

# 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

2017. 8

## 연구진

과제책임자: 류기락(한국직업능력개발원 연구위원)  
공동연구자: 김안국(한국직업능력개발원 선임연구위원)  
임 언(한국직업능력개발원 선임연구위원)  
노수경(한국직업능력개발원 연구조원)



대통령 소속  
경제사회발전노사정위원회  
Economic and Social Development Commission



## 제 출 문

경제발전노사정위원회 위원장 귀하

본 보고서를 경제사회발전노사정위원회 수탁연구 과제 『제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제』에 대한 최종 보고서로 제출합니다.

2017. 8.

한국직업능력개발원  
원장 이 용 순



본 보고서는 경제사회발전노사정위원회 수탁연구 과제 『제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제』의 최종 보고서임.



## 제목 차례

### 요 약

#### 제1장 서 론\_1

- 제1절 연구의 배경과 목적 ..... 3
- 제2절 연구 방법 ..... 7

#### 제2장 산업혁명과 일자리\_9

- 제1절 제4차 산업혁명의 의미 ..... 11
- 제2절 기술혁신과 일자리 ..... 20
- 제3절 기술혁신이 생산조직과 고용관계에 미칠 영향 ... 71

#### 제3장 제4차 산업혁명과 직업능력개발 현황\_77

- 제1절 주요국의 제4차 산업혁명 대응 직업능력개발 전략 및 사례 ..... 79
- 제2절 정부의 제4차 산업혁명 대응 방향 ..... 122
- 제3절 직업능력개발제도의 현황과 문제점 ..... 151

#### 제4장 자동화 위험과 직업능력개발훈련\_161

- 제1절 자동화 위험과 직업능력개발훈련:  
2012~2015년도 실업자 훈련 결과 분석 ..... 165
- 제2절 사회경제적 집단별 자동화 위험:  
Arntz et al.(2016)에 따른 한국의 PIAAC  
자료 분석 결과 ..... 180

**제5장 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발 정책의  
방향과 과제\_191**

제1절 융합기술인재 양성과 직업능력개발의 현대화 · 193

제2절 사회적 약자의 직업능력개발:  
    사회보장 강화와 고용가능성 제고 ..... 196

제3절 직업능력개발 정책 종합지원체계 구축 ..... 197

**참고문헌\_215**

**부록\_225**

## 표 차례

|   |     |
|---|-----|
| <표 2-1> 기존 연구에서 제4차 산업혁명의 정의 .....                        | 13  |
| <표 2-2> 산업혁명 시기와 주요 기술 발전 .....                           | 16  |
| <표 2-3> ‘세계경제포럼’의 직종별 고용 변동 전망<br>(2015~2020, 15개국) ..... | 25  |
| <표 2-4> 컴퓨터화의 병목 과업과 변수 .....                             | 32  |
| <표 2-5> SBTC-RBTC 관련 기존 연구의 과업 분류와 계량화 .....              | 61  |
| <표 2-6> 미국경제의 과업 투입 추세 .....                              | 65  |
| <표 2-7> 기술혁신이 일자리의 규모와 질에 미치는 영향에 관한<br>기존 문헌 정리 .....    | 69  |
| <표 2-8> 고용형태별 고용비율 추이(2005~2015년) .....                   | 72  |
| <표 2-9> 비정규직 유형별 규모 .....                                 | 73  |
| <표 3-1> 3대 혁신 전략: 미국(2009년) .....                         | 81  |
| <표 3-2> 첨단 제조 파트너십 주요 내용 .....                            | 82  |
| <표 3-3> 미국의 세 가지 세부 전략의 비전과 정책방향 .....                    | 87  |
| <표 3-4> 미국의 전략적 목표 달성을 위한 비전과 정책방향 .....                  | 88  |
| <표 3-5> 제4차 산업혁명 추진방향: 일본 .....                           | 92  |
| <표 3-6> 제4차 산업혁명에 따른 각 분야별 변화 .....                       | 104 |
| <표 3-7> 지능정보사회 참여 주체별 역할 .....                            | 148 |
| <표 3-8> 취업자의 국가별 직무 관련 성인학습 참여율 비교 .....                  | 159 |

|  |     |
|--|-----|
| <표 4-1> 자동화 위험이 높은 훈련과정 코드 .....         | 165 |
| <표 4-2> 자동화 위험이 낮은 훈련과정 코드 .....         | 166 |
| <표 4-3> 평균 수강생 수가 많은 과정 .....            | 168 |
| <표 4-4> 훈련생 수가 작은 과정 .....               | 170 |
| <표 4-5> 자동화 위험 정도별 주요 훈련과정 .....         | 171 |
| <표 4-6> 직능수준별 훈련생 수 평균 .....             | 174 |
| <표 4-7> 직능수준별 자동화 위험도 .....              | 176 |
| <표 4-8> 주요국의 자동화 위험도 .....               | 181 |
| <표 4-9> 한국의 연령집단별 자동화 위험도 .....          | 183 |
| <표 4-10> 한국의 교육수준별 자동화 위험도 .....         | 184 |
| <표 4-11> 한국의 교육수준별 자동화 위험도가 높은 그룹의 비율 .. | 185 |
| <표 4-12> 한국의 연령집단·교육수준별 자동화 위험도 .....    | 187 |
| <표 4-13> 한국의 임금분포별 자동화 위험도 .....         | 189 |
| <표 4-14> 한국의 임금분포별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율 ..  | 190 |
| <br>                                     |     |
| <표 5-1> 해외 주요 MOOC 및 유사 플랫폼 현황 .....     | 200 |
| <표 5-2> 한국과 독일의 훈련시스템 비교 .....           | 210 |

## 그림 차례

|   |     |
|---|-----|
| [그림 2-1] 글로벌 가치사슬과 스마일 커브 .....                             | 15  |
| [그림 2-2] 제4차 산업혁명 사이버물리시스템(CPS)<br>개념도 및 관련 기술 .....        | 19  |
| [그림 2-3] 직무 관련 핵심스킬 수요의 변화, 2015~2020년 전 산업 ..              | 26  |
| [그림 2-4] 비즈니스 영향 요인의 시간표, 비즈니스 모델 .....                     | 27  |
| [그림 2-5] 이론적 논의의 틀(일자리의 질적 변화) .....                        | 55  |
| [그림 2-6] 미국 노동시장에서 직종별 과업비중의 추이(1960~2009년) ..              | 64  |
| [그림 3-1] 미국 혁신 전략 구성 .....                                  | 83  |
| [그림 3-2] 자동화 가능률 구간별 누적 종사자 비율 .....                        | 124 |
| [그림 3-3] 전략위원회 조직도 .....                                    | 149 |
| [그림 3-4] PIAAC 조사에서의 국가별 직무 관련<br>평생학습 참여율 비교 .....         | 154 |
| [그림 3-5] PIAAC 조사에서의 근무시간 동안 비형식학습<br>참여 여부 국가별 비교 .....    | 155 |
| [그림 3-6] PIAAC 조사에서의 비형식학습 참여를 위한<br>고용주 지원 여부 국가별 비교 ..... | 156 |
| [그림 3-7] 취업자의 국가별 직무 관련 성인학습 참여율 비교 .....                   | 158 |
| [그림 4-1] 국가기간전략산업 훈련과정의 Kernel분포(가중치 적용) ..                 | 167 |
| [그림 4-2] 실업자계좌제 훈련과정의 Kernel분포(가중치 적용) .....                | 167 |

|   |     |
|---|-----|
| [그림 4-3] 국가기간전략산업 훈련과정의 직능수준별<br>훈련생 수 평균 .....         | 173 |
| [그림 4-4] 실업자계좌제 훈련과정의 직능수준별 훈련생 수 평균 ..                 | 174 |
| [그림 4-5] 국가기간전략산업 훈련과정 직능수준별<br>평균 자동화 위험 .....         | 175 |
| [그림 4-6] 실업자계좌제 훈련과정 직능수준별 평균 자동화 위험 ..                 | 175 |
| [그림 4-7] 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도와 취업률 ..                 | 176 |
| [그림 4-8] 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도와 훈련생 수 ..               | 177 |
| [그림 4-9] 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도와 취업률 .....                | 178 |
| [그림 4-10] 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도와 훈련생 수 ..                | 178 |
| [그림 4-11] 한국-미국의 자동화 위험도 분포 비교 .....                    | 180 |
| [그림 4-12] 한국의 연령집단별 자동화 위험도(%) .....                    | 182 |
| [그림 4-13] 한국의 교육수준별 자동화 위험도(%) .....                    | 183 |
| [그림 4-14] 한국의 교육수준별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율(%) ..             | 185 |
| [그림 4-15] 한국의 연령집단·교육수준별 자동화 위험도(%) .....               | 186 |
| [그림 4-16] 한국의 임금분포별 자동화 위험도(%) .....                    | 188 |
| [그림 4-17] 한국의 임금분포별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율(%) ..             | 189 |
| <br>  |     |
| [그림 5-1] 한국형 온라인 공개강좌(K-MOOC) 추진 로드맵 .....              | 201 |
| <br>  |     |
| [그림 부록-1] 국가기간전략산업 훈련과정의 고용직업분류(소분류)<br>별 자동화 위험도 ..... | 227 |
| [그림 부록-2] 실업자계좌제 훈련과정의 고용직업분류(소분류)별<br>자동화 위험도 .....    | 227 |

## 요 약

### 1. 연구 개요

#### 1) 연구 배경

- 본 연구는 제4차 산업혁명의 주요 쟁점을 직업능력개발 정책 관점에서 분석하고, 향후 직업능력개발 정책과제를 제시하고자 하는 데 그 목적이 있음.
- 사물인터넷, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터와 모바일 기술로 대변되는 이른바 ‘제4차 산업혁명’은 우리 사회의 사회경제적 변화를 상징하는 화두로 부상하고 있음.
  - 제4차 산업혁명이 미칠 영향에 대한 연구들이 폭발적으로 증가하고 있는 가운데, 기술구조 급변에 따른 일자리의 변화, 불평등의 확대와 중산층의 붕괴, 새로운 인적자원개발 패러다임에 대한 요구 등 다양한 방면에서의 선도적 대응이 요구되고 있음.
- 제4차 산업혁명이 일자리와 노동시장에 미치는 효과에 대한 최근 논의를 비판적으로 검토하고, 향후 인력양성 및 직업능력개발 정책에 미칠 정책적 함의를 포괄적으로 검토할 필요성이 대두되고 있음.

- 본 연구에서는 ‘제4차 산업혁명’이 노동시장과 직업능력개발 정책에 미칠 영향에 관한 기존 논의들을 재검토하고, 향후 도래할 ‘제4차 산업혁명’에 적극 대응하기 위한 직업능력개발 정책의 과제를 논의함.

## 2) 연구 방법

- 본 연구에서는 4차 산업혁명이 일자리와 직업능력개발 정책에 미칠 영향에 대해 기존 문헌 검토, 자동화 위험과 실업자 훈련 현황에 대한 실증 분석, 현재 직업능력개발제도의 문제점 및 개편 방안에 대한 전문가 의견 수렴 등의 방법을 활용함.

## 2. 제4차 산업혁명과 일자리

- 4차 산업의 핵심기술은 빅데이터와 인공지능, 클라우드컴퓨팅이라 할 수 있으며, 컴퓨터의 기계학습과 인공신경망 기술의 발전으로 스스로 판단하고 학습하며 최적의 솔루션을 제시하는 방향으로 기술혁신이 진행되고 있음.
  - 이러한 변화는 디지털 혁명으로 일컬어지며, 생산방식의 변화를 초래하고 일자리의 구성과 방식에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망됨.
  - 직업능력개발 정책의 주요 목표 중의 하나가 산업계가 요구하는 인력을 양성하고 근로자의 스킬을 유지하도록 교육훈련을 실시하는 한편, 유휴인력의 노동시장 진입을 촉진하는 스킬 활

성화에 있다는 점을 감안하면, 제4차 산업혁명은 직업능력개발의 구조와 형식에도 상당한 충격을 초래할 가능성이 있음.

- 기술혁신의 영향은 제조업과 서비스업, 생산과 소비 영역에 따라 다소 상이하게 나타남.
  - 첨단센서로 모든 사물이 인터넷에 연결(Internet of Things)되고 각종 기계가 서로 정보를 교환하면서 제조-서비스, 생산-소비 등 기존 영역의 구분이 불분명해짐.
  - 클라우드컴퓨팅으로 연산 능력이 급격히 발전하고, 방대한 양의 데이터가 연결: ‘지능로봇과 컴퓨터가 알고리즘에 따라 문제에 대한 최적의 솔루션을 찾아내는 학습이 가능해짐.
- 상품 생산에서의 한계비용 체감 원칙이 파괴됨.
  - 디지털 산업의 경우 한계비용 제로에 근접하여 저장, 운송 및 복제 비용이 거의 없는 ‘정보재’를 제공함.
  - 기술융합 및 공진화: 서로 다른 분야의 기술이 상호의존하여 획기적 상품을 창출함. 디지털 제조와 생물학 분야의 합작 사례로는 전산설계, 적층가공, 재료공학, 유전체학 기술 접목 등이 있음.
- 디지털 플랫폼과 네트워크 효과: 디지털 기업들은 폭넓은 상품과 서비스로 구매자와 판매자를 연결시키는 네트워크를 창출해 규모 수익의 증대를 향유함.
  - 디지털 플랫폼은 클라우드 기반 아래 제품의 생산자와 소비자를

연결해 거래가 이루어지는 새로운 형태의 중간 매개자 역할을 함(BMAS, 2017).

- 활용 목적과 활성화 정도에 따라 소셜미디어 플랫폼, 디지털 상거래 플랫폼, 중개 플랫폼, 클라우드워킹 플랫폼 등으로 구분할 수 있음.
- 승자독식 경제로 소수의 수익 향유와 불평등 가중될 것으로 예상됨.

○ 4차 산업혁명의 파괴적 기술혁신이 인간노동 대체에 미칠 직접적인 영향에 대한 분석은 사실상 불가능함.

- 대다수 기존 연구는 자동화를 대리변수로 하여 기술 대체의 잠재적 가능성을 추론함.
- Frey & Osborne(2013)의 직종 기반 자동화 가능성 추정: 미국 노동부 O\*NET의 직업정보를 활용, 전문가 서베이를 거쳐 702개 직종의 자동화 위험을 추정함.
- 분석 결과 2020년까지 미국 노동시장에서는 자동화 위험이 70% 이상인 고위험 직군의 비중이 47%로 나타남.
- Arntz et al.(2016)의 과업 기반 자동화 위험 추정: Frey & Osborne(2013)의 연구가 “모든 직종 내의 개인은 동일한 자동화 위험에 직면한다.”는 이른바 직종 기반 접근법을 취한 결과, 자동화 위험이 과다 추정되었다고 비판함.
- 개인 자료를 바탕으로 사회경제적 특성, 스킬, 일자리 관련 정보, 과업 및 역량 관련 변수를 포함하여 자동화 위험을 추정하였으며, 동일 직종에 대해서는 국가 간 과업구조가 동일하다는

엄격한 가정을 완화함.

○ 노동시장에서의 과업 투입 추세의 변화

- 미국 노동시장에서 지난 50여 년간 ‘육체-정신’ 노동과 ‘일상-비일상’ 노동 투입의 변화 추이를 알아봄.
- 첫째, 일상적 과업 투입이 지속적으로 감소함.
- 둘째, 비일상적 육체 과업도 2000년 이후 미세한 증가 추세를 보이고 있지만 장기적으로는 감소 추세를 나타내고 있음.
- 셋째, 비일상적 과업은 2000년 이후 상당 부분 정체하고 있으며, 비일상적 분석 및 대면 과업은 최근에 약간 반등 추세를 나타내고 있음.
  - 요컨대, 기술변화에 따른 노동수요가 일상적인 육체노동이나 인지노동 수요를 대폭 감소시킨 반면, 비일상적 인지 과업은 상당 기간 증가하였고 최근에는 정체 상태임.
  - 디지털화로 대변되는 기술변화가 루틴편향 노동을 대체하는 형태로 진행되어 왔다는 이론, 즉 루틴편향적 기술변화 명제(RBTC: Routine-Biased Technological Change)를 지지하고 있음.

### 3. 제4차 산업혁명과 직업능력개발 현황

○ 주요 국가의 제4차 산업혁명 대응 전략

- 미국은 민간의 혁신 역량을 극대화하기 위한 기반을 마련하고 인센티브를 부여하는 전략을 실시하는 반면, 독일은 산업 4.0을

통하여 제조업 스마트화 전략을 추구하면서, 다른 한편으로는 노동 4.0을 통하여 디지털 노동세계에서의 사회적 보호와 노동 세계의 대응 전략 마련에 있어 사회적 대화를 중시하고 있음.

- 독일의 경우 사용자와 노조 등 이해당사자 모두 4차 산업혁명으로 디지털 기술을 기반으로 한 플랫폼 노동이 확대되면 노동 세계에 가해질 충격이 상당할 것으로 예상함.
  - 사회적 시장경제의 전통을 계승하면서 디지털 세계에서 좋은 노동의 전범을 마련하고자 역량에 기반을 둔 임금체계, 사회안전망 구축을 위한 단체협약, 자영업자에 대한 사회보험 적용 등의 의제들을 포괄적으로 논의하고 있음.
  - 그 핵심은 모든 노동자에게 디지털 노동세계에서 선제적·예방적 차원의 사회보장을 제공하고, 직업교육과 평생교육 참여 권리를 폭넓게 부여함으로써 독일 특유의 사회적 시장경제 체제를 쇄신하고 있음(BMAS, 2017).

#### 4. 자동화 위험과 직업능력개발훈련

- Frey & Osborne(2013)의 방법론을 적용하여, 2012~2015년간 실업자 훈련 실시 현황 및 성과를 훈련직종의 자동화 위험 측면에서 분석함.
- 구체적으로는 실업자계좌제 훈련과 국가기간전략산업 직종 훈련의 훈련과정을 KECO 중분류 수준에서 통합하여, 각 직종 분류별 자동화 위험, 훈련실태(훈련생 규모), 훈련성과(6개월 취업률)

의 상관관계를 제시함.

- 실업자 훈련의 주요 목적은 구직자가 노동시장에서 필요로 하는 직업능력을 획득하여 취업하도록 하는 데 있음.
  - 다만, 이러한 직업훈련의 성과가 제4차 산업혁명 시 도래할 자동화 위험으로부터의 보호라는 측면에서 어떤 역할을 하고 있는지 최근 동향 파악이 가능함.
- 실업자 훈련과정의 직종별 자동화 위험 분석 결과, 실업자계좌제 훈련과정의 경우, 자동화 위험이 높은 직종이 다수 분포한 반면, 국가기간전략산업 훈련은 자동화 위험이 낮은 직종의 분포가 상대적으로 많음.
  - 두 훈련 모두 직종분포에서 양극화 경향이 일정 정도 확인됨.
  - 훈련성과인 취업률이나 훈련생 공급 규모와 자동화 위험은 뚜렷한 상관관계를 보여주고 있지 않음.
- 사회경제적 집단별 자동화 위험 분포
  - Arntz et al.(2016)에 따라 과업 기반 접근법으로 분석한 결과, 자동화에 따른 위험은 한국 노동시장에서는 주로 청년층, 저학력 노동자, 저임금 근로자에 집중되어 있는 것으로 규명됨.
  - 또한 우리나라 노동시장에서 자동화 위험 수준은 루틴편향적 기술변화 명제의 주장과 일치함. 즉, 고위험 직종과 저위험 직종의 분포가 상대적으로 많은 양봉형 구조를 띠고 있음.
  - 실업자 훈련은 구직자에게 노동시장에서 필요로 하는 기술을

습득하여 취업하도록 지원하는 데 있으나, 훈련직종의 성과는 중장기적으로는 자동화 위험과도 연관되어 있음.

- 현재까지 정부 주도 실업자 훈련의 공급 양상이나 훈련성과는 자동화 위험과 유사한 분포를 나타내고 있음.
- 향후 실업자 훈련 재편 과정에서 직종별 자동화 위험뿐만 아니라 연령, 성별, 학력에 따른 자동화 위험의 차이를 감안하여 훈련과정 개설 및 훈련상담을 진행하는 방법의 모색이 필요함.

#### 5. 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발 정책의 방향과 과제

- 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발의 정책은 인적자원의 수준에 따라 크게 두 가지 방향의 대응이 필요함(융합기술인재와 사회적 약자).
- 제4차 산업혁명을 대표하는 기술이 주요 산업 및 직종에 미칠 영향을 파악하여 자동화에 따른 노동 대체 가능성이 낮은 직종에 종사할 수 있는 인력양성 방안 마련이 필요
  - 현재까지 주요 부처의 직종별, 인적자원 수준별 인력양성 방안을 검토하고, 직업능력개발 정책의 고도화 및 평생직업능력개발 체제 구축을 위한 플랫폼 구축이 시급한 과제임.
  - 미래 주요 산업과 직종에 필요한 직무 및 스킬 프로파일을 구축하고, 이를 직업능력개발 수요자에게 공유할 수 있도록 직업능력개발 체제 개편이 요구됨.
  - 인공지능이나 기계학습, 온라인과 오프라인의 결합, 제조업과

서비스업의 융합 등으로 자동화 위험이 높은 직종과 직무에 종사하는 노동시장 취약계층에 대한 사회적 보호와 재훈련 수요는 증가할 것임.

- 이들 취약계층은 기술구조 변화에 적응할 수 있는 고급의 인지적·비인지적 역량이 미약하며, 조직구조 재편이나 자동화의 위험에 더 많이 노출되어 있을 가능성이 높음.
- 단기적으로는 제4차 산업혁명의 위험으로부터 보호할 수 있는 사회안전망 확보 방안을 마련하되, 장기적으로 새로운 직종 및 직무를 감당할 수 있도록 개인의 역량 제고 방안을 마련해야 함.



# 제1장

## 서론

제1절 연구 배경과 목적  
제2절 연구 방법



## 제1장 | 서론

### 제1절 연구의 배경과 목적

- 본 연구는 제4차 산업혁명의 주요 쟁점을 직업능력개발 정책 관점에서 분석하고, 향후 직업능력개발 정책과제를 제시하고자 하는 데 그 목적이 있음.
- 사물인터넷, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터와 모바일 기술로 대변되는 이른바 ‘제4차 산업혁명’은 우리 사회의 사회경제적 변화를 상징하는 화두로 부상하고 있음.
  - 제4차 산업혁명이 미칠 영향에 대한 연구들이 폭발적으로 증가하고 있는 가운데, 기술구조 급변에 따른 일자리의 변화, 불평등의 확대와 중산층의 붕괴, 새로운 인적자원개발 패러다임에 대한 요구 등 다양한 방면에서의 선도적 대응이 요구되고 있음.
  - 제4차 산업혁명과 관련한 최근 논의는 기술변화가 생산조직, 사회불평등, 고용관계 등에 광범위한 영향을 미친다는 점을 강

#### 4 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

조한다는 데에서는 이전의 노동과정론, 극소전자기술혁명론, 디지털화 담론 등과 크게 다르지 않음.

- 기술구조의 변화에 따른 노동의 대응은 산업혁명 이후 다양한 학문 분야에서 지속적으로 다루어진 주제이긴 하지만, 제4차 산업혁명은 변화의 속도, 범위와 깊이, 시스템에 주는 충격 측면에서 기존의 산업혁명과는 매우 다른 양상을 띠는 것이라는 전망이 제기됨(De Stefano, 2015).

- 변화의 속도 측면에서는 기술의 발전 속도가 선형함수적 분포에서 지수함수적 분포 양상을 보이고 있는데, 특히 빅데이터와 사물인터넷 등을 통한 방대한 정형·비정형적 데이터의 생산과 교환, 활용이 변화의 가속화를 촉진하고 있음.
- 변화의 범위 측면에서는 정보통신기술을 포함하여 전 산업 분야에서 파괴적 혁신이 진행되고 있으며, 제조와 서비스 기술이 연결될 뿐만 아니라 소비 및 일상생활 영역 전반에서 디지털 기기를 통하여 엄청난 양의 정보가 지속적으로 교환되는 현상, 이른바 초연결성(hyper-connectivity)으로 파급 범위가 매우 광범위함.
- 시스템에 주는 충격 측면에서는 생산방식뿐만 아니라 기업조직의 경영 및 거버넌스 전반에 변화를 초래할 것으로 예상함(플랫폼 효과, 공유경제 확산 등).

○ 제4차 산업혁명이 일자리와 노동시장에 미치는 효과에 대한 최근 논의를 비판적으로 검토하고, 향후 인력양성 및 직업능력개발 정책에 미칠 정책적 함의를 포괄적으로 검토할 필요성이 대두되

고 있음.

- 본 연구에서는 ‘제4차 산업혁명’이 노동시장과 직업능력개발 정책에 미칠 영향에 관한 기존 논의들을 재검토하고, 향후 도래할 ‘제4차 산업혁명’에 적극 대응하기 위한 직업능력개발 정책의 과제를 논의할 것임.
  
- 4차 산업의 핵심기술은 빅데이터와 인공지능, 클라우드컴퓨팅이라 할 수 있으며, 컴퓨터의 기계학습과 인공신경망 기술의 발전으로 스스로 판단하고 학습하며 최적의 솔루션을 제시하는 방향으로 기술혁신이 진행되고 있음.
  - 이러한 변화는 디지털 혁명으로 일컬어지며, 생산방식의 변화를 초래하고 일자리의 구성과 방식에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망됨.
  - 직업능력개발 정책의 주요 목표 중의 하나가 산업계가 요구하는 인력을 양성하고 근로자의 스킬을 유지하도록 교육훈련을 실시하는 한편, 유희인력의 노동시장 진입을 촉진하는 스킬 활성화에 있다는 점을 감안하면, 제4차 산업혁명은 직업능력개발의 구조와 형식에도 상당한 충격을 초래할 가능성이 큼.
  
- 제4차 산업혁명이 일자리의 구조와 질에 미칠 영향에 대한 합의는 존재하지 않으나, 과업구조에 따른 기술변화로 인적자원 수준에 따라 상이한 대응을 요구할 것으로 예상됨.

## 6 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

- 제4차 산업혁명을 대표하는 기술이 주요 산업 및 직종에 미칠 영향을 파악하여 자동화에 따른 노동 대체 가능성이 낮은 직종에 종사할 수 있는 인력양성 방안 마련이 필요
  - 본고에서는 현재까지 주요 부처의 직종별, 인적자원 수준별 인력양성 방안을 검토하고, 향후 대응 방향을 직업능력개발 정책의 고도화와 평생직업능력개발 체제 구축을 위한 플랫폼 구축 등 두 가지 측면에서 논의함.
  - 미래 주요 산업과 직종에 필요한 직무 및 스킬 프로파일을 구축하고, 이를 직업능력개발 수요자에게 공유할 수 있도록 직업능력개발 체제 개편이 요구됨.
  - 인공지능이나 기계학습, 온라인과 오프라인의 결합, 제조업과 서비스업의 융합 등으로 자동화 위험이 높은 직종과 직무에 종사하는 노동시장 취약계층에 대한 사회적 보호와 재훈련 수요는 증가할 것임.
  - 이들 취약계층은 기술구조 변화에 적응할 수 있는 고급의 인적·비인적 역량이 미약하며, 조직구조 재편이나 자동화의 위험에 더 많이 노출되어 있을 가능성이 높음.
  - 단기적으로는 제4차 산업혁명의 위험으로부터 보호할 수 있는 사회안전망 확보 방안을 마련하되, 장기적으로 새로운 직종 및 직무를 감당할 수 있도록 개인의 역량 제고 방안을 마련해야 함.
- 본 연구에서는 제4차 산업혁명의 기술변화에 대응하기 위한 직업능력개발 정책과제의 방향을 인적역량 수준과 분포에 따라 융합기술인재와 사회적 약자 측면에서 구분하고, 그에 따른 정책 대응 방안을 제시하고자 함.

## 제2절 연구 방법

- 본 연구에서는 4차 산업혁명이 일자리와 직업능력개발 정책에 미칠 영향에 대한 기존 문헌 검토, 자동화 위험과 실업자 훈련의 현황에 대한 실증 분석, 현재 직업능력개발제도의 문제점 및 개편 방안에 대해서는 관련 전문가 의견 수렴 등의 방법을 활용함.

### 1. 기존 문헌 검토

- 제4차 산업혁명이 일자리 및 고용, 직업능력개발에 미칠 영향에 대한 다양한 국내외 논의를 문헌 검토 중심으로 진행함.
  - 특히 일자리와 직무 구조의 변화, 고용관계에 미칠 영향을 중심으로 기존 논의를 비판적으로 재구성함.

### 2. 실증 분석

- 주요 직종별 자동화 위험과 실업자 훈련의 현황에 대해서는 Frey & Osborne(2013)의 직종 중심 접근법과 Arntz et al.(2016)의 과업 중심 접근법을 활용하여 2012~2015년간 실업자 훈련의 실태와 성과를 분석함.
  - 학력, 연령, 성별에 따른 자동화 위험의 차이는 Arntz et al.(2016)의 방법을 적용하였으며, 국제성인역량조사 자료 분석 결과를 제시함.

### 3. 전문가 의견 수렴

- **현행 직업능력개발제도의 현황과 문제점에 대해 파악하였으며, 제4차 산업혁명이 직업능력개발에 미칠 영향에 대해서는 학계 및 정책 연구 집단, 기업 인사 담당자 등 관련 전문가들의 의견을 수렴함.**
  
- **제4차 산업혁명으로 인한 기술구조 변화가 고용관계 및 직업능력개발에 미칠 영향을 종합적으로 파악하여, 향후 직업능력개발 정책 재편의 기본방향 정립에 활용함.**
  
- **자동화의 위험은 상이한 인적역량 수준을 갖춘 집단에 차별적으로 영향을 미칠 것으로 예상하는바, 고숙련 집단의 스킬 활용 활성화, 저숙련 집단의 사회보장 및 평생고용능력 제고를 위한 정책 방안을 제시함.**

## 제2장

# 제4차 산업혁명과 일자리

제1절 제4차 산업혁명의 의미

제2절 기술혁신과 일자리

제3절 기술혁신이 생산조직과  
고용관계에 미칠 영향



## 제2장 | 제4차 산업혁명과 일자리

### 제1절 제4차 산업혁명의 의미

#### 1. 제4차 산업혁명의 정의

- 제4차 산업혁명에 대한 논의가 급증하고 있으나 학자들이나 정책 담당자들 간의 합의된 정의를 찾기는 쉽지 않음.
  - 산업혁명의 주요 동력이 기술혁신이었다는 점에서 4차 산업혁명의 핵심기술은 빅데이터와 인공지능, 사물인터넷에 기반을 둔 물리학·디지털·생물학 기술의 융합이라 할 수 있음.
  - 산업혁명이라는 측면에서는 특정 산업의 비약적 성장만을 의미하기보다는 제조와 서비스, 온라인과 오프라인의 연결, 현실 세계와 가상세계의 동조화에 기반을 둔 스마트화라는 특징을 갖고 있음.
  
- 요컨대, 제4차 산업혁명은 ‘디지털 혁명이 제조업에 빠르게 적용되고 동시에 다양한 산업에서 인공지능, 빅데이터, 첨단로봇 등에

## 12 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

기반을 둔 기술융합이 이루어지는 산업구조의 변화'를 일컫는 것임.

- 제4차 산업혁명이 실현되는 방식은 제조업과 서비스업, 생산과 소비 영역에 따라 다소 상이하지만, 첨단센서로 모든 사물이 인터넷에 연결(Internet of Things)되고 각종 기계가 서로 정보를 교환하면서 제조-서비스, 생산-소비 등 기존 영역의 구분이 불분명해지는 결과를 초래함.
- 연산능력이 급격히 발전하고 방대한 양의 데이터가 연결됨에 따라 '지능로봇과 컴퓨터가 알고리즘에 따라 문제에 대한 최적의 솔루션을 찾아내는 자동탐색'이 가능해짐.

### ○ 제4차 산업혁명과 생산의 변화

- 상품 생산에서의 한계비용 체감 원칙 파괴: 디지털 산업의 경우 한계비용 제로에 근접하여 저장, 운송 및 복제 비용이 거의 없는 '정보재'를 제공함.
- 기술융합: 서로 다른 분야의 발견과 혁신이 서로 융합하는 경향이 두드러짐.
- 서로 다른 분야의 과학기술이 상호의존하여 획기적 상품을 창출하게 됨. 디지털 제조와 생물학 분야의 합작 사례로는 전산 설계, 적층가공, 재료공학, 유전체학 기술 접목 등이 있음.
- 플랫폼 효과: 플랫폼은 생산자와 소비자가 모여 상호작용할 수 있는 공간을 만들어 서로를 위한 가치를 창출하는 비즈니스 모델(앨스타인 외, 2017)임. 플랫폼이 확대되면 소수의 사람들에게 혜택과 가치가 집중되는 현상이 발생함.

- ‘디지털 기업들은 폭넓은 상품과 서비스로 구매자와 판매자를 연결시키는 네트워크를 창출해 규모 수익의 증대를 향유’하게 됨(슈밥, 2016: 34).

〈표 2-1〉 기존 연구에서 제4차 산업혁명의 정의

| 정 의  | 출 처  |
|--|--|
| 컴퓨터·인터넷이 보급된 3차 산업혁명(디지털 혁명)이 가속화되면서 IT와 기존 산업이 융합되는 현상  | KDI(2016), 『제4차 산업혁명과 미래의 일자리』, 제4차 노동시장 전략회의 자료       |
| 디지털 기기와 인간, 물리적 환경의 융합으로 센서와 기기가 스스로 정보를 취합하고, 생산성을 극대화하는 인공지능 결합의 생산시스템   | 박동(2016), 『제4차 산업혁명과 창조운동』, 제3차 KRIVET 학습포럼 발표자료       |
| 디지털 혁명을 기반으로 모바일 인터넷과 강력한 센서, 인공지능과 기계학습, 나노기술과 첨단 생명공학, 신재생 에너지, 퀀텀 컴퓨팅 등 다양한 분야의 첨단기술이 융합해 산업 간 경계가 파괴되면서 새로운 산업이 빠른 속도로 성장하는 시대 | 선대인(2017: 136), 『일의 미래: 무엇이 바뀌고 무엇이 오는가』, 인플루엔셜        |
| 기계의 지능화를 통해 생산성이 고도로 향상되어 산업구조 근본이 변하는 것으로 지능정보기술이 변화의 동인  | 관계부처합동(2016. 12. 27.), 『제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책』 |
| 4차 산업혁명의 기술적 특징은 유비쿼터스 모바일 인터넷, 센서, 인공지능과 기계학습   | 슈밥(2016)   |

## 2. 기술변화의 성격에 대한 기존 논의

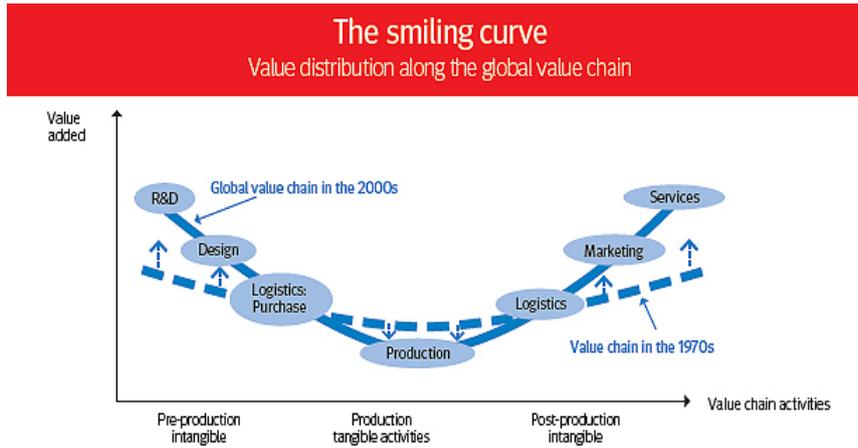
- 맞춤형 대량 생산방식의 등장과 틈새시장 확대: 제조와 소비의 경계가 붕괴되며 1인 기업이 확대되어 기존의 소품종 대량방식에서 대량 맞춤 생산(mass customization) 형태의 제조업이 등장

14 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

하는 한편, 틈새시장(long-tail)이 동시에 확대됨(김상윤, 2016).

- 가치사슬은 연구개발-디자인-물류구입-생산-물류-마케팅-서비스 등 부가가치 생산과정을 통칭하는데, 생산공정의 각 단계가 여러 국가에 입지하게 되는 이른바 글로벌 가치사슬 내에서 국제 생산·교역·투자가 확대됨.
- 기업은 생산공정 각 단계의 입지를 다른 국가로 옮겨 최적화를 시도함.
- 지식과 아이디어, 연구개발, 서비스, 마케팅 등 상품 생산보다는 생산 전후 단계에서 부가가치의 상대적 증가 현상이 목도됨.
- 전 산업 영역에서 글로벌 가치사슬이 확대되고 생산과 물류 등 원가 중심의 부가가치가 축소됨.
- 즉, 지식과 아이디어, 연구개발, 서비스 마케팅 등 가치사슬 양 극단의 부가가치가 상대적으로 확대됨.
  - 스마일 커브의 기울기가 더욱 커질 것으로 전망됨.

[그림 2-1] 글로벌 가치사슬과 스마일 커브



자료: [http://oecdoobserver.org/news/fullstory.php/aid/4227/Who\\_92s\\_smiling\\_now\\_.html](http://oecdoobserver.org/news/fullstory.php/aid/4227/Who_92s_smiling_now_.html) (2017. 5. 30. 접속).

- 4차 산업의 핵심기술은 클라우드컴퓨팅, 빅데이터와 인공지능이라 할 수 있으며, 기계학습과 인공신경망 기술의 발전으로 기계가 스스로 판단하고 학습하며 최적의 솔루션을 제시하는 방향으로 기술혁신이 진행되고 있음(나준호, 2016; 황규희 외, 2016).
- 이러한 현상은 디지털 혁명이 제조기술 전반에 적용되는 ‘제조 의 지능정보화’를 의미하는데, 사이버물리시스템을 통하여 가상세계와 현실세계를 연결하는 스마트팩토리와 팹랩(fab-lab)의 도입 등으로 기존의 대량생산 방식의 혁신을 초래함. 아울러 작업장 환경의 급격한 변화를 수반하여 일자리의 구성과 방식에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망됨.
- 직업능력개발 정책의 주요 목표가 산업계가 요구하는 인력을 양성하고 근로자의 인적 역량(skills)을 유지하도록 교육훈련을

16 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

실시하는 한편, 유희인력의 노동시장 진입을 촉진하는 스킬 활성화에 있다는 점을 감안하면 제4차 산업혁명은 직업능력개발 정책에도 새로운 도전이 될 가능성이 큼.

〈표 2-2〉 산업혁명 시기와 주요 기술 발전

| 구분      | 시기             | 주요 기술 발전   |
|---------|----------------|--|
| 1차 산업혁명 | 1760 ~ 1840년   | 철도, 증기기관   |
| 2차 산업혁명 | 1870년 ~ 20세기 초 | 전기, 생산조립 라인  |
| 3차 산업혁명 | 1970년대         | 반도체 / PC<br>→ 디지털 혁명                               |
| 4차 산업혁명 | 2010년대 이후      | 사물인터넷, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능, 모바일<br>→ 디지털 혁명 + 기술융합 |

주: Goldin and Katz(2007), Andreas(2015), 김진하(2016)를 기초로 수정 및 재구성함.

- 본 보고서에서는 제4차 산업혁명의 파괴적 기술혁신이 루틴편향적 기술변화의 양상을 띠는 가능성이 높으며, 결과적으로 일자리의 질과 고용의 규모에서 양극화를 초래할 개연성이 높다는 점에 주목함.
- 이러한 맥락에서 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발정책은 일자리의 스킬 수준과 정책 대상 집단의 인적자원 수준에 따라 크게 두 가지 방향의 대응이 필요할 것으로 판단됨.
  - 첫째는 기술변화의 적극적 혜택을 누릴 가능성이 있는 집단이나 스킬 정책을 통한 선제적 대응이 없으면 인력 및 기술 부족을 경험할 가능성이 높은 집단으로 이른바 융합기술인재 집단

이 있음.

- 둘째는 자동화에 따른 노동 대체 위험에 상당히 노출되어 있으며, 숙련향상이나 재훈련을 위한 공적 지원이 필요한 사회적 약자 집단이 있음.

○ 제4차 산업혁명을 대표하는 기술이 주요 산업 및 직종에 미칠 영향을 파악하여 자동화에 따른 노동 대체 가능성이 낮은 직종에 종사할 수 있는 인력양성 방안 마련이 필요

- 현재까지 주요 부처의 직종별, 인적자원 수준별 인력양성 방안을 검토하고, 직업능력개발 정책의 고도화 및 평생직업능력개발 체제 구축을 위한 플랫폼 구축이 시급한 과제임.
- 미래 주요 산업과 직종에 필요한 직무 및 스킬 프로파일을 구축하고, 이를 직업능력개발 수요자와 공유할 수 있도록 직업능력개발 체제 개편이 요구됨.

○ 세계경제포럼 보고서(WEF, 2016)에서는 미래 스킬 수요와 공급의 매칭 적합성 제고를 위한 하나의 사례로서 일자리 매칭 플랫폼인 Linked In의 사례를 소개하고 있음.

- 플랫폼 이용자인 구직자는 자신이 보유한 스킬과 직장이력을 지속적으로 업데이트 하고 그 정보가 다수의 고용주와 실시간으로 공유되는데, 이러한 방식으로 축적된 정보는 첨단 분석기술(Analytics)을 통하여 미래 스킬 정책에 활용될 가능성이 크다는 점을 강조함.
- 인공지능이나 기계학습, 온라인과 오프라인의 결합, 제조업과

18 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

서비스업의 융합 등으로 자동화 위험이 높은 직종과 직무에 종사하는 노동시장 취약계층(사회적 약자)에 대한 사회적 보호와 재훈련 수요는 증가할 것임.

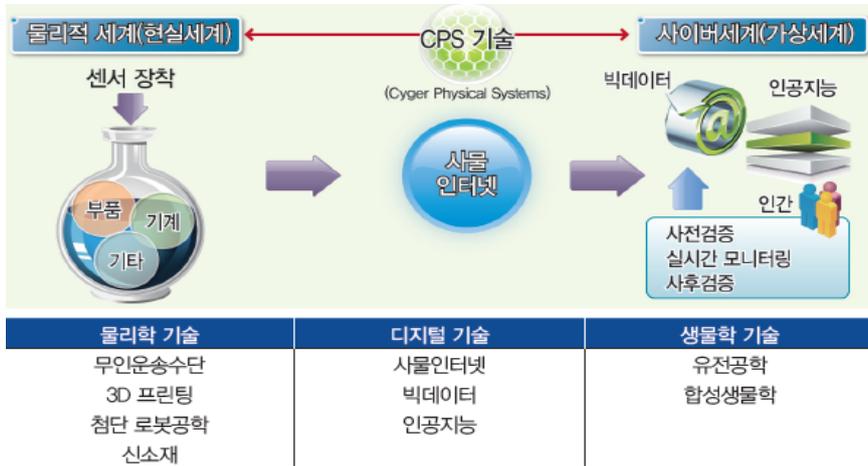
- 이들 취약계층은 기술구조 변화에 적응할 수 있는 고급 인지적·비인지적 역량이 미약하며, 조직구조 재편이나 자동화의 위험에 더 많이 노출되어 있을 가능성이 높음.
- 단기적으로는 제4차 산업혁명의 위험으로부터 보호할 수 있는 사회안전망 확보 방안을 마련하되, 장기적으로 새로운 직종 및 직무를 감당할 수 있도록 개인의 역량 제고 방안을 마련해야 함.

○ 우리나라의 4차 산업혁명 대비 실태에 대한 평가(더불어민주당, 2017)

- SW, 콘텐츠 산업의 국제경쟁력이 OECD 최하위 수준임. 산업의 소프트화 추세에 대한 대응 역량이 부족함.
- 제조업과 인공지능의 연계를 이루어 낼 인재가 절대 부족함. 사물인터넷 표준 미비, 데이터 보안 미비 등 4차 산업혁명에 대한 인식이 부족함. 이와 같이 과학기술의 대중화가 미비한 상태에서 공정 자동화만 추진하여 소프트웨어 등 서비스 산업 부문 인력이 절대 부족한 실정임.
- 미국 실리콘밸리에서는 인공지능과 자율주행차 등, 신산업의 주도권을 잡기 위한 치열한 경쟁이 진행 중이며, 중국 선전은 전기자동차 상용화, 드론 석권, 웨어러블, 지능형 로봇의 테스트 베드 역할을 수행하고 있음.
- 4차 산업혁명은 현실세계와 가상세계, 그리고 인간을 융합하여 센서와 기기가 스스로 데이터를 취합하고 생산성을 극대화하

- 는 인공지능이 결합된 새로운 산업 패러다임임.
- 소품종 대량생산에서 다품종 소량생산, 주문자 맞춤형 생산 형태로 변화하고 있음.

[그림 2-2] 제4차 산업혁명 사이버물리시스템(CPS) 개념도 및 관련 기술



자료: 박동(2016).

