

정책자료
2023-06

제조업 엔지니어 연구

- 디지털 전환(DX)과 전망 -

이상준·조성재·이요한·박종식

한국노동연구원

목 차

요 약	i
제1장 서 론	(이상준) 1
제1절 연구 배경과 주제	1
제2절 연구 질문과 보고서의 구성	2
제2장 디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사	(조성재) 4
제1절 문제의 제기와 조사의 개요	4
제2절 경영 특성과 인적자원관리의 기초분석	8
제3절 디지털화에 대한 개인들의 대응 태세	17
제4절 디지털화 결정 요인 등 관련 회귀분석	26
1. 통제변수들의 기술통계량	26
2. AI 기술 적응 유형 결정 요인	28
3. IT 투자가 개인의 성과 인식에 미친 영향	31
4. IT 투자가 개인의 재량권에 미친 영향 추정	34
제5절 소 결	37
제3장 AI와 제조업 디지털 전환	(이요한 · 이상준) 40
제1절 인공지능의 등장과 제조업 혁신	40
제2절 M사 사례 연구	44
1. M사 사례 : AI를 활용한 제조업 디지털 전환	45
2. 현재 : 제조 현장과 AI를 활용한 디지털 전환	52

3. 미래 : AI를 활용한 제조업 디지털 전환과 전망	57
제3절 국내외 기업 사례	61
1. 국내 대기업의 사례	61
2. 해외 신생 기업의 사례	65
제4절 소 결	69
1. 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항	69
2. 기존 체계의 경로의존성(path dependency) 및 한계	69
3. 데이터 수집 및 변수 포착의 한계	70
4. 지나치게 큰 규모와 복잡성	70
5. 인력 양성과 인프라 구축	70
제4장 조선업 디지털 전환(DX)과 엔지니어	(박종식) 72
제1절 최근 조선업 동향과 미래의 조선산업	72
1. 연구배경	72
2. 최근 조선업 동향	77
3. 조선산업의 디지털화: 스마트 선박 및 스마트 야드	79
제2절 선박 엔지니어링 특성과 디지털 전환의 영향	83
1. 선박설계의 개괄적인 이해와 부문별 역할	84
2. 조선업 엔지니어 양성 과정	87
3. 전장설계 중요성 증가 및 타 부서와의 협업	90
제3절 조선업 전장설계 엔지니어링 특성	92
1. 입사 및 사내 훈련 과정: 대학교육과의 차이점	92
2. 엔지니어들에 대한 인적자원 관리	94
3. 조선업 타 (설계) 부서와의 협업 및 애로사항	98
제4절 소 결	100
제5장 결 론	(이상준) 102
제1절 내용 요약	102
1. 제조업 디지털 전환(DX)	102

2. 디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사	103
3. AI와 제조업 디지털 전환	105
4. 조선업 디지털 전환과 엔지니어	107
제2절 정책 시사점	109
1. 제조기업과 현장 중심의 디지털 전환	109
2. 디지털 문해력과 문제 해결 능력 강화	110
참고문헌	112
 [부록 1] 「제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사」 (개인용)	 116
[부록 2] 「제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사」 (인사관리자용)	 135

표 목 차

〈표 1- 1〉 보고서의 구성	3
〈표 2- 1〉 업종과 규모로 본 기업 표본의 개요	7
〈표 2- 2〉 조사 대상 기업들의 경영특성	9
〈표 2- 3〉 연구개발활동에서 차지하는 영역별 중요도(합계 100%)	11
〈표 2- 4〉 업종별 혁신 전략	12
〈표 2- 5〉 최근 3년간 R&D 부문의 아웃소싱 증가 여부	12
〈표 2- 6〉 최근 2년간 IT 도입 관련 규모별·업종별 실태 (5점 척도)	13
〈표 2- 7〉 디지털화 대비 교육훈련과 연구개발인력 채용난 정도 (5점 척도)	14
〈표 2- 8〉 담당 업무에 대한 AI 기술 적용 여부 및 가능성	19
〈표 2- 9〉 AI 기술이 현재 업무에 미치는 영향	20
〈표 2-10〉 AI 기술 학습에 대한 태도	22
〈표 2-11〉 AI 기술에 대한 태도에 따른 개인 유형화	23
〈표 2-12〉 AI 적응 개인 유형화에 따른 업무 영향 예측	23
〈표 2-13〉 직종별 AI 적응 개인 유형화 분포	24
〈표 2-14〉 학력별 AI 적응 개인 유형화 분포	25
〈표 2-15〉 회귀분석을 위한 통제변수 모음	27
〈표 2-16〉 AI 기술 적응 유형 결정요인 분석을 위한 독립변수의 기본값	29
〈표 2-17〉 AI 기술 적응 유형 결정요인 로지스틱 회귀분석 결과	30
〈표 2-18〉 IT 투자와 개인인식 관련 독립변수와 종속변수의 기술통계량	32
〈표 2-19〉 IT 투자가 개인 성과인식에 미친 영향 관련 분석 결과	33

〈표 2-20〉 업무 수행 재량권 변수의 구성	35
〈표 2-21〉 IT 투자와 개인 성과인식 및 업무 수행 재량권의 관계	36
〈표 3- 1〉 2022년 매출규모 상위 20위 IT서비스 현황	64
〈표 4- 1〉 조선업 국가직무능력표준(NCS) 내용	75
〈표 4- 2〉 신조선가 지수 및 주요선종의 선가 동향(매년 말 기준)	79
〈표 4- 3〉 선박설계의 단계별 과정	86

그림목차

[그림 2-1] 엔지니어들의 활동공간과 상호관계	6
[그림 2-2] 인력 채용이 어려운 분야	15
[그림 2-3] 신규 인력 채용 시 중요 평가요인	15
[그림 2-4] 연구개발인력과 일반 사무관리인력 HRM의 차이 영역	16
[그림 2-5] 귀하가 현재 활용하고 있는 디지털 기술(1, 2순위 합계)	17
[그림 2-6] 교육훈련 종류별 수혜 여부 및 만족도(1, 2순위 합계)	25
[그림 3-1] 산업별 연간 데이터 창출 규모	42
[그림 3-2] 제조업체가 당면하고 있는 가장 큰 난관에 대한 조사	42
[그림 3-3] 캠버와 토우 각도 예시	50
[그림 3-4] 머신러닝 모델 적용 후 검사 품질 제고	51
[그림 4-1] 2011년 및 2021년 조선업 종사자들의 직업별 분포	76
[그림 4-2] 최근 10년간 전 세계 선박 발주동향	78
[그림 4-3] 선박 패러다임의 변화	80
[그림 4-4] 현대중공업 디지털전환(DX) 계획	82
[그림 4-5] 선박의 디지털화와 생애주기 서비스 개념	83
[그림 4-6] 선박설계의 부문별 구분	86

요약

1. 제조업 디지털 전환(DX)

제조업 엔지니어 연구 시리즈는 기계산업(2020), 특수화학산업(2021)을 사례연구로 다루면서 한국 제조업 엔지니어의 산업 및 기업 내 위상과 특성에 대해 살펴보았고 제조 혁신을 위한 여건, 맥락과 환경에 대해 살펴보았다. 아울러 엔지니어 노동시장 분석(2022)을 통해 인력 수요와 공급 관점에서 한국 제조업의 현실을 종합적으로 분석하였다. 지금까지의 연구가 한국 제조업의 과거와 현재에 초점을 맞추었다면, 마지막 해를 맞이한 본 연구 시리즈는 한국 제조업이 나아가야 할 미래에 초점을 맞춘다. 이에 본 보고서는 한국 제조업이 맞이할 미래의 핵심 키워드를 디지털 전환(DX : Digital Transformation)으로 보고 이를 연구의 주된 주제로 삼았다. 디지털 기술의 도입이 기존의 생산 및 관리 방식을 혁신적으로 변화시키는 것을 디지털 전환(DX)으로 통칭할 수 있다.

제조업 디지털 전환은 제조 과정의 모든 측면에 디지털 기술을 통합시켜 유연성, 연결성, 효율성, 생산성 향상을 통해 제조 혁신을 추구한다. 사물 인터넷(IoT : Internet of Things), 로봇 등을 활용한 공장 자동화, 3D 프린팅, 엣지 컴퓨팅(Edge Computing), 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)과 같은 하드웨어 중심의 변화, 빅 데이터(Big Data) 분석, 인공지능(AI) 활용, 디지털 트윈(Digital Twin) 활용과 같은 소프트웨어 중심의 변화를 모두 포괄한다. 생산 과정을 최적화하고 의사결정을 개선하며 제품 품질을 향상하고 전반적인 운영 효율성을 높이는 것을 모두 포괄하는 개념(umbrella concept)이다.

2. 디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사

제2장에서는 기술혁신의 담지자인 엔지니어들은 어떤 특성을 갖고 있고, 이에 대해 기업들은 어떤 인적자원관리를 수행하고 있는지를 알아보기 위하여 설문조사를 2023년 7월 한 달간 실시하였다. 특히 선행 연구들과는 달리 이번 조사에서는 디지털 기술의 확산과 AI의 대두에 대해 엔지니어들과 인접 직종인 사무관리직들은 어떻게 생각하고 반응하고 있는지에 대한 내용을 추가하였다. 아울러 조사 대상을 제품개발, 공정기술 및 생산관리, 기술지원 및 기술영업, 일반 사무관리직의 4개 직종으로 나누었는데, 이는 협의의 엔지니어와 광의의 엔지니어를 구분하고, 비교 대상으로서 일반 사무관리직을 포함한 데 따른 방식이다. 기업 단위의 일반 정보와 인적자원관리 전략 및 관행에 대해서는 인사관리자가 설문에 응답하도록 하고, 한 기업당 4개 직종의 개인들이 각각 응답하도록 함으로써, 체계적으로 연계된 분석이 가능하도록 하였다.

전기전자산업의 제품수명주기가 짧고 가장 많이 선도형 혁신에 나서는데 등 업종별로 연구개발 활동에 일정한 차이를 보이는 가운데, 전반적으로 기업들의 연구개발 활동은 활발히 이루어지는 것으로 추측되었다. 세간의 일부 인식과 달리 R&D 아웃소싱은 널리 확산된 것으로 보이지 않으며, 연구개발인력의 채용난이 존재하는데, 특히 IT와 소프트웨어, AI 인력의 부족이 가장 심각한 것으로 확인되었다.

개인 조사 내용을 분석한 결과 이미 직무 관련 특정 소프트웨어를 활용한다는 응답이 비교적 많은 등 디지털 기술이 널리 확산되어 있었다. 여기서 더 나아가서 챗GPT 등 생성형 AI 기술이 보급되는 데 대응하여 AI 기술에 대한 인식을 설문해보았다. 그 결과 이미 활용하고 있다는 응답은 8%에 불과하지만, 곧 적용될 것, 그리고 언젠가 적용될 것이라는 응답이 19.3%와 47.3%에 달했다. 또한 AI 기술이 내 업무를 없애게 될 것이라는 응답보다는 기존 업무의 생산성을 올려줄 것이라는 응답이 더 많았다. 아울러 향후 AI 기술에 대한 학습과 관련하여 열심히 공부하면 신 기술에 적응할 수 있을 것이란 응답이 55.8%로 절반을 넘어섰다.

이러한 항목을 교차하여 AI 기술 확산에 대한 대응 태도에 따라 개인들을 조작적으로 유형화하였는데, 이에 따르면 능동적응형이 44.3%, 추격곤란형이 28.8%, 무지무관형이 27.0%로 분포하였다. 이 중 능동적응형에 대해 이 유형을 결정하는 요인이 무엇인지를 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 디지털교육훈련에 대한 기업의 적극성이 유의한 양의 부호를 나타냈으며, 일반적인 교육훈련 시간은 유의하지 않았다. 또한, 이미 챗GPT를 활용하는 개인들은 능동적응형에 속할 가능성이 높은 것으로 나타났는데, 이는 횡단면조사의 한계로 인한 역인과관계의 가능성 때문이기도 하지만, 다른 한편으로는 일단 AI 기술을 사용하게 되면, 막연한 두려움을 넘어서 신기술에 적응하는데 도움이 된다는 것을 함의하는 것으로도 해석되었다.

다음으로 기업 단위의 IT 투자가 개인의 숙련, 직무만족, 임금소득에 대해 어떤 인식을 가져오는가에 대한 회귀분석을 실시하였다. 관련된 많은 변수들을 통제한 상태에서 IT 도입과 투자 확대는 숙련과 직무만족에 대해 긍정적 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러나 임금소득에 미치는 영향은 유의하지 않았다.

나아가 IT 투자가 중앙집중적 통제를 강화하는지, 아니면 업무 현장의 재량권을 증가시키는지를 알아보기 위하여 관련된 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 IT 투자는 개인들의 재량권에 유의한 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 다른 직종과 달리 엔지니어와 사무관리 직들의 경우 원래 갖고 있던 재량권이 IT로 인해 더욱 강화될 것이라는 점을 의미한다. 이러한 재량권은 IT 기술이 숙련 및 직무만족에 미치는 영향을 더욱 강화하는 것으로 추가 확인되었으며, 앞서는 유의하지 않았던 임금소득에 대한 인식도 재량권이 강화되면 긍정적이게 되는 것으로 나타났다.

한편, 네 가지 직종에 대한 조사를 실시하였으나, 여러 회귀분석에서 직종 간 유의한 차이가 드러나지는 않았다. 이는 디지털화에 대한 인식과 대응에서 화이트칼라 내 직종의 차이보다는 기업마다의 인적자원관리 전략과 관행의 차이가 더 중요하다는 사실을 함의한다. 그렇지만, 빈

도표와 교차표에 대한 기초 분석에서는 제품개발 엔지니어 집단이 AI 기술에 대한 적응 등의 측면에서 가장 앞섰거나, 자신감 있게 대응하는 것으로 나타났으며, 기업들도 연구개발인력에 대해서는 다소간 차별화된 인적자원관리를 적용하고 있는 것으로 보인다.

디지털 기술의 확산에 대해 일반 교육훈련보다 디지털 기술에 특화된 교육이나 실제 경험, 그리고 학력이 효과가 있다는 분석 결과는 향후 엔지니어나 사무관리직 집단에 대해서 교육훈련을 체계적으로 실시해야 한다는 사실을 일러주고 있다. 그에 앞서 디지털화나 AI 확산에 대해 직무나 일자리가 없어질 것이라는 공포 마케팅보다는 어떤 직무에 어떤 영향을 얼마나 미치는지에 대한 꼼꼼한 분석이 선행되어야 할 것이다. 이번 조사 결과, 적어도 엔지니어와 사무관리직들의 경우 업무 대체효과보다는 기존 업무에 대한 생산성 증대 효과에 대해 더 높이 평가하는 것으로 나타난 점은, 이러한 차분하고 분석적인 접근법이 필요하다는 점을 뒷받침해주는 것으로 보인다.

3. AI와 제조업 디지털 전환

제3장에서는 M사 및 국내외 사례 조사를 통해 AI를 활용한 제조업 디지털 전환의 현재와 미래에 대해 살펴보았다. 제조업 현장에서 AI 도입 시 나타날 수 있는 주요 쟁점을 일반화하여 정리하면 다음과 같다.

가. 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항

AI 기술 도입을 위해 경영 개혁이나 프로세스 최적화가 필요한 경우, 직원들은 기존 패턴에 얽매어 있어 새로운 프로세스를 구현하기가 어렵다. 비용, 교육, 시간 등도 기업에 큰 부담이 아닐 수 없다. 또한 조직 구조를 조정할 수 있는 전문 인력이나 책임 있게 실행할 수 있는 경영진의 부족도 AI를 제조 현장에 전면 적용하는 데 난관으로 작용한다.

나. 기존 체계의 경로의존성(path dependency) 및 한계

AI를 제대로 구현하고자 한다면 각각의 현장마다 최소한 충족되어야 할 내부 규정이 존재한다. 한 설문조사에 따르면 대상 기업의 45% 정도는 기존 구축한 시스템의 영향이 커서 최초 계획을 연기해야 한다고 답했으며, 14%는 기존 시스템 의존도가 너무 높아 특정 전환 자체를 완료할 수 없다고 응답했다. 즉, 약 60% 남짓한 제조업체들이 기존 시스템의 존도로 인해 프로젝트 진행의 어려움을 토로한 셈이다. 기업은 실질적이고 효과적인 주요 변수를 충분히 수집할 수 있는 센서를 현장에 설치해야 하며, 이를 통해서만 품질과 효율성을 향상시키기 위해 개선할 프로세스를 결정할 수 있다는 선결 조건을 안고 있는 것이다(Weilong et al., 2020).

다. 데이터 수집 및 변수 포착의 한계

데이터 수집에 적절한 시스템을 갖췄더라도, 어떤 식으로 데이터를 수집하는지, 수집된 데이터의 품질이나 다양성은 어떠한지에 따라 머신러닝 모델링의 결과가 크게 좌우된다. 대형 제조기업의 경우, 자동화 장비와 관리 시스템을 상당히 완벽하게 갖추고 있지만, 생성된 데이터의 활용도는 그에 미치지 못한 경우가 많다. 즉, 많은 자원을 사용하여 수집한 데이터가 AI 도입에 필요한 핵심 정보가 아닐 수 있다. 또한, AI 도입 과정에서 가설을 세우고 시나리오를 적용하기 위해선, AI 프로젝트를 수행하는 팀의 기술 역량이 현장 엔지니어들의 암묵지, 숙련을 포괄하는 ‘장인 정신’(craftmanship)을 모델에 수용할 수 있도록 적절한 변수를 잘 포착할 수 있어야 한다. 하지만 이렇게 제조 도메인(domain) 지식과 높은 수준의 모델링 역량을 동시에 갖춘 곳이 현재로서는 많지 않은 상황이다.

라. 지나치게 큰 규모와 복잡성

AI 프로젝트를 통해 해결할 수 있는 문제는 일반적으로 구체적인 상황을 상정한다. 따라서 통상 대규모 프로젝트의 경우에는 현재 단계에서 AI로 해결할 수 있는 수준 이상의 여러 변수와 의사 결정 절차가 필요한 경우가 발생할 수 있다.

마. 인력 양성과 인프라 구축

앤드류 응(Andrew Ng) 교수는 향후 디지털 전환 과정에서 대체될 가능성이 높은 인력에 대한 고민이 필요하며 AI를 활용해서 실시하는 작업장 효율화를 위한 훈련이나 재훈련을 통한 직종 변경 등에선 정부와 기업체가 함께 전략적인 파트너십을 통해 접근해야 한다고 강조한다 (Ng, 2017).

인공지능 시대에 필요한 것은 무엇인가? 바로 적시적소에 필요한 데이터를 쌓고 이를 활용하는 능력이라고 할 수 있다. 기반을 다지는 일이라 당장 조명을 받을 수 없다고 소홀히 해서는 안 되는 과업들이 있다. 그렇기에 시민 데이터 과학자(Citizen Data Scientist) 양성, 데이터/AI 바우처 사업 활성화에도 더 많은 관심이 필요하다. 데이터를 잘 확보하고 체계적으로 구축하는 방안에 대한 국가적인 관심이 그 어느 때보다 더 긴히 요청되는 시점이다.

4. 조선업 디지털 전환과 엔지니어

제4장에서는 사례 조사를 통해 조선업 디지털 전환과 엔지니어 관련 쟁점에 대해 살펴보았다. 한국 조선업이 지금까지 중국보다 가격경쟁력이 없음에도 불구하고 계속 우위를 유지할 수 있었던 것은, 신기술에 대한 흡수력이 매우 빨라서 선주사들의 요구사항에 신속하게 대응하면서 품질 좋은 선박을 인도할 수 있었기 때문이다. 이러한 점에서 선박설계

엔지니어들뿐만 아니라 이를 신속하게 현장에서 반영하는 생산기능직들의 신속한 대응능력, 미세조정 능력도 한국 조선업의 강점이라고 할 수 있다. 이와 같은 강점을 계속 유지하기 위해서 조선업 엔지니어들을 어떻게 양성하고 그 숙련 수준을 어떻게 유지할 것인지가 향후 한국 조선업의 지속적인 경쟁력 확보를 위한 과제라고 할 수 있겠다. 조선업은 궁극적으로 제조가 중점이다. 여기서 말하는 ‘제조’는 단순히 현장 생산을 의미하는 것이 아니라 생산에 대한 구상, 즉 생산에 설계가 포함된 개념이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선업 엔지니어에 대한 업종 차원, 사회적 차원의 관심이 필요할 것이다.

특히 조선업의 탈탄소화 및 디지털 전환을 앞두고 있는데, 새로운 선박 패러다임의 변화 과정에서 조선소에는 기존 조선공학이나 기계공학 엔지니어들뿐만 아니라 새로운 다양한 전공의 엔지니어들과의 협업이 관건이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선/기계공학 전공 엔지니어들과 전기공학 및 화학공학 등 다양한 전공 엔지니어들 간의 협업이 무엇보다 중요하다. 특히 조선업은 기술변화의 속도가 매우 빠른 첨단산업이 아니라는 점에서 다양한 선종에 대한 경험, 그리고 이에 대한 노하우를 축적하는 것이 무엇보다 중요하다.

이러한 점에서 우선 조선소 엔지니어 양성은 10년 정도 근무한 다양한 경험이 축적된 엔지니어들을 확보하는 것이 중요하다. 그런데 앞서도 살펴봤듯이 최근 조선업체들은 엔지니어 확보에 어려움을 겪고 있다. 수도권에 연구센터를 지었지만, 인력 유치가 쉽지 않은 형편이다.

이러한 점에서 생산 현장에서 멀리 떨어진 수도권보다는 부산, 울산 등의 지역에 전문 엔지니어링 센터를 구축하고, 조선업 밀집 지역 내에서 꾸준히 함께 일할 인재들을 확보하는 방안을 모색하는 것이 중요하다. 이렇게 조선업 인력 클러스터를 구축하면 엔지니어 인력이 이동하더라도 타 조선소로 이직하는 정도에 그칠 것이고, 클러스터 자체의 인력 유출은 막을 수 있다.

아울러 앞서 지적한 바와 같이 조선업 엔지니어들의 상호 교류가 점차 중요해지고 있다. 선박에 대한 이해를 도메인(domain) 지식으로 하

면서 조선공학 전공자들도 전기·전자공학, 화학공학, 건축학 등에 대해 기본적인 이해를 하도록 하고, 타 전공자들 또한 조선공학에 대해 기본적인 내용을 이해하는 데 도움이 되는 1년 과정의 조선업 전문 대학원 과정을 지역에 설치하면서 산업전환과 융합의 시대에 부합하는 엔지니어들을 양성하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 ‘문제해결형 학습’을 통해 조선업에 적합한 ‘하이브리드형 엔지니어’ 양성 방안에 대한 고민 또한 필요할 것이다. 즉, 스마트십(smart ship), 제어 관련 원천기술들을 어느 정도 확보한 후 이를 선박 건조과정에 적용하기 위해서는 조선공학을 이해하는 전기, 화공 분야 엔지니어들이 필요하며, 이러한 엔지니어들을 확보하는 것이 향후 조선업 인적 경쟁력의 관건이 될 것으로 예상된다.

5. 정책 시사점

디지털 전환(DX)이 한국 제조업의 미래에 중요한 열쇠를 쥐고 있다면, 우리는 어떠한 관점과 접근이 필요한가?

가. 제조기업과 현장 중심의 디지털 전환

디지털 전환이 한국 제조업의 경쟁력을 강화하고 미국, 독일, 일본 등 제조 강국과의 격차를 획기적으로 줄일 수 있는 쿼텀 점프(quantum jump)라면, 정부에서 적극 나서서 제조기업의 디지털 전환을 유도해야 한다.

2022년 7월 5일부터 시행된 <산업 디지털 전환 촉진법>은 그러한 시도의 하나로 볼 수 있다. 해당 법은 산업 디지털 전환 정책의 수립, 산업 데이터 활용 생태계 조성, 산업 디지털 전환 선도 사업의 지원, 산업 디지털 전환 기반 조성 및 활성화 등의 내용을 담고 있다. 즉, 제조업뿐만 아니라 한국 산업 생태계 전반의 디지털 전환을 유도하기 위해 데이터 및 인프라 구축을 주된 목표로 하고 있다. 즉, 디지털 전환의 총론에 해

당하는 법이다.

제조기업의 디지털 전환을 유도하기 위해서는 여기에서 한 발 더 나아가는 제조업 디지털 전환의 각론이 필요하다. 사무직(white collar) 직무 및 업무와 달리, 제조업 현장의 직무 및 업무는 범용 인공지능(AI)의 등장으로도 쉽게 해결할 수 없는 여러 문제와 쟁점이 존재한다.

다시 말하면, 총론에 따라 디지털 전환의 데이터 및 인프라가 구축되더라도, 각 제조기업과 현장이 마주할 디지털 전환 문제는 일종의 맞춤형 접근과 해결이 필요한 것이다. 이에 총론의 문제의식에서 더 나아가 산업 전체와 현장의 엔지니어를 매개하는 중간 층위(meso-level) 조직에 해당하는 기업 내에서 디지털 전환이라는 문제를 어떻게 풀어나갈 것인지에 대한 고민이 필요하다. 다시 말하면, 조직이 중요하다(organizations matter).

제3장에 살펴본 대로 AI 도입 시 나타날 수 있는 주요 쟁점 중 제조 현장과 관련된 문제는 데이터 수집 및 변수 포착의 한계, 범용 AI의 지나치게 큰 규모와 복잡성이다. 아울러 제조기업과 관련된 문제는 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항, 기존 체계의 경로의존성 및 한계다. 제조 현장과 제조기업이 성공적인 디지털 전환으로 나아가기 위해서는 이러한 제약과 한계를 극복할 수 있도록 하는 각론 성격의 법과 제도가 필요하다.

예를 들어, 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항을 극복하기 위해서는 최고경영자를 비롯한 기업 주요 의사결정자들이 디지털 전환을 강력히 추진하고 이를 조직 내부의 과업 및 보상 체계에 반영해야 하는데, 이를 유도하고 촉진할 방안이 필요하다. 조직 내 직무, 보상을 포함한 인사 체계 전반에 영향을 끼칠 수 있는 강력한 유도 및 촉진책이 뒷받침될 때 비로소 기존 설비와 장비의 안정성을 일시적으로 위협할 수 있는 신기술 도입에 제조기업과 현장의 관리자, 엔지니어 모두 열린 마음으로 디지털 전환에 참여할 수 있을 것이다.

