잊어서는 안 될 것이다.

### 3. 일자리 및 인적자원 개발

제4차 산업혁명은 사람이 중심이 되어야 한다고 하는데 바로 일자리와 인적자원 개발 분야는 사람이 중심이 되어야 한다는 원론적 언급이 구체화되는 가장 중요한 분야 중의 하나이다. 제4차 산업혁명에 대해 세간의 가장 큰 우려도 바로 사람의 일자리를 인공지능과 같은 기계가 대체하게 되는 단계에서 사람은 어떻게 하느냐는 문제다. 이제까지 여러 차례의 산업혁명을 거치면서 새로운 가치창출이 일어나 사람의 일자리는 계속 증가해

104) Moises Naim은 그의 저서 The End of Power에서 모든 분야의 기존 거대 권력들이 쇠퇴하고 있으며, 권력을 얻기는 쉬워졌지만 권력을 행사하는 것은 더 어려워졌고 권력을 잃는 것 또한 쉬워졌는데, 이러한 거대권력의 빈 공간을 NGO 등 전문가 조직, 혁신 벤처기업가, 사회운동가와 시민연론 등의 미시권력(micropower)이 채워나가고 있다고 한다. 하지만, 핵심 분야의 독점적 기술이나 거대 자본이 필수적인 기업들은 자본주의 체제하에서 여전히 막강한 권력을 가질 것이며, 권력이 분산된 시스템에서는 누구도 컨트롤할 수 없는 권력이 될 수 있다는 우려를 피할 수 없을 것이다.

왔다는 낙관론이 지배적이긴 하지만 그래도 빌 게이츠가 실업에 대비하기 위해 로봇세를 주장하고 나선 배경에 대해서는 충분히 주목해야 할 것이다.

#### 가. 일자리의 감소와 실업문제의 해결

제4차 산업혁명에서 인공지능 등으로 인한 일자리 감소 가능성 제기인 안 그래도 실업문제로 인한 시름이 깊어지는 현 상황을 더욱 악화시키는 듯하다. 특히 고학력 청년실업이 갈수록 심각해지는 상황에서 인공지능은 학력과 전문성이 높은 일자리까지도 대체할 수 있다고 하니 이로 인한 불안감은 굳이 말하지 않아도 알 것이다. 그러나, 일자리 대체의 문제는 당장 구체화되어 나타나고 있다기보다 아직은 우려와 걱정이 앞서 있는 단계가 아닐까 생각된다. 일자리에 관한 연구로 가장 앞선 C. Frey와 M. Osborne(2013)의 연구에 의하면 미국의 경우 일자리의 47%가 10~20년 후에는 인공지능에 의해 자동화될 가능성이 있는 고위험군이라고 전망했다.<sup>105)</sup> 우리나라에서도 C. Frey와 M. Osborne이 도출한 대체 확률을 적용하는 방법으로 우리나라의 직업별 위험도를 추정한 연구들이 있는데, 김세움(2015)은 우리나라 일자리의 55~57%가 대체될 수 있는 고위험군이라고 전망한 반면, LG경제연구원(2018)은 43%가 고위험군이라고 전망했다.<sup>106)</sup> 아울러 LG경제연구원은 학력으로 고등학교 및 전문대 졸업자가, 소득계층으로는 월 200~300만원을 받는 계층이 주된 직업군에서 위험도가 가장 높게 나타난다고 한다. 그러나 이에 대한 반론도 만만찮다. OECD는 C. Frey와 M. Osborne(2013)의 연구가 자동화의 위험을 과대추정했다고 비판했으며, OECD는 미국의 경우 9%의 일자리만이 고위험군에 속한다고 발표했다.

한편, 일자리는 인공지능에 의해 완전히 대체되는 경우보다 인공지능과 함께 시너지를 낼 수 있는 직업이 더 많이 생겨나게 될 것이라는 분석도 있다. McKinsey Global Institute는 현재 알려진 기술수준으로 사람의 일자리가 완전히 자동화 될 수 있는 비율은 5% 이하라고 추정한다. 다만, 부분적으로 자동화될 수 있는 일자리는 거의 모든 일자리가 해당할 것이라고

105) C. Frey and M. Osborne, 2013, *ibid* Appendix 참고

106) 김세움, 2015, “기술진보에 따른 노동시장 변화와 대응”, 한국노동연구원 및 김건우, 2018, “인공지능에 의한 일자리 위험 진단”, LG경제연구원 각각 참고.

하면서, 현재 사람이 보수를 받고 일하는 시간의 대략 절반이 자동화될 수 있을 것이라고 하였다. 또 자동화로 인해 일반 사무원, 조립라인 근로자와 같이 전문성이 낮고 반복적인 업무의 일자리는 감소하더라도 높은 전문성과 숙련도를 요구하는 일자리의 생산성을 더 증가시켜 GDP와 생산성 증가에 기여하게 될 것이라고 한다.<sup>107)</sup> 또 다른 측면에서는 사람의 일자리는 그 직무의 내용이 변하거나 다른 역할을 하게 됨으로써 현실에서 쉽게 사라질 수 없다는 주장도 있다. 예컨대, 선생님이라는 직업은 인터넷에 지식 관련 정보가 넘쳐날 정도로 많아 과거와 같이 지식전달자의 역할은 줄어들지만, 지식을 습득하는 과정에서 학생들이 쉽게 지식을 습득할 수 있도록 하거나 학생의 고충을 관리하고 정서적 측면에서 학생을 돌봐주는 등 직무와 역할이 변하고 있어 선생님이라는 직업은 결코 사라지지 않는다는 주장이다. 과거 다른 산업혁명의 과정을 겪으면서도 이런 식으로 기존 직업이 바뀌어 가거나 새로운 직업이 생겨나면서 결국 직업은 계속 증가해 왔다는 것이다.

이상 논의에서와 같이 아직까지는 사람의 일자리가 얼마나 대체가 될 수 있을지에 대한 명확한 근거나 추정은 없다. 만약 인공지능이나 로봇에 의해 대체된 사람의 일자리보다 향후 그 이상의 일자리가 창출된다면 다행스런 일이겠지만, 그렇게 직무가 바뀌고 새로운 직업이 생겨난다고 해도 그 과정에서 마찰적 실업과 같은 미스매치 현상은 불가피할 것이며, 미스매치 기간이 얼마나 될지, 얼마나 많은 근로자가 얼마나 어려움을 겪을지는 알 수 없기 때문에 정부는 보다 비관적인 시각에서 일자리 문제를 검토할 필요가 있다고 하겠다. 불안정한 과도기의 과정에서 더 고통을 받는 계층은 항상 더 어려운 계층이었기 때문이다. 인공지능과 로봇에 의한 일자리 문제에서 최소한 단기적인 실업문제는 발생할 수 있으며 특정 계층과 특정 업종이 더 큰 피해를 볼 가능성이 있다는 것은 공통적인 결론이다. 따라서 정부는 제4차 산업혁명의 과정에서 일자리 대체에 따른 국민의 실업의 고통을 줄여주는 것을 일차적 임무라고 생각하고 미리 준비해야 할 것이다.

#### 나. 일자리의 재설계와 사회적 합의

---

107) McKinsey Global Institute, 2017, “A Future that Works: Automation, Employment and Productivity”, McKinsey & Company



더 본질적인 정부의 역할은 제4차 산업혁명 시대에서 ‘일’을 재설계하는 것이 될 전망이다. 앞으로 제4차 산업혁명으로 인해 산업의 지형과 구조가 바뀌면 일이라는 것의 존재 방식과 일하는 방식도 당연히 바뀌어야 한다. 이와 관련하여 바로 위에서 언급한 C. Frey와 M. Osborne의 연구로 다시 돌아가 보면, 다양한 직업 중에서 어떤 분야가 인공지능 등에 의한 대체가능성이 높느냐에 대해 반드시 저학력이며 물리적 노동력을 필요로 하는 직업이 대체가능성이 높고 고학력의 전문성이 필요한 직업은 대체가능성이 낮다는 통념은 잘못된 것이라고 밝혔다. C. Frey와 M. Osborne은 702개의 직종에 대해 컴퓨터에 의해 대체될 확률을 계산한 결과, 고학력이나 전문성보다는 일의 내용이 정형적이고 법칙 또는 공식화될 수 있는 일이 대체될 확률이 높다는 것이다.<sup>108)</sup> 동 논문의 Appendix에는 702개 직업의 대체될 추정 확률이 정리되어 있는데, 가장 높은 확률은 99%의 텔레마케터, 가장 낮은 확률의 직업은 0.28%의 레크리에이션 치료사였다. 안무가와 외과의사가 비슷한 40% 수준이며, 대기·우주과학자는 67%, 고도의 전문직인 회계사와 회계감사 업무 역시 94%로 대체가능성이 높게 추정됐다. 근로자에 대한 안전망 및 인적자원개발 관련 정책설계시 반드시 참고해야 할 점이라고 하겠다. 또 더 나아가 극단적인 경우를 상정해서 대부분의 노동을 인공지능과 로봇 등이 맡아서 한다고 하면, 인간의 노동이나 역할은 대폭 줄어들 것인데 과연 인간의 삶은 어떠해야 하며 구체적으로 여가와 노동을 어떻게 가져가야 할 것인가와 같은 문제도 고민해야 한다. 이 문제는 반드시 정부가 중심이 되어야 할 필요는 없지만, 사회적 논의가 잘 이루어지지 않는다면 정부가 중심이 되어야 할 필요가 있다. 이것은 어쩌면 인간의 삶을 다시 디자인하는 것으로 국민, 더 나아가서는 인류 전체의 숙제가 될 것이다. 따라서 정부는 근로자와 기업을 포함하는 각계의 의견을 조정하여 새로운 제도를 만들고, 국제기구 등에서 관련 논의에 적극 참여하여 우리나라의 입장을 전달하고 관철시키는 역할을 해야 한다.

향후 일자리를 둘러싼 갈등은 틀림없이 발생할 것인데, 독일정부는 일찌감치 노동의 변화 필요성을 인식하고 사회적 논의를 통해 ‘Arbeiten(노동)

108) C. Frey and M. Osborne, 2013, “The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?”, Oxford Martin School, Oxford University 참고.

4.0'이라는 결과물을 도출하였음은 이미 밝힌 바와 같다. 독일정부의 Arbeiten 4.0은 사회적 대타협의 모범 사례로 우리나라에도 이미 소개가 되었으며 우리 학계와 노동계는 한국형 Arbeiten 4.0을 요구하고 있지만, 우리 노사정 합의체에서 서로에 대한 불신과 대립은 이러한 숙의의 과정을 거친 사회적 대타협의 가능성을 낮게 만들고 있다. 실제로 독일에서 Industrie 4.0 및 Arbeiten 4.0이 추진되던 시기에 노조의 참여는 눈여겨 볼만하다. 그 당시 독일의 금속노조는 Trade Union 4.0을 표방하고 나섰고 노조 내부에 미래의 일에 대한 이슈를 전담할 조직(Future of Work Department)도 신설하였는데, 이는 매우 높이 평가할 부분이다. 그리고 독일 금속노조는 경제에너지부, 독일산업협회와 함께 미래의 노동을 위한 논의에 나섰고, 최종적으로 디지털화가 고용·숙련·노동시간·임금·건강 등에 해악을 끼치지 않는 방식의 대안을 노사합의로 찾겠다는 내용을 공동으로 발표하기에 이르렀다.<sup>109)</sup> 독일 정부가 Industrie 4.0을 표방하면서 Arbeiten 4.0을 함께 추진한 것과 이 과정에서 노조가 함께 참여하여 사회적 타협을 이뤄낸 부분은 세계적으로 높이 평가할 부분이며 우리나라에서 참고해야 할 부분이 많다.

#### 다. 플랫폼 경제와 일자리 문제

한편, 일자리의 변화는 이미 시작되었고 이제 우리도 그 변화를 체감하기 시작했다. 바로 플랫폼경제, Crowd Sourcing 또는 Gig Economy라고도 불리는 새로운 형태의 일자리가 그 사례라고 할 수 있다.<sup>110)</sup> 이와 같은 새로운 노동의 형태는 현재 우리나라에서는 배달, 택시 또는 대리운전 등 한계적 일자리가 대상이 되고 있다. 따라서 언론 등은 플랫폼경제종사자에 대

109) 김성혁, 2017, “스마트공장과 노동의 대응: 한국과 독일의 비교”, 금속노조 노동연구원. 금속노조 김성혁 노동연구원장은 독일의 정부, 기업계, 노조의 협의시스템을 높이 평가하며, 이는 독일의 기업과 정부가 노동참여형 의사결정구조를 가지고 있기 때문이라고 설명한다. 이에 반해 우리나라는 노동배제적으로 산업정책이 결정되고 있어 노조가 내용이나 과정에 대한 아무런 정보도 받지 못하므로 사회적 대화가 이루어질 수 있는 체제가 아니라고 주장하며, 우리 고용노동부도 독일과 같은 모습을 보여야 한다고 지적한다. 여기서 우리나라 노동계가 가지고 있는 정부와 경영계에 대한 높은 불신감을 알 수 있으며 이러한 불신의 벽을 제거하는 것이 사회적 대화 또는 타협을 위한 선결조건이 아닌가 생각된다.

110) 플랫폼경제, Crowd Sourcing, Gig Economy의 의미상 차이는 조금씩 있지만 우리나라에서는 2018년말 한국노동연구원이 플랫폼경제종사자라는 용어로 실태보고서를 낸 바 있어, 플랫폼경제종사자라는 용어로 사용하고자 한다.

한 보호의 필요성을 거론하고 있지만, 향후에도 플랫폼경제의 일자리의 대상이 한계적 일자리가 중심이 될 가능성만 있는 것은 아니다. 향후 근로시간은 계속 감소할 가능성이 높는데 일하고 싶은 시간만큼 원하는 시간에 일하는 것이 가능하도록 해 주는 것이 바로 플랫폼경제 일자리의 장점이기 때문이다. 고용이 유연한 외국에서는 전문직 프리랜서들을 기업과 연결해주는 각 이코노미 플랫폼이 이미 활발하게 가동되고 있다.<sup>111)</sup> 이에 반해 고용의 경직성이 강하고 노동운동이 정치적인 우리나라는 이러한 새로운 고용의 형태에 대한 거부감이 상대적으로 강할 것으로 생각된다.

기업들도 고임금이 부담스러워 고용할 수 없는 고학력 전문직 근로자를 원하는 시간만큼만 일하도록 할 수 있기 때문에 특히 우리와 같이 고용의 경직성이 높은 사회에서 노동의 유연성을 제고하는데 기여할 수 있다. 현재는 대부분의 근로자들이 안정적인 일자리를 더 선호한다. 하지만, 향후 주당 근로시간이 더 줄어들고 근무요건이 창의성과 전문성을 요구하게 되어 다양한 경험과 프로젝트 경력이 중시되는 시대에는 플랫폼경제 일자리가 더 각광받는 일자리가 될 가능성도 크다. 또한 출산 등 경력단절이 부담으로 작용하는 여성들에게도 훨씬 유리한 일자리 형태가 될 것이다. 또 고령화가 급속하게 진행되어 생산가능인구가 계속 줄어들고 있는 상황에서 은퇴자의 재고용 문제를 쉽게 해결할 수 있는 수단으로도 활용될 수 있다. 앞으로 플랫폼경제 일자리는 인터넷, 모바일을 통해 더욱 활성화될 전망이다. 플랫폼경제는 진입장벽이 거의 없어 플랫폼기업들이 단기간에 다양한 비즈니스 기회들을 만들어낼 수 있고 그로 인한 일자리들도 충분히 만들어낼 수 있어 새로운 경제성장을 견인할 고용형태가 될 수도 있다는 점을 지지하여야 한다. 국제기구들은 각국 정부가 플랫폼경제 일자리와 같은 일자리의 변화 추세를 모니터링하며, 근로자의 전문성을 높일 수 있는 평생교육 체제 등 인적자원 개발을 위해 투자하고, 플랫폼경제 일자리의 안정성이 너무 취약해지지 않도록 정책적으로 지원하는 것이라고 권고한다.<sup>112)</sup> 결국

111) 미국에는 세계 최대의 각 플랫폼인 [www.upwork.com](http://www.upwork.com) - Upwork Global Inc.가 운영되고 있는데 구직자 1,200만명, 구인기업 500만개가 등록되어 있다. 전문직들의 각 플랫폼으로 소프트웨어 중심의 Toptal [www.toptal.com](http://www.toptal.com), 디자인, 영상, 음악, 작문 등을 중심으로 이스라엘에 본사를 둔 [www.fiverr.com](http://www.fiverr.com) 등 다양한 각 플랫폼이 운영되고 있다. KAIST, 2018, “KAIST Future Strategy - 카이스트 미래전략 2019”, 김영사 p.115 참고.

112) World Bank Group, 2019, “The Changing Nature of Work”, World Development Report 및 European Political Strategy Center, 2016, “The Future of Work” 등 참조

플랫폼경제 일자리는 경쟁력있는 프리랜서와 같은 근로자들과 기업들에게는 고용의 유연성을 높여 긍정적인 역할을 할 것으로 보이지만, 경쟁력이 낮은 한계적 상황의 취약 근로자에게는 근로여건을 더 악화시킬 가능성이 있으므로 최소한의 보호를 할 수 있도록 관련 제도를 준비해야 할 것이다. 이와 관련하여 제4차 산업혁명 등 기술발전으로 인한 고용의 위기에서 자주 등장하는 이슈로 기본소득(Universal Basic Income)제도가 있다. 기본소득은 정부가 모든 국민을 대상으로 소득, 고용상태와 무관하게 조건없이 현금으로 제공하는 소득을 말한다. 기본소득제도의 가장 큰 문제점은 바로 근로의욕을 저하시킨다는 점인데, 이런 측면에서 차라리 정부가 일자리를 보장하는 제도를 만드는 것이 더 낫다는 주장이 있으며 아직은 선진국들도 기본소득제도를 도입하는 나라가 없다. 스위스에서는 성인에게 2,500 스위스프랑을 지급하는 안이 국민투표에 부의되었으나 77%의 높은 반대율로 무산된 바 있다. 향후 인공지능, 로봇 등에 의한 구조적 실업이 대폭 증가하는 등 문제가 제기될 경우 도입이 현실화될 수도 있으나, 아직은 직업에 대한 소명의식과 조세부담을 증가 가능성 등의 문제로 인해 부정적 인식이 높다. 현재 우리나라는 일정 소득 이하의 근로소득자의 소득에 대해 공제세액이 소득세액보다 많은 경우 차액을 환급하는 방식으로 소득을 보조해주는 근로장려세제를 도입하고 있고 제한적으로 기초노령연금제도를 운영하고 있다. 인공지능과 로봇으로 인한 실업문제가 현실화된다면 이와 같은 제도를 점차 확대해나가는 방안도 필요할 것으로 본다.

#### 라. 인적자원의 개발

더 중요한 정부의 역할은 인적자원의 개발이라고 하겠다. 하지만 인적자원개발과 교육은 정부의 역할만으로는 한계가 있으며 오히려 가정의 역할이 더 중요하다고 할 수 있다. 가정의 교육열에 있어 우리나라는 세계 최고라고 해도 과언이 아니므로 그 열정은 높이 평가할 만 하나 방향성에 문제가 많다. 지나친 사교육과 성적을 둘러싼 부모의 경쟁심리는 인적자원개발의 첫 발이라고 할 수 있는 학교교육을 훼손하고 있다. 예컨대 선행학습에 대해 미국, 유럽의 선진국에서는 공정한 경쟁을 저해하고 학교 수업의 집중도를 떨어뜨리는 등의 부작용이 있다는 부정적 인식이 강하지만, 우리

나라에서는 사교육을 통해 중학생에게 고교 교육과정까지 선행학습을 시키는 가정의 사례까지 나오고 있다.<sup>113)</sup> 제4차 산업혁명에서 빛을 발하게 될 인재는 결코 이런 주입식 억지교육을 받은 학생들이 아닐 것이 분명하다. 인공지능이나 로봇이 따라할 수 없는 창의성과 예술성을 가져야만 인재로서의 가치가 있을 것이기 때문이다. 아울러 이러한 방향성 아래에서 미래를 대비한 실용적 교육도 학교에서 제공해야 한다. 유명 스타트업들이 줄줄이 배출되는 이스라엘 뿐만 아니라 주요 산업 선진국들은 초등학교부터 코딩교육 등 제4차 산업혁명 시대에서 경제와 사회생활의 근간이 될 디지털 세계의 기초부터 교육하고 있다는 점을 염두에 두어야 한다.

#### 4. 산업안전망

제4차 산업혁명은 기존 경제 및 산업 생태계에서 통용되던 질서와 가치 사슬을 근본적으로 무너뜨리고 새로운 디지털 중심의 산업 질서와 가치사슬로 우리 경제와 산업을 재편시킬 것이 분명하다. 그 과정에서 다행히 성공한 기업과 국민은 부와 소득이라는 보상이 따르겠지만, 불행히도 실패한 기업과 국민은 어려움을 감내해야 한다. 산업안전망은 제4차 산업혁명의 격변과 혼돈에서 실패한 기업과 국민들이 감내할 어려움을 분담하고 실패할 수 있는 리스크를 완화시킬 수 있는 제도적 장치를 말한다.<sup>114)</sup>

113) 인문, 사회, 과학, 예술, 체육 등 균형 잡힌 교육을 통해 각 분야의 창의적인 인재를 발굴하고 육성하여야 하나 아이 때부터 주입식 입시교육에만 몰두하게 되어 학생들은 창의력과 개성을 싹 틔우지 못하고 비슷비슷한 정형적 사고를 가진 무리중의 하나로 전락하는 것이다. 실제 기업에서 신입사원 면접시험의 평가를 담당하는 직원들의 이야기를 들어보면 뚜렷한 주관이나 소신, 목표, 문제의식을 가진 지원자를 보기가 쉽지 않다고 한다. 결국 이러한 상황에서 인재를 가려내려는 대학과 기업 등의 노력은 소위 ‘스펙 쌓기’ 라는 또 다른 형태의 무의미한 경쟁을 불러왔다. 부모들은 불만을 정부에 쏟아내지만, 정작 그렇게 학교교육을 황폐화시킨 책임은 부모들의 욕심과 경쟁에서 기인했다고 생각한다. 이런 상황에서는 백약이 무효라는 속담과 같이 어떤 교육정책도 효과를 발휘하기 어렵다. 국민적 인식전환이 필요한 상황이며, 차라리 부모들이 자식교육에 관심을 가지지 않는 것이 낫겠다는 한탄이 나오는 이유다.

114) 산업안전망이라는 개념은 사회안전망이라는 개념에서 착안하였다. 사회안전망(Social Safety Net)이란 실업, 빈곤, 재해, 질병 등의 사회적 위험으로부터 국민을 보호하기 위한 제도를 말하며, 사회보장제도와 거의 같은 의미로 쓰인다. 사회안전망을 구성하는 제도적 장치로는 대표적인 것이 바로 4대보험이라고 할 수 있다. 산업안전망은 산업계가 노사문제, 해킹 및 절도 등에 의한 기술탈취, 과학 및 산업기술 개발로 초래되는 국민과 기업의 피해를 막기 위한 윤리규범 등 기업과 국민을 보호하기 위한 정책 및 이를 실현시킬 수 있는 제도적 장치를 포함하여 산업안전망이라고 정의할 수 있겠다.