- 4차 산업혁명은 기존 생산방식의 혁신을 의미함.
  - 소품종 대량생산에서 다품종 대량생산 방식으로의 이행과 함께 일관공정에서 모듈공정으로의 공정 유연화, 설비의 경량화, 중앙 집중에서 자율분산제어로 맞춤형 대량생산을 가능하게 하는 생산방식을 의미함.

## 제2절 기술혁신과 일자리

### 1. 기술혁신이 일자리에 미치는 영향

- 고용구조와 과업의 변화
  - 제4차 산업혁명과 기술변화의 특징: 전통적 ICT 기술과 제조업이 인공지능과 빅데이터로 연결되며, 정보처리 및 재생산 비용의 급격한 감소로 생산방식과 작업조직에 파괴적 혁신이 야기됨.
  
- 낙관론과 비관론의 평가 및 종합
  - 비관론은 제4차 산업혁명의 주요 기술이 인간노동을 점진적으로 대체하며, 궁극적으로 인지적·추상적 노동까지 첨단기술이 대신하여 일자리가 급격하게 소멸될 것이라고 전망함.
  
- 비관론은 세계경제포럼의 ‘일자리 미래’ 보고서의 주요 전망에 기반함.
  - 향후 5년간 전 세계 고용의 65%를 차지하는 선진국 및 신흥시장 15개 국가에서 일자리 710만 개가 사라지고, 4차 산업혁명으로 210만 개의 일자리가 창출됨.
  - 비관론은 로봇, 인공지능 기술 도입으로 인간노동 대체 가능성에 주목함. 이른바 기술적 실업이 발생할 것으로 봄[인간-기계의 대체효과가 보완효과를 압도; 기술발전의 가속화, 디지털화의 전방위적 확산, 재조합적 혁신의 보편화, 생산과 고용의 탈동조화(decoupling) 현상 가속화(나준호, 2016)].

- 제2의 기계시대의 도래 속에 실업이 증가하고 양극화가 심화될 것임.
- 낙관론에서는 기술발전이 생산성 증가와 소득 향상을 낳고, 새로운 상품과 서비스에 대한 수요를 창출하여 새로운 일자리를 창출할 것으로 판단함.
  - 낙관론은 로봇, 인공지능 기술이 양질의 일자리 창출과 경제 활성화에 기여함으로써 기존 일자리가 감소하더라도 새로운 일자리 증가의 규모가 더 클 것으로 예상함.
  - 로봇, 인공지능 관련 인력 고용 증대로 인공지능은 직종 자체를 소멸시키는 대신 직종의 업무 내용을 크게 바꾸고, 일자리를 대체하는 것이 아니라 재배치, 이동시킬 것으로 예상함 (Bessen, 2015; 나준호, 2016).
  - 비정형성, 이동성, 인지-조작 협응 능력, 판단·창의력, 감성적 대인 스킬 등의 중요성이 증가할수록 기계의 인간노동 대체 가능성이 낮아질 것으로 전망함.
  - 기계의 방대한 정보 처리량, 빠른 연산력, 인적 오류 부재 등을 활용하여 생산성을 향상시키고 인간의 감성과 창의성, 다기능성 등을 활용하여 불확실성에 유연하게 대응할 것으로 예상함.
  - 낙관론은 기술변화로 새로운 재화와 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 새로운 직종과 산업이 창출되는 자본화 효과에 주목하며, 비관론은 기술의 파괴적 효과와 자동화로 인한 노동 대체, 즉, 기존 노동자들이 일자리를 잃게 되는 현상에 주목함 (슈밥, 2016).

## 22 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

- 세계경제포럼 보고서는 15개 국가의 주요 산업 부문의 최고인사 책임자 집단에 대한 설문조사를 통하여 미래 고용 전망에 영향을 미칠 주요 동인을 파악하고, 산업별·직종별·부문별로 고용구조 변화 및 과업 변화를 분석한 결과를 제시하고 있음.
  - 따라서 분석 방법은 이론적 모형에 기반을 둔 것이 아니라 전문가 의견 수렴을 통한 정성적 평가라고 할 수 있으며, 고용구조뿐만 아니라 스킬의 수요와 공급 변화에 대한 분석도 비슷한 방식으로 진행됨.
  - 세계경제포럼 보고서를 제외하고 제4차 산업혁명의 주요 기술 변화가 일자리 구조나 과업 성격에 미칠 영향을 경험적 자료로 평가한 연구는 상대적으로 드물다고 할 수 있음.
  
- 낙관론과 비관론 모두 지나치게 단순한 가정과 모델에 기반하고 있으며, 즉각적이고, 대대적인 인간노동 대체는 쉽지 않을 것임. 그 이유는 1) 기술발전에는 여전히 많은 시간이 소요되며, 2) 기업들은 기술도입에 보수적이기 때문임. “인간은 가장 저렴한 다기능 기계이기 때문에 로봇이 쉽게 대체할 수 없다.”는 현실론적인 주장이 있음(나준호, 2016).

## 2. 기술혁신이 일자리에 미칠 영향에 대한 기존 문헌

### 가. 세계경제포럼 『일자의 미래』 보고서<sup>1)</sup>

#### ○ 보고서 개요

- 설문대상: 최고인사책임자(CHRO) 및 최고전략이사(CEO)
- 설문내용: 현재의 구조변화가 고용·스킬·채용에 갖는 의미에 대한 정성평가
- 설문방법: 새로운 측정도구를 활용하여 직종 및 직군, 전체 산업 내에서 스킬 파괴 정도를 계량화한 스킬 안정성(skills stability)을 분석함.
- 구조변화의 젠더동학 개관: 제4차 산업혁명의 편익과 부담 분배 이해의 핵심요인임.

#### ○ 전반적 결과

- 대다수 산업 부문에서 일자리가 증가하는 긍정적 결과가 확인되었으나, 몇 개 직종에서 높은 수준의 스킬 불안정성이 수반됨.
- 전반적으로는 순 일자리 증가가 예측되지만 스킬 불안정성으로 전체 비즈니스 부문이 채용 및 인재 부족 문제에 직면함.
- 최악의 시나리오: 기술변화로 인재 부족, 대량 실업 사태, 불평등 증가의 연쇄고리가 발생하는 상황임.
- 이러한 문제의 극복을 위해서는 현재 근로자의 재훈련과 숙련

---

1) World Economic Forum(2016), 「The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution」, Global Challenge Insight Report, January 2016.

24 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

강화가 필요함.

- 기본교육의 쇄신을 위해서는 재훈련, 평생학습, 정부의 적극적 지원이 필요함.

- 미래 새로운 일자리의 부상: 65%의 어린이들이 현재는 존재하지 않는 완전히 새로운 일자리에서 일하게 될 것으로 전망함.
  - 미래 스킬 요건, 일자리 내용, 고용에 미치는 총효과를 예측하고 준비하는 능력이 필요하며, 이를 위해 기업, 정부, 개인의 역할이 중요함.
  - 과거 기술진보와 인구변화는 번영, 생산성, 일자리 증가로 귀결됨.
- 보고서의 연구 프레임워크: 일자리의 미래 글로벌 어젠더 위원회와 젠더 형평성 글로벌 어젠더 위원회와의 협업으로 진행되었으며, 학계와 국제조직, 전문서비스 기업, 주요 조직 HR 전문가 대상 조사를 기반으로 함.
- 고용주 조사 실시: 세계경제포럼 회원을 대상으로 고용주 설문조사를 실시함. Adecco Group, Manpower Group, Mercer의 협조로 진행됨.
  - 현재 대규모 고용주인 최고인사책임자(CHRO)에게 2020년까지 해당 산업에서의 일자리 변화에 대한 설문조사를 실시함.
  - 단지 3억 명의 피고용인만 거대 고용주에게 종사하지만, 이들 기업은 중소기업과 지역기업생태계의 앵커로 작동하고 있음.

즉, 지역 노동시장에서 간접고용을 통한 영향뿐만 아니라 변화하는 스킬 및 직종 요구의 속도를 정함으로써 영향을 미침.

○ 조사 및 연구 디자인

- 최고인사책임자와 글로벌 선도기업의 기타 선임 인재·전략 이사를 대상으로 집중 조사를 실시함.
- 15개 선진국과 신흥경제국에서 9개 주요 산업 부문 1,300만 명의 피고용인을 대표: 타깃 산업 부문에서 100개 글로벌 기업을 대표하는 표본설계를 함.
- 전체 371개 기업이 2015년 상반기에 응답하였으며, 1,346개 직종수준에서 고용 데이터를 제공함.

〈표 2-3〉 ‘세계경제포럼’의 직종별 고용 변동 전망(2015~2020, 15개국)

(단위: 천 명)

|         |         |        |        |               |       |       |        |
|---------|---------|--------|--------|---------------|-------|-------|--------|
| 순 고용 감소 | 사무·행정   | 제조·생산  | 건설·채굴  | 예술·디자인·오락·미디어 | 법률    | 시설·장비 | 합계     |
|         | -4,759  | -1,609 | -497   | -151          | -109  | -40   | -7,165 |
| 순 고용 증가 | 비즈니스·금융 | 경영     | 컴퓨터·수학 | 설계·공학         | 영업·관리 | 교육·훈련 | 합계     |
|         | 492     | 416    | 405    | 339           | 303   | 66    | 2,021  |

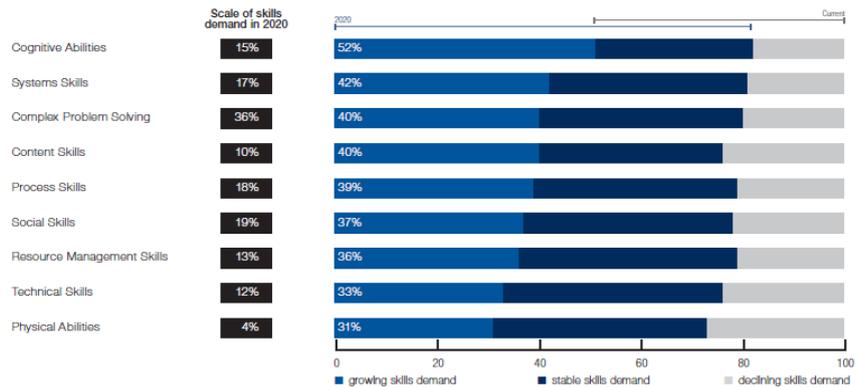
출처: WEF(2016)에서 표 작성.

- 15개 주요 국가에서 평균적으로 716만 개의 기존 일자리가 감소하는 대신, 202만 개의 새로운 일자리가 창출될 것으로 예상됨.
- 일자리 감소는 사무·행정, 제조·생산, 건설·채굴, 예술·디자인·오락·미디어, 법률, 시설·장비 직종에서 관측 될 전망이며, 비즈니스·금융, 경영, 컴퓨터·수학, 설계·공학, 영업·관리, 교육·

훈련 직종에서는 고용 증가가 예상된다.

- 전 세계 주요 국가에서 사무·행정 직종은 476만 명, 제조·생산 직종은 161만 명, 건설 및 채굴 직종은 50만 명 감소하는 등 전체 717만 명 감소가 예상된다.
  - 반면 고용 증가가 예상되는 직종으로는 비즈니스·금융 직종(49만 명), 경영 직종(42만 명), 컴퓨터 및 수학 관련 직종(41만 명), 설계·공학 직종(34만 명)이 있음.
- WEF 보고서는 35개의 특수/업무 관련 스킬 및 능력을 활용함 (O\*NET 데이터베이스의 모든 직종 및 직무 직군에 걸쳐 가장 빈번하게 언급되는 스킬과 능력으로부터 도출).
  - 대다수 직종의 핵심역량은 35개 핵심스킬의 조합으로 구성됨 (WEF, 2016).

[그림 2-3] 직무 관련 핵심스킬 수요의 변화, 2015~2020년 전 산업



주: 핵심스킬셋의 일부로서 해당 스킬군을 요구하는 일자리의 비중임.  
출처: WEF(2016: 22).

- 2020년까지 전 산업에서 수요가 증가할 것으로 예상되는 핵심스킬로 복합문제해결능력(36%), 사회적 스킬(19%), 과정 스킬(18%), 시스템 스킬(17%) 등이 있음.
  - 2020년까지 전 산업에서 수요가 감소할 것으로 예상되는 스킬로 물리적 능력(4%), 기술적 스킬(12%), 내용 스킬(10%) 등이 있음.
  
- 미래 스킬 공급을 시각 지도화(skills heat map)하는 방안: Linked In의 활용 사례
  - 해당 플랫폼 가입자들의 스킬 프로파일 변화와 지역 노동시장 정보를 결합하여, 특정 수요 스킬의 부족 혹은 과소 활용 등에 관한 정보를 활용함.
  - 관련 이해당사자 및 노동시장 정책 결정자에게 스킬 이동에 관한 정보를 지속적으로 제공함.

[그림 2-4] 비즈니스 영향 요인의 시간표, 비즈니스 모델



출처: WEF(2016:10).

- [그림 2-4]는 전 세계 비즈니스에 영향을 미칠 주요 요인을 연대순으로 나열한 것임.
  - 2015년을 기준으로 모바일 인터넷과 클라우드 기술, 빅데이터, 공유경제 등 4차 산업혁명 핵심기술의 영향이 이미 실현된 것으로 파악됨.
  - 2015~2017년간에는 사물인터넷과 3D 프린팅이, 2018~2020년에는 첨단 로봇공학과 자율운송 수단, 인공지능과 기계학습 등의 영향이 본격화될 것으로 전망됨.

나. 옥스퍼드 대학 Frey & Osborne(2013)의 연구: 컴퓨터화와 일자리의 미래

- 컴퓨터화 위험과 일자리의 변화에 대한 경험적 분석을 통해 미국 노동시장을 대상으로 O\*NET 자료를 활용하여, 일자리 및 직종 단위에서의 고용변화 추이를 예상함.
  - 미래 컴퓨터화가 미국 노동시장에 미칠 영향을 추산하기 위하여 702개 직종을 분석함.
  - 70개 직종에 대해서 기계학습 연구자와 주관적으로 평가한 후, 가우시안 분류함수(Gaussian process classifier)에 따라 전체 702개 직종의 컴퓨터화 위험을 추정함.
- 미국의 전체 직업의 47%가 향후 20여 년간 컴퓨터화 고위험에 직면하며, 직종의 평균임금과 교육수준은 컴퓨터화 가능성과 부의 상관관계를 나타냄.

- 데이터 및 분석 수행 전략
  - 2010년판 미국 노동부 O\*NET 자료: 미국노동부 표준직업분류(SOC10) 기준 903개 세부 직종 정보를 포함함.
  - O\*NET 자료는 노동시장 분석가에 의해 수집되고, 각 직종별 노동인구 및 관련 전문가 서베이에 의해 지속적으로 업데이트되는 자료로서 직종별 표준화된 측정 가능한 변수와 직종의 과업에 대한 주관식 기술을 포함하고 있음.
  - 이 자료로 1) 직종에서 요구하는 지식, 기술, 능력의 조합에 따라 직종을 서열화하고, 2) 과업의 다양성에 기반을 둔 직종을 범주화함.
  
- SOC-O\*NET 연계표로 직종 특성을 미국노동부의 2010년 고용-임금 자료와 연계함.
  - 미국노동부(BLS) 데이터를 6자리 2020 SOC 분류에 맞게 통합하고, 이 분류별 고용 및 임금을 정부에 보고함.
  - O\*NET 통합치(aggregate)의 평균값을 사용하며, O\*NET자료의 결측치 SOC 6자리 직종은 삭제하여 최종적으로 702개 직종을 구성함.
  
- 기계학습에서의 기술변화의 고용효과를 평가하기 위하여 이상적 실험하에서 두 가지의 자급자족경제(*autarkic economies*)를 상정함.
  - 첫 번째 경제: 기술역량이 확장되면서 컴퓨터화의 가격이 지속적으로 하락하는 경우
  - 두 번째 경제: 기술역량은 확장되지만 컴퓨터화의 가격 하락이

30 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

없는 경우

- 두 경제를 비교함으로써 컴퓨터화가 노동시장의 직종 구성을 어떻게 변화시키는지 분석함.

○ 두 번째 옵션은 Autor et al.(2003)의 전략임.

- 작업장 내 과업에 대한 수요가 기계학습이나 모바일 로봇 기술의 발전에 어떻게 대응하는지 예측할 수 있음.
- Frey & Osborne(2013)은 미래 예측적 방법을 적용하기 때문에 Autor et al.(2003)의 전략은 활용 불가능함.

○ 정보 기반 과업의 외국으로의 이전을 분석한 기존 연구에 의존함에 따라 생산시설의 해외 이전(off-shoring, 역외화) 위험에 따라 직종 서열화 및 범주화가 나타남.

- Blinder(2009): O\*NET 자료를 활용하여 직무기술, 과업, 노동 활동에 주목함. 주관적 2자리 역외화 지수(offshorability index)를 각 직종에 부여함.
- Jensen & Kletzer(2005): 표준화 및 측정 가능 O\*NET 변수를 기반으로 객관적 순위를 산출함.
  - 주관적 접근은 다른 연구에서 재현이 불가능하다는 문제가 있으며, 객관적 순위는 변수의 신뢰도 문제가 제기됨. 따라서 과거 O\*NET 자료로 분석한 역외화 연구 결과에 의문이 제기됨.

○ Frey & Osborne(2013)의 연구는 위와 같은 문제를 해소하기 위

하여 다음과 같은 두 가지 접근 방법을 사용함.

- 접근 방법 1: 기계학습 연구자 집단과 함께 주관적으로 70개 직종을 컴퓨터화 가능 여부에 따라 이항변수(1-0)로 분류함.
  - 옥스퍼드 대학교 공과대학의 학과 워크숍 결과를 기반으로 특정 과업 범주의 컴퓨터화 가능성을 탐구함.
  - ‘이 일자리의 과업이 빅데이터 활용 가능성에 따라 명시될 수 있는지, 현재 컴퓨터 제어 장비에 의해 수행될 수 있는지’에 대하여 질문함.
  - 모든 과업이 컴퓨터화될 수 있는 경우에는 완전히 컴퓨터화가 가능한 직종으로 간주하여 1의 값을 부여하며, 과업의 단순화 가능성을 고려함.
  
- 접근 방법 2: 객관적 O\*NET 변수를 컴퓨터화에 대한 병목화(bottlenecks to computerization)에 따라 사용함.
  - 지각 및 조작 수준, 창의성, 사회적 지능: 9개 변수를 활용함.
  - O\*NET에서 이들 변수를 추출하며, 각 척도는 복수의 척도를 부여함(중요도와 수준).
  - 저자들은 수준 점수를 사용하는데, 컴퓨터 제어 장비가 직종의 과업을 수행하기 위하여 요구되는 역량에 의존하기 때문임.

〈표 2-4〉 컴퓨터화의 병목 과업과 변수

| 컴퓨터화에서의 병목 과업 | O*NET 변수            | O*NET의 변수 설명   |
|---------------|---------------------|--|
| 지각 및 조작       | 손가락 민첩성             | 한 손 또는 양손의 정교한 손놀림으로 매우 작은 물체를 잡거나, 조작하거나 조립할 수 있는 능력          |
|               | 육체적 민첩성             | 손을 빨리 움직이거나 손과 발을 빨리 움직이거나, 두 손을 움직여 물체를 잡거나 조작하거나 조립할 수 있는 능력 |
|               | 좁은 작업 공간, 불편한 작업 자세 | 불편한 자세로 좁은 작업 공간에서 일하는 것을 요구하는 빈도                              |
| 창의적 지능        | 창조성                 | 주어진 주제나 상황에 대해 통상적이지 않거나 기민한 생각을 떠올리고 문제를 창의적 방식으로 해결하는 능력     |
|               | 순수예술                | 음악, 댄스, 시각 미술, 드라마나 조각을 작곡, 생산 또는 연주하기 위해 필요한 이론과 기술의 보유       |
| 사회적 지능        | 사회적 반응성             | 타자의 반응을 인지하고 반응 이유를 이해하는 것                                     |
|               | 협상                  | 타자를 함께 모으고 차이를 조정하기 위하여 노력하는 것                                 |
|               | 설득                  | 타자를 설득하여 생각이나 행동을 바꾸도록 하는 것                                    |
|               | 타자를 지원하고 돌보기        | 동료, 고객 혹은 환자와 같은 타자에게 개인서비스, 의학적 관심, 감정적 지원, 개인적 돌봄을 제공하는 것    |

출처: Frey & Osborne(2013: 34).

- 저자들은 O\*NET자료가 원래 컴퓨터화 위험을 측정하기 위하여 설계된 데이터가 아니라는 점에서 신뢰도 문제의 해결이 필요함. 주관 편의를 상쇄하기 위하여 O\*NET의 객관적 변수를 사용하여 오류를 교정함.

- 702개 직종 중에서 단지 70개 직종에 대해서만 컴퓨터화 가능성을 분류함.
  - 컴퓨터화 분류에 대해 확신하거나 주관적 편의 위험을 줄이는 직종만 선택함.
- 702개 직종에 대한 컴퓨터화 가능성에 대한 주관적 평가의 정확도를 검증함.
- 주어진 변수 벡터하에서 분류 확률을 위한 알고리즘을 개발함:  
70개 직종 \* 9개 과업(70\*9 벡터)
  - 3개의 모델 활용: 로지스틱 회귀, Richer models(Gaussian process classifiers), exponentiated quadratic and rational quadratic
  - Gaussian process classifiers를 GPML toolbox를 활용하여 검증함.<sup>2)</sup>
- The exponentiated quadratic model이 가장 적합한 것으로 판명됨.
- 저자들의 알고리즘에서 주관적 판단이 체계적으로 진행되었으며, O\*NET의 변수와 일관되게 연계되었음을 입증함.
  - 이 분류 방법을 활용하여 702개 직종의 컴퓨터화 가능성을 예측함.
- 70개 직종의 특성을 활용하여 나머지 632개 직종을 예측하도록 알고리즘을 사용함.

---

2) exponentiated quadratic, normal quadratic, and linear covariances를 사용함(Frey & Osborne (2013)).

- 컴퓨터화 위험과 관련 노동시장 성과 분석
  - 기계학습에서의 기술발전은 패턴 인식의 정형화로 노동 투입에 대한 총수요가 감소하는 반면, 컴퓨터화 위험이 없는 과업을 수행하는 노동에 대한 수요는 증가함.
  - 2010~2020 BLS 직종별 고용 전망은 과거 역사적 추세를 기반으로 하여 미국 주요 직종의 순 고용 증가를 예측하고 있지만, 저자들은 방법론에 의문을 제기함.
  - 따라서 컴퓨터화가 일자리의 조합에 미칠 영향에 주목함. 그러나 저자들의 분석은 미래 컴퓨터화의 대체효과(substitution effect)에만 제한하고 있음.
  
- BLS 2010 직종 임금 대비 컴퓨터화 위험(위험률 0.3 이하는 저위험 직종, 0.3~0.7은 중위위험 직종, 0.7 이상은 고위험 직종으로 분류)
  - 미국에서 47%의 일자리가 정해지지 않는 미래 시점에 잠재적으로 컴퓨터화될 위험에 놓여 있음(10~20년 이내).
  - 엔지니어링 병목 과업이 극복되는 속도에 따라 컴퓨터화 정도가 결정될 것으로 판단됨.
  
- 사무 및 관리 지원 노동자와 운수 및 로지스틱 직종은 컴퓨터 자본에 의해 대체될 것으로 예상됨.
  - 첨단센서 가격 인하로 인하여 운수 및 로지스틱 직종의 컴퓨터화가 급속도로 진행됨.
  - 빅데이터 알고리즘은 정보 저장 및 처리 영역으로 진입하고,

사무 및 관리 지원 일자리는 컴퓨터화 위험에 노출될 것으로 예상됨.

- 생산직종의 컴퓨터화 위험 측면에서는 산업로봇이 일상적 과업이나 조직원 과업을 대행하고, 지각 및 조작 능력의 급격한 향상으로 비일상적 육체노동도 곧 대체할 것으로 예상됨.

○ 서비스, 판매 및 건설 직종의 상당수도 컴퓨터화 위험에 노출되어 있음.

- 개인·가사 서비스 로봇: 연간 20% 성장, 서비스 직종에서 노동 대체가 진행됨.
- 판매 직종: 높은 수준의 소통 요구가 있으나 계산원, 카운터 및 렌탈 직원, 텔레마케터도 자동화 위험에 노출됨.
- 사전조립(prefabrication)으로 건설노동의 상당수가 공장 내 통제 조건하에서 작업을 수행하게 되면서 건설노동의 컴퓨터화도 진행될 것으로 예상됨.

○ 최근 기계학습의 진보로 상당수 고용이 컴퓨터화 위험에 노출되지만, 뒤이은 병목 과업으로 인하여 노동 대체의 지연이 예상됨.

- 중위위험 직종에서의 대체 지연은 기술적 정체(plateau)로 해석 가능함. 점진적 기술혁신이 미래 노동을 대체하는 것이 가능하며, 중위위험 직종의 대체는 지각 및 조작 노동에 달려 있음.
  - 육체적 민첩성, 손가락 민첩성, 좁은 작업 공간 변수는 중위위험 직군에서 높은 값을 보유하며, 인간노동은 복잡한 패턴 인식에서 기계에 비해 여전히 비교우위에 있으나, 점진적

혁신으로 결국 이러한 비교우위도 소멸될 것으로 예상됨.

- 혁신적 과업 재구조화 요청: ML(Machine Learning) 접근의 개선, 로봇 민첩성 발전으로 조작 문제를 극복하여야 함(과업 반복과 불규칙 대상을 다루는 데 있어 변동성).
  - 설치, 유지, 수리 직종에서의 점진적 컴퓨터화는 높은 수준의 지각 및 조작 역량의 필요성을 부각시킴.
- 2차 컴퓨터화 물결은 창조적·사회적 지능 관련 기술 병목 현상과 관련이 있음.
- 일반적 직군: 인간추론(human heuristics)의 지식을 요구하는 직종, 특수 직군, 새로운 아이디어나 모형(artifacts)의 개발을 요구하는 직종은 컴퓨터화의 위험이 가장 낮음.
- 인간추론 요구 직종: 위원회 구성원들과 회의, 조직 및 실무진을 조직하여 이슈 논의, 행위 조정, 문제해결, 계약 및 합의에 대한 협상 및 승인 등의 업무를 하는 직종
- 교육, 건강, 예술 및 미디어 일자리: 유머러스하며 심각한 감정, 행위, 상황의 해석-몸짓, 얼굴 표현, 제스처 등을 요구하는 일자리; 역할 해석을 위한 문자상 캐릭터 학습 및 상호관계 이해 등
- 공학 및 과학 직종: 창의적 지성, 새로운 원리나 기존 수학적 원리의 관계를 개발하여 새로운 수학적 진보 모색, 전통적 영역의 수학 지식을 확장하는 연구를 수행함.

- 창의적 과학이나 공학 직종에서 컴퓨터와 인간노동의 상호보완성이 요구됨.
  - 법률보조가 및 법률지원직은 고위험 직종임.
- 직종의 평균 중위임금을 직종의 컴퓨터화 위험에 대하여 산포도를 작성하였으며, 스킬 수준에 대해서도 산포도를 작성함(학사 학위 소지자 비중).
- 임금 및 스킬 수준은 컴퓨터화와 부의 관계를 나타냄.
  - 노동시장 양극화 추세에서 절단(truncation)을 의미함. 또한, 중위소득 일자리의 소멸과 고소득/하위소득 직종의 증가를 의미함.
  - 저자들의 모델은 컴퓨터화가 저소득/저임금 직종을 단시일 내에 대체할 것임을 예측하고 있음.
- Frey & Osborne(2013) 분석의 한계
- 컴퓨터 자본에 의하여 대체되는 고용의 비중을 추정하는 데 초점을 둠.
  - 실제 얼마나 많은 일자리가 자동화될 것인지에 대한 추정을 하지는 않음.
- 실제 컴퓨터화의 수준과 속도의 결정 요인
- ① 노동 절약적 발명의 수용은 값싼 노동이 희소하거나 자본 비용이 상대적으로 높을 경우에만 채택함.
- 미래의 임금수준, 자본가격, 노동부족 등을 고려하지 않은 분석 결과임.

- 노동은 희귀한 생산요소이며 자본가격과 대비하여 장기적 임금수준 상승이 예상되기 때문에 종국적으로 컴퓨터화는 수지맞는 일이 될 것임(Acemoglu, 2003).
  - ② 규제 및 정치 행위로 컴퓨터화 지연이 가능함.
    - 규제 조치로 기술진보의 공적 수용성에 영향을 미침.
  - ③ 기술진보에 대한 예측의 어려움: 따라서 저자들은 단기적 ML/MR(Machine Learning/Mobile Robotics)에서의 획기적 전환에만 중점을 둬.
  - ④ Arntz et al.(2016)은 직종 내 과업의 컴퓨터화 위협의 차이를 고려하지 못한다고 Arntz et al.(2016)을 비판함.
- 컴퓨터화는 명확한 규칙 기반 행위를 요하는 일상적 과업에만 국한됨.
- 빅데이터 알고리즘이 패턴 인식 영역에 진입함으로써 비일상적 인지 과업도 상당 부문 대체가능함.
  - 첨단 로봇공학은 감각 및 손동작도 수행 가능하여 육체노동 대체 가능성이 증가함.
- 컴퓨터화가 노동시장 성과에 미칠 영향을 분석함. 즉, 컴퓨터화 위협 직종과 임금 및 교육성취 간 관계를 분석함.
- 위험 직종 분류: 저위험/중위위험/고위험 직종
- 미국 일자리 중 47%가 고위험 직종임.
  - 운송 및 물류 직종의 대다수, 사무·관리 지원 직종의 상당수,

생산 직종의 다수가 위험 직종임.

- 상당수의 서비스 직종도 컴퓨터화의 위험에 직면하고 있음. 이들 직종은 최근 고용 증가가 집중된 일자리로 서비스 로봇 시장의 성장에 따라 이동/손놀림을 요구하는 과업에서 인간노동의 비교우위가 서서히 상실됨(Robotics, V. O, 2013).

- 임금 및 교육 수준은 컴퓨터화와 부(-)의 상관관계를 나타냄.
- 자본 심화가 숙련노동에 대한 상대수요에 미친 영향: 19세기 제조업 기술은 숙련노동을 대체(직무단순화)하였고, 21세기 컴퓨터 혁명은 중간소득 일자리의 소멸을 초래함(Goos et al., 2009; Autor and Dorn, 2013).
  - 저자들의 모형은 노동시장 양극화라는 현재의 추세와 단절되는 결과를 보이며, 컴퓨터화가 저임금·저스킬 직종에 집중적으로 국한됨.
    - 기술이 앞서 나감에 따라 저스킬 노동자는 컴퓨터화로 대체되기 어려운 과업(창의 및 사회적 지능을 요하는 과업)으로 재배치될 것임.
    - 노동자가 기술과의 경주에서 승리하기 위해서는 창의적이며 사회적인 스킬을 획득해야 함.

다. OECD Arntz et al.(2016)의 연구: OECD 국가의 일자리 자동화 위험

- 자동화와 디지털화가 고용에 미칠 영향을 직종이 아니라 직종

#### 40 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

내 과업을 중심으로 분석하며, Frey & Osborne(2013)의 연구 결과를 반박함.

- 자동화 위험이 높은 직종에서도 여전히 자동화하기 어려운 과업이 상당 부분 포함되어 있으며, 직종 기반 분석은 자동화 위험을 과장할 우려가 있음.

##### 1) 분석 방법

- Frey & Osborne(2013)의 결과를 다른 OECD 국가에 적용하기 위하여 과업 기반 접근 방법을 활용함.
  - 일자리의 자동화 가능성은 일자리에서 노동자들이 수행하는 과업의 자동화 가능성에 달려 있음. 미국 일자리 과업과 Frey & Osborne(2013)의 자동화 가능성 간의 관계를 추정하였으며, 이러한 통계적 관계를 다른 OECD 국가 일자리에도 적용함.
  - Frey & Osborne(2013)의 접근법은 직종수준에서 자동화 가능성에 대한 전문가 평가에 의존하고 있음. 자동화 수준은 병목 직무(bottleneck-tasks)와 연관이 있으나, Frey & Osborne(2013)의 연구는 직종수준에서 평균적 과업구조를 반영하는 제한된 병목 과업만 분석에 활용함.
  - Arntz et al.(2016)은 개인 서베이 자료를 활용하여 직장에서 실제 사람들이 행하는 과업에 대한 광범위한 자료를 활용함. 이는 동일 직종 내에서 개인이 매우 상이한 과업을 수행할 수 있다는 점을 감안한 분석임.

- 국제성인역량조사(PIAAC) 자료 활용: 개인의 사회경제적 특성, 스킬, 일자리 관련 정보, 과업 및 역량 관련 정보를 포함하고, 동일 직종에 대해서는 국가 간 과업구조가 동일하다는 엄격한 가정을 완화한 분석이 가능함.
- 미국에서 근로자 과업과 일자리 대체 가능성 간의 관계를 추정함.
  - Frey & Osborne(2013)의 자동화 지수를 PIAAC 미국 데이터에 적용할 경우, PIAAC의 직종은 국제표준직업분류 2자리 수준에서만 비교 가능하기 때문에 PIAAC 자료 개인의 직종에 복수의 자동화 가능성 값을 부여해야 하는 문제가 발생함 (assignment problem).
    - PIAAC 자료의 각 개인에 대하여 자동화 확률을 가장 높은 확률로 규명하는 Ibrahim(1990)의 방법을 적용함. 즉, EM 알고리즘을 수행함.
- 1단계: PIAAC 자료 내 개인의 자동화 가능성(복수)을 일자리 특성에 회귀분석하고, 2종류의 가중치를 적용함[가중치 1: 개인별 관측치 수의 역수, 가중치 2: PIAAC의 반복 가중치(replicate weight) 적용].
- 2단계: 자동화 가능성 추정치를 개인의 각각의 자동화 가능성 관측치(복수)의 값과 비교하여 각 값이 참값일 가능성을 추정함(직종 특성 변수 조건하에서). 1단계의 가중치 1을 재계산하여 1단계 진행후 가중치 수렴 시까지 계속 진행함(EM Algorithm).

#### 42 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

- PIAAC자료의 미국 취업자 개인 표본에 위의 분석 모델을 적용함.
  - 군인, 직종 1자리만 유효하거나 직종정보가 부재한 개인은 제외함.
  - 설명변수: 작업장 직무변수 대다수를 활용함. 성, 교육, 역량, 소득, 부문, 기업 규모 등 기타 보조설명 변수를 모두 활용함.
  - 모델 추정 및 모수 추정치를 활용하여 다른 OECD 국가에 적용하고, 각 국가별로 자동화 가능성 추정치를 계산함.
  
- 가정: ‘자동화가 가능한 과업비중이 높은 일자리는 자동화가 불가능한 과업비중이 높은 일자리에 비하여 자동화 위험에 더 노출된다.’
  - 직종 내에서 과업구조의 차이를 고려하여 개인별 일자리에 집중하도록 함.
  - 직종 기반 접근보다 덜 제한적인 가정에 기반
  - 동일한 과업구조에서 일하고 있는 노동자는 모든 OECD 국가에서 동일한 자동화 가능성을 갖는다는 가정임.
  - 국가 간 자동화 가능성의 차이는 과업구조나 다른 설명변수의 차이에서 비롯된다는 가정임.

#### 2) 미국 분석 결과

- 일자리의 자동화 가능성: 높은 교육수준을 요구하는 일자리, 다른 근로자와 협력을 요구하거나 다른 이에게 영향을 미치는 자리에서 자동화 위험이 낮음.

- 이러한 저위험 과업은 바로 Frey & Osborne(2013)의 엔지니어링 병목을 반영함.
- 자동화 가능성은 정보교환, 판매, 손가락이나 손을 활용하는 과업비중이 높은 일자리에서 높음(비일상적 육체 과업).
- 루틴편향적 기술변화(RBTC) 가설 지지: 루틴 과업이 자동화 가능성이 높은 반면, 상호작용이나 인지적 과업은 기계나 컴퓨터에 의한 대체 가능성이 낮다는 분석 결과를 보임(Acemoglu and Autor, 2011; Autor, 2013).

○ 자동화 위험의 직종별 분포

- 직종 기반 접근: Frey & Osborne(2013) 점수를 각각의 PIAAC 2자리 직종에 부여한 결과, 양극화 구조를 발견함.
- 대다수 직종은 높은 자동화 가능성 혹은 낮은 자동화 가능성 점수가 부여되었으며, 소수의 직종만이 중간 수준의 자동화 가능성이 부여됨.
- 과업 기반 접근: 양봉형 분포는 사라지고 극단 값의 자동화 가능성이 감소함. 즉, 매우 높거나 낮은 자동화 점수를 갖는 일자리는 소수임.
- 미국에서 전체 인구의 9%만이 높은 자동화 위험에 직면함(자동화 위험이 70%보다 높은 직종에 종사하는 인구의 비율).
  - 직종 내 과업구조 차이를 고려하지 않는 접근법은 일자리 자동화 가능성 추정치에 심대한 영향을 초래함.
  - 개인 수준에서 과업 활용 정보를 활용하면 위험 일자리 추정치가 매우 낮아지는데, 높은 자동화 위험에 처한 일자

리 종사 노동자도 자동화하기 어려운 직무를 수행하는 경우가 빈번하기 때문임.

### 3) 다른 OECD 국가 분석 결과

- 국가 간 자동화 가능성의 상당한 차이를 발견하였으며, 두 가지 설명이 가능함.
  - 그룹 작업이나 대면 상호작용에 의존하는 작업장 조직의 국가 간 차이에서 기인함.
  - 신기술 도입의 국가 간 차이, 경제 및 교육 구조, 작업장 조직 및 과업 구조의 차이에서 기인하며, 교육 및 근로자의 교육수준도 큰 영향을 미침.
  - 고학력자에 초점을 둔 국가에서는 고위험 근로자 비중이 낮음.
- 저스킬/저임금 근로자는 매우 강한 자동화 위협에 직면함.

### 4) 해석 및 비판

- 과업 기반 분석 방법을 적용한 결과, 자동화 고위험군 직종 비중은 현저하게 감소함.
  - Frey & Osborne(2013)의 접근 방법: 직종 기반 접근으로 직종 내 수행 과업의 차이 추상화하고 70개 직종에 대한 전문가 평가 결과를 나머지 직종에 투사하는 한편, 3개의 공학 병목 과업과 9개의 관련 과업만을 분석함.

5) 과업 기반 분석 방법에 대한 해석에서의 주의 사항

- 기술 능력은 여전히 실제 기술의 활용보다는 전문가 평가에 기반함. 즉, 일자리 자동화 위험의 과대평가 가능성이 여전히 상존함.
- 신기술이 고용 전망에 미친 영향은 작업장이 새로운 노동분업에 적응하느냐 여부에 달려 있음.
  - 근로자는 신기술과 보완적 직무를 수행하는 방식으로 적응 가능함.
- 현재 방법은 현존하는 일자리만을 고려하므로 신기술 활용으로 새로운 일자리 창출 가능성이 있음.
  - 신기술이 기업의 경쟁력 향상, 근로자 임금 증가에 긍정적 영향을 미치는 경우 노동수요가 증가함.
- 기술 능력의 과다 추정 및 활용 지연 문제가 있음.
- Frey & Osborne(2013)의 분석 결과는 기술적 가능성을 과다평가하고 있음.
  - 인간 대비 기계의 경쟁 우위에서 유연성, 판단 및 상식을 요구하는 과업에 대해 통상적으로 과다 평가함.
  - 직종 혹은 과업을 자동화 및 비자동화 여부로 구분하는 것에 대해 매우 논쟁적임.
  - 대다수 일자리는 기계로 실제 대체될 만큼 충분히 규정되어 있

지 못함.

- 독일경제의 디지털화 모니터링 보고서: 제조업 분화 디지털화가 여전히 매우 느리며, 2020년까지 더디게 진행될 예정임 (Graumann et al., 2015).
  - 실제 기술 활용은 기술 가능성에 뒤처져 있고, 신기술을 다룰 줄 아는 인력은 부족한 실정임.
  - 컴퓨터 수치 제어(CNC: Computer Numerical Control) 기술을 예로 들면, 독일기업들의 경우 도제훈련 프로그램에 적용된 이후에야 비로소 대규모로 CNC 기술을 채택함.
  
- 기업은 또한 기술적 고려 외에도 자본-노동의 상대요소 가격을 고려함. RBTC 가설에 의하면 컴퓨터 가격의 감소는 루틴 일자리 수요를 감소시키거나, 언제 기계가 복잡한 직무를 수행할 수 있는지에 대해서는 불투명함.
  - 기술 능력이 곧바로 인간노동의 기술적 퇴화로 이어지지는 않음.
  
- 윤리 및 법적 장벽
  - 자율주행 자동차는 사고 시 법적 책임 문제와 관련한 장벽에 직면하며, 2035년에야 전체 차량의 10%에 달할 것으로 전망됨.
  
- 특정 직무와 서비스를 인간이 제공하는 것에 대한 사회적 선호
  - 간호, 요양 등 노동집약 산업: 사회적 가치 문제

- 신기술 도입으로 인한 특정 직무 대체 및 보완 문제
  - 루틴 및 자동화 과업의 감소에도 불구하고 실제 적응 과정은 직종 내 과업 조합의 변화를 통해 이루어짐(Autor et al., 2003, Spitz-Oezner, 2006).
  - 근로자는 루틴-자동화 과업에서 기계보완적 과업으로 근로시간을 이동 배치할 가능성이 있음.
  
- 기계를 보완하는 과업을 수행하는 새로운 노동분업의 출현(Autor, 2013)이 예상됨.
  - 기계 감독 과업이 대표적 사례임.
  - 신기술은 작업장이나 직종을 대규모로 자동화하기보다는 작업장이나 관련 직무를 변경할 가능성이 큼.
  
- 거시경제 적응 및 간접 효과
  
- Frey & Osborne(2013)이 예견한 자동화 위험은 신기술의 노동절약 위험을 의미함.
  - 자동화 위험은 일자리 상실과 동일한 것이 아니며, 노동수요 증가를 유인하는 거시경제 메커니즘이 존재함.
  
- 6) Arntz et al.(2016)의 최근 문헌 리뷰
  
- 노동절약 기술 생산 그 자체에서 신규 분야 및 직종의 노동수요를 창출함. ICT 부문은 경제성장의 핵심동력이며, 정(+)의 수요 효과가 있음. 반면 Frey & Osborne(2013)은 미래의 일자리가 신

기술에 보완적일 가능성을 과소평가함.

- 신기술은 기업의 경쟁력을 증진시킴. 낮은 비용 및 가격으로 상품수요 및 노동수요가 증가하면 결과적으로 기술의 노동절약 효과를 거둘 수 있음.
- Goos et al.(2014)의 연구: 16개 유럽 국가에서 산업수준의 노동수요 모델을 개발함. 노동절감 기술 도입 위험이 큰 루틴집약 산업이 경쟁력 이득을 확보함으로써 상품수요 증가 추세에 직면함.
- Gregory et al.(2015): 유럽연합의 지역분류 단위의 하나로 NUTS 2<sup>3)</sup> 지역 수준에서 노동수요 모델을 추정함. 루틴 및 자동화 직무가 높은 지역에서 실제 경쟁력이 향상되었으며, 지역 노동수요에 간접적인 긍정 효과를 나타냄(노동절약 대체 효과보다 큰 효과).
  - NUTS(The Nomenclature of Territorial Units for Statistics) 2는 유럽연합의 지역정책 적용 기본단위로 통계목적의 영토분류 단위임.
- 신기술의 노동자 보완 정도에 따라 노동생산성이 증가함.
  - 고임금, 높은 고용수준, 근로소득 증가
  - 상품 및 서비스 수요 증가가 전 산업에서 노동수요 증가를 촉

---

3) Eurostat(2011). Regions in the European Union – Nomenclature of territorial units for statistics NUTS 2010/EU-27.

발 시킬 수 있음.

- Gregory et al.(2015): 조정 과정을 통한 기술변화로 유럽의 고용 증가에 긍정적 순 효과를 나타냄. 노동자는 기술진보의 순이익을 획득하여 고임금 및 소득 확보가 가능하나, 단기적으로 임금 불평등 증가가 예상됨.
- Graetz and Michaels(2015): 산업로봇의 사용은 부문 수준에서 노동생산성 증가 및 근로자 임금 증가를 가져옴.
- 이러한 여러 효과로 노동절감 기술로 인한 대규모 일자리 상실은 실현 가능성이 높지 않음.
  - 산업 및 직종 간 고용 변동이 예상됨.
  - Nordhaus(2015): 노동의 쇠퇴는 이번 세기에는 불가할 것으로 판단하였으며, 미래 자동화의 전체 고용효과는 작을 것으로 추정함. 고용자로 하여금 기술변화에 적응하도록 강제할 가능성이 존재함.