나. 디지털 문해력과 문제 해결 능력 강화

본 보고서의 연구 질문에 답하는 과정에서 일관되게 나타나는 쟁점이 바로 제조업 도메인(domain) 지식과 숙련을 갖춘 엔지니어가 제조기업과 현장에서 절실하다는 것이다. 제2장의 실태조사에 따르면 AI 모델링에 능숙한 소프트웨어 개발자 인력난이 제조업계에서 심각한데, 이는 제조기업과 현장의 도메인 지식을 갖춘 엔지니어가 적절한 디지털 문해력을 바탕으로 기업과 현장에 특수한(firm- and site-specific) 문제에 접근하고 해결할 때 비로소 해소될 수 있다. 즉, 소프트웨어 개발자 인력을 대량으로 양성하여 제조업계에 공급한다고 해서 해결될 수 있는, 그리 간단한 문제가 아니다.

정리하면, 제조 엔지니어 '장인'들이 보유한 암묵지와 숙련을 중시하면서 해당 인력들의 디지털 문해력(digital literacy)을 높이고 역량을 강화해야 한다. 즉, 디지털 전환(DX)을 위해 기존 숙련 엔지니어 인력을 재교육하고 현장의 문제 해결(problem solving)에 초점을 맞춘 역량 강화 방안이 필요하다. AI 기술 그 자체보다는 이를 제조기업과 현장에 적합하게 활용하는 역량을 어떻게 키울 수 있을지가 관건이다. 즉, 수행을 통한 학습(learning by doing), 프로젝트 수행 역량(project execution capability) 강화가 핵심이다. 이는 결국 제조기업과 현장에서 주목해야 할 사안이면서도 동시에 이들을 둘러싼 지역사회와 소재 대학의 역할이 재구성되어야 함을 의미한다. 제조기업과 현장을 배후에 둔 대학을 엔지니어 재교육과 평생 교육의 중심지로 재탄생시켜 디지털 문해력을 높이고 관련 역량을 강화하도록 해야 할 것이다.

제 1 장 서 론

제1절 연구 배경과 주제

제조업 엔지니어 연구 시리즈는 기계산업(2020), 특수화학산업(2021)을 사례연구로 다루면서 한국 제조업 엔지니어의 산업 및 기업 내 위상과 특성에 대해 살펴보았고 제조 혁신을 위한 여건, 맥락과 환경에 대해 살펴보았다. 아울러 엔지니어 노동시장 분석(2022)을 통해 인력 수요와 공급 관점에서 한국 제조업의 현실을 종합적으로 분석하였다. 지금까지의 연구가 한국 제조업의 과거와 현재에 초점을 맞추었다면, 마지막 해를 맞이한 본 연구 시리즈는 한국 제조업이 나아가야 할 미래에 초점을 맞춘다. 이에 본 보고서는 한국 제조업이 맞이할 미래의 핵심 키워드를 디지털 전환(DX: Digital Transformation)으로 보고 이를 연구의 주된 주제로 삼았다. 디지털 기술의 도입이 기존의 생산 및 관리 방식을 혁신적으로 변화시키는 것을 디지털 전환(DX)으로 통칭할 수 있다.

제조업 디지털 전환은 제조 과정의 모든 측면에 디지털 기술을 통합시켜 유연성, 연결성, 효율성, 생산성 향상을 통해 제조 혁신을 추구한다. 사물 인터넷(IoT: Internet of Things), 로봇 등을 활용한 공장 자동화, 3D 프린팅, 엣지 컴퓨팅(Edge Computing), 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)과 같은 하드웨어 중심의 변화, 빅 데이터(Big Data) 분석, 인공 지능(AI) 활용, 디지

디지털 트윈(Digital Twin) 활용과 같은 소프트웨어 중심의 변화를 모두 포괄한다. 생산 과정을 최적화하고 의사결정을 개선하며 제품 품질을 향상하고 전반적인 운영 효율성을 높이는 것을 모두 포괄하는 개념(umbrella concept)이다.

제2절 연구 질문과 보고서의 구성

이러한 연구 배경과 주제를 바탕으로 본 연구는 다음과 같은 연구 질문을 제시한다.

- 한국 제조업은 디지털 전환을 맞이하여 얼마나 준비가 되어 있는가? 제조기업의 인사담당자와 엔지니어는 디지털 전환에 대해 어떻게 생각하고 있는가?
- AI를 활용한 제조업의 디지털 전환은 어떻게 이루어지는가? AI 기업의 알고리즘과 제조기업의 현장이 만날 때 무슨 일이 일어나는가?
- 한국 제조업에서 중추적인 역할을 담당하는 조선업 디지털 전환 과정에서 엔지니어가 직면하는 변화는 무엇인가? 기업은 어떻게 대응하며, 조직 내 엔지니어 인적자원 개발에서 중요한 쟁점은 무엇인가?

이러한 연구 질문에 답하기 위해 연구진은 문헌조사, 설문조사, 면접조사, 사례조사를 고루 활용하였다. 디지털 전환을 맞이하는 기업 인사담당자와 엔지니어를 대상으로 설문조사를 실시하여 그 실태를 정리 및 분석하였고, AI와 제조 현장이 만나는 사례에 대해 심층 면담을 진행하여 주요 쟁점을 도출하였다. 또한 문헌조사와 면접조사에 기반한 사례조사를 통해 조선업의 디지털 전환 관련 쟁점을 도출하였다.

정리하면, <표 1-1>과 같이 보고서를 구성하였다. 서론에 해당하는 제1장에 이어 본론을 여는 제2장에서는 디지털 전환을 맞이하는 기업의 인사관리자와 엔지니어의 인식을 살펴본다. 제3장에서는 AI를 활용한 제조업 디지털

전환의 실태와 현황, 그리고 전망을 살펴본다. 제4장에서는 조선 산업 디지털 전환의 실태와 현황, 그리고 쟁점을 살펴본다. 결론에 해당하는 제5장에서는 본론의 내용을 요약하고 정책 시사점을 제시한다.

〈표 1-1〉 보고서의 구성

연구 구성	주요 내용	연구 방법
제1장 서론	<ul style="list-style-type: none"> · 연구 배경과 주제 · 연구 질문과 보고서 구성 	
↓		
제2장 본론 1	디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사	<ul style="list-style-type: none"> · 문헌조사 · 설문조사
↓		
제3장 본론 2	AI와 제조업 디지털 전환	<ul style="list-style-type: none"> · 문헌조사 · 면접조사 · 사례조사
↓		
제4장 본론 3	조선업 디지털 전환과 엔지니어	<ul style="list-style-type: none"> · 문헌조사 · 면접조사 · 사례조사
↓		
제5장 결론	<ul style="list-style-type: none"> · 내용 요약 · 정책 시사점 	

제 2 장

디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사

제1절 문제의 제기와 조사의 개요

제조업은 한 국가의 국제경쟁력을 좌우할 뿐 아니라 괜찮은 일자리를 만들어내는 보고이기도 하다. 이러한 제조업은 과학기술 혁신과 상호작용하는데, 제조업체의 필요와 요구에 의해 대학과 연구기관이 새로운 소재와 제품을 만들어 내기도 하고, 반대로 높은 수준의 과학기술 기반은 제조업체들의 제품혁신은 물론 공정혁신에도 지대한 영향을 미친다.

그런데, 이러한 제조업 혁신은 어떻게 이루어지는가? 기초기술 혹은 선행기술, 그리고 제품기술과 공정기술에 이르기까지 기술이 바탕이 되면서, 기존의 방식 혹은 대상을 부단히 개선해 나가는 것이 혁신이라면, 혁신의 담지자 중 중심에는 바로 엔지니어가 존재한다.

그렇다면 엔지니어는 누구인가? 의외로 이에 대한 연구는 많지 않은데, 서구 엔지니어의 역사적 연원을 국가별로 파헤치고 있는 김덕호 외(2013)는 영국, 독일, 프랑스, 미국 등에서 자본주의 발전과 더불어 엔지니어 집단이 어떻게 형성되었는지를 잘 밝혀주고 있다. 우리나라의 엔지니어 형성에 대해서는 한경희·다우니(2016)가 다루고 있는데, 경제개발 과정에서 기술자가 우대받던 분위기에서 1980년대 이후 대기업 중심의 기술연구소 직원으로 위상이 하락하는 과정을 보여주고 있다.

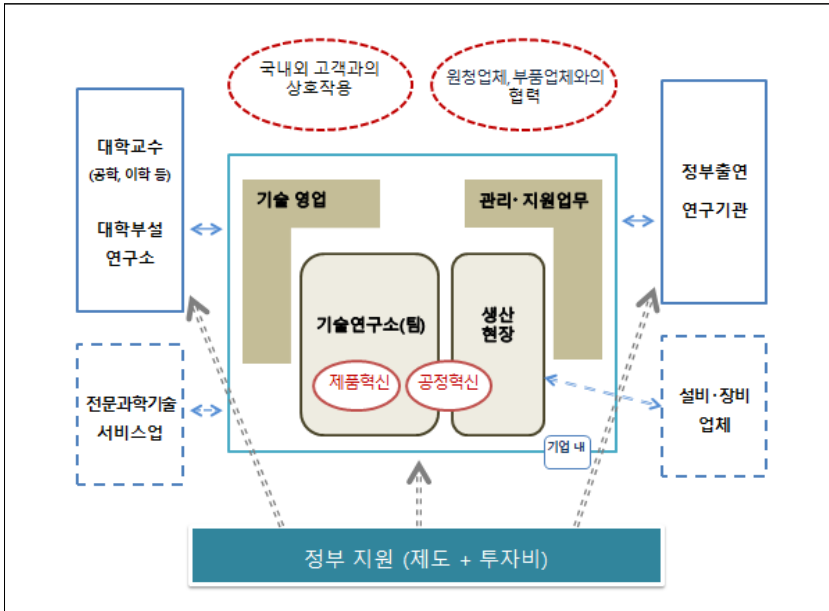
가장 최근에 이루어진 엔지니어에 대한 조사와 분석은 조성재·김동배(2013)와 이를 더욱 발전시킨 조성재 외(2022), 그리고 기계산업을 대상으로 엔지니어의 양태를 깊숙이 분석한 이상준 외(2020)를 들 수 있다. 조성재 외(2022)에서는 제조업 엔지니어 집단을 새롭게 정의하고 고용실태를 밝히고 있으며, 아울러 기술연구소에 대한 인적자원관리와 노사관계에 대한 사례 연구는 물론 연구소 수준과 개인 수준의 설문조사를 통하여 양적 분석도 병행하여 엔지니어에 대한 입체적인 이해를 도와주고 있다. 또한, 공학교육 기관인 대학에 대한 사례 조사를 통하여 엔지니어 양성과 공급의 현단계를 보여주고 있기도 하다.

이러한 연구의 시작과 끝이 엔지니어의 정의와 관련된 것인데, 조성재 외(2022)에서는 엔지니어를 협의와 광의로 나누고 있다. 협의의 엔지니어는 4년제 공학교육을 이수하고 전공과 관련된 업무를 수행하는 인력들이다. 이에 비하면 4년제 공학교육을 이수했으나, 기술연구소나 생산공정에서 근무하는 것이 아니라, 기술영업이나 관리, 지원 등의 업무에 배치된 인력도 상당수에 이른다. 아울러 기술 관련 업무를 수행하지만, 공학 교육이 아니라 농학, 의학, 자연과학 등 인접 학문을 전공한 인력도 넓은 의미의 엔지니어에 포함될 수 있음은 물론이다. 여기에 수직적으로 개념을 확장하여 아래로 2년제 공학교육을 받은 인력, 그리고 위로 공학자(공학교수)와 과학자, 고위 경영자 등을 모두 포함하여 광의의 엔지니어로 정의할 수도 있다고 본다.

이렇게 엔지니어 연구에서는 정의가 중요하고 다양할 수 있는데, 그 이유 중 하나는 광의의 정의에서 볼 수 있듯이 실제로 엔지니어의 활동 범위와 접촉면, 경력경로가 다양하고 넓기 때문이다. [그림 2-1]은 이와 관련하여 엔지니어들의 활동공간과 상호관계를 집약하여 보여주고 있다. 여기서 볼 수 있듯이 엔지니어들은 기술연구소와 생산현장에서 제품혁신과 공정혁신만 담당하는 것이 아니라, 기술영업과 관리, 지원 업무, 나아가 대학 및 정부 출연 연구기관과의 협동 사업, 그리고 설비 및 장비 업체와의 협의, 고객 및 원하청 업체와의 소통 및 협력에 이르기까지 다양한 활동 공간을 갖고 있다. 때로는 기업 외부의 전문과학기술서비스 업체의 도움을 받기도 한다.

따라서 본고에서는 엔지니어를 네 가지 집단으로 구분하여 조사하고 분석하고자 한다. ① 제품개발 및 이의 선행기술 혹은 기초기술 개발, ② 공정기

[그림 2-1] 엔지니어들의 활동공간과 상호관계



자료 : 조성재 외(2022: 314).

술 개발 및 생산과 품질관리, ③ 기술영업, 기술연구소 관리와 기술업무 지원, ④ 기획, 총무, 회계, 수출, 마케팅, 인사 등 일반 사무관리직이 그것이다. 가장 좁은 의미의 엔지니어는 1번으로 국한될 것이며, 2번에는 사실 공정 엔지니어와 생산관리자가 혼재되어 있다. 일부 생산관리자는 문과 출신인 경우도 있지만, 통상 공정엔지니어와 경력이나 역할이 중첩되는 경우가 많기 때문에 기능과 영역을 중심으로 구분하였다. 3번은 기술연구소 내에서 프로젝트 매니저(PM) 역할을 하거나, 특허 관리를 하는 등 간접적으로 기술 개발 업무를 지원, 관리하는 집단과 기술영업이나 A/S를 수행하는 인력들도 포괄한다. 이들은 광의의 엔지니어일 뿐 아니라, 사실 기술혁신 과정의 생산성을 지탱하는 중요한 집단이며, 기업 입장에서도 기술영업을 통하여 직접 경영성과에 영향을 미치기도 한다. 마지막으로 4번은 일반 사무관리직으로서 광의의 엔지니어를 포함하기도 하지만, 주로는 1, 2, 3번과의 비교를 위하여 함께 조사되었다.

이 네 가지 집단을 각 기업마다에서 한 명씩 세트로 추출하도록 하였으

며, 기업의 일반 정보와 인사관리 방침 및 관행에 대해서는 인사관리자가 응답하도록 하였다. 결과적으로 조직 수준의 응답(인사관리자)과 개인 수준의 응답(4개 직종 개인)을 연계하여 분석할 수 있는 장점을 갖는다.

조사는 2023년 7월 6일부터 8월 7일까지 약 한 달간 실시되었는데, 조사 업체가 개인들의 직무와 직급 등에 대한 데이터베이스를 갖고 있었기 때문에 가능하였다. 따라서 기업마다의 보유 직종을 확인하여 인사관리자 응답을 먼저 받은 이후 직종별 개인 조사가 이루어졌다. 1개 기업당 4개 직종 추출을 의무 조건으로 하고, 아울러 100인 미만 기업 30%, 100~300인 미만 40%, 300인 이상 30%의 표본 추출 조건을 엄수하도록 하였으며, 이에 비해 지역과 업종, 직급에 대한 추출 조건은 다소 완화하였다.

조사 결과 비교적 고른 분포를 얻었는데, <표 2-1>에서 볼 수 있듯이 기계·금속 업종이 42개, 전기·전자·정밀과 화학이 같은 25개, 그리고 경공업에서 상대적으로 적은 8개 기업이 응답하였다. 이는 최근 경공업이 부진한 상황과도 관련된 것으로 풀이된다. 기업규모별로는 할당된 대로 3개 그룹별로 33, 34, 33개씩 조사가 이루어졌는데, 보다 세분화해서 보면 50인 미만 6개 기업과 1,000인 이상 11개 기업이 포함되었음을 알 수 있다. 이로써, 최대의 제조업의 현실을 반영한 조사가 이루어졌다고 볼 수 있을 것이다.

조사 내용과 관련하여 조성재·김동배(2013)나 조성재 외(2022)의 기존 실태조사 결과들이 설문지 작성에 큰 도움이 되었다. 이를 토대로 조직 수

<표 2-1> 업종과 규모로 본 기업 표본의 개요

(단위 : 개(%))

	합계	경공업	화학공업	기계·금속	전기·전자·정밀
전체	100	8	25	42	25
50인 미만	6	0	3	2	1
50~99인	27	4	6	9	8
100~299인	34	3	9	16	6
300~999인	22	1	4	8	9
1,000인 이상	11	0	3	7	1

자료 : 저자 작성.

준에서 엔지니어 인사관리의 방침과 전략, 관행과 결과에 이르는 항목들, 그리고 개인 수준에서 창의성이나 조직몰입, 직무만족, 교육훈련과 노사관계에 이르는 다양한 내용이 포괄되었다.

그런데, 금번 조사는 이들 조사에 더하여 최근의 실태를 반영하여 디지털 전환이나 IT 투자, 나아가 AI 기술에 대한 엔지니어들의 인식이나 대응태세에 대한 설문을 다수 포함하였다. 왜냐하면 디지털 기술의 개발, 적용이나 확산이 예상을 뛰어넘는 속도로 이루어지고 있기 때문이다. 이러한 디지털화의 영향이 엔지니어에 대해서는 어떻게 나타나고 있는지를 살펴보는 것이 본 장의 기본 목적 중 하나이다. 나아가 이러한 실태를 토대로 AI 시대에 엔지니어의 육성과 업무 합리화, 인적자원관리는 어떻게 해야 하는가에 대한 시사점을 얻고자 한다.

이하에서는 제2절에서 인사관리자 응답을 중심으로 기업들의 연구개발 활동의 특징과 엔지니어들의 인적자원관리의 개요에 대해 살펴보고, 제3절에서는 개인 응답을 중심으로 디지털화의 영향에 대한 반응이나 인식을 알아보았다. 제4절에서는 제2절, 제3절의 기초분석에서 더 나아가, IT 투자나 디지털화의 진전과 확산이 엔지니어에 미친 영향에 대하여 핵심적인 변수가 무엇인지를 파악해보기 위하여 탐색적 회귀분석을 실시하였다. 특히 개인들을 AI 기술에 대한 대응을 중심으로 유형화한 제3절의 내용에 이어서 그 유형결정 요인을 추정해보았다. 아울러 IT에 대한 기업 수준의 투자 확대가 개인들에게 어떻게 인식되는지와 이에 영향을 미치는 변수들은 무엇인지를 알아보고자 하였다. 마지막으로 제5절에서 분석 결과를 요약하면서 시사점을 도출해본다.

제2절 경영 특성과 인적자원관리의 기초분석

기업마다 4명씩 서로 다른 직종의 개인 조사를 실시하였는데, 이들에게 공통되는 조직변수는 인사관리자로부터 수집하였다. 그런데, 조사의 개요에서 설명한 바와 같이 금번 조사는 100개 기업에 대해 실시하였기 때문에

빈도수와 백분율이 같다는 장점을 갖는다.

우선 기업들의 경영특성에 대해 살펴보았는데, <표 2-2>에 따르면 제품의 수명주기는 도입기 1점, 성장기 2점, 성숙기 3점, 쇠퇴기 4점으로 두었을 때 전체 평균 2.7점으로서 성장기보다는 성숙기에 처한 경우가 더 많은 것으로 나타났다. 다만, 50인 미만 기업의 경우는 2.2점으로서 성장기 기업이 표본에 다수 포함된 것으로 보인다.

한편 주력 제품이 새로운 제품으로 대체되는 기간으로 정의되는 평균수명의 경우 1년 미만, 1~3년, 3~5년, 5~10년, 10년 이상의 5단계로 조사되었는데, 지문이 등간격이 아니지만, 대략적인 실태를 짐작해보기 위하여 5점 척도로 평균해 본 결과 전체평균이 4.0, 즉 5~10년인 것으로 나타났다. 이는 생각보다 제품수명이 길다는 것으로서, 제품의 개발에 그만큼 장시간이 소요될 것이라는 점, 완전대체 이전에 부분 개선이 꾸준히 이루어질 것임을 짐작케 한다. 규모별로는 1,000인 이상 초대형 기업의 경우가 가장 길게 나타났다으며, 여기서 표로 제시하지는 않지만, 전기전자 업종의 경우는 다른 업종보다 제품수명이 짧은 것으로 나타났다.

한편, 수출을 위해서는 뛰어난 제품을 개발하는 것과 더불어 비용 측면에서도 국제경쟁력을 갖추어야 하기 때문에 기술의 확보가 더욱 중요하다. 조사 대상 기업들의 전체 수출비중 평균은 34.0%로 나타났으며, 기업규모가

<표 2-2> 조사 대상 기업들의 경영특성

	전체	50인 미만	50~ 99인	100~ 299인	300~ 999인	1,000인 이상
제품수명주기(4점)	2.7	2.2	2.8	2.7	2.7	2.6
제품평균수명(5점)	4.0	4.3	3.7	4.0	3.8	4.5
수출비중(%)	34.0	13.3	25.0	30.6	44.6	56.4
매출액변화(5점)	3.4	3.3	3.2	3.4	3.4	3.5
영업이익변화(5점)	3.0	2.2	3.0	3.1	2.9	2.8
R&D투자액변화(5점)	3.3	3.2	3.0	3.3	3.5	3.5
기술연구소수(개)	4.1	1.2	1.6	1.8	2.9	21.3
연구소소속인력(명)	88.1	5.7	10.4	30.8	87.1	502.7

자료: 저자 작성.

클수록 이 비중이 높아지는 것으로 나타나, 1,000인 이상 초대형 기업의 경우 56.4%로 절반을 넘는 것으로 확인되었다.

최근 3년간 매출액과 영업이익, R&D 투자액 변화에 대해 주관적인 5점 척도, 즉 매우 감소, 대체로 감소세, 제자리걸음, 대체로 증가세, 매우 증가로 설문한 결과 전체 평균에서 매출액은 3.4, 영업이익은 3.0, R&D 투자액은 3.3으로 나타났다. 따라서 코로나 19 위기에도 불구하고 기업들의 경영 실적은 다소나마 증가세를 보인 것으로 보이는데, 다만 영업이익은 매출액 증가세에 미치지 못했을 수 있다. 흥미로운 지점은 R&D 투자액 증가세에 대해 인사관리자들은 매출액 추이와 유사하다고 인식하고 있는 점이다. 이로써, 우리나라 기업들의 경우 영업이익은 매출액 증가세에 미치지 못하더라도 연구개발투자에 대해서는 매출액의 일정 비율을 지켜나가는 것이 아닌가 풀이된다. 이 같은 해석은 매출액 변화 추세와 R&D 투자액 변화 추세의 값이 기업규모별로도 거의 일치한다는 점에도 기초한 것이다. 이에 비하면 역시 영업이익 변화는 이 두 항목에 미치지 못하는데, 특히 50인 미만 기업에서 감소세로 응답한 비율이 높은 것으로 나타났다. 이는 소규모 기업의 영업환경이 좋지 않거나, 하도급에 종사하여 단가인하 압력을 많이 받거나, 앞서 논의한 바와 같이 성장기에 있어서 투자비가 많이 소요되는 등의 요인에 따른 것일 수 있다.

기업별 기술연구소 수는 전체 평균 4.1개인데, 50인 미만 기업은 1.2개로 대체로 소규모 기업은 기업당 1개 정도 갖고 있는 것으로 보인다. 기술연구소 수는 규모에 따라 점차 늘어나는데, 300~999인 기업이 평균 2.9개를 갖고 있는 데 비하여 1,000인 이상 기업은 무려 21.3개를 갖고 있는 것으로 나타났다. 이는 초대형기업일수록 기술연구소의 역할도 세세하게 분화되어 특정 제품이나 소재, 혹은 공정기술 개발에 특화하고 있는 상황을 보여주는 것이다. 이러한 기술연구소에 소속된 인력은 전체 평균 88.1명인데, 50인 미만 소기업이 5.7명에 불과한 데 비하여 1,000인 이상 기업은 500명을 훌쩍 넘는 것으로 나타났다.

다음 <표 2-3>은 연구개발활동에서 어떤 역할과 미션을 부여받고 있는지를 보여준다. 각 역할의 중요도 합계가 100이 되도록 요구한 설문인데, 전체 평균으로 보면 ‘개발 연구를 통하여 기존 제품의 부분변형, 파생상품 개발,

〈표 2-3〉 연구개발활동에서 차지하는 영역별 중요도(합계 100%)

	전체	50인 미만	50~99인	100~299인	300~999인	1,000인 이상
기초연구선행기술	24.9	21.7	28.1	16.0	32.5	30.5
응용연구신제품	20.4	31.7	18.5	23.5	13.9	21.8
개발연구후속모델	28.5	25.8	24.1	31.2	31.6	25.9
생산공정개선	26.1	20.8	28.3	29.3	22.0	21.8
기타	0.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0

자료: 저자 작성.

후속 모델을 개발한다'가 28.5%로 가장 높았고, 다음으로는 '생산기술 및 도구, 장비 개발과 생산공정 개선 등을 수행한다'가 26.1%였다. 이에 비하면 기초연구나 선행연구를 통해 차세대 상품을 준비하는 경우(24.9%)와 응용연구 등을 통하여 새로운 개념의 제품을 개발하는 경우(20.4%)는 이보다 다소 적은 비중을 차지하였다. 그러나 300인 이상과 1,000인 이상 대기업의 경우 첫 번째 지문인 기초연구와 선행기술 영역이 가장 많은 비중을 차지하여 기업규모별로 상당한 차이가 있는 것으로 보인다. 생산공정 개선의 경우는 50~299인의 중규모 기업에서 가장 높은 비중을 차지하여 이들 기업의 경우는 신제품 개발이나 파생모델 개발도 중요하지만, 생산기술과 공정의 합리화가 대단히 중요한 과제일 것임을 짐작하게 한다.

그렇다면 각 기업의 혁신 전략은 어떻게 구분할 수 있을까? 혁신이 경쟁 전략의 핵심이어서 항상 연구개발을 수행하는 선도형 혁신이 전체적으로 절반 정도를 차지한 가운데, 전기전자 산업이 72%로 가장 높게 나타났다. 역시 제품수명주기가 짧은 업종의 특성이 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 필요한 경우에만 연구개발을 수행하면서 연구개발 활동의 상당수가 다른 기업에서 개발된 신기술을 도입하는 데 주력하는 추종형 혁신의 경우는 경공업과 화학공업에서 상대적으로 높게 나타났으며, 연구개발투자보다는 생산공정 개선에 중점을 두는 생산 혁신은 기계금속 업종에서 높은 수치를 보여주었다. 마지막으로 연구개발에 투자하지 않고 다른 기업에서 개발된 혁신을 도입하는 모방형은 전체적으로 5%에 지나지 않았다.