이러한 산업안전망은 [그림 4]에서와 같이 근로자로서의 국민, 기업, 연구개발 분야로 나눠 생각해 볼 수 있다. 먼저 근로자로서의 국민에 대한 안전망은 일자리 및 인적자원개발 분야에서 살펴본 바와 같으므로 다시 논의할 필요는 없겠다. 그렇다면 기업의 입장에서 가장 중요한 산업안전망은 무엇일까? 제4차 산업혁명 시대에서 기업이 직면하게 될 기업환경은 모든 것이 연결된 디지털 세상이다. 모든 것이 디지털화되어 연결된 세상에서 기업에게 가장 중요한 안전망은 바로 보안이다. 기업의 메인 컴퓨터가 해킹을 당해 핵심 기술 또는 주요 고객 및 주문과 생산 정보를 탈취당하거나 해킹으로 생산시스템을 먹통으로 만들어버리는 순간 그 기업의 생명은 끝나게 될 지도 모른다. 아날로그 시대에서는 공장과 회사 건물에 대한 물리적 통제와 경비원을 두고 지켜냈던 회사의 자산과 가치가 초연결 시대에는 보안시스템으로 대체되는 것이다. 또 정부가 공급하는 경찰, 국정원, 군 등의 공안 서비스가 온라인 사이버 공간에서도 제공되어야 하는 시대이므로 정부는 산업안전망 차원에서 사이버 공간에서의 강력한 공안서비스를 구축해야 하는 것이다. 2천년대에 접어 들어서면서 우리나라 기업에 대한 산업기술 탈취 사례가 빈발하면서 이에 대한 경각심으로 2006년 “산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 법률” (산업기술보호법)이 제정되었고<sup>115)</sup>, 동 법률에 따라 한국산업기술보호협회가 조직되면서 산업기술보호 관련 인력양성부터 산업기술의 확인, 중소기업기술지킴서비스, 방위산업기술보호 등의 서비스를 제공하고 있는데, 이러한 협회 차원의 관련 서비스에 더하여 경찰, 국정원 등도 산업기술의 절취에 대한 공안서비스를 더욱 강화하여 제4차 산업혁명시대에 대비해야 한다.

이는 사실 개별 기업만의 문제가 아니다. 클라우드 컴퓨팅, 데이터 센터 등 주요 디지털 시설에 대한 데이터 보호는 개별 기업의 차원을 넘어선 문제이며, 향후 사물인터넷으로 초연결이 실현되면 스마트시티, 스마트하이웨이 등 주요 공공시설까지 관련 개별기업부터 연결될 것이므로 개별 기업에 대한 해킹이 바로 공공시설로 이어질 수 있어 인명사고와 직결되는 사고가 발생할 수도 있고, 테러단체가 이러한 시도를 할 경우 대규모 테러도 가능

115) 동 법률은 산업부에 국가핵심기술 지정, 국가핵심기술과 관련된 기업의 수출, 해외 인수 및 합병 등 관련 활동 규제 및 국가핵심기술을 보호하기 위한 조치 등을 내릴 수 있는 권한을 부여하고 있으며, 국가핵심기술 보호를 위한 시스템을 구축하도록 하고 있다.

할 수 있으므로 공안서비스 관련 기관들도 제4차 산업혁명에 철저히 대비할 수 있는 준비가 필요한 것이다. 기업이 아닌 과학기술 연구원 등도 기업과 마찬가지로 사이버공간을 통한 사례는 아니지만, 금년 10월 국책연구기관인 KAIST, 한국지질자원연구원, 기초과학연구원 서버를 이용해서 암호화폐를 몰래 채굴하던 서버 납품 및 유지보수 업체 직원이 적발된 사건은 보안문제의 심각성을 일깨워준다. 이 직원은 서버 납품시 암호화폐를 채굴하는 악성프로그램을 직원들이 퇴근한 후 밤에만 작동하도록 심어 발각이 어렵도록 하였는데, 더 심각한 문제는 암호화폐 채굴과정에서 암호화폐 관련 외부 서버와 접속이 이루어지므로 이 경로를 통해 연구원의 중요 자료도 유출될 가능성도 있었고 해킹이 발생할 수도 있었다는 것이다.

다음의 산업안전망으로 들 수 있는 것은 연구 및 기술 개발과 관련된 ‘윤리’ 문제인데, 윤리의 문제는 기업 등의 연구 및 기술개발로 인한 불특정 다수 국민의 피해를 방지하기 위한 안전망이다. 기술의 발전은 이전에 인류가 이전에 생각하지 못했던 것을 이루어 줄 수 있지만, 법령과 인류의 보편적 양심에 비추어 허용될 수 없는 기술도 있을 수 있다. 이러한 윤리적 이슈에 가장 민감한 분야는 바로 인공지능과 생명과학 분야이며, 빅데이터 구축에 따른 개인정보 보호의 문제도 포함된다. 먼저 인공지능에 대한 윤리적 문제는 급속하게 발전하고 있는 인공지능에 대한 사람의 두려움이 반영되어 있어 이를 분명히 하기 위한 측면이라고 생각된다. 즉, 인공지능이 사람에게 영향을 미치는 의사결정을 내리는 경우 인공지능이 내린 판단의 정당성 여부 및 그 결과에 대한 수용과 책임의 소재 등을 결정하는 문제인 셈이다. 대표적인 사례로 많이 떠오르는 것은 자율주행차가 보행자를 피하기 위해 다른 차와 충돌하거나 운전자를 다치게 할 수 있는가라는 식의 경우다. 그러나 생각해보면 인공지능의 판단은 알고리즘으로 사전에 코딩이 될 것이므로 엄밀하게 말하면 인공지능의 알고리즘을 구현하기 전에 어떻게 사회적 합의를 도출해 낼 것인가의 문제인 것이다. 인공지능의 다른 윤리문제로 살상용 전투로봇의 예가 거론되지만 이것도 역시 로봇으로 인명을 살상할 수 있도록 알고리즘을 구현할 것이냐의 문제인 것이므로 인류의 국제적 합의의 문제다. 미국 Future Life Institute가 2015년 인간의 개입 없이 스스로 표적을 선택하고 교전을 시작하는 자율적 무기(autonomous

weapon)를 개발하지 않도록 촉구한 것은 사전에 인간의 통제 없이 작동되는 인공지능 무기체계의 알고리즘을 차단하려는 제안인 것이다. 2017년 미국 뉴욕시 의회가 인공지능 알고리즘 또는 자동화된 결정 시스템의 소스코드 공개를 의무화하는 법안을 추진한 것이나, 캘리포니아주에서 2019.7월 시행된 ‘블레이드러너법’은 캘리포니아주의 주민을 상대로 봇(bot)<sup>116)</sup>을 사용한 의사소통 또는 작용작용시 봇을 사용하고 있음을 알리지 않으면 불법이 된다고 규정하고 있다.<sup>117)</sup> 또한, 백악관에서도 보고서를 통해 Google Photo가 흑인을 고릴라로 인식한 사례와 관련하여 빅데이터 분석, 머신러닝 및 알고리즘 자체의 차별, 외곡, 편견 제공 등의 위험성을 경고한 바 있다.<sup>118)</sup>

우리나라는 2018.5월 4차산업혁명위원회에서 관계부처 합동으로 『인공지능 R&D 전략』을 발표하였으나, 인공지능 그 자체에 관련한 정책을 준비하지는 않았는데, 앞으로 인공지능 관련 연구개발 성과 등이 가시화될 것에 대비하여 인공지능 관련 윤리문제에 대해 사회적 논의를 시작하고 합의를 이끌어낼 수 있도록 하여야 할 것이다. EU는 European Commission High Level Expert Group on Artificial Intelligence에서 2019.4월 인공지능 관련 윤리 가이드라인 “Ethics Guidelines for Trustworthy AI”를 발표하였다. EU는 동 가이드라인에서 인공지능을 개발하고 사용하게 되는 과정에서 4가지 절대적 윤리원칙(ethical imperatives)으로 ①인간의 자율에 대한 존중 (Respect for human autonomy), ②위해의 방지(Prevention of harm), ③공정성(Fairness), ④설명가능성(Explicability)을 제시했고, 신뢰가능한 인공지능의 요건으로 7가지 요소도 제시했다.<sup>119)</sup>

116) bot은 robot의 줄임말로 컴퓨터나 핸드폰 등을 이용해서 소통하는 프로그램을 의미한다. 예컨대 채팅하는 로봇은 챗봇(chat bot)이라고 불린다.

117) California Senate Bill No. 1001, CHAPTER 892, An act to add Chapter 6 (commencing with Section 17940) to Part 3 of Division 7 of the Business and Professions Code, relating to bots. 17941. (a) It shall be unlawful for any person to use a bot to communicate or interact with another person in California online, with the intent to mislead the other person about its artificial identity for the purpose of knowingly deceiving the person about the content of the communication in order to incentivize a purchase or sale of goods or services in a commercial transaction or to influence a vote in an election. A person using a bot shall not be liable under this section if the person discloses that it is a bot. (b) The disclosure required by this section shall be clear, conspicuous, and reasonably designed to inform persons with whom the bot communicates or interacts that it is a bot.

118) Executive Office of the President of United States, May 2016, “Big Data: A Report on Algorithmic System, Opportunity and Civil Right”

119) European Commission High Level Expert Group on AI, 2019.4.8., “Ethics Guidelines for



또 하나의 중요한 윤리적 이슈가 문제되는 분야는 생명공학이다. 생명공학 분야의 윤리문제는 생명현상을 다루다 보니 인공지능과 달리 종교적인 측면에서도 특히 문제가 된다. 예컨대, 배아줄기세포에 대한 연구의 경우 ‘수정란 단계에서 기관이 형성되기 전까지 분열된 세포덩어리’인 배아 단계를 살아있는 생명체로 볼 수 있느냐, 아니냐에 대해 과학계와 종교계는 의견이 갈리고 있다. 과학계는 특히 불임부부에 의해 수정된 수정란 중 잔여배아는 폐기되는데 어차피 폐기될 바에는 잉여배아로부터 줄기세포를 분리하여 연구를 진행하는 것이 바람직하다는 주장인데 반해, 종교계에서는 배아에도 영혼이 있다는 주장과 함께 잔여 배아도 폐기시킬 것이 아니라 다른 불임부부에게 입양시키거나 대리모를 통해 출산한 후 입양을 시켜야 한다고 주장한다. 우리나라는 생명윤리법에서 임신 이외의 목적으로 배아를 생성하지 못하도록 하고 잔여배아의 경우 의학적 용도의 경우에만 제한적으로 허용하고 있다. 반면, 미국은 인간배아에 대한 연구를 금지하지는 않고 있으며 관련 연구에 대한 정부 지원에 대해서는 정부가 배아 연구에 재정적 지원을 금지해달라는 소송에 대해 연방대법원이 난치병 환자를 위한 연구는 지원돼야 한다는 판결을 내림으로써 배아 연구에 대한 정부의 지원도 허용되고 있다. 하지만, 인간배아에 대한 연구는 인간의 존엄성을 훼손한다는 주장도 종교계를 중심으로 활발하다.

유전자 편집기술에 대해서 우리나라 생명윤리법은 제47조에서 다음의 두 가지 요건을 갖춘 경우에만 허용하고 있다. ①인체 내에서 유전적 변이를 일으키는 유전자치료에 관한 연구는, 생명을 위협하거나 심각한 장애를 불러일으키는 질병의 치료인 경우(중병요건)에만 허용되며 이 경우에도 다른 치료법이 없거나 다른 치료법보다 현저히 우수한 경우(우월성요건)에만 가능하다. ②유전적 변이 없이 단순히 유전물질을 인체로 전달하는 치료에 관한 연구는 중병요건과 우월성 요건중 하나만 충족하면 가능하다. ③배아, 난자, 정자 및 태아에 대한 유전자 치료는 금지하고 있다. 다만, 배아

---

Trustworthy AI; <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines#Top> 참조  
 동 Guideline에서 제시한 신뢰가능한 인공지능의 7가지 요건(Requirement)은 다음과 같다.  
 ①Human agency and oversight, ②Technical robustness and safety, ③Privacy and data governance, ④Transparency, ⑤Diversity, non-discrimination and fairness, ⑥Societal and environmental wellbeing, ⑦Accountability

에 대한 유전자 편집은 법 제47조 제3항에서는 금지하고 있지만, 잔여배아에 대해서는 난임치료법 및 동법 시행령 제12조에 열거된 20여개의 질병의 치료를 위한 연구 목적으로는 해석상 허용된다고 한다.<sup>120)</sup> 유전자 편집기술은 배아 줄기세포 연구에 비해 논란은 적은 편이다. 하지만, 유전자 편집 기술의 윤리적 이슈는 특정 유전자가 변형되었을 경우 발생할 수 있는 의도하지 않은 결과에 대한 우려와 유전자 변이로 인한 암 등 다른 질병의 발생 가능성 등의 위험이 있으며, 배아의 유전자 편집은 실패할 경우 그 배아가 발생하여 태어난 사람과 그 후손에게 실패의 영향이 미치게 되므로 부모의 판단만으로 허용이 될 수 있는 문제가 아니라는 점이다. 즉, 유전자 치료는 치료를 받는 본인에게서 끝나는 문제가 아니라 후대에 까지 유전되면서 관련되는 사람들에게도 영향을 미칠 수 있으므로 실패할 경우에 발생할 부정적 측면을 훨씬 더 중요하게 평가해야 한다는 것이다.

제4차 산업혁명에서 진행되는 기술의 변화가 초래할 영향을 긍정적이든 부정적이든 받아들이기 위해서는 부족한 제도는 보완하고 새로운 제도를 도입하는 등의 노력이 필요하다. 제4차 산업혁명 기술이 우리 인류에 긍정적인 영향만 줄 것이라는 보장은 없으므로 정부는 제4차 산업혁명의 과정에서 기업과 연구개발 활동을 지원할 수 있는 정책에 못지않게 부정적 측면에 대비하는 정책도 함께 준비해야 할 것이다.

---

120) 생명윤리 및 안전에 관한 법률 제47조 제1항 ~ 제3항 및 김현섭, 2017, “유전자편집기술의 윤리적 문제와 생명윤리법의 재검토”, 한국의료윤리학회지 제20권 제2호 참조

## 제5장 : 제4차 산업혁명 지원을 위한 재정지원 재설계

정부는 연구개발 촉진, 다양한 기업활동 지원 및 고용 장려 등의 목적을 위해 기업, 대학, 연구원 등에 대해 다양한 재정적 지원을 마련하고 있는데, 재정지원 방법은 크게 조세지출 방식의 조세지원과 정부 사업 및 보조금 등을 통한 예산지원의 두 가지로 나뉘볼 수 있다. 두 가지의 지원 정책을 총괄하고 있는 부처는 기획재정부로 전자는 세제실, 후자는 예산실이 담당하고 있는데, 조세와 예산은 가장 중요한 경제정책수단이며, 기획재정부가 경제정책에 있어 다른 부처들을 리드하며 정책을 총괄하고 조정해낼 수 있도록 뒷받침해주는 역할을 하고 있다. 본 장에서 살펴보려는 조세지원과 예산지원의 두 정책수단은 우리나라의 경제발전과정에서 중요한 역할을 해왔으며 현재도 미래의 핵심 산업 육성을 위한 주요 인센티브로 작동하고 있다. 그렇다면, 제4차 산업혁명을 지원하기 위해서는 현재와 비교해서 정책이 어떻게 달라져야 하는가라는 문제와 조세지원과 예산지원의 효율성에 따른 두 가지 인센티브의 조합이라는 측면을 중심으로 재정수단의 재설계에 대해 검토해 보고자 한다.

### 제1절 조세지원 분야 재설계

#### 1. 조세지출예산과 제4차 산업혁명

조세지출예산은 기획재정부 세제실에서 매년 기본계획을 수립하여 국무회의를 거친 다음 각 부처로 통보되며, 국민에게 공개된다.<sup>121)</sup> 우리나라의 조세지출 규모는 2017년 실적으로 약 40조원 규모이며, 2019년에는 47조원을 넘어설 전망이다. 이는 전반적인 경제여건 악화에 따른 고용 및 소득양

121) 조세지출(tax expenditure)이란 특정 정책목적의 달성을 위해 납부해야 할 세금을 감면하거나 세제상의 이익을 부여하는 것을 의미한다. 1967년 미국 재무성(Treasury) Assistant Secretary 였던 Stanley Surrey가 조세감면은 예산의 지출과 동일한 효과를 가져오는 것이라는 것을 의회에 주지시키기 위해 만든 용어라고 알려져 있다. 우리나라는 이전에 ‘조세감면’이라는 용어를 사용했으나 국가재정법에서 1999년부터 조세지출에 관한 보고서를 작성토록 규정하면서 조세지출예산제도가 도입되었다. 이와 함께 관련 법률인 ‘조세감면규제법’은 ‘조세 특례제한법’으로 개정되었고 세제실에 관련 업무를 전담하는 조세지출예산과가 설치되었다.

극화 악화에 대응하기 위한 정책수단으로 활용도가 높아진 데 기인한다.<sup>122)</sup> 2019년 조세지출 기본계획에서 조세지출 규모를 분야별로 보면 다음과 같다.

[표 7] 조세지출 규모(2019 조세지출 기본계획) (단위 : 조원, %)

구 분	'17년(실적)		'18년(추정)		'19년(전망)	
	실적	비중	추정	비중	전망	비중
○ 근로자 지원(EITC 포함)	14.3	36.0	15.3	36.5	20.0	42.2
○ 농림어업 지원	5.2	13.1	5.4	12.9	5.7	12.0
○ 중소기업 지원	2.4	6.1	2.7	6.5	3.1	6.5
○ 연구개발(R&D)	3.0	7.6	2.9	6.9	2.8	5.9
○ 투자촉진·고용지원	1.8	4.5	2.1	5.0	1.4	3.0
○ 기타	13.0	32.7	13.5	32.2	14.4	30.4
<b>합 계</b>	<b>39.7</b>	<b>100.0</b>	<b>41.9</b>	<b>100.0</b>	<b>47.4</b>	<b>100.0</b>

분야별 조세지출 규모에서 제4차 산업혁명과 관련 있는 분야인 연구개발 분야는 최근 3년간 약 3조원 내외를 차지하며, 중소기업 지원 중 벤처기업 등 혁신기업에 대한 지출규모는 따로 발표는 되지 않았으나, 2019년도 창업(벤처)중소기업에 대한 감면세액이 2,010억원이므로, 다른 관련 감면 세액이 있다 해도 3~4조원 정도의 규모로 추정하면 무리가 없을 것이다.<sup>123)</sup> 한편, 연구개발 관련 조세지출은 조특법 제10조 ‘연구 및 인력개발비’에 대한 세액공제와 동법 제11조 ‘연구 및 인력개발을 위한 설비투자’에 대한 세액공제가 전체 연구개발 관련 조세지출 규모의 대부분을 차지하고 있다.<sup>124)</sup> 2020년 예산안 기준, 2018년 전체 연구개발 분야 조세지출 실적은 2조8,090

122) 기획재정부의 『2019년 조세지출 기본계획』에 의한 최근 3년간 조세지출 규모는 다음과 같다.  
(단위 : 조원, %)

구 분	'17년(실적)	'18년(추정)	'19년(전망)
· 국세감면액(A)*	39.7	41.9	47.4
· 국세수입총액(B)**	265.4	293.6	294.8
· 국세감면율[A/(A+B)]	13.0	12.5	13.9

\* 국세감면액 : ('18년 및 '19년) '19년도 조세지출예산서 상 전망치

\*\* 국세수입총액 : ('18년) 실적치, ('19년) 국회 확정 세입예산

123) 국세청, 2019.11.08., 2019년 국세통계 86개 항목 조기 공개 자료 참고.

124) 1. 연구 및 인력개발비 세액공제는 신성장동력산업 및 원천기술 분야에 대한 당기분 R&D비용 최대 30%\*(중소기업은 40%)를 소득세·법인세에서 공제 \* 20%(중소기업 30%)+(매출액 대비 신성장 R&D 지출액 비중×3), 연구 및 인력개발비 지출시 ①, ② 방식 중 선택하여 세액공제  
① 당기분 : 당해연도 지출액 × 0%~2%(중견기업 8%~15%, 중소기업 25%)  
② 증가분 : 직전연도 지출액 초과분 × 25%(중견기업 40%, 중소기업 50%)  
2. 연구 및 인력개발 설비투자 세액공제는 연구 및 인력개발 또는 신기술의 기업화를 위한 시설투자시 투자금액의 1%(중견기업 3%, 중소기업 6%)

억원이며, 이중 조특법 제10조 관련 세액공제는 2조3,793억원, 제11조 관련 세액공제는 1,271억원으로 이 두 항목이 89%를 차지한다. 향후 신성장동력 산업 및 원천기술 분야에 대한 연구개발 관련 조세지출은 더 확대될 예정인데, 이는 제4차 산업혁명 관련 연구개발을 적극 지원하기 위한 정부의 의지라고 할 수 있다. 정리해 보면, 현재 조세 분야에서 제4차 산업혁명의 지원은 조세지출예산제도에 의한 연구개발 인력과 시설 투자에 대한 세액공제, 그리고 인공지능, 사물인터넷 등 제4차 산업혁명 기술 분야에 투자하는 스타트업 등의 기업에 대한 조세지원이 대부분을 구성하고 있다.

현행 조세지출예산제도에서 제4차 산업혁명과 관련될 수 있는 부분을 살펴보면, 제4차 산업혁명을 지원하려는 취지는 파악할 수는 있으나 제4차 산업혁명 지원을 위해 충분하게 설계되어 있다고 평가하기는 어려울 것 같다. 왜냐하면 현재 조세지출예산제도에 반영되어 있는 지원 수준은 기본적으로 첨단 핵심 기술에 대한 투자를 유인하기 위해 이전부터 시행되어오던 제도에서 신성장동력산업 및 원천기술 분야에 대한 지원을 점차 강화하는 정도 이상으로 보기는 어렵기 때문이다. 이러한 관점에서 제4차 산업혁명 지원을 위해 조세지출예산을 포함한 현행 조세지원 방안의 개선해야 할 부분을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 현행 조세지원 제도를 살펴보면 제4차 산업혁명 지원에 대한 체계적인 접근을 하고 있다고 보기는 어려우며 기존에 운영해오던 조세지출예산제도를 조금 더 강화하거나 개정하는 정도로 접근하고 있는 것 같다. 현실적으로 조세지원 수요는 대단히 많아 신청이 들어온 기술 중에서 지원해야 할 기술을 선정하는 것도 쉽지 않은 일이라는 하지만, 제4차 산업혁명에 대한 지원은 조금 더 체계적으로 지원 방안을 모색할 필요가 있다. 제4차 산업혁명에 대한 조세지원은 신성장동력·원천기술 분야에 대한 연구 및 인력개발비 세액공제가 큰 비중을 차지하고 있으나 여기에 제4차 산업혁명과 관련된 기술의 연구개발이 빠짐없이 충분한 지원을 받고 있는지는 문제가 있다. 신성장동력·원천기술에 대한 규정은 조특법 시행령 별표에 열거되어 있는데, 이와 같은 열거주의식 규정은 소극적·후행적 조치이므로 제4차 산업혁명을 적극적으로 지원하는데 제약이 있다고 생각된다. 그리고 우

리나라의 연구개발은 거의 내부 역량에 의해 진행되어 왔으나 제4차 산업혁명 시대에는 기술적 복잡성과 새로운 기술의 출현 속도가 빨라져 협업에 의한 공동 연구개발, 기술대여·취득 및 인수·합병 등 연구개발 활동은 개방형 혁신에 의존하게 될 가능성이 높다. 개방형 혁신과 관련된 우리나라 조세지원제도는 점차 확대되고 있지만 개방형 혁신 활동을 지원하는 것은 물론 기술거래 시장이 형성되고 활성화될 수 있도록 개방형 혁신에 대한 지원을 더욱 강화할 필요가 있다.<sup>125)</sup>

## 2. 연구개발 및 산업혁신 분야

### 가. 연구개발 분야

먼저 연구개발 분야에서 제4차 산업혁명 지원과 가장 상관성이 높은 제도는 신성장동력·원천기술 분야의 연구·인력개발비에 대한 조세지원이다. 여기서 신성장동력·원천기술 분야는 일반 연구·인력개발비에 비해 높은 세액공제율을 부여하는데, 조특법 시행령 『별표 8의8』에 열거되어 있다.