#### 7) Arntz et al.(2016)의 주요 결론

- 기술변화가 대규모 기술적 실업(technological unemployment)을 초래할 것이라는 논쟁이 재현됨.
- Frey & Osborne(2013)의 접근법은 자동화로 위협받는 것을 과업이 아니라 직종으로 파악한 것에 문제가 있음.

50 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

- 동일 직종 내 근로자라도 과업구조에 따라 상이한 자동화 위험에 직면함.
  - 근로자는 자동화되지 않는 상호소통적 과업을 상당 부분 수행하기 때문임.
- 21개 OECD 국가를 대상으로 과업 기반 자동화 위험을 추정함.
- OECD 국가에서 9%의 일자리가 잠재적으로 자동화 위험에 직면함.
  - 국가 간 이질성: 한국 6%로 매우 낮음, 오스트리아 12%
  - 이러한 차이는 작업장 조직, 자동화 기술에 대한 기존 투자, 근로자 교육의 수준 차이에서 비롯함.
- 본 연구에서는 기술변화가 직종보다는 과업을 대체-보완한다는 시각을 견지함.

8) Arntz et al.(2016) 연구 결과의 한계

- Arntz et al.(2016)의 연구 결과의 한계는 다음과 같음.
- 1) 실제 기술 활용보다는 기술 능력을 반영한 접근으로 여전히 과대추정 위험이 있음.
  - 2) 기술변화의 고용효과는 작업장이 새로운 노동분업에 적응하는지 여부에 따라 또는 신기술에 대한 보완적 직무 수행 여부에 따라 달라짐. 현재 직종만 고려하였으며 신기술이 창출할 새 일자리는 고려하지 못함.

- 생산성 증대로 인한 경쟁력 상승, 근로자 소득에 미칠 긍정적 효과(소득효과)를 감안할 필요가 있음.
  - 교육수준별 자동화 위협의 차이는 여전히 상존함.
  
- 미래 훈련 및 직종 재훈련 측면에서 저학력 근로자가 자동화 위협의 비용을 감당할 것으로 예상됨.
  - 저학력 근로자의 경우 숙련 고도화 및 재훈련을 통하여 기계에 대한 우위를 확보하는 것은 매우 어려움. 현재 기술혁명의 속도가 예전보다 훨씬 빠르기 때문임.
  
- 기술진보가 초래할 일반적 실업 위험보다는 기술변화에 따른 재훈련 요구 및 잠재적 불평등에 주목할 필요가 있음.

라. Mokyr et al.(2015)<sup>4)</sup> 의 연구

- 자동화가 고용구조에 미칠 영향을 단순히 정태적 관점이 아니라 노동이동 관점에서 접근할 필요성이 제기됨.
  - 노동절약 기술은 저숙련 노동자의 노동공급에 영향을 미치며, 중위숙련 노동자가 저숙련 일자리를 두고 경쟁할 가능성이 있음.
  - 자동화로 중위 숙련 일자리가 사라지면, 그 일자리의 노동자들은 저숙련 일자리 노동자와 일자리 경합을 벌이게 됨.
  - Goos et al.(2014)은 영국의 통근 지역 간 비교 분석에서 중위

---

4) Mokyr, J., Vickers, C., & Ziebarth, N. L. (2015). The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?. *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50.

숙련 일자리가 사라지면 서비스 산업 부문에서 새로운 일자리 기회를 찾아 경쟁한다는 경험적 증거를 제기함.

- 컴퓨터와 로봇은 모든 과업에서 인간에 대한 비교우위를 가질 수 있을 것인가의 문제를 제기함.
  - 기술이 노동수요에 미친 영향에 대한 기존의 논의들은 현존 일자리에만 초점을 두고, 아직 출현하지 않은 미래 일자리의 출현에 대한 함의를 제공하지는 못함.
  
- 고용주 없는 비즈니스(non-employer business)의 출현: Autor (2010)는 독립계약자, 독립 컨설턴트 및 프리랜서의 감소를 예견함.
  - 2002~2012년간에는 플랫폼을 기반으로 고용주 없는 비즈니스(non-employer business)가 17.6백만 명에서 22.7백만 명으로 급증함.
  - 공유경제: 우버나 에어비앤비와 같이 중앙 집중화된 온라인 플랫폼으로 관리, 조정되는 유연고용이 증가하고, 택시 및 호텔 영업뿐만 아니라 oDesk나 아마존의 Mechanical Turk는 인터넷을 통한 과업의 아웃소싱을 가능하게 해서 직무가 세분화됨.
    - 1) 일의 유연성 증대: 일-가정 양립 가능
    - 2) 고용주가 근로자의 보다 많은 몰입을 요구할 가능성: 접근 가능성의 문제
  
- 온디맨드 경제에서의 임시직 노동이나 계약 근로자: 한시 근로자, 불안정 근로자 등은 근로시간 및 호출 가능성에 대한 불확실성에

노출되어 있으며, 인센티브 문제와 모니터링 문제가 발생함.

○ 기술진보와 소비자 수요의 만족

- 비교우위의 법칙에 따라 대다수 노동자가 로봇과 자동화 역량이 증가하는 경제에서도 수행해야 할 유용한 과업이 있을 것임.
- 산업혁명 시대의 전환은 기술적 실업자에 대한 정부 지원 없이 진행됨. 당대의 전환에는 공공정책이 실업의 고통을 감소시켜야 한다는 요구가 증대되며, 음식, 주택, 교육, 건강보험 등 1차적 재화에 대한 정부 역할이 증대됨.
- 산출과 인간 웰빙 간의 표준적 관계에 대한 의문이 제기됨. 소득수준으로는 측정 불가하며, 부나 소득의 불평등, 1차 자원에 대한 접근기회의 불평등은 감소될 것으로 기대됨.
- 여가에 대한 장기적 선호가 증가함. 결국 일을 원하는 이만 하게 되는 단계로 진입하게 됨.
- Amara's Law: '우리는 기술의 단기효과는 과대평가하면서, 장기효과는 과소평가하는 경향이 있다.'

마. SBTC-RBTC 관련 기존 논의

- 컴퓨터와 첨단기술의 도입으로 과업/일자리 대체 가능성이 높아 지는데, 과연 그것이 과업/일자리 대체의 스킬 때문인가, 아니면 과업/일자리 루틴화 정도 때문인가에 대한 상반된 견해가 나타남.
- SBTC(Skill biased Technological Change)는 스킬에 주목하여 저스킬 과업/일자리가 대체 가능성이 높고, 고스킬 과업/일자리 대체 가능성이 낮으며 상대수요가 오히려 증가하여 결과적

으로 저스킬-고스킬 직종 간 임금 격차는 확대된다고 주장함.

- 주요 연구: Autor et al.(2006); Goldin and Katz(2007), Acemoglu and Autor(2011)

- RBTC(Routine biased Technological Change)는 과업의 루틴화 정도에 주목하는데, 루틴화 정도가 높은 과업/일자리는 대체 가능성이 높음. 따라서 루틴화 정도가 높은 과업/일자리의 수요는 감소함

- 이러한 루틴 일자리는 일자리 구조 측면에서 주로 중위수준에 분포해 있기 때문에 중위수준 일자리 고용 규모가 감소하는 반면, 루틴화 정도가 낮은 직종은 고임금과 저임금의 양극단에 주로 분포해 있어 일자리 프로파일이 양봉형을 띠게 됨. 결과적으로 일자리 양극화가 초래됨.

- IT 혁명은 고용구조 측면에서는 스킬 양극화 효과를 갖게 됨 (cf. SBTC에서는 일자리의 스킬 제고 효과를 주장).

- 주요 연구: Goos et al.(2014), Autor et al.(2003), Autor & Price(2013)

○ 두 가설의 경험적 증명: 일정 기간에 걸쳐 직종-부문 임금 5분위별로 고용의 증감 여부를 그래프로 제시함[5분위는 직종임금 수준 기준(Eurofound, 2014)].

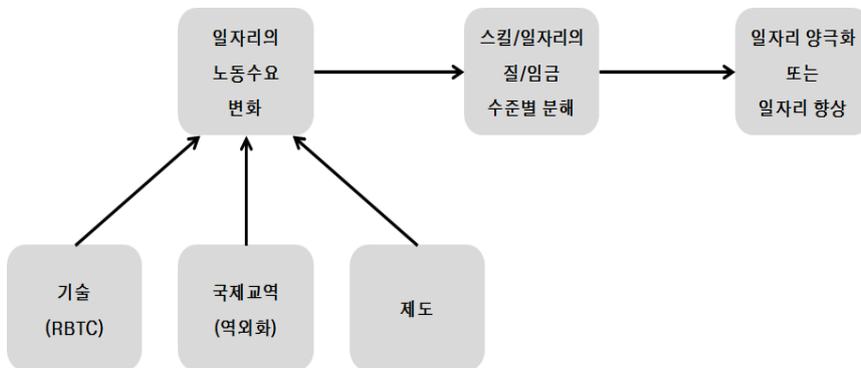
- 직종-임금 교차셀(2자리 수준)을 평균임금 수준에 따라 정렬하여 5분위별 고용 추이를 제시함.

○ 기술유인 양극화는 유럽 전체의 지배적 경향이라는 주장임(Goos

et al., 2014).

- 제도의 영향력이 기술 및 교역과 상호작용하는 한 고용에도 영향을 미침. 결과적으로 유럽 국가별로 구조 변화 양상의 다양성이 관측됨.

[그림 2-5] 이론적 논의의 틀(일자리 질적 변화)



출처: Fernández-Macías, E., & Hurley, J. (2016: 10).

- 1) 기술혁신이 일자리별 노동수요에 미치는 영향
- 2) 제4차 산업혁명이 교역[역외화 가능성 혹은 재이전 가능성 (reshorability)]에 미칠 영향
- 3) 노동시장 제도가 일자리별 노동수요에 미치는 영향(고용보호제도, 단체교섭, 최저임금, 실업보험, 적극적 노동시장 정책 등)
  - 저자는 고용과 임금 규제, 고용주로서의 국가(복지 부문 일자리 확대), 노사관계 제도등을 언급함. 제도의 영향은 직접적으로

로 측정하지는 않고 국가 간 일자리 구조 변화를 설명할 때 간접적으로만 언급함.

- 1995~2007년간 각 분위에서 1~2백만 명의 노동자가 증가하였으며, 3~4분위에서 더 많은 증가추세를 보임. 위기시기(2008~2010년)에는 이러한 추세가 역전되었으며, 중위분위에서 일자리 소멸도 목도됨.
  - 일부 국가에서는 일자리 양극화 경향이 나타남. 즉, 일부는 구조적 일자리 향상추세를, 다른 일부는 중위임금 직종에서 일자리 향상 추세를 보임.
  
- 루틴 과업과 인지 과업(RBTC와 직접적으로 연계): 사회적 소통은 RBTC에 의해 정당화되기 어려운 지표이나 기존 연구에서 사용됨.
  - 루틴 과업 지표: EWCS(European Working Conditions Survey) 자료에서 구축, Eurofound에서 5년마다 한 번씩 조사함.
  
- 루틴 과업은 a) 반복적인 손/팔 동작, b) 1~10분 정도의 반복적 손동작, c) 예견되지 않은 문제해결 등 세 가지 변수로 측정됨. 각 변수는 0~1 척도로 표준화한 후 개인 노동자별로 평균을 도출하고, 각 일자리(직종-부문 조합) 내에서 모든 노동자 평균을 구하여 고용비중 가중 10분위로 변환됨.
  
- 인지적 과업은 a) 복잡한 과업, b) 직장에서의 컴퓨터 사용, c) 직장에서의 인터넷 사용, d) 직무를 적절하게 수행하기 위해 필

요한 공식교육 연수를 지표로 하여 구성됨.

- 각 변수는 정규화한 후 일자리 수준에서 하나의 지표로 구축됨. 기존 조작화에 비해 경영 과업을 포함하지 않았는데, 저자들은 이 지표를 포함하는 것이 타당하지 않은 것으로 간주함.
- 이 지표는 일자리에서 정보처리와 복합 과업에 관한 것으로 RBTC 분석틀에 부합함(고스킬과 컴퓨터화의 상보성은 직장에서의 컴퓨터 사용에 좌우되며, 그것은 복잡한 정보처리 과업에서 노동자의 생산성을 증진시킴).

○ 사회적 소통 과업 지표

- a) 현재 일자리가 동료 아닌 사람과의 직접 소통을 필요로 하는지 여부, b) 일의 속도가 고객의 요구에 의해 좌우되는지 여부(일자리가 요구하는 사회적 소통의 정도는 RBTC 분석틀의 핵심 부문은 아님.)
- RBTC는 컴퓨터화가 일상적·인지적 내용 수준에 따라 과업에 대한 수요에 미치는 영향에 초점을 둠.
- 일부 기존 연구에서는 사회적 소통 과업을 언급하는데, 사회적 소통 과업은 인간 본연의 과업으로 컴퓨터화에 가장 내성을 갖는 과업으로 간주됨.

○ 일자리의 역외화 가능성과 밀접하게 연관되어 있으며, 사회적 소통이 필요한 과업은 역외화 가능성이 낮음. 돌봄경제 발전과 여성 경제활동 참여 효과는 사회소통이 필요한 일자리의 증가로 귀결됨.

- 국제교역의 영향: 교역의 집중성 지표(2자리 부문 수준에서 World Input-Output Database 사용)는 다음 두 변수의 조합으로 도출됨. 1) 수출의 국내 부가가치 효과의 평균(1995~2007년): 중간재 수입 가치 제거, 2) 1995~2007년간 수입의 총산출 대비 총부가가치의 평균

바. Goos et al.(2014)<sup>5)</sup>의 연구

- 1993~2010년간 16개 유럽 국가에서 일자리 양극화의 만연에 관한 증거를 제시함.
  - RBTC와 역외화를 기반으로 일자리 양극화에 대한 설명들을 제시함.
  - 이 모델은 전체 일자리 양극화와 산업 내 및 산업 간 요인 분해를 설명함.
- SBTC 명제: Katz and Autor(1999), Goldin & Katz(2007, 2009), Acemoglu & Autor(2011)
  - SBTC의 핵심명제: “(노동) 수요가 고학력 노동자를 선호하는 방식으로 변화하고 있다.”
    - 비판: 최근 수십 년간의 일자리 양극화 현상의 설명이 불가능함. Autor et al.(2006, 2009), Autor & Dorn(2013)-미국, Goos and Manning(2007)-영국, Spitz-Oener(2006)-독

---

5) Goos, M., Manning, A. & Salomons, A.(2014), Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring, The American Economic Review, 104(8), 2509-2526.

일; SBTC가 유럽 전역에서 목도된다는 주장임(Goos et al., 2009; Michaels et al., 2013)

- 현재의 기술변화가 루틴 과업에서의 노동을 대체하는 방식에 편향되어 있음(RBTC).
  - 과업의 역외화와 RBTC는 고스킬-저스킬 직종에 비하여 중간스킬 수요를 감소시키고 있음(Autor et al., 2003; Autor et al., 2006, 2008; Goos et al., 2007, Autor & Dorn, 2013).
  
- Goos et al.(2014)의 주요 연구 결과
  - 1) 일자리 양극화가 선진국가에 만연하다는 점을 16개 유럽 국가 자료로 증명함.
  - 2) Katz and Murphy(1992)의 SBTC 분석 모델을 발전시켜 일자리 양극화를 설명하는 데 있어 RBTC와 역외화의 정도를 양적 지표로 제시함(quantify).
    - 저자들은 본 모델이 전반적 일자리 양극화를 설명할 뿐만 아니라 산업 내 및 산업 간 요소가 모두 중요하다는 점을 입증함.
    - 루틴 직종으로부터의 이동이 산업 내에서 진행되는 곳에서 산업 내 일자리 양극화가 초래됨.
    - RBTC에 의해 영향을 받는 산업은 해당 산출 수준을 생산하는데 있어 보다 적은 고용을 활용함. 또한 산출비중이 감소하지 않는 곳에서도 업종별 고용비중이 감소함.
    - 루틴 과업 집약 산업에서는 상대비용 감소 및 산출물 가격 감소로 해당 산업에 대한 상품수요 이동을 초래함(Baumol, 1967). 이러한 추세가 산업 간 일자리 양극화를 감소시키지만

60 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

역전시키지는 못함.

○ 데이터

- 유럽 노동력 조사 자료 17년간, 고용상태, 주간 노동시간, 2자리 ISCO 코드 및 1자리 산업코드-유럽위원회 경제활동분류
- 주간 노동시간을 고용의 척도로 활용함. 피고용인 숫자를 활용해도 결과는 변하지 않음.

○ 루틴 과업 지수(routine task index): Autor et al.(2003)의 original five DOT measures를 결합하여 3개의 과업 지표를 도출함. 육체-루틴-추상 과업 (Manual-Routine-Abstract)

- 산업 산출/가격/비용 데이터
- OECD STAN 데이터베이스: 생산을 1년간 판매 또는 저장화 (stocked)된 상품 및 서비스의 가치로 정의하며, 산업-국가-연도 특정 물가 지수로 디플레이트함.
- 산업별 한계비용: STAN의 순 영업 잉여자료를 분석함. 생산 및 산출은 생산과 순 영업 잉여의 차이를 산출로 나눈 값을 사용함.

○ 일자리 양극화 이해를 위한 프레임워크

- 상이한 산업에서 산출이 생산되는 생산과정을 2단계로 모형화함. 과업의 조합, 각 과업은 특정 산업의 노동과 다른 투입요소를 결합하는 기술을 활용함.
- RBTC와 역외화 검증: 이들 투입요소의 비용이 과업의 루틴화

정도 및 역외화 정도에 따라 변화함.

- 결론: 서유럽 국가의 고용구조는 양극화가 진행되고 있음.
  - 고임금 전문가와 경영자의 고용비중은 증가하는 반면, 저임금 개인서비스 노동자와 제조업 및 루틴 사무직 노동자 고용비중은 감소함.
  - 1993~2010년 기간 동안 일자리 양극화는 전체 유럽 경제에서 만연함. 산업 내 및 산업 간 요인 모두 중요함.
  - RBTC와 역외화가 고용구조에 영향을 미치는 경로를 고려할 수 있는 모델을 제시함.
  - 직종별 고용비중 변화를 산업 내 요소와 산업 간 요소로 분해함.

<표 2-5> SBTC-RBTC 관련 기존 연구의 과업 분류와 계량화

| Autor et al.(2003), Autor et al.(2006) |  |
|--|--|
| 분류                                     | 비일상적-분석적, 비일상적-상호소통적, 일상적-인지적, 일상적-육체적, 비일상적-육체적(5개 요인)  |
| 정의                                     | 일상적: 확고한 절차에 따른 규칙적 반복을 요구하는 과업<br>분석적-인지적 노동: 명확한 정의 부재<br>비일상적-인지적 과업은 유연성, 창조성, 일반화된 문제해결 및 복합적 의사소통을 요구하는 과업                                     |
| 사용 변수                                  | 비일상적-분석적 과업: 양적 추론을 요구하는 과업<br>비일상적-상호소통적: 지시, 통제 및 계획(경영적/대인적 과업); 일상적-인지적: 한계/오차/표준 설정을 요구하는 과업에 대한 적응성<br>일상적-육체적: 손가락 능숙도;<br>비일상적-육체적: 눈-손-발 조율 |

<표 계속>

62 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

| Spitz-Oener(2006)      |   |
|------------------------|---|
| 분류                     | 비일상-분석, 비일상-상호소통, 일상-인지, 일상-육체, 비일상-육체(5개 요인)   |
| 정의                     | <p>일상적(육체적-인지적): 규칙으로 표현되어 쉽게 프로그램화할 수 있으며 경제적으로 타당한 비용에 컴퓨터로 수행할 수 있는 과업(Levy and Murmane, 1996)</p> <p>비일상적: 명확하게 규정되거나 프로그램화할 수 없고, 컴퓨터에 의해 수행될 수 없는 과업</p> <p>분석적: 노동자가 생각, 추론하고 직장에서 직면한 문제를 해결할 수 있는 능력</p> <p>상호소통적: 의사소통 스킬(말하기와 쓰기로 타인과 효과적으로 소통할 수 있는 능력) 뿐만 아니라 동료와 고객과 함께 일할 수 있는 능력</p>      |
| 사용 변수                  | <p>비일상적-분석적: 연구, 분석, 평가 및 계획, 계획 및 설계안 수립, 디자인, 스케치, 규칙과 규정 이행, 규칙 활용 및 이해</p> <p>비일상적-소통적: 협상, 로비, 조정, 조직, 교수 및 훈련, 구매, 판매, 소비자 조언, 광고, 오락 및 발표, 인력 고용 및 관리</p> <p>일상적-인지적: 계산, 장부관리, 텍스트/데이터/길이/무게/온도 교정</p> <p>일상적-육체적: 기계 조작 및 통제, 기계구비</p> <p>비일상적-육체적: 가구/아파트/기계/차량 수리 및 수선, 예술/기념비 복원, 응대 및 숙박</p> |
| Goos et al.(2009)      |   |
| 분류                     | 추상, 일상, 서비스 과업(3개 요인)   |
| 정의                     | <p>일상: 컴퓨터가 쉽게 수행할 수 있는 과업, 에컨대 반복적 물리적 힘이나 동작 투입을 요구하거나, 반복적이고 복잡하지 않은 인지적 스킬을 요구하는 과업; 비일상은 추상과 서비스로 구분: 추상에 대한 정의 부재, 예시로 복잡한 문제해결(엔지니어나 의사가 요구하는 수준), 서비스 과업은 타자 돌봄(미용사나 의사가 요구하는 과업)</p>   |
| 사용 변수                  | <p>일상: 조작 모니터링, 장비 유지, 품질 관리, 육체적/손가락 능숙도, 팔-손 준비도; 추상적: 경영 과업, 문제해결, 정보처리, 기술 및 데이터 분석, 컴퓨터와 소통; 서비스: 타자를 돕거나 돌보는 것, 사회적 소통, 판매, 적극적 듣기, 공중과 함께 일하기</p>  |
| Autor and Handel(2013) |   |
| 분류                     | 추상, 일상, 육체(3개 요인)   |
| 정의                     | <p>추상: 추상적 문제해결, 창의적/조직적/경영적 과업; 일상: 코드화할 수 있는 인지적-육체적 과업으로 명시적 절차를 따름. 육체: 비일상적 육체 과업으로 물리적 적응성을 요구함.</p>  |
| 사용 변수                  | <p>추상: 문서해독, 수학, 최소 30분을 필요로 하는 문제해결, 다른 노동자 감독; 일상: 단기적 반복적 과업, 고객과 면대면 상호소통 부재; 육체: 육체적 과업을 수행하는 데 소요된 시간</p>   |

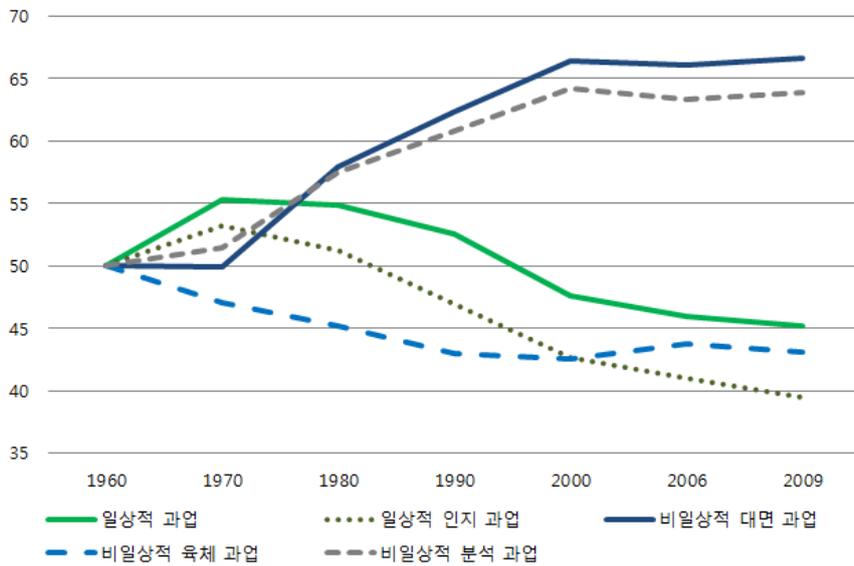
사. Autor et al.(2003)과 Autor & Price(2013) 연구

- 기술발전과 노동투입 혹은 과업구조 변화에 대한 논의는 노동시장에서의 임금 등 보상격차가 확대되는 경향의 원인을 파악하려는 시도로 전개됨.
  - 노동수요의 격차는 집단 간 노동보상 격차의 양상에 영향을 주고 있음.
  
- 기술진보의 성격이 중립적인 것이 아니라 고속련 노동 편향적(SBTC)이거나 비일상 과업 편향적(RBTC)이라는 주장이 대두됨.
  
- SBTC나 RBTC는 미래 고용변화 추세를 예측하기 위한 모델은 아님. 학력 또는 스킬 집단별로 노동시장 내 고용 및 임금 불평 등 추세를 설명하고자 하는 모델로 제시되어 왔음.
  - 다만, 4차 산업혁명의 주요 기술들이 인간의 일상적 인지노동을 대체하는 단계에서 더 나아가 비일상적 인지노동을 대체 혹은 보완하는 방향으로 진행될 때, 고용변화의 추이 또는 성격 이해에 시사점을 제시할 수는 있음.
  
- 기술발전은 전체 노동수요에 동일한 영향을 미치는 것이 아니라 특정 형태의 노동투입을 상대적으로 더 요구하는 방식으로 진행됨.
  - 기술발전은 모든 노동 투입 수요를 대체하거나 보완하는 것이 아니라, 특정한 스킬에 대한 수요를 증가시키는 방향으로 전개

64 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

되어 왔음. 최근의 디지털 기술의 발전은 반복적·일상적 과업을 대체하면서 분석적·추론적 과업의 가치를 증가시키는 방향으로 진행되고 있음.

[그림 2-6] 미국 노동시장에서 직종별 과업비중의 추이(1960~2009년)



출처: Autor & Price(2013: 5).

〈표 2-6〉 미국경제의 과업 투입 추세

|                              | 2000/1998 |      |      |      |                |      |      |
|------------------------------|-----------|------|------|------|----------------|------|------|
|                              | 1960      | 1970 | 1980 | 1990 | Update/<br>ALM | 2006 | 2009 |
| A. Non-Routine Analytical    |           |      |      |      |                |      |      |
| Update                       | 50.0      | 51.5 | 57.5 | 60.8 | 64.2           | 63.3 | 63.9 |
| ALM                          | 50.0      | 51.9 | 53.2 | 56.2 | 58.7           |      |      |
| G. Non-Routine Interpersonal |           |      |      |      |                |      |      |
| Update                       | 50.0      | 49.9 | 57.9 | 62.4 | 66.4           | 66.1 | 66.7 |
| ALM                          | 50.0      | 50.7 | 53.3 | 58.6 | 62.2           |      |      |
| C. Routine Cognitive         |           |      |      |      |                |      |      |
| Update                       | 50.0      | 53.2 | 51.2 | 46.9 | 42.6           | 41.0 | 39.5 |
| ALM                          | 50.0      | 53.1 | 51.8 | 48.3 | 44.4           |      |      |
| D. Routine Manual            |           |      |      |      |                |      |      |
| Update                       | 50.0      | 55.3 | 54.9 | 52.6 | 47.6           | 46.0 | 45.2 |
| ALM                          | 50.0      | 53.5 | 53.8 | 52.3 | 49.2           |      |      |
| E. Non-Routine Manual        |           |      |      |      |                |      |      |
| Update                       | 50.0      | 47.0 | 45.2 | 43.0 | 42.5           | 43.8 | 43.1 |
| ALM                          | 50.0      | 46.2 | 44.4 | 41.8 | 41.3           |      |      |

출처: Autor & Price(2013: 7).

- Autor & Price(2013)는 미국경제에서 1960~1998년 기간 동안 과업 투입 추세를 분석함.
  - 과업 변수는 미국 DOT(직업사전) 변수를 1960년대 과업 투입 분포에서의 순위에 따른 백분위 값으로 변환한 것임.
  - 1960년 과업 분포 대비 과업 투입의 변화를 백분위로 측정된 결과, 비일상적 분석 과업은 2009년까지 63.9분위로 증가하고, 비일상적 대면 과업은 66.7분위로 증가한 반면, 일상 인지 과업은 39.5분위, 일상 육체 과업은 45.2분위, 비일상 육체과업은

43.1분위로 비중이 감소함.

- 세 가지 추세
  - 1) 미국경제에서 일상적 과업 투입의 지속적 감소 추세
  - 2) 비일상적 육체 과업의 장기적 감소 추세 전환: 2000년 이후 미세한 증가 추세 [Autor and Dorn(2013)의 일자리 양극화 연구와 일치]
  - 3) 비일상 인지 과업 투입은 2000년 이후 상당 부분 정체: 비일상적 분석 및 비일상적 대면 과업은 2000~2006년간 감소하였고, 그 이후 2009년까지 반등 추세를 보임.
  
- SBTC 이론에 의하면, 기술변화는 고숙련·고학력 집단과 저숙련·저학력 집단을 비롯한 노동시장 내 다양한 근로자에게 중립적이거나 동등한 영향을 미치는 것이 아니라, 특정 노동 및 스킬에 대한 상대수요가 증가하는 방식으로 진행됨.
  
- 고숙련-저숙련 집단 간 임금 격차 추이는 역사적으로 시기에 따라 상이한 양상을 보임. 기존 연구 결과에서는 저숙련 집단에 대한 고숙련 집단의 상대 수요와 공급을 그 결정요인으로 간주함 (Goldin and Katz, 2008).
  
- Autor et al.(2003)과 Autor & Price(2013)는 미국 노동시장에서 지난 50년간 과업구조 변화를 분석함.
  - 비일상적 분석적 과업과 비일상적 상호소통적 과업(전문가적

사고와 복잡한 의사소통 스킬 요구)은 1960년대 이래 지속적으로 증가한 반면, 일상적·인지적 과업과 일상적·육체적 과업은 1970~1980년대에 그 비중이 감소함.

- 이러한 과업구조 변화는 컴퓨터 및 자동화 생산공정 도입의 결과로 간주됨.

#### 아. 국내 연구

- 김세움(2015)은 직종 및 산업 부문별 기술진보에 따른 노동시장 변화를 분석하였으며, 고용대체 가능성이 높은 일자리 비중을 파악함.
  - 루틴화 가설(RBTC)이 한국 노동시장에도 적용됨을 경험적으로 입증하였으며, 2014년 하반기 통계청 지역별 고용조사 자료에 한국고용정보원의 산업직업별 고용구조조사(OES) 2009년 자료를 보완하여 분석함.
  - 전체 일자리의 55~57%가 향후 수십 년 사이에 자동화 위험이 높은 직군(70%)으로 분류될 것으로 예상함. Frey & Osborne (2013)에 따르면, 미국에서 고위험 직군의 일자리 비중은 47%임.
  - 대체 확률이 높은 영업 및 판매 직종 일자리 비중이 높기 때문에 대체 가능성이 낮은 고숙련 서비스 일자리 비중이 낮음(법률, 의료, 교육).

#### 자. 선행연구의 시사점

- 자본과 노동, 기계와 인간노동의 분업에 관한 오랜 논의에 덧붙

여 제4차 산업혁명으로 인간과 컴퓨터 간의 새로운 노동분업이 대두할 것으로 전망됨.

- 새로운 노동분업을 촉발하는 최근 기술발전의 특징으로는 기하급수적 성장, 디지털화, 조합적 혁신(combination innovation) 등이 거론됨.

○ 기술발전과 과업(task)의 상호보완성: 자동화가 하나의 일자리에 어떤 업무를 대체하고 어떤 업무를 보완하는지 여부에 따라 일자의 소멸이나 확대, 신규 일자의 생성 등이 결정될 수 있음.  
- 지능정보기술<sup>6)</sup>은 기존 기업의 생산방식을 바꾸는 계기가 되고 있음.

○ 일상적·반복적 업무(routine tasks)의 자동화로 인간의 창의성에 대한 욕구가 증가함에 따라 인적자본 투자 중요성이 증대할 것으로 전망됨(Brynjolfsson & McAfee, 2014)

○ 지금까지 기술혁신이 일자의 규모와 질에 미칠 영향에 대한 기존 문헌의 내용은 아래 <표 2-7>과 같이 정리됨.

---

6) 지능정보기술은 '인간의 고차원적 정보처리활동을 연구하고, 정보통신기술을 통해 구현하는 기반 기술'로 규정됨(황규희 외, 2016). 주로 인공지능의 활용에 기반을 둔 기술변화를 지칭하는 개념으로 활용됨.

〈표 2-7〉 기술혁신이 일자리의 규모와 질에 미치는 영향에 관한 기존 문헌 정리

|      | Frey & Osborne (2013)   | Frey et al. (2016)  | Arntz et al. (2016)  | WEF (2016)   | McKinsey Global Institute(2017)  |
|------|---|---|--|--|--|
| 출간일시 | 2013년 9월  | 2016년 1월  | 2016년 6월   | 2016년 1월   | 2017년 1월   |
| 분석단위 | 일자리/직종  | 일자리/직종  | 과업   | 해당 없음  | 노동행위   |
| 분석범위 | 미국 노동시장   | 50개 이상 국가와 지역   | 21개 OECD 국가  | 15개 주요 국가 및 개도국  | 전 세계 80% 노동인구를 대표하는 46개 국가   |
| 분석방법 | 702개 직종(70개 직종-기계학습 연구자, 맞춤형 가우스 과정 분류법으로 기타 직종을 추정하여 정성분류 확인; 미래 컴퓨터화가 미국 노동시장에 미칠 영향 추정 | Frey & Osborne(2013) 확장, 세계은행 자료를 활용하여 자동화 위험을 세계적으로 추정; 인구변화, 글로벌 가치사슬의 영향도 추가로 분석 | 과업의 자동화 위험 추정은 Frey & Osborne(2013)의 자동화 지표와 PIAAC 직종코드 매칭 후 2단계 맞춤형 회귀분석 실시 | 주요 세계 고용주(세계경제포럼 주요 산업 부문 100대 글로벌 기업 포함) 대규모 조사로 2015~2020년간 직군의 기대변화 수준 추정 후 일자리 증감 외삼 | 직종 분류 세분화하여 2,000개의 과업 분류, 18개 부문에서 인간성과 평가; 각 직무 소요시간과 시간당 임금수준 분석; 자동화 기술 발전 및 도입 시나리오별 검토 |

<표 계속>

70 제4차 산업혁명과 직업능력개발 정책과제

|      | Frey & Osborne (2013)   | Frey et al. (2016)  | Arniz et al. (2016)  | WEF (2016)  | McKinsey Global Institute(2017)   |
|------|---|---|--|---|---|
| 주요결과 | <p>전체 미국 직종의 47%가량이 10-20년 이내 자동화 고위험 상태</p> <p>임금 및 교육 수준은 컴퓨터화 위험과 강한 부의 상관관계</p> | <p>다수 국가에서 자동화 위험이 높음.</p> <p>OECD 국가에서 평균 57%의 일자리가 자동화 위험에 노출</p> <p>인도는 69%, 중국은 77%에 해당</p> | <p>OECD 21개 국가에서 평균적으로 9%의 일자리가 자동화 위험에 노출</p> <p>자동화 위험은 OECD 국가 간 상당한 차이(한국 6%, 오스트리아 12%)</p> | <p>자동화 및 기술진보는 파괴적 노동시장 변화로 2015~2020년간 5.1백만 개의 일자리 상실 초래, 반면 7.1백만 개의 일자리 증가</p> <p>일자리 감소의 2/3는 사무·관리 직군에 집중</p> <p>수 개의 세부 직군에서 2백만 개의 일자리 증가</p> | <p>세계적으로 대략 절반의 근로행위가 현재 기술로 자동화될 가능성 보유</p> <p>5% 이하 직종만이 완전히 자동화 가능, 최소 60%의 직종은 최소한 과업의 30%가 자동화 과업</p> <p>기술적으로 자동화 가능 과업이 11백만 개, 노동자, 임금은 15.8조 원 영향, 중국/인도/일본/미국이 절반 이상; 자동화는 10년 동안 연간 0.8~1.4% 글로벌 생산성 향상 촉진</p> |

출처: Manyika(2017)에서 정리.

### 제3절 기술혁신이 생산조직과 고용관계에 미칠 영향

- 고용주의 입장에서 고용관계의 형태를 결정하는 것은 바로 고용 계약에 수반하는 거래비용이라 할 수 있음(Williamson, 1979, 1985).
  - 고용관계 또한 고용주와 근로자 간의 거래이며 거래의 형태를 결정하는 것은 거래비용인데, 구체적으로 계약관계의 빈도, 지속성, 성과측정의 용이성에 의해 결정됨.
  - 즉, 빈도가 높고 지속성이 있으며 성과측정이 용이하지 않는 계약의 경우 고용주와 근로자는 안정적인 장기계약 관계를 맺어 근로자의 몰입을 유인하며, 장기근속을 통한 생산성 향상으로 궁극적으로 기업은 이윤을 확보하는 전략을 마련한다는 것임.
  - 반면 빈도가 낮고 지속성이 없으며 성과측정이 용이한 경우에는 기간제 계약 등 비전형적 고용관계를 유지하는 것이 기업조직 운영에 보다 효율적이며 합리적인 방안이라는 설명임.
  
- 그런데 제4차 산업혁명으로 초래된 변화 중 하나는 바로 특정 장소에 속박되어 있는 생산수단 및 조직 유지 필요성이 상대적으로 감소하고, 온디맨드 경제 등으로 보다 유연하게 노동이나 자산을 활용할 필요성이 증대하게 됨.
  
- 결과적으로 이러한 생산전략의 변화는 고용관계에도 영향을 미치게 되는데, 지속-장기 계약 관계를 기반으로 한 전형적 고용관계의 규모가 축소되는 대신 비전형적 고용관계가 전면부상하

는 효과를 초래함.

- 디지털 경제의 확산, 플랫폼 거래의 확대 등으로 표준고용계약에 기반을 둔 전형적 고용관계의 규모가 축소될 가능성이 큼.
  - 전통적 임금 근로자나 자영업으로 명확하게 구분되지 않고 그 경계에 있는 집단이 증가함[온디맨드 경제, 기그경제(Gig economy)의 확산].
  - 고용관계의 외부화와 비전형 근로의 확대: 간접고용(파견, 용역 근로, 사내하청, 독립계약자, 특고 등)
  - 기업 내부 노동시장의 장기근속 관계를 토대로 하는 사회보험 기반 직업능력개발 체제의 지속가능성 문제가 대두됨.

〈표 2-8〉 고용형태별 고용비율 추이(2005~2015년)

|      |      | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 정규직  | 정규상용 | 42.8 | 43.3 | 43.6 | 46.6 | 47.5 | 48.5 | 49.4 | 51.4 | 53.3 | 53.5 | 54.4 |
|      | 정규임시 | 18.7 | 19.1 | 18.5 | 17.4 | 15.6 | 16.4 | 14.8 | 14.2 | 13.1 | 13.2 | 12.4 |
|      | 정규일용 | 1.8  | 2.1  | 2.0  | 2.2  | 2.0  | 1.8  | 1.6  | 1.1  | 1.0  | 1.0  | 0.8  |
| 비정규직 | 전체   | 36.6 | 35.5 | 35.9 | 33.8 | 34.9 | 33.3 | 34.2 | 33.3 | 32.6 | 32.4 | 32.5 |
|      | 기간제  | 18.2 | 17.7 | 15.9 | 14.7 | 17.1 | 14.6 | 15.2 | 15.3 | 15.1 | 14.6 | 14.8 |
|      | 반복갱신 | 2.0  | 3.0  | 3.5  | 2.3  | 1.0  | 1.8  | 1.9  | 1.6  | 1.4  | 1.9  | 1.6  |
|      | 단기기대 | 3.9  | 2.9  | 2.9  | 3.4  | 3.2  | 2.8  | 2.5  | 2.3  | 2.3  | 2.2  | 2.5  |
|      | 시간제  | 7.0  | 7.4  | 7.6  | 7.6  | 8.7  | 9.5  | 9.7  | 10.3 | 10.3 | 10.8 | 11.6 |
|      | 파견   | 0.8  | 0.9  | 1.1  | 0.9  | 1.0  | 1.2  | 1.1  | 1.2  | 1.1  | 1.0  | 1.1  |
|      | 용역   | 2.9  | 3.2  | 3.7  | 4.0  | 3.8  | 3.6  | 3.8  | 3.8  | 3.5  | 3.2  | 3.4  |
|      | 특고   | 4.2  | 4.0  | 4.0  | 3.7  | 3.9  | 3.5  | 3.5  | 3.1  | 3.0  | 2.8  | 2.6  |
|      | 가사   | 0.9  | 1.1  | 0.8  | 0.4  | 0.6  | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.3  | 0.3  |
|      | 호출   | 4.8  | 4.3  | 5.3  | 5.1  | 5.4  | 5.1  | 5.5  | 4.9  | 4.5  | 4.3  | 4.5  |

주: 정규직과 비정규직 전체의 세로합이 100%가 되도록 작성.  
 통계청, 「경제활동인구조사 부가조사」, 각 연도 8월 원자료를 이용하여 분석.  
 출처: 황덕순 외(2016: 42).

- 2002년 노사정위원회 합의 기준에 따른 비정규직 규모는 2005년 36.6%에서 지속적으로 감소하여 2015년은 32.5%에 이르고 있음.
- 비정규직으로 분류되는 고용형태 가운데 특고는 동 기간 중 4.2%에서 2.6%로 지속적으로 감소 추세를 보임.
  - 그러나 경제활동인구조사 부가조사에서 특고를 분류하는 기준이 임금 근로자만을 대상으로 하는 문제와 자영업자 중 특고로 분류되는 집단이 다수 포함되어 있을 가능성이 있기 때문에 특고 규모의 과소추계 가능성은 존재함(황덕순 외, 2016).

〈표 2-9〉 비정규직 유형별 규모

| 취업자<br>2,600<br>만 명 | 임금<br>1,930<br>만 명 | 정규직: (1,300만 명)(사내하청, 서비스업 사외하청 포함) |                       |                  |
|---------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                     |                    | 비정규직<br>627만 명<br>(32.5%)           | ① 한시직(기간제 포함): 364만 명 | 간접고용<br>(180만 명) |
| ② 시간제: 224만 명       |                    |                                     |                       |                  |
| 비임금<br>700<br>만 명   | 897만 명<br>(42.5%)  | ③ 비전형(경찰): 호출+가내: 92만 명             | 특고<br>(227만 명)        |                  |
|                     |                    | ④ 비전형(경찰): 파견+용역: 87만 명             |                       |                  |
|                     |                    | 사내하청(고용공시): 93만 명                   |                       |                  |
|                     |                    | ⑤ 비전형(경찰): 특고 50만 명                 |                       |                  |
|                     |                    | 특고(인권위): 177만 명                     |                       |                  |

자료: 통계청, 「경제활동인구조사」 2015년 8월 부가조사.  
출처: 장지연 (2017: 3)

- 비임금 근로자로 분류되는 특고 종사자 중 177만 명, 사내하청 정규직 노동자로 오분류되어 있는 근로자 93만 명을 더하면 270만 명이 현재 비정규직 통계에서 드러나지 않은 집단임.
  - 고용형태 다양화에 따른 임금-비임금, 정규-비정규 구분 문제;

사내하청 및 특고 문제

- 인권위 보고서 기준 특고는 227만 명임. 독립계약자(independent contractor)나 프리랜서 노동자등과 같이 사실상 단일업체와 계약관계를 갖고 구체적인 업무지시를 받는 경우에 해당함(학습지교사, 학원강사, 보험판매원, 각종 배달원 등).
  
- 제4차 산업혁명이 가져올 기술변화는 전형적 고용관계 외부에 있는 집단의 규모를 증가시키고 구성의 이질성도 확대할 가능성이 높음. 기존의 사회보험이 대기업-정규직 고용관계에 있는 내부자를 보호하는 데 머물고 있고, 파견 및 사내하청, 특고 등 비전형적 고용관계에 있는 외부자를 노동시장 위험으로부터 충분히 보호하지 못하고 있음.
  - 소득활동이 있는 임금-비임금 근로자 모두를 포괄할 수 있는 새로운 사회보험 구성원리에 대한 고민이 필요함.
  
- 사물인터넷과 플랫폼(공유) 경제의 확산으로 디지털화는 제조업과 서비스업의 경계를 약화 혹은 융합하는 형태로 생산과정을 재구조화하고 있음(허재준, 2016).
  - 결국 노동수요를 결정하는 기업의 경계 구분이 모호해지며, 고용계약의 형태를 규정하는 거래비용의 규모가 기존과는 다른 양상으로 변화할 것으로 예상됨.
  - 거래되는 자원(노동력)의 특수성, 생산의 복잡성, 성과측정 가능성 측면에서 정규직 노동은 고용관계의 핵심적 위치를 상실할 개연성이 상당함.

- 작업공정의 분화 및 해체 등으로 인하여 다양한 형태의 비전형적 고용관계가 더욱 확산될 가능성이 크며, 이에 대한 고용 및 사회정책 수준의 대응이 필요한 시점임.