한편, 최근에 확산되고 있다는 R&D 아웃소싱이 어느 정도나 이루어지고

있는가를 파악하기 위하여 관련 질문을 해본 결과 <표 2-5>와 같이 'R&D 아웃소싱을 하지 않는다'는 응답이 35.0%로 가장 높았으며, 다음으로 '거의 그대로이다'도 33.0%를 차지하여 R&D 아웃소싱은 일부의 현상인 것으로 판

<표 2-4> 업종별 혁신 전략

		경공업	화학공업	기계금속	전기전자	합계
혁신은 경쟁전략의 핵심, 항상 연구개발 수행	빈도	3	7	21	18	49
	종백분율	37.5%	28.0%	50.0%	72.0%	49.0%
다른 기업 개발 신기술 도입	빈도	3	12	9	4	28
	종백분율	37.5%	48.0%	21.4%	16.0%	28.0%
기존 제품서비스와 공정 프로세스 수정	빈도	2	3	11	2	18
	종백분율	25.0%	12.0%	26.2%	8.0%	18.0%
연구개발투자 하지 않고 도입	빈도	0	3	1	1	5
	종백분율	0.0%	12.0%	2.4%	4.0%	5.0%
전체	빈도	8	25	42	25	100
	종백분율	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

자료 : 저자 작성.

<표 2-5> 최근 3년간 R&D 부문의 아웃소싱 증가 여부

		아웃소싱 하지 않음	오히려 줄었다	거의 그대로이다	다소 늘었다	크게 늘었다	잘 모르겠다	합계
경공업	빈도	12	0	8	4	4	4	32
	종백분율	37.5%	0.0%	25.0%	12.5%	12.5%	12.5%	100.0%
화학 공업	빈도	36	4	24	28	4	4	100
	종백분율	36.0%	4.0%	24.0%	28.0%	4.0%	4.0%	100.0%
기계 금속	빈도	60	24	76	0	0	8	168
	종백분율	35.7%	14.3%	45.2%	0.0%	0.0%	4.8%	100.0%
전기 전자	빈도	32	8	24	32	0	4	100
	종백분율	32.0%	8.0%	24.0%	32.0%	0.0%	4.0%	100.0%
전체	빈도	140	36	132	64	8	20	400
	종백분율	35.0%	9.0%	33.0%	16.0%	2.0%	5.0%	100.0%

자료 : 저자 작성.

단된다. 실제로 ‘다소 늘었다’는 응답은 16.0%, ‘크게 늘었다’는 2.0%로 두 가지를 합쳐도 20%에 미치지 못한다.

이제 우리의 주요 관심인 IT 부문에 대해 살펴보자. 우선 <표 2-6>에서는 지난 2년간 IT 도입을 어느 정도나 했는지를 설문한 결과를 보여준다. IT 부문에 대한 투자를 확대했다는 설문에 대한 5점 척도 평균은 3.2점, IT 관련 소프트웨어 구입 및 개발 이용이 늘었다는 3.3점, 그리고 IT 관련 장비/설비 구입이 늘었다에 대해서도 3.3점이 도출되었다. 이로써 최근 2년간 각 기업에서 다소의 IT 관련 투자가 이루어져 온 것으로 보이는데, 기업규모별로는 IT 투자 확대 항목에서 1,000인 이상 기업이 3.6점으로 높은 수치를 보여주었으며, 업종 중에서는 전기전자정밀 업종이 3.5점으로 가장 높았다. 그러나 S/W 구입 및 이용 증가는 100~299인 규모가 3.4점으로 가장 높았으며, IT 장비/설비 구입 항목에서는 경공업 부문이 3.8점으로 가장 높게 나타났다. 이로써, 규모별, 업종별로 IT 투자의 중점에서 다소의 차이가 있는 것으로 풀이된다.

그렇다면 인사관리자들은 자신의 기업에서 디지털 교육훈련 투자를 어느 정도나 하고 있는 것으로 파악하고 있을까에 대해 알아본 것이 <표 2-7>에 나타나 있다. ‘귀사는 AI를 포함하여 4차 산업혁명(디지털화)에 대비한 교육 훈련에 충분히 투자를 하고 있습니까?’라는 질문에 대하여 ‘전혀 그렇지

<표 2-6> 최근 2년간 IT 도입 관련 규모별 · 업종별 실태(5점 척도)

	전체	50인 미만	50~99인	100~299인	300~999인	1,000인 이상
IT투자확대	3.2	3.0	3.0	3.3	3.0	3.6
S/W구입이용증가	3.3	2.7	3.3	3.4	3.1	3.2
IT장비 · 설비구입	3.3	2.5	3.2	3.5	3.2	3.4
	전체	경공업	화학공업	기계 · 금속	전기 · 전자 · 정밀	
IT투자확대	3.2	3.3	3.1	3.0	3.5	
S/W구입이용증가	3.3	3.5	3.1	3.1	3.6	
IT장비 · 설비구입	3.3	3.8	3.1	3.2	3.4	

자료 : 저자 작성.

않다’에서 ‘매우 그렇다’까지의 5점 척도로 설문한 결과 평균 2.7점으로 ‘그렇지 않다’에 가까운 것으로 나타났다. 1,000인 이상 기업이 3.1점으로 중간값을 넘어섰는데, 특이하게 50인 미만 기업에서 둘째로 높은 3.0점을 나타낸 것은 여기에 성장기에 속한 신생기업들이 포함되어 있기 때문일 수 있다.

한편, 같은 표에서 연구개발인력의 채용난에 대해서 역시 5점 척도 설문으로 측정한 결과 3.7점으로 나타나, 연구개발 인력을 구하는 데 기업들이 애로를 겪고 있음을 알게 된다. 특히 50인 미만 기업의 경우 4.2점으로서, ‘매우 그렇다’라는 응답으로 근접하고 있는 것으로 나타났다.

그렇다면 기업들은 어떤 분야의 인재를 구하는 데 가장 큰 애로를 겪고 있는지를 알아보았다. [그림 2-2]에 따르면 1순위와 1, 2순위 합계에서 모두 소프트웨어/IT/AI 분야가 가장 어려운 것으로 확인되었다. 이로써, 디지털화가 매우 빠르게 확산되고 있는 데 비하여 관련 인재는 충분히 공급되고 있지 못한 현실을 보여준다고 할 것이다. 그 뒤를 이어 기계금속, 전기전자, 화학, 바이오, 신소재, 재료 등도 1, 2순위 합계 20% 내외의 응답을 나타냈는데, 이는 각 업종의 도메인 지식을 갖춘 인력에 대해서도 일정한 애로를 겪고 있을 가능성을 제기한다고 할 것이다.

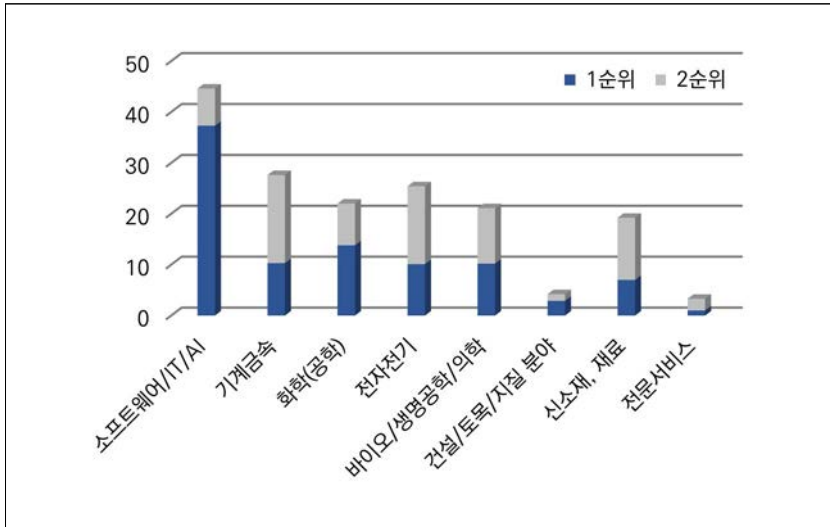
이번에는 각 기업들이 인력을 채용할 때 어떤 부분에 중점을 두는지에 대해 살펴보았다. [그림 2-3]에서 볼 수 있듯이 1, 2순위 응답 합계로 실무문제 해결 능력을 가장 많이 응답하였으며, 다음으로는 취업 경력(경험)과 조직 적응력을 꼽았다. 이에 비하여 출신 대학을 중시한다는 응답은 최저치를 기록하였으며, 전공분야나 논문주제를 본다는 응답은 중간 정도의 순서에 위치하였다. 이로써, 기업들은 여러 경험을 갖고 있어서 문제해결 능력을 갖고

〈표 2-7〉 디지털화 대비 교육훈련과 연구개발인력 채용난 정도(5점 척도)

	전체	50인 미만	50~ 99인	100~ 299인	300~ 999인	1,000 이상
디지털교육훈련투자	2.7	3.0	2.4	2.7	2.5	3.1
연구개발인력 채용난	3.7	4.2	3.8	3.7	3.6	3.6

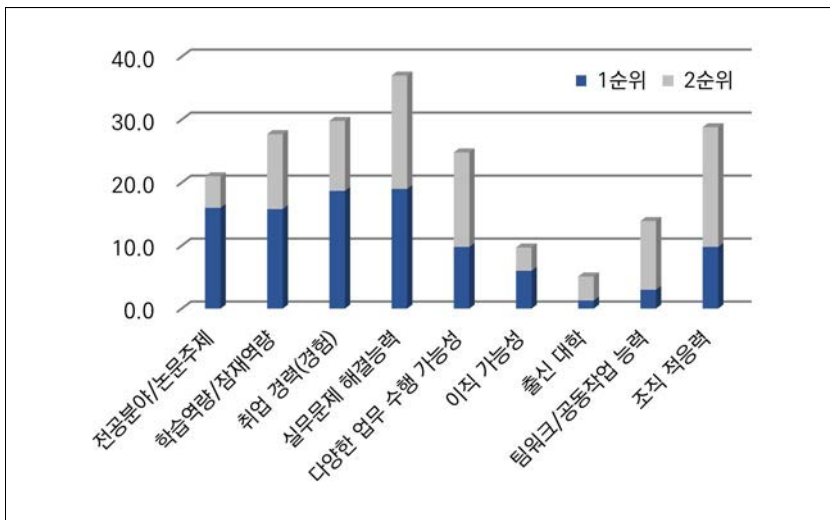
자료 : 저자 작성.

[그림 2-2] 인력 채용이 어려운 분야



자료 : 저자 작성.

[그림 2-3] 신규 인력 채용 시 중요 평가요인

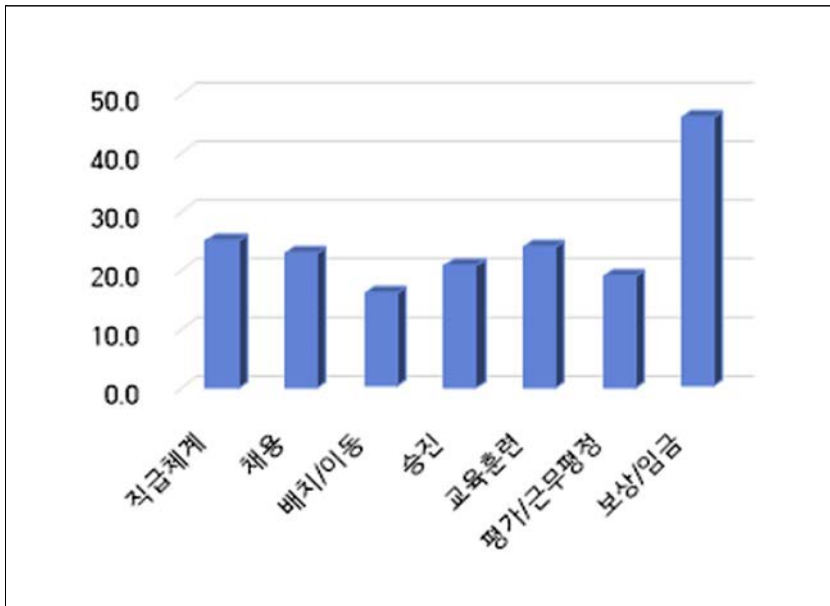


자료 : 저자 작성.

있고, 조직에 대한 적응력과 다양한 업무수행 가능성이 있는 인재를 높이 평가한다는 것을 알게 된다.

이번에는 연구개발인력이 일반 사무관리인력에 비하여 차별화된 인적자원관리의 적용을 받는지를 알아보았다. 그 결과 거의 차이가 없다가 19.0%로 나타난 가운데, 일부 영역에서 약간 차이가 난다는 응답이 30.0%, 동일한 것과 차이가 있는 것이 반반 정도이다라는 응답이 35.0%로 가장 높은 비중을 차지하였다. 이에 비하여 다수의 영역에서 상당한 차이가 난다는 14.0%, 거의 완전히 다른 편이라는 2.0%에 지나지 않았다. 따라서 연구개발인력과 일반 사무관리직의 인사 제도와 관행에 다소의 차이가 있는 것으로 판단되는데, 그렇다면, 구체적으로 어느 항목에서 차이를 나타낼까? [그림 2-4]에서 볼 수 있듯이 보상과 임금에서 차이를 보인다는 응답이 40%를 넘고 있으며, 기타 직급체계, 교육훈련, 채용, 평가, 승진 등에서는 20% 내외의 기업이 연구개발인력과 일반 사무관리직에 다른 제도를 운영하고 있다고 응답하였다. 이로써, 연구개발인력의 경우 일반 사무관리직에 비하여 다소의 우대를 받고 있는 것으로 보이는데, 그 정도와 구체적 기업 내 제도나 관행은 확인이 필요할 것이다.

[그림 2-4] 연구개발인력과 일반 사무관리인력 HRM의 차이 영역



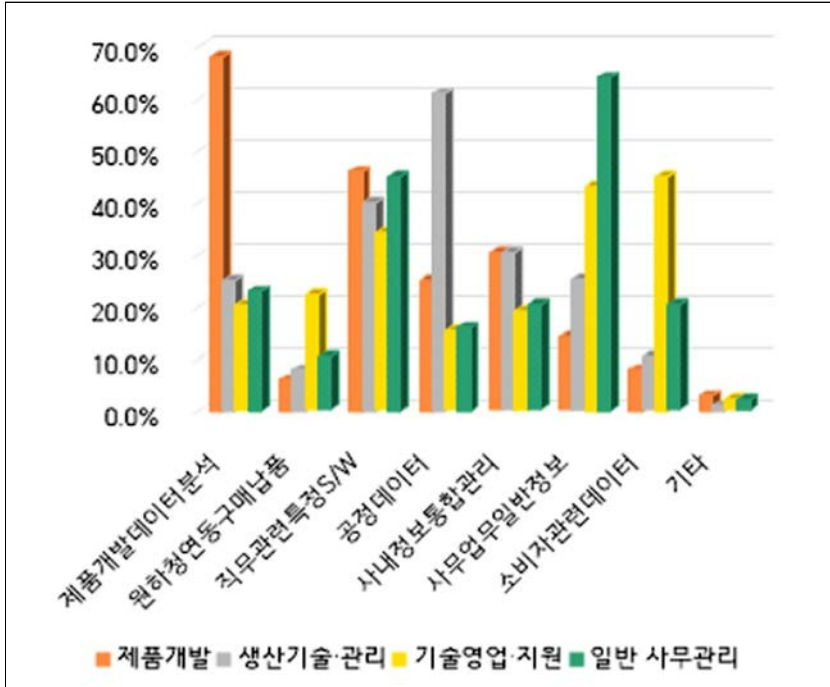
자료 : 저자 작성.

제3절 디지털화에 대한 개인들의 대응 태세

디지털화, 그리고 그 수준을 훌쩍 뛰어넘는 AI 기술의 확산 속에서 엔지니어를 비롯한 개인들은 어떤 대응 태세를 취하고 있을까? 기업 내에서 조직적이고 전략적으로 인재를 확보하고 양성하는 것과 별개로 개인 차원의 인식과 태도가 중요하다는 점에서, 더욱이 기업 단위의 정책이 개인을 통해 발현될 수밖에 없다는 점에서 이에 대해 꼼꼼히 살펴볼 필요가 있다.

우선 현재 활용하고 있는 디지털 기술이 무엇인지에 대해 설문해보았다. 그 결과 [그림 2-5]와 같이 4개의 직종, 즉 제품개발, 생산기술·관리, 기술영업·지원, 일반 사무관리에 따라 다소 상이한 양상을 보여주었다. 제품개

[그림 2-5] 귀하가 현재 활용하고 있는 디지털 기술(1, 2순위 합계)



자료: 저자 작성.

발 엔지니어의 경우 제품개발 데이터 분석은 물론이고 직무관련 특정 소프트웨어 활용도 45% 선에 이르는 것으로 나타났다. 생산기술관리 직종의 경우 공정데이터를 다룬다는 응답이 역시 가장 높은 가운데, 직무관련 특정 소프트웨어와 사내정보통합관리를 많이 활용하는 것으로 나타났다. 기술영업이나 지원, 관리 업무를 담당하는 인력들은 소비자관련 데이터를 다루는 것이 가장 많았으며, 사무업무 일반정보가 뒤를 이었다.

이로써, 각 직종이 자신의 업무와 관련하여 디지털 기술을 이미 상당히 활용하고 있음을 알게 된다. 특히 각 직종이 모두 직무관련 특정 소프트웨어를 활용한다는 응답 비중이 두셋째를 차지하고 있어서, 업무별 소프트웨어 개발과 보급이 상당한 수준에 달해 있음을 짐작케 한다.

그런데, AI 기술은 이러한 일반적 디지털 기술의 활용이나 소프트웨어 사용과는 결을 달리한다. 챗GPT와 같은 생성형 AI 기술이 보급된 것은 이제 디지털 기술이 새로운 단계로 접어들었음을 의미하는데, 엔지니어와 사무관리직들은 이에 대해 어떤 인식과 태도를 갖고 있을까?

〈표 2-8〉에서는 우선 귀하의 업무에 AI 기술이 적용되고 있거나 앞으로 적용될 것이라고 보는가에 대해 설문한 결과를 보여주고 있다. 우선 내 업무에서 이미 AI 기술을 활용하고 있다는 응답은 8.0%로 나타났으며, AI 기술이 곧 적용될 것이라는 응답은 19.3%, 그리고 언젠가 적용될 것이라는 응답은 47.3%로 가장 큰 비중을 나타냈다. 이에 비해 내 업무는 AI 기술과는 상관이 없다는 응답은 20.8%에 머물렀다. 결국 아직 AI 기술이 업무에 본격적으로 쓰이고 있지는 않으나, 조만간 혹은 언젠가는 AI 기술이 자신의 업무에도 적용될 것이라고 판단하고 있는 것으로 보인다.

4개 직종별로 보면 업무에 이미 활용하고 있거나 곧 적용될 것이라는 항목에서 일반 사무관리직이 가장 앞서 있는 것으로 나타났다. 이는 챗GPT를 AI 기술의 가장 대표적인 아이템으로 떠올리는 데 따른 것일 수 있다. 반대로 내 업무가 AI 기술과 상관이 없다는 응답은 기술영업이나 기술지원 직종에서 가장 높게 나타났는데, 이는 사회적 숙련이 더 중요한 업무 특성에 따른 것으로 풀이된다. 제품개발 엔지니어나 공정기술 엔지니어들의 절반 정도는 언젠가 자신의 업무에 AI 기술이 적용될 것이라고 전망하여, 앞서 살펴본 대로 기존의 소프트웨어나 데이터에 특화된 양상을 반영하고 있는 것으

〈표 2-8〉 담당 업무에 대한 AI 기술 적용 여부 및 가능성

	총합	제품개발	생산기술 · 관리	기술영업 · 지원	일반 사무관리
내 업무에서 이미 AI 기술을 활용하고 있다	32.0	10.0	3.0	7.0	12.0
	8.0%	10.0%	3.0%	7.0%	12.0%
내 업무에 AI 기술이 곧 적용될 것이다	77.0	15.0	17.0	16.0	29.0
	19.3%	15.0%	17.0%	16.0%	29.0%
내 업무에 AI 기술이 언젠가 적용될 것이다	189.0	52.0	51.0	47.0	39.0
	47.3%	52.0%	51.0%	47.0%	39.0%
내 업무는 AI 기술과는 상관이 없다	83.0	21.0	20.0	26.0	16.0
	20.8%	21.0%	20.0%	26.0%	16.0%
잘 모르겠다	19.0	2.0	9.0	4.0	4.0
	4.8%	2.0%	9.0%	4.0%	4.0%

자료 : 저자 작성.

로 보인다.

이렇게 다수가 단기든 장기든 AI 기술이 확산되고 자신의 업무에 적용된다고 전망하고 있는데, 그렇다면 이로 인한 업무에 대한 영향은 어떠한가에 대해 설문한 결과가 〈표 2-9〉에 나타나 있다. 여기서 볼 수 있듯이 전체 평균 기준으로 가장 많은 응답을 보인 것은 “내 업무에 소요되는 시간이 줄어들어 다른 업무와 통합될 것이다”로 28.3%를 차지하였다. 다음으로는 “내 업무는 크게 변화하지 않지만, 생산성을 높여줄 것이다”가 21.5%, 그리고 내 업무의 성격이 변화되어 보다 고도의 업무를 수행하게 될 것이다”가 17.5%로 그 뒤를 이었다. 가장 두려운 전망인 “내 업무는 거의 없어질 지경이 될 것이다”는 7.5%에 지나지 않았다.

이로써, 광의의 엔지니어들과 사무관리직들의 경우 AI 기술로 인하여 오히려 자신의 업무의 생산성이 높아질 것으로 예상하지, 업무 자체를 대체하는 등의 급격한 변화는 예상하고 있지 않은 것으로 나타났다. 물론, 이 설문조사 기간인 2023년 7월 현재에는 가장 흔히 접할 수 있는 AI 기술이 챗 GPT이기 때문에 이 응답을 모든 AI 기술에 확장하여 해석하기는 곤란할 수도 있다. 그렇지만, 일부 전문가나 언론에서 예상하는 것에 비하면 우리나라

〈표 2-9〉 AI 기술이 현재 업무에 미치는 영향

	전체	제품개발	생산기술 · 관리	기술영업 · 지원	일반 사무관리
내 업무는 크게 변화하지 않지만, 생산성을 높여줄 것이다	86.0	25.0	29.0	12.0	20.0
	21.5%	25.0%	29.0%	12.0%	20.0%
내 업무에 소요되는 시간이 줄어들어 다른 업무와 통합될 것이다	113.0	26.0	24.0	30.0	33.0
	28.3%	26.0%	24.0%	30.0%	33.0%
내 업무는 거의 없어질 지경이 될 것이다	30.0	4.0	7.0	10.0	9.0
	7.5%	4.0%	7.0%	10.0%	9.0%
내 업무의 성격이 변화되어 보다 고도의 업무를 수행하게 될 것이다	70.0	19.0	15.0	17.0	19.0
	17.5%	19.0%	15.0%	17.0%	19.0%
잘 모르겠다	18.0	5.0	5.0	5.0	3.0
	4.5%	5.0%	5.0%	5.0%	3.0%

자료 : 저자 작성.

라의 사무관리기술직들의 경우 AI 기술을 오히려 생산성 향상의 도구로 여기고 있는 것으로 보인다.

이 응답 내용을 직종별로 살펴보면 제품개발 엔지니어들의 경우 생산성 향상이나 보다 고도의 업무를 수행하게 될 것이라는 응답 비중이 상대적으로 높았으며, 이에 비해 내 업무가 거의 없어질 지경이 될 것이라는 응답이나 다른 업무와 통합될 것이라는 응답은 기술영업·기술지원이나 일반 사무관리직에서 더 높게 나타났다. 이는 기술지원 업무나 일반 사무 업무에서 챗GPT의 활용이 고도화되면 업무 자체가 없어지거나 다른 업무와 통합될 가능성이 높다는 통상적인 전망을 반영한 것으로 보인다. 결국 제품개발 엔지니어나 그보다 정도가 덜하게 공정엔지니어의 업무에 대해 AI 기술이 미치는 영향은 생각보다 크지 않을 수 있는 데 비하여, 기술지원이나 일반 사무관리 업무에 미치는 영향에 대해 유의할 필요가 있을 것으로 보인다.

그렇다면 이러한 변화에 적응하기 위하여 개인들은 AI 기술을 배우는 등의 적극적 태도와 자세를 갖고 있을까? 〈표 2-10〉은 이에 대한 응답을 4개 직종별로 살펴봄과 동시에 기술연구소나 공장 등 사업장별로도 살펴보았

다. 우선 응답 전체의 분포를 보면 “열심히 공부하면 신기술에 잘 적응할 수 있을 것이다”라는 응답이 55.8%로 절반을 넘어서서 AI 기술에 대한 공포감 보다는 학습의지와 자신감을 보이는 것으로 해석된다. 그러나 “열심히 공부해도 신기술을 완전히 따라잡기는 어려울 것이다”라는 응답이 19.8%, “AI 기술을 내가 새로 배우거나 적응하는 데 어려움을 겪을 것이다”라는 응답이 18.3%, 나아가 아예 “AI 기술을 굳이 배워야 하는지 잘 모르겠다”는 원천 봉쇄 응답도 6.3%에 달하였다. 1번 질문에 대한 응답 비중으로 살펴본 긍정적 응답은 제품개발 엔지니어에서 가장 높게 나타났으며, 학습 능력에 대한 우려는 일반 사무관리직에서 가장 높았고, AI 기술 적응 곤란 응답은 상대적으로 생산기술과 기술영업 등에서 높게 나타났다. 이로써, 직종별로 AI 기술 학습에 대한 태도가 다소의 차이를 보이는 것으로 확인되었는데, 역시 제품개발 엔지니어가 가장 긍정적 태도를 보이는 것으로 판단된다. 이는 사업장별 응답 분포에서도 확인되는데, <표 2-10>의 아래 칸을 보면 신기술 적응에 대한 자신감은 기술연구소에서 가장 높게 나타났으며, 학습 능력 우려는 본사에서, 그리고 적응 곤란 응답은 생산공장이나 기타 사업장에서 높게 나타났다. 이로써, 업무의 성격상 제품개발 엔지니어는 도메인 지식에 대한 전문성을 토대로 점진적으로 AI 기술에 적응할 수 있는 것으로 예상해볼 수 있으며, 이에 비해 생산 영역이나 일반 사무관리직의 경우 AI에 대해 학습의 곤란성에 대해서는 물론이거니와 직무 자체의 상실에 대해서도 다소의 두려움을 갖고 있는 것으로 보인다.