[표 8] 조특법 제10조의 연구·인력개발비 세액공제율(단위: %)

	신성장동력 원천기술 연구개발비	일반 연구·인력개발비	
		증가분	총액
중소기업	30~40	50	25
중견기업	20~30	40	8~15
대기업	20~30	25	0~2

동 별표에는 미래형 자동차, 지능정보, 차세대 전자정보디바이스, 차세대 방송통신, 바이오·헬스, 에너지신산업·환경, 융복합소재, 로봇, 항공·우주의 9개 분야에 해당하는 102가지 대상기술이 규정되어 있다. 인공지능, 자율주행차, 반도체 및 디스플레이, 5G, 바이오, ESS, 친환경 에너지, 로봇 등 관련 첨단기술이 망라되어 있어, 제4차 산업혁명 관련 기술이 상당 부분 지원을 받을 수 있을 것으로 보인다. 하지만, 이렇게 열거식으로 나열되는 방식은 초기 기술을 빠뜨릴 가능성이 있어 가급적이면 더 포괄적인 방식의 규정이 필요하다. 물론 동 별표는 행정입법이므로 한 해에도 몇 차례씩 개

125) 노민선·박수진·송창현, 2017, “개방형 혁신 촉진을 위한 R&D 조세지원제도 개선방안 연구”, 한국혁신학회지 제12권 제4호 p.68 참고.

정이 가능하지만, 후행적이므로 초기에 중요 기술로 인정받지 못하는 경우 자칫 초기부터 혹은 적기에 지원이 어렵다는 문제가 있다. 현재의 규정에 반영되어 있지 않은 분야로 ‘초연결성’의 기반이며 스마트시티 등의 핵심 기술인 사물인터넷과 블록체인 관련 기술이 포함되어 있지 않으며, 제4차 산업혁명의 가장 중요한 인프라라고 할 수 있는 보안관련 기술과 생명과학분야에서 유전자가위, 신경기술 등도 포함되어야 할 대상이다.

또한 신성장동력 및 원천기술에 대한 우대 지원의 활용도를 살펴보면 2011년도 제도도입 이후 신청건수가 계속 증가하고 있다고는 하나, 2017년 전체 연구·인력개발비 세액공제 신청건수 대비 0.66%인 200여개 기업에 불과하며 공제대상금액으로도 3.78%에 불과한 실정이어서 효과성을 높게 평가받지 못하고 있다. 게다가 우리나라처럼 많은 기술분야를 일일이 열거하고 해당 기술을 우대세제로 지원하고 있는 국가를 찾아보기 어렵다는 점도 동 제도를 보편성을 갖는 제도가 되게 하려면 대폭 재설계할 필요가 있다는 것이다.<sup>126)</sup> 지금처럼 정기 세법개정안 또는 필요시에 제4차 산업혁명 관련 기술을 추가하는 것보다 범기술적으로 어려움이 있더라도 가급적 포괄적인 방식으로 규정하여 관련 기업이 초기부터 지원을 받는데 어려움이 없도록 배려하는 것이 바람직할 것이다.

두 번째로 융·복합 기술에 대한 지원과 개방형 혁신(open innovation) 분야를 살펴보면, 현재의 조세지출 관련 규정은 융·복합 기술에 대한 연구개발 협업에 대해서 현행 조특법 제10조에 의한 연구·인력개발비에 대한 세액공제 규정에서 위탁이나 공동개발을 인정하며 독자 개발과 동일하게 지원하고 있다. 하지만, 제4차 산업혁명에서는 기술의 융·복합 추세로 인해 하나의 기술개발을 위하여 여러 기업이 협업을 해야 하는 경우가 많을 것이므로 협업에 대한 별도의 지원 규정을 마련하여 협업을 더 장려할 필요가 있다. 예컨대, 인공지능과 로봇은 알고리즘부터 기계의 동작과 관련되는 각종 하드웨어, 센서와 통신기술 등 수많은 관련 기업 및 연구기관 등의 협업이 있어야 가능한 초대형 프로젝트가 될 가능성이 크기 때문에 초대형 연구개발 프로젝트에 참여하는 기업과 연구단체 등의 협업을 촉진하

126) 기획재정부, 한국조세재정연구원, 2018, “2018 조세특례 심층평가(IX) - 연구·인력개발비 세액공제 및 연구·인력개발 설비투자 세액공제” p. 43, 79 참고

기 위해 더 많은 지원을 제공할 필요가 있다. 한편, 개방형 혁신은 자체 개발이나 협업에 의한 연구개발이 곤란한 경우 관련 기술을 아웃소싱하는 것으로 업계의 기술발전의 속도가 더욱 빨라지고 있어 자체 개발로 발전의 속도를 따라가기 힘들어지므로 앞으로 개방형 혁신의 수요는 계속 증가할 것으로 전문가들은 전망한다. 현행 조특법은 개방형 혁신에 대해 기술이전과 기술대여, 기술취득(제12조), 기술혁신형 합병(12조의3), 기술혁신형 주식취득(12조의4)에 대해 세액공제를 해주고 있으며 중소기업에 대해서는 우대하고 있다.

개방형 혁신에 대한 우리나라의 조세제도는 공제한도 확대, 현금수령 요건 완화 등을 통해 조세지원이 계속 확대되는 추세에 있는데, 한 가지 문제로 지적할 수 있는 것은 대기업에 대한 지원규모의 축소다. 연구개발 등에 대한 조세지원의 근거는 외부경제효과에 대한 일종의 보상이므로 기업규모에 의해 지원액을 차등하는 것은 경제논리로는 맞지 않다. 하지만, 대기업보다 중소기업을 우대할 수 밖에 없는 것이 우리 기업계의 현실이므로 연구개발에 대한 가장 기본적인 지원인 조특법 제10조에 의한 연구·인력개발비에 대한 세액공제는 중소기업에 우대해도, 기술취득과 이전 등 개방형 혁신과 관련된 지원은 대기업에 차별하는 것이 적절하지 않다. 중소기업 또는 벤처기업이 개발한 기술의 양도 또는 이전의 경우 가장 큰 수요자는 바로 대기업이기 때문이다. 대기업에게 충분히 혜택을 주어 중소기업 및 벤처기업이 개발한 기술에 대한 대기업의 수요가 늘어나도록 유도하는 것이 기술을 개발한 중소기업이나 벤처기업에게 훨씬 더 유리할 것이며 향후 우리나라 기술거래 시장의 규모를 확대하여 향후 기술거래를 더욱 활성화할 수 있는 방안이 될 것이라고 생각한다. 이와 관련하여 일본은 단독 연구개발비에 대해서는 12%를 세액공제 하는 반면 대학 또는 연구소에 연구개발을 의뢰하는 등의 개방형 혁신에 대해서는 30%의 공제비율을 제공하고 있다.<sup>127)</sup> 우리도 일본의 사례를 참고하여 협업 프로젝트로 추진되는 연구개발 또는 개방형 혁신에 의한 연구개발에 대한 지원을 강화할 필요가 있을 것이다.

---

127) 정희선·김법준, 2017, “4차 산업혁명 시대에 경쟁력 제고를 위한 조세지원 방안”, Korea Business Review 제21권 제4호 p. 210 참조



마지막으로 기업들의 인지도와 활용도 측면에서 노민선 외 2인(2017)에 의하면 관련 기업들에 대한 설문조사 결과, 연구·인력개발비 세액공제와 같이 도입된 지 오래된 제도는 기업들이 잘 알고 있으나 도입된 지 오래되지 않은 개방형 혁신 관련 세액공제 지원에 대해서는 제도 자체를 잘 모르거나 내용이 어렵고 조문이 흩어져 있어 활용도가 낮다고 평가한다. 이와 관련해서는 먼저 연구개발에 대한 조세지원 제도를 자세히 알릴 수 있도록 홍보를 강화하고 채널을 다양화하며, 궁극적으로는 조특법에서 연구개발 관련 조세지원 규정을 통합하여 기업들의 인지도와 활용도를 높일 수 있게 하는 방안을 추진해야 한다. 보다 근본적으로는 너무 복잡한 규정과 요건을 단순화하고 복잡한 적용 공제율도 단순화할 필요가 있다.<sup>128)</sup>

#### 나. 산업혁신 분야

산업혁신을 위한 가장 중요한 요소는 바로 창의성과 기업가 정신이다. 흔히 활발하게 진행되는 혁신의 징후로 연구개발, 시설투자 등을 먼저 주목하는데, 사실 연구개발과 시설투자도 창의성과 기업가 정신을 연료로 쓰는 혁신생태계의 엔진이 돌아가야 시작될 수 있는 것이다. 앞에서 밝힌 바와 같이 무기력하게 보이는 우리나라 기업계의 혁신생태계를 깨워 일으킬 창의성과 기업가 정신의 결정판은 바로 창업이며, 그 바탕에는 그런 인재를 키워내는 인적자원에 대한 투자가 있어야 한다. 사실 이 분야에 대한 조세 지원은 이미 오래전부터 시행되어 왔으며 정부는 이미 다양한 지원제도를 마련해 놓고 있으므로 여기서는 기업현장과 학계 및 연구계에서 제기하는 이슈 중 꼭 필요하다고 생각되는 방안만 살펴보기로 한다.

먼저 창업 분야는 이미 중기부를 중심으로 여러 관련 부처가 소관 사업 등에 다양한 예산과 조세지원 방안을 마련해 왔으며, 매년 개선과제를 발굴하고 있어 크게 어려움은 없어 보인다. 창업기업들로부터 중요도와 만족도를 조사한 한 연구에 따르면 연구개발과 사업화에 대한 지원은 이미 충분

128) 한국조세재정연구원의 2018년도 조세특례 심층연구 결과에 의하면 신성장동력 및 원천기술개발비의 경우 높은 공제율을 적용하고 있음에도 관련 연구개발의 양적 확대 등 시장성과를 제고한다는 실증적 증거를 찾기 어려워 제도의 재설계가 필요하다고 하면서, 정책대상 업종, 부문, 기술을 열거할 것이 아니라 차라리 일반 연구·인력개발비와 통합하고 세액공제율을 조금 더 올리는 것이 좋겠다는 방안을 제시하였다.

하므로 그대로 정책을 유지하면 좋겠고, 시설, 공간, 멘토링, 컨설팅, 창업교육 등은 이미 정책이 포화상태이므로 축소해도 괜찮은 분야라고 응답했다. 중요도는 높지만 만족도가 낮아 개선이 필요한 영역은 정책자금, 판로, 마케팅, 해외진출에 대한 지원이었다.<sup>129)</sup> 그런데 이 분야는 조세분야에서 지원할 정책은 아니며, 조세지원이 중요한 연구개발 분야는 현 수준을 유지해도 좋다는 응답이므로 조세지원에 관해서는 별도로 재설계가 필요하지는 않을 것 같다. 하지만, 위 조사에서 다루지 못한 부분은 실패와 재기에 대한 부분이다. 혁신의 과정에서는 반드시 실패가 따르기 마련이므로 재기에 대한 지원은 매우 중요하게 다뤄져야 한다. 글로벌기업가정신(GEM)<sup>130)</sup> 지수에서 우리나라의 창업태도는 창업의도 22위, 창업기회인식 44위, 실패에 대한 두려움 51위로 65개국 중 실패에 대한 두려움이 큰 편으로 나타나고 있다. 실패에 대한 지원을 위해 중소벤처기업부는 제도전종합지원센터를 운영하고 있으며, 위기극복과 재창업 지원을 위한 컨설팅, 멘토링, 재창업자금지원 등의 패키지 지원을 하고 있다. 그러나 가장 도움이 되는 것은 재창업시 기왕의 실패에서 발생한 결손금을 보전해주는 방안을 검토해 볼 수 있을 것이다. 예컨대, 창업 후 5년내 사업실패로 기업을 청산한 경우, 청산일로부터 2년 또는 3년 이내에 동일 업종에서 재창업을 하면 청산소득에 대해 과세를 이연하고 결손이 발생했으면 결손금을 재창업한 기업에 승계할 수 있도록 하여 재창업 기업에 소득이 발생할 경우 공제될 수 있도록 함으로써 재창업을 지원해주는 방안이다.<sup>131)</sup>

다음은 기업이 혁신활동에 대한 지원으로 기업이 혁신활동으로 인해 회사가 분리 또는 분사(spin-off)되는 경우, 반대로 다른 회사와 합병을 하는 경우가 발생한다. 이 경우 기술취득 등을 이유로 한 합병이나 주식취득은 이미 조특법에 의해 세액공제 지원을 받을 수 있으나, 분사되는 경우는 별

129) 김윤규·배홍범·심용호·김서균, 2018, “창업기업 지원 정책 개선방안 연구: ICT 창업기업을 중심으로”, 벤처창업연구 제13권 제4호 p. 123 참고

130) 런던경영대학(LBS)과 미국 Bapson College가 조사하는 글로벌기업가정신(Global Entrepreneurship Monitor: GEM) 지수는 65개국을 대상으로 기업가정신 지수를 조사하여 매년 발표하고 있음. 중소벤처기업부·창업진흥원, 2018, “주요 선진국 창업·벤처 통계 비교 분석” 참고

131) 정희선·김범준, 2017, 전계 논문 p.208~209 참고. 동 논문에서는 재창업의 경우 동종업종 여부를 명시하지 않았으나 실패에서 배운 경험과 교훈을 되살려 제도전하면 성공확률은 더 높아질 가능성이 높아지므로 재창업을 지원할 수 있는 명분은 실패 업종에서의 제도전하는 경우이며 다른 업종에서 재창업할 경우에는 지원할 명분이 약할 것으로 생각됨.

도로 조세지원에 대한 규정이 없다. 사내 혁신활동의 대표적인 사례는 바로 사내벤처(Internal Corporate Venturing)라고 할 수 있는데, 연구개발활동으로 사내 벤처가 분사하게 되거나 사내벤처를 통해 개방형 혁신으로 연구개발 활동을 하는 경우 추가적인 공제율 적용을 검토해 볼 수 있을 것이다. 사내벤처와 지원과 관련하여 아일랜드 정부가 2015년 새로운 세제지원 프로그램인 SURE(Start-Up Refunds for Entrepreneurs)를 참고하면 좋을 것이다. SURE 프로그램의 핵심은 근로자였던 자가 스타트업을 설립하면 투자한 자본을 과거 납부했던 근로소득세에서 최대 투자 금액의 41%까지 환급해주는 것이다.<sup>132)</sup>

다음은 산업혁신의 인프라인 산업안전망 차원에서 기술보호 및 사내 보안 인력에 대한 조세지원을 생각해 볼 수 있다. 기술보호 및 보안 분야는 제4차 산업혁명에서 가장 중요한 기술 인프라가 될 것이며 정부가 산업안전망 차원에서 펴야 할 정책임을 제1절에서 밝힌 바 있다. 초연결의 시대에서 수많은 접속노드를 갖게 되는 기업의 보안과 기술보호는 기업의 사활이 걸린 문제라고 해도 과언이 아니다. 생산기술 관련 자료는 물론 고객 및 거래 네트워크 등 기업의 핵심 재산인 데이터는 모두 디지털화되어 있으므로 어디서 침입할지 모르는 해킹 등에 의해 탈취되는 순간 기업은 생사의 갈림길에 서게 될 수도 있다. 우리나라 기업의 기술보호 전담 인력은 대기업은 5.5명, 중소기업은 0.4명인데, 중소기업의 경우는 상황이 매우 취약하다. 노민선 외 2인(2017)의 전계 논문에 따르면 설문조사 결과에서 기술보호나 보안 관련 전담 인력이 아예 없는 기업의 비율이 61.7%였으며, 이 중 47.3%의 기업은 전담 인력이 필요하지 않다고 응답하여 기술보호와 보안의 중요성을 인식하지도 못하고 있다고 밝혔다. 따라서 이미 밝힌 바와 같이 신성장동력·원천기술에 기술보호 및 보안 관련 산업을 추가하고 중소기업이 전담 인력을 고용할 경우 인건비에 대해서는 조세지원 방안을 마련하는 것이 바람직하다.

마지막으로 제4차 산업혁명 시대에서 경제 및 산업 활동의 근간이 될 수도 있는 공유경제 또는 공유경제 플랫폼 사업자에 대한 과세 문제와 공유

---

132) 한국조세재정연구원 세법연구센터, “아일랜드 - 스타트업 투자에 대한 새로운 세제혜택 발표”, 세법연구센터 해외동향자료 게시판 게시물(2019.10.21.) 참고.

경제의 인프라 구축에 대한 세제지원이다. 과거에는 자원이나 상품 등을 사용하기 위해 재산권, 즉 소유라는 형태를 통해 사용권을 취득했으나 교통 및 통신이 발달한 제4차 산업혁명 시대에서는 소유보다는 더 효율적인 형태로 소비가 가능하게 되는 공유, 더 정확하게 말해서 사용권만을 취득하는 형태가 더 보편적인 행위로 바뀔 전망이다. 현재의 렌트카, 주택 임차 등과 같이 사용권을 거래하는 것이 경제활동의 중심이 된다는 말인데, 제4차 산업혁명으로 구현되는 디지털 경제는 인터넷을 기반으로 하는 온라인 플랫폼을 통해 자원이나 상품에 대한 접근이 쉬워지게 되므로 거래비용과 세금 등의 부담이 있는 소유라는 형태보다는 언제 어디서나 접속이 가능한 플랫폼을 통해 사용권만을 취득하는 것이 더 효율적이고 개인적으로도 유리한 형태의 소비활동이 되는 것이다. 이러한 경제활동의 형태를 공유경제라고 하는데<sup>133)</sup>, 이러한 공유경제 서비스는 이미 우리 생활 가까이에 다가와 있다. 2015년에는 숙박공유 플랫폼을 통한 수수료를 주된 수입으로 하는 에어비앤비(Airbnb)의 주가가 세계적 호텔체인인 매리어트(Marriott)의 주가를 넘어서 화제가 된 바 있다. 이에 따라 공유경제 서비스 사업자들에게 과세하는 국가들이 생겨나고 있다. 다만, 공유경제 플랫폼을 활용한 서비스의 제공이 사업이라는 영리활동에까지는 이르지 않는 공급자들을 고려하여 일정 금액 이상의 수입이나 소득이 발생하면 신고하여 납세하도록 하고 있다. 미국과 일본은 일정 금액 이상의 수입이 발생하는 경우, 네덜란드, 프랑스 등에서는 에어비앤비를 이용하는 고객에게 관광세를 부과한다.

우리나라는 아직 공유경제에 대한 과세제도가 없다. 우리나라를 포함한 아시아 국가들은 아직 서구 국가들에 비해 공유경제에 대한 인식이나 확산이 다소 더딘 측면이 있다. 공유경제는 플랫폼 사업자의 중개를 통한 P2P 거래가 주된 거래 방식이며, 따라서 과세당국은 개인간 직접 거래가 주된 형태인 개인에 대한 세원을 제대로 관리하고 포착하지 못하는 문제가 발생한다. 특히 플랫폼사업자가 외국에 있는 경우 플랫폼을 통한 거래에 부가가치세 징수가 어려워지는 점 등으로 관련 세금은 징수가 상당히 어려워지

133) 공유경제를 기존 경제와 비교해 보면, 전통적 사업자는 영리를 목적으로 하는 것이 분명하고 사업자로 등록하고 관계 법령에 의해 규제를 받고 납세의 의무가 명확한 반면, 공유경제 사업자는 반드시 영리가 목적이 아닌 경우도 있으며, 진입과 탈퇴에 아무런 제약이 없고 규제도 명확하지 않으며 납세의무가 명확하지 않다. 따라서, 택시, 숙박업자 등 기존 전통적 사업자들은 형평성 문제를 제기하며, 충돌을 빚어 사회문제가 되기도 한다.

게 된다. 이러한 문제점으로 인해 정부가 자체적으로 세원을 관리하기 어렵고 자국의 전통적 사업자들이 플랫폼사업자에 비해 불리하게 되는 사례 등이 발생하므로 이러한 문제를 방지하기 위해 OECD에서는 회원국들에 대해 디지털서비스를 통해 창출된 매출액의 3%를 부과하는 디지털서비스세 도입을 제안하고 있다. 이탈리아는 2019년부터 전자적 수단을 통해 거래되는 모든 용역에 대해 가액의 3%를 디지털서비스세로 부과하고 있는데 대상은 연간 계약건수가 3,000건 이상인 내·외국 기업이며, 디지털서비스세는 거래세이며 소득에 대한 세금부과가 아니므로 세액공제 관련 사항도 없다. 이러한 점들을 참고하여 과세당국은 공유경제 활동으로부터 세수확보를 위해 관련 서비스의 규모 등을 지속적으로 모니터링하고 거래정보를 확보하는 방안을 마련해야 하는데, 아직은 우리나라에서 공유경제의 규모가 크지 않으므로 법인세와 같은 플랫폼사업자에 대한 과세문제는 시급하지 않으므로 사용자 중심으로 과세의 초점을 맞추면 될 것이다.<sup>134)</sup> 따라서 우선은 전담 인력을 지정하여 관련 이슈에 대한 모니터링부터 시작하고 추후 공유경제의 규모 등을 감안하여 전담 조직 신설 문제를 추진하는 등의 노력을 해야 할 것이다. 아울러, G20 BEPS 및 OECD의 디지털서비스세 관련 논의 등에 적극 참여하여 국경을 넘어서는 공유경제 플랫폼 사업에 대한 과세문제도 세계 각국과의 공조를 통해 지혜롭게 해결해야 할 것이다.

### 3. 일자리 및 인적자원 개발 분야

현재 모든 분야를 망라해서 제4차 산업혁명 관련 이슈 중 가장 관심이 높은 분야는 바로 인공지능과 로봇 등이 대체할 사람의 일자리에 대한 우려일 것이다. 특히, 제4차 산업혁명을 제안한 Klaus Schwab이나 World Economic Forum 그리고 국민의 생활과 경제를 책임져야 하는 각국의 정부는 일자리 관련 문제에 더욱 민감할 수 밖에 없다. 일자리 문제와 관련해서는 밝힌 바와 같이 긍정적 시각과 부정적 시각이 공존하며, 보다 근본적으로 일과 인간의 생활에 대한 근본적이고 철학적인 문제까지 논의가 되기도 하는데 여기서는 인공지능과 로봇에 의해 대체될 일자리와 그에 대한 정부의 대응에 관한 문제를 조세정책적 관점에서 논의해보기로 한다.