## 제3장

# 제4차 산업혁명과 직업능력개발 현황

- 제1절 주요국의 제4차 산업혁명 대응  
직업능력개발 전략 및 사례
- 제2절 정부의 제4차 산업혁명  
대응 방향
- 제3절 직업능력개발제도의 현황과  
문제점



## 제3장 | 제4차 산업혁명과 직업능력개발 현황

### 제1절 주요국의 제4차 산업혁명 대응 직업능력개발 전략 및 사례

- 주요 선진국은 제4차 산업혁명에 대응하기 위하여 제조업과 주요 산업 혁신 전략, 과학기술연구 역량 제고를 위한 정부정책 진단 보고서 등을 발표하고 있음.
  - 아래에서는 독일과 미국, 일본의 사례를 검토함.
  
- 독일의 경우 Industry 4.0/ Work 4.0 등 범정부 차원의 대책 수립: ICT와 제조업 분야 융합, Industry 4.0이라는 제조업 혁신 전략을 마련하는 한편, 대·중소기업 간 협업 생태계 구축, IoT(사물인터넷)/CPS(사이버물리시스템) 기반 제조업 혁신, 제품개발 및 생산공정 관리 최적화와 플랫폼 표준화를 추진하고 있음.
  
- 일본의 경우 ‘신산업구조비전(2016. 4.)’ 수립: 범정부 차원의 7대 국가전략을 수립(기술, 산업 및 고용, 인력양성, 사회 및 경제)하고, 데이터 환경 정비, 산업구조 및 취업구조 전환 원활화,

인재육성 등 고용시스템 향상을 도모하고 있음.

- 미국의 경우 네트워킹과 정보기술 연구개발 프로그램(NITRD) 평가 보고서 작성: 중점 8대 분야 선정, ‘스마트 아메리카 프로젝트’ 추진, IoT를 활용한 스마트시티 구축 연구를 진행하고 있음.
- 핵심 분야 융합기술인재 양성을 위한 주요 선진국가의 대응 전략에 주목할 필요
  - 동시에 노동시장에서 자동화 위협에 가장 크게 노출되어 있는 취약계층에 대한 사회보장 및 생애경력지도 등 고용서비스 관련 동향을 파악하여야 함.
  - 정보통신기술과 물리학, 생물학 등이 결합하는 기술융합에 대한 대처 방안을 파악하여야 함.
- 각국은 ‘초연결성’과 ‘초지능성’을 중심으로 미래 기술 및 산업 구조 개편을 위한 노력을 기울이고 있음. ICT와 제조업 융합, ICT와 서비스 산업 융합을 통한 국가 차원의 신성장 동력 발굴 및 인재육성 필요성이 강조되고 있음.

## 1. 미국의 제4차 산업혁명 대응 전략

- 미국은 민간기업 위주로 독자적 영역을 확보하여 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 무인자동차 분야 등의 최첨단 기술력으로 제4차 산업혁명을 주도하고 있음.

- 미국정부는 제조업의 경쟁력 강화 전략을 마련하고 공공 성격의 과제를 추진하는 등 다각적인 지원 방안을 추진 중임.
- 2009년 9월 미국 혁신 전략 보고서는 양질의 일자리 창출, 공동의 번영을 위해 혁신 기반 확립을 위한 ‘3대 혁신 전략’을 제시함.

〈표 3-1〉 3대 혁신 전략: 미국(2009년)

| 정 책              | 내 용   |
|------------------|---|
| 혁신 기반 투자         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초연구 분야에 리더십 발휘</li> <li>• 21세기형 지식, 기량을 갖춘 인적자원 창출</li> <li>• 선도적 인프라 구축</li> <li>• 첨단 IT 생태계 개발</li> </ul> |
| 경쟁시장 환경 구축       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수출 촉진</li> <li>• 개방형 자본시장 구축</li> <li>• 고성장, 혁신 기반 기업가정신 고취</li> <li>• 공공 부문, 지역공동체 혁신 추진</li> </ul>         |
| 국가적 대응을 위한 혁신 촉진 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정에너지 혁신</li> <li>• 첨단자동차 기술개발 지원</li> <li>• 보건 IT 분야 진전</li> <li>• 21세기 ‘Grand Challenge’에 대한 대응</li> </ul> |

자료: 한국산업기술진흥원(2011)을 정리.

- 2011년 6월 대통령 주재하에 선진 제조산업의 경쟁력 강화를 위한 민·관·학이 모두 참여하는 첨단 ‘제조 파트너십(AMP 1.0)’을 추진하였으며, 2012년 7월에 공식적으로 입안함.
  - 2012년 7월 혁신 역량 강화, 인재양성, 기업여건 개선 등 3개 분야를 중심으로 선진제조업 경쟁력 강화 전략 방안을 마련함.
  - 2013년 9월 기존 AMP 정책에 고용창출, 경쟁력 향상, 특히 중소기업의 참여를 보완한 ‘AMP 2.0’ 정책을 발표함. 2014년 12월 <Revitalize American Manufacturing Act>로 입안함.

〈표 3-2〉 첨단 제조 파트너십 주요 내용

| 분 야                  | AMP 1.0                         | AMP 2.0   |
|----------------------|---------------------------------|---|
| 혁 신                  | 첨단 제조업 정책 수립                    | 신기술 확보 국가 전략 마련 및 자금 조성                         |
|                      | 첨단기술 R&D 자금 조성                  | 첨단 제조에 관한 자문 컨소시엄 구성                            |
|                      | 국가 제조업 혁신 네트워크 구축               | 공공, 민간 R&D 인프라 조성                               |
|                      | 첨단 제조업 산학협력 강화                  | 제조기술, 소재, 프로세스, 보안과 관련한 기준 및 절차 마련을 통해 상호호환성 준비 |
|                      | 첨단 제조기술 상용화 환경 조성               |   |
|                      | 국가 첨단 제조 포털 설립                  | 국가제조혁신네트워크(NNMI) 설립                             |
| 재 능<br>파이프<br>라인     | 제조업 이미지 제고                      | 전국적 캠페인을 통해 제조업에 대한 이미지 제고                      |
|                      | 재향군인을 전문가 풀로 흡수                 |   |
|                      | 지역 대학교육 투자                      |   |
|                      | 자격증 제도 구축                       | 국가공인기술자격증 실시 확대 및 온라인 교육 프로그램 운영                |
|                      | 첨단 제조 관련 대학 프로그램, 연구, 인턴십 제도 발족 |   |
| 비즈<br>니스<br>환경<br>개선 | 세계 개혁                           | 기술 관련 정보흐름 및 중소기업에 대한 시장공급 체인 향상                |
|                      | 규제 정책 정비                        |   |
|                      | 무역 정책 개선                        | 창업을 위한 투자펀드 조성 및 세금 혜택                          |
|                      | 에너지 정책 개선                       |   |

자료: Weekly KDB Report(2016)을 정리.

- 2015년 10월 세계에서 가장 혁신적인 국가경제 유지와 당면한 국가과제 해결을 목표로 하는 ‘미국 신혁신 전략’을 발표함.
  - 이전에 발표하였던 미국 혁신 전략(2009, 2011)을 계승함.
  - ① R&D 투자 및 장기적 경제성장의 토대 마련, ② 9대 전략 분야 집중 투자를 통한 국가 우선과제 해결 및 공동의 번영 창출, ③ 정부성과 개선 및 민간 주도 혁신 환경 조성을 위한 정부 혁신 역량 제고를 주요 전략으로 함.

가. 미국 신혁신 전략(2015)<sup>7)</sup>

- 미국 혁신 전략 개정안은 연방정부의 역할인 혁신을 위한 3대 요소와 이를 구현할 3대 전략적 계획의 총 6개 부문으로 구성됨.
  - 혁신을 위한 3대 요소는 ① 혁신 기반(building block)에 대한 투자, ② 민간 혁신 활동 촉진, ③ 국민의 혁신성 유인임.
  - 또한 3대 전략 계획으로 ① 양질의 일자리 창출과 지속적인 경제성장, ② 국가적 당면과제의 해결, ③ 국민과 함께하는 혁신적인 정부 구현을 제시함.

[그림 3-1] 미국 혁신 전략 구성



자료: 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원(2016: 2)

7) 한국과학기술기획평가원(2016), “과학기술&ICT 정책·기술 동향”

## 나. 혁신을 위한 3대 요소

### 1) 혁신 기반(building block)에 대한 투자

- (R&D 투자) 공공 및 민간 R&D에 GDP의 3% 이상을 투자하도록 목표를 설정하고, 고위험-고수익 연구지원과 획기적 접근법을 촉진함.
  - 2012년 기준 미국의 GDP 대비 연구개발비의 비중은 2.79%임.
- (STEM 교육 확대) 국가적 목표 설정과 추진, STEM 교육 투자 지속, 비즈니스·비영리 단체 등의 참여 확대, 백악관 행사 개최
  - STEM: Science(과학), Technology(기술), Engineering(공학), Mathematics(수학)
  - STEM 교사 10만 명 양성, STEM 학위자 100만 명 배출, 소수자의 STEM 분야 참여 확대 등을 국가 목표로 설정함.
- (이민자 지원) 노동 허가증 부여, 기업 설립 지침 마련, 과학·공학자 교육 지원 등을 위한 행정조치를 추진함.
- (기반시설 구축) 혁신적 운송 체계·차세대 항공교통 체계 지원, 공공-민간 파트너십을 통한 인프라 개발을 추진함.
- (디지털 인프라 구축) 무선 광대역 확충, 초고속 광대역 확대, 소외지역을 위한 기술적 지원과 공동체 광대역 프로젝트를 추진함.

## 2) 민간 혁신 활동 촉진

- (연구 세액공제 강화) 대체간소화공제(ACS) 비율 향상, 연구 중심의 초기기업의 대체최소세액 적용 제외, 협동연구에 대한 공제 확대와 영구화
  - 대체간소화공제란, 단순화한 세율을 적용하여 세제혜택을 부여하는 제도로 공제비율을 14%에서 18%로 향상함(당해 연도 R&D 투자비 중 지난 3년간 평균 R&D 투자비의 50% 초과분에 대해 공제).
- (혁신 기업가 지원) 백악관의 데모데이 개최, 창업을 위한 행정 절차 간소화, 중소기업 지원 강화
  - 중소기업 지원 정책으로 주 중소기업 공제 전략 연장, 중소기업 투자회사 프로그램 확대, 중소기업 자본 이득에 대한 감세 확대와 영구화 등이 있음.
- (프레임워크 마련) 균형잡힌 독점방지법 시행, 사이버 보안 강화, 망 중립성 유지 등
- (연방정부의 정보자료 공개) 건강·에너지·기후·교육·재정·공공 안전·글로벌 개발 분야의 데이터 공개(open data initiatives)를 실시함.
- (공공 R&D 사업화 촉진) 사업화 전략(lab-to-market initiative) 실시, 정부지원 특허의 관리 최적화, 정부 연구시설 이용 확대,

중소기업 기술이전 프로그램(STTR) 확대 등

- 사업화 전략으로 산업체와 파트너십 강화, 중소기업 R&D 포상, 구체적인 사업화 목표 마련 등의 전략이 있음.
- 최근 사례로 에너지부(DOE)의 청정에너지 기술 사업화 지원 전략(NIICE), 국방부(DOD)의 공군 연구실 개발기술 이전 프로그램, 국립과학재단(NSF)의 I-Corps 프로그램 등이 있음.

- (지역혁신 생태계 발전 지원) 확대된 i6 챌린지를 포함하는 지역 혁신 전략 추진, 지역의 부상하는 혁신 생태계 지원
  - 미 경제개발청은 기술 사업화, 신규 벤처 형성, 일자리 창출을 위해 혁신적, 획기적 아이디어를 장려하기 위해 2010년 i6 챌린지를 추진함.
- (기업의 해외진출 지원) 투자·시장 진입의 장벽 제거, 투명·반부패 조치, 적합한 규제 시행 촉진, 영업비밀·부상 과학기술 보호 등

### 3) 국민의 혁신성 유인

- (상금제도를 통한 국민 창의성) 연방기관의 문제해결 접근법으로 포상 사용 확대, 건강·에너지·교육과 같은 사회정책 영역으로 확대
- (제작, 크라우드소싱, 시민참여를 통한 혁신) 아이디어 현실화를 위한 제작자 운동(maker movement) 촉진, 사회·과학적 문제해

결을 위한 클라우드소싱과 시민과학 확대

- 제작자 운동은 3D 프린터, 레이저 절단기, 데스크톱 등 제작 도구와 사용법 제공을 통해 자신의 아이디어 현실화를 가능하게 함.

다. 3대 전략적 계획

- 양질의 일자리 창출과 지속적인 경제성장
  - 첨단 제조업의 선도적 위치 유지, 미래 산업에 대한 투자, 포용적인 혁신 체계 구축 등 과학기술 혁신을 통해 경제성장을 이끌 세 가지 세부 전략을 제시함.

〈표 3-3〉 미국의 세 가지 세부 전략의 비전과 정책방향

| 세부 전략             | 비전  | 정책방향   |
|-------------------|---|--|
| 첨단 제조업의 선도적 지위 유지 | 제조기업의 비용과 시간을 단축하고, 신제품 개발 및 창업을 촉진하여 경제성장을 견인  | 혁신 제조기술 개발을 위한 민관협력기관인 NNMI를 15개로 확대(현재 9개) 중소기업을 중심으로 한 공급망 구축, 창업기업에 대한 지원 확대          |
| 미래 산업에 대한 투자      | 원천(general-purpose) 기술 개발·응용을 통한 신산업 창조와 일자리 창출 | 혁신적 영향력을 미칠 영역에 대한 R&D 우선투자(나노기술, 소재, 로봇, 빅데이터, 사이버물리시스템, 바이오시스템, 에너지)                   |
| 포용적인 혁신 체계 구축     | 혁신 경제의 기회와 자원에 대한 모든 국민의 접근                     | 포괄적인 STEM 교육, 일자리 현장실습, 제작자 공간, 특히 프로보노 프로그램 제공 고소득 과학기술 일자리를 제공하는 테크하이어(TechHire) 전략 추진 |

자료: 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원(2016: 4).

- 국가적 당면과제 해결
  - 당면과제 해결을 위한 11가지 전략적 목표를 제시함.

<표 3-4> 미국의 전략적 목표 달성을 위한 비전과 정책방향

| 전략적 목표                       | 비전  | 정책방향  |
|------------------------------|---|---|
| 대도전<br>(grand challenges) 해결 | 과학기술, 혁신을 이용하여 중요한 국가적 혹은 전 지구적 문제의 해결          | <ul style="list-style-type: none"> <li>기업, 재단, 대학, 기타 조직의 대도전 발굴과 도전 지원(에너지, 물, 질병 등)</li> </ul>  |
| 정밀의학으로 질병 극복                 | 환자의 상태를 보다 잘 이해하고 효과적인 치료법을 판단할 수 있도록 기술적으로 지원  | <ul style="list-style-type: none"> <li>정밀의학계획(PMI)에 2016년 2억 1,500만 달러를 투자하여 NIH, NCI, FDA 등이 암치료법 개발, 데이터 공유, 유전자 유형 진단도구 등을 개발하도록 지원</li> </ul> |
| 브레인 이니셔티브로 새로운 신경기술 개발       | 뇌세포 작동 원리, 신경회로 상호작용 규명 등 인간의 뇌를 이해하기 위한 기술의 촉진 | <ul style="list-style-type: none"> <li>2016년 3억 달러를 투자하여 NIH, NSF, FDA, DARPA 등의 연구 지원</li> <li>알츠하이머, 파킨슨, 우울증 등 질환의 이해</li> </ul>               |
| 의료서비스의 획기적 혁신 촉진             | 의료서비스 전달 혁신을 통해 서비스 질 향상, 의료 실수 예방, 비용 절감       | <ul style="list-style-type: none"> <li>메디케어·메디케이드 혁신센터(CCMI)를 통해 저비용·고품질의 새로운 서비스 모델 시험</li> </ul>  |
| 첨단 자동차로 사망자 수 감소             | 연결된(Connected) 자율차량 개발을 통해 교통사고 90% 저감          | <ul style="list-style-type: none"> <li>운행 및 안전기준 관련 연구에 투자 확대, 기술 적용을 위한 규제 개선 등</li> </ul>   |
| 스마트시티 건설                     | 교통, 범죄 등 도시정보를 수집, 활용하여 삶의 질 개선                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>스마트시티계획(smartcity initiative)에 따라 20개 이상 도시가 참여하여 안전, 에너지, 교통 등의 연구 진행</li> </ul>                          |
| 청정에너지 촉진과 에너지 효율 향상          | 재생에너지, 청정에너지 개발 및 고효율화를 통해 탄소 배출 저감 및 에너지 안보 강화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>2016년 76억 달러를 청정에너지, 지속가능 교통기술, 스마트그리드, 핵에너지 등에 투자</li> </ul>  |
| 교육기술을 통한 교육혁명                | 브로드밴드, 클라우드 등을 활용한 혁신적 교육법 개발로 교육의 질과 성과를 향상    | <ul style="list-style-type: none"> <li>2018년까지 99%의 학생이 고속 인터넷에 연결할 수 있도록 하는 ConnectED 전략 추진</li> <li>교육고등연구계획국(ARPA-ED) 설치</li> </ul>            |

<표 계속>

| 전략적 목표           | 비전  | 정책방향   |
|------------------|---|--|
| 우주기술 혁신          | 민간과의 협력을 통해 우주비행 비용의 획기적 감소, 민간 우주산업 성장 촉진    | <ul style="list-style-type: none"> <li>NASA 상업 유인 우주운송에 2017년까지 60억 달러 투자 계획, 2016년은 12억 달러를 이 분야에 투자</li> </ul> |
| 새로운 컴퓨팅 기술의 개척   | 슈퍼컴퓨터(HPC) 개발로 공공서비스 질 향상, 경제성장, 건강 및 안전 등 확보 | <ul style="list-style-type: none"> <li>국가전략컴퓨팅계획(NSCI)에 따라 슈퍼컴퓨터 개발을 국가적으로 지원</li> </ul>                         |
| 글로벌 빈곤 해소를 위한 혁신 | 2030년까지 지속적인 극도의 글로벌 빈곤의 해소                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>국제개발청(USAID)은 정부, 시민사회, 민간과의 파트너십을 통해 혁신을 촉진</li> </ul>                   |

자료: 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원(2016: 4).

#### ○ 국민과 함께하는 혁신적인 정부 구현

- 공공 부문 혁신을 위한 innovation Toolkit 적용: 글로벌 수준의 인재 영입, 파급효과가 큰 혁신 실험실 설치, 혁신기술의 정부구매 등
- 연방기관을 통한 혁신문화의 확산: 혁신 실험실 모델 개발 지원
- 디지털 기술을 이용한 공공서비스: 디지털서비스 전문가 채용 지원, 범정부 디자인 표준 개발
- 사회혁신을 위한 근거자료 확충: 성공조건부 지불(PFS) 프로그램 확대, 데이터 공유의 장애물 제거

#### 라. 시사점

- 미국은 혁신과 과학기술을 경제성장의 원천으로 규정하고, 글로벌 혁신 리더의 위상을 유지하기 위한 정부의 투자 확대와 역할을 강조함.

- 정부는 기초연구 투자, STEM 교육 확대, 물리적·디지털 인프라 구축 등을 통해 혁신 기반을 마련함.
  - 기업의 혁신적 제품 탄생에는 정부의 장기간 R&D 투자의 결과물들이 활용되었음을 인식하고, 기초연구에 대한 투자 확대를 특히 강조함.
- 민간 영역의 혁신 활동 촉진자로서 정부의 역할을 제시함.
- 정부는 혁신 활동을 저해하는 규제개혁과 시장실패 보완을 통해 기업의 도전을 지원할 필요가 있음.
  - 오픈이노베이션, IT 비즈니스 초기비용 감소, 제작자 운동, 크라우드펀딩 등 기업환경의 변화에 따라 정부의 지원도 변화할 필요가 있음.
- 전략기술 분야를 중심으로 한 국가적 당면과제 해결 노력을 기울임.
- 첨단 제조기술, 뇌과학기술, 자율주행자동차 기술, 우주기술 등 전략기술 분야의 비전과 투자계획을 수립함.
  - 사회적 문제해결뿐만 아니라 전략기술 분야의 원천기술 개발·응용을 통해 신산업 창조와 미래 일자리 창출이 목표임.
- 미국은 과학기술을 통한 혁신 창출, 지속성장을 위한 혁신 기반 강화에 중점을 두고 있음.
- 미국은 공공·민간뿐 아니라 국민 개개인의 혁신 활동을 유인·촉진하고, 이를 위해 STEM 교육 강화, 공공서비스 제고 등의

정책을 추진하고 있음.

## 2. 일본의 제4차 산업혁명 대응 전략<sup>8)</sup>

- 2015년 6월 30일 일본이 제4차 산업혁명에 대한 문제를 인식하고, ‘일본부흥전략 2015’를 수립함.
  - 최근 가속화되는 산업 및 경제사회의 변화 흐름에 민간기업들이 따라갈 수 있도록 정부가 적절한 투자 시행과 제4차 산업과 관련된 제도적 준비를 위해 민관 공통의 비전인 ‘일본부흥전략 2015’를 수립함.
  
- 2015년 8월에는 관계부처와 학계가 공동으로 산업구조심의회 부설기관인 ‘신산업구조부회(新産業構造部會)’을 설치함.
  - 관계부처: 경제산업성, 내각부, 공정거래위원회, 금융청, 총무성, 재무성, 문부과학성, 후생노동성, 농림수산성, 국토교통성
  
- 2016년 4월 27일 산업구조심의회 신산업구조부회에서 ‘제4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의 전략’을 발표함.
  - 제4차 산업혁명을 선점하기 위한 전략으로 다음과 같은 일본의 7대 추진방향을 제시함.

---

8) 일본 경제산업성에서 2016년 4월 27일 발표한 ‘제4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의 전략’을 한국어로 정리한 한국무역협회의 ‘제4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의 전략 및 시사점’을 정리함.

〈표 3-5〉 제4차 산업혁명 추진방향: 일본

| 7대 추진방향                       | 내 용  |
|-------------------------------|--|
| ① 데이터 활용 촉진을 위한 환경정비          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 플랫폼 구축</li> <li>• 데이터 유통시장 마련</li> <li>• 지식재산권 제도 및 경쟁정책 고도화</li> </ul>               |
| ② 인재육성 및 고용시스템의 유연성 향상        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 인재 활용</li> <li>• 교육시스템 개선</li> <li>• 노동시장 및 고용제도 유연화</li> </ul>                       |
| ③ 혁신 및 기술개발의 가속화              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모 혁신 거점 마련</li> <li>• 인공지능 등 국제표준화의 전략적 추진</li> </ul>                                   |
| ④ 금융조달 기능의 강화                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고도 과학기술 및 혁신 관련 분야에 대한 벤처투자 촉진</li> <li>• 핀테크(FinTech)<sup>1)</sup> 등 결제기능 고도화</li> </ul> |
| ⑤ 산업구조 및 취업구조 전환의 원활화         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유연한 구조조정 등이 가능한 신속, 과감한 의사결정 체제 마련</li> </ul>   |
| ⑥ 제4차 산업혁명의 중소기업 및 지역 경제에의 보급 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소기업, 지역사회에 대한 IoT 기술의 보급</li> </ul>  |
| ⑦ 제4차 산업혁명을 대비한 사회시스템의 고도화    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 규제개혁</li> <li>• 행정서비스 향상</li> <li>• 국제사회와의 연대를 통한 세계화</li> </ul>                          |

주: \* 금융(financial)과 기술(technique)의 합성어로, 정보기술(IT)을 기반으로 한 새로운 형태의 금융기술을 말함.

출처: 한국무역협회(2016: 2).

### 가. 일본의 제4차 산업혁명 7대 추진방향

#### 1) 데이터 활용 촉진을 위한 환경정비

- (데이터 플랫폼의 구축 및 데이터 유통시장의 마련) 일본의 강점 분야에서 데이터 플랫폼의 구축을 추진하고 조기 성공사례를 만들어냄으로써 국제표준화로 발전시키는 전략임.

- 언제든지 필요할 때에 공급자-수요자 간의 매칭이 쉽게 이루어질 수 있도록 상시적인 데이터 유통시장 정착이 필요함.
- 일본의 강점 분야인 스마트 공장, 산업보안, 자동주행시스템, 건강, 의료 등에서 우선적으로 데이터 플랫폼을 구축하고 성공사례를 창출하고자 추진함.
- 데이터 유통시장 마련을 위하여 공급자-수요자 각각의 권리, 책임 소재, 거래관행에 대한 명확화와 제도적 정비가 필요하며, 실제 유통시장 실현을 위한 기술적 검토가 필요함.
  - 데이터 유통시장 정책을 위한 시범사업 추진과 기존의 대면, 서류에 기초한 방식에서 벗어난 거래방식의 IT화를 추진함.
- (개인 데이터의 활용 촉진) 개인 사생활 보호와 개인정보 활용 간의 균형을 유지하면서 사회 전반적으로 개인정보 활용을 촉진시킬 수 있는 제도적 정비가 필요함.
  - 개인정보 활용 동의와 관련된 가이드라인 생성과 국제규격화 추진
  - EU의 데이터 보호규칙안 18조(데이터 이전 권리)<sup>9)</sup> 벤치마킹
- (인터넷 정보 보안기술과 인재를 함께 육성하는 순환시스템 구

9) EU의 데이터 보호규칙안(Directive 95/46/EC) 18조 2항 ‘데이터 이전권리’: 개인정보의 주체는 데이터 관리자에게 제공한 개인정보를 전자적 판독이 가능한 전자파일의 형태로 다시 제공받을 권리가 있으며, 아울러 동 데이터를 기존 데이터 관리자의 어떠한 방해도 없이 제3의 데이터 관리자에게 이전할 수 있는 권리를 갖는다.

축) 사이버 보안 강화를 위해 정부 주도로 산업계와 연계하여 사이버 보안 산업을 육성함.

- 사이버 테러 사례에 대한 분석, 연구를 지원하여 산업계의 보안대책을 마련하는 한편, 전문성 있는 인재를 육성하는 순환시스템을 마련함.
- 각 산업계에 사이버 보안 관련 관리 가이드라인을 제공하고 이를 준수함으로써 산업계의 사이버 보안대책을 강화함.
- 사이버 보안 관련 전문인력을 확보하기 위해 국가자격시험 등을 도입하여 지속적인 인재육성이 가능한 환경을 조성함.

○ (지식재산권 정책의 마련) 새로운 개념의 지식재산에 대응 가능한 지식재산권 제도의 정비가 필요함.

- 인공지능(AI: Artificial Intelligence)에 의한 지식재산 분류의 명확화, 직접된 데이터베이스의 지식재산 인정의 검토가 필요함.
- 원활한 데이터 활용 촉진을 위해 보호, 활용의 균형을 맞춘 새로운 지식재산권 활용시스템 구축이 필요함.

○ (경쟁정책의 마련) 공정한 거래환경 정비를 위하여 현행 공정거래법상 대응이 어려울 수 있는 새로운 형태의 비즈니스에 대한 대응책을 강구함.

- 관계부처 공동으로 새로운 경쟁환경 실태를 파악하고, 특히 새로운 비즈니스 형태에 대한 대응책 마련을 신속하게 추진함.
- 현행 법제도상의 맹점을 파악하고 대응책 모색을 위하여 국내외 사례를 벤치마킹함.

## 2) 인재육성 및 고용시스템의 유연성 향상

- (새로운 필요를 충족하기 위한 교육시스템 구축) 초·중·고 교육 과정에 프로그래밍 교육 도입을 필수화하고, 민간단체와 협력하여 ICT를 효과적으로 활용한 교육 내용과 방법을 강구함.
  - 교육-산업계 연계로 공동 교재개발 및 지도인력 파견 등의 적극적 지원을 함.
  - 현재 이스라엘, 미국, 영국 핀란드 등에서는 프로그래밍을 필수교과로 채택 중임.
  - 교육방식에 IT 기술을 적극 도입, 활용하여 균등한 수준이 아닌 학생의 숙련도 및 수준에 따라 교육수준을 조정하는 맞춤형 교육을 강화함.
  
- 제4차 산업혁명 시대를 이끌어 갈 수 있도록 고등교육을 개혁하여 새로운 비즈니스 트렌드를 만들어 가는 인재육성이 필요함.
  - 사회인교육, 평생교육 등의 커리큘럼을 제4차 산업혁명 시대의 필요에 부응할 수 있도록 교육 내용을 변경함.
  
- 산업, 고용, 교육 및 인재육성 등을 종합적으로 고려하여 정책을 마련하는 ‘제4차 산업혁명 인재육성 각료회의’를 조속히 설치함.
  
- (글로벌 인재의 활용) 제4차 산업 성장 분야로 기존 제조 분야의 노동인구가 이전되는 과도기적 문제를 해결하고, 원활한 대응을 위해 전문 분야, 기술 분야의 외국인 인재 고용이 원활이 이루어

질 필요가 있음.

- 일본의 고용환경이 외국인력에게 보다 매력적으로 전환될 필요가 있음.
  - 영주권 허가 신청자격이 주어지는 기간을 최대한 단축하는 등 전문직 외국인력의 고용환경을 지속적으로 개선하고, 일본형 ‘전문직 외국인 그린카드’의 도입을 적극 추진함.

- (다양한 형태의 노동 참여 촉진) 글로벌 환경 변화에 대응하기 위해 국적, 성별, 연령에 관계없이 다양한 인재를 발굴하고 활용하는 최적의 인재조달이 필요함.
  - 정부, 산업계 주도의 노동시장 개혁을 적극 추진함.
  - 외국인, 여성 및 고령자가 일하기 쉬운 환경 조성이 필요함.

### 3) 혁신 및 기술개발의 가속화

- (열린 혁신시스템 구축) 기업, 대학, 연구소 등의 자금, 인재, 기술, 데이터 등 연구개발과 관련된 자원들이 조직 간에 활발하게 상호이전되는 환경을 조성함.
  - 향후 10년간 대학 혹은 연구개발법인에 대한 기업의 투자가 3개 이상 증가하는 것을 목표로 산학 공동연구 추진을 적극 지원하는 조직을 강화함.

- 벤처기업이 세계시장에 진출할 수 있도록 지원을 강화하고 글로벌

별 창업지원 네트워크 및 대기업과의 전략적 연대에 적극 참여할 수 있는 환경을 조성함.

- 대기업과 벤처기업 간의 상호 기술혁신 개발 촉진을 위한 지원을 강화하고 환경을 정비함.
- 중장기적 공동 연구개발에 대한 적극적이고 지속적인 투자가 이루어지도록 지원하고, 지식재산 관련 사항이 포함된 표준계약서 등을 보급함.
- 일관적인 벤처기업, 혁신기술 개발 지원정책 추진과 정부-관계기관 간의 컨소시엄 설립, 기술개발 투자 활성화를 위한 벤처캐피탈 기능을 강화함.

○ (첨단 혁신연구 거점의 정비 및 연구 결과의 사회실현 촉진) 국가 프로젝트의 일환으로 인공지능, 로봇, 바이오, 에너지, 환경기술 등 주요 역점 기술 분야의 융합연구를 위한 기술개발 전략을 책정하고 실행함.

○ 대학 및 연구소의 기능 강화, 산업혁신 기구 등과의 연대 및 국가 프로젝트를 통한 지원으로 연구 결과가 실생활에서 구현될 수 있도록 전략적 연계를 추진함.

- 일본 내 다양한 분야의 글로벌 기술개발 인재를 유치하기 위해 제도적 장비와 보수 기준 등을 상향조정하고, 열린 혁신을 추진하기 위한 잠재력을 강화함.
- 2017년까지 5개의 대학 또는 연구소를 최첨단 혁신기술 연구 전략 거점으로 지정함.

- (지식재산의 전략적 활용과 국제표준화의 선도적 추진) 지식재산 관리, 국제표준화 추진이 가능한 전문인력 양성과 기업의 시각에서 관련 전략을 제시하고, 국제표준화 추진, 국제특허 획득을 위한 계획, 제안, 교섭 등의 일련의 활동에 대해서는 국가적으로 지원함.
  - 국립연구소, 정부출연기관 등에 의한 국제표준화 지원 활동을 강화함.
  - 대학에서 국제표준화 관련 교육의 확대와 관련 자격제도를 신설함.
  - 각 기업에 최고 표준화 책임자 직위 설치를 촉진함.
  - 정부 주도 연구개발 추진 시 반드시 연구 초기 단계에서 지식재산 관리 계획과 국제표준화 추진 계획을 포함하도록 함.

#### 4) 금융조달 기능의 강화

- (위험비용 공급을 위한 자본조달 기능의 강화) 벤처기업을 활용한 혁신 활성화를 위해 사모펀드, 벤처캐피탈 등을 통한 자본조달 기능을 강화하고, 위험비용에 대한 인식제고를 통해 경영진의 과감한 의사결정을 지지하도록 함.
  - 다양한 경제주체가 벤처기업 자본투자에 참여할 수 있도록 벤처캐피탈 산업을 육성함.
  - 민간 공동펀드 등 동반형 정책투자의 벤처기업 지원기능을 확대함.

- 유럽, 미국의 대기업이 대규모 자금력을 바탕으로 기술기반 벤처 기업에 대한 M&A를 확대하고 있는바, 이에 대한 민관 공동 대응 전략이 필요함.
  
- (무형자산 투자의 활성화) 기업의 연구개발, 정보자산, 지식재산, 인적자원 등 무형자산에 대한 투자를 촉진시키는 다양한 지원책 강구가 필요함.
  - 기업이 보유한 무형자산을 적절히 분류하고, 이에 대해 기업의 가치를 평가하는 방안을 도입하여 무형자산에 대한 기업의 투자 실효성을 향상시킴.
  - 국가가 중장기 연구개발 투자 및 무형자산 투자 기업에 대해 다방면의 인센티브를 부여함으로써 무형자산의 축적을 진전시키고, 이를 기업의 혁신기술 개발과 연결시키기 위한 정책적 지원을 강화함.
  
- (핀테크 중심으로 금융결제 기능의 고도화) 핀테크를 통한 금융 혁신서비스가 중소기업의 자금조달 원활화, 가계의 자산형성 지원 등 사회 전반적으로 파급효과가 나타나도록 환경을 조성하고, 인센티브 부여 방안을 검토함.
  - 금융기관, 금융 관련 IT 기업에 대한 출자 간편화, 결제대행서비스에 대한 임의등록제 등의 제도적 정비가 필요함.
  - 신용카드 결제 단말기 IC 호환율 100% 달성, 보안 안정성 강화 등 금융결제 인프라의 적극적 개혁을 추진함.

5) 산업구조 및 취업구조 전환의 원활화

- (경영층의 신속, 과감한 의사결정 체제 구축 및 사업재편 환경 개선) 업무 추진과 관련된 의사결정권을 최고경영자를 포함한 경영층에 가능한 한 위임함으로써 신속, 과감한 의사결정을 지원하고, 이사회에 경영층에 대한 모니터링 기능을 강화하여 공동 의사결정 체제를 마련함.
- 기업의 필요에 따라 신속하고 유연한 포트폴리오 구성이 이루어질 수 있도록 M&A 관련 제도 정비를 추진함.

6) 제4차 산업혁명의 중소기업 및 지역경제에의 보급

- (중소기업, 지역경제를 위한 IoT 도입 및 활용 기반 구축) 제4차 산업혁명의 성과를 대기업 → 중소기업, 중앙 → 지방으로 확장시키기 위해 IT 활용 기반 구축을 위한 지원이 우선적으로 필요함.
  - ‘중소기업경영강화법’ 안에 IT 관련 설비투자 및 사업투자 사례 등을 지칭화하여 IT관련 투자에 적극적인 중소기업을 우선적으로 지원함.
  - 향후 2년간 1만 개 회사 이상의 중소기업에 IT 도입을 지원함.
  - 제조업에 대해서는 IT화, 생산성 향상, 로봇 도입 등의 컨설팅을 적극적으로 지원하도록 ‘스마트 제조 지원단’<sup>10)</sup>을 설립함.

10) 스마트 제조 지원단: 생산현장 퇴직 기술자, IoT, 로봇 관련 전문지식 보유자로 구성된 지원단이 전국 지원단 거점에서 중소기업을 상시 컨설팅하고, 중소기업 현장에 파견되어 중소기업의 생산성 향상 활동과 IoT 및 로봇 현장 도입을 지원함.

- 소형 범용로봇의 초기 도입비용을 20% 이상 절감하고, 로봇 도입의 전 과정을 지원하는 전문가를 확대 배치함.
- 산업 자동화 촉진을 위한 중소기업 및 지방 현장의 로봇 도입 등을 적극적으로 지원함.

7) 제4차 산업혁명을 대비한 사회시스템 고도화

- (제4차 산업혁명 시대를 위한 규제개혁 추진) 제4차 산업혁명 시대에 대응하기 위해 민관이 국가 차원의 장기적인 ‘미래상’을 공유하고, 중기적인 기한을 정해 구체적 규제개혁 달성 목표를 설정하고 추진하는 로드맵을 마련함.
- 우선적으로 자동주행차량의 거리주행, 드론운항 관리시스템, 절전전력 거래, 공유경제 등의 기반 인프라와 관련된 규제개혁 및 제도정비를 적극적으로 추진함.
- (IT 기술 및 데이터를 활용한 행정서비스 개선) 행정수속의 간소화 및 IT화 등을 통해 행정서비스의 생산성을 향상시키고 더불어 새로운 대민서비스까지 개발함.
  - 개인·기업의 전자인증 상용화, AI 활용에 의한 업무효율화, 새로운 경제지표의 개발, 공적 개인인증제도를 활용한 새로운 서비스 제공 등
  - 정부, 지자체 등의 행정기관이 보유한 데이터를 분석하여 민간에 공개 가능한 데이터는 민간이 적극적으로 활용하도록 추진함.

- (전략적 연대를 통한 국제공조 강화) 데이터의 이용, 활용에 대한 규제 및 제도 정비에 국제 조화를 추진하고, 국가 간의 데이터 이동이 가능한 글로벌 데이터 마켓 구축을 추진함.
  - EU, 미국 등 선도적 국가들의 제도에 대한 조사도 추진
  
- (제4차 산업혁명을 사회 전반에 보급) 제4차 산업혁명의 사회 수용성을 높이기 위해 국민 인식을 제고하고 사회적 합의를 끌어내는 다양한 접근 방법을 시도함.
  - 데이터 활용의 보안성 향상과 환경 정비 현황 등에 대한 홍보를 실시함.
  - 선진국, 일본의 사례를 조사하여 제4차 산업혁명의 장점과 필요성을 전파함으로써 사회 전반적 인식을 제고함.

#### 나. 제4차 산업혁명에 따른 취업구조의 전환

- 인공지능, 로봇 등의 활용이 고도화됨에 따라 비정형적인 노동에 대해서도 자동화가 가능해져 일본의 인력부족 현상이 해소되는 한편, 현재 고용의 많은 부분을 차지하고 있는 중급 사무행정 업무가 크게 감소할 가능성이 큼.
  
- 이러한 변화가 가져오는 유희고용 분야와 신규고용 분야 등의 수요-공급을 예측하고, 취업구조 전환에 대응할 수 있는 인재육성과 성장 분야로의 노동이동이 필요함.

1) 제4차 산업혁명에 따른 업무 내용 및 고용 분야의 변화

- 전문지식을 활용한 경영기획, 상품기획, 마케팅, R&D 등의 업무가 증가함.
  - 경영전략 수립, M&A, 데이터 가공·분석, 데이터를 활용한 상품기획, 마케팅, 데이터의 수집, 활용을 설계하는 IT 기술 등
  - 위의 전문지식 및 고급기술 보유자들의 업무를 지원하는 스태프 업무
  
- 제조 및 조달 관련 업무가 감소함.
  - 인공지능, IoT, 로봇 등의 활용으로 자동화, 무인화 공장이 일반화되어 기존 제조 관련 업무가 전반적으로 감소함.
  - 정형적인 제조라인뿐만 아니라 비정형 제조와 검수, 검품 분야까지 자동화가 확산됨.
  - IoT 활용에 따른 조달, 공급의 자동화로 조달, 구매 관련 업무가 감소함.

2) 제4차 산업혁명에 따른 각 분야별 변화

- (영업판매) 빅데이터 분석에 따라 상품과 서비스를 매칭해 주는 판매가 효율화, 자동화됨에 따라 부가가치가 낮은 영업 및 판매 업무가 감소하고 안심감과 품질이 구매를 결정하는 상품, 서비스 영업 업무가 증가함.

- (서비스) 인공지능, 로봇에 의한 자동화로 저부가가치 단순서비스 업무가 감소하고, 대면서비스 심화에 따른 가치 향상이 가능한 고부가가치 서비스 업무가 증가함.
- (IT 업무) 새로운 비즈니스를 창출하고 선도하는 고급기술 수요와 로봇, 인공지능의 발달에 따른 다품종 대량생산이라는 새로운 제조방식 수행을 위한 중급기술 수요도 지속적으로 증가함.
- (일반 사무행정 지원) 인공지능과 사무자동화의 발달, 글로벌 아웃소싱 등에 의해 사무행정 지원 업무는 지속적으로 감소함.

〈표 3-6〉 제4차 산업혁명에 따른 각 분야별 변화

| 분 야        | 감 소                                      | 증 가  |
|------------|--|--|
| 영업판매       | 소액 및 정형화된 보험상품 판매원, 마트 계산원               | 맞춤형 고액 보험상품의 영업 담당 등 전문적인 컨설팅을 함께 제공하는 VIP 및 법인 영업 담당자 |
| 서비스        | 콜센터, 은행 창구업무, 대중음식점 및 중·저급 호텔의 접객, 창고 작업 | 고급 레스토랑 및 호텔의 접객, 간호서비스, 아티스트                          |
| IT 업무      |  | 제조업 관련 IoT 비즈니스 개발, IT 보안 유지관리                         |
| 일반 사무행정 지원 | 경리, 급여관리, 데이터 입력, 사무보조 등                 |  |

출처: 한국무역협회(2016)를 정리.

#### 다. 시사점

- 일본은 독일, 미국 등 다른 선진국에 비해 뒤늦게 제4차 산업혁명에 대해 인식하였지만 신속히 대응하는 중임.
  - 독일은 산·관·학 연대, 미국은 기업연합 등에 의해 제4차 산업혁명을 선두로 추진하고 있으며, 일본은 로봇을 활용한 공장자동화와 같은 기존의 생산효율화와 동일시하여 민간 차원의 개별기업이 대응할 문제로 인식해 옴.
  - 하지만 2016년 6월 각료회의에서 국가 차원의 문제임을 인식하고 신속한 대응을 개시함.
  
- 일본은 제4차 산업혁명을 생산시스템 고도화에만 국한하지 않고, 국가경제 및 사회 전반을 변화시키는 국가혁신 프로젝트로 확대하는 광범위한 전략을 수립함.
  - 산업구조 및 고용구조의 변화를 포함한 산업구조조정 및 인구감소에 따른 고용인구의 확충과 산업 간 고용이전 등을 고려함.
  - 2030년까지 전략 추진에 따른 경제성장, 생산성 향상, 고용구조 등에 대한 경제적 효과 분석을 병행하여 국민적 공감대 및 추진동력을 확보하고자 함.
  
- 목표시한을 설정하고 7대 세부 전략을 수립하였으나, 구체적인 실행계획이 아닌 개념적 내용이 대부분이라는 한계가 존재함.

### 3. 독일의 제4차 산업혁명 대응 전략

#### 가. 독일 정부의 제4차 산업혁명 대응 방향

- 독일 정부의 4차 산업혁명 대응은 제조업 부문의 스마트화 전략인 산업 4.0과 노동세계의 대응 방안인 노동 4.0으로 구분됨.
  - 산업 4.0과 노동 4.0은 동전의 양면과 같은 것으로, 사회적 시장경제의 전통에 기반을 둔 독일의 오랜 사회적 대화 전통의 소산임.
  
- 독일의 미래는 상당 부분 노동자에 대한 양질의 교육과 스킬에 달려 있음.
  - 디지털 혁명, 인구변화에 대응하여 정책 전문가는 완전고용 목표 달성을 위한 광범위한 정책 수단을 활용할 필요가 있음.
  - 거시경제 프레임워크, 재정·서비스 정책, 연구지원 등이 필요함.
  
- 정책 결정자는 교육 단계별로 요구되는 변화를 관리할 책임이 있음.
  - 교육, 계속교육훈련, 스킬 개발에 대한 투자는 경제의 경쟁력 향상 및 고령화 시대 혁신을 제고할 수 있음.
  - 노동세계 4.0의 대변환은 초기투자의 필요성을 증대시키므로 연방고용청을 경유하여 스킬 유지를 강화하고, 경력개발을 향상시키도록 함.
  - 공적 지원은 예방에 초점을 두어야 함. 즉, 저스킬 근로자뿐만

아니라 노령 근로자 등 일자리 상실 위험이 있는 모든 이에게 지원이 이루어져야 함.