그렇다면 이러한 AI 기술의 등장과 확산에 대한 엔지니어와 사무관리직의 태도에 따라 유형을 구분해보면 어떠한가? <표 2-11>은 이와 관련하여 우선 원편에 어떻게 유형을 분류했는지를 보여주고 있다. EB8 질문, 즉 현재 업무에 AI 기술 적용 여부에서 긍정적 응답을 하였는데, EB10 질문, 즉 AI 기술 학습에 대한 태도가 긍정적이면 능동적응형으로, 부정적이면 추격곤란형으로 명명하였다. 즉, 추격곤란형은 AI 기술이 현재 또는 미래에 자신의 업무에 적용될 것으로 예상하지만, 이를 따라잡거나 적응하는 데 어려움을 겪을 것으로 보는 그룹이다. 마지막으로 무지무관형은 AI 기술변화에 무관심하거나 무지하거나, 혹은 AI 기술을 배울 필요성이 없다고 생각하는 그룹이다.

〈표 2-10〉 AI 기술 학습에 대한 태도

(직종별)	전체	제품 개발	생산기술 · 관리	기술영업 · 지원	일반 사무관리
열심히 공부하면 신기술에 잘 적응할 수 있을 것이다	223.0 (55.8%)	64.0	55.0	47.0	57.0
열심히 공부해도 신기술을 완전히 따라잡기는 어려울 것이다	79.0 (19.8%)	13.0	18.0	22.0	26.0
AI 기술을 내가 새로 배우거나 적응하는 데 어려움을 겪을 것이다	73.0 (18.3%)	15.0	23.0	21.0	14.0
AI 기술을 굳이 배워야 하는지 잘 모르겠다	25.0 (6.3%)	8.0	4.0	10.0	3.0
(사업장별)	전체	본사/단일 사업장	기술연구 소	생산 공장	기타
열심히 공부하면 신기술에 잘 적응할 수 있을 것이다	223.0 55.8%	139.0 56.0%	32.0 64.0%	37.0 55.2%	15.0 42.9%
열심히 공부해도 신기술을 완전히 따라잡기는 어려울 것이다	79.0 19.8%	51.0 20.6%	9.0 18.0%	12.0 17.9%	7.0 20.0%
AI 기술을 내가 새로 배우거나 적응하는 데 어려움을 겪을 것이다	73.0 18.3%	45.0 18.1%	4.0 8.0%	15.0 22.4%	9.0 25.7%
AI 기술을 굳이 배워야 하는지 잘 모르겠다	25.0 6.3%	13.0 5.2%	5.0 10.0%	3.0 4.5%	4.0 11.4%

자료 : 저자 작성.

이와 같은 조작적 정의에 따라 400명의 인원을 구분해보면 능동적응형이 44.3%로 적지 않게 도출되었으며, 추격곤란형과 무지무관형이 각각 28.8%와 27.0%로 비슷한 규모로 나타났다.

AI 관련한 3개의 질문, EB8, EB9, EB10 중 조작적 정의에 동원되지 않은 EB9와 유형별 분포의 교차표를 작성한 것이 〈표 2-12〉이다. 이에 따르면 능동적응형은 AI 기술이 내 업무를 크게 변화시키지 않고 생산성을 높여줄 것이라는 응답이 34.5%로 나타났다. 무지무관형이 40.0%로 나타난 것은 지문의 앞부분인 “내 업무는 크게 변화하지 않지만…”에 초점을 두어 응답했기

〈표 2-11〉 AI 기술에 대한 태도에 따른 개인 유형화

분류기준	유형 명칭	빈도	비율
(AI 기술 이미 활용, 곧 적용, 언제가 적용) & 신기술에 적응 가능	능동적응형	177	44.3
(AI 기술 이미 활용, 곧 적용, 언제가 적용) & (열심히 공부해도 따라잡기 어려움 또는 적응하는데 어려움)	추격곤란형	115	28.8
(내 업무는 AI와 무관 OR 잘 모르겠다) OR (AI 기술을 굳이 배워야 하는지 모르겠음)	무지무관형	108	27.0
-	전체	400	100.0

자료 : 저자 작성.

〈표 2-12〉 AI 적응 개인 유형화에 따른 업무 영향 예측

	생산성 향상	다른 업무와 통합	업무가 거의 없어짐	보다 고도의 업무 수행	잘 모름	합계
능동적응형	61	65	4	45	2	177
	34.5%	36.7%	2.3%	25.4%	1.1%	100.0%
추격곤란형	15	47	25	23	5	115
	13.0%	40.9%	21.7%	20.0%	4.3%	100.0%
무지무관형	10	1	1	2	11	25
	40.0%	4.0%	4.0%	8.0%	44.0%	100.0%
전체	86	113	30	70	18	317
	27.1%	35.6%	9.5%	22.1%	5.7%	100.0%

자료 : 저자 작성.

때문으로 풀이된다. 한편 능동적응형의 경우 ‘내 업무의 성격이 변화되어 보다 고도의 업무를 수행하게 될 것이다’에 대해서도 비교적 높은 응답 비중을 나타냈다. 이에 비하면 추격곤란형의 경우 다른 업무와 통합될 것이라는 응답과 내 업무는 거의 없어질 지경이 될 것이라는 응답의 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 무지무관형의 경우 앞서 언급한 업무가 변화하지 않을 것이라는 응답과 ‘잘 모르겠다’는 응답으로 양극화되고 다른 지문에 대한 응답 비중은 미미하여 예상에 부합하였다.

이번에는 이러한 AI 기술에 대한 적응 유형과 4개 직종 간의 교차표를 작

성해보았다. <표 2-13>에서 볼 수 있듯이 제품기술 엔지니어의 경우 능동적응형의 비중이 상대적으로 높고, 생산기술 및 생산관리의 경우 평균적인 분포와 유사하였다. 이에 비해 기술영업 및 기술지원·관리 직종의 경우 능동적응형이 상대적으로 적고 추격곤란형이나 무지무관형이 많은 것으로 나타났다. 또한, 일반 사무관리직의 경우도 추격곤란형의 비중이 상대적으로 많은 것으로 드러났다.

한편 <표 2-14>와 같이 AI 적응 유형화와 학력 간의 교차표를 작성해보면 석박사 학력을 가진 인력들 가운데 예상대로 능동적응형의 비중이 58.0~68.8%에 달하고, 고졸들의 경우 무지무관형이 55.6%로 나타나, 학력에 따라 차별화된 모습을 보여주었다. 이는 AI 기술에 대한 적응을 촉진하기 위해서는 교육훈련이 필요하다는 사실에 대한 간접적인 징표라고 할 수 있을 것이다.

이렇게 교육훈련이 중요하다는 것은 이미 조성재 외(2022)를 비롯하여 여러 연구에서 강조된 바 있는데, 그렇다면 광의의 엔지니어들은 어떤 교육훈련을 받고 있을까를 알아본 것이 [그림 2-6]이다. 교육훈련의 수혜 프로그램을 기준으로 보면 인터넷 이용 훈련이 60%를 훌쩍 넘어 가장 높은 비율을 나타냈으며, 집체식 훈련과 현장훈련, 수강료 지원 등이 뒤를 이었다. 이에 비하여 개인들이 만족하는 기준으로 살펴보면 인터넷 이용 훈련과 집체식

<표 2-13> 직종별 AI 적응 개인 유형화 분포

	제품기술 개발	생산기술 관리	기술영업 지원	일반사무 관리	합계
능동적응형	52	44	35	46	177
	52.0%	44.0%	35.0%	46.0%	44.3%
추격곤란형	22	26	33	34	115
	22.0%	26.0%	33.0%	34.0%	28.8%
무지무관형	26	30	32	20	108
	26.0%	30.0%	32.0%	20.0%	27.0%
전체	100	100	100	100	400
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

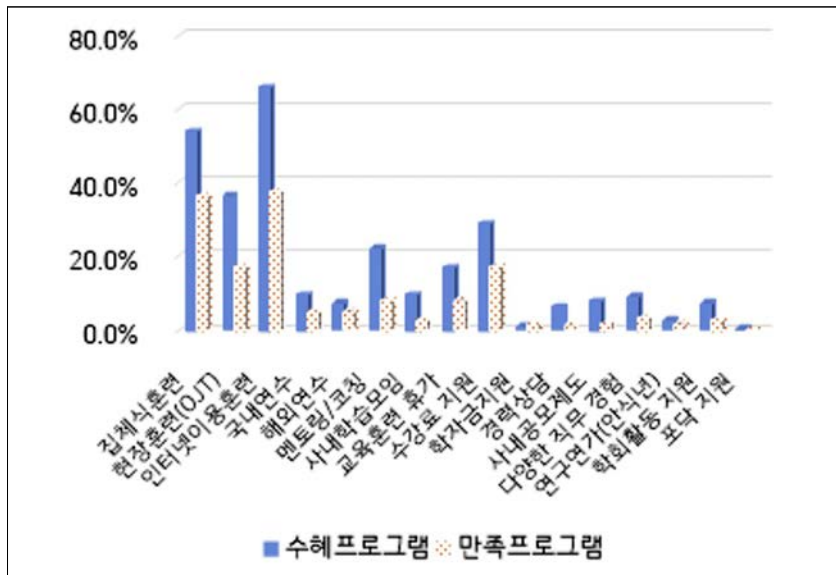
자료 : 저자 작성.

〈표 2-14〉 학력별 AI 적응 개인 유형화 분포

	고졸	초대졸	대졸	석사	박사	합계
능동적응형	3	8	115	40	11	177
	33.3%	26.7%	41.7%	58.0%	68.8%	44.3%
추적곤란형	1	12	86	14	2	115
	11.1%	40.0%	31.2%	20.3%	12.5%	28.8%
무지무관형	5	10	75	15	3	108
	55.6%	33.3%	27.2%	21.7%	18.8%	27.0%
전체	9	30	276	69	16	400
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

자료 : 저자 작성.

[그림 2-6] 교육훈련 종류별 수혜 여부 및 만족도(1, 2순위 합계)



자료 : 저자 작성.

훈련이 비슷한 수준을 보여주었으며, 그다음으로 현장훈련과 수강료 지원의 효과도 유사한 수준이었다. 이로써, 인터넷 훈련이 유용하기는 하지만, 여전히 효과 측면에서는 집체식 훈련이나 현장훈련이 우수한 측면이 있기 때문에 이에 대한 추가 투자를 전향적으로 검토할 필요가 있을 것이다.

제4절 디지털화 결정 요인 등 관련 회귀분석

1. 통제변수들의 기술통계량

본격적인 분석에 앞서 통제변수들에 대해 살펴보자. 본고는 앞서 설명한 바와 같이 탐색적 성격을 지니기 때문에 통제변수와 관련해서도 선행연구로부터 정식화된 것이 거의 없다. 그러나 통상 활용되는 통제변수들은 가급적 최대한 포함하고자 하였다. 또한, 탐색적 성격을 지니기 때문에 통제변수를 가급적 풍부하게 포함하여 통제변수와 종속변수와의 관계도 간접적으로 살펴보고자 하였다.

본고에서 주로 활용하는 통제변수의 기술통계량은 <표 2-15>와 같다. 이하 설명하는 모델에 따라 사용하지 않는 변수도 있지만, 대체로 여러 통제변수를 활용하고자 하였다.

우선 본고의 주요 관심과 관련하여 4개 직종별로 각 모형에서 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 직종 가변수를 포함하였다. 다음으로 성별과 더불어 엔지니어들이 고학력자임을 감안하여 석박사 여부를 넣었다. 연봉은 응답의 편의를 위하여 구간으로 질문하였는데, 이를 중간값을 기준으로 연속변수화하여 자연로그를 취한 후 삽입하였다. 연령을 직접 넣거나, 혹은 최근 이슈가 되고 있는 MZ 세대 특성을 파악하기 위하여 가변수를 넣기도 하였다. 직급과 근속연수를 포함하였으며, 지역과 업종 변수를 넣었다. 또한, 업력을 계산하고, 노조 유무와 더불어 기업규모를 가변수로 포함하였다. 분석 모델에 따라서는 노조 유무보다 무노조 기업의 노사협의회와의 관계까지 포괄할 수 있는 노사관계 분위기를 사용하기도 하였다.

한편, 인적자원관리와 관련하여 통상적으로 많이 쓰이는 변수들을 정의하였는데, 대부분 요인분석을 통하여 관련된 문항을 확정하였다. 각 변수의 계산 방식은 <표 2-15>의 설명란에 표시되어 있으며, 구체적 문항은 [부록]에서 확인할 수 있다. 몰입형 인적자원관리는 단기적 인건비 절감이나 경력자 채용 등에 중점을 두기보다는 장기에 걸쳐 인재를 육성하는 데 중점을

〈표 2-15〉 회귀분석을 위한 통제변수 모음

변수명	설명	최소값	최대값	평균	표준편차
제품개발		0	1	0.25	0.43
생산기술관리		0	1	0.25	0.43
기술영업지원		0	1	0.25	0.43
일반사무관리		0	1	0.25	0.43
남성		0	1	0.85	0.36
석박사		0	1	0.21	0.41
로그(연봉)		8.01	9.55	8.84	0.34
연령	E5	28	65	42.29	7.55
MZ(20,30대)		0	1	0.41	0.49
GRADE2	과장급 이하	0	1	0.40	0.49
GRADE3	차부장급	0	1	0.45	0.50
GRADE4	임원급	0	1	0.15	0.36
근속연수		0	35	9.14	8.56
수도권		0	1	0.62	0.49
영남권		0	1	0.17	0.38
충청강원		0	1	0.13	0.34
호남제주		0	1	0.08	0.27
경공업		0	1	0.08	0.27
화학공업		0	1	0.25	0.43
기계금속		0	1	0.42	0.49
전기전자		0	1	0.25	0.43
업력		3	100	31.33	20.31
유노조		0	1	0.31	0.46
50인 미만		0	1	0.06	0.24
50~99인		0	1	0.27	0.44
100~299인		0	1	0.34	0.47
300~999인		0	1	0.22	0.41
1,000인 이상		0	1	0.11	0.31
몰입형HRM	EA8_3, EA8_5 평균	1	5	3.41	0.80
성과주의임금	EC4_1, EC4_3, EC4_4 평균	1	5	3.45	0.83
적극훈련정책	EC8_1, EC8_2, EC8_3, EC8_4 평균	1	5	3.02	0.79
성과배분제	EC5	0	1	0.53	0.50
상사리더십	A3_1, A3_2, A3_3, A3_4, A3_5 평균	1	5	3.19	0.89
노사관계분위기	ED3_1, ED3_2, ED3_3, ED3_4 평균	2	5	3.36	0.67

자료: 저자 작성.

두는 전략으로서, 인사관리자 응답에서 구하였으며, 크론바하 알파값으로 본 신뢰도는 0.752이다. 성과주의 임금체계는 회사 전체, 사업부 혹은 개인 수준에서 성과급이나 인센티브 급여를 지급하는 경우를 의미하며, 신뢰도는 0.691이다. 적극훈련정책은 5점 척도로 측정된 계획적 직무순환, 교육훈련 적극 투자, 다양한 교육훈련 제공, 업무 무관 교육 기회 부여 등의 평균값을 구한 것이며, 신뢰도는 0.816이다. 성과배분제는 1, 2 값을 0, 1값으로 전환한 것이다. 상사리더십은 개인 설문에서 직속 상사의 평소 리더십에 대한 다섯 가지 문항을 5점 척도로 측정한 것을 평균한 것이며, 신뢰도는 0.921이다. 마지막으로 노사관계분위기는 다시 인사관리자 평가에 입각한 것인데, 노사는 서로 약속을 잘 지킨다, 협상은 노사가 상호 신뢰하는 분위기에서 이루어진다, 노사 간 정보교환이 잘 이루어진다, 근로조건의 중요한 변화는 대부분 노사가 공동으로 협의한다의 5점 척도 4문항을 평균한 값이며, 신뢰도는 0.819이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 통상적으로 사회과학에서 흔히 쓰이는 변수들인데, 이하 모델별로 맞게 사용하고자 하였다.

2. AI 기술 적응 유형 결정 요인

앞서 우리는 AI 기술이 확산되는 데 대응하여 앞으로 본인의 업무가 얼마나 영향을 받을 것인지와 AI 기술에 대한 적응 정도를 기준으로 AI 기술 적응 유형을 능동적응형, 추격곤란형, 무지무관형의 셋으로 구분한 바 있다.

그렇다면 이 중에서 특히 우리의 관심사인 능동적응형과 관련하여 어떤 요인들이 영향을 미칠 것인가에 대해 살펴볼 필요가 있을 것이다. 우리는 세 가지 독립변수를 상정하고자 하는데, 첫째는 디지털화에 대비하여 회사가 적극적인 교육훈련 투자를 할 경우 개인들의 적응도를 높일 수 있는가이다. 즉, 조직적 노력이 개인 수준에서 수용되고 효과를 발휘하는가에 대해 살펴볼 필요가 있다. 둘째로는 일반적인 교육훈련 시간이 늘어날 경우 최신의 트렌드에 대해서도 학습할 기회를 갖거나 디지털 기술 습득에 대한 지적 자극을 받을 수 있을 것이다. 이를 고려하여 교육훈련시간을 독립변수로 포함하였다. 셋째로는 직접적으로 업무와 관련하여 새로운 지식이나 정보를

연는 원천으로서 챗GPT 등 생성형 AI를 활용하는가의 여부를 독립변수로 포함하였다. 생성형 AI가 조사시점인 2023년 7월부터 적어도 6개월 이전에 활용 가능했다는 점에서 이는 실제 상황을 반영한 분석이 될 것이다.

세 가지 가설과 관련한 독립변수들의 기본값은 <표 2-16>에 제시되어 있다. ‘귀사는 AI를 포함하여 4차 산업혁명(디지털화)에 대비한 교육훈련에 충분히 투자를 하고 있습니까?’라는 질문으로 표현되는 디지털 교육투자의 평균값은 5점 척도에서 2.65점으로 중간값에 미치지 못한다. 즉, 기업들의 디지털화 교육은 그다지 많이 실시되고 있지 않은 것이다¹⁾. 두 번째 독립변수인 교육시간은 개인들이 2022년 1년간 받은 공식교육과 비공식 교육시간을 합치고 이에 자연로그값을 취한 것이다. 세 번째로 챗GPT 활용의 평균값은 1.98로 5점 척도에서 활용도가 매우 낮거나 낮음이라고 응답한 비중이 상당한 비율임을 보여주고 있다.

이제 이 변수들을 활용하여 종속변수인 능동적응형에 대해 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과가 <표 2-17>에 제시되어 있다. 모델1은 통제변수들로만 이루어진 기본모형인데, 상사리더십이 훌륭할 경우와 석박사 학위가 있을 경우 능동적응형에 속할 확률이 유의하게 높고, 반대로 근속연수가 길면 능동적응형에 속할 확률이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 앞서 학력 수준이 AI 기술 적응 유형에 영향을 미칠 것이라는 교차표 분석에서 제시되었던 결과(<표 2-14>)가 회귀분석에서도 확인된다고 할 것이다. 또한, 상사리더십이 훌륭할 경우 신기술이 도입되고 확산되는 데 대해서도 일정한 도움을 주게 된다는 사실을 보여준 결과이다. 한편, MZ세대의 경우는 예상과는 달리 음의 부호를 나타냈지만, 통계적 유의성은 없었다. 통계적으로 유의한 변수

<표 2-16> AI 기술 적응 유형 결정요인 분석을 위한 독립변수의 기본값

변수명	설명	최소값	최대값	평균	표준편차
디지털교육투자	EB10	1	5	2.65	1.06
교육시간	자연로그(C5_1+C5_2)	0	7.7	2.23	1.63
챗GPT활용	A11_12	0	5	1.98	1.40

자료: 저자 작성.

1) 이 문항에 대한 기초분석은 이미 <표 2-7>에서 수행한 바 있다.

〈표 2-17〉 AI 기술 적응 유형 결정요인 로지스틱 회귀분석 결과

변수명	모델1		모델2		모델3		모델4	
	계수값	유의 확률	계수값	유의 확률	계수값	유의 확률	계수값	유의 확률
몰입형HRM	-0.115		-0.223		-0.126		-0.116	
성과주의임금	-0.082		-0.112		-0.079		-0.095	
적극훈련정책	0.171		0.040		0.159		0.171	
성과배분제	0.314		0.254		0.295		0.287	
상사리더십	0.251	***	0.241	*	0.230	*	0.193	
제품개발	0.441		0.449		0.436		0.505	
생산기술관리	0.403		0.398		0.399		0.438	
일반사무관리	0.305		0.317		0.296		0.347	
남성	-0.214		-0.160		-0.218		-0.146	
석박사	0.546	*	0.548	*	0.493	*	0.550	*
로그(연봉)	0.216		0.163		0.165		0.217	
MZ세대	-0.359		-0.390		-0.361		-0.404	
차부장급	0.169		0.134		0.212		0.109	
임원급	0.364		0.390		0.437		0.308	
근속연수	-0.030	*	-0.028	*	-0.033	**	-0.032	**
수도권	0.191		-0.003		0.183		0.179	
영남권	0.233		0.208		0.264		0.231	
충청강원	0.142		0.025		0.148		0.039	
화학공업	0.191		0.234		0.128		0.182	
기계금속	0.213		0.170		0.149		0.129	
전기전자	0.397		0.352		0.332		0.331	
업력	-0.002		0.001		-0.002		-0.002	
유노조	0.197		0.122		0.164		0.172	
50~99인	-0.245		-0.122		-0.239		-0.217	
100~299인	-0.054		0.090		-0.042		-0.002	
300~999인	-0.364		-0.215		-0.367		-0.333	
1,000인 이상	-0.613		-0.555		-0.580		-0.600	
디지털교육훈련			0.299	***				
교육훈련시간					0.097			
챗GPT활용							0.187	***
상수항	-3.084		-2.530		-2.637		-3.179	
Nagelkerke R2	0.104		0.119		0.110		0.121	

자료 : 저자 작성.

는 근속연수인데, 부호가 음으로서, 근속연수가 오래된 인력일수록 AI 기술에 대해 능동적으로 적응하지 못한다는 것을 의미한다. 이는 일부 연령효과가 중첩되는 가운데, 근속연수가 오래되어 자신의 방식에 고착된 인력들의 경우 신기술 습득에 저항감을 가질 가능성을 보여주는 결과로 해석된다.

이러한 기본 모델에 우리의 주요 관심인 독립변수를 차례로 투입해보았다. 그 결과 세 모델 모두 모델의 설명력(Nagelkerke R²)이 상승하였으므로 추가 변수로서의 의미는 충분하다고 할 것이다. 우선 디지털 교육훈련에 대한 적극성을 투입한 모델2를 보면 계수값이 5% 수준에서 유의한 양의 값을 나타냈다. 이는 인사관리자가 생각한 디지털 훈련투자의 적극성 정도가 클수록 개인들이 AI 기술에 대해서도 능동적으로 적응할 수 있다는 것을 의미하는 것으로서, 다른 요인들을 다 통제하더라도 조직의 교육 투자가 중요하다는 사실을 확인시켜 주는 결과이다.

그러나 두 번째 독립변수로 투입한 교육훈련시간은 유의하지 않았는데, 이는 역시 AI 기술 적응이라는 영역에 대해 일반 교육훈련이 영향을 미치는 데에는 한계가 있음을 의미한다. 이에 비해 세 번째 독립변수인 챗GPT의 실제 활용은 유의한 양의 값을 나타냈으며, 모델의 설명력 증가도 가장 크다. 그런데 챗GPT의 활용이 능동적응형에 유의한 양의 부호를 나타내는 것은 역의 인과관계 때문일 수도 있다. 즉, 이미 능동적으로 적응할 만한 인력이 챗GPT를 사용한다는 것이다. 이러한 역의 인과관계는 횡단면 조사를 사용하는 한 불가피한 한계이기도 하다. 그렇지만, 만약 이것이 정상적인 인과관계라면 챗GPT를 사용한 경험이 AI에 대한 능동적인 태도를 형성했다고 볼 개연성도 충분히 생각해볼 수 있다. 즉, AI 기술에 대해 막연한 두려움이나 미지의 세계에 남겨두는 것이 아니라, 실제로 경험하도록 하는 것이 신기술의 확산 시대에 요구되는 접근방법일 수 있다는 것이다. 이는 앞서 일반 교육훈련 시간은 계수값이 유의하지 않은 반면에 회사의 디지털 교육훈련 투자 적극성이 유의성을 보이는 것과 마찬가지로 맥락으로 풀이된다.

3. IT 투자가 개인의 성과 인식에 미친 영향

바로 앞 항에서 우리는 기업 조직의 디지털 교육훈련 투자 정도가 개인의

AI 기술에 대한 적응도에 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다. 이렇게 조직 변수가 개인에 영향을 미치는 경로 중에서 우리는 기업의 IT 투자 확대와 개인들의 성과 인식의 관계를 파악할 필요가 있다. 즉, 기업들은 성과 향상을 위하여 IT에 대한 투자를 늘리는데, 이것이 통제 강화 혹은 번잡스러움의 증대 등으로만 인식될 경우 그 성과를 기대하기 어려울 것이기 때문이다. 반대로 기업의 IT투자가 개인의 숙련, 직무만족, 임금소득 등에 긍정적 영향을 미치는 것으로 확인될 경우 투자 확대 전략이 타당한 것으로 볼 수 있을 것이다.

이를 위하여 독립변수로 인사관리자가 응답한 IT 투자 확대에 대한 3개 문항을 평균하여 사용하였다. 우리는 이 문항들과 관련한 교차표를 이미 <표 2-6>에서 살펴본 바 있는데, 이를 분석 목적에 맞도록 재정리하였다. 즉, <표 2-18>에서 볼 수 있듯이 IT 투자 확대, IT 관련 소프트웨어 구입과 이용 확대, IT 관련 장비·설비 구입 증가와 관련한 5점 척도 응답을 평균하여 독립변수로 투입하였다. 종속변수는 개인이 인식한 IT 기술이 미친 영향으로서 숙련 혹은 능력, 직무만족도, 임금 소득 항목에 대해 역시 5점 척도로 응답한 결과를 사용하였다.

회귀분석 결과는 <표 2-19>에 나타나 있다. 많은 변수들을 통제한 이후에도 기업 수준의 IT 도입과 투자 확대는 개인이 인식한 숙련과 직무만족을 유의하게 높이는 것으로 나타났다. 이는 IT 도입이 개인들에게 긍정적으로 인식된다는 것을 의미한다.

<표 2-18> IT 투자와 개인인식 관련 독립변수와 종속변수의 기술통계량

		최소값	최대값	평균	표준편차
IT 투자 확대(EB8_1)		1	5	3.18	0.98
IT 관련 S/W 구입·이용 확대(EB8_2)		1	5	3.27	0.96
IT 관련 장비/설비 구입 증가(EB8_3)		1	5	3.27	0.94
IT기술 도입(위 3개 문항 평균)		1	5	3.24	0.87
IT 기술이 미친 영향	숙련(B7_1)	1	5	3.44	0.82
	직무만족(B7_2)	1	5	3.45	0.81
	임금소득(B7_3)	1	5	3.11	0.84

자료 : 저자 작성.