134) 김재진·유현영·홍민욱, 2018, “공유경제활동에 대한 과세체계 연구”, 한국조세재정연구원 세법연구 18-06 p.133-135 참조

현재 일자리와 관련된 조세지원제도는 노동의 수요자인 기업을 지원하는 ‘청년고용증대세제(조특법 제29조의5)’, ‘사회보험료세액공제(조특법 제30조의4)’ 등 7 가지의 특례가 있으며, 2016년 실적 기준으로 청년고용증대세제와 사회보험료세액공제의 조세지출 규모는 각각 558억원과 514억원이다. 또 노동의 공급 측면에서는 ‘중소기업 취업자에 대한 소득세 감면(조특법 제30조)’ 과 ‘성과보상기금 수령액에 대한 소득세 감면(조특법 제29조의6)’ 두 가지가 있으며, 2016년 실적 기준으로 취업자에 대한 소득세 감면은 2,325억원이며, 성과보상기금 수령액에 대한 소득세 감면은 실적이었다. 위의 고용증대 세제의 효과에 대해 선행 연구들이 있지만 결과는 효과가 없거나 있어도 크지 않다는 결론이 대부분이다. 다만, 위 두 가지의 특례는 중소기업에 대한 조세지원이므로 대기업 고용을 훨씬 선호하는 청년들에게 큰 영향을 주지 못한다는 한계가 있으며, 조세지출 규모도 개별기업의 입장에서는 고용을 유발할 만큼 큰 것이 아니라는 제도적 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 다른 연구에서는 사회보험료세액공제의 효과성을 분석한 결과 특정 규모의 기업군에 효과가 있는 것으로 나타났다고 하면서, 제도의 효과성을 높이기 위해 무리하게 공제율을 높이거나 대상 기업을 확대하기보다는 지원대상을 잘 설계하는 것이 중요하다고 제안하였다.<sup>135)</sup>

이상에서와 같이 조세지원이 기업의 고용규모 자체에 큰 유인이 되기는 어려울 수 있지만, 조세지원은 기업의 고용에 내용적으로 영향을 미칠 수는 있으므로 대상을 명확히 해서 잘 설계하면 제4차 산업혁명 관련 기술 및 기업에 적용할 수 있는 고용 지원 방안이 될 수도 있을 것이다. 예컨대, 제4차 산업혁명 관련 전문인력의 양성을 위해 관련 교육을 시행하는 학교법인 등에 대해 기부금을 장려하도록 기부금의 공제율을 인상하거나, 현재 정부 예산을 중심으로 운영되는 대학 직업 관련 교육 및 프로그램 운영에 투자하는 기업에 대해 연구·인력개발비를 준용한 세액공제에 추가 공제율을 부여하여 인력의 직접 수요자인 기업과 대학 등 교육기관과의 연계를 강화하는 재설계 방안을 모색해 볼 수 있다.

135) 전병목·김학수·오종현, 2018, “저성장시대의 조세정책 방향 - 생산성, 투자, 고용을 중심으로”, 한국조세재정연구원 p. 147 참고

다음은 전문기관 등에서 교육을 받은 인재들이 제4차 산업혁명 관련 기업으로 원활하게 진입할 수 있도록 지원하는 방안인데, 사실 인력수급과 관련하여 이미 여러 가지 조세지원 방안이 이미 시행되고 있는데, 예전부터 기업이나 벤처업계로부터 가장 많은 건의사항이 들어오는 것이 바로 주식매수선택권, 즉 스톡옵션이다. 창업 초기 벤처기업은 대부분 자금 사정이 여의치 않아 많은 보수를 주고 필요한 인재를 데려올 수 없는 어려움이 있는데, 초기 벤처기업의 이런 어려움을 해결해주는 것이 바로 스톡옵션 제도이다. 2017.11월에 발표된 “혁신창업 생태계 조성방안”에서 2006년 폐지됐던 스톡옵션에 대한 비과세가 다시 부활한 것은 다행이라고 할 것이다. 그런데 비과세 한도가 2천만원에 불과하여 이전의 5천만원보다 축소된 것은 현실성이 떨어진다고 하겠다. 몇 년이 걸릴지 모르고 실패할 수도 있는 벤처기업이 성공할 경우 스톡옵션은 그동안의 낮은 보수를 보상하는 수단인데 비과세 구간이 2천만원에 불과한 것은 스톡옵션의 본질을 이해하지 못한 금액이라고 하겠다. 또 민원이 많은 부분은 스톡옵션을 소득세로 보고 양도한 시점이 아닌 행사한 시점에 부과하는 제도인데, 2014년 제도개선으로 양도시점에서 양도세로 납세하는 것을 선택할 수 있게 되었으나, 이 경우는 요건이 엄격하여 여전히 불만이 남아 있다.<sup>136)</sup> 따라서 행사시점에 소득세를 납부한 경우라면 추후 실제 양도시 주가가 하락하여 손실이 발생할 경우 이를 종합소득에서 공제해주는 방법 등 자본손실을 보전해 줄 수 있는 방안을 마련하는 것이 바람직하다.

또 2021년부터는 주식의 양도차익에 대한 과세시 대주주의 범위를 현재 시가총액 15억원 이상에서 3억원 이상으로 확대하는데 이렇게 되면 스톡옵션을 양도할 경우 시가 총액이 3억원을 넘으면 대주주가 되어 양도차익에 대해 다시 납세의무가 생기는 것이다. 이것은 스톡옵션 행사시에 이미 납세를 했음에도 또 납세를 하게 되어 이중과세의 문제가 발생한다.<sup>137)</sup> 따라서, 스톡옵션에 대한 과세의 문제를 종합적으로 조정하되 양도시에 과세하는 것으로 통일하거나 아니면 양도시에 이중과세되지 않도록 하고 양도시

136) 조특법 제16조의4(벤처기업의 주식매수선택권 행사이익에 대한 과세특례)에 따라 양도세로 납부를 선택하려면 벤처기업육성에 관한 특별조치법에 의해 설립된 기업이며, 보유기간 1년 이상, 연간 행사가액 1억원 이하 등 요건을 충족해야 한다.

137) 디지털타임스, 2019.6.25., “벤처 스톡옵션 稅혜택 코스닥까지 늘린다”

손실이 발생하게 되면 이를 공제할 수 있도록 하여 스톡옵션이 벤처기업의 인재 영입에 실질적인 도움을 줄 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

#### 4. 로봇세 도입

##### 가. 로봇세를 둘러싼 논쟁과 부과 근거

로봇세는 2017년 2월 빌 게이츠 마이크로소프트 창업자가 Quartz와의 인터뷰에서 도입을 주장하면서 크게 이슈화되었는데, 내용은 빠르게 진행되는 로봇에 의한 자동화로 일자리 감소 문제가 발생할 경우 기업에 대하여 소득세 수준의 로봇세를 부과함으로써 일자리를 잃은 사람이 재교육을 받아 다른 분야에서 다시 일할 수 있도록 하는 재원으로 사용해야 한다는 것이다. 공교롭게도 하루 전 EU 의회는 EU 집행부에 대한 권고문인 ‘로봇에 대한 결의문’을 발표했는데, 언론들은 로봇에게 ‘전자인간(electronic person)’의 지위를 부여할 것을 권고했다는 내용을 가장 많이 다루었다. 여기서 주목할 것은 전자인간의 지위를 부여한다는 것은 곧 로봇에 과세할 수 있는 근거가 된다고 할 수 있다는 점이다.<sup>138)</sup> 당시 미국 Obama 대통령의 경제 고문이었던 Lawrence Summers는 빌 게이츠의 발언에 대해 혁신에 저항하는 것은 국가를 가난하게 만들 것이라고 부정적 의견을 피력했지만, 이후 로봇세에 긍정적인 논문과 연구결과도 학계에서 속속 나오고 있다. 흥미로운 것은 한국이 2018년 생산성 향상시설 투자세액공제율을 2%p 인하한 것에 대해 세계 최초의 로봇세로 도입으로 인식하기도 한다는 점이다.<sup>139)</sup>

그간의 로봇세 도입에 대한 연구결과들에서 아직은 어떤 합의나 뚜렷한 공통된 기준 또는 결과를 볼 수는 없지만, 로봇세 도입에 대해서 우려하고 있는 것은 사람의 일자리 대체에 따른 실업 문제와 동시에 로봇세를 부과

138) European Parliament, 2017.2.16., “2017 Civil Law Rules on Robotics” 및 홍범교, 2018, “기술 발전과 미래 조세체계 - 로봇세를 중심으로”, 한국조세재정연구원 p.48 참고. 그런 해석은 로봇 사용으로 인해 실업 유발과 사회안전망에 영향을 줄 수 있으므로 로봇에 대한 과세와 기본소득제 도입을 검토해야 한다는 EU 의회의 권고가 초안에는 있었으나 최종 문안에서 삭제되어 로봇에 대한 전자인격 부여에 로봇세 도입의 의지가 반영되었다고 해석하는 것이다.

139) 영국 Telegraph와 미국 New York Times 보도 참고. Telegraph, 2017.8.9일자, “South Korea introduces world's first ‘robot tax’” 및 New York Times, 2019.2.23일자, “Don't Fight the Robots. Tax Them” 참고



할 경우 혁신을 지연시키거나 자원배분에 왜곡을 초래하지 않을까하는 걱정이 있다. 만약 로봇이 사람의 일자리를 대체하여 실업문제가 악화되는 상황이 초래된다면 로봇세 도입을 피할 길은 없겠지만, 아직은 로봇세 도입에 대한 언급 자체에 신중한 상황으로 보인다. 하지만, 연구원이나 학계에서 로봇세 도입에 대한 연구결과는 계속 나오고 있으며 핵심은 어떻게 자원배분의 왜곡이 가장 작은 로봇세를 설계하느냐는 것이다. 하지만, 아직 인공지능이나 로봇의 매우 제한적인 자동화 사례와 데이터로 로봇세가 기업의 의사결정에 미치는 영향을 밝혀내는 것은 쉬운 일이 아니다. 또 로봇세로 확보한 세수를 어떻게 사용할 것인가에 대해서도 함께 연구하기도 하는데, 주로 기본소득제를 상정하고 있다. 여기서는 로봇세 도입 근거에 대한 논의와 과세방법론에 대해서만 살펴보고자 한다.<sup>140)</sup>

먼저, 기존 연구들에서는 실업문제의 발생과 그 해결을 위한 로봇세의 도입이 불가피한 측면을 인정하면서도 로봇세의 도입으로 인해 자원배분의 왜곡이 초래될 딜레마적 상황을 우려하고 있다. 이것은 인공지능과 로봇이 우리에게 양날의 칼과 같은 존재이기 때문이다. 인류가 해결하기 어려운 비효율의 문제를 해결하고 생산성을 획기적으로 향상시켜 줄 수 있는 반면, 사람이 하던 일을 대체하게 됨으로써 인류의 삶의 방식과 생활의 근거를 뿌리째 흔들어버릴 수도 있다. 즉, 인공지능이나 로봇은 혁신을 불러오고 생산성을 향상시키는 외부경제 효과를 가져오지만, 사람의 일자리를 대체함으로써 고용이 악화되면 소득을 노동에만 의존할 수밖에 없는 계층의 빈곤을 초래하는 반면 인공지능과 로봇을 소유한 자본의 소득은 더욱 증가하여 소득불균형이 심화되는데, 이는 사회적으로 소득의 불균형을 초래하고 계층적 위화감 등의 사회적 문제를 만들어내는 외부불경제 효과도 동시에 발생하게 되는 것이다. 따라서 가장 단순한 로봇세 설계 모형은 로봇세를 징수하여 실업이나 소득불균형과 같은 외부불경제 효과에 대비하되, 혁신과 생산성 증대를 위한 로봇에 대한 투자에 대해서는 조세특례나 예산을 통해 외부경제 효과를 보상하고 더욱 촉진할 수 있도록 지원하면 되는 것이다. 하지만, 이것은 원론적 입장에 불과하고 현실은 더욱 복잡하기만 하다.

140) 로봇세에 대한 선행연구는 한국조세재정연구원에서 발간한 연구보고서에 잘 정리되어 있다.

\* 홍범교, 2018, “기술발전과 미래의 조세체계 - 로봇세를 중심으로”, 한국조세재정연구원

## 나. 로봇세 부과 대상

로봇세 부과와 관련하여 제일 먼저 직면할 문제는 로봇세를 누구에게 어떻게 얼마나 징수해야 하느냐의 문제다. 만약 인공지능이나 로봇을 생산의 중간재로만 본다면 로봇세는 로봇을 소유한 기업에 부과하게 될 것이다. 그러나, EU 의회의 결의문과 같이 로봇에 전자인격을 부여하게 되면 과세 당국이 로봇에 직접 과세하는 형태가 되는데, 이 경우에는 국가가 인공지능이나 로봇을 등록시키고 관리문제에까지 개입할 개연성을 남기게 된다. 하지만 로봇에 전자인격을 부여한다고 해도 인공지능이나 로봇이 사람과 같이 노동 이외의 소비, 저축, 여가와 같은 경제활동에 자율성이 없다면 결국 과세 주체로 보기 어려울 수도 있다. 또 하나의 문제는 인공지능과 로봇의 지적능력과 생산능력이 각각 모두 다를 수 있는데, 예컨대 사람을 완전히 대체하여 실업을 발생시키는 경우와 부분적 대체만 가능하여 사람이 같이 일을 하는 경우를 어떻게 볼 것이냐는 문제다. 위 두 가지의 문제는 서로 다른 측면의 문제인 것 같지만 사실은 연결되어 있는 문제다.

로봇세의 납세 주체를 논의하기 전에 인공지능과 로봇의 능력별 단계를 먼저 구분해 볼 필요가 있다. 홍범교(2018)는 Kurzweil의 견해에 따라 인공지능과 로봇의 단계를 인간보다 열위한 단계, 인간과 동등한 단계, 인간보다 우월한 단계로 3단계로 나누어 인공지능이 인간보다 우월한 단계에서는 과연 인공지능이나 로봇이 세금을 순순히 낼 것인지 상정하기 어렵다면 그 앞의 두 단계를 중심으로 설명한다. 1단계는 사람의 일자리를 감축하기는 하지만 전면적으로 대체할 수 있는 단계는 아니므로 자동화세를 신규로 부과하거나 법인세 부담을 인상시키는 정도가 가능하며, 2단계는 대량 실업 사태가 현실화될 가능성이 있는 단계로 로봇에게 전자인격을 부여하고 납세의무를 지우게 될 가능성이 높다.<sup>141)</sup>

그런데 로봇세를 부과하는 경우 고려해야 할 것은 1단계 정도의 인공지능이나 로봇의 외부불경제 효과와 외부경제 효과 중 어느 것이 더 크냐는 것이다. 만약 인공지능이나 로봇의 외부경제 효과, 즉 혁신과 생산성 향상

141) 홍범교, 2018, *ibid*, p. 55-56 참고

효과가 더 크다면 로봇세를 부과하지 않거나 부과하더라도 최소한만 부과해야 한다. 그렇지 않으면 로봇세를 부과하는 순간 로봇세로 인해 혁신과 생산성은 저하되는 것이다. 2019년 Joao Guerreiro, Sergio Rebelo, Pedro Teles의 공저 논문인 “Should Robots Be Taxed?” 에 흥미로운 주장이 실렸다.<sup>142)</sup> 최적의 균형은 로봇으로 단순 업무만하는 가계를 대체한 경우가 아니고 로봇과 단순 업무만하는 가계를 모두 고용했을 경우에 최적의 균형이 이루어졌다는 것이다. 그리고 로봇세의 세율이 30%에 이르게 되면 로봇에 의한 전면적 일자리 대체는 발생하지 않는다. 이러한 결과에 대해 로봇이 단순 업무만 하는 가계를 완전히 대체할 경우 정부는 로봇세를 부과하게 되고 로봇세는 생산결정에 왜곡을 초래하여 효율성이나 소득극대화에 낮은 성과를 보이게 된다. 따라서 1단계의 로봇에 대해서는 로봇세를 부과하지 않아야 한다는 주장도 있다. 그러나, 로봇에 의한 부분적 일자리 대체라 하더라도 일자리를 잃게 되는 경우가 발생하므로 로봇에 적절한 수준의 로봇세 부과는 용인될 수 있게 된다.

그렇다면 2단계 수준의 로봇에 로봇세 과세는 어떨까? 2단계는 사람과 동등한 수준의 지적 능력과 생산력을 가진 경우로 사람의 일자리를 완전히 대체할 수 있는 상황이다. 이 경우에는 단언할 수는 없으나 일자리를 잃는 근로자로 인해 상당한 외부불경제 효과가 발생할 전망이다. 전면적인 로봇세의 도입이 불가피할 것이다. 2단계에서는 로봇에 대해 전자인격을 부여하고 납세의무를 지우는 것도 가능할 것이며 로봇에게는 로봇세, 기업에게는 법인세를 부과하여 현재 근로자에게 소득세를 부과하는 조세체계와 별다른 차이가 없을 것이다. 다만 2단계에서는 로봇세의 부담이 클 것이므로 로봇을 생산에서의 중간재로 주장하며 로봇세에 반대하는 기업의 입장도 대두하게 될 것이며 자칫 관련 기업을 로봇세가 없는 국가로 이전시키는 부작용도 나타날 수 있을 것이다.

---

142) Joao Guerreiro · Sergio Rebelo · Pedro Teles, 2019, “Should Robots Be Taxed?” , Northwestern Univ. 저자들은 최종생산자가 단순(routine) 업무만 하는 가계, 로봇 그리고 단순하지 않은 일을 하는 가계를 모두 고용하고 있고 정부가 로봇세를 징수하는 경우를 상정한 방정식으로 최적의 균형이 어디서 이루어지는지를 증명하였다. 다만, 가정이 너무 단순하여 과연 현실에서도 그렇게 결과가 나타날 것인지는 단언하기 어렵다고 생각한다. 홍범교, 2018, *ibid*, p.39~40에서 일부 재인용.

#### 다. 로봇세의 적정 수준과 활용

로봇세의 수준이 과연 어느 수준에서 부과되어야 자원배분에 왜곡을 최소화할 수 있을지에 대한 연구는 앞으로 계속 되어야 하겠지만, 그 수준을 일의적으로 말할 수는 없을 것 같다. 이상 살펴본 바로는 로봇세는 1단계의 경우보다 2단계에서 더 높은 세금이 부과될 것인데, 세금부담이 너무 크다면 로봇이 생산현장에 적용되지 않거나 기업이 로봇세가 없는 국가로 이전하게 될 것이다. 직관적으로 생각해 볼 수 있는 로봇세의 규모는 바로 인력을 고용의 경우 지급했을 급여와 사회보장부담금 등을 귀속소득으로 보고 그 소득에 상응하는 세금을 로봇세로 부과하는 방법이다.<sup>143)</sup> 이 경우 기업에게는 세금을 제외한 나머지 차액이 소득이 되며, 로봇의 생산성이 사람보다 높을 경우 그 생산성의 차이 역시 소득이 된다. 다만, 이런 수준의 로봇세로 조성한 재원의 규모가 로봇으로 인한 실직자들을 지원하는데 충분할 것인지는 현재로서는 파악하기 어렵다.

그렇다면 로봇세로 마련한 재원은 어떻게 활용하는 것이 최선의 방법인지에 대해서 먼저 보편적 기본소득의 재원으로 사용하여야 한다는 의견이 있다. 보편적 기본소득이란 개인에게 아무런 용도의 제한없이 현금으로 지급하는 소득을 말하며, 보편적 기본소득으로 사용하게 되어야 로봇으로 인한 생산성과 소득의 개선을 전체 사회가 공유할 수 있게 되는 것이라고 주장한다. 그러나, 막대한 보편적 기본소득의 재원을 마련하기 위해서 로봇세를 얼마나 부과해야 하는지가 의문스럽다. 로봇세가 과도할 경우 기업은 로봇을 생산수단으로 사용할 이유가 없어지며, 로봇의 활용으로 인한 생산성 향상과 혁신성과만 놓쳐버리게 될 수도 있다. 따라서, 로봇세로 마련한 재원은 그 규모를 감안하여 로봇으로 인해 실직하게 된 사람들을 위해 우선적으로 사용하는 것이 더 현실적이라고 생각한다. 실직하지 않고 고용을 유지하는 사람들은 로봇으로 인한 생산성 향상으로 성과가 개선되면, 성과배분과 같은 추가적인 소득을 기대할 수도 있기 때문이다. 다만, 고용을 과도하게 악화시킨 경우 페널티 성격의 로봇세를 부과할 수 있을 지는 더 연구가 필요하겠지만 조세특례를 축소하는 등의 방법은 가능할 것이다.

---

143) 이 경우 로봇세는 자기고용세(Self-Employment Tax)의 개념과 같다.

## 제2절 예산지원 분야 재설계

### 1. 국가 연구개발 예산과 제4차 산업혁명

2016년 제4차 산업혁명이라는 화두가 등장한 이래, 2020년 정부예산안에 까지 제4차 산업혁명은 여전히 중요한 테마로 다뤄지고 있으나 관련 예산들이 충분히 반영되고 있어서인지 갈수록 색깔은 열리는 느낌이다.<sup>144)</sup> 통상 예산은 조세 지원보다 더 미시적이고 정부의 의지를 직접적으로 디자인하여 사업이나 보조금의 형태로 지원할 수 있다는 점에서 정부의 입장에서 더 적극적인 지원 방식이라고 할 수 있다. 예컨대 일자리 사업은 정부가 기업에 고용장려금 등으로 임금 및 사회보험료에 대해 보조금을 주거나 정부가 인력을 직접 고용하기도 하며, 인력양성 사업은 대학이나 직업훈련시설 등에 사업비를 보조하는 형태로 지원한다. 금융지원에 있어서도 모태펀드는 정부가 직접 출자하여 창투자 등을 통해 투자하고, 신용보증지원도 기술신용보증 등 공공기관에 출자하면 해당 기관이 보증업무를 수행하게 된다. 그러므로 예산은 정부가 스스로 사업을 추진하면서 지원하므로 조세보다 더 능동적인 지원을 할 수 있는 정책이며, 관련 법령에 규정한 요건을 충족해야 지원이 가능한 조세와 달리 예산은 소관 부처나 지방자치단체로 내려가면서 현장에 맞도록 융통성을 발휘할 수 있는 장점도 있다.

반면, 지원을 받는 입장에서 보면, 조세지원은 법령의 요건에 부합하는 기업이 자유롭게 의사결정을 할 수 있고 기업의 사정에 따라 지원을 포기하는 것도 자유롭지만, 예산은 일단 지원을 받게 되면 그 이후로는 사업자의 자율성보다는 사업의 목적에 따라 집행에 충실해야 한다. 중도에 포기할 경우 페널티도 받을 수 있으며 종료후에는 사업의 내용에 대해 정부로부터 감사를 받을 수도 있는 등 정부의 개입이나 사후관리가 더 강하다.