- 고용사회부는 실업보험을 고용보험으로 전환을 시도하고, 근로자에 대한 예방적 지원을 강화함.
  - 독자적 직업진로 지도 및 계속교육훈련 지도에 관한 권리
  - 계속교육훈련 권리의 도입
  - 정부 관련 부처, 주정부, 사회파트너와 이해 당사자 등이 참석한 전국계속교육훈련 콘퍼런스에서 지속적으로 종합 전략에 대해 논의함.
  
- 기업과 노동자의 유연성에 대한 요구를 조정하고, 작업장에서의 건강과 안전 유지, 개인의 시간주권을 증진시키는 등 노동에 대한 보호로 활력 있는 공동체 지원을 위해 노력함.
  - 기업의 유연성 요구가 증가함. 비자발적 파트타임 노동, 상시 대기근로의 문제, 무급 초과노동, 휴가 청구권 및 휴가시간에 대한 비협조(non-compliance) 등의 해결 요구
  
- 연방정부 IT 정상 프로세스 프레임워크에서 디지털 노동세계 플랫폼 서비스
  - 사회파트너, 기업, 시민사회, 학계 등과 노동부장관의 대화: 생애주기에 걸친 특정한 시간수요를 감안한 노동시간의 조직 문제
  - 자문서비스, 네트워크, 가이드라인, 좋은 관행의 공유
  - 근로시간 규율의 완화 요구: 최대 노동시간 및 휴식기간 관련

규정의 개정 문제 요구; 노조는 근로자의 새로운 권리 요구(연락받지 않을 권리, 근로시간 계획 관련 권리, 원격노동권), 새로운 노동시간 법률 준수 관련 모니터링

- 초과노동으로부터의 보호와 노동 범주의 해체를 요구함.
  - 노동시간과 근로장소에 대한 통제권 문제, 혁신적 노동의 조직에 대한 새로운 타협
- 단체교섭 적용 비대상 노동자를 위한 근로시간 선택법의 법적 자격 부여(entitlements)
  - 재택근로권(the right to home-working): 근로장소에 대한 선택권 부여, 재택근로권 부여는 현재 상황에서 적절하지 못하다는 판단임.
- 근로시간 규정 협상 및 유연성의 조화: 일간 최대 근로시간에서 주당 최대 근로시간으로의 이행은 시간주권의 감소를 초래하여 근로자 건강을 침해할 우려가 있음.
- 지속적 연락 가능성은 고도의 근로장소 및 근로시간의 유연성을 의미하므로 근로시간과 기술 활용 관련 공동결정과 연결되어야 함.
- 고용주-노동평의회-사회파트너는 근로시간 조직과 유연근로장소에 대한 선도적 협약에 동의함.

- 디지털화는 노동세계 4.0에서 더 많은 자기결정 기회를 제공하므로 초과노동 보호와 노동법주의 붕괴 등에서의 균형 등 다양한 이해관계와 갈등을 조정할 필요가 있음. 또한 자기결정과 시간주권에 대한 요구가 증대되고 있으므로 협상 근로시간 모델과 유연성의 타협이 중요함.
- 근로시간 조직은 인적자원관리, 성과평가기준, 경영문화와 불가분의 관계이며, 신기술은 근로시간 및 근로장소 유연화에 기여하므로 단체교섭 및 작업장 수준의 혁신적 접근을 통한 개발이 필요함.
- 스킬 노동의 효과적 활용과 파트타임 함정 방지를 위해서 일시적 파트타임 권리가 파트타임 및 임시고용 법률에 명시되어야 함.
- 근로시간에 대한 생애주기 접근의 출발점은 장기계정의 효과적 활용, 양육 및 장기요양 부문에서 공적 인프라 확대, 은퇴로의 보다 자율적인 이행으로부터 시작됨.
- 근로시간선택법의 개혁으로 근로자에게 근로시간과 근로장소와 관련하여 다양한 옵션 결합 기회를 부여할 수 있으므로 사회파트너 및 작업장 수준의 협의가 이루어져야 함.

나. 독일 노동사회부의 노동 4.0 백서(Work 4.0 White Paper, German Ministry of Labor and Social Affairs)

- 산업 4.0과 디지털 혁신이 노동세계에 미칠 영향을 이해당사자와의 장기간의 협의를 거쳐 도출한 미래 전략 보고서임.
  
- 국가의 핵심책임
  - 산업 4.0에 대비한 거시경제 프레임워크 설계, 산업-서비스 정책, 연구지원 등으로 기술변화 및 안전망 마련 지원 등을 강조함.
  
- 고용 중심의 경제정책을 역설함.
  - 고소득이 성장시장에서의 상품과 서비스에 대한 수요를 창출하여 고용보장에 이르는 과정을 중시함.
  - 디지털 혁신으로 얻은 생산성 이익을 사회적으로 공유하는 방안  
에 대한 논의도 포함함.
  
- 선도적 노동시장 정책의 필요성을 강조함.
  - 노동시장 정책은 노동자의 일자리 상실을 예방하는 데 초점을 둠.
  - 독일은 이미 1960년대에 예방적 노동시장 정책의 토대를 마련함.  
일자리 촉진법(1969년)은 자동화의 함의에 대한 논쟁의 산물임.
  - 당대 디지털 혁신은 노동시장 정책의 재구조화(realignment) 요  
구를 수용해야 함.
  - 인구구조 변화에 따른 잠재 노동인구 감소로 인한 노동수요와  
노동공급 격차 확대 방지를 위한 정책이 필요함.

- 노동의 디지털 전환에서 핵심열쇠는 근로자의 스킬임.
  - 디지털 스킬의 교수: 일반 및 직업학교에서 시작되어 고등교육에서 지속됨.
  - 직업 프로파일을 조정하고, 현장 적응성을 갖춘 직업능력개발 모듈은 평생학습을 지원하도록 설계될 필요가 있음.
  
- 미래 숙련노동 수요에 대한 정기적 모니터링(regular monitoring of future demand for skilled labor)이 필요함.
  - 인구, 지역, 스킬 관련 미스매치 전망을 정기적으로 업데이트하여 노동시장 정책 재구조화의 기초로 작동하도록 설계해야 함.
  
- 선도·전략적 스킬 정책을 디지털 전환에서의 고용노동 정책의 대들보(mainstay)로 유지하도록 함.
  - 숙련노동 근간 보증: 이주, 여성고용 증대 및 저스킬 노동자의 통합이 필요함.
  - 무엇보다도 개인의 고용가능성 유지 및 제고가 필요함.
  
- 사회적 유용노동을 시장노동의 보완재로 삼기 위한 국가-정부 정책이 필요함.
  - 소득뿐만 아니라 노동의 사회적 가치를 고려해야 함.
  - 디지털·글로벌 시대의 독일의 성공은 교육, 계속직업교육훈련 및 스킬 개발에 달려 있다는 것에 전문가들의 광범위한 동의가 있음.

- 중소기업 부문 및 노조에서는 계속훈련 공급능력(capabilities)의 공유(pooling) 요청이 있는데, 이는 지역별 고용주 그룹의 형태로 가능함.
  - 주정부 고용노동사회 장관 콘퍼런스에서는 보편적 무료 서비스, 공적자금 지원으로 품질보장 및 교수의 전문화 등과 같은 계속직업교육훈련 관련 자문서비스 요청이 있었음.
  - 오스트리아의 파트타임 훈련휴가 모델\*에 기반한 임금보상 체계(wage compensation scheme)에 대한 요구도 있었음.
    - \*계속훈련을 받기 위해 파트타임으로 근로시간을 단축한 근로자가 단축 근로시간에 대한 ‘소득대체 급여(income replacement benefit)’를 수령 가능하도록 한 조치
  - 금속 및 전기 산업 부문의 단체협약 조처에 더하여 국가가 파트타임 훈련 휴가 프레임워크 개발을 요청함.
  
- 연방고용노동사회부는 연방정부의 숙련노동 개념을 업데이트하는 것으로 목표로 함.
  - 새 개념을 노동세계 전환을 위한 스킬 전략과 연계함.
  - 공급 측면에서 난민의 노동시장 통합, 수요 측면에서 디지털 구조 변화 대응이라는 도전에 직면함.
  - 새로운 미래숙련수요 모니터링 도입: ‘숙련전문가를 위한 파트너십’의 틀 내에서 논의함.
  - 지역 단위 숙련노동 공급 이해당사자(상공회의소, 수공업회의소, 투자촉진조직, 연방고용청 등)의 과업에 피드백: 숙련노동 공급 보장을 위한 지역 네트워크+ 지역 숙련노동 혁신 사무소

(고용노동사회부의 후원)

- 필요 숙련노동과 필요 숙련이 확인되면, 노동시장 이해당사자는 정치·경제·사회 영역에서 근로자 초기훈련 및 계속훈련에 관한 타깃화된 시각 보유가 가능한데, 독일의 미래 비즈니스는 근로자의 교육과 스킬에 달려 있기 때문임.
- 독일노총(DGB): 스킬 수요 확인 및 파트타임 스킬 개발 정책 지원은 계속직업교육훈련과 스킬 개발 체제 개혁의 핵심요소임을 강조함.
- 디지털 혁명은 현존 직종 프로파일 내에서 과업 조합을 변화시키고, 보다 복잡한 과업 결합을 요구하며, 모든 부문 및 직종에서 추가적인 디지털 자격의 필요성을 증대시킴.
  - 미래 노동시장에서의 성공을 위한 과업 역량: 사회, 소통 및 다문화적 스킬, 시스템적·창조적 사고, 추상적 사고 능력, 신속한 정보 처리 및 데이터 선택 능력
- 하나의 우선순위로써 IT 스킬 교육을 강조함. 모든 부문의 모든 교육단계에서 스킬개발이 필요하므로, STEM 스킬 교육을 강조하고, 학령기에서부터 고등교육까지 총체적 접근이 필요함.
- 미래의 디지털 스킬은 직업훈련 시작을 위한 개인의 준비도를 결정하는 통합적 요소임.

- 디지털 스킬: 온라인 소스 혹은 새로운 모바일 컴퓨터와 온라인 미디어를 자신감 있게 다룰 수 있는 능력
  - PIAAC 기준 일터에서 컴퓨터를 사용하지 않는 집단의 비중: 독일은 8%
- 노동자에게는 변화 및 적응 과정에 대한 능동적 지원이 필요함. 예를 들면 근로생애 주요 단계에서의 이행 관리, 퇴행 방지를 위한 경력 시작·변경·발전 단계에서의 적극적 지원 등이 있음.
- 종합적·장기적 스킬 개발 및 계속직업훈련 전략이 필요함. ‘National Conference on Continuing Vocational Training’에서 전략에 대한 논의가 이루어짐.
- 연방정부 관련부처, 주정부, 사회파트너 및 이해당사자 포함.
  - 연방/주정부의 모든 계속직업교육훈련의 흐름을 통합하고, 일관적이며 포괄적인 전략을 수립함(a consistent overarching strategy).
- 계속직업훈련의 실시와 중앙-주정부의 역할
- 연방정부 관련부처는 대부분 고용청이나 잡센터에서 고용촉진 및 기본소득 지원 관련 규정과 일치하는 방식으로 집행하였으며, 향상훈련지원법을 기반으로 계속교육훈련 지원을 실시함.
  - 주정부는 마스터 기능을 하는 훈련생의 재정지원을 책임짐.
  - 기업 및 고용주는 커리어 발전 단계 이하 근로자들을 위한 예방적 계속훈련을 책임짐.

- 계속교육훈련과 관련된 기업조직-개인의 시각 차이: 조직 내 인적자원 개발과 스킬 향상 vs. 개인의 생애주기 간 이행 지원
  - 1) 기업조직 시각: 계속직업교육훈련은 조직에서 요구되는 스킬 개발, 적용, 업데이트에 기여하며, 숙련노동자 보유 및 혁신·생산성 이익, 인적자본·기업 발전에 기여한다는 입장
  - 2) 개인 시각: 생애주기에 걸쳐 지속교육훈련이 개인의 고용가능성 증진에 기여하며, 고도로 역동적인 일의 세계에서 근로이력과 선형적 관계를 유지하지는 않음.
    - 생애근로경력 기간 동안에 노동자는 고용주나 부문을 바꾸며, 계속교육훈련은 정규·자영·가족 관련 경력단절 간 이행의 촉진에 기여함.
  
- 계속교육훈련에 대한 공공이익 관점: 계속교육훈련은 전체 경제 이익에 기여하며, 교육의 수익은 보다 높은 성장 잠재력으로 사회보장기여금 및 조세로부터의 수익체증을 기대함.
  - OECD 국제성인역량조사 보고서에 의하면, 스킬과 비경제적 요인 간의 상관관계가 확인됨. 즉, 스킬은 사회적 신뢰, 정치참여 및 건강과 정의 관계를 나타냄.
  - 즉, 기본 스킬에 대한 투자는 개인 및 사회 전체에 경제적·사회적 수익을 초래함.
  
- 디지털 전환은 경제 및 노동시장 정책으로부터 적극 지원을 요구할 뿐만 아니라 보다 광범위한 재정조달 기반이 요구되며, 스킬 개발 및 계속직업교육훈련 증진에 필요함.

- 진로지도, 계속교육훈련, 근로로부터 이탈 및 임금대체 관련 비용은 국가, 기업, 개인 간에 공평하게 분담되어야 함.
- 기여금 및 조세 기반 재원 조달 비중을 명확히 할 필요가 있음.

○ 계속훈련체제에 대한 도전: 세 가지 측면

- 1) 기회: 2014년에 계속교육훈련 참여는 처음으로 50%를 초과함.
  - 반숙련·미숙련 집단에서 7%가 증가하고, 저학력 집단에서 4% 증가하였으나, 접근 기회에서는 여전히 큰 격차를 보임.
  - 소기업·임시 용역근로자 참여도는 낮으며, 저스킬 근로자의 경우(일정한 주기의 고도의 집중된 노동과정하에 일하는 집단) 계속훈련 참여 여지가 매우 낮음.
- 2) 정보 및 지도: 상의, 성인교육센터 등 다양한 기관의 참여하고 있으나, 독립적·진로지도 센터(low-threshold advice centers)의 전국적인 네트워크가 부재함.
  - 진로지도 제공에서 구속력 있는 품질표준이 부재하여 진로지도자 간의 전문화 정도도 다양함.
- 3) 시스템화: 독일 계속교육훈련 지형의 이질성에 기인하는데, 다수 이해당사자 및 기관, 교육 전통에 의해 품질이 좌우됨.
  - 계속직업교육훈련의 계획 및 집행 조정에 어려움이 야기됨.
  - 계속훈련기관은 자신의 조직적 요구 준수(organizational mandate)에 몰두하여 공공·사내·외부 계속교육훈련 기관 협력에 방해가 됨.
  - 다양한 계속교육훈련(형식·비형식·형식 교육)의 처우 차이 극복이 중요한 문제임.

- 디지털화는 혼합학습과 같은 새롭고 진화적인 계속교육 포맷을 생산함.
  - 새로운 학습 형태는 훈련 실시 장소 및 공간에서의 보다 많은 유연성을 제공하며, 현장 내 학습 증진을 목표로 함.
  - 컴퓨터 기반 훈련은 공정통합적 학습 기회를 마련함(work-flow integrated learning).
  - 비용 절감 및 새로운 학습 공정에의 적용도 증가에 기여함.
  - 디지털 지원 및 튜터링 시스템: 노동자에게 맞춤형 지원 및 생산과정 내 설명을 제공함.
  - 특정 타깃 집단과 연령에 따라 적절한 방식으로 훈련 내용을 분화하여, 파트타임 고용이 낮은 계속직업교육훈련 참여로 이어지지 않도록 해야 함.
  
- 실업보험의 고용보험으로의 점진적 전환
  - 실업보험이 사후적 지원보다는 사전적 실업예방에 보다 초점을 두어야 함.
  - 계속교육훈련을 통해서 개인의 근로생애 내에서 이행을 지원하여야 함(cf. 실업보험은 실업 발생 이후 소득 보전 및 재취업 지원에 초점).
  - 새로운 고용위험에 대한 선제적 보호 제공이 필요함. 생애 내 경력 개발 및 승진 기회 지원이 필요한데, 이는 개인의 혁신적 위험(innovative hazard) 장려를 위한 목적임.
  - 이러한 예방적 수단은 개인의 고용가능성 보호 및 증진이 목적이며, 모든 근로자를 위한 스킬 개발뿐만 아니라 스킬 개발 참

여가 낮은 집단에 특히 중요하게 작용되어야 함.

- 고용보험으로의 이행은 단기·중기·장기 절차를 거쳐 진행되어야 함.
- 초기: 향상훈련지원법 개정으로 상향 직업이동 기반을 강화하며, 실업보험 포괄 및 계속훈련 법률은 초기 경로를 마련하도록 함.
  - 성공보너스 지급과 같은 인센티브를 제공하거나 개인이 직업 자격을 획득할 때까지 몇 년간 계속훈련에 참여하도록 동기부여함.
  - 개정 법안은 직업자격이 없는 성인으로 하여금 직업훈련에 성공적으로 참여하도록 함.
- 2단계: 종합적 스킬 진단을 포함한 양질의 지도를 제공하고, 계속교육훈련 참여자에 대한 욕구별 평가를 지원함(needs-assessed support). 연방노동청은 개인의 스킬 및 잠재력을 평가하여 진로 지도서비스를 근로자와 사용자에게 제공해야 함.
  - 개인의 공식·비공식 스킬, 건강상태, 생애환경, 노동시장 요구 및 복잡한 계속훈련 지형을 고려하도록 함.
- 연방정부는 계속훈련지도 관련 파일럿 프로젝트를 최근에 완수함.
  - 계속훈련지도에 대한 관심과 요구는 매우 높은편으로 지도를 받은 집단 중 64%는 단절적 근로이력을 보유하고 있으며, 예방적 맞춤형 진로지도로 장기편의 기대가 가능함. 결과적으로 계속훈련에 대한 관심이 고양되고, 새로운 고용·개발·발전 기

회가 마련됨.

- 중기계획: 현재 계속교육훈련 지원 수단 리뷰 및 개발(특히 디지털 기술 관련)
  - 단기근로수당 수령을 통해 계속교육훈련 참여 기회가 있는지 확인하도록 함.
  - 실업보험 포괄 및 계속훈련 촉진법: 저스킬/고령 근로자로 확대
  - 미래 계속교육훈련 체제의 포함 요소
    - 가) 1단계: 계속교육훈련 지도 관련 파일럿 프로젝트 프레임워크의 경험 활용, 고품질·전국적·평생진로지도서비스 시행 필요
      - 연방고용청은 예방적·생애단계별로 접근하도록 하며, 특히 노동의 전환 시각에서 목표 대응이 필요함.
      - 피보험자의 중장기 고용 및 소득 전망에 관심을 두도록 함.
      - 노동시장 정책은 투자라는 점을 견지하면서 다양한 근로·고용 형태 간 이행에서 소득 및 고용 위기에 대한 조기 보호 및 지속적 보호가 복지국가의 가장 중요한 축임을 명시하도록 함.
      - 생애단계 접근을 통해, 현존의 소득위험 보호에 대한 타깃화된 보완재로 활용하도록 함.
    - 나) 중기: 연방정부는 모든 이해당사자에게 종합적 스킬 평가 및 생애 진로지도 등과 같은 종합적 직업진로를 제공하도록 함.
- 반숙련·미숙련 근로자의 고용 전망은 미래 노동시장에서 더욱 쇠퇴할 것임.

- 보다 나은 지원 옵션 및 인센티브 창출로 이들이 전기중등교육 학력자격에 추가로 직업자격을 획득할 수 있도록 해야 함.
  - 기업이 디지털 혁명 시에 근로자 스킬 향상을 위한 행동 인센티브로서 연방고용청의 부분적인 계속교육훈련 지원을 위한 부분기금(partial funding)도 고려해야 함.
  - 기업의 재직자 향상훈련을 지원하지 않는 현재 독일 직업훈련 재정 메커니즘의 변화를 촉구하는 것으로 주목할 만함.
- 직업자격 보유 근로자가 계속훈련 없이 변화 추이를 따라가는 것은 난제임.
- 평생학습 필요성 증대: 연령·조직 규모와 관계없이 계속직업교육훈련의 필요성이 증대되고 있음.
  - IT 스킬 획득에 대한 중요성은 다양한 분야에서 증대되고 있음. 예를 들어 추가 디지털 자격을 위한 전국적 파일럿 프로젝트 실행이 필요한데, 베를린의 노동 4.0 대화과정 프레임워크는 하나의 사례임.
- 공공자금에 부문기금을 추가하고, 단체협약을 통하여 디지털 혁명에 대한 대응 조치를 취하고 있음.
- 종합적, 장기 스킬 개발 및 계속훈련 전략
- 범부처적 접근 및 주정부 활동을 통합하는 전략: 전국계속교육훈련 콘퍼런스 프레임워크 내에서 협의
  - 다양한 직업교육훈련 계파 통합

- 고용 촉진 관련 노동자·실업자를 위한 계속교육훈련 지원 기회를 부여함.
  - 스킬 유지·개발 관련 지원
  - 재정지원으로 스킬 개발 정책 지원, 훈련 기간 내에 생활 및 사회보장 비용 지원
  - 훈련 편익에 따라 재정은 사회보장 기여금, 기업-개인의 공동지불, 조세 등으로 조달함.
  - 계속훈련을 위한 노동면제권(release from work) 필요: 기존 부모 휴가와 유사함.
  
- 장기적으로 개인 근로자의 계정을 창출하여, 조세지원 초기자금(initial capital) 조성뿐만 아니라 개인이 스킬 개발 및 경력단절 시 사용 가능하도록 함.

## 제2절 정부의 제4차 산업혁명 대응 방향

- 정부는 제4차 산업혁명 대응을 위해 ‘지능정보사회 민관합동 추진협의회’를 구성하고 ‘지능정보사회 추진 민관합동 콘퍼런스’ 등을 개최하는 등 제4차 산업혁명이 경제·사회 전반에 미칠 영향을 파악하고 대응하고자 노력하고 있음.
- 제2절에서는 2016년 관계부처합동으로 지능정보사회에 대비하여 기술·산업·사회 분야 정책을 아우르는 ‘지능정보사회 중장기 종합대책<sup>11)</sup>’을 토대로 우리 정부의 고용 부문 제4차 산업혁명 대응 전략을 정리해 보고자 함.

### 1. 고용구조, 기존 일자리의 변화

- 제4차 산업혁명은 ① 일자리의 양, ② 일자리의 질, ③ 고용형태에 영향을 미칠 것으로 예상됨.
- 일자리의 양의 측면에서는 자동화로 대체되는 업무가 확대되고, 신사업 분야의 일자리가 발생될 것임.
  - 단순반복 업무뿐만 아니라 지적노동, 중급 사무 업무, 정밀한 육체노동까지 자동화되어 고용구조의 양극화가 우려됨.
  - 지능정보기술 분야의 산업인력 수요는 증가하고 기술혁신에

11) 관계부처합동(2016), 「제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」(2016. 12. 27.).

따른 새로운 직업이 창출될 것으로 예상된다.

- 일자리의 질의 측면에서는 고부가가치 및 창의 직무 중심으로 업무가 재편성될 것으로 예상된다.
  - 근로자의 역할이 자동화로 대체되기 어려운 창의적·감성적 업무로 집중되고, 해당 인력에 대한 가치가 상승될 것으로 예상된다.
  - 기계로 대체되기 쉬운 정형적 지적노동, 육체노동에서는 인간과 기계 간 일자리 경쟁이 발생하여 업무의 질과 대우가 낮아질 가능성이 있음.
  
- 고용형태 측면에서는 전통적 평생직장의 개념이 약화되고 탄력적 고용이 확대될 것으로 예상된다.
  - 물류·제조·마케팅 등 기업 기능이 플랫폼을 통해 산업 간 경계 없이 적용되어 고용도 산업 전문성보다 기능 전문성 중심으로 전환 확대될 것으로 예상된다.
  - 단기고용 형태가 증가하고, 숙련 사무직의 경우에도 거래 계약 또는 프로젝트 기반으로 지식노동을 제공하는 형태가 증가하며, 플랫폼 기반의 서비스 발전으로 플랫폼 종사자<sup>12)</sup> 등 비정형적 고용이 지속적으로 확대될 것으로 예상된다.
  
- 이와 같은 고용구조 변화에서 다양한 산업에 지능정보기술을 접목할 수 있는 핵심역량을 보유한 전문 인재 확보가 매우 중요함.
  - 자동화 위험이 높은 직업군의 재교육 등을 통한 사회적 재배치

---

12) 플랫폼 기반 서비스 종사자들의 주 고용형태는 거래계약에 기반을 둔 1인 자영업자임.

가 고용의 핵심과제임.

- 기존의 고용안전망 체계를 정비하여 플랫폼 종사자의 사회적 보호 보장이 전제되어야 함.

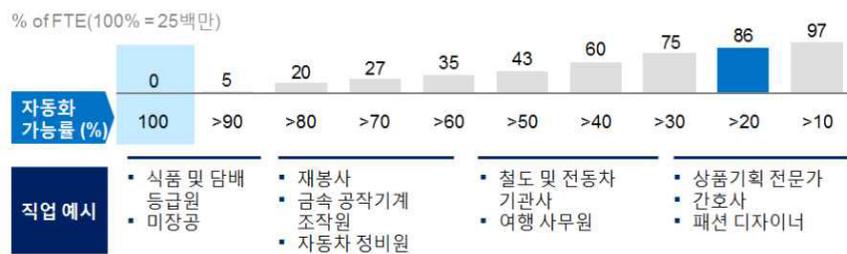
○ 국내 총 2,500만 명 일자리(414개 직종) 대상 분석 결과, 직종별 차이는 있으나 2030년 기준 국내 총노동시간 중 최대 49.7%가 자동화가 가능한 것으로 나타남.

- 수치는 현재 연구 중인 자동화 기술이 완전히 보급되었을 경우의 최대치임.

○ 자동화가 가능한 업무에 전체 근로시간의 20% 이상을 할애하는 인원이 총근로자 중 86%로 폭넓은 영향이 예상됨.

- 근로시간 전체가 자동화 가능한 일자리 비중은 약 0.3%에 불과함.

[그림 3-2] 자동화 가능률 구간별 누적 종사자 비율



자료: 관계부처합동(2016: 11).

- 반면 2030년까지 SW 엔지니어, 데이터 과학자 등 지능정보기술 분야에서 약 80만 명 규모의 신규 일자리 수요가 창출될 것으로 추정됨.
- 4차 산업혁명 시대에 노동시장 개혁과 창의인재교육의 확대가 필요함.
  - 노동시장의 유연화(직무·능력 중심의 인사, 일하는 방식 개선 등), 고용서비스 고도화 및 사회안정망 강화가 필요함.
  - 글로벌 핵심인재 확보 및 SW 교육, 융합교육 등을 통한 국민들의 창의력 및 지능정보기술 이해력 제고가 필요함.

## 2. 우리나라의 추진전략 및 정책방향

### 가. 추진전략

- ‘기업·국민(주도)-정부·학계(지원)’ 파트너십을 통한 지능정보사회 조성
  - 제4차 산업혁명 진전에 대해 기업·국민이 스스로 경쟁력을 강화하고 주도하도록 함.
  - 정부·학계는 원천기술 개발, 우수인력 양성 등 기반을 조성하고 소외계층 지원 등 시장실패를 보전하되, 강력한 신호(signal) 전달체계를 갖추어야 함.
- 기술·산업·사회를 포괄하는 균형 있는 정책 추진으로 인간 중심

미래사회 구현

- 지능정보기술과 산업·사회가 유기적으로 연결되어 사회 전반에 혁신적 변화를 초래하므로 이를 종합적으로 고려한 정책목표를 제시함.
  - 정책목표 달성을 위해 국가경쟁력 확보를 위한 기술·산업 정책과 국민적 이해에 기반을 둔 사회정책(고용, 교육, 복지 등)을 균형 있게 추진함.
- 전략적 지원을 통한 지능정보기술 및 산업 경쟁력 조속 확보
- 공공서비스(국방·치안·행정 등), 의료, 제조업 등 주요 산업 및 서비스의 선도적 지능정보화로 네트워크 효과를 극대화하고, 산업 전반에 확산시킴.
  - 데이터·기술·핵심인력 확보에 집중 지원하여 지능정보 관련 산업 생태계를 선점하고 지능정보기술 전문성을 제고함.
- 사회적 합의를 통한 정책 개편 및 역기능 대응 체계 구축
- 산업구조 재편에 따른 사회 변화에 미리 대응하기 위해 사회적 합의에 기반을 둔 교육·고용·복지 분야 관리 정책을 유연하게 추진함.
  - 사이버 위협, 양극화, 인간소외 등 역기능 연구를 통해 발생 가능한 위험성을 알리고 대응 방향을 논의할 수 있는 구조를 정립함.

## 나. 정책방향

- (글로벌 수준의 지능정보기술 기반 확보) 지능정보기술을 이끌어 나갈 수 있는 자체 기술력 및 데이터·네트워크 인프라 확보
  - 데이터의 중요성을 인식하고 데이터를 활발히 공유·거래·활용함으로써 고부가가치를 창출함.
  - 주요 원천기술에 대해 기술 경쟁력을 확보하고 국가적 관리가 필요한 근간 서비스는 국내 자체 플랫폼을 활용함.
  - 장기적 연구 및 투자가 필요한 고위험 분야 산업은 정부-민간 협력을 통하여 기술개발 및 데이터·네트워크 인프라를 확보하도록 추진함.
  
- (전 산업의 지능정보화 촉진) 공공서비스 및 민간산업 전반에 지능정보기술 도입을 조기 확산하여 생산성 향상 및 국가경쟁력 확보
  - 기존 산업에서 데이터와 지능정보기술을 기반으로 맞춤형 제조·서비스 산업으로 변모하여 고부가가치를 창출함.
  - 다양한 아이디어와 지능정보기술을 접목한 신규 벤처·창업이 활성화될 수 있도록 새로운 산업 영역을 발굴·개척할 수 있는 생태계를 조성함.
  - 국민에게 안전하고 편리한 고품질의 지능화된 공공서비스를 제공함.
  - 규제개선, 테스트베드(test-bed), 생태계 조성 등을 통해 민간투자를 촉진하고 공공서비스에 선제적으로 도입하여 마중물 역할을 수행하도록 함.

- (사회정책 개선을 통한 선제적 대응) 변화하는 사회상을 반영한 교육·고용·복지 제도를 통해 소외계층 없이 국민 모두가 혜택을 누리는 안전한 지능정보사회 구현
  - 창의적·감성적 역량을 높이는 교육으로 지능정보사회를 이끌어 나가는 능동적인 미래 인재를 배출함.
  - 탄탄한 고용·복지 환경으로 빠른 기술진보 및 기술변화 속에서도 업무능력을 지속적으로 갖춰 인간다운 삶을 누릴 수 있는 기회를 보장해 줌.
  - 양극화, 인간소외, 프라이버시 침해 등에 대한 두려움 없이 국민 모두가 안심하고 지능정보기술을 활용할 수 있는 제도적 기반을 확보함.
  - 지능정보사회 핵심인 창의인재를 양성하고 사회구조 변화와 역기능에 대비하여 안전망을 구축하는 사회 정책 및 제도를 정비함.

#### 다. 추진과제<sup>13)</sup>

##### 1) 데이터 자원의 가치 창출

- (대규모 데이터 기반 구축) 정부 보유 데이터부터 인공지능 SW의 기계학습이 가능하도록 국가 데이터 관리 체계를 확립하고, 데이터 관련 규제 개선 및 클라우드 이용 선도 프로젝트를 추진함.
  - 공공데이터 오픈포맷으로 전환 개방하고, 공공기관의 자체 연

13) 기술발전 추세, 국내 정책환경, 글로벌 동향 등을 고려하여 동 과제를 중심으로 세부 실행계획을 마련하고 사회적 논의를 거쳐 추진할 계획.

구개발을 위한 보유 데이터도 발굴 및 개방을 확대함.

- 20개 공공기관부터 연구개발 빅데이터 구축(2018년) → 전체 320여 개 기관으로 확대함(2025년).

- 의료·특허·언어 등 활용도가 높은 데이터는 정부지원을 통해 기계학습이 가능한 형태로 Data Set을 구축 및 제공함.
- 스마트시티의 각종 사물인터넷 기기에서 생산되는 센서데이터를 체계적으로 축적하고 활용할 수 있는 개방체계를 마련함.

○ 데이터의 개방·활용을 원하는 기업에게 데이터 분석 기업을 매칭하고, 데이터 가치 평가 기준을 마련하여 판매 지원

- 이와 함께 공공·민간 데이터 현황을 알려주는 데이터맵, 데이터 소재 파악 및 가공·중개를 지원하는 데이터114 서비스를 제공함.

○ (데이터 유통·활용 촉진) 개인정보 침해 없이 데이터 유통·활용이 활성화될 수 있도록 일반정보(개인정보와 무관한 정보), 비식별정보(개인정보가 비식별 처리된 정보), 개인정보별로 차별화된 활성화 전략 추진

- (일반정보) 공공·민간 데이터 가치(가격)에 의해 거래되는 데이터 거래시장을 활성화
- (비식별정보) 개인정보가 안전하게 비식별되어 일반정보처럼 유통되고 타 정보와 결합하여 부가가치가 제고되도록 지원함.
- (개인정보) 개인정보의 경우 엄격히 보호하되, 개인이 동의할 경우 개인별 맞춤형 서비스 개발·제공에 활용할 수 있도록 지원함.

- (데이터 분석 기업 활성화 및 전문인력 양성) 데이터 거래 전문 서비스 기업 확대 및 청년·재직자 대상으로 데이터 실무인력 교육, 현안 해결 중심의 데이터 과학자 양성
  - 민간 포털 등과 협력하여 4대 데이터(검색, 위치, 구매, SNS)를 일반에 테스트 자료로 제공함.
  - 사회현안 해결 목적의 데이터 기반 지능정보 플래그십 프로젝트를 발굴·추진
  - 빅데이터 아카데미 등 교육 프로그램 제공, 데이터 분석 전문 자격인 배출 및 주요 대학원에 데이터 분야 연구센터 지정·운영 등 추진함.
  
- (블록체인 기술 활용 지원) 블록체인 기술이 데이터의 무결성, 안정성을 입증할 수 있는 차세대 인프라로 활용될 수 있도록 기술 확보에 주력, 데이터 관리 안전성 보장으로 거래비용이 대폭 절감될 수 있도록 시범사업 발굴·추진과 블록체인 규제개선 추진
  - 블록체인 기술의 금융 외 분야 확장성 등을 위한 기술발전 로드맵 마련 및 R&D를 추진함.
  - 글로벌 컨소시엄에 참여하여, 최고 수준의 블록체인 응용기술을 확보함.
  - 금융 분야 면에서 다양한 분야에서 활용하고 향후 현금 없는 사회 실현을 위한 기반 기술로 검토함.
  - 산업 분야 면에서 IoT 기기 간 자율협업, 공공기록물 관리, 개인인증 등 각종 산업 분야에 적용함.

## 2) 지능정보기술 기반 확보

- 지능정보기술 선점을 위한 전략적 R&D 투자
  - (기초과학) 이론적 기초를 제공하는 뇌과학, 산업수학 등에 장 기적으로 투자함.
  - (원천기술) 기술 성숙도, 국내 기술수준을 고려하여 인공지능·하드웨어·데이터 활용 기술 분야별 기술개발 목표를 차별화함.
  - (응용기술) 국방·치안·복지·문화 등 공공 분야에 선도적으로 적용 가능한 서비스 기술 개발을 통해 민간의 혁신적인 응용기술 개발을 촉진함.
  
- 기초과학, 원천기술, 응용기술별 연구 방식 최적화
  - (기초과학) 뇌과학 연구기관 및 대학 지원 확대, 대학 내 산업수학센터 지정·지원 등 대학과 연구소 중심의 자율적이고 안정적인 연구를 추진함.
  - (원천기술) 기술격차 극복이 필요한 분야는 R&D 로드맵을 수립하고 명확한 연구목표, 추진방향을 구체적으로 제시함 (2017~). 초기 기술 분야는 대학 중심으로 자유공모 및 품목지정 연구를 확대하고, 3년간 평가를 최소화하여 안정적이고 자율적인 장기 선도연구를 추진함.
  - (응용기술) 목표지향이며 도전적인 문제해결 중심의 연구를 촉진하도록 개략적 연구목표만 제시하는 R&D 기획 및 도전적·독창성 중심 평가체제로 전환함.

○ R&D 효과 극대화를 위한 제도정비

- 국가 R&D 과정에서 축적한 기계학습용 데이터를 산·학·연이 자유롭게 활용할 수 있도록 개방·공유함.
- 우수 해외인력 영입 촉진 및 국제 공동연구 확대를 위해 국가 R&D 수행기관 선정 시 가점 부여 등을 통한 글로벌 연구협력을 강화함.

3) 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경 구축

○ 다양한 융·복합 서비스를 지원하는 고성능 네트워크 구현

- 5G 및 기가 인터넷 서비스를 상용화함(2020~).
- HW 중심, 거대사업자 종속 체계 개편, 지능화·가상화 기반 초연결 네트워크로 진화 및 기술 강소기업과 후발 사업자 진입을 촉진함.
- 다양한 IoT 센서망의 확산·연계를 통해 데이터 유통·활용 지원

○ 보안이 내재화된 고신뢰 네트워크 구축

- 네트워크 품질과 안전성 확보에 정책역량을 집중, 해킹을 원천 차단할 수 있는 양자암호통신을 단계적으로 도입하여 지능사회에 대한 신뢰를 제고함.
- AI 기반으로 네트워크에서 암호화, 침입탐지 등이 포함된 고신뢰-제어 네트워크 기술을 개발·상용화하고 재난망에 우선 적용함(2025~).

- 주파수 자원 공급 확대 및 네트워크 관련 규제개선 지속
  - 무선혁명 촉진을 위해 신규 주파수 대폭 확보 및 관련 제도를 개선함.
  - IoT, 비면허대역 네트워크 등 새로운 서비스 네트워크 구축을 촉진하기 위한 진입 규제 정비 및 관련 규제 개선을 위한 노력을 지속적으로 함.
  
- 4) 국가 근간 서비스에 선제적인 지능정보기술 활용
  - 지능정보기술을 활용한 전장 전력 극대화
    - 인간의 인지·판단에 의존하는 국방시스템에 지능정보기술을 적용하여 병력자원 감축에 대비하고 작전수행 및 전력지원 정확성을 제고함.
  
  - 지능형 범죄 대응 시스템 구축을 통한 범죄 예방 및 검거 역량 강화
    - 범죄정보 통합 분석 및 적시대응 시스템 구축·운영을 통해 범인 검거율을 10%p 제고함.
  
  - 지능정보기술을 활용한 맞춤형 행정·복지 서비스 구현
    - 지능정보기술 기반 개인 맞춤형 통합 행정서비스 제공으로 개인별 요구에 기민하게 대응하는 지능형 행정을 구현함.
    - 정보연계 및 지능정보기술 활용을 통해 복지대상자를 자동 발굴하여, 효과적으로 관리하는 전 국민 맞춤형 사회보장 관리

서비스를 구현함.

- 나아가 지능정보사회 환경 변화에 유연하게 대응하여 국민이 원하는 정부로 변모하기 위해 행정 분야 업무 방식을 혁신함.

○ 지능정보기술 활용 미래형 교통·유통·도시 인프라 구현

- 모든 차량과 교통 인프라가 연계되어 실시간으로 최적 신호체계를 구성하고 맞춤형 교통정보를 제공하는 지능형 교통체계를 구현함.
- 지능정보기술을 통해 우편·물류 프로세스를 최적화하고, 대국민 우편·물류 서비스 편의 증진 및 미래형 드론 교통관리 체계를 개발함.
- 공공·민간이 보유한 각종 도시데이터와 지능정보기술을 접목하여 교통-물-에너지 등 도시자원을 최적 관리하는 스마트시티 플랫폼을 구축함(~2022).

○ 지능정보기술 활용 공공서비스 분야 지속 발굴·확산

- 국민생활 안정성, 편의성 향상을 위해 재난, 환경, 에너지 등 다양한 공공서비스에 지능정보기술 활용을 지속적으로 확대함.

5) 지능정보산업 생태계 조성을 통한 민간 혁신 파트너 역할 수행

○ 혁신적 신기술 개발 지원을 위한 테스트베드 운영

- 지능형 도시 기반 서비스, 지능형 로봇, 자율주행차 등 중점 분야별 대규모 실증 테스트베드를 관계부처·자자체와 협력하

여 조성함.

- 신규 서비스 출시 전 테스트를 해 주는 대규모 테스트 인력풀을 운영함.

○ 신기술 규제 패러다임 전환

- 지능정보기술은 이전에 경험하거나 예측하지 못한 양상을 보이므로 법제도가 걸림돌로 작용하지 않도록 규제 패러다임을 전환함.

○ 지능정보 기반 산업 및 활용 산업의 창업·성장 촉진

- 중소·벤처기업이 지능정보기술과 지능정보데이터를 기반으로 빠르게 창업·성장하도록 모태펀드·KIF<sup>14)</sup> 등을 활용하여 지능정보 지원 펀드를 확대함.
- ‘지능정보 챌린지 대회’, ‘다국적 지능정보 스타트업 캠프’ 신설 등을 통해 스타트업을 발굴하고 해외 창업 공모전 성과 창출을 지원함(2018~).
- 출연(연) 보유 슈퍼컴퓨터 활용 시 전용자원 할당을 통한 활용 우선권 부여 등 공공연구기관의 인프라 개방을 통해 스타트업의 R&D 및 사업화를 지원함.
- ICT 벨리, 지능정보산업 허브 등을 조성함(2018~).

○ 공동구매 등을 활용한 지능정보산업 초기 시장수요 창출

- 공공혁신 조달 구매제도<sup>15)</sup>를 지능정보기술 상품에 적용함(2018~).

14) Korea IT Fund: 이동통신사업자가 3,000억 원을 출자해 마련한 정보통신기술 중소기업 양성 기금 (ICT 시사용어 200, 검색일: 2017. 7. 4.).

15) Public Procurement Innovation: 드론, 무인 농기계 등 현재 시장에 없는 새로운 제품, 서비스, 솔루션에 대해서 사전에 합의된 성능과 비용으로 구매약정하는 제도.

- 민간기업의 사회성과보상사업 수행 시 지능정보기술 활용수준을 성과목표에 포함하여 사업비·성과급 사후지급에 반영함(2018~).
- 서비스 산업의 지능정보화를 위한 산업별 맞춤형 지원
  - (금융) 핀테크, 로보어드바이저 등 지능정보기술을 이용한 개인 맞춤형 금융서비스 제공 촉진을 위한 제도개선 및 테스트를 제공함.
  - (유통) 온라인 플랫폼 이용자 O2O서비스 활성화를 위해 인증수단을 다양화하고, 위치정보 활용방식 개선 등을 추진함.
  - (방송) 케이블, 인터넷 등 전송경로에 상관없이 AI가 개인이 원하는 프로그램을 찾고 어떤 매체를 통해서든 제공할 수 있는 환경을 조성함.
  - (물류) 물류-유통-첨단산업이 융·복합된 도시 첨단 물류단지 2개소 건립에 착수함(2017~). 물류센터 내 자율주행 운송로봇 기술을 상용화함(2017~).
- 플랫폼 산업구조에 기반을 둔 공정경쟁 환경 구축
  - 플랫폼의 네트워크 효과로 인한 독과점 발생이 최소화될 수 있도록 플랫폼 산업구조에 적합한 공정경쟁 환경을 조성함.
- 6) 지능형 의료서비스를 통한 혁신 가치 창출
  - 정밀의료 등 고품질 의료서비스 제공을 위한 데이터 활용 기반 조성

- 진료기록을 전국 모든 의료기관 간에 교류가 가능하도록 하여 어느 병원에서도 개인의 진료기록 열람·활용이 가능하도록 함.
  - 지능형 맞춤형 진료서비스, 신약개발 등에 필요한 데이터를 구축하고 민간기관, 공공기관 등에 분산된 데이터 연계 활용 인프라를 구축함.
- 지능형 헬스케어 확산을 통한 고령화 대응 및 질병 예방
- 고령화, 1인 가구 확대 등에 따른 간호·간병 인력 부족 및 사회비용 증가 문제를 지능정보기술, 헬스케어 로봇 등을 활용하여 해결함.
  - 신개념 건강 진단 장비를 개발·보급하고 국가방역 체계를 지능화하여 감염병을 사전에 차단하고 국민의 건강을 보호함.
- 나노바이오 기술과 정밀의료를 통한 개인별 맞춤형 진단·치료
- 나노바이오 기술 등 최첨단 기술을 의료 분야에 활용하여 신체 일부 대체가 가능해지고 진단 치료 수준을 한 단계 향상시킴.
  - 의사 진단을 보조하고 개인의 건강상태, 유전체 정보, 생활습관 등 개인별 특성에 따른 맞춤형 치료법을 개발·보급함.
- 의료서비스에 지능정보기술 활성화 촉진을 위한 인프라 조성
- 지능정보기술이 적용된 신제품 및 서비스 개발·활용을 촉진하고 사업화, 해외진출 활성화를 위한 인프라 구축과 함께 인력 양성 및 제도개선을 추진함.