〈표 2-19〉 IT 투자가 개인 성과인식에 미친 영향 관련 분석 결과

모델	모델1		모델2		모델3		모델4	
종속변수	숙련 혹은 능력		직무만족도		임금소득1		임금소득2	
	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률
제품개발	0.007		-0.017		-0.038		-0.045	
생산기술관리	-0.027		-0.003		-0.075		-0.076	
일반사무관리	0.007		-0.045		-0.040		-0.021	
남성	0.004		0.030		-0.026		-0.012	
석박사	0.014		0.042		0.045		0.109	***
로그(연봉)	0.109	*	0.117	*	0.344	***		
연령	0.113		0.083		0.021		0.182	***
근속연수	0.009		0.005		0.033		0.062	
수도권	-0.019		0.065		-0.056		-0.065	
영남권	-0.035		0.064		0.005		0.002	
충청강원	0.023		-0.013		-0.084		-0.088	
화학공업	-0.021		0.037		0.075		0.13	
기계금속	0.081		0.053		-0.034		-0.025	
전기전자	0.068		0.067		0.012		0	
업력	-0.047		-0.071		-0.039		-0.043	
노사관계분위기	0.021		-0.046		0.036		0.017	
50~99인	0.024		0.012		-0.003		-0.029	
100~299인	0.025		-0.019		-0.062		-0.107	
300~999인	-0.079		-0.118		-0.146		-0.137	
1,000인 이상	-0.056		-0.070		-0.079		-0.053	
IT기술도입	0.106	*	0.127	**	0.058		0.094	
adj-R2	0.019		0.027		0.133		0.062	

자료: 저자 작성.

그렇지만, IT 기술이 개인의 임금소득을 늘리는가에 대해서는 통계적 유의성이 나타나지 않았는데, 이는 임금에 미치는 다른 요인들이 압도적이기 때문일 수도 있다. 표에서 볼 수 있듯이 모델1과 모델2에서는 로그 값을 취한 연봉이 미치는 영향이 유의한 양의 계수값을 나타냈는데, 모델3에서도

그러하지만, 계수값과 유의도가 현저히 상승하였다. 이는 연봉이 임금수준에 대한 인식에 강력한 영향을 미치기 때문으로 당연한 결과일 수 있다. 이에 따라 모델4에서는 연봉을 빼고 추정하였는데, 이번에는 석박사 학위자와 연령의 유의도가 좋아지면서 여전히 IT도입의 영향은 모호하게 남아있다. 이로써, 임금에 미치는 다른 요인들이 워낙 강력하기 때문에 이 모델들로는 추정이 불가능하거나, 임금에 미치는 영향의 경로가 워낙 길고 복잡해서 유의성을 갖기 어려운 것으로 해석된다.

결국 IT 도입과 투자 확대는 개인 수준의 숙련과 직무만족을 늘리는 것으로 해석할 수 있는데, 특히 연봉 수준을 통제해도 이 같은 결과가 나온다는 점에서 의미 있는 분석 결과라고 할 것이다.

4. IT 투자가 개인의 재량권에 미친 영향 추정

IT 투자는 과거와 같은 인격적 통제를 기술적 통제로 변모시키기도 하지만, 다른 한편으로 정보와 권한의 분산으로 인하여 업무 수행의 재량권을 높일 수도 있다. 다시 말해서 IT에 대한 투자 확대는 분권화된 업무 수행과정을 더욱 강화할 수도 있고, 혹은 거꾸로 기존에 자율성을 갖던 업무들에 대해 중앙 통제를 강화할 수도 있다.

본고의 조사 대상은 주로 엔지니어들이기 때문에 생산직, 판매직, 서비스직 등에 비해서는 이미 재량권을 상당히 갖고 있는 직종이라고 볼 수 있다. 여기에 IT 투자가 확대된다면, 이러한 재량권이 더욱 확대된다고 볼 수 있을 것이다. 또한, 확대된 재량권은 IT 투자에 대한 엔지니어와 사무관리직 근로자들의 IT에 대한 성과 인식에 긍정적 영향을 미칠 것이라는 가설을 제기할 수 있다.

이에 대해 살펴보기 위해 우선 재량권 변수를 확정해야 한다. 개인 설문 문항 중 A13의 경우 1) 우리 회사의 구성원들은 문제 발생 시 업무에 대한 의사결정권을 갖고 있다, 2) 우리 회사의 구성원들은 자신의 방법대로 일할 수 있는 기회를 가지고 있다는 두 문항을 5점 척도로 측정하고 있는데, 이들은 요인분석에서 하나의 요인으로 묶였으며, 크론바하의 알파값은 0.841이었다. 따라서 우리는 이 두 항목을 평균하여 재량권이라는 변수를 만들었다.

〈표 2-20〉에서 볼 수 있듯이 재량권 변수의 평균값은 3.04, 표준편차는 0.88로서 중간값인 3점을 중심으로 분포하고 있음을 짐작해볼 수 있다.

우선 IT도입과 투자 확대가 재량권을 늘리는지에 대해 회귀분석해보고, 이후 재량권은 개인들의 IT 투자에 대한 성과 인식을 높이는지에 대해서 역시 회귀분석을 통해 살펴본 결과가 〈표 2-21〉에 나타나 있다. 첫 번째 모델은 IT에 대한 투자 확대가 재량권에 어떤 영향을 미치는가를 살펴본 것이다. 분석 결과 IT도입과 투자확대는 재량권을 유의하게 증진시키는 것으로 나타났다. 이로써, 정보의 분산과 현장화를 통해서 근로자들의 업무 수행의 재량권과 자율성이 더 진전된다고 볼 수 있을 것이다.

다음 세 개의 열은 거꾸로 이러한 재량권이 독립변수로서 IT도입에 따른 개인들의 인식에 어떤 영향을 미치는지를 보여주고 있다. IT도입이 숙련 수준을 높인다고 인식하는 개인들의 경우 재량권이 확대되면 이를 더욱 촉진하는 것으로 확인되었다. 또한, 재량권 확대는 IT 기술이 직무만족을 향상시키는 정도를 더욱 확대하는 것으로도 나타났다. 아울러 마지막 열에서 IT 투자 확대는 IT 기술이 임금소득 증가에 기여한다는 개인들의 인식도 강화하는 것으로 나타났다. 통제변수들 가운데서는 연봉수준이 높을수록 재량권이 많은 것으로 나타났으며, 화학과 기계금속업종의 재량권이 경공업에 비해 적고, 50인 미만 기업에 비해 50인 이상, 100인 이상, 300인 기업의 재량권이 더 적은 것으로 나타났다. 소규모 기업의 경우 아무래도 관료주의적 운영을 할 수 없어서 역설적으로 재량권 수준이 높은 것으로 풀이된다. 다른 세 모델에서는 유의한 통제변수가 적은 가운데, 눈길을 끄는 것은 연봉 수준이 임금소득에 대한 인식을 더욱 강화하는 점이다. 또한, 이렇게 강력한 통제변수가 있음에도 불구하고 〈표 2-19〉에서와는 달리 재량권이 IT 투자

〈표 2-20〉 업무 수행 재량권 변수의 구성

	최소값	최대값	평균	표준편차
문제발생시 의사결정권 보유	1	5	2.93	0.97
자신의 방법으로 일할 기회 보유	1	5	3.14	0.93
재량권(위 두 변수의 평균)	1	5	3.04	0.88

자료: 저자 작성.

〈표 2-21〉 IT 투자와 개인 성과인식 및 업무 수행 재량권의 관계

종속변수	재량권		IT기술숙련		IT기술 직무만족		IT기술임금	
변수	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률	표준화 계수	유의 확률
제품개발	0.006		0.005		-0.019		-0.040	
생산기술관리	0.025		-0.033		-0.010		-0.081	
일반사무관리	-0.002		0.007		-0.045		-0.040	
남성	0.045		-0.012		0.010		-0.039	
석박사	-0.080		0.033		0.065		0.066	
로그(연봉)	0.142	**	0.078		0.079		0.308	***
연령	-0.017		0.114		0.084		0.024	
근속연수	-0.047		0.018		0.015		0.044	
수도권	-0.147		0.052		0.151	*	-0.007	
영남권	-0.089		0.004		0.111		0.033	
충청강원	-0.053		0.048		0.017		-0.067	
화학공업	-0.178	*	0.009		0.074		0.118	
기계금속	-0.175	*	0.109		0.088		0.007	
전기전자	-0.146		0.098		0.104		0.049	
업력	0.053		-0.068		-0.096	*	-0.056	
노사관계 분위기	0.036		0.039		-0.025		0.034	
50~99인	-0.218	**	0.098		0.102		0.061	
100~299인	-0.197	*	0.100		0.073		-0.002	
300~999인	-0.183	*	-0.019		-0.045		-0.094	
1,000인 이상	-0.122		-0.007		-0.011		-0.041	
IT기술도입	0.144	**						
재량권			0.270	***	0.329	***	0.270	***
adj-R2	0.012		0.085		0.125		0.204	

자료 : 저자 작성.

에 대한 임금 소득 인식을 매개한다는 것이 주목할 만하다.

요컨대, IT투자는 업무 수행의 재량권을 더욱 강화하는 것으로 보인다. 물론 횡단면 자료를 통상최소자승법으로 추정했기 때문에 여러 한계를 갖는 것도 사실이다. 예를 들어 재량권이 요구되는 기업에서 IT 투자를 확대하는

逆인과관계가 존재하거나, 두 개 변수에 동시에 영향을 미치는 다른 요인들을 찾아내지 못했기 때문일 수도 있다. 좀 더 심층적인 분석을 수행할 필요가 있지만, 다른 변수들을 통제된 상태에서 IT 투자가 근로자들의 재량권을 확대한다는 것은 의미 있는 분석 결과이다. 광의의 엔지니어가 대부분인 이번 조사 자료를 통해서 IT도입과 투자 확대는 엔지니어들의 업무수행 재량권을 증진시킨다는 것으로서, 가용한 정보량과 소프트웨어의 증가로 상사나 인접부서의 도움이나 판단 없이도 업무를 수행할 수 있게 되어 생산성의 향상을 기대할 수 있다는 것으로 풀이된다. 더욱이 이러한 재량권의 확대가 IT도입으로 인해 숙련, 직무만족도, 임금소득 수준을 높인다는 인식을 긍정적으로 매개한다는 사실은 재량권을 더욱 확대하는 방향의 전략이 유효할 것임을 시사해주고 있다. 물론, 이러한 시사점이 모든 직종에 유의하지는 않을 수 있으나, 적어도 광의의 엔지니어 집단과 일반 사무관리직에서는 타당한 명제가 될 수 있을 것으로 보인다.

제5절 소 결

기술혁신의 담지자인 엔지니어들은 어떤 특성을 갖고 있고, 이에 대해 기업들은 어떤 인적자원관리를 수행하고 있는지를 알아보기 위하여 설문조사를 2023년 7월 한 달간 실시하였다. 특히 선행연구들과는 달리 이번 조사에서는 디지털 기술의 확산과 AI의 대두에 대해 엔지니어들과 인접 직종인 사무관리직들은 어떻게 생각하고 반응하고 있는지에 대한 내용을 추가하였다. 아울러 조사 대상을 제품개발, 공정기술 및 생산관리, 기술지원 및 기술영업, 일반 사무관리직의 4개 직종으로 나누었는데, 이는 협의의 엔지니어와 광의의 엔지니어를 구분하고, 비교 대상으로서 일반 사무관리직을 포함한 데 따른 방식이다. 기업 단위의 일반 정보와 인적자원관리 전략 및 관행에 대해서는 인사관리자가 설문에 응답하도록 하고, 한 기업당 4개 직종의 개인들이 각각 응답하도록 함으로써, 체계적으로 연계된 분석이 가능하도록 하였다.

전기전자산업의 제품수명주기가 짧고 가장 많이 선도형 혁신에 나서는 등 업종별로 연구개발 활동에 일정한 차이를 보이는 가운데, 전반적으로 기업들의 연구개발 활동은 활발히 이루어지는 것으로 추측되었다. 세간의 일부 인식과 달리 R&D 아웃소싱은 널리 확산된 것으로 보이지 않으며, 연구개발인력의 채용난이 존재하는데, 특히 IT와 소프트웨어, AI 인력의 부족이 가장 심각한 것으로 확인되었다.

개인 조사 내용을 분석한 결과 이미 직무 관련 특정 소프트웨어를 활용한다는 응답이 비교적 많은 등 디지털 기술이 널리 확산되어 있었다. 여기서 더 나아가서 챗GPT 등 생성형 AI 기술이 보급되는 데 대응하여 AI 기술에 대한 인식을 설문해보았다. 그 결과 이미 활용하고 있다는 응답은 8%에 불과하지만, 곧 적용될 것, 그리고 언젠가 적용될 것이라는 응답이 19.3%와 47.3%에 달했다. 또한 AI 기술이 내 업무를 없애게 될 것이라는 응답보다는 기존 업무의 생산성을 올려줄 것이라는 응답이 더 많았다. 아울러 향후 AI 기술에 대한 학습과 관련하여 열심히 공부하면 신기술에 적응할 수 있을 것 이란 응답이 55.8%로 절반을 넘어섰다.

이러한 항목을 교차하여 AI 기술 확산에 대한 대응 태도에 따라 개인들을 조작적으로 유형화하였는데, 이에 따르면 능동적응형이 44.3%, 추격관란형이 28.8%, 무지무관형이 27.0%로 분포하였다. 이 중 능동적응형에 대해 이 유형을 결정하는 요인이 무엇인지를 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 디지털교육훈련에 대한 기업의 적극성이 유의한 양의 부호를 나타냈으며, 일반적인 교육훈련 시간은 유의하지 않았다. 또한, 이미 챗GPT를 활용하는 개인들은 능동적응형에 속할 가능성이 높은 것으로 나타났다는데, 이는 횡단면조사의 한계로 인한 역인과관계의 가능성 때문이기도 하지만, 다른 한편으로는 일단 AI 기술을 사용하게 되면, 막연한 두려움을 넘어서 신기술에 적응하는 데 도움이 된다는 것을 함의하는 것으로도 해석되었다.

다음으로 기업 단위의 IT 투자가 개인의 숙련, 직무만족, 임금소득에 대해 어떤 인식을 가져오는가에 대한 회귀분석을 실시하였다. 관련된 많은 변수들을 통제한 상태에서 IT 도입과 투자 확대는 숙련과 직무만족에 대해 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러나 임금소득에 미치는 영향은 유

의하지 않았다.

나아가 IT 투자가 중앙집중적 통제를 강화하는지, 아니면 업무 현장의 재량권을 증가시키는지를 알아보기 위하여 관련된 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 IT 투자는 개인들의 재량권에 유의한 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 다른 직종과 달리 엔지니어와 사무관리직들의 경우 원래 갖고 있던 재량권이 IT로 인해 더욱 강화될 것이라는 점을 의미한다. 이러한 재량권은 IT 기술이 숙련 및 직무만족에 미치는 영향을 더욱 강화하는 것으로 추가 확인되었으며, 앞서는 유의하지 않았던 임금소득에 대한 인식도 재량권이 강화되면 긍정적이게 되는 것으로 나타났다.

한편, 네 가지 직종에 대한 조사를 실시하였으나, 여러 회귀분석에서 직종 간 유의한 차이가 드러나지는 않았다. 이는 디지털화에 대한 인식과 대응에서 화이트칼라 내 직종의 차이보다는 기업마다의 인적자원관리 전략과 관행의 차이가 더 중요하다는 사실을 함의한다. 그렇지만, 빈도표와 교차표에 대한 기초 분석에서는 제품개발 엔지니어 집단이 AI 기술에 대한 적응 등의 측면에서 가장 앞섰거나, 자신감 있게 대응하는 것으로 나타났으며, 기업들도 연구개발인력에 대해서는 다소간 차별화된 인적자원관리를 적용하고 있는 것으로 보인다.

디지털 기술의 확산에 대해 일반 교육훈련보다 디지털 기술에 특화된 교육이나 실제 경험, 그리고 학력이 효과가 있다는 분석 결과는 향후 엔지니어나 사무관리직 집단에 대해서 교육훈련을 체계적으로 실시해야 한다는 사실을 일러주고 있다. 그에 앞서 디지털화나 AI 확산에 대해 직무나 일자리가 없어질 것이라는 공포 마케팅보다는 어떤 직무에 어떤 영향을 얼마나 미치는지에 대한 꼼꼼한 분석이 선행되어야 할 것이다. 금번 조사 결과 적어도 엔지니어와 사무관리직들의 경우 업무 대체효과보다는 기존 업무에 대한 생산성 증대 효과에 대해 더 높이 평가하는 것으로 나타난 점은 이러한 차분하고 분석적인 접근법이 필요하다는 점을 뒷받침해주는 것으로 보인다.

제 3 장

AI와 제조업 디지털 전환

제1절 인공지능의 등장과 제조업 혁신

2022년 11월 출시하자마자 불기 시작한 챗GPT(Generative Pre-trained Transformer) 열풍으로 인해 인공지능(AI : Artificial Intelligence)의 산업 전반에 걸친 침투와 이에 대한 우려가 점차 현실로 다가오고 있다는 의견이 힘을 얻고 있다. 이와 동시에 ‘AI 네이티브’의 탄생을 언급하며 새로이 맞이하게 될 일자리의 변화에 대해서도 활발한 논의가 이루어지고 있다. 현대판 러다이트(Luddite) 운동으로 바라보는 측면도 있고, 다른 한편에서는 총체적인 디지털 전환(Digital Transformation)의 일부로 AI 도입을 자연스럽게 받아들여야 한다는 관점도 존재한다. 이번 장에서는 우리나라 경제 성장의 주도적인 역할을 해왔던 제조·산업계가 과연 부상하는 디지털 신기술을 어떤 식으로 수용하려고 준비 중인지 - 혹은 진행하고 있는지 - 살펴보고 그 흐름을 조망해 보고자 한다.

어떤 측면에서 AI는 더 이상 특정 분야에 한정되어 적용되는 기술이 아니라 일상에서 자연스럽게 우리의 삶을 바꾸는 역할을 하게 될지도 모른다. 더 나아가 AI 기술이 점차 고도화됨에 따라 범용적인 솔루션이나 플랫폼을 통해 기존에 해결하지 못했던 문제를 훨씬 더 쉽게 해결할 것이란 기대감도 커지고 있음을 알 수 있다. 제조업에 AI가 활용될 수 있는 여지에 대해선, 맥

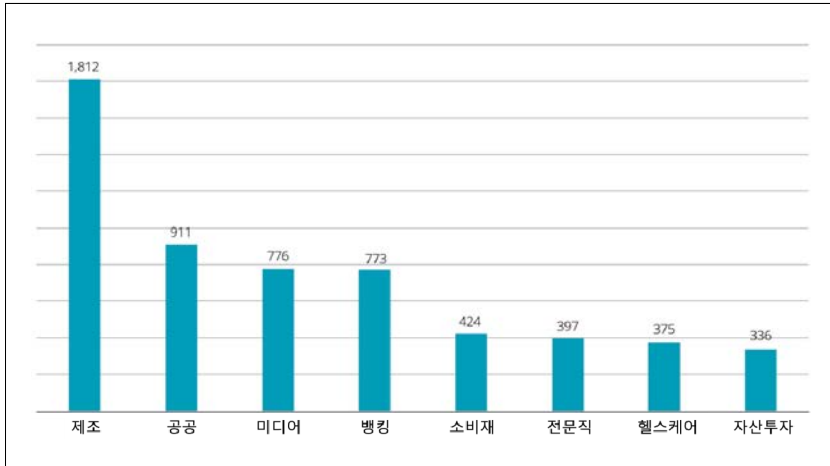
킨지 글로벌(McKinsey Global)의 분석에 따를 경우 2030년까지 AI 및 첨단 분석기술로 창출될 수 있는 경제가치가 13조 달러(한화 약 1.7경 원)에 이를 것으로 전망되며, 이 중 절반가량이 제조·산업 분야에서 나올 것이라고 예측하고 있다(Mughine et al., 2023). 하지만 모든 문제를 해결해 줄 것이라는 기대를 조금 현실화하여 AI 적용 분야를 제조 현장으로 국한하여 살펴본다면, 신기술 도입의 실질적 타당성에 대한 의문을 제기하는 목소리도 들리게 된다. 실제로 딜로이트(Deloitte)의 ‘제조업 AI 도입 현황(Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing)’에 따르면, 제조업계의 AI 프로젝트가 기대치에 미치지 못했던 경우가 91%에 육박한다는, 이상과 현실의 괴리를 확인할 수 있었다. 이는 다시 말해 개념증명(PoC: Proof of Concept) 단계를 넘은 AI 프로젝트가 단지 9%에 불과하다는 것으로 받아들여질 수 있는 낮은 수치가 아닐 수 없다.

통상적으로 제조 과정에서는 생산 관리, 품질 관리 등의 공정을 거치며 순식간에 상상을 초월하는 규모의 데이터가 만들어지게 된다. 예를 들어, 한 공장에서 1,000개의 센서가 매 초당 신호를 보낸다면, 한 시간당 3,600,000개의 입력 값을 내보낸다는 것이며, 하루에 수천만 개의 로그가 쌓임을 의미한다. [그림 3-1]에서 볼 수 있듯이 제조업계의 경우 연간 1,812페타바이트의 데이터를 생산해 내는데, 이는 타 분야 대비 비교할 수 없을 만큼의 양이 매년 쏟아지고 있는 상황임을 알 수 있다. 따라서 제조업계에서는 지난 몇 년간 급속도로 발전한 데이터 및 관련 신기술을 도입하여, 빅 데이터(Big Data)에 기반한 복잡다단한 의사결정을 내려야 하는 압박감에 시달려 왔다고 해도 과언이 아니다.

그렇다면 기존에 제조업계가 풀고자 했던 문제들이 과연 무엇이었는지 살펴볼 필요가 있다. [그림 3-2]에서 보는 바와 같이 R&D와 생산 비용의 지속적인 상승, 그리고 새로이 변하는 환경에 유기적으로 대응하지 못하는 자본 투입물에 대한 고민이 가장 큰 난제들로 논의되었음을 볼 수 있다. 이러한 여건 속에서, AI를 도입하여 자동공정화를 이루거나 운영비를 절감한 사례, 시장 트렌드를 미리 예측하고 생산 공정을 효율적으로 조율한 사례, 품질관리 절차를 최적화하여 결과물의 산출률을 제고하는 등 긍정적인 운영 사례도 등장하고 있기에, 제조업계에선 AI 기술을 활용하여 열거된 다양한

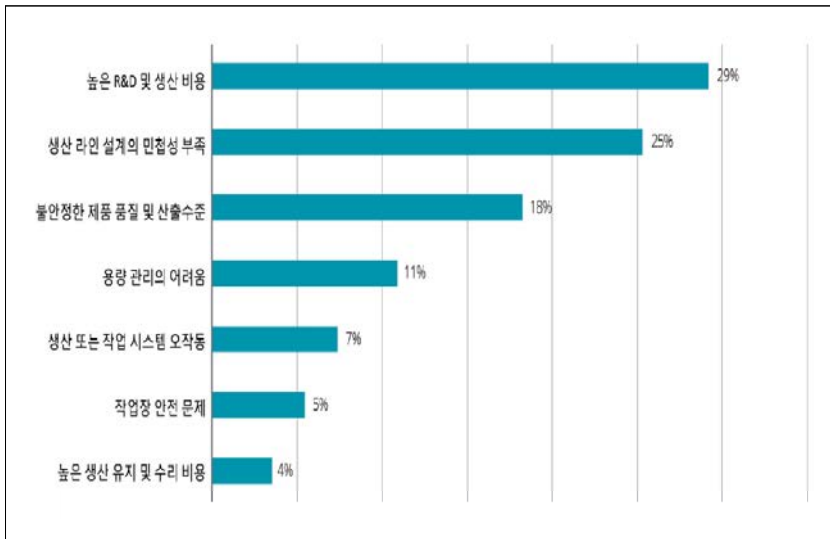
[그림 3-1] 산업별 연간 데이터 창출 규모

(단위 : 페타바이트)



자료 : Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing, 2020.

[그림 3-2] 제조업체가 당면하고 있는 가장 큰 난관에 대한 조사



자료 : Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing, 2020.

문제를 해결할 수 있다는 희망을 가지게 되었다. 이런 연유로 딜로이트 조사에 따르면 93%의 기업들은 AI기술이 향후 혁신에 중추적인 역할을 하게

될 것이라 답을 했던 설문도 존재한다(딜로이트, 2020).

그럼에도 불구하고 아직 갈 길은 요원하다. 앞서 언급했던 것처럼 이제 겨우 9%의 프로젝트 성공률을 보이고 있는 수준이 엄연한 현실이기 때문이다. 제조업의 AI 프로젝트 실패율은 왜 높을까? 현재 대다수의 제조기업이 가지고 있는 현실적인 문제, 데이터 자체가 일정하게 관리되지 않고 모델이 제대로 운영될 수 없는 상태임을 고려하면 당연한 일일지도 모른다. 즉, 범용적인 문제해결을 할 수 있는 도구로 종종 비유되는 ‘스위스 군용칼’을 활용할 수 있는 상황이 제조업의 경우 거의 없다는 의견이 지배적이다. 이와 관련하여 AI 분야의 세계적인 석학으로 꼽히는 앤드루 응(Andrew Ng) 미 스탠퍼드대 교수는 제조업의 특성 자체에서 그 원인을 찾는다. 제조기업은 i) 정보통신(IT)기업 AI 프로젝트에 비해 데이터셋 크기가 작고, ii) 도메인(domain)에 따라 고객 맞춤화(customization) 비용이 높으며, iii) 개념증명(PoC)과 실제 적용 간 괴리가 크다는 것이다. 그러므로 어떤 식으로 AI를 적용할 것인지에 대한 충분한 고민과 전략이 뒷받침되어야 한다고 역설하기도 했으며(Ng, 2017), 본인 스스로도 Landing.AI라는 회사를 설립하고 어떻게 하면 제조업에 AI가 연착륙(soft landing)하여 두 분야의 시너지(synergy)를 낼 수 있는지 고민하고 있다. 챗GPT의 기본이 되는 대규모 언어 모델(LLM: Large Language Model)의 경우, 범용적으로 적용할 수 있는 여지를 두고, 분야에 맞게 조금씩 튜닝(tuning)을 하는 형태로 개발이 되고 있다고 한다. 그러나 AI를 적용해서 기업의 문제를 해결하는 데 있어 제조기업의 경우, 특정 솔루션은 특정 기업에 한정될 수밖에 없다는 현실적 제약을 가지고 있다. 앞서 앤드류 응 교수가 ‘일반 소비자 소프트웨어 영역에서는 몇 가지 머신러닝 모델로 10억 명의 사용자에게 서비스를 제공할 수 있지만, 제조업에서는 1만 개의 제조기업이 1만 개의 맞춤형 AI모델을 구축해야 할 수도 있다’고 지적한 것처럼(Kaye, 2022), 제조업의 디지털 전환은 상당히 어렵다고 볼 수 있다. 따라서 본 장에서는 제조업 현장에서 신기술을 도입하기 위해 고군분투하는 AI 기업의 제조 혁신 사례를 통해 한국 제조업의 디지털 전환을 전망하고자 한다.