144) 2016년 8월에 발표된 2017년도 정부예산안에서 처음으로 등장한 “제4차 산업혁명”이라는 용어는 R&D 분야에서만 단 2회 사용되었으나, 2018년 예산안에서는 문재인정부의 혁신성장 강조에 따라 총 17회, 분야별로는 총론 7회, 산업 5회, 교육 1회, R&D 3회, SOC 1회 사용되었다. 2019년도 예산안에서는 일자리가 특히 강조되면서 일자리분야에서 8회, 경제 및 R&D 9회, 교육 3회, 농림수산 1회, 정부혁신 1회 등으로 농림수산, 정부혁신 분야로 확산되기도 하였으나, 2020년 예산안에서는 12회로 줄어들었으며, 분야도 국방분야에서 신규로 1회 등장한 사례 이외는 신규는 없으며 총론, R&D와 일자리 분야에서만 사용되었다.

그리고 예산은 중기계획이 있기는 하지만 대체로 1년을 염두에 두고 예산안을 마련하기에 조세지원보다는 단기적 포커스가 더 강한 측면이 있으며, 국회에서 의결을 하지만 정부가 예산편성 과정에서 정책 변화에 순발력있게 수정할 수도 있고, 예상하지 못한 상황에서는 이월이나 전용 등으로 예외적인 사업내용의 조정도 가능하다. 그리고 가장 큰 차이점으로 조세는 사후적인 지원이지만 예산은 사전적 지원이므로 막대자금이 소요되는 연구개발 프로젝트 같은 사업도 지원할 수 있다. 즉, 성공할 경우 국가경제에도 큰 도움이 될 외부경제효과가 나타날 사업이지만 실패의 리스크 때문에 민간이 스스로 추진하지 못하게 되면 정부가 외부경제효과의 보정 차원에서 지원에 나서게 된다. 다만, 이런 사업의 경우에는 민간의 사업자에게 높은 수준의 자율성을 보장해 주어야 한다. 위와 같은 예산 지원의 장단점을 고려하면 예산 지원은 통상 높은 자율성이 필요한 기업에 대한 지원보다는 주로 정부와 공공기관이 직접 관리·운영하는 사업에 적합한 지원수단이라고 하겠다.

제4차 산업혁명 관련 예산이 편성시에 별도로 분류되어 편성되었다면 사업이나 규모 등을 연도별로 비교하는 등 관련 예산의 동향에 대해 파악이 쉽겠으나, 제4차 산업혁명 관련 사업을 별도로 분류하여 예산을 편성하지 않는 상황인데, 여기서 소관 부처에 흩어져 있는 예산사업을 재분류하여 집계하는 것은 개인적 연구로는 불가능하다.<sup>145)</sup> 다만, 2017년 이후 정부가 발표하는 각 연도별 정부예산안 발표 자료를 보면 제4차 산업혁명 관련 예산은 연구개발(과기정통부), 산업(산업부·중기벤처부), 인력(고용부·교육부)의 세 분야에서 주로 편성되어 있다. 제4차 산업혁명 관련 예산은 그 세 가지 분야 중에서도 연구개발 관련 예산이 핵심적이라 할 수 있으므로, 여기서는 제4차 산업혁명 관련 예산으로 2018년도의 연구개발 예산을 중심으로 예산지원 현황을 살펴보고자 한다.<sup>146)</sup>

145) 제4차 산업혁명 관련 예산이라는 주제로 관련 예산을 집계하려면 우선 부처 사업마다 어떤 사업이 제4차 산업혁명에 해당하는 사업인지부터 확인을 해야 하는데 제4차 산업혁명 관련 분야, 기술에 대한 명확한 기준이 없어 소관 부처와 사업마다 건건이 협의해서 판단을 해야 하는 어려움이 있다. 특히, 여러 부처에 관련 사업이 흩어져 있는 경우, 정부 예산의 사업 수, 규모, 금액 등이 워낙 방대하여 예산실이 자체적으로 판단해서 분류하기가 어렵다. 애초 예산안 편성시에 사업을 특정 주제로 분류하는 꼬리표를 달아 놓지 않으면 추후에 다시 분류하여 집계하는 것은 일반적으로 예상하는 것보다 훨씬 복잡하고 어려운 작업이다.

146) 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2019, “2018년도 국가연구개발사업 조사·

과학기술정보통신부와 한국과학기술기획평가원이 매년 발간하는 국가연구개발예산 분석보고서 및 통계표에 따르면, 2018년도 정부 연구개발예산은 추경을 포함 19조 7,759억원이며, 전체 정부예산 428조 8,339억원의 4.6%에 해당한다. 부처별로는 과기정통부 6조 6,779억원(33.8%), 산업부 3조 1,059억원(15.7%), 방사청 2조 9,442억원(14.9%), 교육부 1조 7,382억원(8.8%), 중기벤처부 1조 775억원(5.3%)으로 5개 부처가 15조 5,088억원으로 전체 국가 연구개발예산의 78.4%를 차지한다. 연구수행주체별로는 정부 출연연구원이 8조 502억원(40.7%)으로 가장 많고, 다음은 대학 4조 5,365억원(22.9%), 중소기업 3조 1,840억원(16.1%), 중견기업 1조 692억원(5.4%), 국공립연구원 1조 245억원(5.2%), 대기업 4,162억원(2.1%) 순이다.

기술분야별로는 미래유망기술 분야가 11조 6,670억원으로 전체 연구개발예산 중 63.2%를 차지하고 있는데, 바이오(BT) 분야가 3조 5,494억원(19.2%)으로 가장 많고, 정보통신(IT) 분야 3조 3,451억원(18.1%), 환경(ET) 분야 2조 2,294억원(12.1%), 우주항공(ST) 분야 1조 4,875억원(8.1%), 나노기술(NT) 분야 8,133억원(4.1%), 문화기술(CT) 분야 2,423억원(1.3%) 순이다. 한편, 제4차 과학기술기본계획에서 선정된 120개 중점과학기술 분야에서는 가장 많은 예산을 집행한 기술 10개 중 제4차 산업혁명 관련 기술로 볼 수 있는 기술로는 지능형 빅데이터 분석 및 활용기술이 3,372억원으로 가장 많은 집행규모를 보였으며, 맞춤형 신약개발 기술 3,372억원, 우주발사체 개발 및 운용 기술 2,235억원, 원자력 에너지 기술 2,319억원, 다기능 융·복합 소재 기술 1,998억원, 나노구조제어 세라믹·탄소 소재 기술 1,974억원으로 다섯 가지 기술이 상위 10개 기술에 포함되어 있다.

연구단계별로는 개발연구가 6조 4,387억원(47.1%)으로 개발연구 단계의 비중이 가장 높고 다음으로 기초연구 단계 4조 4,651억원(32.7%), 응용연구 단계 2조 7,665억원(20.2%)의 순이다. 한편, 순수과학 분야 연구개발 집행액은 2조 455억원으로 국가 연구개발사업 집행액의 15.2%를 차지하고 있으

---

분석보고서”의 본보고서 및 별도 통계표에서 재구성. 한국과학기술기획평가원은 국가연구개발 예산에 대한 통계 및 분석보고서를 예산안 기준이 아니라 실제 집행액 기준으로 작성하고 있음.

며, 기초연구 단계에서 집행액은 1조 5,121억원으로 기초연구 단계 집행액의 35%를 차지하고 있다. 기초연구의 분야로는 보건의료 6,108억원, 생명과학 4,891억원, 물리학 4,843억원, 정보통신 3,102억원, 기계 3,083억원의 순서로 집행규모가 컸다.

다음으로 제4차 산업혁명의 시대적 조류인 융·복합 기술화에 대응하기 위한 과학기술융합 분야 집행규모는 전년대비 2,627억원 감소한 2조 2,996억원으로 국가 연구개발 예산 집행액의 12.5%를 차지했다. 과학기술융합 분야의 하위 분야로 보면 화학 24.3%, 생명과학 24.2%, 화공 22.3%, 환경 18.7% 등의 순으로 융합분야의 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 한편, 연구개발예산에서 2017년부터 별도의 편성기준이 마련된 다부처 사업은 연구개발의 융·복합 규모를 정부 부처간 융·복합이라는 좀 더 넓은 범위로 볼 수 있는 사업인데, 다부처 사업의 규모는 1조 5,066억원으로 국가연구개발 총 집행액의 7.6%를 차지하고 있다. 융·복합 연구개발과 아울러 공동연구 및 위탁연구도 최근 3년간 연평균 5.8% 증가하여 점차 확대되는 추세에 있다. 협력 유형별 공동·위탁연구 과제는 집행액 규모 기준으로 산·학 공동연구가 1조 5,137억원(25.6%)으로 가장 큰 규모이며, 다음으로 산·학·연 1조 2,958억원(21.9%), 학·연 1조 2,213억원(20.7%), 산·연 6,268억원(10.6%) 순이다. 세부과제의 수 기준으로는 산·학 공동연구가 5,381개(43.4%)로 가장 큰 비중을 차지하며, 그 다음으로 산·산 1,546개(12.5%), 산·기타 1,291개(10.4%)의 순으로 공동·위탁연구가 활발하게 이루어졌다.

## 2. 연구개발 및 산업혁신 분야

통계상으로 본 국가 연구개발 예산은 외관상 대체로 제4차 산업혁명을 지원하는 예산으로 무리가 없는 것 같다. 하지만, 우선 이러한 예산문제를 떠나 근본적인 문제부터 짚어보자면, 우리나라 국가 연구개발 체계는 5년을 주기로 바뀌는 정권마다 갑작스레 새로운 전략과 목표가 들어서고<sup>147)</sup>, 출연연 기관장도 새로운 정부의 방향과 맞는 인사들로 물갈이 되면서 출연연은

147) 예컨대, 역대 정부마다 다른 성장동력 정책을 추진했다. 노무현정부 - 차세대성장동력: 주력 산업의 기술력 확보, 이명박정부 - 신성장동력: 녹색성장과 서비스산업 육성, 박근혜정부 - 미래성장동력: 과학기술과 ICT 융합, 문재인정부 - 혁신성장동력: 제4차 산업혁명 기술



선거 공약이나 새 정부가 추진하려는 새로운 연구과제로 유턴을 하게 되고, 정작 해야 할 연구과제는 수행할 여건이 되지 않게 되어 버리는 것이 우리 출연연의 현 주소인 것이다. 그러다보니 연구성과와 관련하여 자연스럽게 소관 부처의 관료나 연구관리기관에서 연구진의 연구활동에 개입하려는 유인이 많아지며, 연구진도 정부의 눈치를 보는 연구를 해야 하니 성공률이 높은 쉽고 무난한 과제를 선택하게 되어 연구는 성공하더라도 사업화는 잘 되지 않는 기이한 현상이 나타나는 것이다. 이런 악순환을 막기 위한 방법은 출연연과 같은 공공부문 연구기관들의 R&R(Role and Responsibility)을 정립, 안정적으로 그 분야의 연구로 몰입할 수 있는 여건을 만들어 주는 방법 밖에는 없지만, ‘연구소의 경쟁력 제고 및 효율적 운영’이라는 논리와 ‘자율적·독립적 연구 여건 조성’이라는 논리가 대립하며 아직도 해묵은 논쟁이 이어지고 있는데, 이에 대해 조속히 결론을 내리고 출연연의 역할과 운영방향에 대한 방향을 잡아야 할 것이다.

다음으로 구체적 집행 측면에서 들어가 보면, 우선 국가연구개발 사업이 정부출연연구소, 국공립연구소 및 대학 등 공공부문에 대한 의존도가 너무 높다는 점이다. 2018년도 집행액 기준으로 정부출연연은 전체 연구개발 예산의 40.7%, 국공립연구소는 5.2%, 대학은 22.9%를 차지하고 있어 국가 연구개발 예산의 68.8%를 정부 출연연, 국공립연구소와 대학에서 수행하고 있는 것이다. 이에 반해, 기업은 중소기업 16.1%, 중견기업 5.4%, 대기업 2.1%로 23.6%에 지나지 않는다. 기초과학 분야 및 공공성을 가진 대규모 연구개발 프로젝트의 경우에는 공공부문에서 추진하는 것이 타당하겠지만, 제4차 산업혁명과 관련된 분야에서는 몇 부분을 제외하고는 민간이 주도적으로 연구개발을 추진하는 것이 더 적합할 것이므로 현재 체계가 바람직하다고 보기 어려울 것이다.<sup>148)</sup> 하지만, 이런 연구개발 체계가 오랜 기간 지속되어 왔다면 갑자기 고칠 수는 없으므로 최소한 제4차 산업혁명 관련 연구개발 분야만이라도 중장기적인 시각을 가지고 민간이 연구개발을 주도적

148) 이흥권·박소영, 2017.6, “제4차 산업혁명 시대, 과학기술 혁신정책 방향과 과제”, KISTEP R&D InI 제20호, p. 23~24 정부출연연구소 경쟁력 제고를 위해 도입된 PBS가 무분별한 과제 수주 경쟁을 촉발하면서 출연연, 대학 및 민간연구소까지 차별성 없는 연구를 수행하게 되었음을 지적한다. 아울러 기업이나 대학이 주체가 되어 추진하는 것이 바람직한 사업도 정부출연연구소에 맡겨진 경우도 많아 정부출연연구소의 미션과 책임에 대한 논쟁이 20년간이나 지속되고 있음을 개선해야 할 과제로 제시하고 있다.

으로 할 수 있도록 제도를 개편하고 예산도 민간 주도의 프로젝트에 배정하는 방향으로 재설계가 필요하다고 생각된다. 다만, 인공지능을 포함한 몇 개의 분야는 프로젝트가 하나의 기업이나 연구소 수준에서 수행하기에 너무 방대한 프로젝트일 수도 있고, 핵융합로 개발과 같은 분야는 천문학적 자금이 들어갈 뿐 아니라 이미 핵융합연구소가 세계적인 반열에 올라 있으므로 민간 기업이나 연구소가 뒤늦게 뛰어든 수가 없으므로 이런 몇 개의 특정 분야를 제외하고는 가급적 민간이 주도적으로 연구할 수 있도록 지금부터라도 역할 분담을 확실하게 해주는 것이 좋을 것이다.

다음은 융·복합 기술의 연구개발에 관한 이슈인데, 제4차 산업혁명 관련 연구개발에서 가장 중요한 분야가 바로 융·복합 기술에 대한 대응이라고 할 것이다. 예컨대, 자율주행자동차는 자동차의 구조 관련 기존 기술에 인공지능, 사물인터넷 및 5G 통신기술이 융·복합되어야 구현될 수 있는 기술이며, 스마트시티 기술도 사물인터넷이 바탕이 되는 스마트도로에 빅데이터, 인공지능 기술과 CCTV 등을 통한 화상인식 기술과 에너지 관련 기술이 융·복합 되어야 하는 기술인 것이다. 따라서 국가 연구개발에서도 융·복합에 대한 강조를 하고 있으나, 아직 가시적인 융·복합 연구개발 활동의 증가는 보이고 있지 않다. 최근 융합 분야 세부과제 집행 비중을 보면 (14년) 13.6% → (15년) 13.0% → (16년) 13.9% → (17년) 14.2% → (18년) 12.5%로 나타나 17년도에는 최근 5개 연도중 가장 높았으나 18년도에는 최저로 감소하는 모습을 보이고 있어 융·복합 연구의 중요성과 활성화를 위한 관계 기관 및 담당자들의 인식의 정립이 필요한 것으로 보인다.

융·복합 연구의 활성화를 위해 가장 필요한 것은 연구소, 대학, 기업 및 주무 부처 및 관계 부처간 소통의 강화라고 할 것이다. 융·복합 연구의 활성화를 위해서는 무엇보다 연구와 관련된 다양한 조직들이 함께 토론하고 머리를 맞댈 수 있는 기회의 장이 있어야 한다. 필요하다면 융·복합 연구진의 인력교류를 더 확대 추진해도 좋을 것이다. 또 연구개발 주제 선정 과정을 오픈하여 연구주제 선정을 위한 기획연구를 진행하고 관련 학계 및 업계의 의견까지 수렴해서 제4차 산업혁명 관련 융·복합 기술에 관한 적절한 연구과제를 발굴해 내는 작업을 해야한다. 그리고 융·복합 기술의

직접적 수요자인 기업들의 참여를 활성화하는 것도 중요하다. 예컨대 출연연의 경우 민간과의 융합 및 협업 연구를 활성화하기 2016년에 민간수탁 활성화 지원사업을 시행하였는데, 2016년에는 106.4%, 2017년은 108.3%로 목표를 초과달성하는 적극성을 보였으나 2019년 종료가 예정된 2018년에는 90.4%로 목표에 미달하는 실적을 보였다.<sup>149)</sup> 출연연은 특정 목적에 의해 설립된 공공부문의 연구기관이지만, 연구의 현실성을 높이기 위해서는 민간 기업과의 접점을 찾는 노력을 더 강화해야 한다.

그리고 정부 부처들도 융·복합 기술에 대한 인식의 수준을 높이고 타 부처들과 융합·협업하려는 자세를 갖춰야 한다. 경쟁의식과 비밀주의를 지양하고 부처간 이기주의를 극복해 낼 수 있도록 연구개발 관련 부처간 소통을 활성화하고 협업을 증진시킬 수 있는 제도나 절차를 도입할 필요성도 있다고 할 것이다. 예컨대 자율주행자동차는 자동차에 관해서는 국토부가 주무부처이나, 자동차제조, 인공지능 및 통신 관련 분야는 과기정통부와 산업부 등이 주무부처가 될 것이며, 스마트시티 기술 역시 마찬가지다. 관련 부처간 소통 과정에서는 연구개발 관련 협의 뿐 아니라 제품이나 기술 개발시 관련되는 각종 규제들까지도 논의할 수 있을 것이므로 융·복합 기술의 신규 연구개발 추진에 앞서 사전기획 단계를 반드시 마련하여 부처간 소통과 협의를 추진할 수 있는 절차를 두는 것이 좋다고 생각한다. 예산편성 및 심의과정에서도 이러한 과정들이 잘 반영되었는지 체크하고 예산 심의시 또는 성과 평가시에 중요 요소로 반영하여 좋은 융·복합 연구개발 과제가 많이 발굴되고 또 예산에 잘 반영될 수 있도록 해야 할 것이다.

마지막으로 최근 일본의 수출규제에 맞서기 위해 우리 산업에 등장한 새로운 혁신과제가 있는데 바로 소재 분야의 혁신이다. 중소기업의 기반이 약한 우리 경제구조 때문에 그간 우리 산업 생태계는 소재 분야 기술의 취약성을 늘 지적받아 왔다. 근대 산업의 역사가 짧아 압축적으로 성장해 온 우리 산업이 모든 분야에서 안정된 기반을 가지기는 어렵지만, 그래도 이제는 어엿하게 성장한 대기업·중견기업 및 벤처기업들이 세계적 기업들과 경쟁하며 첨단 기술을 개발할 능력이 있기에 앞으로 국가가 역점을 두고

---

149) 국회예산정책처, 2019, “국가연구개발사업 분석 - 과학기술정보방송통신위원회 소관” p. 95

지원해야 할 분야는 이제까지 제대로 챙기지 못했던 기초 소재 분야가 아닐까 한다. 반도체, 디스플레이 등 제품의 기술적 완성도와 집약도가 계속 높아지는 첨단 산업은 최종 생산기술을 뒷받침할 소재 분야 기술도 따라서 기술수준이 높아져야 하나 소재 분야의 기반이 취약하고 소재 분야에서 기업을 육성할 시간적 여유가 없어 우리 대기업들은 수입과 같은 아웃소싱 방법으로 이러한 문제를 해결하였으나, 특히 이번 일본의 수출규제 사태에서 보듯이 갑작스런 대체가 곤란한 핵심 중요 분야의 기술은 아웃소싱보다 내부화 또는 수직계열화를 할 수 있어야 한다는 사실을 절감하게 되었다. 2020년 정부예산안은 이러한 시각에서 소재·부품·장비 분야 산업의 자립화 및 경쟁력 강화를 위해 2019년 8천억원 대비 2배 이상 증액한 2.1조원을 편성했는데, 앞으로 산업분야의 혁신을 위해 정부가 지원해야 할 가장 중요한 분야이므로 이러한 편성기조가 당분간 이어져야 할 것이다.

### 3. 일자리 및 벤처창업 지원 분야

일자리 분야는 국민들이 정부가 꼭 해결해 주기를 바라고 기대하는 가장 중요한 정책 분야라고 할 수 있을 것이다. 특히, 청년 실업문제의 해결은 우리나라의 미래와 직결된 이슈이기에 역대 모든 정부가 청년 일자리 확충을 위한 정책적 노력과 고민을 이어왔다. 특히, 문재인정부는 정부 출범과 동시에 대통령 업무지시 제1호로 대통령이 위원장인 일자리위원회를 설치하고 대통령 집무실에 일자리 상황판을 설치하는 등 일자리 확충을 위한 업무에 매진했다. 일자리위원회는 일자리로드맵을 작성하고 10대 중점 추진과제를 설정하였는데, 그중 일자리 확충과 직접 관련된 과제는 공공일자리 확충, 혁신형 창업 촉진, 산업 경쟁력 제고 및 신산업·서비스업 육성, 사회적경제 활성화, 지역일자리 창출 5개(세부과제 48개)이다. 아울러 관련 예산도 대폭 확충하여 고용부의 경우 2018년도 예산은 전년대비 47.1% 증가하는 등 역대 어느 정부보다도 일자리 확충을 위해 애썼지만, 고용관련 통계로 본 실적은 크게 나아지지 않아 비판을 받기도 했다.

정부의 노력에도 불구하고 일자리 확충을 위한 정책의 효과가 하루아침에 나오기는 힘든 것이 근본적으로 일자리라는 것은 공공부문을 제외하면

기업 등 민간이 만드는 것이지 정부가 만들 수 있는 것이 아니므로 일자리 정책은 태생적으로 간접적 정책이라는 한계가 있다는 점이다. 인력양성을 제외한 정부의 일자리 정책은 대표적으로 공무원 등 공공분야의 신규 일자리를 직접 만들어내는 정책, 고용장려금 등을 통해 기업의 일자리 창출을 지원해주는 정책, 그리고 인턴과 같이 정규직으로 채용되기 전에 임시 일자리를 만들어 주는 정책 등이 있다. 그리고 또 하나 중요한 정책은 바로 창업지원 정책이다. 창업은 반드시 고용을 동반하게 되어 있으며, 무엇보다도 성공한 창업은 기술혁신을 통해 모두가 향유할 수 있는 사회적·경제적 이익을 창출해낼 수 있기 때문이다.

따라서 제4차 산업혁명과 관련하여 가장 효과적인 일자리 대책은 창업지원 관련 대책이라고 할 수 있다. 2020년도 예산안에서는 ‘제2 벤처붐 확산’이라는 주제로 역대 최대 규모의 창업·벤처 투자자금을 지원하며, 특히 기술창업과 창업 3~7년차 성장단계 기업의 지원을 강화하여 유니콘 기업을 육성하겠다는 취지를 밝혔다. 예산안 규모는 총 5.5조원으로 벤처창업 투자자금으로 모태펀드에 1조원을 추가하는 등 관련 예산을 전년대비 1.8조원을 증액하여 편성하였다.<sup>150)</sup>

정부의 벤처창업 관련 정책은 2000년대 초 벤처 버블 붕괴 이후 상당히 위축되었으나, 다시 정부의 적극적 벤처창업 관련 정책지원이 시작된 것은 지난 정부에서 추진했던 “벤처창업 자금생태계 선순환 방안”이라고 생각된다. 2013년에 발표된 동 방안은 처음으로 벤처기업의 성장단계별 지원대책과 특히 성장단계 중 특정 연차에는 벤처기업이 지원의 사각지대에 놓이게 되는 이른바 ‘죽음의 계곡(death valley)’이 있다는 것을 밝히고 이에 대한 극복 방안을 포함하여, 처음으로 『창업 → 성장 → 회수 → 재투자/재

150) 기획재정부, 2019.8, “2020년도 예산안 개요”에 나타난 관련 예산의 증액규모는 다음과 같다.