## 7) 제조업의 디지털 혁신

- 대량 맞춤생산 체계 구축을 위한 제조 CPS 개발 및 보급
  - 제조공정에 CPS<sup>16)</sup>를 도입하여 다품종 대량생산 및 상품의 완전한 맞춤생산을 통해 기업의 생산성 향상 및 경쟁력을 제고함.
  
- 로봇, 3D 프린팅 등 스마트 제조 기반 마련
  - 최소 비용 및 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하기 위한 제조공정의 혁신에 필요한 로봇, 3D 프린팅 장비의 개발·보급을 지원함.
  
- 제조업의 서비스화 생태계 조성
  - 제품에 관련 서비스를 함께 제공하여 부가 수익(서비스 이용대가)을 창출하고 제품의 가치를 높이도록 온라인 플랫폼을 통한 제품과 서비스의 융합을 지원함.
  
- 규제완화, 인력 및 R&D 지원 등을 통한 리쇼어링(Re-shoring) 지원
  - 개도국의 인건비 상승, 제조공정의 혁신 등으로 전 세계 제조업이 선진국으로 회귀하는 리쇼어링에 현상에 대응할 수 있도록 국내 여건을 조성함.

---

16) Cyber Physical System: IoT를 이용해 제조공정을 사이버상에서 재현하고 빅데이터 처리 결과에 따라 제조공정을 최적 상태로 실시간 제어하는 시스템.

## 8) 지능정보사회 미래교육 혁신

- 암기·주입식 교육이 아닌 문제해결·사고력 중심 교육 실현
  - 초·중등 학생의 SW 및 STEAM<sup>17)</sup> 교육을 대폭 확대하여 컴퓨터적 사고력(computational thinking) 및 문제해결능력을 배양하는 교육을 실현함.
  - 2018년부터 정규 초·중·고 전 학년에 SW 교육을 실시 및 확대하고, SW 교육 전문기관 설치 및 1학교-1SW 동아리 운영을 활성화함.
  - 이를 위해 SW 관련 교사 확보, 모든 학교에 컴퓨터실 설치, SW 교육 종합서비스 체제 구축 등을 위한 세부 시행계획을 마련함(2017).
  - 창의성 및 통섭능력을 갖춘 인재양성을 위해 창의융합형 선도 학교를 확대하고 대학 내 융·복합 전공 개설을 활성화함.
  - 학생들의 자율적 역량 개발 및 미래 준비를 지원하기 위해 수업방식, 학사제도 및 교육과정의 전면 개편을 추진함.
  - 학생참여 수업 활성화를 위해 자유학기제를 일반학과와 연계·확산하고, 학생 스스로 수업을 선택하는 고교 학점제 도입을 검토함.
  - 중장기적으로 수학 등 계열성이 강한 교과 중심으로 학년 구분 없이 학생의 능력과 수준에 맞춘 교육과정을 개별학교가 자율적으로 편성·운영함.
  - 지능정보사회에 대비한 미래 교육 정책들의 현장 안착과 실질

---

17) STEAM(융합인재교육): Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics

적인 교육계 변화 유도를 위한 미래형 대학입학 전형 제도를 마련함.

○ 지능정보기술을 활용한 맞춤형 교육체제 전면화

- 지능정보기술로 학생의 학습이력 및 학습수준을 분석하여, 학습효과를 극대화할 수 있는 맞춤형 학습(Adaptive Learning)체제를 구축함.
- 학습자의 학습활동 데이터를 분석하여 흥미와 수준에 맞는 학습 활동 처방과 학습 개선을 지원할 지능형 학습 플랫폼을 개발함.
- 실감형 콘텐츠를 활용한 디지털 교과서 개발(2017~2019), 보급(2018~2020) 및 맞춤형 학습자료 검색이 가능한 교육콘텐츠 오픈마켓을 구축함.
- 다양한 분야의 고급 강의를 한국형 온라인 공개강좌(K-MOOC)를 통해 공유하고 인센티브 확대 등을 통해 지속가능한 학습체계를 마련함(2017~).

○ 신산업 발전을 이끌 지능정보 핵심인력 양성

- STEAM 교육을 기반으로 컴퓨터 과학, 데이터 분석, SW 개발 등에 능통한 창의적인 지능정보영재 5만 명을 조기 발굴하고 양성함.
- 지능정보영재가 2020년부터 매년 약 5,000명 규모로 배출될 수 있도록 영재교육을 확대함.
- 정보영재 교육기관을 대폭 확대하고 중장기적으로 과학기술뿐 아니라 인문학 등 융합교육을 체계적으로 지원하는 ‘지능정보

영재고' 설립을 검토함.

- 과학고 영재고 재학생 대상으로 클라우드 기반 슈퍼컴 이용환경 및 응용 프로그램 개발 교육을 제공하여 융합인재를 양성함(2018~).
- 최고 전문가로 교수진이 구성된 산·학·연 합동 집중 교육과정을 개설하고, 석·박사 과정 장학금 확대 등을 통해 지능정보기술 최고급 전문인력을 양성함.
- 인공지능(AI)을 포함한 지능정보기술 영역의 국내 최고 수준 대학원(연구실)을 선정하여 10년간 집중 지원함.

○ 교원양성 및 지능정보사회 교육 인프라 구축

- 교원의 지속적인 SW 지도역량 강화를 위해 매년 6만여 명의 교원을 대상으로 SW 연수교육을 실시하고 경력에 따라 맞춤형 연수를 실시함.
- 전 학교에 무선 인터넷 망을 단계적으로 설치하고 AI, 가상현실 등을 활용하여, 맞춤형 학습을 지원하는 '첨단 미래학교' 모델을 개발함(2017, 시범운영).

9) 자동화 및 고용형태 다변화에 적극적 대응

○ 투입 중심에서 성과 중심으로의 탄력적 노동시장 개편

- 근로시간·근로장소 등에 제약을 받지 않는 유연한 근무환경 조성을 위한 유연근무제 확대 및 근로시간계좌제를 도입함(2017).

- 일·가정 양립의 조직문화 확산을 위한 전담기구 신설 및 조직 문화 진단 지표를 개발하고 우수사례를 발굴함(2018).
  - 기업의 창의적 인재 확보와 생산성 향상 지원을 위해 공공 부문 중심으로 능력 중심 채용 및 성과 중심 임금체계의 현장 확산을 강화함(2017).
- 고용형태 다변화에 대응한 고용안전망 확대
- 플랫폼 노동 등 비전형 근로 증가 및 다지역적 근무 등 근무방식 다양화 등에 대응하고, 주요 직종별 표준계약서 및 표준약관을 마련·보급함(2017).
  - 중장기적으로 다양한 고용형태를 포괄할 수 있는 근로자 개념 정의 등 새로운 근로기준 법제 마련에 대해 검토함.
  - 고용형태와 관계없이 일하는 사람에게 고용보험·산재보험이 적용될 수 있도록 적용대상을 특고 등으로까지 점진적으로 확대함(2017).
  - 노무제공을 통해 생계를 유지하는 개인·가구의 최저소득을 보장할 수 있도록 근로장려세제(EITC)의 적용범위와 지급액을 확대함(2018).
- 부문 간 일자리 이동 지원을 위한 고용서비스 고도화
- 워크넷 및 고용보험 정보를 빅데이터 분석하여 취업정보·훈련 정보·지원금 등 개인별 맞춤형 서비스를 제공함(2017).
  - 개인의 생애주기, 특성, 이용패턴, 교육·훈련·구직이력 등을 통합 분석함.

- 구직자의 다양한 욕구에 맞춘 신속한 일자리 이동 지원을 위해 취업지원서비스 역량을 강화함.
  - 중앙-지방-민간의 일자리 관련 정보 및 서비스를 워크넷(온라인) 및 취업성공패키지(오프라인)를 중심으로 유기적으로 연계함(2017~).
  - 중소기업 전직자 대상 중장년일자리희망센터의 재취업 역량 강화 서비스 제공을 단계적으로 확대함.
  - 훈련비 상향 지원, 훈련방식 다양화 등으로 전직훈련 참여 유인을 강화함(2017).
  - 전직자 대상 일자리 창출 잠재력이 풍부한 빅데이터, 인공지능, 가상현실 등 신사업 분야 창업 및 창직에 대한 훈련을 제공함(2017~).
- 지능정보사회 신사업 창출을 위한 산업인력 양성
- 직종별 자동화에 의한 대체효과, 유망 신사업·신직업에 대한 인력수요 예측을 위한 인력수급 전망을 고도화하고 전담조직을 확충함(2018).
  - 공공훈련기관(폴리텍)을 테스트베드로 매년 지능정보기술 분야 훈련과정을 신규 개발하고 민간 훈련기관으로 확산함(2017~).
  - 산업전문인력양성사업(산업기술진흥원)을 통해 지능정보기술 신사업 분야 인력양성을 확대하여 매년 3천 명의 석·박사급 인력을 공급함(2017~).
  - 인문학과 기술을 연결해 새로운 가치를 창출하는 융합형 인재의 양성을 위한 인문계 전공 학생, 사무직 재직자에 대한 SW

교육을 확대함(2018~).

10) 지능정보사회에 대응한 사회안전망 강화

- 사회보장제도 강화를 통한 국민의 안전한 삶 보장
  - 소득 양극화 및 실업·전직 확대 등의 가능성에 대비할 수 있도록 사회보장제도를 대폭 확충하고 내실화를 꾀함.
  - 실업급여 및 사회보험료의 지급액 및 지급기간을 확대하고 기초생활보장제도, 기초연금의 대상자와 수급액을 점진적으로 확대함(2017~).
  - 국민건강보험 보장성 강화와 필수의료비 경감을 추진함.
  
- 복지행정 효율화 및 복지재정 건정성 유지
  - 복지행정서비스 전반에 지능정보기술이 활용되도록 하고, 복지분야 재정전망을 강화하여 재정의 지속가능성 확보함.
  
- 고령층·장애인 등 취약계층을 위한 지능정보기술 개발 추진
  - 지능정보기술 개발을 인간 활동 보조 분야에 집중하여 고령층·장애인 등 취약계층이 겪는 일상의 어려움 해결을 위해 노력을 기울임.

11) 지능정보사회에 대비한 법제 정비 및 윤리 정립

- 지능정보사회 방향 제시를 위한 기본법 마련

- 국가·사회 전반의 지능정보화 방향 제시를 위해 「국가정보화 기본법」을 「지능정보화 기본법」(가칭)으로 개정하는 방안을 마련함.
- 데이터 수집 및 AI 알고리즘 개발·사용 시 인간 중심 윤리 정립
  - 개발자 및 이용자의 윤리적 사고를 통해 지능정보기술의 오작동 및 남용을 최소화하기 위한 지능정보기술 윤리헌장 제정을 추진함(2018).
  - 지능정보사회 역기능 예방 및 이용자 지원을 위해 기술 영향 및 위험성 등을 상시 모니터링·연구하는 민관 합동 협의체를 설치함.
  - 장애인 등 취약계층에 대한 교육 등으로 지능정보 격차를 해소하고 기술과 인문학·예술 등을 융합하는 인간 중심 기술문화 확산을 추진함.
- 지능정보기술 기반 확보를 위한 법제 정비
  - 민간이 대규모로 수집한 데이터의 재산권적 가치를 부동산·동산에 준하도록 인정하고, 제3자의 무단사용 금지 및 손해배상 청구 방안을 검토함.
  - 자동차 부품, 의료기기 등 각 분야별 지능정보기술의 신뢰성·안전성 인증체계 고도화를 위해 「소프트웨어산업 진흥법」 개정 등 법적 근거를 마련함.
- 산업의 지능정보화 촉진을 위한 법제 정비

- 지능정보기술 결합에 따른 사고 시 「제조물 책임법」상 제조사의 책임을 명확화하고, 피해자 보상 강화를 위한 지능정보 특화 보험 신설을 검토함.
  - 인공지능에 의해 창작된 소설·음악 및 반도체 배치설계 등의 권리를 인정하는 관련 법령 개정을 추진함.
  - 현행 법제도로 인한 지능정보기술 산업화 지연을 방지하기 위해 임시 허가제도 강화, 규제 샌드박스 도입 등 「정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법」 개정을 추진함.
- 사회변화에 대한 선제적 대응을 위한 법제 정비
- 자동화 등 산업구조 변화에 대비하여 SW 교육 강화 및 개인 맞춤형 교육 및 창의융합교육 실현을 위한 관련 법제 정비를 검토함.
  - 비전형 근로 등 다양한 고용형태를 포괄할 수 있도록 근로자 개념을 정립하고 고용보험·산재보험 적용을 확대하는 「근로기준법」 등 개정을 검토함.
  - 자동화 및 플랫폼 산업구조로 노동시장의 탄력성이 요구되므로 유연근무제 확대, 근로시간계좌제 도입 등 유연한 근무환경 조성을 위한 법적 근거를 마련함.
  - 지능정보사회 도래에 따른 실업·전직 증가, 소득 양극화, 고령화 심화에 대비하여 사회보장제도 개선을 위한 법적 근거를 마련함.

12) 사이버 위협, AI 오작동 등 역기능 대응

- 강화된 사이버 위협에 대응한 지능형 자율 방어 체계 실현
  - AI 기반 제품 및 비정형 데이터까지 사이버 위협 정보 수집 대상을 확대하고, 이에 기반을 둔 사이버 보안 빅데이터센터를 구축함(2017~).
  - 인공지능에 기반을 둔 사이버 면역 시스템 및 자가 방어 체계를 구축함.
  - 네트워크로 연결되는 수많은 개인용 AI 기기 및 AI 서비스의 보안 취약점을 자동관리하는 개인 맞춤형 지능보안시스템을 개발함(~2025).
  
- 인간과 사물을 포함한 지능형 통합 인증 체계 구축
  - 현재 인간 위주의 전자인증 대상을 다양한 AI 기기로 확대하기 위해 경량화된 사물인증기술을 개발함(~2020).
  - 사람과 사물마다 별도의 인증행위가 필요 없이 인공지능이 스스로 한 번에 인증하는 지능형 자동인증 기술을 개발함(2020~).
  
- 지능정보 SW의 안전성 평가체계 마련
  - 자동차 부품, 의료기기 등 각 분야별 기 구축된 안전성 인증체계에 지능정보 SW 안전성 심사를 추가하는 방안을 연구함(2018).
  - 산업에 활용되는 AI 기기 및 AI 시스템이 설계 시부터 보안성

이 확보될 수 있도록 보안성 평가체계를 마련하고 국제 인증평가로의 확대를 추진함(~2030).

- AI 보안인력 양성 및 글로벌 공조체계 강화
  - 머신러닝 기반의 사이버 침해 대응 훈련시설을 구축하고, 교육 실시 및 AI 해킹 방어대회 개최 등을 통해 AI 보안시스템 개발자 및 관리자를 육성함(2018~).
  - 지능정보사회의 사이버 보안 국제 공동연구 확대를 추진하고 사이버 위협 정보공유 강화 및 대응 공조체계의 구축을 추진함(2016~).

### 3. 우리나라의 4차 산업혁명 대응정책 추진체계

- (추진방향) 민간이 스스로 혁신할 수 있도록 정부는 지원 및 협력함.
  - 중앙정부, 지자체 도입 기관, 전문가, 기업, 학계 등이 함께 지능정보사회 도래에 범국가적으로 대응함.

〈표 3-7〉 지능정보사회 참여 주체별 역할

| 기업                         | 국민                       |
|----------------------------|--------------------------|
| 혁신적 기술·서비스 제공 및 건전한 생태계 조성 | 창의력·지능정보이해력 제고 및 정책과정 참여 |
| 정부                         | 전문가·학계                   |
| 혁신 파트너 및 사회안전망 제공          | 인재양성 지원 및 정책방향 제시        |

자료: 관계부처합동(2016: 16).

- (추진체계) ICT 특별법에 근거한 정보통신전략위원회를 확대 개편하여 범국가적인 공감대 형성과 사회적 합의를 위한 민·관 협의체로 운영함.
  - 정부위원(12명, 총리, 미래창조과학부장관, 각 부처 장관), 민간위원(13명)으로 구성
  
- 지자체 및 시민대표, 기업 등 민간위원을 확대하여 제4차 산업혁명 대응을 위한 ‘(가칭)지능정보사회전략위원회’로 개편함.
  - 안건 논의 및 정책 조율을 위해 전략위원회 산하 4개 분과를 운영함.

[그림 3-3] 전략위원회 조직도



자료: 관계부처합동(2016: 49).

- (3부 공조체계) 범국가적 대응을 위해 입법부, 행정부, 사법부가 ‘느슨하되 긴밀한 3부 공조체계’를 구축하여 네트워크를 형성함.
  - 입법·행정·사법부가 함께 참여하는 제4차 산업혁명 대응을 위한 ‘(가칭)지능정보사회 범정부 포럼’을 구성하여 협력 방안을 논의함.

- (정부지원조직) 지능정보사회 중장기 종합대책 수립 및 이행을 위한 ‘지능정보사회 범부처 추진단’을 운영함(2016. 9.~).
  - 미래창조과학부에 관련 공무원 및 연구기관 전문가로 추진단을 구성하여 지능정보사회 중장기 종합대책 및 연도별 부처 시행계획 등을 검토함.
  - 각 부처는 동 종합계획에 따라 연도별 시행계획을 마련하고 집행함.
  - 향후 『국가정보화 기본법』 개정을 통해 법률에 근거한 범부처 종합대책으로 추진하고자 함.
  - 구체적인 내용 등은 국가재정운용 계획, 국가과학기술심의회 결과 등에 따라 변동 가능함.

### 제3절 직업능력개발제도의 현황과 문제점

- 제3절에서는 우리나라 직업능력개발제도의 현황과 문제점을 제4차 산업혁명에 대한 대응이라는 측면에서 분석함.
  - 실업자 훈련과 재직자 훈련 등 기존 사업 범주별 문제점을 진단할 뿐만 아니라 평생직업능력개발과 고용가능성 제고 관점에서 직업능력개발 정책 전반의 문제점을 진단
  
- 직업능력개발제도의 현황과 문제점
  - 실업자 훈련, 재직자 훈련의 문제점에 대한 기존 논의를 정리함.
  - 실업자 훈련은 일관된 원칙이나 계획 아래 설계되기보다는 외환위기에 따른 대량실업에 대한 긴급대책의 일환으로 추진되면서 훈련대상, 훈련목표, 훈련성격이 비슷한 프로그램이 다수 운영되어 효율성 문제를 초래함.
  - 실업자 훈련의 수요자인 기업의 훈련수요를 반영하지 못하는 방식으로 훈련이 설계됨. 또한, 집체훈련 중심으로 운영되면서 현장 기반 훈련비중이 상대적으로 약하여 기업의 훈련수요-훈련공급 간 괴리현상이 심화됨.
  - 훈련공급자 중심으로 훈련 프로그램이 개설 및 운영되고 평가에 따른 환류가 상대적으로 지연되면서 훈련수급 불일치가 가속화됨.
  - 훈련성과 관리 체제가 상대적으로 늦게 구축되어 훈련성과에 따라 우수 훈련기관을 지원하는 인센티브 기제가 상대적으로 미흡함.

- 훈련사업 간 유사 중복 최소화, 훈련시장 수요에 따른 훈련실시 촉진, 훈련품질 제고를 위한 성과관리 체계 강화 방안 등이 필요함.

○ 훈련사업 간 경계의 불명확

- 재직자 훈련은 단기훈련 위주로 운영되면서 재직자의 직무능력 향상이라는 본연의 목적보다는 근로자 성과에 대한 보상 차원으로 운영됨.
- 기업의 훈련수요를 유연하게 반영하기 위한 훈련 프로그램의 탄력적 운영이 미비함.
- 사업주 주도 훈련 중심으로 재직자 훈련이 실시되면서 재직 근로자 개인의 훈련수요를 반영하는 훈련과정 공급이 미흡함.
- 고용보험 가입자 및 대기업 중심으로 훈련이 공급되면서 정규-비정규, 대기업-중소기업 간 훈련기회 격차가 여전히 존재하는 문제가 발생함.
- 재직자 훈련지원 체계가 복잡하여 행정비용이 과다하게 수반되는 문제가 발생함.
- 첨단 고급훈련 공급 확대, 훈련전달 체계 단순화 등 훈련지원 체계의 정비가 필요함.
- 기업의 훈련투자 감소(김미란 외, 2016): 핵심인력은 보유하고, 주변인력은 외주화를 통해 인건비를 절감하는 등 주요 대기업의 인적자원관리 정책의 변화를 가져옴. ☞ 재직자 직업훈련 수익 회수 기대가 낮으며, 훈련비 투자 감소를 초래함.

## 1. 직업능력개발 수요의 특성 변화

### 가. 훈련수요자(근로자 및 실업자 등) 중심 훈련체제 구축

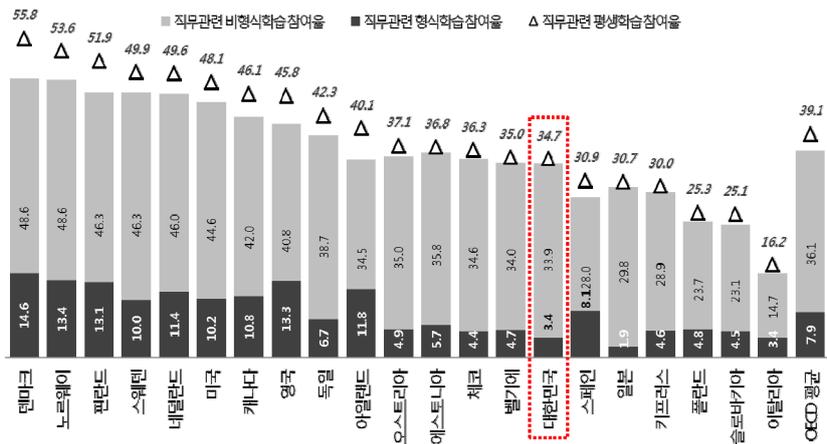
- 급격한 기술변화 속에서 근로자가 변화 추이를 따라가기 위해서는 다양한 역량개발 및 지속적인 숙련향상이 요구됨.
- 현재의 훈련 프로그램은 공급자 중심, 경직된 원칙에 따라 제공되고 있어 개인, 기업, 지역과 산업의 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정임. 그러므로 프로그램의 선택과 운영에 있어서 개인별 흥미와 역량의 다양성을 존중하고 이에 적합한 훈련 프로그램이 운영되어야 함.
  - 보다 다양한 수준과 내용의 프로그램이 포함될 필요가 있음.
  - 학습방법 및 학습경로를 다변화할 필요가 있음.
  - 개인별 역량을 진단하고, 역량수준에 맞는 훈련이 가능하도록 다양한 수준별 프로그램이 필요함.
- 훈련 참여율을 높일 수 있도록 선진화된 교육훈련체제 구축이 필요함.
  - 한국 성인은 계속훈련 참여가 미흡한 상황임.
    - OECD가 주관하여 국제 비교한 결과에 따르면, 우리나라 성인의 직무 관련 학습 참여율은 34.7%로 나타났음. 이는 OECD 평균인 39.1%에 못 미치는 수준이며, 참여자의 프로파일을 보면 대기업 종사자, 고학력자, 젊은 층에 몰려

있음(여기에는 사업주 직업능력개발지원제도의 역진성이 작용).

- 동일한 조사에서 근무시간 동안의 훈련 참여 여부를 비교했을 때에도 한국은 가장 최하위의 순위를 나타내고 있어 근로자의 학습 여건이 미흡함을 보여줌.

[그림 3-4] PIAAC 조사에서의 국가별 직무 관련 평생학습 참여율 비교

(단위: %)



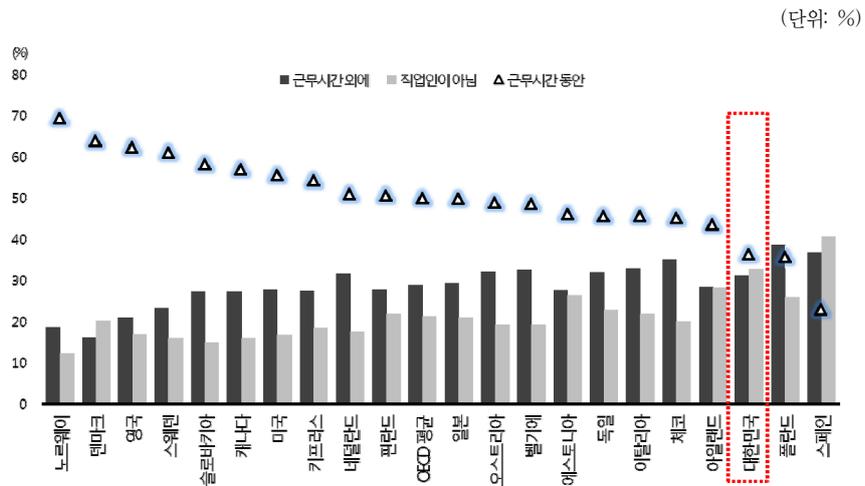
자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

출처: 임연 외(2013: 145).

주: 비형식학습(non-formal learning): 학위와 무관한, 체계화된 학습. 직업능력개발 사업으로 제공되는 프로그램이 여기에 속함.

형식학습(formal learning): 정규 학위 취득과 관련한 학습.

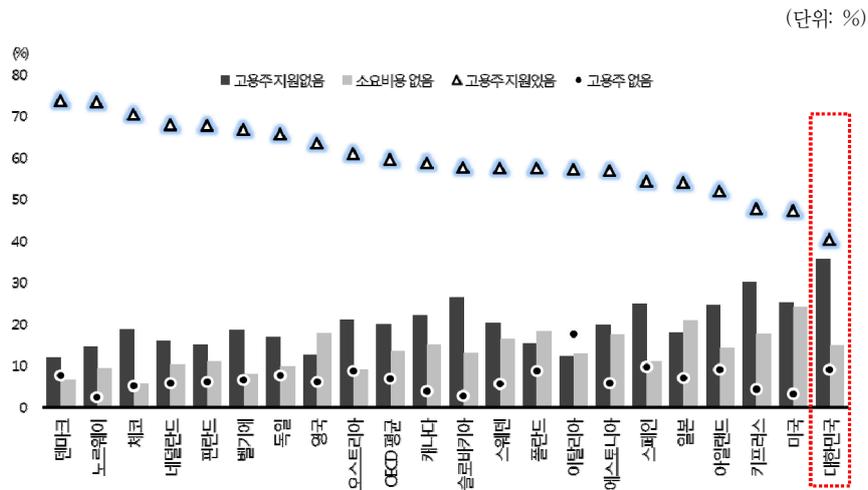
[그림 3-5] PIAAC 조사에서의 근무시간 동안 비형식학습 참여 여부 국가별 비교



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).  
출처: 임연 외(2013: 151).

- 고용주로부터 학습 비용을 지원받는 비율 역시, OECD 조사 참여국가 가운데 가장 낮은 수준을 나타냄.

[그림 3-6] PIAAC 조사에서의 비형식학습 참여를 위한 고용주 지원 여부  
국가별 비교



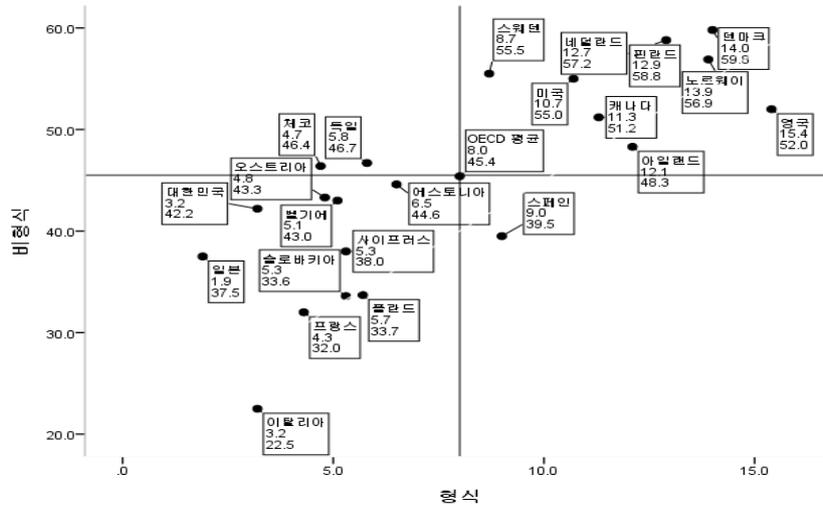
자료: 국제성인역량조사(PIAAC).  
출처: 임연 외(2013: 152).

- 근로자의 자율적인 훈련을 촉진하기 위한 훈련체제 개편이 필요하며, 이를 위하여 근로자의 학습권, 학습 시간의 보장과 함께 지능정보기술을 결합한 학습 콘텐츠를 적극적으로 보급하여 훈련 프로그램의 내용을 다변화하는 노력이 필요함.
- 대규모 공개 온라인 강좌(MOOC)를 직업능력개발 체제 안에 적극적으로 도입하는 방안이 있음.
  - MOOC란 대규모 온라인 공개강좌(Massive Open Online Course)로서, 지능정보기술과 결합되었다는 점, 다양한 상호작용이 가능한 체제라는 점에서 기존의 온라인 강좌와 질적으로 차별화됨.

- 미국의 Udacity와 Coursera의 경우 기업고객용 프리미엄 유료 과정, 광고, 마케팅서비스 등 수익사업을 확대함. Udacity는 AT&T, Google, Facebook 등과 제휴해 직원들에게 유료 강의 서비스를 제공하는 사업을 진행 중임.
  - 교육부에서는 국내 우수대학을 중심으로 K-MOOC 공용 플랫폼을 개발하여 사업을 진행 중임.
- 첨단기술 분야에서의 숙련 제고를 위해서는 폭넓은 능력개발 지원이 필요하지만, 현재 고용노동부가 제공하는 직업능력개발 프로그램은 학위와 무관한 비정규 프로그램에 한정됨. 근로자 입장에서 보면 정규 학위 과정을 통한 능력개발 필요성도 엄연히 존재함.
- 우리나라의 경우, 학위 관련 성인 직업능력개발 비율이 매우 낮은 상태임.
  - [그림 3-6]에서 보듯이 2013년 OECD가 조사한 국제성인역량 조사에서 취업자들이 비형식학습(non-formal learning: 학위와 무관한, 체계화된 학습. 직업능력개발 사업으로 제공되는 프로그램이 여기에 속함)에 참여하는 비율은 OECD 평균(45.4%)보다 다소 낮은 42.2%임.
  - 하지만 형식학습(formal learning: 정규 학위 취득과 관련한 학습)에 참여한 비율은 이보다 훨씬 더 낮아서 한국은 조사에 참여한 OECD 국가들 중에서 가장 낮은 국가에 속함.
  - 여기에는 한국 젊은 세대의 높은 고등교육 학위 취득률이 작용하기도 하지만, 여전히 한국의 재직자들에 대한 직업능력개발

이 제한적으로 이루어지고 있음을 시사함.

[그림 3-7] 취업자의 국가별 직무 관련 성인학습 참여율 비교



출처: 임연 외(2013: 278) 부표 5-11에 기초하여 구성함.

〈표 3-8〉 취업자의 국가별 직무 관련 성인학습 참여율 비교

(단위: %)

| 국가명   | 형식학습 참여율(직무 관련) |            |         |      | 비형식학습 참여율(직무 관련) |            |         |      |
|-------|-----------------|------------|---------|------|------------------|------------|---------|------|
|       | CASES           | N          | 참여율 (%) | S.E. | CASES            | N          | 참여율 (%) | S.E. |
| 오스트리아 | 187             | 184,659    | 4.8     | 0.32 | 1,496            | 1,566,248  | 43.3    | 0.82 |
| 벨기에   | 170             | 136,290    | 5.1     | 0.35 | 1,274            | 1,052,833  | 43.0    | 0.93 |
| 캐나다   | 1,877           | 1,797,568  | 11.3    | 0.42 | 8,312            | 7,644,617  | 51.2    | 0.63 |
| 사이프러스 | 152             | 15,348     | 5.3     | 0.46 | 1,063            | 107,114    | 38.0    | 0.90 |
| 체코    | 182             | 222,670    | 4.7     | 0.58 | 1,448            | 1,913,345  | 46.4    | 1.43 |
| 덴마크   | 613             | 337,739    | 14.0    | 0.58 | 2,767            | 1,334,616  | 59.8    | 0.75 |
| 에스토니아 | 320             | 39,230     | 6.5     | 0.34 | 2,015            | 241,852    | 44.6    | 0.80 |
| 핀란드   | 468             | 298,294    | 12.9    | 0.62 | 1,992            | 1,228,446  | 58.8    | 0.88 |
| 프랑스   | 183             | 1,043,967  | 4.3     | 0.24 | 1,335            | 7,172,799  | 32.0    | 0.74 |
| 독일    | 239             | 2,151,770  | 5.8     | 0.43 | 1,668            | 16,026,603 | 46.7    | 1.16 |
| 아일랜드  | 430             | 204,736    | 12.1    | 0.69 | 1,588            | 751,986    | 48.3    | 0.98 |
| 이탈리아  | 101             | 695,760    | 3.2     | 0.39 | 667              | 4,534,475  | 22.5    | 1.03 |
| 일본    | 87              | 1,077,651  | 1.9     | 0.23 | 1,296            | 19,205,911 | 37.5    | 0.89 |
| 대한민국  | 142             | 718,382    | 3.2     | 0.30 | 1,670            | 8,761,401  | 42.2    | 0.83 |
| 네덜란드  | 442             | 957,003    | 12.7    | 0.57 | 1,873            | 3,930,488  | 57.2    | 0.89 |
| 노르웨이  | 514             | 320,568    | 13.9    | 0.58 | 1,924            | 1,204,384  | 56.9    | 0.90 |
| 폴란드   | 359             | 878,031    | 5.7     | 0.42 | 1,218            | 4,837,663  | 33.7    | 0.95 |
| 슬로바키아 | 162             | 120,932    | 5.3     | 0.45 | 907              | 698,583    | 33.6    | 1.09 |
| 스페인   | 285             | 1,578,314  | 9.0     | 0.55 | 1,122            | 6,243,201  | 39.5    | 0.95 |
| 스웨덴   | 297             | 364,620    | 8.7     | 0.50 | 1,715            | 2,161,273  | 55.5    | 0.84 |
| 영국    | 796             | 3,540,951  | 15.4    | 0.59 | 2,677            | 11,064,000 | 52.0    | 1.03 |
| 미국    | 354             | 13,749,469 | 10.7    | 0.50 | 1,698            | 66,488,866 | 55.0    | 1.17 |
| 평균    | .               | .          | 8.0     | 0.10 | .                | .          | 45.4    | 0.20 |

주: 조사대상자 가운데 현재 고용상태가 취업자(C\_D05=1)인 경우만 산출한 결과임.  
출처: 임연 외(2013: 278).

- 독일의 경우, 직업능력개발의 핵심기제인 중등교육 체제의 도제 훈련 프로그램을 고등교육으로 확대하여 근로자의 고등교육 참여 기회를 확장하고 장려하는 추세임.
  - 반면 한국은 고등교육은 교육부, 직업능력개발은 고용노동부로 분리되어 있어 국민의 평생직업능력개발이라는 관점에서 볼 때 서비스가 분절된 상태임.
  - 성인의 학습지원이라는 측면에서 국가적인 차원에서 통합적인 서비스를 제공하는 것이 학습수요자의 요구에 맞는 프로그램의 선택, 서비스에 대한 접근이 용이해질 것으로 기대됨.

## 제4장

# 자동화 위험과 직업능력개발훈련

제1절 자동화 위험과 직업능력개발훈련:  
2012~2015년도 실업자 훈련  
결과 분석

제2절 사회경제적 집단별 자동화 위험:  
Arntz et al.(2016)에 따른 한국의  
PIAAC 자료 분석 결과



## 제4장 | 자동화 위험과 직업능력개발훈련

- Frey & Osborne(2013)의 방법론을 적용하여, 2012~2015년간 실업자 훈련의 실시 현황 및 성과를 훈련직종의 자동화<sup>18)</sup> 위험 측면에서 분석함.
- 구체적으로는 실업자계좌제 훈련과 국가기간전략산업 직종 훈련의 훈련과정을 KECO 중분류 수준에서 통합하여, 각 직종 분류별 자동화 위험, 훈련실태(훈련생 규모), 훈련성과(6개월 취업률)의 상관관계를 제시함.
- 실업자 훈련의 주요 목적은 구직자가 노동시장에서 필요로 하는 직업능력을 획득하여 취업하도록 하는 데 있음.
  - 다만, 이러한 직업훈련의 성과가 제4차 산업혁명 시 도래할 자동화 위험으로부터의 보호라는 측면에서 어떤 역할을 하고 있는지 최근의 동향 파악이 가능함.

---

18) 디지털화는 상당 부분 자동화의 형태로 생산현장에서 실현됨. 4차 산업혁명이 일자리나 직업 훈련에 미칠 영향을 파악하는 데 있어 현재까지 가장 많이 쓰이는 대리변수가 바로 자동화임.

- Arntz et al.(2016)은 자동화가 일자리에 미칠 영향에 대한 연구에서 기존의 직종 중심 접근이 갖는 한계를 지적하며, 실제 일자리에서 활용하는 직무에 따라 동일 직종 내에서도 자동화 위험이 다르다는 점을 실증함.
  - 이와 같은 ‘과업 중심 접근법(task-based approach)’을 응용하여 우리나라 노동시장에 취업자의 직종 내에서 인적속성이나 노동시장 지위, 고용형태 등에 따라 자동화 위험을 추정하는 한편, 직업능력개발 정책의 대상 집단과 비교 등이 가능할 것임.
  - 위의 분석을 수행하기 위하여 국제성인역량조사(2013) 자료의 한국 표본에 Arntz et al.(2016)의 방법론을 적용함.

## 제1절 자동화 위험과 직업능력개발훈련: 2012~2015년도 실업자 훈련 결과 분석

### 1. 훈련과정별 자동화 위험

〈표 4-1〉 자동화 위험이 높은 훈련과정 코드

(단위: %, 명)

| 구분                               | KECO(소분류)                      | 자동화 위험도 | 총훈련생 수  | 평균 취업률 |
|----------------------------------|--------------------------------|---------|---------|--------|
| 국가<br>기간<br>전략<br>산업<br>훈련<br>과정 | 197 (전기 및 전자 부품 및 제품 조립원)      | 98      | 48      | 79     |
|                                  | 183 (섬유가공 관련 조직원)              | 97      | 48      | 31     |
|                                  | 027 (회계 및 경리 관련 사무원)           | 97      | 112     | 54     |
|                                  | 224 (인쇄 및 사진현상 관련 조직원)         | 96      | 288     | 35     |
|                                  | 201 (컴퓨터하드웨어 및 통신공학 기술자 및 연구원) | 93      | 274     | 47     |
|                                  | 184 (의복 제조원 및 수선원)             | 90      | 407     | 25     |
|                                  | 185 (재단, 재봉 및 관련 기능종사자)        | 89      | 25      | 16     |
|                                  | 157 (자동조립라인 및 산업용 로봇 조직원)      | 89      | 18      | 33     |
|                                  | 163 (단조원 및 주조원)                | 89      | 12      | 33     |
|                                  | 026 (무역 및 운송 관련 사무원)           | 88      | 11,625  | 50     |
| 실업자<br>계좌제<br>훈련<br>과정           | 103 (판매원 및 상품대여원)              | 99      | 661     | 37     |
|                                  | 032 (금융 및 보험 관련 사무원)           | 98      | 134     | 42     |
|                                  | 183 (섬유가공 관련 조직원)              | 97      | 125     | 18     |
|                                  | 173 (화학, 고무 및 플라스틱 제품 생산기 조직원) | 94      | 1,125   | 69     |
|                                  | 201 (컴퓨터하드웨어 및 통신공학 기술자 및 연구원) | 93      | 54      | 50     |
|                                  | 185 (재단, 재봉 및 관련 기능 종사자)       | 92      | 9,904   | 23     |
|                                  | 027 (회계 및 경리 관련 사무원)           | 92      | 388,587 | 49     |
|                                  | 101 (영업원 및 상품중개인)              | 92      | 19      | 21     |
|                                  | 184 (의복 제조원 및 수선원)             | 90      | 16,391  | 20     |
|                                  | 212 (제과제빵원 및 떡제조원)             | 89      | 42,110  | 27     |

- <표 4-1>은 Frey & Osborne(2013)의 방법론을 적용하여 훈련과정의 고용직업분류별(KECO) 자동화 위험 평균을 산출한 후, 국가기간전략산업 훈련과 실업자계좌제 훈련에서 자동화 위험 상위 10개 직종을 제시한 것임.
- 섬유가공 관련 조직원과 컴퓨터하드웨어 및 통신공학 기술자 및 연구원 훈련과정이 두 훈련 모두에 포함되어 있음.

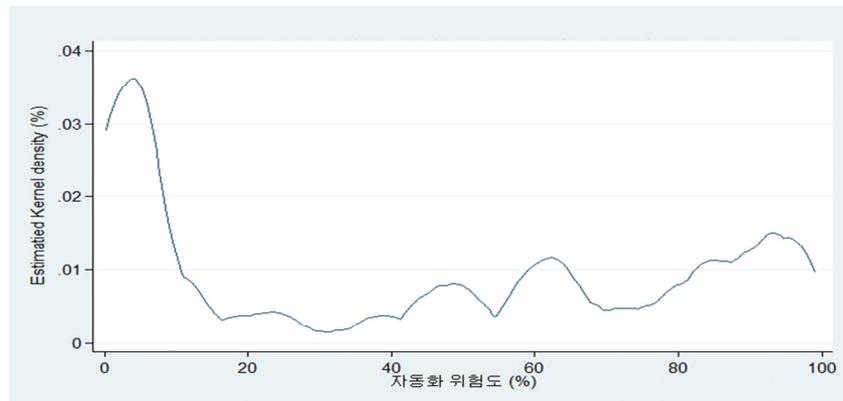
<표 4-2> 자동화 위험이 낮은 훈련과정 코드

(단위: %, 명)

| 구분           | KECO(소분류)                   | 자동화 위험도 | 총훈련생 수 | 평균 취업률 |
|--------------|-----------------------------|---------|--------|--------|
| 국가기간전략산업훈련과정 | 071 (사회복지 및 상담 전문가)         | 1       | 150    | 47     |
|              | 084 (창작 및 공연 관련 전문가)        | 2       | 106    | 29     |
|              | 205 (데이터베이스 및 정보시스템 운영 전문가) | 3       | 248    | 56     |
|              | 015 (건설 및 생산 관련 관리자)        | 6       | 100    | 44     |
|              | 192 (전공*) *전기공의 준말          | 10      | 2,004  | 48     |
|              | 081 (작가 및 출판 전문가)           | 11      | 150    | 51     |
|              | 021 (경영 및 행정 관련 전문가)        | 12      | 100    | 48     |
|              | 202 (컴퓨터시스템 설계 및 분석가)       | 13      | 1,119  | 37     |
|              | 086 (영화, 연극 및 방송 관련 전문가)    | 17      | 250    | 30     |
|              | 024 (경영지원 및 행정 관련 사무원)      | 17      | 780    | 51     |
| 실업자계좌제훈련과정   | 048 (학원강사 및 학습지도사)          | 1       | 7,003  | 40     |
|              | 065 (치료사)                   | 2       | 196    | 43     |
|              | 084 (창작 및 공연 관련 전문가)        | 2       | 1,037  | 23     |
|              | 205 (데이터베이스 및 정보시스템 운영 전문가) | 3       | 1,530  | 51     |
|              | 232 (낙농 및 사육 관련 종사자)        | 5       | 13     | 54     |
|              | 211 (식품공학기술자, 연구원 및 시험원)    | 8       | 30     | 47     |
|              | 072 (보육교사, 육아도우미 및 생활지도원)   | 10      | 141    | 23     |
|              | 021 (경영 및 행정 관련 전문가)        | 11      | 60     | 30     |
|              | 087 (영화, 연극 및 방송 관련 기술 종사자) | 13      | 26     | 19     |
|              | 202 (컴퓨터시스템 설계 및 분석가)       | 13      | 3,510  | 51     |

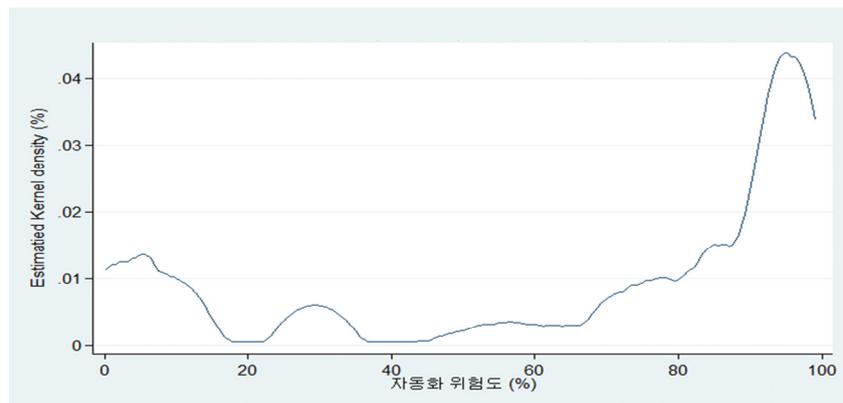
## 2. 훈련과정의 자동화 위험 분포

[그림 4-1] 국가기간전략산업 훈련과정의 Kernel 분포(가중치 적용)



주: 1) 가중치  $w_j = \sum_{j=1}^J X_j \times 1/D_j$ , X= 훈련과정별 훈련생 수, D= 중복관측치 수 (과정), j= 훈련과정의 KECO4 분류(세분류)

[그림 4-2] 실업자계좌제 훈련과정의 Kernel 분포(가중치 적용)



주: 1) 가중치  $w_j = \sum_{j=1}^J X_j \times 1/D_j$ , X= 훈련과정별 훈련생 수, D= 중복관측치 수 (과정), j= 훈련과정의 KECO4 분류(세분류)

- [그림 4-1]과 [그림 4-2]는 각각 국가기간전략산업 훈련과정과 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험 분포를 커널밀도 분포로 제시한 것임.
  - 커널 밀도분포: 비모수적 확률분포 추정 방법의 하나로서 히스토그램의 문제점을 개선하여 확률미도함수를 추정하는 방법 중 하나임(Lachenbruch, 2000).
  - 가중치는 국가기간전략산업 훈련의 KECO 코드와 Frey & Osborne(2013)의 표준직업분류 매칭 과정에서 복수의 확률값을 부여할 때 중복 관측치 값의 역수로 지정함.
  - 국가기간전략산업 훈련의 경우 자동화 위험이 낮은 직종의 밀도가 상대적으로 높고, 자동화 위험이 높은 직종에 일부 직종이 분포한 반면, 실업자계좌제 훈련은 자동화 위험이 높은 직종의 분포가 상대적으로 매우 큰 것으로 확인됨.