제2절 M사 사례 연구

제조기업에서 AI를 도입하려면 데이터를 확보하여 다양한 알고리즘을 적용하는 모델링 과정을 거쳐 모델을 개발하고, 정기적으로 추론한 결과가 안정적으로 수집될 수 있는 표준화 또는 자동화된 시스템을 마련해야 한다. 그러나 많은 제조기업이 기대치에 미치지 못하는 프로젝트 수행 정도를 보여줬던 기존의 통계로 미루어 볼 때, 실질적인 서비스로 이어지지 못했던 배경에는 분명히 현실적인 한계가 산재해 있었음을 쉽게 짐작해 볼 수 있다.

이런 척박한 환경에 도전하는 M사를 먼저 소개해본다. 2017년 서울과 실리콘밸리에 법인을 두고 설립한 M사는, 반도체 · 자동차 · 배터리 등 제조 · 산업 분야의 글로벌 기업들과 협업을 통해 기술 역량을 축적하며 글로벌 시장조사기관인 CB인사이트가 ‘2023년 세계 100대 AI기업’ 중 유일하게 제조 분야 AI기업으로 선정했던 한국 기업이다. 2021년에 이미 ‘세계경제포럼(WEF : World Economic Forum 또는 다보스포럼) 테크놀로지 파ioni어(Technology Pioneer : 기술선도기업)’로도 선정된 바 있다. M사는 제조 현장에서 센서를 통해 수집하는 데이터를 AI 기술과 결합하면 산업을 완전히 바꿀 수 있겠다는 확신으로, 공동창업자의 일부가 반도체 공정에서 AI를 활용한 프로젝트 수행 경험에 기반하여 반도체 장비의 이상을 탐지하는 AI 솔루션으로 창업을 하게 되었다고 한다(AI타임즈, 2023). 이렇게 제조 분야 AI 프로젝트를 수행하다 보니 MLOps(Machine Learning Operations)²⁾ 플랫폼에 대한 수요를 발견하게 되었고, 확장 가능성을 대폭 증진하기 위해 자체적으로 해당 플랫폼 개발에 착수하게 되었다.

연구진은 M사의 최고기술책임자(CTO: Chief Technology Officer), 그리

2) MLOps란 머신 러닝(Machine Learning)과 운영(Operations)을 합친 용어로 생산 환경에서 머신 러닝(ML) 모델이 지속적이고 안정적으로 배포되도록 유지, 관리, 점검해 주는 것을 뜻한다. MLOps는 머신러닝 모델 개발과 운영을 통합해 ML 시스템을 자동으로 유지, 관리, 운영하며 대상은 머신 러닝 모델을 개발하는 것뿐만 아니라 데이터를 수집하고 분석하는 단계와 학습하여 배포하는 과정, 즉 전체 AI 생애 주기(life cycle)가 포함된다.

고 사업개발(Business Development) 담당 이사를 섭외하여 심층 인터뷰(in-depth interview)를 여러 차례 진행하였다. 한국 제조업의 디지털 전환 실태와 현황, AI를 활용한 디지털 전환 사례, AI 활용 사례에서 소프트웨어 엔지니어와 제조 엔지니어 간 소통과 협업, AI를 활용한 제조 혁신의 전망 등에 관한 반-구조화된(semi-structured) 질문지에 기반하여 질의응답을 진행하면서 쟁점을 도출하였다. 아울러 M사의 공식 홈페이지, 블로그 등 자료 검색(archival search)을 통해 이러한 쟁점에 대해 다시 확인하고 정리하는 과정을 거쳤다. 한국에서 제조기업을 고객으로 두고 디지털 전환을 돕는 AI 기업의 사례가 드물기에 M사에 주목한다.

1. M사 사례 : AI를 활용한 제조업 디지털 전환

제조업에서 AI 프로젝트를 진행할 때 핵심은 단순히 AI 모델을 만드는 것이 아니라, 모델을 개발하고 배포한 뒤 운영 및 재학습 과정을 신속하게 반복하는 ‘ML 라이프 사이클(life cycle)’의 속도 향상에 있다. 그래야만 신속하게 실시간으로 변하는 데이터에 대응하고, 모델의 실제 성능을 높이며 현장에서 원하는 가치를 만들어 내는 데 이바지할 수 있기 때문이다. 또한 각각의 절차는 선형적이지 않기 때문에 다양한 가능성을 고려해야 하며 ML 라이프 사이클의 운영 노하우를 축적하는 것이 관건이라고 알려져 있다. 따라서 일반적으로 생각할 수 있는 AI 모델 그 자체의 개발은 극히 일부이며, 실제 AI 적용을 가속화하여 기업에 도움이 되기 위해서는 해당 기업 환경에 맞춤형된 체계적인 ML 운영 시스템이 도입되어야 한다고 밝혔다(심상우, 2023).

각 기업이 AI를 통해 해결하려는 과제와 적용 환경은 서로 다르므로, 대규모 언어 모델(LLM)과 같은 고도화된 일반적인 모델만으로는 이들의 문제를 효과적으로 해결하기 어렵다. 기업이 성공적으로 AI를 적용하기 위해서는 i) 데이터 인프라(Data Infrastructure), ii) ML 인프라(ML Operations), iii) 특화 AI 모델(Specialized AI)이라는 세 가지 조건을 모두 충족해야 하며, 이 중 하나라도 빠진다면 AI의 성공적인 활용은 불가능하다는 것이 일반적인 견해다(AI타임즈, 2023). M사의 사업개발 이사에 따르면, 단순히 우수한 성

능의 모델 도입에 초점을 맞추기보다, 기업의 요구사항과 환경에 맞게 다양한 기반 모델(foundation model)³⁾을 사용하여 사업에 적용 가능한 ‘맞춤형(Custom) AI’ 개발이 현재 추세라고 한다.

MLOps 분야에서는 실리콘밸리의 대규모 기업들도 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 그러나 AWS와 Microsoft의 플랫폼이 필요한 건 전부 제공하는 수준이라 일컬어져도, 고객 기업에서 이들을 활용하려면 별도의 전문 개발팀을 구성해야 할 필요가 있다. 재료들은 다 있으나, 요리는 직접 해야 하는 구조인 셈이다. M사의 경우엔 이와 달리 ‘요리를 해 주는 것’이어서 밀키트를 전달하는 과정에 비유할 수 있다. M사는 이런 차별화에 힘입어 제조 분야에 집중하여 다수의 AI 활용 사례(use case)를 확보하였기에 글로벌 기업과의 협업 기회를 늘려 나가게 된 것이라고 밝혔으며, 몇 가지 사례를 살펴보면 다음과 같다.

가. 반도체 칩 설계 자동화 및 생산 설비 이상 전조 탐지

1) 설계 자동화

반도체 칩 내부 소자 배치 설계는 제조 공정의 특성과 높은 복잡도로 인해 몇 주에서 몇 개월까지 시간이 소요되는 작업이다. 반도체 칩의 최적 설계 및 생산 자동화는 기업의 비용 감소와 효율성을 위해선 중요한 과제이며, M사는 데이터에 기초한 공정 최적화 및 가상 시뮬레이터에 대한 강화학습(Reinforcement Learning)을 통해 이를 해결하고자 했다. 강화(Reinforcement)는 시행착오(Trial and Error)방식으로 학습하는 여러 방법 중 하나로, 이 과정에서 실수와 보상 메커니즘을 통해 목표를 달성해 나가는 알고리즘이다. 기존 신경망들이 라벨(label)이 붙은 데이터를 활용해 가중치와 편향 값을 조정하는 것처럼, 강화학습에서도 보상(reward) 개념을 이용하여 최적의 패턴이나 정책을 학습한다. 예를 들어, 이세돌 9단과 바둑을 두었던 딥마

3) 대규모 데이터셋을 사용하여 사전에 학습되어 있는 일종의 반(half) 제품 형태의 AI모델이라고 보면 된다. 개발자가 별도의 모델 구축과 학습에 시간과 자원을 들이지 않아도 감성분석, 요약과 추론 등 다양한 작업을 수행하고 조정(tuning)을 통해 서비스화할 수 있는 AI모델을 지칭한다.

인드(Deep Mind)의 알파고가 바로 이 강화학습의 결과물이다. M사는 이러한 접근을 통해 소자 배치 환경과 칩 내부 소자 배치를 최적화하기 위한 알고리즘 및 강화학습 모델을 개발한 뒤 자동화를 진행하였으며, 결과적으로 전문 인력의 수작업 대비 전력 소비량, 성능, 집적도를 개선하였고, 더 나아가 수행시간까지 획기적으로 줄였다.

2) 생산 설비 이상 전조 탐지

반도체 칩 수요가 증가하고 장비가 수행해야 할 기능적 요구 사항이 늘어남에 따라 공정의 복잡도도 함께 증가하게 되었다. 이에 따라 예상하지 못했던 장비 고장이 발생하게 되었고, 이를 미연에 방지하는 예지 정비 기술 도입 수요가 늘어났다. 특히 프로젝트를 의뢰했던 해당 기업은 동일한 기능을 하는 레이저 드릴 수십 대를 운영 중이었으나 장비의 핵심 부품과 데이터가 모두 상이해서 장비마다 다른 모델을 개발하고 운영해야 했던 악조건을 가지고 있었다. 만약 장비 이상이 발생한다면 전체 공정이 중단될 수도 있는 상황이었기에, 새로운 솔루션 도입이 시급했다.

따라서 M사는 반도체 생산 장비에 부착된 센서에서 생산되는 데이터의 정상 패턴을 먼저 학습하고, 생산 과정에서 발생하는 비정상적인 상황을 탐지하는 작업을 실시하였다. 정상 데이터는 수집이 용이한 반면, 이상치(outlier) 확보가 어려운 상황에서 M사는 정상 데이터를 압축 복원하여 학습하는 오토인코더(Autoencoder) 모델을 적용하였으며, 준지도 학습(semi-supervised learning)과 반복 학습을 통해 높은 정확도로 전조 증상을 파악할 수 있는 모델을 구축하였다. 참고로, 오토인코더(AE : autoencoder)는 입력 데이터를 압축하고 의미 있는 표현으로 인코딩(encoding)한 다음 복원을 시켜, 복원된 데이터가 원본 데이터와 최대한 유사하도록 만든 신경망으로, 대부분의 입력 데이터와는 특성이 상이하여 정상이 아닌 것으로 의심을 불러일으킬 만한 어떤 사건 또는 측정값을 식별하는 데 사용되는 방법이다. 이 모델에서 주목할 만한 부분은, 비정상 패턴이 탐지된 시점으로부터 고장까지 잔여 시간을 추정하고, 그 발생 원인을 찾아내게 되었다는 점이다. 기본 모델에서는 장비의 여러 센서 중 일부가 고장나면 해당 센서를 고칠 때까지 추론이 중단되었는데, 이럴 경우 생산 공정에서 치명적인 다운타임(Down

Time : 기계가 작동하지 않는 시간)이 발생하였다. 지속적인 모니터링과 추론이 필요한 이상 탐지 서비스에서 당연히 이런 다운타임 상황은 모델 및 서비스 품질에 대한 고객의 불만을 초래한다. 이에 따라 M사는 상대적으로 중요도가 낮은 데이터의 수집이 불안정한 때도 중단 없는 추론 서비스를 제공할 수 있는 모델을 설계하였고, 그 결과 지속적인 반복 수행을 통해 탐지의 정확성을 90% 이상으로 확보함은 물론, 이상 발생 12~24시간 전 이상 징후 예측이 가능하게 되어 다운타임으로 인한 비용 손실을 최소화할 수 있도록 하였다. 그리하여 최종 결과 모델을 통해 장비 관리자에게 1개월 전부터 전조 증상을 보고해 사전 정비를 진행할 수 있도록 조치했다(심상우, 2023).

나. 자동차 제조 현장 사례

자동차 산업은 전통적으로 제조 환경 혁신을 견인해온 분야이다. 1913년 헨리 포드는 도살장에서 착안한 분업생산시스템으로 대량 생산 체계를 구현했고, 이 성공 사례는 제조 현장 전반에 적용되었다. 최근 자동차 제조 현장에서는 생산성 제고를 위해 축적된 데이터와 발전한 AI기술을 바탕으로 아직 전통적인 제조 방식을 채용하고 있는 현장의 문제를 해결하려는 움직임이 포착되고 있다. 예를 들면, 메르세데스 벤츠가 구축한 독일 진델핑겐의 ‘팩토리 56’에서는 빅데이터 기술을 이용해 데이터를 수집하고, 이를 해석하는 머신러닝 모델을 이용해 예지 정비 활동을 고도화하는 활동이 진행되고 있으며, BMW는 뮌헨 공장에 생산 라인의 부품 결함을 즉각적으로 발견할 수 있는 시스템을 구축하였다(마키나락스, 2023).

1) 로봇팔 이상 탐지

자동차 제조 현장에서 가장 많이 사용되는 설비는 산업용 로봇팔이다. 각각의 산업용 로봇팔은 고장 빈도가 높지 않지만, 공장에서는 다수의 로봇팔이 가동되다 보니 예상치 못한 가동 정지를 피해갈 수 없는 상황이 종종 벌어진다. 로봇팔 고장으로 인해 발생할 수 있는 생산 손실도 미화로 분당 약 2만 달러에 육박하지만 공급사들이 로봇팔의 상태를 모니터링하기 위한 다양한 소프트웨어 패키지를 제공하고 있음에도 불구하고 이를 사전에 탐지하기

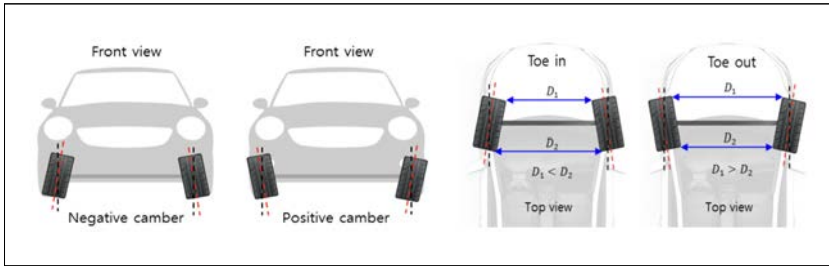
는 여전히 어려운 상황이었다. 진동 데이터를 활용하여 고장을 탐지하기 위한 노력이 있었으나 한계가 존재했고, 또한 기존의 접근 방식에선 노화도와 같은 개별 로봇의 특성까지 반영하기는 어려웠다(마키나락스, 2023).

로봇에 피로도가 쌓이게 되면 정상 상태일 때와 다른 데이터 패턴을 출력하며, 이와 같은 변화는 시각적 검사나 단일 지표의 추세 변화 비교만으로 파악하기 어려운 부분이 있었다. 그리하여 M사는 딥러닝 모델 중 앞서 반도체 설비에도 적용한 바 있는 오토인코더(Autoencoder) 모델과 자체 개발한 RaPP(Reconstruction along Projection Pathway)라는 기술을 결합하여 99%의 정확도로 정상 및 비정상 데이터를 구별할 수 있는 탐지 모델을 개발하였다. 이는 기존의 분석 기법으로 달성 가능한 약 70% 수준에 비교하면 상당히 정교해진 것을 의미하며, 이를 통해 데이터 분포의 점진적 변화를 확인하여 고장이 발생하기 3일에서 빠르게는 5일 전에 고장을 예측할 수 있게 하였다. 또한, 로봇팔 데이터, 수선 유지 활동 이후의 데이터를 재학습시키는 것만으로 상황에 맞는 모델을 손쉽게 적용할 수 있어, 관리에 드는 비용을 크게 늘리지 않고도 개별 로봇의 특성을 반영한 모니터링을 수행할 수 있도록 조치하였다(마키나락스, 2023).

2) 휠 얼라인먼트(Wheel Alignment) 자동화

출고 전 품질 검사는 자동차 제조 공정의 가장 중요한 단계 중 하나이다. 출고 후 발생할 수 있는 고객들의 불만을 줄이기 위해서는 꼼꼼한 검사가 중요하지만 이는 생산 속도 저하와 비용 문제를 유발한다. 따라서 첨단 설비를 활용해 검사 및 후속 조치를 자동화하였으나, 아직 숙련된 작업자의 수준까지 끌어올리기는 쉽지 않은 수준이다. 휠 얼라인먼트란 차량의 타이어가 비뚤어질 때 이를 바르게 조정하는 작업으로서, 마찰 · 중력 · 원심력 등 주행 중 발생하는 여러 가지 힘이 균등하게 작용하도록 조절하고 최적의 주행 상태를 유지하는 데 필수적인 단계이다. 특히 휠 얼라인먼트 검사의 경우에는 프론트(front) 및 리어(rear) 토우(toe)와 캠버(camber) 간 상호작용으로 단순한 알고리즘으로 자동화하기에 어려움이 있었다(마키나락스, 2023). 잠깐 추가 설명을 덧붙이자면, [그림 3-3]과 같이 차량을 정면에서 바라봤을 때, 타이어의 중심선이 기울어진 각도를 캠버각이라고 하고, 차량 위에서 봤

[그림 3-3] 캠버와 토우 각도 예시



자료 : WapCar, 2020, <https://www.wapcar.my/news/wheel-alignment--what-is-camber-caster-and-toe-2645>

을 때 휠 앞쪽이 모여져 있는지 벌어져 있는지 여부로 토우 인(Toe in) 또는 토우 아웃(Toe out)을 결정한다.

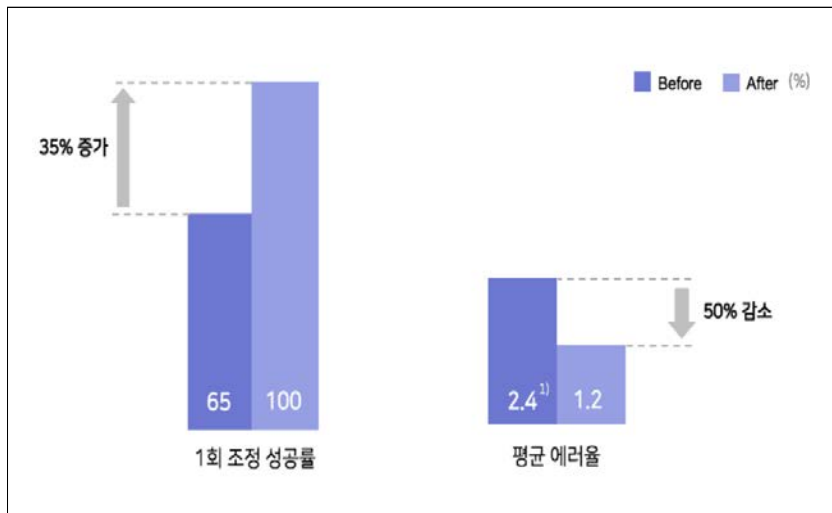
전통적인 작업방식은 작업자가 한 부분을 조정하고 그 영향에 따른 다른 부분을 확인하는 과정의 반복이었다. 숙련된 작업자는 몇 차례 반복으로 작업을 완료할 수 있었지만, 미숙련 작업자는 작업 시간이 늘어나는 경우가 종종 있을 수 있다. 최근에는 로봇 등을 활용해 조정 작업 자체를 자동화하였으나, 숙련 작업자의 노하우를 로봇에 반영하는 데는 한계가 존재했다. 작업 자체는 자동화되었더라도 불가피한 반복 작업 자체를 건너뛸 수 없었고, 또한 차종 변경, 설비 설정 등 작업 환경이 변화할 경우엔 기존에 도출한 수식이 맞지 않아 에러율이 증가하는 한계도 함께 고려해야만 했기 때문이다. 상황별로 적합하도록 다양한 모델을 개발하여 관리하는 방식을 고려할 수 있었겠으나, 이는 매우 번거로운 작업이며 추가적으로 관리 비용이 발생할 수도 있는 상황이었다.

M사는 이에 따라 데이터를 기반으로 조정값 예측 모델을 개발했는데, 이 과정에서 검사 단계마다 수행했던 각 작업의 데이터를 학습하여 모델에 적용된 가중치를 조정하였다. 우리가 가장 오해하고 있는 것 중 하나가, '모든 문제에 복잡한 딥러닝을 적용하면 해결될 것이다'란 믿음이다. 복잡한 모델은 복잡한 패턴을 분석하기에는 적합하나 그 근거를 직관적으로 이해하기 어렵고, 정해진 시간 안에 결과를 도출하기 위해선 연산과정에서 많은 컴퓨터 자원을 할당해야만 하는 추가적인 고려가 요청된다. 따라서 휠 얼라인먼트 조정의 각 구성요소는 상호 영향을 주지만 그 관계는 의외로 '선형적'이

있음을 파악한 M사는, 외려 몇 개의 단순한 회귀분석(Regression) 모델을 복합적으로 적용하여 기대했던 조정값을 얻을 수 있었다고 한다. 실제로 이렇게 만든 모델은 모든 테스트에서 한 번에 점검될 수 있는 조정값을 도출했고, 절대적 기준 대비 오차를 기존 대비 50% 수준으로 감소시킬 수 있었다(마키나락스, 2023).

그러나 이후 작업 환경이 변경되면 오차율이 높아질 수밖에 없다는 단점을 확인하게 되었다. 그리하여 M사는 머신 러닝 기술을 적용하되, 조정 작업 전 각 데이터와 작업 후 데이터를 학습하여 회귀분석 모델에 적용되는 가중치를 출력하는 머신 러닝 모델을 통해 회귀분석 모델을 업데이트하는 과정을 별도로 진행했다(마키나락스, 2023). 조정 작업 전 측정한 데이터와 작업 결과를 학습하여 예측 정확도를 보정하는, 즉 적응력 있는(adaptive) 모델을 통해 환경 변화에 대응할 수 있는 체계를 구현한 것이다. 이는 데이터를 활용한 모델을 개발하는 과정에서 늘 복잡한 모델이 최고의 선택은 아님을 증명한 사례로, 오히려 문제 특성을 제대로 이해하면서 동시에 현장의 상황을 정확하게 파악하여 이를 가장 잘 해결할 수 있는 접근방식을 탐색하는 것이 중요함을 일깨워 준 사례다.

[그림 3-4] 머신러닝 모델 적용 후 검사 품질 제고



자료 : 마키나락스(2023).

2. 현재 : 제조 현장과 AI를 활용한 디지털 전환

이러한 사례들에 덧붙여 현장에서만 알 수 있는 사안들과 첨단 기술을 기존 방식에 적용하는 과정에서 발생할 수 있는 여러 상황에 대한 고민이 존재한다. M사 관계자들의 발언을 정리하여 AI 모델과 제조업 현장이 만나는 접점(interface)에서 발생하는 마찰, 충돌, 갈등에 대해 살펴본다.

가. 현장의 난관 : 조직 및 환경

조직의 관성에 따른 신기술 도입에 대한 거부감은 디지털 전환을 논의할 때마다 언급되는 쟁점 중 하나이다. 예를 들어 AI 기반 신규 프로젝트가 착수되었을 때, 프로젝트를 관리하는 자는 새로운 지식으로 겸비한 중간 관리자 또는 어느 정도 업무 경험이 쌓인 젊은 직원들을 중심으로 배정하는 것이 일반적이다. 그러나 현장에서 원래 수행하던 업무에 더하여 이러한 프로젝트를 관리하게 될 경우, 시간이 지남에 따라 별도 프로젝트는 우선순위에 밀릴 가능성이 높다. 초반에는 열정적으로 시작하여 어느 정도 그 기세를 유지할 수 있을지 모르겠으나, 전사적인 지원이 없다면 해당 프로젝트의 성공 여부가 불투명하다. 예를 들어, 현장에 데이터를 요청할 경우, 현업으로 분주한 곳에서 담당자들은 추가적인 데이터 요청으로 본연의 업무에 차질이 생길 것을 우려해 '책임' 여부를 되물으며 해당 요청에 대해 강한 거부감을 보이는 경우가 많다.

그러나 이를 단순히 조직의 관성으로 치부할 수만은 없는 문제다. AI 프로젝트를 추진할 때 주로 본사 경영진이 하향식으로 지시하는 경우가 많은데, 현장의 엔지니어들은 매일 수행해야 하는 업무에서 장비 과부하, 하드웨어 문제 등을 우려한다. 즉, KPI(Key Performance Indicator : 핵심 성과 지표)를 어그러뜨릴 수도 있다는 염려에서 비롯된 저항도 무시할 수 없다.

따라서 새로운 기술을 도입하는 것은 불가피하게 점진적으로 진행할 수밖에 없다. 즉, 단계를 나눠서 현장 엔지니어들에게 맛보기 형식의 파일럿 테스트(pilot test)를 진행하고, 지속적인 변화관리를 하며 현장의 수용성을 높이는 과정을 반드시 거친다. 이 과정에서 현장의 목소리를 반영하는 부분

도 놓칠 수 없다. 오래된 장비일수록 유지보수나 내구성에 대한 정보는 소프트웨어로 접근할 수 없는 부분이기 때문이다. 따라서 장비의 세부적인 기술 사항이나 운용하면서 과부하를 주는 정도 등에 대한 정보를 반영해 가면서 점진적으로 도입해야 한다.

아울러 이렇게 연동을 하더라도 장비를 보급하는 설비 업체들과의 갈등도 무시할 수 없다. 수동적인 제조 환경에 벗어난 현재 대부분의 제조 장비에는 기본적으로 자동화 제어장비(PLC : Programmable Logic Controller)가 내장되어 있는데, AI 솔루션을 도입하는 과정에서 이들과의 마찰이 발생한다. 즉, 설비 업체들이 장비나 PLC에 대한 보증을 철회한다는 식으로 엄포를 놓을 여지를 배제할 수 없다. 이런 경우, 국내 장비라면 협상을 통해 문제 해결을 수월하게 진행할 수 있지만, 외국산 장비, 특히 일본산 장비를 사용하는 현장에서 일본 기업이 해당 PLC를 아예 블랙박스 처리했다면 문제를 해결하기 어렵다. 외산 장비를 사용하는 현장의 경우, 본사 추진부서와의 협업뿐만 아니라 전사적으로 구매나 영업 부서에서도 함께 논의하는 추가 조치가 필수적이다.