	2019년 예산	2020년 예산안	비고
벤처·창업 지원	3.7조원	5.5조원	
- 모태펀드 출자	2,400억원	1조원	*혁신창업펀드 4,500억원 등
- 산은 출자(혁신모험펀드)	1,000억원	3,000억원	*성장지원펀드 3,000억원
- 창업사업화 지원	2,950억원	4,008억원	*창업도약패키지(사업화) +400개사 *혁신분야창업패키지(신규) 300개사
- TIPS	1,482억원	1,777억원	*TIPS R&D 250 → 300개사 *TIPS 사업화 247 → 321개사

도전』이라는 벤처기업의 성장단계 및 벤처기업을 둘러싼 생태계 순환 과정에서 걸림돌을 제거하는 종합적 벤처대책을 수립했다는 평가를 받았다. 2017년 문재인 정부에서 마련한 “혁신창업 생태계 조성방안”은 동 정책의 업그레이드 버전으로 생각되며, 이제 벤처창업 활성화 정책은 어느 정도 충분한 수준이 아니냐는 평가를 받을 만 하다고 생각한다. 앞으로는 이미 발표한 정책들에 대해 실제 창업자들이 어떻게 느끼고 있고 어떤 부분이 부족하다고 생각하는지를 피드백 받아 부족한 부분을 보완해나가는 방향으로 예산을 지원해 나가야 할 것이다.

벤처기업 창업자에 대한 설문조사 등의 결과에 따르면 벤처기업의 경영상 가장 큰 애로사항은 자금조달과 운용이며, 정부의 다양한 지원책 중 중요도와 만족도 측면에서 가장 앞서는 것도 자금지원이라고 한다.<sup>151)</sup> 우리나라에서 벤처기업에 대한 정부의 자금지원 중 가장 중요하고 돋보이는 것이 바로 모태펀드의 설립과 운영이라고 하겠다.<sup>152)</sup> 모태펀드의 출자자는 정부이며 운용은 중소벤처기업부와 (주)한국벤처투자에서 담당하고 있다. 2019년 9월 현재 정부의 출자규모는 총 4.5조원으로 정부출자를 시드머니로 파생된 펀드는 722개이며, 722개의 출자펀드가 투자한 금액은 총 17.3조원, 투자기업의 수는 5,827개에 이른다. 그리고 모태펀드의 수익률은 2013년말 기준 청산한 조합의 회수금액을 출자액으로 나눈 실적으로는 1.3배의 수익배수를 기록했으며, 자펀드를 기준으로 26개가 청산되었으며 5,771억원 출자에 7,156억원이 배분되어 1.24배의 수익배수를 기록해 대략 20% ~ 30% 수준으로 추정된다.<sup>153)</sup> 물론 이 수익배수는 2013년말 기준이므로 현재는 수익배수가 더 높을 것으로 예상되는데, 벤처기업에 대한 투자 수익률로는 양호한 수준으로 판단된다. 또한 모태펀드를 중심으로 그동안 국내 벤처캐

151) 중소벤처기업부·한국벤처기업협회 발간 각 연도별 벤처기업정밀실태조사 등 자료 참고.

152) 2005년 『벤처기업 육성에 관한 특별조치법』을 통해 결성된 우리나라의 모태펀드는 이스라엘 ‘요즈마(YOZMA)펀드’를 참고하여 만들어졌다. 모태펀드란 영어로 Fund of Fund로 표기되는데, 말 그대로 펀드를 만드는 펀드라는 뜻이며, 실패의 리스크가 크지만 외부경제효과도 큰 벤처기업 투자를 정부가 seed money 개념으로 먼저 투자하면서 민간의 벤처기업 투자를 이끌어 내어 실패의 리스크로 인해 벤처기업에 대해 과소 투자될 수 있는 우려를 방지한다. 예컨대, 자펀드 결성시에 리스크가 큰 펀드의 경우에는 민간 자금의 수익률을 우대해주거나 성공가능성이 높을 경우 풀옵션을 제공하는 등의 인센티브로 민간 자금을 유치하는 역할을 하고 있다. 이스라엘의 요즈마펀드는 1993년부터 1998년까지 정부주도로 운영된 이후 민영화한 반면, 우리나라 모태펀드는 법에서 운용기간을 2035년까지 30년으로 설정하고 있다.

153) 송원근, 2014, “중소기업 모태펀드 운용실태 분석”, 국회예산정책처 연구용역보고서 p. 22

피탈 시장과 업계는 괄목할 성장을 이루었으며, 이후로도 정부는 계속 출자를 거듭하여 모태펀드는 국내 벤처캐피탈 시장의 탄탄한 기반을 구축했다.

하지만, 모태펀드를 통한 벤처투자 체계 공고히 구축되면서 국내 벤처캐피탈 시장에서 모태펀드가 독점적인 절대적 영향력을 가지게 된 현실에는 다소 부정적인 측면도 없지 않다. 우선 국내 벤처캐피탈 시장이 폐쇄적으로 형성되면서 국내 벤처캐피탈 회사끼리만의 리그가 형성되면서 혁신성이 점차 떨어지게 될 우려가 있다. 예컨대 우리나라에는 아직 제대로 된 외국 벤처캐피탈의 진입이 없는데, 외국 벤처캐피탈이 들어오려 해도 모태펀드를 중심으로 공고하게 형성된 국내 벤처캐피탈 업계의 진입장벽이 상당히 강하기 때문이다. 물론 해외 벤처캐피탈의 국내 진입이 어려운 것은 관련 법률과 국내 시장의 복잡한 생태계로 인한 문제도 있지만, 어쨌거나 이러한 현상은 우리 벤처캐피탈 업계의 해외 진출에 대한 유인도 떨어뜨리게 되는 문제의 씨앗이 될 수도 있다는 우려가 남는 것이다. 두 번째로는 모태펀드에 대한 정부의 지속적 출자에 따른 결과로 민간 중심으로 시장을 형성하려는 초기의 의도가 왜곡되고 있지는 않은지에 대한 우려다. 이스라엘의 요즈마펀드는 단 5년을 정부중심으로 운영한 뒤 바로 민영화하였다. 본래 정부가 권한을 가지고 지속적으로 시장지배적 펀드를 운영하다보면, 정치인 또는 관료들은 정치적 목적이나 정부의 정책을 위해 시장을 특정 방향으로 끌고 가거나 시장에 영향력을 미치려는 경향이 있으며 심지어 관료주의적 행태나 시장에서의 경쟁이 아닌 부처이기주의적 행태에 기인한 알력이나 갈등하에 놓이게 될 우려가 있어 당초의 민간중심의 벤처캐피탈 시장 구축이라는 목표는 더욱 떨어지게 되는 결과를 가져오게 된다.<sup>154)</sup> (주)한국벤처투자는 현재 공공기관이다. 공공기관은 『공공기관의 운영에 관한 법률』에 따라 운영에 법률상의 제약이 많아 민간기업과 같은 순발력을 가질 수 없을 뿐 아니라 기관장 선임이 정부에서 하므로 벤처기업 투자와 같이 리스크가 크고 시장에 민감해야 할 업무를 계속하기에 적절한 기관인지 염두에

154) 파이낸셜뉴스, 2019.6.28., “벤처 키우자는 정부, 정작 ‘신기술금융사’는 홀대” 동 기사는 모태펀드 운용사인 (주)한국벤처투자의 영향력을 보여주는 기사인데, 위 기사에서는 모태펀드 운용사인 (주)한국벤처투자가 신기술금융사의 자펀드 운용사 선정에 소극적이라고 지적하면서 그 원인을 신기술금융사의 주무부처가 벤처투자를 두고 알력다툼을 벌이고 있는 금융위원회라서 그렇다는 분석을 하고 있다. 금융위원회는 중소벤처기업부와 별도의 벤처 영역 구축을 위해 금융기관들을 중심으로 출자한 성장사다리펀드라는 별도의 펀드를 조성하였고 현재는 한국성장금융이라는 투자운용회사로 성장하였다.

두지 않을 수 없다. 모태펀드의 독점적 운영은 관련 비용, 특히 운용수수료 등을 절약할 수 있는 장점은 있지만 독점적 영향력으로 인해 벤처캐피탈 시장을 왜곡시킬 우려가 있으므로, 향후 우리나라 벤처캐피탈 시장의 건강한 성장을 위하여 민간으로 이양할 수 있는 조합이나 자펀드는 분리해서 민영화하는 등의 방식으로 공공부문의 투자도 경쟁구조를 갖추어나가는 것이 옳지 않을까 생각한다. 즉, 정부가 출자하고 관리해야 할 벤처캐피탈 시장 영역은 외부경제효과를 위한 개입이라는 의미에서 완전 초기단계 기업에 대한 투자나 민간에서 투자하지 않아 공공부문에서 리스크를 짊어져야 할 투자와 같은 분야이므로 그 외의 투자는 완전히 민간에서 알아서 투자할 수 있는 여건을 만들어 민간 중심의 벤처캐피탈 시장을 형성해야 할 것이다. 그리고 이제 모태펀드가 결성된지 15년차에 이르러 점차 청산이나 자금회수를 앞둔 조합 및 자펀드가 많아지고 있다. 이제는 정부의 추가 출자 없이 회수자금으로도 투자를 이어나갈 수 있는 상황이 되고 있는 것이다. 따라서 모태펀드에 대한 출자는 벤처창업을 활성화하겠다는 정부의 의지를 보여주겠다는 행정편의주의적 효과는 있겠지만, 공공부문에 의한 투자보다 민간부문의 투자를 확대할 수 있도록 출자를 위한 예산 편성은 신중히 검토할 필요가 있다.<sup>155)</sup>

#### 4. 인적자원 개발 분야 및 기본소득제 도입

##### 가. 인적자원 개발 분야

제4차 산업혁명 관련 인력양성 분야는 문재인정부 일자리 대책에서 보면 ①미래 유망분야 인력양성, ②혁신형 인재양성, ③전 생애에 걸친 평생 직업능력개발 강화, ④ 직업능력개발 사각지대 해소의 네 가지 과제가 있다. 제4차 산업혁명에 대응하는 일자리 정책의 핵심은 두 가지인데, 하나는 제4차 산업혁명 시대에 걸맞은 인력을 양성하는 것으로 미래 유망분야 인력

155) 권홍순·윤병섭, 2019, “벤처캐피탈의 투자성과 분석: 정부벤처캐피탈과 민간벤처캐피탈의 비교”, 금융공학연구 제18권 제1호. 동 논문에서는 정부벤처캐피탈이 성과가 더 좋게 나타남을 분석하면서 민간벤처캐피탈보다 정부벤처캐피탈이 자금조달은 물론 정보 등 여러 측면에서 우월한 위치에 있고 기업들도 정부벤처캐피탈을 선호하는 상황인데, 정부가 민간과 경쟁하게 되면 민간벤처캐피탈을 구축할 우려가 있고 나아가 민간벤처캐피탈이 무리한 역선택의 문제에 직면할 수 있는 가능성이 있음을 주장한다.



양성 및 혁신형 인재양성이 해당되고, 다른 하나는 인공지능이나 로봇으로 인해 일자리가 대체되어 실직한 인력을 재교육 또는 직업훈련을 통해 새로운 일자리로 재배치하는 것인데 여기에는 평생 직업능력개발 강화와 직업능력개발 사각지대 해소 정책이 해당될 것이다. 상기 과제들에는 다시 다양한 세부과제가 있는데<sup>156)</sup>, 제4차 산업혁명 시대의 인력양성 및 인재양성을 위해서는 그러한 다양한 전문 프로그램과 아울러, 향후 대학과 기업의 융·복합 연구를 확대하는 등 전문성과 아울러 창의성을 가진 인재·인력양성의 방향으로 관련 사업을 재설계해야 한다. 재취업을 위한 직업훈련 프로그램도 마찬가지다. 인공지능이나 로봇으로 인해 대체될 직업이 얼마나 될지 지금은 알 수 없지만, 인공지능과 로봇이 대체할 수 없는 창의성이 있는 인재라야 제4차 산업혁명 시대에서 일자리의 기회를 얻을 수 있을 것이다. 제4차 산업혁명 시대에는 결코 누구에게나 일할 수 있는 기회가 주어지지 않을 수 있으며, 소득이 문제가 아니라 일할 수 있는 기회 자체가 더 중요해 질 수도 있기에 개인적 차원에서는 말할 것도 없고 정부도 인력양성을 위한 충분한 준비를 해두어야 할 것이다.

인재양성의 핵심은 무엇보다도 대학이라고 할 수 있다. 그러나, 미래학자 토마스 프레이(Thomas Frey)와 많은 교육분야 전문가들은 10년 후에는 세계 대학의 절반이 사라질 것이라고 전망한다. 인공지능과 디지털 기술이 지배할 세계에서는 현재와 같은 강의방식의 지식전수 체계가 더 이상 필요하지 않다는 뜻이다. 즉, 제4차 산업혁명 시대에는 학위가 중요한 것이 아니라, 어떤 분야에 전문성을 가지고 있고, 어떤 경험을 쌓았으며, 어떤 일을 할 수 있느냐가 관건인 시대가 될 것이므로 장래의 교육시스템은 누구나,

156) 국회예산정책처, 2018, “일자리 정책 재정사업 분석” 에서 분류하고 정리한 문제인 정부의 인재 및 인력양성 관련 세부 과제들은 다음과 같다.

- ① 미래 유망분야 인력 양성 : 4차 산업혁명 혁신선도대학 지정·운영, 직업교육 마스터플랜 마련, 초·중등 소프트웨어 교육 내실화, 일자리·인력수급 예측 시스템 고도화, 급격한 기술변화 반영을 위한 모형 개선 및 정성적 전망 강화, 미래 유망분야 고속런 인력양성 시스템 구축, 노동자의 기술 향상을 통한 인적자원 주도의 성장 지원
- ② 혁신형 인재 양성 : 고교학점제 도입, 중학교 자유학기제 확대, 대학재정지원사업 개편, 대학학사제도 개선. 대학창업 활성화, 창업 장학금 지급
- ③ 전 생애에 걸친 평생직업능력 개발 강화 : 신중년 직업 능력개발 강화, K-MOOC 강좌 확대, 평생 경력진단 시스템 구축, 매치업(한국형 나노디그리) 운영
- ④ 직업능력개발의 사각지대 해소 : 스마트직업 훈련 플랫폼 구축, 취약계층에 대한 포용적 훈련 실시, 평생교육비 지원

아무 때나, 어디서나 장소에 구애받지 않는 교육으로 바뀌게 될 것이라는 말이다.<sup>157)</sup>

그런 취지에서 최근 대학 교육 혁신의 사례로 떠오르는 미국 미네르바 스쿨, 프랑스 에콜 42와 같은 사례를 살펴볼 필요가 있다. 대학 혁신의 모델로 떠오른 미국의 미네르바 스쿨(Minerva Schools at KGI)은 2014년 벤처 투자자 벤 넬슨(Ben Nelson)이 샌프란시스코에서 설립한 온라인 화상교육 대학으로 캠퍼스는 없고 기숙사만 있다. 서울에도 기숙사가 있는데 현재 세계 7개 도시에 기숙사를 두고 있으며, 학생들은 1학년 샌프란시스코, 2학년 서울, 하이데라바드(인도), 3학년 베를린, 부에노스아이레스, 4학년 런던, 타이베이(대만)로 4년간 기숙사가 있는 도시들을 돌며 현지 산업과 문화를 배운다. 학비는 연간 3만달러로 동부 아이비리그 대학의 절반을 조금 상회하는 수준인데, 하버드보다 입학이 어렵다는 뉴스가 나올 만큼 입학허가율이 낮아 2% 정도에 불과하다. 수업은 월요일부터 목요일까지 온라인 화상으로 진행되며 금요일에는 현지 공공기관 및 기업 등에서 실습을 한다. 학부과정은 인문학, 사회과학, 경영학, 컴퓨터과학, 자연과학의 5개이며 학부마다 6개의 전공과정이 있는데, 특징적인 것은 기존의 대학에서 볼 수 없는 전공명이 많다는 것이다. 예컨대, 『현대의 지식 발견(Contemporary Knowledge Discovery)』, 『사회과학 이론과 분석(Theory and Analysis in the Social Sciences)』, 『인지, 뇌 그리고 행동(Cognition, Brain and Behavior)』 등이다. 이러한 특이한 전공명칭이 나오게 된 것은 바로 미래지향적인 학문의 융·복합 추세를 반영한 탓이다.<sup>158)</sup>

다음은 전문 분야의 대안적 학교들로 프랑스의 에콜 42(ecole 42)는 오로지 코딩만 교육하는 곳으로 통신회사 설립자인 자비에르 니엘(Xavier Niel)이 2013년에 설립했다. 대학과 달리 학위과정이 아니며, 수백대의 컴퓨터가 있는 전용 건물만 있다. 교수도 없고 수업도 없으며 학비도 없다. 온라인으로 지원하면서 테스트를 거친 후 piscine라는 시험에 합격하면 선발되는데, 교육과정은 학생들에게 온라인으로 과제를 부여하며, 과제를 해결

157) 중앙일보, 2018.1.17., “2030년 대학 절반이 사라진다...한국 대학 몰락 피하려면” 참고.

158) [www.minerva.kgi.edu/academics](http://www.minerva.kgi.edu/academics) 및 중앙일보, 2018.1.12., “하버드보다 입학 어려운 新대학 미네르바 스쿨 가보니” 참고.

하는 힌트를 주면 학생들이 과제를 알아서 해결하는 방식이다. 인터넷으로 해결방법을 찾기도 하고 학생들간 peer to peer으로 토론과 협력을 통해 해결하기도 하는데, 문제를 해결하게 되면 점수가 주어지고 마치 게임과 같이 점수가 일정 수준에 이르면 레벨업이 되는 방식이며, 일정 레벨이 되면 인턴으로 근무도 해야 한다. 과제의 채점은 먼저 동료들끼리 하고 다음으로 컴퓨터에 의해 평가를 받는데, 통과하지 못하면 통과할 때까지 계속 채점을 받을 수 있다. 과정은 알고리즘, 인공지능, Web Graphic 등 자기가 배우고 싶은 분야를 선택해서 배우게 된다. 과기정통부는 2018년 350억원의 예산을 확보하여 에콜 42와 동일한 교육과정을 가진 학교를 설립하고 2019년에 첫 학생을 받아 현재 운영을 시작했다.<sup>159)</sup> 향후 성과를 보아가며, 비슷한 방식으로 운영할 수 있는 타 분야의 교육기관 설립도 검토해 볼만하다.

#### 나. 기본 소득제 도입

기본소득제에서 기본 소득(Basic Income)이란 모든 개인이 아무런 조건 없이 정부로부터 주기적으로 받는 보편적인 현금 소득을 말한다. 여기서 중요한 점은 가계 단위가 아닌 개인 단위라는 점, 자산의 유무와 근로 여부 등 일체 조건이나 대가성이 없어야 하며, 현금으로 받아야 한다는 점이다. 유일하게 조건이 있다면 국가의 국민이어야 한다는 시민권의 보유다. 기본소득제는 누구나 인간답게 살 권리를 국가가 보장하는 제도로 2008년 글로벌 금융위기 이후 불평등의 심화와 경제의 장기 저성장에 따른 대안으로 주목받기 시작했으며, 제4차 산업혁명에 따른 일자리 문제가 불거지면서 더 주목을 받았다. 한편, 기본소득에 대한 개념의 연원을 16세기 토마스 모어(Thomas More)의 『유토피아』에서 찾는 학자도 있으며, 또 18세기 영국의 정치사상가 토마스 페인(Thomas Paine)의 『농민의 정의(Agrarian Justice)』에서 찾기도 한다. 토마스 페인의 주장은 토지는 인류가 공유할 재산이며 사유재산제는 공동재산의 수탈이라는 의미를 가진다는 인식에서 출발하는데 그의 주장은 사뭇 흥미롭다. 그는 토지소유자의 소유권은 토지 그 자체가 아니라 토지를 경작하거나 개량한 부분에만 한정되지만 토지소유자는 소유권으로 토지의 모든 것을 지배하므로 그에 대한 대가로 사회에 지대(ground

159) 이노베이션 아카데미 42 SEOUL, [www.42seoul.kr](http://www.42seoul.kr) 및 서울경제, 2018.12.23., “佛 에콜42처럼... 3無 SW학교, 한국에도 만든다” 참고

rent)를 지불해야 한다고 한다. 그리고 그 지대를 모아 기금을 만들어 토지 사유제도로 인해 토지에 대한 권리를 잃은 지주 이외의 국민들에게 보상을 해야 하며 21세가 되는 청년들에게는 정액의 일시금을, 50세 이상의 사람에게는 남은 생애 동안 매년 얼마간의 돈을 주어야 한다는 것이다.<sup>160)</sup> 따라서 토마스 페인의 주장에 의거하여 기본소득을 다시 이해하면 기본소득은 국가의 시혜가 아니라 국민의 당연한 권리로 해석이 가능하다는 점이다.

우리나라에서 기본소득제도가 본격적으로 논의의 무대에 오른 것은 2007년 대선에서 현 노동당의 전신인 한국사회당의 공약으로 정치권에 처음으로 등장했으며, 이후 유사한 취지를 가지고 있으나 대상을 청년으로 제한하는 청년배당(성남시), 청년수당(서울시)으로 더욱 관심을 받았다. 세계적으로는 일부 선진국에서 실험적인 기본소득제를 시행하게 되었고, 특히 스위스는 기본소득제의 도입을 국민투표에 부의했으나 큰 표차로 부결되면서 더욱 관심을 끌었다. 해외 국가에서 시행 또는 실험중이거나 시행되지 않았어도 제기되었던 기본소득제의 지급수준은 다음 표와 같다.<sup>161)</sup>

[표 9] 국가별 기본소득 지급액 및 임금대비 기본소득 비율

	기본소득	월평균 임금	기본소득비율(%)	비고
핀란드(ERU)	560	3,434	16.3	실험(2년)
캐나다(CAD)	1,320	5,374	24.6	실험(3년)
네덜란드(EUR)	960	3,892	24.7	실험(2년)
스위스(CHF)	2,500	7,036	35.5	국민투표 부결

\* 미국 알래스카주에서도 기본소득의 개념과 유사한 영구기금배당금(Permanent Fund Dividend)이 연 1회 주민들에게 지급되고 있으나 재정이 아닌 석유자원 수익금이 재원이라는 점에서 다른 국가의 기본소득과는 차이가 있어 여기서는 제외하였다.

기본소득의 가장 이상적 형태인 완전 기본소득의 세 가지 원칙은 보편성, 무조건성, 충분성이라고 하겠다. 그러나 국가 재정의 문제와 국가마다의 정서적 이유 등으로 세 가지 조건이 완화된 다양한 모델이 제시되고 있다.

160) 김건위·최인수, 2017, “기본소득제의 예상 쟁점 및 정책적 실현가능성에 대한 시론적 연구”, 사회적경제와 정책연구 제7권 제2호 참고. 동 내용은 Michael Foot and Isaac Kramnick, 1987, “The Thomas Paine Reader”, Harmondsworth: Penguin 에서 재인용된 것임.