### 3. 수강생 수와 자동화 위험도

〈표 4-3〉 평균 수강생 수가 많은 과정

(단위: %, 명)

| 구분                | KECO(소분류)                | 과정 평균 수강생 수 | 과정 수강생 수 합계 | 자동화 위험도 |
|-------------------|--------------------------|-------------|-------------|---------|
| 국가 기간 전략 산업 훈련 과정 | 151 (기계공학기술자, 연구원 및 시험원) | 6,442       | 77,304      | 27      |
|                   | 155 (금형 및 공장 기계 조작원)     | 2,550       | 17,851      | 81      |
|                   | 085 (디자이너)               | 1,331       | 15,967      | 30      |
|                   | 025 (생산 관련 사무원)          | 1,097       | 12,071      | 54      |
|                   | 026 (무역 및 운송 관련 사무원)     | 2,325       | 11,625      | 88      |

<표 계속>

| 구분                     | KECO(소분류)                        | 과정<br>평균<br>수강생<br>수 | 과정<br>수강생<br>수<br>합계 | 자동화<br>위험도 |
|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|------------|
|                        | 203 (소프트웨어개발 전문가)                | 3,599                | 10,797               | 22         |
|                        | 191 (전기 및 전자 공학 기술자, 연구원 및 시험원)  | 1,257                | 8,797                | 43         |
|                        | 164 (용접원)                        | 3,927                | 7,854                | 78         |
|                        | 141 (건축 및 토목 관련 기술자 및 시험원)       | 1,363                | 6,815                | 51         |
|                        | 142 (건설구조 관련 기능 종사자)             | 1,014                | 5,072                | 84         |
| 실업자<br>계좌제<br>훈련<br>과정 | 012 (경영지원, 행정 및 금융 관련 관리자)       | 29,425               | 1,295,000            | 87         |
|                        | 021 (경영 및 행정 관련 전문가)             | 19,029               | 456,691              | 65         |
|                        | 022 (회계, 세무 및 감정평가 관련 전문가)       | 21,588               | 388,587              | 92         |
|                        | 023 (광고, 홍보, 조사, 행사기획 관련 전문가)    | 6,846                | 184,855              | 50         |
|                        | 024 (경영지원 및 행정 관련 사무원)           | 2,366                | 170,368              | 52         |
|                        | 025 (생산 관련 사무원)                  | 3,299                | 158,371              | 30         |
|                        | 026 (무역 및 운송 관련 사무원)             | 4,365                | 74,208               | 53         |
|                        | 027 (회계 및 경리 관련 사무원)             | 10,528               | 42,110               | 89         |
|                        | 028 (안내, 접수, 고객응대 및 통계조사 관련 사무원) | 1,333                | 34,654               | 42         |
|                        | 029 (비서 및 사무보조원)                 | 4,259                | 34,074               | 78         |

○ <표 4-3>은 훈련과정의 고용직업분류별 과정 평균 수강생 수를 산출한 후, 과정 평균 수강생 수가 많은 상위 10개 직종을 제시한 것임.

- 국가기간전략산업 훈련의 경우 평균 수강생 수가 많은 상위 10개 직종 중 자동화 위험도가 높은(70% 이상) 훈련과정은 금형 및 공장 기계 조작용, 무역 및 운송 관련 사무원, 용접원, 건설구조 관련 기능 종사자 등 4개 직종임.
- 실업자계좌제 훈련의 경우 평균 수강생 수가 많은 상위 10개 직종 중 자동화 위험도가 높은(70% 이상) 훈련과정은 경영지원, 행정 및 금융 관련 관리자, 회계, 세무 및 감정평가 관련

전문가, 회계 및 경리 관련 사무원, 비서 및 사무보조원 등 4개 직종임.

〈표 4-4〉 훈련생 수가 작은 과정

(단위: %, 명)

| 구분                               | KECO(소분류)                         | 과정 평균<br>수강생 수 | 과정<br>수강생<br>수 합계 | 자동화<br>위험도 |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------------|------------|
| 국가<br>기간<br>전략<br>산업<br>훈련<br>과정 | 159 (운송 차량 및 기계 관련 조립원)           | 48             | 96                | 81.5       |
|                                  | 146 (토목 및 채굴 관련 종사자)              | 46             | 92                | 28         |
|                                  | 124 (승무원)                         | 75             | 75                | 75         |
|                                  | 232 (낙농 및 사육 관련 종사자)              | 18             | 72                | 64.7       |
|                                  | 165 (도장기 및 도금기 조작용)               | 27             | 54                | 80.5       |
|                                  | 183 (섬유가공 관련 조작용)                 | 48             | 48                | 97         |
|                                  | 197 (전기 및 전자 부품 및 제품 조립원)         | 24             | 48                | 97.5       |
|                                  | 185 (재단, 재봉 및 관련 기능 종사자)          | 25             | 25                | 89         |
|                                  | 157 (자동조립라인 및 산업용 로봇 조작용)         | 9              | 18                | 88.5       |
|                                  | 163 (단조원 및 주조원)                   | 6              | 12                | 88.5       |
| 실업자<br>계좌제<br>훈련<br>과정           | 206 (통신 및 방송 장비기사, 설치 및 수리원)      | 11             | 22                | 88.5       |
|                                  | 211 (식품공학 기술자, 연구원 및 시험원)         | 7              | 20                | 54.3       |
|                                  | 212 (제과제빵원 및 떡제조원)                | 10             | 19                | 92         |
|                                  | 221 (환경공학 기술자, 연구원 및 시험원)         | 3              | 18                | 15.5       |
|                                  | 222 (산업안전 에너지 등 공학기술자, 연구원 및 시험원) | 13             | 13                | 4.7        |
|                                  | 226 (가구 및 목제품 조립 및 제조 관련 종사자)     | 3              | 10                | 47.38      |
|                                  | 227 (공예원, 세공원, 악기제조원 및 기타 기능 종사자) | 4              | 8                 | 29.84      |
|                                  | 231 (작물재배종사자)                     | 2              | 6                 | 78         |
|                                  | 232 (낙농 및 사육 관련 종사자)              | 2              | 6                 | 22.9       |
|                                  | 233 (임업 관련 종사자)                   | 1              | 2                 | 28         |

## 4. 자동화 위험도 분류별

〈표 4-5〉 자동화 위험 정도별 주요 훈련과정

(단위: 명)

| 구분                               | KECO(소분류)                 | 과정 수강생 수                          |           |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 국가<br>기간<br>전략<br>산업<br>훈련<br>과정 | 자동화<br>위험 낮음<br>(0~30%)   | 151 (기계공학 기술자, 연구원 및 시험원)         | 77,304    |
|                                  |                           | 203 (소프트웨어개발 전문가)                 | 10,797    |
|                                  |                           | 221 (환경공학 기술자, 연구원 및 시험원)         | 2,245     |
|                                  |                           | 192 (전공*) *전기공의 준말                | 2,004     |
|                                  |                           | 202 (컴퓨터시스템 설계 및 분석가)             | 1,119     |
|                                  | 자동화<br>위험 중간<br>(30~70%)  | 085 (디자이너)                        | 15,967    |
|                                  |                           | 025 (생산 관련 사무원)                   | 12,071    |
|                                  |                           | 191 (전기 및 전자 공학 기술자, 연구원 및 시험원)   | 8,797     |
|                                  |                           | 141 (건축 및 토목 관련 기술자 및 시험원)        | 6,815     |
|                                  |                           | 068 (의료복지 지원 종사자)                 | 4,488     |
|                                  | 자동화<br>위험 높음<br>(70~100%) | 155 (금형 및 공장 기계 조작용)              | 17,851    |
|                                  |                           | 026 (무역 및 운송 관련 사무원)              | 11,625    |
|                                  |                           | 164 (용접원)                         | 7,854     |
|                                  |                           | 142 (건설구조 관련 기능 종사자)              | 5,072     |
|                                  |                           | 143 (건설마감 관련 기능 종사자)              | 1,446     |
| 실업자<br>계좌제<br>훈련<br>과정           | 자동화<br>위험 낮음<br>(0~30%)   | 071 (사회복지 및 상담 전문가)               | 31,022    |
|                                  |                           | 024 (경영지원 및 행정 관련 사무원)            | 21,120    |
|                                  |                           | 151 (기계공학 기술자, 연구원 및 시험원)         | 19,308    |
|                                  |                           | 203 (소프트웨어개발 전문가)                 | 10,860    |
|                                  |                           | 192 (전공*) *전기공의 준말                | 8,042     |
|                                  | 자동화<br>위험 중간<br>(30~70%)  | 131 (주방장 및 조리사)                   | 456,691   |
|                                  |                           | 121 (이,미용 및 관련 서비스 종사자)           | 184,855   |
|                                  |                           | 068 (의료복지 지원 종사자)                 | 170,368   |
|                                  |                           | 085 (디자이너)                        | 158,371   |
|                                  |                           | 227 (공예원, 세공원, 악기제조원 및 기타 기능 종사자) | 74,208    |
|                                  | 자동화<br>위험 높음<br>(70~100%) | 029 (비서 및 사무보조원)                  | 1,295,000 |
|                                  |                           | 027 (회계 및 경리 관련 사무원)              | 388,587   |
|                                  |                           | 212 (제과제빵원 및떡 제조원)                | 42,110    |
|                                  |                           | 164 (용접원)                         | 34,074    |
|                                  |                           | 143 (건설마감 관련 기능 종사자)              | 29,839    |

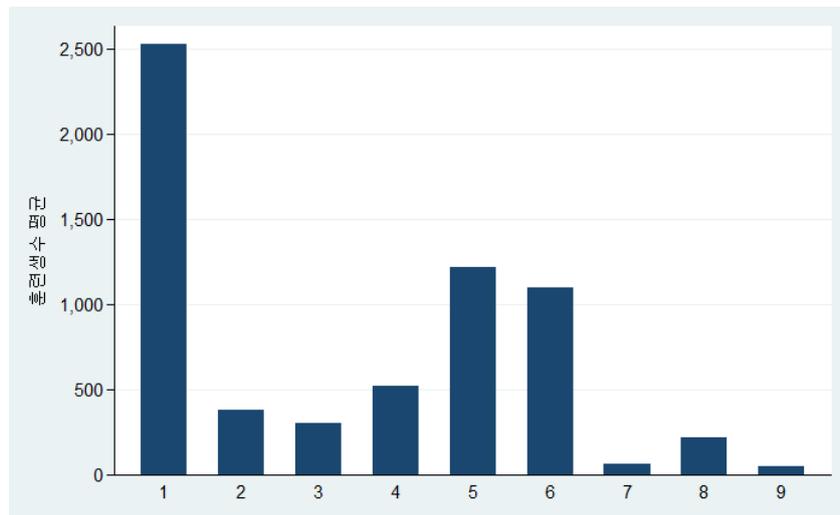
## 5. 직능수준별

- 한국고용직업분류(KECO)는 직능유형 중심의 분류로서 직능수준을 우선 분류하는 한국표준직업분류와는 차별화됨.
  - 중분류(24개) 중심 체계이며 일, 훈련, 자격 체계의 일관성을 도모하고자 하는 목적으로 설계됨.
  - 따라서 KECO 중분류별로 자동화 위험을 비교하게 되면, 같은 중분류 직군 내에 직능수준이 다른 직종을 가중평균한 결과가 나타나게 되므로 해석할 때 주의가 필요함.
    - 자동화 위험과 KECO 직업과의 상관관계 분석 시에 각 중분류 내에서 이들 관계를 분석하면 직능수준별 위험 분포를 파악할 수 있고, 직군 간 차이도 비교할 수 있을 것으로 기대함.
- Frey & Osborne(2013)의 직종별 자동화 위험 분석은 미국 노동부 직업분류에 기준하고 있으며, 국제표준직업분류와 연계되어 직종별 위험률을 추정하는 데 활용됨.
- KECO 분류는 중분류(24개) 중심 체계이며 일, 훈련, 자격 체계의 일관성을 도모하고자 하는 목적으로 설계됨.
  - 따라서 KECO 중분류별로 자동화 위험을 비교하게 되면, 같은 중분류 직군 내에 직능수준이 다른 직종을 가중평균한 결과가 나타나게 되므로 해석 시 주의가 필요함.
  - 이러한 점을 감안하여 아래에서는 KECO 소분류의 마지막 자

리가 직능수준에 따른 분류를 감안하여, KECO 소분류 마지막 자리별 자동화 위험률을 비교함.

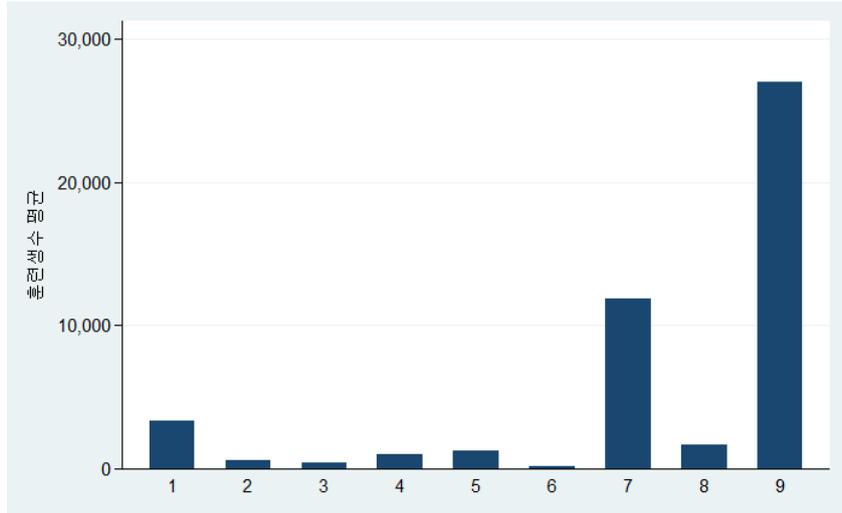
- 직능수준이 1에 가까울수록 ‘직능수준이 상대적으로 높음’, 직능수준이 9에 가까울수록 ‘직능수준이 상대적으로 낮음’ 이라고 해석할 수 있음.

[그림 4-3] 국가기간전략산업 훈련과정의 직능수준별 훈련생 수 평균



- [그림 4-3]에서 국가기간전략산업 훈련과정은 직능수준 1의 훈련생 수 평균이 2,530명으로 가장 많으며, 직능수준 5-6이 그 다음으로 많고, 직능수준 7-9는 훈련생 수 평균이 48~220명으로 낮음.

[그림 4-4] 실업자계좌제 훈련과정의 직능수준별 훈련생 수 평균



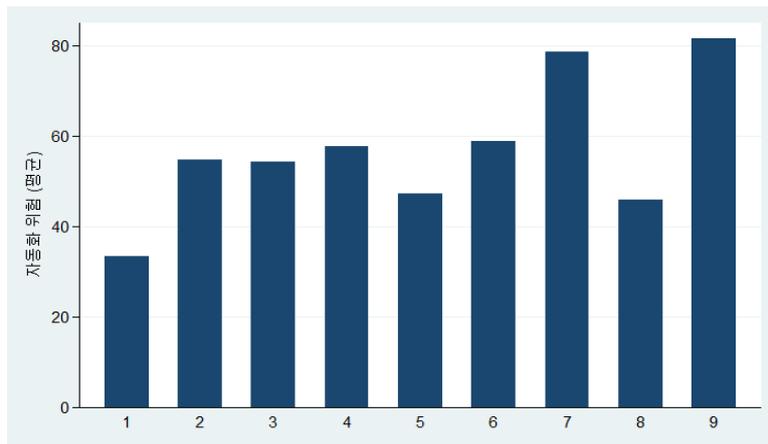
○ [그림 4-4]에서 실업자계좌제 훈련과정의 훈련생 수는 상대적으로 직능수준이 낮은 7과 9에 훈련생 수 평균이 11,868명과 26,974명으로 가장 많은 반면, 직능수준이 높은 1-2의 훈련생 수 평균은 매우 작음.

〈표 4-6〉 직능수준별 훈련생 수 평균

(단위: 명)

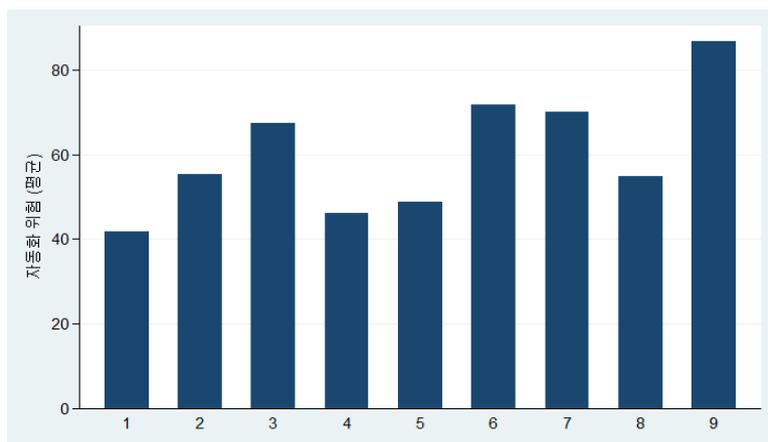
| 직능수준           | 1     | 2   | 3   | 4   | 5     | 6     | 7      | 8     | 9      |
|----------------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|--------|-------|--------|
| 국가기간 전략산업 훈련과정 | 2,530 | 385 | 308 | 526 | 1,219 | 1,098 | 63     | 220   | 48     |
| 실업자계좌제 훈련과정    | 3,322 | 577 | 400 | 992 | 1,308 | 200   | 11,868 | 1,713 | 26,974 |

[그림 4-5] 국가기간전략산업 훈련과정 직능수준별 평균 자동화 위험



- [그림 4-5]에서 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도는 직능수준 9가 82%로 가장 높으며, 직능수준 7이 78%로 그 뒤를 잇고 있음. 직능수준 1은 33%로 자동화 위험이 가장 낮음.

[그림 4-6] 실업자계좌제 훈련과정 직능수준별 평균 자동화 위험



- [그림 4-6]에서 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도는 직능수준 9가 87%로 가장 높고, 직능수준 6이 72%로 두 번째로 높은 반면, 직능수준 1은 42%로 가장 낮음.

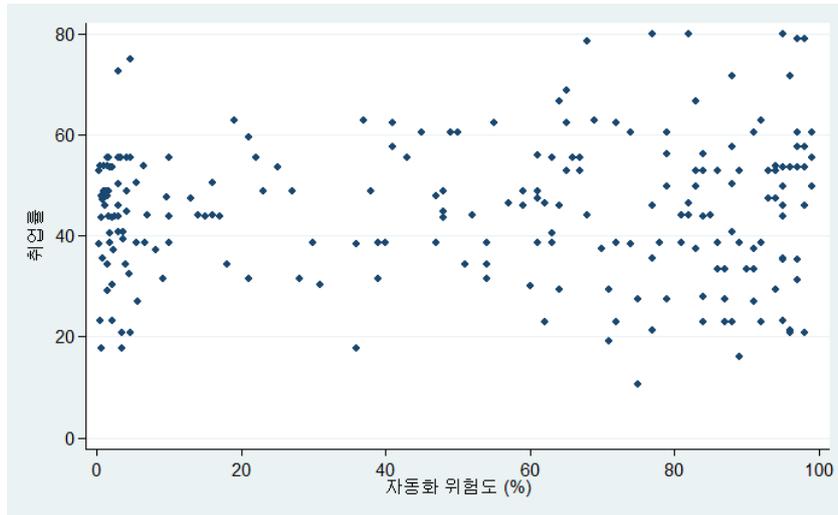
〈표 4-7〉 직능수준별 자동화 위험도

(단위: %)

| 직능수준             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 국가기간전략산업<br>훈련과정 | 33 | 55 | 54 | 58 | 47 | 59 | 78 | 46 | 82 |
| 실업자계좌제<br>훈련과정   | 42 | 55 | 67 | 46 | 49 | 72 | 70 | 55 | 87 |

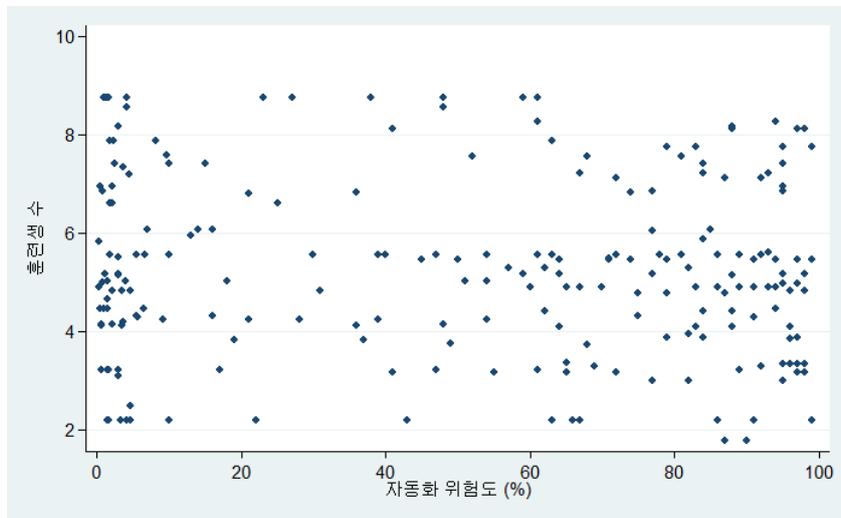
## 6. 자동화 위험과 취업률, 훈련공급

[그림 4-7] 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도와 취업률



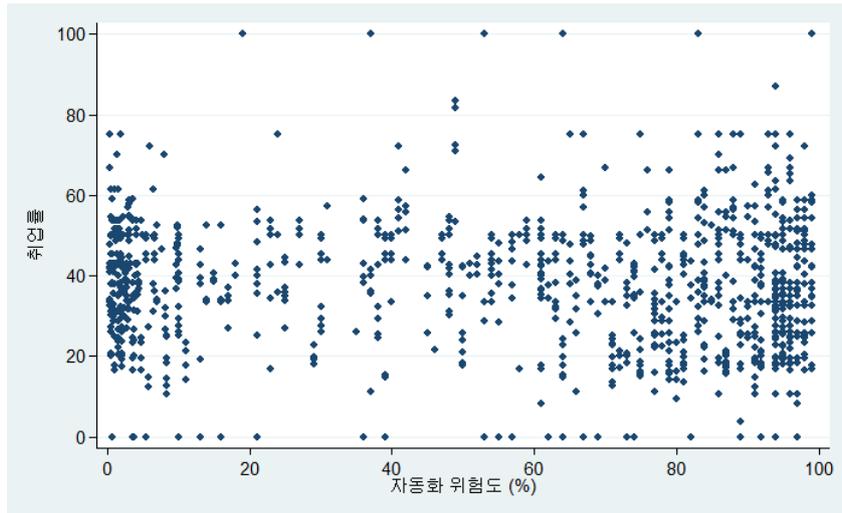
- [그림 4-7]에서 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도는 취업률과 별다른 상관관계를 보여주지 않고 있음.

[그림 4-8] 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도와 훈련생 수

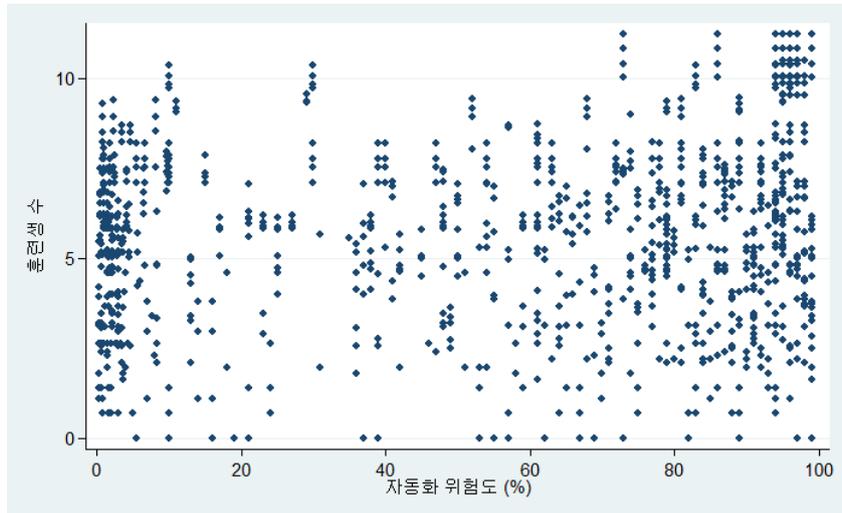


- [그림 4-8]에서 국가기간전략산업 훈련과정의 자동화 위험도는 평균 훈련생 수와 별다른 관계에 있지 않음.

[그림 4-9] 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도와 취업률



[그림 4-10] 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도와 훈련생 수

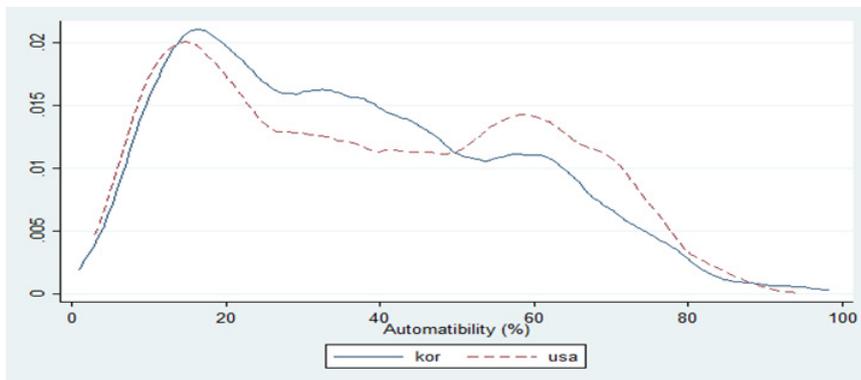


- [그림 4-9]에서 실업자계좌제 훈련과정의 자동화 위험도는 취업률과 별다른 상관관계를 보여주지 않고 있음.
- [그림 4-10]에서 실업자계좌제 훈련과정 자동화 위험도는 평균 훈련생 수와 별다른 관계에 있지 않음.
- 자동화 위험에 대한 직종 기반 접근법을 우리나라 실업자 훈련 과정을 통해 분석한 결과, 직종분포의 양극화와 유사하게 실업자 훈련 또한 자동화 위험이 높은 직종과 낮은 직종에서 주로 실시되고 있음.
  - 그러나 현재의 분석은 과정수준의 데이터를 분석한 것이므로 실업자 훈련 공급 실태와 성과가 자동화 위험과 인과적인 관계를 맺고 있는 것인지 파악하는 데는 한계가 있음.
  - 향후 실업자 과정 데이터와 훈련생 개인 수준 데이터를 연계하여 실업자 훈련 성과와 자동화 위험에 대한 보다 체계적인 분석이 필요함.

## 제2절 사회경제적 집단별 자동화 위험: Arntz et al.(2016)에 따른 한국의 PIAAC 자료 분석 결과

- [그림 4-11]은 Arntz et al.(2016)의 과업 중심 접근법으로 PIAAC 자료의 한국과 미국 데이터의 자동화 위험을 비교한 것임.
  - 한국은 미국에 비해 자동화 위험이 낮은 직종이 상대적으로 적은 반면에 중위 위험군(30~70%)에 속하는 직종의 빈도가 상대적으로 높음. 그에 비하여 미국의 경우에는 자동화 위험이 높은 집단의 빈도가 한국에 비해 높음.
  - 전체 곡선의 분포를 비교하면, 미국은 자동화 위험에 따른 양극화 경향이 한국에 비해 더욱 두드러진 것으로 파악됨.

[그림 4-11] 한국-미국의 자동화 위험도 분포 비교



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

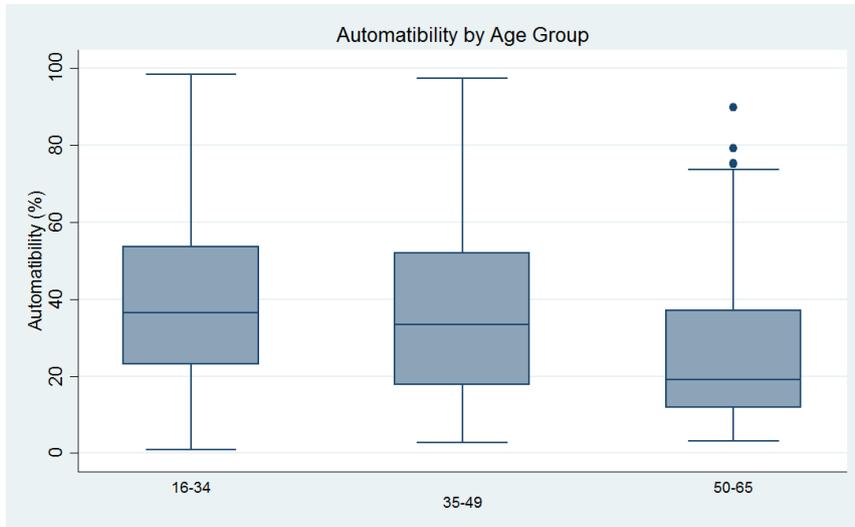
〈표 4-8〉 주요국의 자동화 위험도

(단위: %)

| 국가명   | 자동화 위험이 높은<br>근로자 비율 | 평균 자동화 위험 | 자동화 위험 증양값 |
|-------|----------------------|-----------|------------|
| 오스트리아 | 12                   | 43        | 44         |
| 벨기에   | 7                    | 38        | 35         |
| 캐나다   | 9                    | 39        | 37         |
| 체코    | 10                   | 44        | 48         |
| 덴마크   | 9                    | 38        | 34         |
| 에스토니아 | 6                    | 36        | 32         |
| 핀란드   | 7                    | 35        | 31         |
| 프랑스   | 9                    | 38        | 36         |
| 독일    | 12                   | 43        | 44         |
| 아일랜드  | 8                    | 36        | 32         |
| 이탈리아  | 10                   | 43        | 44         |
| 일본    | 7                    | 37        | 35         |
| 한국    | 6                    | 35        | 32         |
| 네덜란드  | 10                   | 40        | 39         |
| 노르웨이  | 10                   | 37        | 34         |
| 폴란드   | 7                    | 40        | 40         |
| 러시아   | 2                    | 29        | 26         |
| 슬로바키아 | 11                   | 44        | 48         |
| 스페인   | 12                   | 38        | 35         |
| 스웨덴   | 7                    | 36        | 33         |
| 영국    | 10                   | 39        | 37         |
| 미국    | 9                    | 38        | 35         |
| 평균    | 9                    | 38        | 37         |

### 1. 연령별 자동화 위험도

[그림 4-12] 한국의 연령집단별 자동화 위험도(%)



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- [그림 4-12]는 Arntz et al.(2016)의 과업 중심 접근법으로 PIAAC 자료의 한국데이터로 연령집단별 자동화 위험도를 비교한 것임.
- 연령이 높을수록 자동화 위험도가 낮은 추이를 보여주는 가운데, 16~34세 청년층의 자동화 위험이 39%로 다른 연령집단에 비해 높음.

〈표 4-9〉 한국의 연령집단별 자동화 위험도

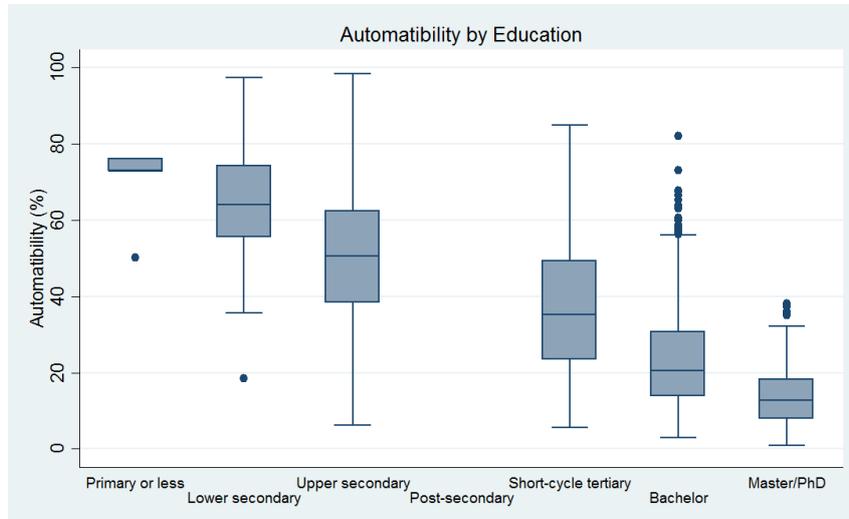
(단위: %)

| 연령              | 평균 자동화 위험도 | 표준편차 |
|-----------------|------------|------|
| 16세 이상 ~ 34세 이하 | 39         | 20   |
| 35세 이상 ~ 49세 이하 | 35         | 20   |
| 50세 이상 ~ 65세 미만 | 26         | 19   |
| Total           | 36         | 20   |

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

## 2. 교육수준별 자동화 위험도

[그림 4-13] 한국의 교육수준별 자동화 위험도(%)



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- [그림 4-13]은 Arntz et al.(2016)의 과업 중심 접근법으로 PIAAC 자료의 한국데이터로 교육수준별 자동화 위험을 비교한 것임.

- 교육수준과 자동화 위험도는 반비례관계를 보여주고 있음.
- 초등교육 이하 집단의 자동화 위험도가 70%에 달하는 반면, 대졸자의 경우 자동화 위험도가 37%로 절반에 불과하며, 박사 학위 소지자는 자동화 위험도가 14%로 초등교육 이하 집단의 1/5 수준에 머물고 있음.
- 같은 학력집단 내에서의 편차는 초등교육 이하 저학력자 집단과 석·박사 학위 소지자 집단이 작음.

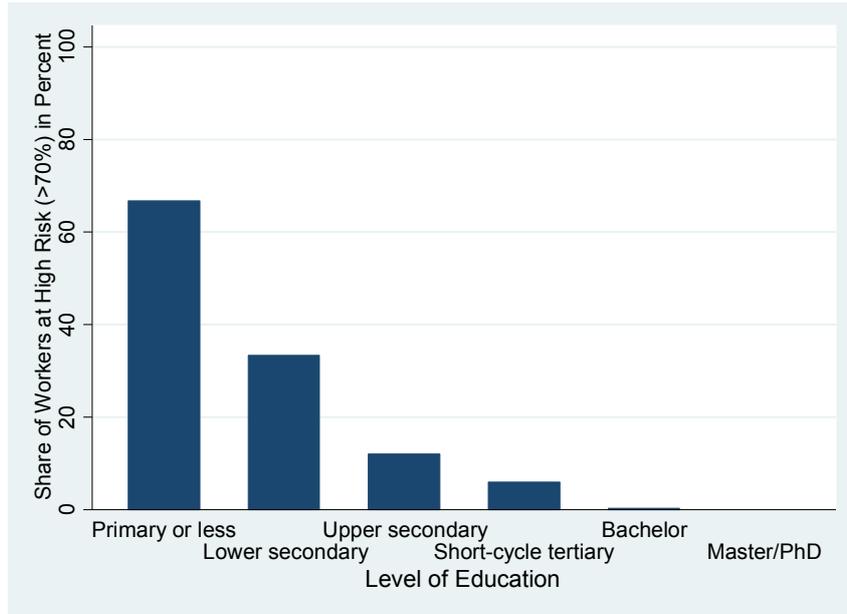
〈표 4-10〉 한국의 교육수준별 자동화 위험도

(단위: %)

| 교육 수준            | 평균 자동화 위험도 | 표준편차 |
|------------------|------------|------|
| 초등교육 이하          | 69         | 10   |
| 중등교육 (중학교, 고등학교) | 64         | 17   |
| 전문학사 학위          | 50         | 17   |
| 학사 학위            | 37         | 18   |
| 석사 학위            | 24         | 13   |
| 박사 학위            | 14         | 8    |
| Total            | 36         | 20   |

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

[그림 4-14] 한국의 교육수준별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율(%)



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

<표 4-11> 한국의 교육수준별 자동화 위험도가 높은 그룹의 비율

(단위: %)

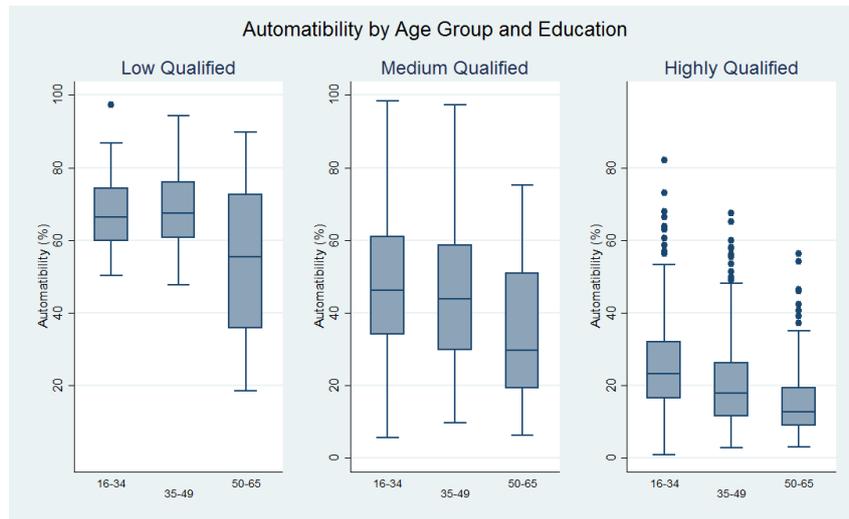
| 교육수준    | 자동화 위험이 높은 그룹 비율(%) |
|---------|---------------------|
| 초등교육 이하 | 67                  |
| 중등교육    | 33                  |
| 전문학사 학위 | 12                  |
| 학사 학위   | -                   |
| 석사 학위   | 6                   |
| 박사 학위   | 0                   |

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- [그림 4-14]는 자동화 위험을 고위험, 중위험, 저위험으로 구분하여 교육수준별로 고위험(70% 이상 직종) 직종에 종사하고 있는 집단의 비율을 제시한 것임.
  - 초등교육 이하 저학력자 집단은 10명 중 약 7명이 고위험 직군에 종사하고 있음.
  - 중등교육 집단은 33%로 약 절반으로 비율이 낮아짐.
  - 전문학사 집단은 12%, 학사 집단은 6%로 나타났으며, 석·박사 학위 집단은 자동화 위험이 높은 직종에 종사하는 비율이 거의 없음.

### 3. 연령집단별, 교육수준별 자동화 위험도

[그림 4-15] 한국의 연령집단 · 교육수준별 자동화 위험도(%)



주: Low Qualified(고등학교 이하), Medium Qualified(학사 이하), Highly Qualified(석사 이상)을 의미함.

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- [그림 4-15]는 연령집단별, 교육수준별 자동화 위험 분포를 제시한 것임.
- 전반적으로 교육수준 집단 내에서도 연령이 낮을수록 자동화 위험이 높아지고 있음.
  - 교육수준에 따라 연령집단의 자동화 위험 분포에는 차이가 발견됨.
  - 즉, 저학력자 집단에서는 청년층과 중년층의 자동화 위험에 큰 차이가 없는 반면, 중위학력자 집단과 고학력자 집단에서는 청년층이 중장년층에 비해 상대적으로 높은 자동화 위험에 직면하고 있음.

〈표 4-12〉 한국의 연령집단·교육수준별 자동화 위험도

(단위: %)

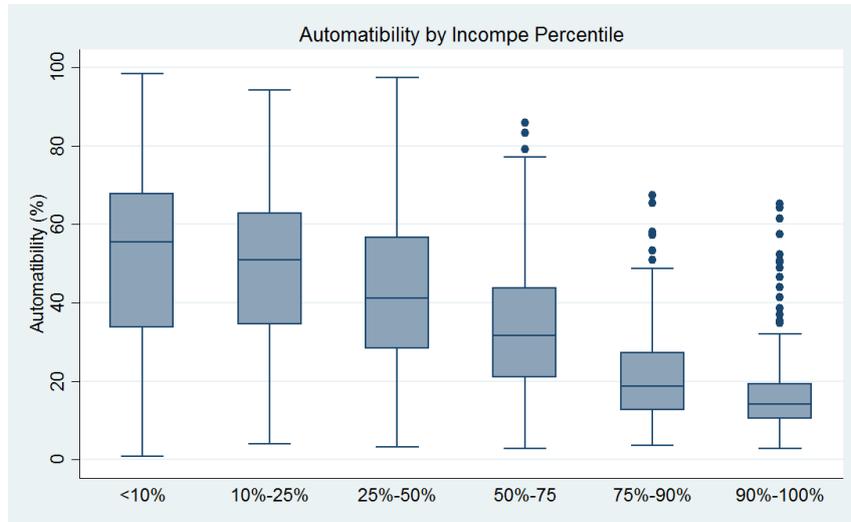
|        | 고등학교 이하    | 학사 이하      | 석사 이상      | Total      |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 16~34세 | 69<br>(13) | 47<br>(18) | 26<br>(13) | 39<br>(20) |
| 35~49세 | 69<br>(14) | 44<br>(19) | 20<br>(12) | 35<br>(20) |
| 50~65세 | 55<br>(21) | 34<br>(18) | 16<br>(11) | 26<br>(19) |
| Total  | 65<br>(17) | 45<br>(19) | 22<br>(13) | 36<br>(20) |

주: ( )는 표준편차임.

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

#### 4. 임금분포별 자동화 위험도

[그림 4-16] 한국의 임금분포별 자동화 위험도(%)



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- [그림 4-16]은 임금수준별 자동화 위험을 비교한 것임.
  - 자동화 위험은 임금이 높아질수록 확연하게 낮아지는 경향을 보여주고 있음.
  - 10분위 이하 집단의 자동화 위험이 50%에 이르는 반면, 90분위 이상의 자동화 위험은 17.4%로 두 집단 간에는 약 3배의 차이가 드러나고 있음.

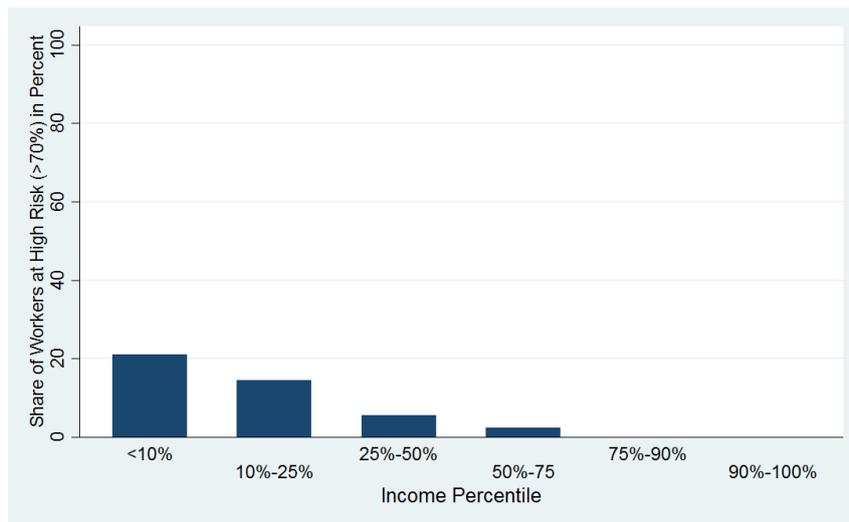
〈표 4-13〉 한국의 임금분포별 자동화 위험도

(단위: %)

| 임금분포 | 10% 미만 | 10~25% | 25~50% | 50~75% | 75~90% | 90% 이상 | Total |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 평균   | 51     | 49     | 42     | 34     | 21     | 17     | 36    |
| 표준편차 | 23     | 20     | 18     | 16     | 13     | 12     | 20    |

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

[그림 4-17] 한국의 임금분포별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율(%)



자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

〈표 4-14〉 한국의 임금분포별 자동화 위험이 높은 그룹의 비율

(단위: %)

| 임금분포   | 자동화 위험이 높은 그룹 비율(%) |
|--------|---------------------|
| 10% 미만 | 21                  |
| 10~25% | 13                  |
| 24~50% | 6                   |
| 50~75% | 2                   |
| 75~90% | 0                   |
| 90% 이상 | 0                   |

자료: 국제성인역량조사(PIAAC).