이 과정에서 현업에 있는 엔지니어들이 자신들의 밥그릇을 지키기 위해 AI를 도입하는 것에 대한 심리적인 저항을 보인다고 단순히 깎아내릴 수 없다. M사의 사업개발 담당 이사는 한국 제조 현장의 디지털 전환 노력에 대해 높게 평가하면서 이제까지 대면했던 기업 중 유달리 부정적인 견해를 밝혔던 곳은 없다고 밝혔다. 이미 현장에 클라우드 시스템을 도입하여 통폐합이 필요한 데이터 저장을 하고 있는 곳도 있고, 넷플릭스와 테슬라 등 유명 빅테크 기업들의 성공 비결로 알려진 MSA(Micro Service Architecture)⁴⁾를 도입하였던 곳도 있다. 즉, 현업 엔지니어들이 러다이트 운동처럼 저항할 것 이란 것은 억측이다. M사 사업개발 담당 이사에 따르면, 제조 현장의 AI 도입에 가장 큰 난관으로 손꼽을 수 있는 것은 현장 업무의 차질에 대한 염려, 그리고 장비 교체 예산이다.

4) MSA는 각각을 미세하게 나눈 독립적인 서비스를 연결한 구조를 말하며, 이러한 특성 덕분에 시스템 전체의 중단 없이 필요한 부분만 업데이트·배포가 가능하다. 유연한 대응이 가능해 실시간으로 요구사항을 반영할 수 있어 급격히 성장한 기업들이 많이 택한 방법으로 알려져 있다.

나. 보상 체계의 부재

머신러닝 모델링을 위해 현장의 데이터를 받기 위해선 조직에서 어떤 인원이 해당 데이터를 잘 파악하고 있는지를 알아내는 과정도 중요하다. 더 나아가 그들의 업무를 방해하지 않고 분석에 필요한 데이터를 확보해야 하는 어려움도 발생한다. 따라서 관련 프로젝트를 원활하게 진행하기 위해선, 조직적으로 추가적인 업무에 대한 보상체계 기준이 명확하게 확립되어야 한다. 즉, 적절한 인센티브 없이 분석에 적합한 좋은 품질의 데이터를 받을 수 있을 것이라는 기대는 현실을 고려하지 못한 이상적이기만 한 상황이다.

현장에 요청해야 하는 추가 업무의 종류에는, 현재 있는 데이터를 단순 제공하는 부차적인 수준의 업무부터 만약 수집하지 않았던 데이터였다면 라벨링(labeling)을 통해 모델을 훈련시킬 수 있는 수준의 정제작업 단계를 거쳐야 하는 업무까지 포괄해서 다양한 경우를 고려해야 한다. 이는 각자 본연의 업무로 바쁜 현장에서 별도의 학습 과정과 추가적인 업무를 어느 정도 숙련해야 하는 절차, 그리고 현장에서 제대로 라벨링이 되고 있는지를 검토 및 점검하는 단계 등 데이터 자체만을 확보하기 위해 투입되어야 하는 노력의 정도가 만만치 않음을 의미한다. 또한 어떤 식의 데이터를 확보해야 하는지에 대한 선제적인 고민, 즉 데이터 획득에 대한 전략도 충분한 검토가 뒷받침되어야 하는 부분이라고 할 수 있다. 현장의 상황을 모르고 분석만을 위한 데이터를 요청할 것인가, 아니면 현장의 절차를 파악하고 제한사항을 철저하게 고려하여 최적화를 위한 데이터를 요청할 것인가에 따라 모델링 결과는 천차만별일 수 있기 때문이다. 그리고 사후적으로 데이터를 확보해서 모델링 결과를 얻었더라도, 그 의미를 정확히 파악하기 위해선 불가피하게 현장에 다시 자문을 요청할 수밖에 없는데, 이런 일련의 과정을 현업에 종사하는 엔지니어들이 달가워하지는 않을 것이다. 이렇게 어렵게 확보하여 지난한 분석 과정을 거쳐 제조 공정 최적화를 달성할 수 있는 모델을 개발했다 해도, 이를 다른 도메인(domain)에 적용하려면 다시 험난한 과정을 거쳐야 하는 경우가 대부분이다. 게다가 이렇게 도출된 모델을 현장에 도입하는 과정에서 어쩔 수 없이 발생할 수 있는 인간의 편견(human bias)에 대한 부분까지도 AI가 미리 방지할 수는 없는 일이라, 그에 대한 오차는 존재한다.

그리고 하나의 대규모 공장 안에서 수십 차례 AI 프로젝트를 수행했을 때, 이것이 총체적인 최적화를 의미하는지도 검토해야 한다. 복잡계(complex system)에 따르면 이렇게 각개격파 해법을 찾아가던 중 창발적인(emergent) 결과물로 시너지가 발생하는 사례도 있으나, 그 특수한 상황의 최적화 방안이 전체를 고려했을 때 최적화를 달성하는가에 대한 추가적인 고민도 뒤따라야 한다.

이에 M사 CTO는 성공적인 AI 프로젝트를 위한 최우선 요소를 협업에 참여한 이들에게 확실한 보상구조를 제시해야 한다고 재차 강조했다. M사에서 성공적으로 마무리했던 프로젝트를 살펴본 결과, 데이터를 공급해주거나 현장의 상황을 전달함으로 인해 그 노력이 성과로 이어지는 보상체계를 갖춘 곳이 대부분이었다고 회고했다. 일례로 대기업 1차 협력사와 협업을 할 때 해당 조직의 실질적인 승계자가 주도적으로 추진했음에도 불구하고 협업에 난항을 겪은 사례가 있었는데, 명확한 보상 체계가 없었던 것이 가장 큰 원인이었다고 밝혔다. 즉, AI 기업처럼 제3자가 참여하는 협업 과정에서 ‘보상’이라는 구속력 없이 인적 네트워크 등에 의존한 협업은 100% 실패로 귀결된다는 별도 사례들도 함께 후술하며 해당 사안의 중요성을 강조했다.

다. 이상치 데이터 확보 어려움

제조 공정에서 비정상 데이터, 즉 이상치(outlier)가 자주 발견된다는 것은 처음부터 설계가 잘못되었음을 의미하기에, 관련 자료를 선뜻 AI 기업과 같은 제3자에게 공유하고 분석을 맡기기가 쉬운 일은 아니다. 일례로 M사 창업자들이 몸담았던 기존 대기업에서도 같은 계열사, 또는 같은 조직 내 다른 팀 간 데이터 공유가 어려웠던 것을 돌이켜 봤을 때, 자료를 공유하는 것을 마치 본인의 치부를 드러내는 것과 동일시하는 문화가 보이지 않게 존재했다. 또한 M사 CTO에 따르면, 앞서 언급한 공정 이상 탐지 사례에서 현장 데이터를 확보하는 데 어려움을 겪었다고 한다.

그러나 조직의 문화를 떠나 실제로 설계가 제대로 된 공정이라면, 문자 그대로 비정상적인 데이터가 자주 발견되지 않아 모델링을 위해 필요로 하는 최소 수준에 못 미치는 경우도 종종 발생했다고 한다. 그렇다고 모델링

만을 위해 충분하지 못한 데이터를 훈련하는 과정을 거친다면, 향후 실제 상황에 적용 시 과소적합(underfitting) 또는 과적합(overfitting)의 문제가 발생할 수도 있는 상황이라 이를 해결하는 과정에서 많은 노력이 필요하다.

라. 투입 대비 성과에 대한 기계적인 접근

기업은 영리를 추구하는 곳이기에 이윤을 남기지 못하는 업무를 하는 것에 대한 거부감을 가지고 있다. M사 관계자들에 따르면, 그런 차원에서 AI 프로젝트와 같이 데이터 분석을 통해 절차의 효율성을 높이는 과업을 수행하기에 앞서 투자 대비 수익(ROI : Return on Investment)에 대한 잣대를 들이대는 경우를 흔하게 볼 수 있다. 미국 현지에서 관련 업무를 진행할 때나, 대기업과 협업을 할 때 종종 제기되었던 부분이다.

실제로 프로젝트를 수행할 때, 결과에 대한 검증이 뒤따라야 어느 정도 효과를 보았는지 파악할 수 있음은 당연함에도 불구하고, AI를 적용했을 때 측정 및 검증에 대한 어려움은 존재했다. 예를 들어 이상감지 프로젝트의 경우, 제조공정에서 문제를 줄였다면 결과적으로 아무런 일이 발생하지 않는 것을 의미하는 것이다. 또한 실제 매출이 늘었더라도 어떤 요소에서 얼마만큼의 기여를 통해 증대되었다는 인과관계 파악이 어려웠다고 토로한다. 이는 머신러닝 모델을 통해 예측을 할 수는 있지만 어떤 원인에 의해 얼마만큼의 기여분이 발생했다는 정확한 분석까지는, 현재의 기술 수준으로 파악하는 데 한계가 존재하기 때문이라고 한다. 유명 제과 기업의 생산라인에 AI 솔루션을 도입하려 했던 사례의 경우에도, 전체 라인에 도입을 하지 못했는데, 이는 만약 100% 전환을 했을 때 기존의 수준을 유지 못하면 어떻게 하겠는가에 대한 답을 줄 수 없었기 때문이었다. 기존 생산량을 '보장'하면서 디지털 전환을 완료할 수 있다는 것은 장담만으로는 이룰 수 없는 과업이기도 하다. 그렇다면 사전에 시뮬레이션을 돌렸을 수도 있겠지만, 노후된 장비에 대한 시뮬레이션을 통해 예상을 해보려고 해도 해당 장비에서 얻을 수 있는 데이터 자체가 너무 제한되어서 어려움을 겪었던 적도 있었다.

M사가 차량 공조시스템 알고리즘을 개발했던 프로젝트의 경우, 규칙 기반의 머신러닝 모델링을 통해 상대적으로 간단하게 의뢰업체에서 원하는

결과물을 얻을 수는 있었으나, 전기차에서 공조시스템을 구현하려고 한다면 고려해야 할 요소가 점점 더 많아진다. 단순히 공조시스템뿐만 아니라 전반적인 에너지를 효율적으로 사용해달라는 요청이 기저에 깔려 있었고, 공조라는 본연의 기능에 더해 배터리 냉각에 대한 별도 고민 등도 강화학습을 활용하여 답을 찾아가는 과정 자체를 구현할 수 있었다. 그러나 만약 하나의 조건이라도 충족하지 못해 실패하였다면, 이렇게 복잡다단한 프로젝트에선 그 정확한 원인을 밝히기 어렵다.

마. 현업 엔지니어들의 불신

이상감지 시스템을 도입했던 M사 프로젝트의 경우, 이상 발생에 대한 AI 예측을 현장에서 믿지 않았던 경우도 존재했다. ‘한 번은 그럴 수 있지 않겠냐?’는 식으로 대수롭지 않게 여기려는 경향이 상당히 강했는데, 그들을 설득하는 과정이 생각보다 쉽지 않았다고 했다. 이는 머신러닝 모델링을 통해 ‘예측’은 가능할 수 있었으나, 어느 과정에서 어떤 연유로 인해 해당 상황이 발생했는지에 대한 인과성을 설명하는 데 그 근거가 부족했기 때문에 발생한 사례였다. 그런데 현장에서 이런 배경과 원인을 설명하지 못하면, 완벽하지 않은 모델로 인식되어 불신이 쌓이게 된다. 모순적인 것은, 실제 장인급으로 통하는 엔지니어들의 작업 형태를 보면 머신러닝 모델이 결과를 예측하는 과정과 마찬가지로, 왜 그렇게 조치했는지에 대한 추가 설명을 요청했을 때 정확한 이유를 밝히지 못하는 경우가 대부분이었다는 점이다. 결국 사람이 오랜 시간에 걸쳐 경험치에 따라 숙련한 과정을 기계가 단시간에 해결하는 것에 대한 불신이기도 하다. 이는 설명력을 높일 수 있는 기술 발전이 뒤따라야 해소될 수 있는 영역이다.

3. 미래 : AI를 활용한 제조업 디지털 전환과 전망

M사 관계자들의 발언을 정리하여 AI를 활용한 제조업 디지털 전환의 확산 가능성과 그 전망에 대해 살펴본다.

가. AI 완전 대체의 허상

M사 CTO가 여러 기업과 협업을 진행하며 제조 현장 상황을 지켜본 경험에 따르면, 가까운 미래에 AI가 사람을 완전하게 대체하는 것은 쉽지 않다. 기존에 수동으로 드라이버를 돌렸을 때보다 조금 발전하여 전동 드라이버를 사용하는 것이 현재 AI 기술 단계에 해당한다고 볼 수 있다. 또한 AI 그 자체에서 좀 더 확장하여 HCI(Human-Computer Interaction) 관점에서 제조업 디지털 전환을 바라봐야 한다. 즉, 기술 인력 대체(replacement)가 아니라 AI와 기술 인력의 공존(co-existence)이 주도적인 흐름이 될 가능성이 높다. 디지털과 아날로그는 대체나 수렴이라는 선택지보다 각자의 강점을 더욱 예리하게 발전시켜 나가는 방향으로 전개될 가능성이 더 높다(DBR, 2023).

M사 CTO는 지난 수년간 경험에 비추어 볼 때 당장 처음부터 끝까지(End-to-End) AI로 제조업 공정을 운영하기는 어렵다고 판단한다. 특히 사람의 개입, 해석, 설명할 수 없는 직감, 경험에서 우리나라는 통찰 등은 현장에서 아직까진 유효하다. 기계는 간과할 수 있겠으나, 휴리스틱(heuristic)⁵⁾은 여전히 중요하고, 앞으로도 중요할 것이라는 이야기와 맥을 같이한다.

아울러 데이터셋을 규격화된 데이터베이스로부터 추출해서 모델링을 하는 과정에서 특정 이벤트에 따라 데이터베이스의 열(column)을 갑자기 추가하게 될 경우, 단순 회귀 모델이라도 기존에 적용하던 모델의 적합성은 떨어질 수밖에 없다. 비슷한 맥락에서, 하나의 공장이라도 사용하는 기계가 달라 확보되는 데이터 자체가 상이한 경우가 많다. 아울러 기술 발전에 따라 새로운 장비를 도입하게 되면 과거 공정에 사용되던 설비들은 구시대의 유물 취급을 받게 되는 불가피한 상황이 벌어질 수 있다. 이러한 요인 때문에 처음부터 끝까지 AI로 제조업 공정을 운영하는 것은 쉽지 않다.

또한 M사 CTO에 따르면, 결과물을 받아들이고 해석하는 것도 넓은 의미

5) 인간은 모든 정보를 수집하여 꼼꼼히 따져 보기보다는, 경험에 의한 고정관념과 제한된 정보를 기초로 하여 직관적인 판단으로만 당면한 문제를 처리하려고 하는 특징이 있다. 이를 휴리스틱(heuristic)이라 하며, 사전적 의미로는 '시간이나 정보가 불충분하여 합리적인 판단을 할 수 없거나, 굳이 체계적이고 합리적인 판단을 할 필요가 없는 상황에서 신속하게 사용하는 어렵짐작의 기술'로 표현된다.

에서 모델링을 구성하는 하나의 요소이다. 다시 말해서, 제조업에서도 숙련된 엔지니어들의 생존율은 당연히 높을 것이다. 아울러 비숙련 엔지니어들의 설 자리는 점점 없어질 것이다. 즉, 제대로 된 결과물 ‘해석’을 숙련으로 볼 수 있다. 실제로 상당수 제조 대기업에서는 은퇴한 숙련 엔지니어들을 계약직으로 재고용하는 사례를 심심치 않게 볼 수 있다. 반면, 규격화된 제조업이라면, 더군다나 굳이 해석의 여지가 필요 없는 영역이라면, 비숙련 엔지니어는 충분히 대체가 가능할 것이다.

나. AI 대체 업무의 우선순위 설정

실제로 AI를 활용해 대체가 가능한 일자리들을 면밀하게 고찰할 필요가 있다. 사람이 ‘열악한’ 환경에서 업무를 수행했던 과거의 상황이 합당한가라는 의문을 가져야 한다는 것이다. 즉, 단순 반복 작업을 통해 무거운 적재물을 옮기는 크레인 기사들이 무인 운전 소프트웨어에 의해 대체된다면, 일자리 증발에 대한 우려보다는 산업 안전 관점에서 사람이 하기에 더 적합한 다른 일자리를 고민하는 것이 바람직할 것이다.

앞서 예를 든 휠 얼라인먼트 공정을 보면 목 디스크가 발생할 수밖에 없는 열악한 환경이었으므로, 인도주의적 관점에서 AI가 그 공정을 대체하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 기업에서 현장의 여건을 고려하여 자체적으로 우선순위를 파악한 다음 기계로 대체가 가능한 직군을 식별하여 우선순위를 검토하는 노력이 수반되어야 한다.

다. AI 문해력(literacy)을 갖춘 인력 육성과 서비스 체계 구축

AI 프로젝트를 완성하는 것은 결국 운영이다. 아무리 잘 설계한 머신러닝 모델도 운영 환경에서 제대로 동작하지 않으면 아무런 의미가 없고, 지속적인 재학습이 유기적으로 이루어지지 않으면 실효성이 떨어질 수밖에 없다. 또한 제품 측정 및 검증 과정에 사람의 주관적인 판단이 개입될 수도 있기에 더더욱 사람의 역할이 중요하다.

그나마 고무적인 것은 대기업 같은 경우에는 현장의 연구소나 기술팀에

서 디지털 전환에 관한 관심이 높아 M사에 직접 협업 문의를 요청하는 곳이 늘고 있다. 전반적으로 AI를 활용한 디지털 전환에 대한 거부감은 낮아지고 있다. 심지어 일부 중소 제조기업의 경우, 수도권을 벗어난 지역에 있음에도 불구하고 높은 연봉을 제시하며 AI 관련 인력을 직접 채용하는 의지를 보이는 곳도 등장하고 있다.

이러한 흐름 속에서 M사 사업개발 담당 이사가 주목하는 것은 시민 데이터 과학자(CDS : Citizen Data Scientist) 육성이다. 현장 엔지니어들이 수년에 걸쳐 습득한 기술을 좀 더 효율화하기 위해 자체적으로 데이터에 대해 고민하게 하는 것이 훨씬 낫다는 것이다. 교육을 받으며 본인이 속한 공정에 대한 모델링을 해보면서 업무 생산성 제고를 가져올 가능성도 높이고, M사와 같이 기술을 가진 조직과 협업을 할 때 가고 역할을 수행할 수 있기 때문이다. 이러한 인력 육성은 올바른 데이터를 확보하는 차원에서 절대 간과해선 안 되는 영역이다.

아울러 현장의 도메인(domain) 지식을 보유한 이들이 효과적으로 대응하고 운영의 수준까지 쉽게 갈 수 있도록 로우코드(low code) 또는 노코드(no code) 형태로 SaaS(Software-as-a-Service) 솔루션을 제공하는 것도 하나의 해결책이 될 수 있다. 현장에 존재하는 데이터를 기입하기만 하면 자체적으로 돌아갈 수 있는 머신러닝 모델을 만들어 주는 것이다. 즉, 현장의 목소리와 신기술을 적절히 접목시켜 '조율'하는 부분에 대한 고민은 앞으로도 계속되어야 할 것이다.

라. 데이터 체계 구축

M사 사업개발 담당 이사에 따르면, 협업을 위해 제조 현장에 나가 논의를 할 때 가장 어려운 부분 중 하나가 데이터에 대한 인식 차이다. 제조업체에선 데이터가 많이 있으니 언제든지 와서 모델링에 필요한 부분을 살펴봐 달라고 요청하는데 실제 가보면 모델링에 활용할 수 있을 정도의 데이터가 많지 않다는 것이다. 예를 들어, 밀리초(millisecond, 1천분의 1초) 단위로 데이터를 적재하는 어느 기업의 경우, 순식간에 너무 많은 데이터가 생성되기 때문에 10분 단위로 기존 값을 덮어쓰는 형태로 데이터를 저장하고 있었다.

즉, 현실적으로 분석을 하는 AI 기업 담당자에게 주어지는 데이터는 빅 데이터가 아닌 ‘스몰’(small) 데이터인 경우가 꽤 많다는 것이다.

데이터 품질 제고를 위해 초기 제조 설계부터 AI 모델링 인원이 참여하여 공정 절차를 파악하는 방법도 있다. 이러한 작업에 도움을 줄 수 있는 것이 데이터 바우처 또는 AI 바우처 사업이다. 예를 들어, 제조 공정 설계 단계부터 데이터를 어떤 식으로 확보하여 활용하겠다는 방향성을 갖고 협업하면 향후 유기적인 데이터 확보가 가능해진다.

제3절 국내외 기업 사례

1. 국내 대기업의 사례

가. 스마트 공장

인건비 상승으로 제품의 마진율이 떨어지는 상황에서 국내 가전제품을 생산하는 대기업들은 선택의 기로에 놓이게 되었다. 하나는 해외로 공장을 이전하는 방안이며 이는 현재 진행형이다. 다른 하나는 생산성 혁신이다. 두 번째 선택지를 선택한 세계 1위 가전제품 회사인 L전자는 2017년 총 8,000억 원을 투자해 창원에 위치한 공장을 스마트 공장으로 혁신했다. 현재 가전 업계의 흐름은 소품종 대량 생산에서 다품종 맞춤형 생산으로 변모하고 있기에 고품질의 다양한 제품을 신속하게 만들어 낼 수 있는 시스템이 필요했다. 스마트 공장 혁신을 통해 생산 라인을 무인화함으로써 자재 공급 시간은 기존 대비 25%, 물류 면적은 30% 줄었다. 그뿐만 아니라 136대의 로봇팔이 각각 기능에 맞게 움직이며 기존에 인간 근로자가 힘들어하는 공정에 집중적으로 배치되어, 한 라인에서 종류와 모양이 다른 58종 냉장고를 문제없이 만들어내고 있다. 또한 생산 공정마다 설치돼 있는 바코드와 센서, 운반 로봇을 통해 데이터를 지속 수집하여 실시간으로 생산 과정을 시뮬레이션하며 적시에 부품과 자재를 공급하는 것은 물론 30초마다 수집 및 분석된

데이터를 바탕으로 10분 뒤 라인 상황을 예측할 수 있다. 이 결과 예기치 못한 설비 고장으로 작업이 중단되는 시간도 96% 감소되었고, 자동화를 넘어선 지능화의 현상이 실제 전개되고 있다. 과거에는 한 달에 10시간 정도 라인이 멈췄다면 지금은 24분 정도로 획기적인 감소가 이루어졌다. 그 결과 자연스레 시간당 생산량이 20% 정도 증가하였다(DBR, 2023).

L전자의 사례가 색다르게 평가받을 수 있는 부분은 고용의 측면이라고 할 수 있다. 기존에 300개 공정에서 일하던 인원이 약 270명 정도였고, 지금 230명대로 줄어든 것은 피할 수 없다. 그러나 전문 교육을 통해 생산직 근로자들이 설비 운용이라는 새로운 업무에 배치되고 있다. 공장에서 일하는 근로자들 역시 AI 로봇의 도움으로 생산성 제고뿐만 아니라 작업 환경의 안전화가 이루어졌으며 높은 만족도를 보이고 있다(DBR, 2023).

나. SI 분야 대기업

IT산업은 IT서비스, SW(패키지), HW(제조업)으로 분류되어 통상적으로 IT, ICT, IT서비스, SI, SW 등의 용어가 유사개념으로 혼용되어 사용되고 있다. 정확하게 시스템통합(SI: System Integration)은 IT서비스의 분류이지만, 국내에서는 IT서비스와 SI를 동일하게 사용한다고 봐도 무방하다. 한국 IT서비스 기업의 경우, 90년대 초반 여러 계열사에 흩어져 있던 전산실을 모아 하나의 기업으로 세우는 것이 규모의 경제에 맞고 기술 경쟁력을 높이는 방식이어서 만들어졌다는 것이 정설이다(ZDNET, 2018). 제조업과 같이 초기 설비와 거대한 공정에 대한 고려가 필수적인 요건으로 작용할 때, 이론적으로만 보면 AI 프로젝트 착수가 상대적으로 수월할 수 있는 쪽은 이러한 SI 중심의 대기업 계열사다. 중소기업에 비해 대기업은 규모의 경제를 통해 비교우위를 확보할 수 있기 때문이다.

그렇다면 현실은 어떤가? 앞서 살펴본 M사 관계자들에 따르면, 규모의 경제를 충분히 일으킬 수 있는 대기업 계열사들은 자원과 여유가 있음에도 불구하고 M사와 함께하는 제조업 AI 프로젝트 진행에 대해 미온적인 반응을 보이는 경우가 많았다. M사 관계자들이 대기업과 여러 프로젝트를 진행하면서 실질적으로 협업에 성공하지 못했던 사례들을 돌아해보면, 대부분

대기업 내부보다는 외부의 공신력 있는 기관을 통해 객관성을 확보하려는 움직임이 있었다. 외부 자문을 통해 조직을 장악했던 임원진의 경험이나, 전략기획 담당 부서의 입김이 상당 부분 영향을 끼치고 있으며, 현장에 새로운 기술을 접목하려는 프로젝트의 착수 자체가 조직 내부 논리와 정치에 의해 쉽지 않은 것이다.

아울러 대기업 계열사들은 ‘보안’ 때문에 외부 AI 업체들과 협업하는 것을 주저하기도 한다. 보통 대기업 IT 계열사들은 ‘일감 몰아주기’를 통해 운영된다. 모든 산업에서 내부거래 비중이 약 12% 정도인데, 2018~2020년 대기업집단 IT서비스 기업의 경우에는 그 비중이 60% 가까이 된다(아주경제, 2023). 물론, ‘보안’의 중요성을 언급하며 핵심 제품이나 공정을 타 대기업 IT 계열사 혹은 제3자인 AI 업체에 맡긴다는 것은 어렵다며 이를 옹호하는 측면도 존재한다. 최근 OpenAI의 챗GPT를 기업 업무에 활용하다 데이터 유출이 된 사례도 있었기에, 기업들이 충분히 민감하게 반응할 수 있는 부분이기도 하다.

그러나 일부 사례를 기반으로 ‘구더기 무서워 장을 못 담그는 상황’으로 확대해석해선 안 된다는 반론도 있다. Stability AI에서 오픈 소스 라이선스로 배포한 text-to-image AI모델인 스테이블 디퓨전(Stable Diffusion)의 경우, 상대적으로 높았을 개발비용을 감안하면 수익화 경로를 채택해야 했다. 그러나 과감하게 오픈 소스로 공개하여 일반인을 대상으로 기하급수적인 확산이 이루어지게 하였고, 단시간 내에 높은 수준의 이미지 기반 AI 서비스들이 우후죽순 생겨나는 데 이바지한 바 있다. 한국에서 제조업 분야 AI 기업이 늘어나려면 제조 대기업들이 이와 유사하게 생태계 전체에 긍정적인 확산을 유도할 수 있는 선택을 해야 할 것이다.