161) 임유진·유능한, 2018, “한국 노동시장의 구조 변화와 기본소득의 도입을 위한 탐색적 연구”에서 재구성

위 표에서 보듯이 현재 실시되고 있는 기본소득 월평균 임금 대비 비율은 대략 25~35% 수준이다. 세 가지 조건에서 충분성이 어느 정도인지 기준은 있을 수 없지만, 실험중인 국가에서의 수준은 생존은 가능하여 개인의 실질적 자유를 보장할 수 있는 정도라고 생각된다.<sup>162)</sup> 우리나라 학계에서 제시되고 있는 기본소득의 수준은 대략 30~50만원선이다. 만약 일인당 50만원의 기본소득을 매월 지급할 경우 필요한 재원은 300조원 가량인데, 이는 2020년도 전체 정부예산안이 513.5조원이며, 복지·고용 분야가 181.5조원이라는 점에서 비춰볼 때 엄청난 재원이 소요된다는 점을 알 수 있다.

만약 우리나라에서 기본소득제가 도입된다면, 충분성은 국가마다 국민적 합의에 바탕하여 결정하기 나름이므로 우리나라의 재정능력을 감안해서 결정하면 될 것이고, 무조건성도 무리없이 수용될 수 있을 전망이나 충분성은 정치적 및 정서적 이유로 수용이 곤란하여 수정될 가능성이 매우 높다고 하겠다. 기본 소득을 개인 자산이나 소득이 충분한 사람에게도 지급한다는 것에 공감하고 동의할 국민은 별로 없다고 생각된다. 현재 학계에서는 다양한 점진적 확대를 통한 완전 기본소득제로 진행하는 모델을 제시하고 있지만, 현재의 상황에서는 이상적인 완전 기본소득제로의 이행에 대한 국민적 합의는 어려울 것으로 예상된다.

이상 기본소득제에 대한 현실과 수용가능성 등을 살펴보았는데, 기본소득제는 분명 현재의 사회복지제도를 현저히 넘어서는 수준의 복지제도라고 할 것이나, 사회적 불평등이 계속 심화되고 제4차 산업혁명으로 인한 일자리 위기로 국민 다수의 삶이 위기에 처하는 상황이 도래할 경우에는 토마스 페인의 주장처럼 기본소득이 국민의 당연한 권리로 인식되는 날이 오지 않으리라 단정할 수 없을 것이다. 특히 문재인정부가 내세운 포용국가(Inclusive state)론은 이미 OECD 등의 국제기구에서도 각국 정부의 정책에 반영을 권고하는 호의적인 이론이 되었으며, 아직은 ‘퍼주기’라는 부정적 여론이 만만치 않은 성남시의 청년배당과 서울시의 청년수당도 이미 기본소득제도의 수용여부에 대한 논의를 대신해주고 있는 듯 보인다.

---

162) 학계에서는 충분성의 개념에 의거한 기본소득 수준을 임금에 비추어 최저임금 또는 생활임금으로 유추하고 있는데, 아마도 충분성이 인정되는 기본소득은 최저임금과 생활임금에서 최저임금에 가까운 개념이 아닐까 생각된다.

중앙정부 차원에서는 아직 기본소득제에 대한 도입여부의 검토조차 시작하기에도 쉽지 않은 단계라고 보이지만, 앞으로 기본소득제는 현재의 사회 복지제도를 대체할 제도로 도입에 대한 논의의 시도가 꾸준히 계속될 것이 분명하다. 인간다운 삶을 앞세운 보편적 인권이라는 논리와 제4차 산업혁명으로 인한 일자리 위기 등으로부터 노동만을 생산수단으로 소유한 국민을 보호한다는 명분으로 이만큼 매력적인 논리와 주장을 찾아보기 어렵다. 한편, 학계에서 나오는 논문이나 주장하는 수준도 아직은 본격적인 논의를 촉발할 만한 수준은 아닌 듯 하다. 학계에서도 아직은 우리나라의 경제적 여건이나 국민들의 정서상 기본소득제를 강하게 주장하기는 어려울 것으로 인식하고 있는 듯한데, 기본소득제 도입가능성에 대한 탐색적, 시론적 연구들이 나오고 있지만 도입의 명분에 대한 강한 논리적 근거나 제도의 설계에 있어 구체성과 같은 측면에서 약하다는 생각이 들며, 연구자들도 향후 추가적인 연구가 필요하다는 제언으로 결론을 내리고 있는 것이 현실이다.

그럼에도 불구하고 관련 정책을 담당하고 있거나 향후 담당할 생각이 있는 공직자들은 기본소득제와 관련한 논의에 관심을 가질 것을 권고한다. 향후 기본소득제도를 업무적으로 책상에서 마주하기 전에 미리 경제적, 정치적, 법적인 측면에서는 물론이고 더 깊이 철학적, 윤리적, 역사적 측면에서까지 인간에 대한 이해와 삶이라는 현상의 본질에 대한 사고의 축적을 해두어야 시대와 국민이 요구하는 막중한 책임감 앞에서 당당해질 수 있을 것이기 때문이다.

## 제6장 : 결론

이상 제4차 산업혁명과 관련된 제반 논의와 조세 및 예산 분야 재정적 지원 측면과 관련된 주요 논의들을 살펴보았다. 하지만, 제4차 산업혁명 관련 분야의 논의는 워낙 범위가 넓어 필요한 부분들조차도 충분히 다루지 못했다는 생각이 든다. 또 제4차 산업혁명의 실체가 아직은 분명하지 않아 기업계는 물론 학계에서도 구체적 논의들이 진행되지 못한 측면도 논의를 충분히 할 수 없었던 배경이었다고 생각된다. 세계적으로도 아직은 제4차 산업혁명 관련 동향이나 논의에 대한 관심에 비해 실질적으로 각국의 정책 수립에 기여할 만한 실질적 내용은 많지 않다. 마찬가지로 정부의 노력도 방대한 제4차 산업혁명의 영향과 파급효과에 대응하려면 아직 종합적으로 깊이 있게 다루어져야 할 부분이 많다. 그럼에도 불구하고 합리적이고 논리적인 전망과 시나리오를 예상하여 제4차 산업혁명에 대비할 수 밖에 없는 것이 현실이므로 본 보고서에서의 결론 역시 확고한 실체적 근거보다는 전망과 예상의 수준에서 내려야하는 어려움이 있음을 미리 밝혀 둔다.

### 1. 효과적인 재정지원의 수단의 선택: Policy Mix

조세와 예산을 통한 제4차 산업혁명 관련 정책에 대한 지원방안을 선택하려면 어떤 경우에 조세라는 인센티브를 사용하고 어떤 경우에 예산이라는 인센티브를 사용하는 것이 더 효과적인가를 알아야 할 것이다. 조세와 예산의 선택에 대한 기존의 연구들이 있지만, 두 가지 재정정책의 수단을 선택하는데 대한 절대적 기준이나 원칙이라는 것은 없었다. 하지만, 정책의 내용과 성격에 따라 조세로 지원하는 것이 효과적인지 아니면 예산으로 지원하는 것이 더 효과적인지는 사례별로 판단이 가능하리라고 생각한다.<sup>163)</sup> 따라서 두 가지 정책수단의 특징과 선택 과정에서 검토 요인을 고려하여 분야별 재정지원의 재설계 방향을 살펴보려고 한다.

---

163) Joel Michael, 2018, "Tax expenditure vs direct expenditure: A Primer", Minnesota House Research. 동 입법조사보고서에서는 조세지출과 예산지출의 효과적 선택을 위해 Ease of administration, Behavioral effect, Budgeting considerations, Tax system effects, Tax policy principles, Interaction with federal tax, Constitutional restrictions 등의 요소들에 대해 검토할 것을 주장하고 있다.

## 가. 조세의 특징

조세지원의 특징을 살펴보면, 조세지원은 주로 조세특례제한법을 통한 조세지출예산으로 이루어지며, 소득세법, 법인세법 등 다양한 세법을 통해서 이루어진다. 조세지원의 가장 큰 특징은 법령에 해당 요건을 규정하면 그 규정에 해당하는 기업 등은 모두 지원을 받을 수 있다는 점이다. 따라서 정책 수혜 대상이 대단히 광범위하고 예산과 같이 재원이 소진되어서 더 이상 지원할 수 없는 경우도 발생하지 않는다는 점이다. 그리고 수혜자인 기업이나 개인의 자율성이 예산지원보다 더 존중될 수 있다는 점도 조세지원의 장점이다. 예산은 사업의 내용에 대해 소관 부처나 지자체에서 관여할 수 있는 여지가 있으나 조세지원은 사후적이므로 소관 부처 등의 관계 기관이 관여할 여지가 없는 것이다. 또, 법령에 규정하므로 특별한 경우 해석상 이견의 여지는 있을 수 있지만 대체로 매우 안정적이고 또 쉽게 바뀌지 않아 지원이 장기간 지속되는 경우가 예산보다 많다고 할 수 있다. 대표적으로 조특법상에는 한시적 지원제도가 많은데 종료시점이 되면 다시 연장하는 경우가 대부분이다.

반면, 정부입장에서 조세지원은 입법의 과정을 거쳐야 하는데, 국회에서 진행되는 입법 절차는 정부가 통제할 수 없으므로 정부 의도대로 입법이 될 수 있을지가 다소 불확실하다는 단점이 있다. 물론 예산도 국회의 동의를 얻는 과정에서 유사한 불확실성이 존재하지만, 예산은 입법이 아니므로 행정부가 더 주도적인 반면, 조세는 다양한 이해관계를 가진 단체들과 정당, 그리고 소관 상임위원 조세소위 위원인 국회의원의 정치적 성향 등에도 영향을 받을 수 있다. 즉, 입법과정에서 다양한 이해관계의 표출과 충돌로 인해 정책의 법률화 과정에서 정부보다 국회 상황에 더 좌우되는 것이다.

## 나. 예산의 특징

반면, 예산지원의 가장 큰 장점은 직접성이다. 정부가 기획한 의도대로 집행하고 관리할 수 있으며, 기대효과도 정책설계에 문제가 없는 한 그대로 실현될 수 있다. 예산안은 국회의 동의를 얻어야 하지만, 국회에서 수정이



되더라도 정부가 국회 수정안을 거부할 수도 있어 조세보다 행정부 주도적인 정책수립과 집행이 가능하다. 또 조세는 사후적 지원이므로 초기 투자에 많은 자금이 소요되는 정책에는 인센티브로서 효과가 크지 않지만, 예산은 사전 또는 사업 중 정부의 지원이 계속 이루어지므로 대규모 프로젝트의 지원에 더 적합하다. 또 예산은 정부가 직접 집행하고 관리하므로 공공 분야에 대한 지원에 더 적합하다. 예산은 한정된 재원에 정부의 의도대로 집행되는 것이 중요하므로 부처의 많은 사업들이 소속 공공기관이나 협회 또는 지방자치단체에 의해 집행이 된다. 반면 조세지원은 대상이 기업 등 거의 민간 분야다. 따라서 의도와 다른 효과가 나타날 경우에도 즉각적인 관리가 어려우며 입법과정을 다시 거쳐 법령을 개정할 수밖에 없다.

#### 다. 행정 및 관리적 측면

먼저 조세는 조세특례제한법 및 소득세·법인세 등 각종 세법 및 시행령 등의 법령의 규정에 따라 지원여부가 결정된다. 소관 부처에서 정책을 수립할 때 조세지원이 필요하면 이를 기획재정부 세제실과 협의하여 수용될 경우 기획재정부가 매년 국회에 제출하는 세법개정안에 반영하여 국회에 제출하면 국회에서 의결을 통하여 최종 확정된다. 국회에서 통과되면 기업 등은 법령에 따라 세금납부 과정에서 세제지원을 받게 되며, 필요시 세무조사 등은 국세청이 담당하므로 소관 부처가 특별히 관리를 위해 할 역할은 없으며 다만 세제지원에 따른 효과 등이 예상대로 나타났는지 점검하고 필요시 보완방안을 세제실에 건의하면 된다.

예산지원은 소관 부처에서 정책 수립시 예산지원이 필요하면 이를 기획재정부 예산실과 협의하여 수용될 경우 예산실에서 작성하는 정부예산안에 반영되어 국회에서 통과되면 해당 예산이 소관 부처나 집행을 담당하는 지자체 및 공공기관 등으로 배정이 된다. 소관부처는 해당 예산의 집행과 관리에 대한 책임이 있으므로 예산의 집행과 관리는 조세보다 훨씬 체계적인 시스템을 가지고 있다. 예산이 잘못 집행되거나 문제가 생기면 감사원의 감사를 받는 경우도 발생하고, 국회의 결산심사에서도 예산집행에 문제가 있는 사업은 지적을 받는다. 또한 예산실이 자체적으로 보조금과 예산사업

에 대해 평가단을 구성하여 평가를 진행하고 평가가 낮은 사업이나 보조금은 다음연도 예산에서 삭감되거나 사업이 폐지되기 때문에 소관 부처들은 집행과 관리에 많은 신경과 노력을 기울일 수 밖에 없다는 점이 조세지원과 관리상의 차이를 보이는 점이다. 따라서 행정 및 관리라는 비용적 측면에서는 조세지원이 훨씬 유리하며 소관 부처의 집행 및 관리가 필요한 사업은 예산을 통한 사업이 더 적절할 것이며, 반면 정부의 관리가 미치지 못하거나 관리 역량이 부족할 때는 조세지원을 선택하는 것이 바람직하다.

#### 라. 재정지원의 목적, 대상 및 규모 등

재정지원의 목적이 불특정 기업 또는 개인의 의사결정에 영향을 미치는 것이라면 지원수단은 조세지원이 더 효과적이다. 예컨대, 중소기업 취업자의 소득세에 특별공제와 같은 인센티브를 주는 목적은 중소기업에 취업자의 의사결정에 영향을 주어 취업을 장려하고 사직을 막는 것을 목적으로 한다. 이러한 목적의 정책수단으로 예산은 집행 및 관리가 어려울 뿐 아니라 규모도 예상하기 어려워 조세가 더 효과적인 수단이 된다. 또한 정책지원의 대상이 특정 공공기관이나 소수의 기업인 경우에는 조세법령까지 개정하면서 지원할 일이 아니다. 특정 또는 소수의 기관인 경우에는 집행 및 관리가 어렵지 않으므로 예산으로 지원하는 것이 훨씬 효과적이다. 또 투자나 비교적 큰 규모의 지원이 예상될 경우에도 예산이 더 적절한 수단이 된다. 조세는 소득이나 이익 또는 비용발생에 대해 과세과정에서 지원하는 것이며 기업회계 또는 세무회계상의 기준이나 근거에서 크게 벗어나기 어려우므로 충분한 지원이 필요한 경우에는 적절하지 않으므로 대규모 지원이나 투자에는 예산이 더 적절한 수단이 될 가능성이 크다.<sup>164)</sup> 그리고, 조세지원은 예산에 비해 착시효과가 있다. 즉, 예산은 정부가 직접 지출하므로 지출 관련 심사가 까다로운 반면, 조세지원은 동일한 규모의 재정수입을 포기하는 것이므로 지출과 동일한 효과가 있음에도 불구하고, 예산만큼 세심하게 심사하지 않는다. 따라서 예산지원으로는 정치적 수용성이 낮아 지

164) Joel Michaels(2018)에서 조세는 기본적으로 과세와 징수가 목표인 까닭에 세금을 줄여주는 규정을 만드는 것은 단순해야 할 조세법령이나 조세체계를 복잡화해서 조세의 이해가능성을 저하시킬 가능성이 크고, 또 세무 관련 조직에 있는 공무원들은 지원이라는 것에 익숙하지 않기 때문에 정책의 효과와 같은 목적에도 관심이 낮을 가능성이 높다는 것을 지적한다.

원이 어려운 사업도 조세지원으로는 가시성이 낮으므로 가능하게 되는 경우가 있다.

조세지원과 예산지원은 대략 위와 같은 특성을 가지고 있어 어떤 정책에 어떤 정책수단이 더 효과적인가 판단이 중요하다. 산업의 특성과 지원 사업의 내용 등에 따라서도 어떤 수단이 좋은 것인지 차이가 있을 것이다. 비록 명확한 기준은 없더라도 제4차 산업혁명 분야별로 어떤 지원방안이 더 효과적인지를 살펴보고 제5장에서 제시한 지원방안을 다시 정리하는 것으로 재정지원 재설계와 관련한 결론을 마무리하려 한다.

## 2. 제4차 산업혁명 분야별 재정지원 재설계 방향

### 가. 연구개발 및 산업혁신 분야

기본적으로 민간 기업의 연구개발에 대한 재정지원은 조세지원이 적절하며 현재 우리 세법도 같은 취지를 가지고 있다. 다만, 조특법상 신성장동력·원천기술에 대한 별표 규정이 대상 기술에 대해 상세히 기술하고 있어 아직 세간에 알려지지 않은 제4차 산업혁명 관련 초기 기술은 지원을 받기 어려우므로 좀 더 포괄적으로 기술하던가 아니면 관련 기술에 대한 업데이트를 신속히 하는 것이 제4차 산업혁명 관련 연구개발 지원을 위해 바람직할 것으로 보인다. 또한 제4차 산업혁명에서 부각될 융·복합 기술에 대한 연구개발과 개방형 혁신에 대해서도 지원을 더 강화하는 것이 바람직하다.

한편, 연구개발 분야에서 예산지원은 우리나라의 경우 정부출연연구소 및 국공립연구원 및 대학 등 공공분야 연구기관에 대한 의존도가 너무 높은 문제가 있다. 사실 출연연이나 국공립연구원의 연구개발 사업들이 민간의 연구개발을 견인하는 효과가 있거나 민간의 연구개발 수요에 부응한다면 조세지원보다 예산지원이 더 매력적이다. 그러나, 반대로 정부의 연구개발을 너무 공공분야의 연구원에게만 의존하다보면 민간과 유리된 연구를 할 우려가 있다. 또 연구원별 R&R이 오랜 지적에도 불구하고 아직도 정립되지 않아 공공분야 연구원들끼리도 정리가 되지 않는 경우가 있어 개선이

필요하다. 대안으로 향후 민간 연구소 또는 기업과 공동 연구개발을 추진 하되 민간에 주도권을 주는 방향의 연구개발 사업을 확대 지원하는 것이 바람직하다.<sup>165)</sup> 특히 최근 일본의 수출규제에 대응하기 위한 소재개발 분야의 연구개발에 대해서는 대기업의 연구개발은 자금조달 측면에서 문제가 없으므로 조세지원이 바람직하나 중소기업들은 자금력이 부족하므로 조세 지원보다는 예산지원이 더 효과적일 것으로 생각된다. 특히 단기 사업화가 쉽지 않고 공공성이 큰 만큼 예산으로 지원하는 방안을 검토해 볼 만하다. 단, 중소기업의 연구개발을 예산으로 지원할 경우에는 부처간 비슷한 예산 프로그램으로 중복지원 가능성은 없는지, 적절한 대상 기업이 아닌데도 지원을 받게 되는 것은 아닌 지 등 예산집행을 관리할 수 있는 체계부터 마련할 필요가 있다.

#### 나. 일자리 · 창업 및 인적자원 개발 분야

일자리 확대와 관련한 재정지원은 기업과 근로자의 행태에 영향을 주려는 정책이며 이론적으로 조세지원이 적절한 수단이라 할 수 있다. 우리나라는 청년고용증대, 사회보험료 세액공제, 중소기업 취업자에 대한 소득세 감면 등 7종의 조세지원방안이 있으나, 문제는 개인적으로 지원받는 규모가 크지 않아 과연 의사결정에 영향을 미칠 수 있을지 의문이 든다. 우 개인별 지원을 증가시키기 위해 공제율을 인상하는 방법이 가장 쉬운 접근이겠으나 공제율 인상보다는 대상을 더 정확하게 설계하는 이른바 ‘선택과 집중’이 필요하다는 연구결과가 있다. 또 한편으로 고용불황 속에서도 오히려 인재를 쓰기 어려운 모순적인 상황의 해결을 위해 제4차 산업혁명 관련 분야에 대해서는 현재 예산지원 위주로 되어있는 대학의 전문인력 양성 및 직업훈련 등의 프로그램을 기업의 자발적 참여와 활용을 독려하기 위한 기부금 공제율이나 연구·인력개발비에 대한 지원 제도를 준용하는 등으로 재설계를 검토해볼 필요가 있다. 아울러 벤처·창업기업들의 꾸준한 개선요구가 있는 스톡옵션 관련 비과세한도 상향, 양도세로 선택해서 납부시 요건 완화 및 추가하락시 손실보전 방안을 전향적으로 재검토해 볼 필요도 있다.

165) 노용환, 2016, R&D 지원수단의 정책적 선택: 효율적 재정지출 vs. 시장친화적 조세지출 “ 참고. 동 논문의 결론에서 단기 사업화가 어렵고 기초과학에 대한 투자나 공공성이 높은 연구개발 및 사회적으로 시급성이 요하는 분야는 재정지출에 의한 지원이 바람직하다고 밝히고 있다.

창업은 필연적으로 고용을 유발한다는 측면에서 창업은 가장 좋은 일자리 정책이라고 볼 수 있다. 특히 하이테크 벤처기업의 성공은 매우 긍정적인 경제효과를 사회전체가 공유할 수 있도록 외부경제효과가 있다. 창업기업에 대한 세제지원도 다양하지만 창업지원은 예산에서 더 중요한 지원 방안이다. 조세는 사후적이므로 창업기업에게 당장 해줄 것이 없지만, 예산은 창업기업에 대한 대출부터 폐업과 재도전에 이르는 생태계 전반에 걸쳐 적극적으로 개입할 수 있는 지원수단이기 때문이다. 이와 관련하여 모태펀드의 운용개선에 관한 재설계가 필요하다. 모태펀드는 민간의 벤처자금 유입을 구축하는 효과가 있을 것으로 추정되므로 민간 자금이 활발히 벤처창업 투자로 이어질 수 있도록 유도하는 지원책이 필요하다.

#### 다. 로봇세와 기본소득제의 도입

제4차 산업혁명을 논의하면서 로봇세와 기본소득제를 빠뜨렸다면 아마도 충분히 제4차 산업혁명을 논의했다고 말할 수 없을지 모른다. 어떤 사람은 인공지능과 로봇에게 일을 시키고 과세하여 만든 재원으로 기본소득제를 도입하여 사람은 그저 여가를 즐기며 산다는 상상을 즐기고 싶은 듯 하지만, 과연 인류에게 그렇게 아름다운 날이 올 수 있을지는 의문이다. 로봇세 도입 근거로는 로봇이 사람의 일을 대체할 경우 국가 세수의 보전이라는 측면과 생산요소로서 자본의 비중이 높아져 초래되는 사회적 불평등에 대한 최악세의 성격이 될 것이며 또 하나는 유럽의회에서 로봇에 대해 전자인격을 부여하기로 결정하면서 거기에 자연스럽게 과세의무를 지우는 것이다.