- 사회경제적 집단별 자동화 위험 분포에 대한 해석 및 정책적 함의
  - Arntz et al.(2016)에 따라 과업 기반 접근법으로 분석한 결과, 자동화에 따른 위험은 한국 노동시장에서는 주로 청년층, 저학력 노동자, 저임금 근로자에 집중되어 있는 것으로 규명됨.
  - 또한 우리나라 노동시장에서 자동화 위험 수준은 루틴편향적 기술변화 명제의 주장과 일치함. 즉, 고위험 직종과 저위험 직종의 분포가 상대적으로 많은 양봉형 구조를 띠고 있음.
  - 실업자 훈련은 구직자에게 노동시장에서 필요로 하는 기술을 습득하여 취업하도록 지원하는 데 있으나 훈련직종의 성과는 중장기적으로는 자동화 위험과도 연관되어 있음.
  - 현재까지 정부 주도 실업자 훈련의 공급양상이나 훈련성과는 자동화 위험과 유사한 분포를 나타내고 있음.
  - 향후 실업자 훈련 재편 과정에서 직종별 자동화 위험뿐만 아니라 연령, 성별, 학력에 따른 자동화 위험의 차이를 감안하여 훈련과정 개설 및 훈련상담을 진행하는 방법의 모색이 필요함.

## 제5장

# 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발 정책의 방향과 과제

- 제1절 융합기술인재 양성과  
직업능력개발의 현대화
- 제2절 사회적 약자의 직업능력개발:  
사회보장 강화와 고용가능성 제고
- 제3절 직업능력개발 정책  
종합지원체계 구축



## 제5장 | 제4차 산업혁명에 따른 직업능력개발 정책의 방향과 과제

### 제1절 융합기술인재 양성과 직업능력개발의 현대화

- 세계경제포럼 보고서의 내용에서도 드러나듯이, 제4차 산업혁명이 일자리에 미칠 영향이 국가, 산업 및 직종, 부문에 따라 상이하기 때문에 단일한 인적자원 정책이나 직업능력개발 정책으로 이에 대응하는 것은 무리가 있음.
  - 이른바 4차 산업혁명의 유망 산업 부문에서 특정 기술이나 스킬 증가에 대응하여 특정 부문의 인력을 집중적으로 양성하는 것은 적절한 대안이 될 수 없음.
  
- 다양한 기술 및 조직 부문에서 핵심역량을 활용하여 기술변화에 능동적으로 대응하고 융합할 수 있는 핵심인재의 발굴이 더욱 긴요한 시점임.
  - 미래 산업 분야 대응: 융합기술인재 양성과 직업능력개발 고도화
  - 취약계층에 대한 사회보장 강화와 고용가능성 제고를 위한 중

### 합지원체계 구축

- 승자독식 경제, 슈퍼스타 경제 등 일자리 양극화에 따른 불평등 심화가 우려됨(소득분포가 정규분포에서 멱함수 분포로 그 모양이 변화).
  - 취약계층은 빠른 기술변화에 대응할 수 있는 인적역량 개발이나 유지, 활성화 정도가 낮기 때문에 직업능력개발을 위한 정책 지원 요구가 증가할 가능성이 존재함.
  
- 직업능력개발을 통하여 양성 및 향상하고자 하는 인적 역량 혹은 고용가능성의 조합(skills set)에 대한 재인식이 필요한 시점임.
  - 지금까지 직업능력개발 사업은 구직자의 취업 및 재취업, 재직자의 직무능력 향상을 목적으로 하는데, 이때의 역량은 주로 특정 직종이나 업종에 한정된 특수역량에 머물고 있음.
  
- 제4차 산업혁명 시대에 요구되는 인적역량은 지금과는 다른 양상을 지닐 수 있으며, 생산방식의 파괴적 혁신 및 공유경제의 확산 등으로 인하여 새로운 역량에 대한 수요가 급증할 가능성에 대비할 필요가 있음.
  - 이러한 역량은 주로 일반적 성격을 갖는 것으로, 초·중등교육 과정의 공식(의무) 교육 단계에서 학습의 목표로 간주되어 왔음.
  - 그러나 향후 직업능력개발이 평생학습체제로 자리매김하려면 그동안 간과해 온 일반 역량 혹은 통용 가능한 역량(transversal skills)의 제고를 지원하기 위한 방안 마련이 요구됨.

- 본 장에서 제4차 산업혁명에 대비한 직업능력개발 정책 개선 과제의 일부는 관련 분야 전문가와 정책 담당자, 현장 실무자 등과의 전문가 간담회를 통해 도출된 것임.
- 향후 직업능력개발 정책의 여러 과제를 도출하고 개선 방안을 현실화하는 데 있어 이해당사자의 참여를 제도화할 수 있도록 사회적 대화 기구를 활용하는 방안에 대한 지속적인 논의가 필요할 것임.

## 제2절 사회적 약자의 직업능력개발: 사회보장 강화와 고용가능성 제고

- Arntz et al.(2016)에 따라 과업 기반 접근법으로 분석한 결과, 자동화에 따른 위험은 한국 노동시장에서는 주로 청년층, 저학력 노동자, 저임금 근로자가 감당하게 될 것으로 판단됨.
  - 우리나라 노동시장에서 자동화 위험 수준은 고위험 직종과 저위험 직종의 분포가 상대적으로 많은 양봉형 구조를 띠고 있음.
  - 현재까지 정부 주도 실업자 훈련의 공급 양상이나 훈련성과는 자동화 위험과 유사한 분포를 나타내고 있음.
  - 향후 실업자 훈련 재편 과정에서 직종별 자동화 위험뿐만 아니라 연령, 성별, 학력에 따른 자동화 위험의 차이를 감안하여 훈련과정 개설 및 훈련상담을 진행하는 방법의 모색이 필요함.
  
- 기술변화의 가속화로 고용형태의 다양화가 초래되면 새로운 스킬의 획득 여부가 노동시장 진입, 소득확보 능력의 격차를 야기할 가능성이 매우 큼.
  - 일자리의 위기가 소득이나 근로조건뿐만 아니라 스킬 확보 역량의 차이로 실현될 가능성이 높으며, 특히 사회적 약자 집단에 위험부담이 가중될 가능성이 상당함.
  - 직업능력개발 정책은 특수 숙련을 갖춘 인력양성의 좁은 틀을 벗어나 다양한 사회보장제도와 정합성을 갖도록 재편될 필요가 매우 큼.

### 제3절 직업능력개발 정책 종합지원체계 구축

#### 1. 수요자 중심 훈련시장 발전 방안: 오픈 플랫폼 전략

##### 가. 수요자 중심 통합적 직업능력개발 체제 구축

- 미래 직업능력개발 체제 속에서는 개인에게 다양한 학습경로를 허용하고 지원하는 수요자 중심의 접근이 필요함.
  - 급격한 노동시장 변화 속에서 한 개인의 생애 경쟁력 제고를 위해 단기적인 취업을 위한 훈련만이 아니라 장기적 효용성을 갖는 역량을 제고할 수 있는 프로그램을 선택할 수 있어야 함.
  - 시간에 대한 주도권 확대 및 학습권리의 인정 등 개인의 능동적인 학습 참여가 가능하도록 학습 친화적인 근로환경 조성이 필요함.
  
- 전 국민 대상의 직업능력개발을 위하여 국가의 모든 학습체제를 평생직업능력개발 체제 속에 포함시키도록 함.
  - 민간 훈련기관뿐만 아니라 전문대학 및 대학에서 제공하는 프로그램들을 적극적으로 포함시킴(이를 위해서 부처 간 긴밀한 연계 필요).
  - 범부처적 접근이 용이하도록 프랑스의 경우처럼 별도의 직업능력개발기금 운영 기관을 설립하는 방안도 검토할 필요가 있음.
  
- 경직된 기준에 따라 국가가 인증한 프로그램 이외에 다양한 학

습 콘텐츠를 포함하는 직업능력개발 플랫폼 구축이 필요함.

- 프로그램으로의 인증 기준을 확대하여 방대한 프로그램을 시스템에서 포함시킴.
- 수강한 개인들이 프로그램에 대한 자세한 정보, 업데이트 선호도, 프로그램에 대한 만족도 등을 평가하도록 함.
  - 최근의 쇼핑 플랫폼에서 사용하는 기법: 물건을 구매한 후 이용 후기를 올리면 포인트를 줌. VIP 이용 후기(좀 더 상세하고, 미디어 파일이 포함된 후기), 간단한 후기, 단순 별표 등과 같은 정보가 누적되어 구매에 객관적인 기준으로 작동함.

#### 나. WORK-MOOC 개발 및 활용을 통한 직업능력개발 프로그램 다변화와 효율화

- 가칭 WORK-MOOC 개발 및 활용을 통한 직업능력개발 프로그램 다변화와 효율화
  - MOOC란 대규모 온라인 공개강좌(Massive Open Online Course)로서, 지능정보기술과 결합되었다는 점, 다양한 상호작용이 가능한 체제라는 점에서 기존의 온라인 강좌와 질적으로 다름.
  - 작은 단위로 구성된 강의를 학습한 후 질의, 토론 등이 가능하고, 학습 커뮤니티 참여, 퀴즈를 통한 평가 및 인증이 가능함.
- 미국은 선도적으로 MOOC를 개발하여 운영하며, 전 세계 학습자가 이용하고 있음.

- 2012년 5월 MIT와 하버드대가 비영리 목적으로 공동 설립한 edX는 일부 프리미엄 과정에 대한 수수료 발급을 제외한 대부분 서비스를 무료로 제공하며, 전 세계 64개 대학과 비영리 기구들이 제공한 400개 이상의 강좌를 서비스하고 있음.
- Udemy의 경우 개인들이 수익을 목적으로 플랫폼상에 강의를 등록하고 각자 정한 강의료로 서비스를 제공함.
- Udacity는 AT&T, Google, Facebook 등과 제휴해 직원들에게 유료 강의 서비스를 제공하는 사업에 집중하고 있음.
- Coursera는 자사의 양질의 유료 교육과정을 이수한 구직자와 구인기업을 연결하는 서비스 등 수익모델을 개발함.
- Udacity와 Coursera의 경우 설립 이후 다수의 벤처캐피털로부터 자본을 유치해 기업고객용 프리미엄 유료 과정, 광고, 마케팅서비스 등 수익사업을 확대함.

〈표 5-1〉 해외 주요 MOOC 및 유사 플랫폼 현황

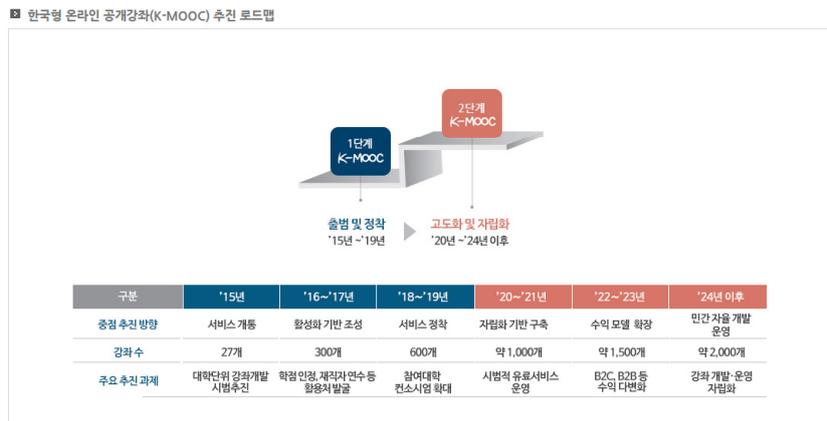
| 플랫폼 | Coursera   | edx   | UDACITY  | Udemy   |
|-----|--|---|--|---|
| 특징  | 최다 강좌 및 최대 회원 수 수익성 추구   | 프리미엄 이미지 구축, 오픈소스 플랫폼                                   | 컴퓨터공학 분야 특성화, 기업 강좌 개설   | C2C 학습 플랫폼  |
| 설립  | 2012년 4월 스탠퍼드대 교수 Andrew NG가 설립                                | 2012년 5월 MIT, 하버드대에 서 edx 코스를 개설하면서 출범                  | 2012년 2월 스탠퍼드대 교수 Sebastian Thrun 등이 설립                        | 2010년 초 가상교실을 개발 하던 Eren Bali 등이 설립                           |
| 강좌  | 예일대, 프린스턴대 등 총 114개 기관의 839개 강좌 개설                             | 버클리대 등 64개 대학 및 비영리기구 등 409개 강좌 개설                      | 버지니아대 및 AT&T 등 기업을 포함한 12개 기관의 58개 강좌 개설                       | 15개 카테고리 25,000개 이상 강좌 개설                                     |
| 사용자 | 약 1,000만 명   | 약 300만 명  | 약 160만 명   | 약 300만 명  |
| 과정  | 일반과정<br>- 수강 무료, 수료증 \$49<br>specialization<br>- 수강 유료, 수료증 있음 | 일반과정<br>- 수강 무료, 수료증 유료<br>Xseries<br>- 수강 무료, 수료증 \$50 | 일반과정<br>- 수강 무료, 수료증 없음<br>Nanodegree<br>- 수강 유료 \$200, 수료증 있음 | 강사가 강의료 결정<br>Certifications<br>- 평균 \$29~\$99 정도<br>무료과정도 제공 |

출처: 김동우(2016: 3).

- K-MOOC(Korean Massive Open On-line Course): 한국형 온라인 공개강좌 플랫폼(교육부, 2016)
  - 교육부 지원으로 조성한 공용 플랫폼
  - 학습자가 하나의 아이디(ID)를 통해 모든 대학의 강좌를 학습하고, 평생학습계좌제와 연계하여 학습이력을 체계적으로 기록·관리함.
  - 서울대, KAIST 등 10개 국내 우수대학의 총 27개 강좌를 시작으로, 2016년에는 140개 강좌 서비스, 2018년까지 총 500개 이상의 강좌 운영을 목표로하고 있음.

- MOOC의 특징인 양방향 학습의 적극적인 구현을 위해 질의응답, 과제부여, 토론 및 학습 커뮤니티 등 대학의 강좌 운영에 필요한 각종 지원 기능을 개발하여 제공함.
  - 교수·학습 활동(질의응답, 게시판 등), 평가활동(퀴즈, 과제, 시험 등), 학습관리(진도 및 출석 관리, 학습독려, 학습상담 지원, 학습이력 관리, 이수증 발급 등), 상호 학습활동(토론, 커뮤니티, 스터디 그룹)

[그림 5-1] 한국형 온라인 공개강좌(K-MOOC) 추진 로드맵



<http://www.nile.or.kr/contents/contents.jsp?bkind=html&bcode=HABAAA&bmode=view>. (2017. 7. 19일 접속).

- 가칭 WORK-MOOC 직업능력개발 공용 플랫폼 개발
  - 국가 주도로 플랫폼을 개발하되, 그 안의 프로그램 구성 및 활용에 민간 훈련기관 및 개인이 적극적으로 참여하도록 유도하며, 프로그램의 질 관리 체제를 구축함.
    - 민간 훈련기관이 개발한 MOOC의 활용도가 높을 경우

인센티브를 제공하며, MOOC를 활용한 하이브리드 훈련 프로그램을 구성하도록 유도함.

- 다양한 숙련수준별 프로그램 제작 및 보급
  - 첨단산업과 저숙련 근로자의 기초역량 강화를 위해 직업 기초능력 및 직종별 기초이론에 대한 MOOC를 제작 및 활용
  - 중숙련 훈련 프로그램에서 직종별, 산업별 공통 이론 부분에 대한 프로그램 제작
  - 고숙련 인력의 숙련강화를 위한 프로그램 내에서 K-MOOC 또는 해외의 MOOC 프로그램을 훈련 프로그램으로 인정하고 유료일 경우 비용을 지원
- 플랫폼 내에 훈련의 목적과 숙련도, 학습이력 등을 체크하는 프로파일을 구성하고, 로그 기록 분석을 통해 프로그램 타당성 및 적절성 평가시스템을 구축

○ MOOC의 장점

- 수강생 숫자 증가에 따른 추가 비용이 없으므로 훈련비용이 절감됨.
- 작업공정훈련과 통합된 방식으로 운영하여 훈련방법의 다변화를 꾀할 수 있음.
- 다양한 수준별 훈련 프로그램 제공이 가능함. 이로 인해 고숙련자들을 위한 프로그램과 저숙련자들을 위한 프로그램을 차별화하여 개발하고, 저숙련자들이 겪는 학습에 대한 어려움을 진단하고 보충해 줄 수 있는 가능성이 열려 있음.

- 훈련에 대한 접근성이 매우 높아짐.
- 학습자의 동기와 수준에 부합하는 프로그램 제공이 가능함.
- 훈련 프로파일의 추적, 프로그램에 대한 평가, 학습 커뮤니티 활성화가 플랫폼 안에서 가능함.
- 훈련이수 결과는 인증되고, 오프라인 숙련향상 프로그램과 연계되어 자격증과의 연계가 가능함.
- 지능정보기술을 활용하여(학습자 로그인, 학업 집중도, 로그파일 등) 학습의 과정과 결과에 대한 풍부한 정보 수집이 가능함.

○ WORK-MOOC 유용성 제고를 위한 전제 조건

- 높은 수준의 MOOC 구축 및 활용을 위해서는 개발 단계에서 치밀한 준비 작업이 필요함.
  - 플랫폼의 구조 구성 및 프로그램의 기본요소 등을 기획하기 위한 사전 준비팀 구성
  - 민간 훈련기관의 프로그램 개발 가이드라인 및 인증 기준 개발
  - 학습자 및 프로그램별로 추적되는 빅데이터의 수집 및 활용 계획 수립
  - 시범운영 기간을 가진 후 재수정한 다음에 일반에 공개
- 학습자의 자발적인 학습동기가 필수적으로 전제되어야 하며, 동기유발을 위한 방안이 마련되어야 함.
- 일정한 수준의 디지털 문해력이 요구되므로 중·고령자와 저학력자 등 디지털 문맹률이 높은 집단에 적용하는 데에는 한계가 있음.

○ 훈련방법의 혁신

- MOOC를 활용할 경우, 강의실 안에서의 단조로운 훈련을 넘어서 학습자의 능동적 참여를 유도하는 방법을 적용한 훈련 프로그램 운영이 가능함.
- 예컨대, ‘플립드 러닝(Flipped Learning)’은 MOOC를 포함한 다양한 학습원을 통해 사전에 학습한 후, 오프라인 수업에서는 팀프로젝트, 토론수업 등을 진행하는 ‘역진행 수업방식’으로 학습자의 문제해결능력 제고와 학습몰입도를 높이는 데 효과가 있는 것으로 평가됨(교육부, 2016).
- MOOC 등을 활용한 온라인과 오프라인의 활동이 정교하게 결합된 하이브리드 학습 과정을 활용하여 훈련효과를 제고할 수 있음.

○ ‘플랫폼에 대한 신뢰가 일단 형성되면 디지털 공급자는 플랫폼을 통해 또 다른 상품과 서비스를 제공하기가 매우 수월해진다. (슈랍, 2016: 105)’

- 파괴적 기업은 네트워크 효과로 수익 극대화가 가능함. 중개자는 필요 없으며, 낮은 비용으로 규모의 수익 창출이 가능함.
- 디지털 기술로 인한 상품과 서비스의 융합으로 새로운 파괴적 혁신이 가능함.

○ 금융산업의 사례: 스마트 계약 체결, 결제 및 거래비용 대폭 인하

○ 헬스케어 산업: 환자 기록의 디지털화와 웨어러블 기기 및 체내

삽입형 기기 사용뿐 아니라 방대한 정보 활용을 통하여 새로운 진단법과 치료법 개발이 가능함.

- 물리학, 생물학, 디지털 기술의 동시다발적 발전 및 통합 과제임.

○ 직업능력개발 프로그램에 이러한 기술융합에 따라 노동시장에서 요구되는 인적 역량 변화를 어떻게 반영할 것인가에 대한 정책적 고민이 필요함.

- 예컨대, 직업능력개발훈련 내용을 개편하는 데에는 수요발생과 훈련이수 간의 시차 문제, 훈련수요의 적합성 문제 등 다양한 문제가 야기될 것으로 판단됨. 훈련수요자 스스로가 기술융합에 대응할 수 있는 새로운 의미의 고용가능성을 체화할 수 있는 교수방법의 혁신이 필요함.

- 콘텐츠 중심에서 콘텍스트를 기반으로 한 문제해결능력을 배양하는 데 초점을 두고 적극적 의미 부여 및 해석 능력의 배양이 필요함.

○ 직업능력개발훈련 플랫폼 개선 관련 논의

- 고용서비스-직업능력개발훈련의 효과적 연계를 위하여 공공 직업안정기관의 고용서비스 제공 시 빅데이터와 클라우드를 활용하는 방식에 대한 고민이 필요함.

- 현재 취업성공패키지를 비롯한 취업지원사업의 고용서비스는 진단 및 경로설정, 직업능력 향상, 취업알선 단계로 진행되는 데, 1단계에서 주로 국가 및 공공기관이 보유하고 있는 진로지도 및 경력경로 관련 정보를 활용하여 하향식(top-down)으로

경력 설계를 해 주고 있음.

- 공공고용서비스 이용자 중 다수가 취약계층이라는 점을 감안하면, 이러한 방식이 불가피한 면이 있으나, 향후 효율성 측면에서는 문제가 제기될 수 있음.
- 클라우드 개념을 활용한다면 직업능력개발훈련 이수자의 다양한 경력경로 및 생애경로에 관한 정보를 수평적(P2P: peer to peer)으로 공유할 수 있을 것으로 기대함. 다만, 개인정보를 보호하고 공유 경험이 새로운 가치를 실현할 수 있도록 인센티브를 주는 방안을 논의할 필요가 있음.
- 고용서비스 신청 과정에서 다양한 질적 정보를 입력하도록 하고, 이를 기반으로 가장 적합한 훈련 프로그램을 추천하는 방식을 채택하도록 함. 최종적으로 이러한 자료가 빅데이터에 활용될 수 있음. 과도기적으로는 현재 1단계 상담의 내용은 다분히 기계적이므로 자동화가 가능하며, 상담인력의 전문성과 시간은 2차 심층 상담에 집중하고, 상담내용은 빅데이터로 활용하도록 함(개인 동의 전제).
- 개인에게 적합한 훈련 프로그램을 추천하는 과정의 개선이 필요함. 개인의 숙련수준에 대한 보다 상세한 정보와 훈련 프로그램의 질과 수준, 기관에 대한 정보가 플랫폼상에서 공개되어 최적의 선택이 가능하도록 플랫폼을 구성하도록 함.
- 현재의 평면적인 HRD Net을 고도화하여 프로그램에 대한 질적 정보를 제공하도록 함. 이때 제한되고 구조화된 필드에 따른 검색이 아니라 프로그램에 대한 질적 정보들이 수록되고 비구조화된 검색어에 따른 훈련검색이 가능하도록 개편이 필요함.

- 이 과정에서 다양한 MOOC 프로그램이 공급되어 저비용, 고품질 훈련 프로그램이 제공되는 계기가 마련될 필요가 있음.

## 2. 공공-민간 훈련기관 및 훈련과정 개편: 정부재정 지원과 민간 운영 자율성 확대

- 직업능력개발에서 정부의 책임성 강화
  - 제4차 산업혁명으로 인하여 직업능력개발의 수요는 폭증하는 가운데, 기술추동이 하위 소득자의 증가 및 상위 소득자의 양적 감소가 전망되고 있음.
  - 이에 공공재로서의 직업능력개발이 사회의 불평등화에 대한 적극적 대응 조치가 될 수 있으므로 정부의 역할은 더욱 강화되어야 함.
- 가장 양극화되기 쉬운 ICT 및 프로그래밍 숙련의 경우, 정부는 이를 정규학습은 물론 평생학습과 연계하여 지속적으로 개입할 필요가 있음.
  - 이는 제1차 산업 혹은 여타 산업에서의 ICT화 혹은 인공지능 활용의 확대를 위해서도 절대적으로 필요함.
  - 한국의 경우 틀에 박힌 직무들로 구성된 일자리 비중은 OECD 국가들 중 3위, 일하면서도 학습이 일어나지 않는 일자리 비중은 OECD 국가들 중에서 2위를 차지하는 등(OECD Skills Outlook, 2015) 전체적으로 높은 숙련을 요하지 않는 일자리가 많은 비중을 차지하는 산업구조이기 때문에 정부의 일자리 숙

련의 제고 정책이 동시에 필요함.

- 이는 고부가가치화로의 산업 발전, 추격형이 아닌 선도형 산업 구조로의 발전에 기초가 되는 것임.

○ 세계경제포럼의 보고서가 예측하였듯이, 전 지구적 재숙련화의 필요가 상당하므로 직업능력개발 분야는 최고의 고용창출산업이 될 수 있음(WEF, 2016; Manyika et al., 2017).

- 이에 정부의 직업능력개발에서의 역할은 산업발전과 고용증가를 도모한다는 양수점장의 수단이기 때문에 매우 중요함.
- 소프트웨어 창업, 창작자 창업에서도 정부의 역할 증대가 요청되고 있음.
  - 아울러 공유경제의 확산 등에 대해서도 적절한 규제개혁 등이 필요함.
- 이상 직업능력개발을 둘러싼 정부의 역할과 책임은 더욱 커질 것이 예견되고 있음.

○ 제4차 산업혁명과 조세 기반 직업능력개발 체제의 필요성

- 현재 이루어지고 있는 고용관계의 비정형화(프리랜서, 임시고용, 하도급, 크라우드워커 등) 확대로 내부 노동시장의 정규직 중심의 고용보험직업능력개발 체제는 제4차 산업혁명과 관련한 변화에 적합하게 대응하는 것이 불가능함.
- 2015년 현재 고용보험 적용 피보험자는 12,363천 명으로 전체 취업자 25,879명의 약 48%밖에 포괄하지 못하고 있음(고용노동부, 2016).

- 또한 고용보험 직업능력개발 사업의 기금은 사업주로부터 걷는 것이기 때문에 향후 급증할 것이라 판단되는 양성 혹은 향상 직업능력개발의 수요를 제대로 충족시키는 것이 불가능함.
- 더욱이 일자리 구조의 변화, 즉 인공지능 활용과 전문화, 인간(기능활용)화, 사회적 일자리 확대 등의 변화와 직무구조의 변화 및 직업변동으로 인한 직업이동의 증대에서 기인하는 직업능력개발 수요의 폭증에 거의 대응할 수 없음.
- 또한 직무숙련의 주기가 짧아지기 때문에 사용자가 직업능력개발에 투자를 하지 않는 경우 전혀 손을 쓸 수 없는 한계가 있음.
- 아울러 기존의 사용자 중심의 향상 직업능력개발을 위주로 한 고용보험 직업능력개발 체제는 양성 직업능력개발의 수요 증가와 기업의 향상 직업능력개발에 대한 투자감소 등의 요인으로 적합성을 상실하게 됨.
  - 기업은 잦은 직무구조의 변화, 짧은 근속(짧은 직업이동)으로 훈련투자의 유인이 감소하고 있으며, 틀에 박힌 반복적인 기능숙련 직무들은 자동화되면서 훈련의 필요성이 대폭 줄어들었음.
- 현재의 직업능력개발 수요는 전형적인 취업자에게서만 나오는 것이 아니라 비전형의 고용관계에 있는 모든 사람들에게서 나오고 있으므로, 직업능력개발 체제의 재원은 조세 기반으로 변환시키는 것이 타당함.
- 또한 직업능력개발은 사후적인 보험의 성격을 지니는 것이 타당하지 않음. 공공재 생산으로서의 직업능력개발이기 때문에

공공의 재원으로 진행되는 것이 타당함.

- 독일 Work 4.0에서는 실업보험에서 고용보험으로의 개혁이 논의되고 있으며, 시기별 로드맵이 제시되어 있음.
- 그러나 독일과 한국의 훈련시스템은 다음 <표 5-2>에 나타나는 것처럼 매우 다르므로 향후 향상훈련을 도모하고자 하며, 다수의 노동자가 노동조합에 포괄되는 독일에서는 고용보험시스템이 그 답이 될 수 있음.
- 그러나 정규직 대상의 향상훈련 위주로 정부가 훈련 전반을 기획하는 한국에서 고용보험시스템하의 직업능력개발은 제4차 산업혁명에 대한 답이 될 수 없음.

<표 5-2> 한국과 독일의 훈련시스템 비교

|           | 한국                       | 독일             |
|-----------|--------------------------|----------------|
| 주된 훈련의 목적 | 향상훈련                     | 양성훈련           |
| 훈련의 기획    | 중앙정부                     | 사용자 단체, 노조 단체  |
| 훈련 대상     | 취업 근로자                   | 도제 훈련생         |
| 훈련비 부담    | 사용자<br>(고용보험 직업능력개발보험료율) | 도제 사용자, 도제 훈련생 |

○ 조세 기반 직업능력개발 체제

- 시민의 자격으로서 직업능력개발에 참여할 수 있어야 함.
- 이는 평생학습의 공공재성에 기반을 두는 것이며, 직업능력개발은 공공재 생산과 소비에 기반한 시민의 권리로서 향유되어야 함.
- 즉, 보험 가입자만이 아닌 모든 시민이 누릴 수 있는 권한으로서의 직업능력개발이 이루어지는 것임.
- 그리고 여타의 사회보장보험 혹은 기본소득과 연계하여 진행 시킴으로써 개인의 일과 학습에 유연안정성이 확보되도록 해야 함.
- 그리하여 특히 취업자들이 업무시간 이후에 어려움 없이 교육훈련을 받을 수 있도록 정부의 사용자 규제(근로시간 준수, 강제 휴일 근무 규제 등)가 가능해져야 함.

○ 조세 기반의 직업능력개발 체제는 기술 주도의 숙련 양극화 혹은 숙련 갭의 문제를 해결함으로써 사회 양극화를 사전적으로 예방할 수 있음.

- 그러나 정부가 직접적으로 직업능력개발 사업을 조직하는 것을 의미하지 않음.
- 정부는 직업능력개발 사업의 방향을 제시하고 지원하는 업무를 맡는 것임.
- 구체적 사업들은 민간의 교육훈련기관 주체들의 몫으로 남겨 두어야 함.
- 정부는 민간의 교육훈련 주체들이 고품질의 직업능력개발서비

스를 제공하고 있는지 감시·감독하고 인증하는 역할을 제대로 해야 함.

- 미래 숙련은 정규 교육과정과 같이 정부의 주도로 예측되고 정보제공이 이루어져야 하며, 그러한 정보제공은 공공의 인프라로 이루어져야 함. 또한 고용서비스와 직업능력개발의 연계 강화가 조세 기반 직업능력개발 체제 내에서 이루어져야 함.

### 3. 직업능력개발 인프라 강화: 급변하는 고용 및 숙련 수요를 반영하는 고용서비스 강화, 빅데이터 및 인공지능 기반 평생경력개발 인프라 구축

- 직업능력개발 패러다임의 전환 필요성: 개인의 인적역량의 개발, 유지, 향상을 정책적으로 지원하는 종합지원체계로의 전환이 필요함.
  - 기업 및 근로자 지원제도의 대상 및 기준의 재조정과 직업능력개발 성과 모니터링 및 평가 방식의 개선이 필요함.
  - 개인의 역량제고를 근간으로 하는 고용서비스 원칙이 확립되어야 함.
  - 훈련기관 지원 시 인풋 중심의 지원기준을 훈련이수생 역량 중심의 지원체제로 개편해야 함.
- 공공-민간 훈련기관 및 훈련과정 개편: 정부재정 지원과 민간 운영 자율성 확대

- 직업능력개발 인프라 강화: 급변하는 고용 및 숙련 수요를 반영하는 고용서비스 강화, 빅데이터 및 인공지능 기반 평생경력개발 인프라 구축



## 참고문헌

- 고용노동부(2016). 2016년판 고용보험백서. 세종: 고용노동부 고용보험 기획과.
- 관계부처합동(2016). 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책(2016. 12. 27.).
- 교육부(2016). 한국형 MOOC, 올해 하반기 시범서비스 제공, 2월 3일 보도자료.
- 김동우(2016). MOOC, IT 기술과 교육의 융합, KB 지식비타민(16-35호), 3쪽.
- 김미란·고혜원·나영선·류기락·이상준·이지은·정재호·최영섭(2016). 고용보험평가연구 위탁(2015)-직업능력개발사업 부문, 세종: 한국직업능력개발원.
- 김상윤(2016). 4차 산업혁명의 핵심동력, POSRI 이슈리포트, 2016(10), 1-13쪽.
- 김세움(2015). 기술진보에 따른 노동시장 변화와 대응, 세종: 한국노동연구원.
- \_\_\_\_\_ (2016). 기술진보에 따른 고용대체 고위험군 일자리 비중 분석, 노동리뷰, 49-58쪽.
- 김진하(2016). 제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, KISTEP R&D InI, (15), 45-59쪽.
- 나준호(2016). 인공지능의 발전과 고용의 미래. FUTURE HORIZON, (28), 14-17쪽.
- 더불어민주당(2017). 완전히 새로운 나라, 지능국가 대한민국: 문재인외

- 약속, 서울: 더불어 민주당.
- 마셜 벤 엘스타인, 상지트 폴 초더리, 제프리 파커 저, 이현경 역  
(2017). 플랫폼 레볼루션, 서울: 부키.
- 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원(2016). 과학기술 & ICT 정책·  
기술 동향, 66호(2016. 3. 25.).
- 박동(2016). 제4차 산업혁명과 창작운동, 제3차 KRIVET 학습포럼 발표  
자료, 세종: 한국직업능력개발원.
- 방하남 외(2007). 고용보험사업 심층평가, 세종: 한국노동연구원.
- 선대인(2017). 일의 미래, 무엇이 바뀌고 무엇이 오는가, 인플루엔셜.
- 슈밥(2016). 클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명, 서울: 새로운 현재.
- 임인 외(2013). 한국인의 역량, 학습과 일, 국제성인역량조사(PIAAC)  
보고서, 한국직업능력개발원.
- 장지연, 2017, '고용형태 다양화와 노동시장 불평등', 「고용·노동브리프」  
제69호(2017-02), 세종: 한국노동연구원
- 한국무역협회 도쿄지부(2016). 제4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의  
전략 및 시사점(2016. 6.).
- 한국산업기술진흥원(2011). 미국의 혁신 전략 주요 내용 및 시사점, 산  
업기술정책 프리프 22호, 대전: 정보통신기술진흥센터.
- 황규희·김안국·김종우(2016). 지능정보기술 확산과 미래직업교육훈련  
방향성, 세종: 한국직업능력개발원.
- 황덕순 외(2016). 고용관계 변화와 사회복지 패러다임 연구, 세종: 한국  
노동연구원.
- 허재준(2016). 일의 미래와 노동시장 전략. 『노동시장 전략연구회 연  
구결과 발표회 자료집』. pp 29-60. 세종: 고용노동부

- KDB 산업은행(2016). 미국의 신사업 육성정책과 시사점, 주간 KDB리포트. 제696호(2016. 10. 4), 1~9쪽.
- KDI(2016. 12. 13). 제4차 산업혁명과 미래의 일자리, 제4차 노동시장 전략회의 자료, 세종: 고용노동부.
- Acemoglu, D.(2003). Labor- and capital-augmenting technical change, *Journal of the European Economic Association*, 1(1), pp.1~37.
- Acemoglu, D. and D. H. Autor(2011). Skills, Tasks, and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4b, Elsevier, New York, pp.1044~1171.
- Andreas Schleiche(2015). Skilled for Life - Key findings from the survey of adult skills Presentation by Andreas Schleicher at the PIAAC International Conference held in Haarlem, the Netherlands 22 November 2015.
- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U.(2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis, *OECD Social, Employment, and Migration Working Papers*(189). 0\_1.
- Autor, D.H. (2010). The Polarization of Job Opportunities in the U.S. Labor Market Implications for Employment and Earnings. Hamilton Project, Washington, D.C.
- Autor D. H. & Dorn, D.(2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market, *The American Economic Review*, 103(5), pp.1553~1597.
- Autor, D. H.(2013). The ‘task approach’ to labor markets: an overview, *Journal for Labour Market Research*, 46(3), pp.185~199.

- Autor, D. H. & Handel, M. J.(2013). Putting tasks to the test: Human capital, job tasks, and wages. *Journal of Labor Economics*, 31(S1), S59~S96.
- Autor, D. H. & Price, B.(2013). The changing task composition of the US labor market: An update of Autor, Levy, and Murnane(2003). Unpublished Manuscript. Retrieved October, 28, 2015.
- Autor, D., Katz, L. F. and Kearney, M. S.(2006). The Polarization of the US Labor Market (No. w11986), National Bureau of Economic Research.
- Autor, D., Levy, F. and Murnane, R. J.(2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration, *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), pp.1279~1333.
- Autor, David H. Lawrence F. Katz, and Melissa S. Kearney.(2008). Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists. *Review of Economics and Statistics*, 90(2), pp.300~323.
- Baumol, W. J.(1967). Macroeconomics of unbalanced growth: the anatomy of urban crisis, *The American economic review*, 57(3), pp.415~426.
- Bessen, J.(2015). Toil and technology, *Finance & Development*, 52(1), March 2015.
- Blinder, A. S.(2009). How many US jobs might be offshorable?, *World Economics*, 10(2), p.41.
- Brynjolfsson, E. and McAfee A.(2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W. W. Norton & Company.

- De Stefano, V.(2015). The rise of the ‘just-in-time workforce’: On-demand work, crowd work and labour protection in the ‘gig-economy’, Geneva: International Labour Office.
- Eurofound, Y.(2014). People and temporary employment in Europe.
- Eurostat(2011). Regions in the European Union — Nomenclature of territorial units for statistics NUTS 2010/EU-27. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Executive Officer of the President(2012). Report to the president on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced manufacturing, Washington, D.C.: The White House
- \_\_\_\_\_ (2014). Report to the president Accelerating U.S. Advanced manufacturing, Washington, D.C.: The White House
- Fernández-Macías, E., & Hurley, J. (2016). Routine-biased technical change and job polarization in Europe. *Socio-Economic Review*, mww016.
- Frey, C. B. and M. A. Osborne(2013). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?, University of Oxford.
- Frey, C. B. Osborne and M. A. Holmes, C. Rahbari, E. Curmi, E. Garlick, R., & Wilkie, M. (2016). Technology at work v2. 0. Citi GPS: Global perspectives & solutions. Retrieved August, 18, 2016.
- German Federal Ministry of Labour and Social Affairs(2015). Re-imagining work green paper: Work 4.0.
- German Federal Ministry of Labour, Social Affairs(BMAS)(2017). Re-imagining Work: White Paper Work 4.0. Berlin, Germany:

Federal Ministry of Labour and Social Affairs

Goldin, C. and Katz, L. F.(2007). Long-run Changes in the US Wage Structure: Narrowing, Widening, Polarizing(No. w13568), National Bureau of Economic Research.

\_\_\_\_\_ (2009). The race between education and technology, Harvard University Press.

\_\_\_\_\_ (2007). The race between education and technology: the evolution of US educational wage differentials, 1890 to 2005(No. w12984), National Bureau of Economic Research.

Goldin, Claudia, and Lawrence F. Katz(2008). The Race between Education and Technology, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Goldin, C. & Katz, L.(2008). The race between technology and education. Cambridge, MA: Harvard.

Goos, M. and Manning, A.(2007). Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain, The Review of Economics and Statistics, 89(1), pp.118~133.

Goos, M., A. Manning and A. Salomons(2014). Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring, The American Economic Review, 104(8), pp.2509~2526.

Goos, M., Manning, A. and Salomons, A.(2009). Job polarization in Europe. The American Economic Review, 99(2), pp.58~63.

Graetz, G. and G. Michaels(2015). Robots and Work. IZA Discussion Paper, No. 8938.

Graumann, S., I. Bertschek, T. Weber et al.(2015). Monitoring-Report,

Wirtschaft DIGITAL 2015, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Gregory, T., A. Salomons, and U. Zierahn(2015). Technological Change and Regional Labor Market Disparities in Europe, Mannheim: Centre for European Economic Research.

Ibrahim, J. G. (1990). Incomplete data in generalized linear models. *Journal of the American Statistical Association*, 85(411), 765-769.

Jensen, J. B. and Kletzer, L. G.(2005). Tradable services: Understanding the scope and impact of services offshoring [with comments and discussion], In: *Brookings trade forum*, pp.75~133.

Katz, L. F., Autor, D., Ashenfelter, O. & Card, D.(1999). Handbook of labor economics. *Handbook of Labor Economics*, 3.

Katz, L. F. and Murphy, K. M.(1992). Changes in relative wages, 1963~1987: supply and demand factors, *The Quarterly Journal of Economics*, 107(1), pp.35~78.

Keynes, J. M.(1930). Economic possibilities for our grandchildren, *Essays in persuasion*, pp.358~373.

Lachenbruch, P. A. (2000). A Handbook of Statistical Analyses Using Stat a. *The American Statistician*, 54(2), 153-153.

Levy, F. & Murnane, R. J.(1996). With what skills are computers a complement?. *The American Economic Review*, 86(2), pp.258-262.

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M.(2017). A future that works: Automation, employment, and productivity, New York, NY: McKinsey Global Institute.

- Michaels, G., Rauch, F. and Redding, S. J.(2013). Task specialization in US cities from 1880-2000. Tech. Rep., NBER Working Paper No. 18715, National Bureau of Economic Research.
- Mokyr, J., Vickers, C., and Nicolas L. Ziebarth(2015). The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?, *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): pp.31~50.
- National Economic Council and Office of Science and Technology Policy(2015). A Strategy for American Innovation(2011.2. The White House-NEC, CEA, OSTP).
- Nordhaus, W. D.(2015). Are We Approaching an Economic Singularity?, *Information Technology and the Future of Economic Growth*, NBER Working Paper, 21547.
- Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD)(2015). *OECD Skills Outlook 2015: Youth, Skills and Employability*, OECD, Paris, France.
- Robotics, V. O.(2013). A roadmap for US robotics: from internet to robotics. Robotics Virtual Organization.
- Spitz-Oener, A.(2006). “Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure”, *Journal of Labor Economics*, Vol. 24, pp.235~270.
- The smiling curve(2013). Who's smiling now?, *OECD Observer* No 296 Q3 2013(2017. 5. 30. 접속).
- Trade&Invest, G.(2013). *Industrie 4.0-Smart Manufacturing for the Future*.
- Williamson O. E.(1979). *Transaction-Cost Economics: The Governance of*

Contractual Relations, Journal of Law and Economics. 87(22), pp.233~261.

\_\_\_\_\_ (1985). The Economic Institutions of Capitalism, New-York: The Free Press.

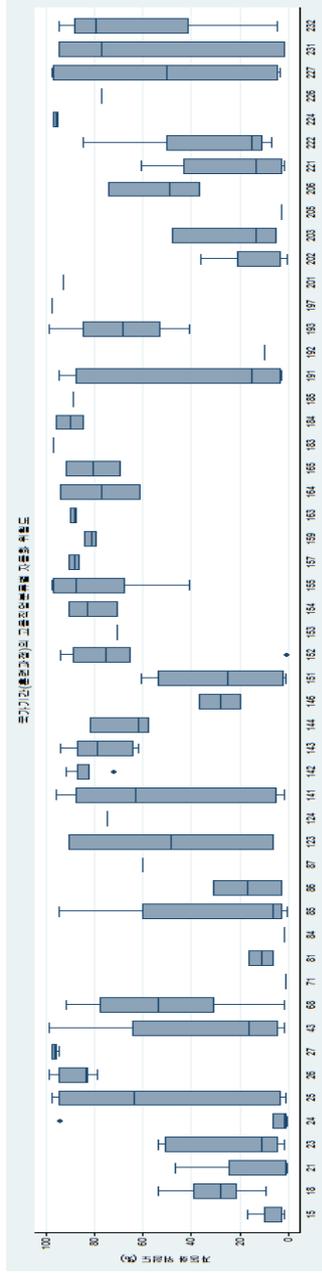
World Economic Forum(2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution, World Economic Forum, Geneva, Switzerland.



# 부 록



[그림 부록-2] 국가기간전략산업 훈련과정의 고용직업분류(소분류)별 자동화 위험도



[그림 부록-3] 실업자계좌제 훈련과정의 고용직업분류(소분류)별 자동화 위험도