어떤 근거와 형태로든 인공지능과 로봇에 의한 일자리 대체가 심각하게 진행된다면 로봇세의 부과는 필연적이라고 할 수 밖에 없다. 로봇세로 마련된 재원은 당연히 일자리 대체로 인해 실직한 사람의 재취업을 돕도록 하는데 우선적으로 사용되어야 한다. 로봇세는 로봇에게 전자인격과 일반적 납세의무를 부과하는 방안이 아니라면 일반회계보다 특별회계를 만들어 재원을 사용하는 것이 더 좋은 생각일 수도 있다. 로봇세를 납부해야 하는 기업 등이 로봇세를 투자와 자본에 대한 과도한 과세로 생각하라고 부정적

생각을 가진다면 조세저항을 초래할 수도 있기 때문이다. 로봇세는 결국 기업에서 일하는 근로자를 위해 사용되는 것이고 이는 기업과 국가경제를 위한 것이라는 분명한 설명이 필요하기 때문이다. 로봇세는 분명히 인공지능이나 로봇을 만들고 이용하는 것에 대한 한계비용을 높이는 것이기에 인공지능과 로봇이 관련되는 혁신적 활동을 저해할 수 있다는 우려도 있다. 인공지능이나 로봇이 조만간 인간의 근로와 생활을 위협할 수 있다는 주장도 있지만, 앞으로 최소 수십년은 더 걸릴 것이라는 전망이 더 지배적이다. 따라서, 그동안 인공지능 및 로봇이 인간과 공존하기 위해 우리가 어떤 준비를 해야할지 충분히 대비해야 한다. 인공지능과 로봇이 인간과 공존하기 위해 일자리 관련 사회적 합의라든가 또 인공지능과 로봇을 만드는 과정에서 코딩에 대한 윤리적 문제 등이 핵심적 선결사안이다.

스위스에서 기본소득제가 국민투표에 부의되었으나 무려 77%의 반대로 부결되었다는 사실은 소위 ‘공짜 점심’에 대한 부정적 인식이 현재로는 예상외로 크다는 점을 알려준다. 향후 인공지능과 로봇으로 인해 인류가 일하지 않고도 살아갈 수 있는 날이 과연 올지 몰라도 아직은 자원 마련의 문제뿐만 아니라 정서적으로도 시기상조라는 의견이 많다. 최근 경기도에서 일인당 분기 25만원, 연 100만원의 기본소득제를 도입하겠다는 말이 나오고 있고, 2020년 총선을 앞두고 공약으로 채택하려는 움직임도 있다.<sup>166)</sup> 하지만, 기본소득의 문제는 수많은 검토사항과 국가 복지체계의 전반을 재조정하는 일이므로 지방자치단체에서 선부르게 달려들 일은 아니라고 생각한다. 만약 저소득 계층과 당장은 해결방안 없이 한계적 상황에 놓인 플랫폼경제 근로자들과 같은 어려운 계층을 배려하는 촘촘한 사회안전망을 구성하는 것이 더 시급한 일이라고 생각한다. 예컨대, 서울시가 2019년부터 추진한 ‘서울형 유급병가제’는 우리나라 사회안전망의 수준을 높여줄 좋은 아이

---

166) 경기도는 청년 일인당 분기별 25만원, 연 100만원을 지급하는 청년기본소득제도 지급 대상을 모든 경기도민으로 확대하는 방안을 추진한다고 한다. 이에 대한 설문조사 결과 찬성이 87%로 높다고 하지만 과연 고작 연 100만원을 지급하는 것으로 과연 기본소득제의 효과를 낼 수 있는지, 그저 정치인의 ‘표’ 폴리즘이 아닌지 의구심이 들 뿐이다. 그리고 기본소득 제도가 과연 지방자치단체에서 할 수 있는 일인지도 의구심이 든다. 기본소득제를 도입하기 위해서는 기존 복지제도를 재검토하여 정비하고 자원을 마련하는 등 제도 설계부터 제대로 하는 것이 중요한데, 이것은 단순하게 지방자치단체에서 할 수 있는 일이 아니라 국가적 일이 되어야 한다는 생각이다. 핀란드, 네덜란드 등이 기본소득제의 실험을 하고 있으므로 경기도 사례도 실험으로 볼 수 있지 않느냐는 의견도 있지만, 지급규모가 너무 작아 기본소득제로 인정할 수는 없을 듯하다.

디어라고 생각하며, 아직은 요건이 너무 엄격하거나 비현실적이라는 지적도 있고 실적도 좋지는 않지만 꾸준히 개선하고 확대해나가야 할 의미있는 정책으로 평가하고 싶다.<sup>167)</sup> 기본소득제에 대해서는 향후 실업문제와 사회적 불평등 문제의 해결 차원에서 많은 고민을 해야 하는데, 먼저 학계와 연구계에서 깊이 있는 연구결과가 나오기를 기대하며, 국가의 재정 여건 및 사회적 인식변화를 종합적으로 고려하는 사회적 숙의가 반드시 필요할 것으로 생각한다.

#### 라. 관련 정부 조직의 협업

조세지원과 예산지원의 정책조합(policy mix)이 제대로 작동하기 위해서는 기획재정부내 세제실과 예산실의 협업이 매우 중요하다는 점을 마지막으로 밝히고 싶다. 두 조직은 역사적으로 세제실은 재무부에, 예산실은 경제기획원에 소속되어 1995년 재정경제원의 출범으로 처음으로 ‘한 지붕’ 아래 가족이 되었다. 이후 예산실이 기획예산처로 다시 떨어져 나가면서 분리되었으나 2008년 기획재정부로 다시 통합되면서 현재에도 같은 조직의 소속으로 있다. 하지만, 세제실과 예산실은 결이 많이 다르다. 가끔 인사교류를 통해 화학적 통합을 시도하기도 하지만, 그때뿐이며 지나고 나면 언제 교류했냐는 듯 다시 원대 복귀해 있다. 한 지붕이라고 해도 사실 협업은 거의 없었는데, 제2차관제가 도입되면서 세제실은 1차관 소관으로 예산실은 2차관 소관으로 되면서 다시 각방을 쓰게 되었다.

사실 조직이 문제는 아닐 수 있다. 조직의 형태야 어떻든 협업만 잘 되면 그만이다. 하지만, 국가재정에서 가장 중요한 두 조직이 함께 협의하는 일은 세입추계밖에 없는 듯 하다. 그 조차도 사실 협의라기보다는 예산실에서 세제실에 일방적으로 부탁하는 것이라고 보는 것이 맞는데, 늘어나는 예산규모를 충당할 수 있도록 세입을 가급적 많이 잡아달라는 부탁이다. 또, 국회에서도 세제실 업무는 기획재정부 조세소위에서 담당하고, 예산은

---

167) 서울시는 2019년 6월부터 서울시민을 대상으로 유급 병가지원을 시작했다. 일용근로자, 특수고용직종사자, 영세자영업자 같은 근로취약계층에게 연간 입원 10일, 검진 1일을 합해 최대 11일간 생활임금을 지급하는 사업이다. 하루 생활임금은 8만1180원이다. 해당 시민은 주소지 관할 동주민센터나 보건소에서 신청할 수 있다.

예산결산특별위원회가 별도로 설치되어 있어서 국회도 두 분야의 업무를 함께 볼 일은 없다. 결국 조세와 예산을 같이 볼 수 있는 유일한 자리는 기획재정부 장관인 부총리밖에 없는데, 부총리는 세제실과 예산실의 협업까지 챙겨볼 여유는 없다. 하지만, 국가재정에서 가장 중요한 정책수단인 조세와 예산은 분명히 같이 볼 필요가 있다고 생각한다. 한 번도 제대로 머리를 맞대고 일해 본 경험이 없으니 무슨 일을 같이 할 수 있는지도 아직은 모를 것이 분명하지만, 세제실과 예산실의 협업이 가능하다면 분명 국가재정은 물론 가장 중요한 두 가지의 정책수단을 훨씬 더 효율적으로 사용할 수 있을 것이라 생각한다.

## 2. 맺음말

4차산업혁명위원회가 2019년 10월에 발표한 대정부 권고문에서 4차 산업혁명의 시대정신으로 다음의 네 가지를 들었다. 변동성(Volatility), 불확실성(Uncertainty), 복잡성(Complexity), 모호성(Ambiguity)이 바로 그것들이다. 어느 하나도 우리에게 희망을 비춰주는 단어가 아니라, 제4차 산업혁명의 시대가 그만큼 험난할 것이라는 것을 예고하는 듯이 느껴진다. 또 현재는 역사상 가장 풍요로운 시기이면서도 동시에 가장 불안한 시기라고 하면서, 불안감의 근원에는 바로 일자리 문제가 놓여있음을 지적한다. 제4차 산업혁명 시대에는 노동의 유연성이 중요하지만, 우리나라의 노동은 제2차 산업혁명 시대에 머물러 벗어나지 못하고 있기 때문이다. 우리나라의 노동이 제4차 산업혁명 시대를 향해 나아가지 못하는 것은 노동계와 기업의 소통 부족에 원인이 있고 다시 그 배경에는 불신이 있다고 생각한다. 독일의 Industrie 4.0와 Arbeiten 4.0의 전개과정을 되돌아보면서 독일의 노조와 기업들이 사회적 소통과정에서 서로를 협력하는 동반자로 인식하고 있는 점은 사회발전과 경제성장을 위해 무엇보다 소중한 사회적 자산이라는 생각이 들었다.

제4차 산업혁명에 대해 이구동성으로 ‘사람이 중심’이 되어야 한다고 얘기하는데, 말장난 같지만 좀 바꿔 말하고 싶다. 사람이 중심이 되어야 하는 것이 아니라 사람이 중심을 잡아야 한다고 말이다. ‘사람이 중심’



이라는 점에 대해서 누구도 이견이 없다. 그러나, 사람이 중심이 되어야 한다고 하지만 문제의 근원에도 결국 사람이 있었다. 사람이 중심이 되어야 하는데 인공지능과 로봇 기술이 너무 발전해서 문제가 되는 것이 아니라, 사람이 기술발전의 속도를 두려워하고 뒤쳐질까 두려워 사람을 기술발전 앞으로 내세우지 못하고 있는 것이다. 그러니 문제를 풀어내는 것도 결국 사람인 것이다. 따라서 사람이 중심이 되어야 한다는 피동적인 의미보다는 사람이 중심을 잡고 문제를 풀어나갈 수 있도록 하자는 능동적 의미로 바꾸자는 말이다. 소통과 신뢰도 사람이 하는 것이다. 서로 신뢰하고 마음을 열고 대화를 통해 문제를 풀어나가는 첫 걸음부터 다시 시작해야 한다. 인공지능과 로봇 기술이 발달해도 그런 것까지 대체할 수는 없고, 인간의 행복도 기계가 느낄 수는 있는 것은 아니기 때문이다.

그런데 다시 말하지만 그러다보면 다른 국가들보다 속도에서 뒤쳐지는 것이 아니냐는 불안감이 드러날 수도 있다. 그렇지 않아도 정부의 정책 발표 자료라든가 민간의 강의자료에서도 우리나라가 제4차 산업혁명에 아직 준비가 되어있지 않고 다른 나라들에 비해 뒤쳐져 있다고 벌써부터 스스로를 채찍질하고 있다. 하지만, 늦었다고 생각할 때가 가장 빠를 때라는 말과 급할수록 돌아가라는 속담을 생각해야 한다고 말하고 싶다. 우리나라는 많은 나라들이 부러워할 만큼 엄청난 경제성장을 단기간에 이루어냈지만, 경제성장을 위해 다른 가치들을 무시하고 달려온 탓에 이제는 상대적으로 매우 소중하게 느껴지는 사회적 자산을 아쉬워할 수밖에 없는 상황에 있는 것이다. 어떻게 ‘사람이 중심’이 될 것인지를 정책당국자들은 고민하고 또 고민해주기를 바란다.

지난 1년을 제4차 산업혁명을 화두로 잡고 다양한 방면의 공부와 이런 저런 생각으로 보냈다. 돌이켜 보면, 조금만 더 부지런했다면 더 할 수 있었던 것이 많았을 것이라고 생각되지만 이제는 신체적, 정신적 여건이 예전만 못하다는 핑계를 내세울 수밖에 없어 씁쓸하다. 마지막으로 기존의 방대한 논의와 집합적 사고의 결과물들 앞에서 개인의 노력만으로 한계가 많았음을 인정하며 보고서의 내용에 대해서 부끄럽지만 나름 많은 노력을 기울였음도 밝힌다.

## [참고 문헌]

Branko Milanovic, 2013, “Global income inequality by the numbers: In history and now” , World Bank Research

Congressional Reseach Service, 2019, 『Spending and Tax expenditure: Distinction and Major Programs』

European Commission - High Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019.4.8., “Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence”

European Parliament, 2017.2.16., “2017 Civil Law Rules on Robotics”

European Political Strategy Center, 2016, “The Future of Work – Skills and Resilience for a Word of Change” , EPSC Strategic Notes

Federal Ministry of Labour and Social Affairs of Germany, 2017, “White Paper Work 4.0 – Re-imagining Work”

IBM Institute for Business Value, 2015, “Device democracy – Saving the future of the Internet of Things”

IEA, 2019, “World Energy Balances 2019”

Jeremy Rifkin, 2011, 『Third Industrial Revolution』, Palgrave Macmillan

Jeremy Rifkin, 2014, 『The Zero Marginal Cost Society』, St. Martin’ s Publishing Group

Jerry Kaplan, 2015, 『Humans Need Not Apply: A Guide to Wealth & Work in the age of Artificial Intelligence』, Yale Univ. Press

Joao Guerreiro · Sergio Rebelo · Pedro Teles, 2019, “Should Robots Be Taxed?” , Northwestern Univ.

Joel Michael, 2018, “Tax expenditure vs. Direct Expenditures: A Primer” ,  
Minnesota House Research

Klaus Schwab, 2016, 『The Fourth Industrial Revolution』, WEF

Klaus Schwab, 2018, 『Shaping the future of the Fourth Industrial  
Revolution』, WEF

Max Tegmark, 2017, 『Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial  
Intelligence』, Vintage Books

McKinsey Global Institute, 2017, “A Future that Works: Automation,  
Employment and Productivity” , McKinsey & Company

Microsoft, 2019, “IoT Signals – Summary of Research Learnings”

Moises Naim, 2014, 『The End of Power: From Boardrooms to Battlefields  
and Churches to States, Why Being in Charge Isn’ t What it  
Used to Be』, Basic Books

R. Atkins, D. Castro, S. Andes, S. Ezell, D. Hackler and R. Bennett, 2010,  
“Innovation Policy on a Budget: Driving Innovation in a Time of Fiscal  
Constraint” , The Information Technology and Innovation Foundation

The Economist, 2016.6.23., Special Report “Artificial Intelligence – the  
Return of the Machinery Question”

The Economist, 2019.8.3, “Grey-sky thinking – Alternative energy source”

The Economist, 2019.10.5., “Master of the Universe – How machines are  
taking over Wall Street”

The Economist, 2019.10.18., “Shooting an elephant – Global inequality”

Ufuk Akcigit, John Grigsby, Tom Nicholas, Stefanie Stantcheva, 2018,  
“Taxation and Innovation in the 20<sup>th</sup> Century” , University of Chicago

UN Department of Economic and Social Affairs, 2018, “World  
Urbanization Prospect 2018”

World Bank, 2019, “The Changing Nature of Work”, World Development Report

World Economic Forum, 2016, “The Future of Jobs”

World Economic Forum, 2019, “The Cybersecurity Guide for Leaders in Today’s Digital World”

4차산업혁명위원회 보도자료, 2018.5.16., “세계적 수준의 인공지능 기술력 확보에 2.2조원 투자”

4차산업혁명위원회, 2019, “4차 산업혁명 대정부 권고안”

고용정보원, 2017, “4차 산업혁명 미래 일자리 전망”, (주)MBN 용역연구 보고서

과기정통부, 2018.2, “제4차 과학기술기본계획(2018~2022)”

과기정통부, 2018.5, “인공지능 R&D 전략”

과기정통부, 2018.7, “주요 과학기술통계 100선”

과기정통부, 2018.11, “주요국 인공지능 정책동향 분석”

과기정통부, 2018.12, “지능정보사회 구현을 위한 제6차 국가정보화 기본계획(2018년~2022년)”

관계부처 합동, 2012.6, “지능형전력망 기본계획”

관계부처 합동, 2016.12, “제4차 산업혁명에 대응한 『지능정보사회 중장기 종합대책』”

관계부처 합동, 2018.1.29., “도시혁신 및 미래성장동력 창출을 위한 스마트시티 추진전략 “

국토교통부, 2018.5, “스마트시티 국가전략 프로젝트”

국회예산정책처, 2019, “국가연구개발사업 분석 - 과학기술정보방송통신위원회 소관”

- 권홍순·윤병섭, 2019, “벤처캐피탈의 투자성과 분석: 정부벤처캐피탈과 민간벤처캐피탈의 비교”, 금융공학연구, 제18권 제1호
- 기획재정부, 2019.3, “2019년도 조세지출 기본계획”
- 기획재정부, 2018.3, “2018년도 조세지출 기본계획”
- 김건우, 2018, “인공지능에 의한 일자리 위협 진단”, LG경제연구원
- 김규리, 2019.6, “미국 인공지능(AI) 관련 최신 정책 동향”, 한국정보화진흥원 Special Report
- 김기동·이정희, 2017, “한국 시민들의 신뢰수준이 정치참여에 미치는 효과 연구”, 경희대학교 아태연구
- 김성섭, 2019, 「4차 산업혁명시대의 해외 중소기업 혁신사례 등을 통한 우리나라 중소기업의 경쟁력 강화 방안 연구」, 중기부 직무훈련
- 김은정, 2016.10, “인공지능 발전이 가져올 2030년의 삶”, 한국정보화진흥원 Special Report
- 김현섭, 2017, “유전자편집기술의 윤리적 문제와 생명윤리법의 재검토”, 한국의료윤리학회지 제20권 제2호
- 박소희, 2012, “과학기술분야 정부출연연구기관 재정지원방안 개선에 관한 연구”, 한국과학기술기획평가원
- 박정우·정대용, 2018, “경제활성화를 위한 중소기업 세제지원 방안 - 핵심인력 및 기술유출 방지를 중심으로”, 홍익법학 제19권 제4호
- 문성욱·안준모·이미순, 2016, “한국 벤처정책 연구 - 혁신 벤처 생태계를 중심으로”, 중소기업연구원
- 매경 세계지식포럼 사무국, 2018, 『변곡점을 넘어 새로운 번영을 향해』, 매일경제신문사
- 서울대학교 산학협력단, 2017, “4차 산업혁명 시대에 대응한 주요국의 일자리 정책”, 일자리 기획단 연구용역보고서

- 성경룡 외 공저, 2017, 『새로운 대한민국의 구상, 포용국가』, 21세기북스
- 스마트그리드사업단, 2017, 지능형전력망 제2차 기본계획(2017~2021) 수립을 위한 사전연구, 산업부 연구용역보고서
- 신동숙 번역, 2016, 『인간은 필요없다』, 한스미디어
- 심재율 엮음, 2015, 『국회로 간 KAIST』, SIMBOOKS
- 염명배, 2018, “4차 산업혁명시대 경제패러다임의 전환과 새로운 경제정책 방향”, 경제연구 제36권 제4호
- 에너지경제연구원, 2018, “발전원별 균등화 발전원가 산정에 관한 연구”, 한국전력거래소 연구용역보고서
- 위대선 번역, 2015, 『공유경제는 어떻게 비즈니스가 되는가』, 한스미디어
- 이리하 · 유창호 · 유영환 · 백광렬, 2019, “창업중소기업에 대한 조세감면 제도의 문제점과 개선방향”, 한국세무회계연구 제59권
- 이혜자, 2018, “영국 산업혁명의 의의와 시사점에 관한 연구”, 경남과학기술대 석사학위 논문
- 이상호 번역, 2002, 『작은 것이 아름답다 - 인간중심의 경제를 위하여』, 문예출판사
- 이상현 · 장윤종 · 김상훈, 2018, “독일 인더스트리 4.0 전략의 확산 · 발전 동향과 정책적 시사점”, 산업연구원
- 이영환, 2016, “국내외 블록체인 적용분야 및 사례 연구”, 한국인터넷진흥원 연구용역 보고서
- 이흥권 · 박소영, 2017.6, “제4차 산업혁명 시대, 과학기술 혁신 정책 방향과 과제”, KISTEP InI 제20호
- 일자리위원회 · 관계부처 합동, 2017.10, “일자리 정책 5년 로드맵”

- 임유진 · 유능한, 2018, “한국 노동시장의 구조 변화와 기본소득의 도입을 위한 탐색적 연구”
- 정보통신정책연구원, 2018, “4차산업혁명시대 산업별 인공지능 윤리의 이슈 분석 및 정책적 대응방안 연구”, 4차산업혁명위원회 연구용역 보고서
- 정보통신정책연구원, 2018, “ICT 혁신에 따르는 경제·사회적 이슈에의 대응방안 연구”, 경인사연 협동연구
- 정석완, 2018, “일본정부의 4차 산업혁명 관련 산업전략”, KDB Weekly Report 2018.6.4.
- 정한울, 2017, “한국 혁신 생태계의 혁신 방향”, 여시재
- 조미현 번역, 2018, 『자본없는 자본주의』, 에코리브르
- 조한나 · 김명진, 2019, “정부 청년창업지원정책의 만족도 분석”, Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities and Sociology Vol.9, No.3
- 중소기업벤처부 · 창업진흥원, 2018, “주요 선진국 창업·벤처 통계 비교 분석”
- 최진기, 2018, 『한 권으로 정리하는 4차 산업혁명』, 이지퍼블리싱
- 최해옥 · 최병삼 · 김석관, 2017, “일본의 제4차 산업혁명 대응정책과 시사점”, 과학기술정책연구원 동향과 이슈 제30호
- 홍범교, 2018. 6, 『기술발전과 미래 조세체계』, 한국조세재정연구원
- KAIST 문술미래전략대학원, 2018, 『카이스트 미래전략 2019』, 김영사
- 테크노베이션파트너스, 2016, “4차 산업혁명 정의 및 거시적 관점의 대응방안 연구”, 산업부 연구용역 보고서
- 한국경영정보학회, 2017, “4차 산업혁명 관련 기업협력 촉진방안 마련을 위한 연구”, 산업부 연구용역 보고서

- 한국과학기술기획평가원, 2019, “2018년도 국가연구개발사업 조사분석 보고서”
- 한국노동연구원, 2017, “21세기 디지털 기술변동과 고용관계 - 이론과 현실”,  
연구보고서 2017-08
- 한국노동연구원, 2018, “4차산업혁명 시대 노동의 미래와 대응전략”, 4차  
산업혁명위원회 정책연구용역 보고서
- 한국민사법학회, 2017, “인공지능 사회를 대비한 민사법적 과제 연구”,  
법무부 연구용역 보고서
- 한국전력공사, 2019, “2018 KEPCO in Brief”
- 한국전자통신연구원, 2015, “인공지능 분야 국가경쟁력 제고 및 사업화 혁신  
방안”, 과학기술자문회의 연구용역 보고서
- 한국정보화진흥원, 2016, “2016 ICT 기반 국가미래전략 BIG STEP - 지능의  
시대를 여는 미래기술 분석”
- 한국정보화진흥원, 2016, “4차 산업혁명과 사이버 보안대책”
- 한국정보화진흥원, 2019, “2018 국가정보화 백서”
- 한국정보화진흥원, 2017, ICT 정책연구, “자율주행, 자동차산업의 빗장을 열다”
- 한지영, 2015, “한국에서 생명공학의 발전과 생명윤리”, 법학논총 제22권 제3호