마지막으로, 기업 차원에서 영업이익률 자체가 높지 않은 프로젝트, 또는 앞서 언급되었던 것처럼 투자수익률이 확실치 않은 AI 프로젝트를 시작하는 것을 주저할 수 있다. <표 3-1>에서도 볼 수 있듯이 단순 영업이익률만을 감안했을 때, 벤처 1세대 기업이라 분류할 수 있는 네이버를 제외하곤 전반적으로 낮은 마진율을 보이고 있음을 알 수 있다. 자본력이 있고 규모의 경제를 실현할 수 있는 곳들이 제조업 AI 프로젝트를 착수하길 기대할 수 있으나, 엄연히 실리를 따져야 하는 기업에선 선불리 진행할 순 없다. 즉, 신규 프

〈표 3-1〉 2022년 매출규모 상위 20위 IT서비스 현황

(단위 : 백만 원)

회사명	2022년 매출액	2022년 영업이익	영업 이익률	직원 수	비고
KT	18,289,243	1,168,103	6%	20,544	대기업
LG Uplus	12,781,569	1,049,830	8%	10,433	대기업
SKT	12,414,588	1,321,131	11%	5,413	대기업
NAVER	5,512,586	1,553,795	28%	4,930	대기업
삼성 SDS	5,174,554	296,153	6%	11,593	대기업
LG CNS	4,590,453	317,774	7%	6,567	대기업
SK Broadband	4,162,093	304,417	7%	2,608	대기업
SK	2,196,769	239,640	11%	4,422	대기업 (과거 SK C&C)
대림	2,316,031	126,000	5%	560	대기업
엘에스일렉트릭	2,283,473	138,176	6%	3,112	대기업
현대오토에버	2,240,816	124,352	6%	4,138	대기업
한화시스템	2,187,406	93,680	4%	4,307	대기업
에스케이실터스	1,559,984	139,479	9%	6,829	대기업
포스코DX	1,108,702	61,635	6%	2,169	대기업 (과거 포스코ICT)
롯데정보통신	990,140	41,108	4%	2,940	대기업
한전KDN	739,453	57,638	8%	2,780	대기업
메가존클라우드	735,957	(40,852)	(6%)	1,515	
효성티앤에스	717,671	10,721	1%	912	대기업
CJ올리브네트웍스	665,229	35,108	5%	1,475	대기업
KT DS	625,762	32,320	5%	1,523	대기업

자료 : 한국IT서비스산업협회(2023) 및 저자 일부 분석.

로젝트의 불확실성과 위험성을 감당하기엔 아직 선례가 많지 않은 것이다.

다. 외부 협업 및 지분 투자

기술 스타트업에 지분 투자를 하거나 M&A를 공격적으로 실시하는 한국

대기업의 모습도 볼 수 있다. 조직을 정비하여 내재화하는 것보다는 이미 기술적으로 인정받은 곳과 전략적 파트너십을 구축하는 것이 효율적이라는 판단하에 이루어진 결정으로 보이며, 결국 신기술을 도입하는 것도 속도전 양상으로 변화하고 있음을 보여주는 사례다. H사 같은 경우, 2021년 6월 미국 로봇 전문 기업 ‘보스턴 다이내믹스’를 인수한 데 이어 같은 해 커넥티드카 소프트웨어 개발 스타트업 ‘에어플러그’를 인수하였다. 또한 자동차 산업의 패러다임 자체가 기존 하드웨어에서 소프트웨어 중심으로 재편되는 과정이라는 판단하에, 올해 자율주행소프트웨어 전문회사인 포티투닷에 대규모 지분을 투자하여 전체 그룹사의 소프트웨어 중심 체제를 구축하고 차량 자체 운영체제 개발에 박차를 가하고 있다. 포티투닷은 자율주행계의 ‘아마존웹서비스(AWS)’와 같이 자율주행과 관련한 하드웨어, 소프트웨어를 제공하고 이를 필요로 하는 기업들이 필요한 일부만 가져다 쓸 수 있는 패키지를 제공하는 서비스를 지향한다. 이러한 일련의 변화는, 제조업의 총아라고 할 수 있는 자동차업의 현장에서 미래를 대비하기 위한 소프트웨어 기반의 디지털 전환을 가장 극명하게 보여주는 사례라고 할 수 있다.

이외에 I사의 경우도 유사한 행보를 보이고 있다. 배터리 제조 기술 향상에 더 나아가 공정과 생산, 사후 관리까지 포함하는 전체 배터리 수명주기 서비스 등 모든 분야에서 역량의 집중 강화 및 외부 전문가와의 협력 강화를 위해 국내 유망 스타트업에 대한 지분 투자를 진행하며 오픈 이노베이션(개방형 기술 혁신)에 속도를 높이고 있다. 최근 대기업을 파트너사로 두고 전기차 배터리, 에너지저장장치 등 다양한 배터리 상태와 성능 진단을 전문으로 하는 스타트업에 투자를 단행한 바 있고, 빅 데이터 및 AI 알고리즘 기반 설비 예지 보수 솔루션 전문 기업에도 투자 결정을 내리기도 하였다. 또한 앞서 분석한 M사처럼 데이터 분석 및 머신 러닝 모델 구축에 특화된 스타트업인 씨피프티원(C51)에도 지분 투자를 진행하며 데이터 분석능력과 자동 보정 기술, 그리고 제조의 스마트화 부문에서 협력을 강화하고 있다.

2. 해외 신생 기업의 사례

해외에서도 제조업이 당면한 여러 문제를 AI로 해결하려는 움직임이 다

양하게 포착되고 있다.

가. Preferred Networks

2014년 도쿄에서 창립된 프리퍼드 네트워크스(PFN : Preferred Networks)는 AI 핵심 기술이라 할 수 있는 딥러닝을 다양한 산업군에 적용하고자 하는 스타트업이다. 기대되는 AI 기업이 딱히 보이지 않았던 일본에서 기업가치 10억 달러 이상의 비상장 기업에 부여되는 ‘유니콘’ 칭호를 받은 유망기업이기도 하다. 영상 인식과 빅 데이터를 효율적으로 활용하는 분석 기술이 핵심 분야이며, 도요타와 세계 1위 산업용 로봇 업체인 화낙(Fanuc)과 창업 초기부터 파트너십을 맺고 있을 정도로 인정받고 있다. 화낙의 경우 산업용 공정 자동화 비율이 80% 이상인데, PFN은 해당 로봇이나 기계에 소프트웨어 기술을 제공해 성능 제고에 기여한 것으로 알려졌다. 산업용 로봇 이상 감지를 40여 일 전 파악할 수 있는 시스템을 공동으로 연구한 바 있다(조선일보, 2020).

PFN의 경우 창업 초기부터 NTT, 화낙, 히타치, 도요타 등 이름만 들어도 알 수 있는 일본 우수 대기업들의 개발 자금을 지원받았다. 이는 장기적인 제휴 관계를 맺고 단기 성과에 얽매며 기술 개발보다 매출을 중시하는 다른 스타트업의 R&D 배척 관행을 타파하고자 함이다. 가장 눈여겨볼 부분은 PFN이 구글이나 메타와 같이 B2C에 초점을 맞춰 게임, 이미지 또는 음성 인식 등의 소비재 분야에 초점을 둔 것이 아니라 스타트업으로서는 도전하기 어려운 제조업이나 바이오 분야에 도전하고 있다는 점이다(조선일보, 2020). 2018년 미쓰이물산과 미국에 의료사업 합작사 ‘프리퍼드 메디신’을 설립하여 암진단 등 의료관련 신기술 실용화를 서두르고 있으며(의학신문, 2018), 최근에는 일본 최대 정유업체인 JXTG와 대체 소재와 석유 플랜트 자동 제어 시스템을 개발하고 있다. 심지어 빅 데이터 처리에 필수적인 자체 반도체 개발에도 동시에 착수하였다고 밝힌 바 있다. 이는 단순히 관심 분야를 제조업이나 기반시설을 요구하는 바이오에 한정하는 것이 아니라 하드웨어의 중요성을 인지하고 직접 뛰어들었다는 점에서 높은 평가를 받고 있는 부분이다. 구글이나 화웨이와 같은 미국과 중국의 IT대기업과 행보를

같이하고 있으며, 이미 2020년 6월에 자체 개발한 AI용 반도체칩을 탑재한 네 번째 슈퍼 컴퓨터를 공개하였고, 2017년에 공개되었던 첫 번째 슈퍼 컴퓨터의 경우도 산업영역에서 일본 1위, 세계 12위의 성능을 과시하였다(조선일보, 2020). PFN은 소프트웨어와 하드웨어를 병행적으로 개발하는 기업으로 두 분야의 시너지를 십분 활용할 수 있는 역량을 보유하고 있다. 일본은 우리에게 앞서 고령화가 급속하게 진행되었던 경험이 있기에 해당 기업이 추구하는 무인 자동화는 우리에게도 시사하는 바가 크다.

나. Landing.AI

통상 딥러닝을 활용한 AI 기술이 원하는 효과를 거두기 위해서는 데이터가 많을수록 좋다고 알려져 있다. 하지만 최근 들어 빅 데이터가 딥러닝 효과를 좌우하는 절대적인 기준은 아니라는 의견이 등장하였다. 더 나아가 빅 데이터가 아니라 소규모 데이터, 이른바 스몰 데이터에 딥러닝을 적용하는 것을 중점으로 연구하며 사업을 영위하는 기업들도 등장하고 있다. 사실 제조 현장의 결함을 찾아내는 과정에서 빅 데이터를 우선적으로 확보해야 한다는 전략은 현실성이 떨어질 수 있다. 오히려 현장은 스몰 데이터를 제대로 커버하는 AI 기술을 필요로 하고 있다. M사의 인터뷰에서도 언급되었듯이, 최근 제조 공정은 상당히 안정화되어 있어서 결함 관련 이상치 데이터가 많지 않은 것이 현실이다. 바꿔 말하면, 딥러닝에 투입할 만한 규모 수준으로 데이터를 구하기가 쉽지 않다는 이야기이기도 하다. 대부분의 제조업체가 보유한 특정 결함 데이터는 수천 혹은 수백 개도 안 되는 실정이다. 스마트폰 전면 유리에 이가 빠진 흔적이나 작은 파이프 균열과 같은 문제에선 제조사들이 가진 이미지 데이터가 고작 수십 개 수준인 경우도 있다. 결국 결함을 찾는 작업에 AI를 쓰고 싶은 제조사들은 데이터 부족이라는 다른 차원의 문제를 함께 고민해야 하는 형국이다. 더 나아가 실제로 업체들이 보유한 데이터를 열어보면 모델링에 적합하지 않은 것도 또 다른 문제이다.

이것이 바로 구글 AI 조직인 구글 브레인을 설립한 AI 석학으로 통하는 앤드류 응(Andrew Ng) 교수가 2017년 제조 현장의 현실을 인지하고 랜딩 AI(Landing AI)라는 회사를 창업한 이유다. 제조 현장에서 결함을 찾아내는

작업에선 빅 데이터보다는 스몰 데이터를 제대로 커버하는 딥러닝 기술이 필요하다는 것이 응 교수의 생각이다. “이제 신경망에 대한 기본 코딩 작업은 해결됐다. 시간이 걸렸던 것은 해당 코드에 공급할 데이터를 어떻게 엔지니어링 해야 하는지였다. 비밀은 정말 좋은 이미지 50장을 만드는 것”이라며 스몰 데이터에 최적화된 AI 기술을 기반으로 제조 현장과 협업을 다양하게 진행하고 있다(Kaye, 2022). 랜딩AI의 핵심 경쟁력은 소량의 고품질 이미지 데이터만으로도 불량품 검사 시스템 구축이 가능하다는 점이다. 대량의 데이터를 강조하던 지금까지의 AI 설계 방식, 즉 응 교수가 십여 년 전 엄청난 양의 데이터셋에 기반하여 신경망으로 문제를 해결하려고 했던 모습과 180도 대치되는 부분이기도 하다(Ng, 2017). 이외에도 마리너(Mariner) 같은 기업들이 스몰데이터 기반 결함 탐지를 지원하는 AI 소프트웨어를 앞세워 제조업체들을 대상으로 빠르게 시장 침투를 하고 있다. 마리너의 경우 공장 카메라 시스템에 부착되는 이미지 처리 소프트웨어와 비주얼 검사 하드웨어를 주특기로 하고 있다(Kaye, 2022).

이러한 스몰 데이터 중심 접근법이 성공하기 위해선 ‘일관성’이 필요하다. 그러나 한 측의 전문가는 결함으로 보는 데이터가 다른 측 전문가에 의해 허가되는 경우는 실제 산업 현장에서 종종 목격할 수 있는 상황이다. ‘객관성’에 대한 논의도 이에 기인한다. 즉, 방대한 양의 데이터를 오류 없이 수집하는 것은 현실적으로 어렵기 때문에, 결함이 있는 데이터로 모델을 학습시키는 것보다 정확한 이미지 라벨을 기준으로 결함을 탐지하는 것이 더욱 효율적일 것으로 보는 것이 스몰 데이터에 기반한 AI기업들의 전략이다. 이들은 데이터셋 크기가 커짐에 따라 응용 분야 지식이 개입될 여지가 줄어든다고 보며, 하드웨어 관점에서 엔비디아와 인텔 등이 개발하는 AI칩이 반드시 AI 성능과 직결되지 않는다고 보고 있는 이유이기도 하다. M사와의 인터뷰에서도 범용적인 모델이 제조 현장에 맞지 않는다는 국내 현황을 알 수 있었듯이, ‘앞으로 AI 업계의 10년은 소수의 제대로 된 데이터가 만드는 응용 분야의 확장이 될 것이다’라는 것이 앤드류 응 교수의 입장이다(Kaye, 2022).

제4절 소 결

지금까지 M사 및 국내외 사례 조사를 통해 AI를 활용한 제조업 디지털 전환의 현재와 미래에 대해 살펴보았다. 제조업 현장에서 AI 도입 시 나타날 수 있는 주요 쟁점을 일반화하여 정리하면 다음과 같다.

1. 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항

AI 기술 도입을 위해 경영 개혁이나 프로세스 최적화가 필요한 경우, 직원들은 기존 패턴에 얽매어 있어 새로운 프로세스를 구현하기가 어렵다. 비용, 교육, 시간 등도 기업에 큰 부담이 아닐 수 없다. 또한 조직 구조를 조정할 수 있는 전문 인력이나 책임 있게 실행할 수 있는 경영진의 부족도 AI를 제조 현장에 전면 적용하는 데 난관으로 작용한다.

2. 기존 체계의 경로의존성(path dependency) 및 한계

AI를 제대로 구현하고자 한다면 각각의 현장마다 최소한 충족되어야 할 내부 규정이 존재한다. 한 설문조사에 따르면 대상 기업의 45% 정도는 기존 구축한 시스템의 영향이 커서 최초 계획을 연기해야 한다고 답했으며, 14%는 기존 시스템 의존도가 너무 높아 특정 전환 자체를 완료할 수 없다고 응답했다. 즉, 약 60% 남짓한 제조업체들이 기존 시스템 의존도로 인해 프로젝트 진행의 어려움을 토로한 셈이다. 기업은 실질적이고 효과적인 주요 변수를 충분히 수집할 수 있는 센서를 현장에 설치해야 하며, 이를 통해서만 품질과 효율성을 향상시키기 위해 개선할 프로세스를 결정할 수 있다는 선결 조건을 안고 있는 것이다(Weilong et al., 2020).

3. 데이터 수집 및 변수 포착의 한계

데이터 수집에 적절한 시스템을 갖췄더라도, 어떤 식으로 데이터를 수집하는지, 수집된 데이터의 품질이나 다양성은 어떠한지에 따라 머신 러닝 모델링의 결과가 크게 좌우된다. 대형 제조기업의 경우, 자동화 장비와 관리 시스템을 상당히 완벽하게 갖추고 있지만, 생성된 데이터의 활용도는 그에 미치지 못한 경우가 많다. 즉, 많은 자원을 사용하여 수집한 데이터가 AI 도입에 필요한 핵심 정보가 아닐 수 있다. 또한, AI 도입 과정에서 가설을 세우고 시나리오를 적용하기 위해선, AI 프로젝트를 수행하는 팀의 기술 역량이 현장 엔지니어들의 암묵지, 숙련을 포괄하는 ‘장인 정신’(craftmanship)을 모델에 수용할 수 있도록 적절한 변수를 잘 포착할 수 있어야 한다. 하지만 이렇게 제조 도메인(domain) 지식과 높은 수준의 모델링 역량을 동시에 갖춘 곳이 현재로선 많지 않은 상황이다.

4. 지나치게 큰 규모와 복잡성

AI 프로젝트를 통해 해결할 수 있는 문제는 일반적으로 구체적인 상황을 상정한다. 따라서 통상 대규모 프로젝트의 경우에는 현재 단계에서 AI로 해결할 수 있는 수준 이상의 여러 변수와 의사 결정 절차가 필요한 경우가 발생할 수 있다.

5. 인력 양성과 인프라 구축

앤드류 응 교수는 향후 디지털 전환 과정에서 대체될 가능성이 높은 인력에 대한 고민이 필요하다고 AI를 활용해서 작업장 효율화를 위한 훈련이나 재훈련을 통한 직종 변경 등에선 정부와 기업체가 함께 전략적인 파트너십을 통해 접근해야 한다고 강조한다(Ng, 2017). 앞서 I사의 스마트 공장 생산직 인력 재교육 사례도 참고할 만하다.

물론 단시간 내에 모든 일상이 AI로 대체되는 것은 불가능할 것이다. 일반인의 기준으로 보자면 학습 과정이 먼저 있어야 하고 다음으로 관행을 바

곧 뒤 궁극적으로 ‘전환’의 단계로 이어지는 과정을 거쳐야 한다(Pickool, 2023). 사실상 전환 여정을 거치며 느끼게 되는 불편함과 거부감은 모든 산업 분야에도 그대로 적용된다고 보아도 무방하다. 그렇다면 이런 거부감을 느끼는 이유를 찾고 조금이라도 완화하는 대안을 모색해야 한다. AI를 둘러싸고 엄연히 존재하는 공포감과 우려를 바꾸기 위해선 ‘신뢰’에 기반해야 한다. 그리고 이러한 신뢰는 ‘투명함’에서 비롯된다고 지난 6월 프랑스 최대 스타트업/기술 컨퍼런스인 Viva Technology 2023에서 세계 최대 옥외광고 회사 제이씨데코(JCDecaux) 수석 데이터과학자는 주장한 바 있다(Beckett et al., 2023). 이러한 투명함은 구글, 페이스북 등과 같은 빅 테크(Big Tech)가 주도하는 AI 기술 개발이 아니라 사회가 함께 참여할 수 있는 균형적인 발전을 의미한다. 제조 엔지니어 ‘장인’들이 보유한 암묵지를 중시하고 오픈 소스(open source)를 지향하면서 좀 더 투명한 절차를 통해 정보를 상호 공유하는 단계를 거쳐야 한다.

인공지능 시대에 필요한 것은 무엇인가? 바로 적시적소에 필요한 데이터를 쌓고 이를 활용하는 능력이라고 할 수 있다. 기반을 다지는 일이라 당장 조명을 받을 수 없다고 소홀히 해서는 안 되는 과업들이 있다. 그렇기에 시민 데이터 과학자(Citizen Data Scientist) 양성, 데이터/AI 바우처 사업 활성화에도 더 많은 관심이 필요하다. 데이터를 잘 확보하고 체계적으로 구축하는 방안에 대한 국가적인 관심이 그 어느 때보다 더 긴히 요청되는 시점이다.

제 4 장

조선업 디지털 전환(DX)과 엔지니어

제1절 최근 조선업 동향과 미래의 조선산업

1. 연구배경

한국 조선업은 1970년대 정부 차원에서 중화학공업화를 추진하면서 본격적으로 세계 조선업 시장에 뛰어들었다. 1970년대 초 1차 오일쇼크 이후 세계 조선업 (장기)불황이 시작되던 시기에 한국은 역으로 울산과 거제에 세계 최대 규모의 조선소를 3개나 건설하기 시작했다. 1970년대 한국 조선업은 시작부터 불황에 직면했으나, 정부 차원에서 조선업에 대해 적극적인 지원과 함께 강력한 규제도 병행하면서 한국 조선업의 성장을 정부가 이끌어왔다고 해도 과언이 아니다(이경묵 외, 2013). 이후 1990년대 중반부터는 한국 조선업이 유럽 및 일본 조선업의 불황기 동안에도 꾸준히 성장하여 세계 조선시장의 20~30% 정도를 차지하면서 위기에 직면한 유럽 조선업 국가들의 강력한 견제에 직면하게 되면서 정부 주도(state-led) 조선업 성장전략은 더 이상 힘들게 되었다. 아울러 1990년대 중반 이후 당시 세계 최대 규모의 설비를 보유하고 있던 한국 조선업체들도 몇 차례 위기를 극복하면서 독자적인 경쟁력을 확보하기 시작했으며, 조선업체 스스로 성장해 갈 수 있는 역량을 확보하게 되었다⁶⁾.

그리고 2000년대 접어들면서 중국경제의 빠른 성장과 함께 선박을 통한 해상교역이 급증하면서 선박수요도 연동해서 급증하였다. 그런데 유럽과 일본의 많은 조선소들이 1970년대 중반 이후 해운업 장기불황 시기에 설비 축소 방식의 구조조정을 진행하면서 선박건조 역량(건조 설비 및 인력)을 줄이면서 경쟁력을 상실하고 있던 시기이다⁷⁾. 반면 한국 조선업은 오히려 이 시기 정부의 지원하에서 조선업체들이 향후 성장을 위한 인적 물적 역량을 확보하고 있었던 시기라고 할 수 있다. 2000년대 이후 한국 조선업은 사실상 조선업 세계 최강국의 위치를 차지하고 있다⁸⁾. 하지만 2000년대 이후 세계 교역량의 폭발적인 증가를 이끌어온 중국이 자국의 수출입물량을 수송하는 선박을 중국 조선소에서 만들어보자는 국수국조(國輸國造) 원칙, 즉 중국 조선업 육성정책을 천명하면서 2000년대 초반부터 본격적으로 조선업을 육성하였으며, 2010년대 접어들면서 중국 조선업은 선박의 건조난이도가 상대적으로 낮은 벌크선부터 시작해서 점차 세계 선박시장의 점유율을 확대하고 있다. 최근에는 일본과는 대등한 건조 역량을 보유하고 있으며, 한국 조선업을 추격하고 있다. 뒤에서 논의할 스마트 야드 등 최신설비 면에 있어서는 후발주자의 이점을 살려서 오히려 한국 조선업체보다 나은 경우도 있다고 한다.

세계 조선업은 유럽과 일본이 순차적으로 쇠락하면서 최근에는 한국과 중국이 사실상 양분하고 있다고 할 수 있다. 이러한 맥락에서 한국 조선업의 인적 경쟁력 요인, 특히 엔지니어들의 인적경쟁력을 검토하고자 한다. 조선

6) 아울러 1995년 WTO(세계무역기구) 출범을 앞두고 있었는데, WTO의 핵심적인 내용 중에 특정 산업에 대한 보조금 지급을 금지하면서 전통적인 의미의 산업(지원)정책은 현실적으로 불가능하게 되었다. 이러한 분위기에서 조선업도 기존의 설비투자 규제를 없애는 조선산업 합리화 조치의 해제가 1994년에 이루어지면서 기업 주도(corporate-led) 조선업 성장 단계로 진입하였다.

7) 1970년대 이후 유럽 각국의 조선업 탈산업화 및 구조조정에 대해서는 Stråth(1987)을 참고. 일본 조선업의 역사적인 구조조정 과정에 대해서는 우종원(2016)을 참고.

8) 2010년 이후 절대적인 선박척수, 선박수주량(무계)에 있어서는 중국보다 뒤처지고 있는 것은 분명하다. 하지만 선박수주 금액 기준으로는 한국이 여전히 중국보다 앞서는 경우가 많다. 이는 중국 조선업체의 기술경쟁력 부족으로 한국 조선업체들보다 상대적으로 선박 크기가 작은 저가선박, 부가가치가 낮은 선박을 수주하고 있기 때문이다. 이러한 점에서 고가, 고부가가치 선박시장을 한국 조선업이 주도하고 있다는 점에서 2000년대 이후 최근까지 한국 조선업이 여전히 세계 정상이라고 할 수 있다.

업체들이 주문받은 선박을 건조하는 과정에는 다양한 직종의 수많은 인력이 필요하다. 우선 객관적으로 조선업 운영에 필요한 인력 현황 국가직무능력표준(NCS : National Competency Standards)을 통해서 살펴보도록 하자. NCS에서 조선업은 대분류 '15. 기계'의 하위 범주에 포함되어 있다. 그리고 조선업의 소분류는 조선업체들이 수주한 이후 선박건조의 일반적인 진행과정에 따라서 분류하고 있다. 선박설계, 선체건조, 선박의장생산, 선박품질관리, 선박생산관리, 시운전, 선박정비, 레저선박으로 구분하고 있다. 즉, 선박을 수주하면 설계 → 건조 → 시운전 → 인도의 과정을 거치는데 이를 기준으로 분류하고 있는데, 일반적인 중대형 조선소에서는 선박설계~시운전까지가 해당된다. 그리고 선박정비(수리)는 조선업의 부가산업이며, 레저선박은 소형 조선소에서 담당하고 있다. 이 중 조선업체 엔지니어들은 선박을 수주한 이후 가장 먼저 작업을 진행하는 소분류 '01. 선박설계'를 '주로' 담당하고 있다¹⁰⁾.

국가직무능력표준의 소분류 1~6번 중에서 엔지니어들은 1번을 주로 담당하고 있으며, 조선업체 내에서 엔지니어 인력 비중은 상대적으로 낮고, 선박건조 및 의장생산을 하는 기능직들이 약 80%를 차지하면서 절대다수라고 할 수 있다.

2010년대 중반 이후 한국 조선업에 종사하는 전체 인력규모는 줄어들었다. 통계청 지역별 고용조사 자료에서 2011년과 2021년 조선업 종사자(업종세분류 C311 '선박 및 보트건조업')를 확인한 결과 2011년 전체 종사자수는 177,412명이었으나 2021년에는 122,311명으로 지난 10년 동안 약 5.5만 명의 종사자수가 감소하였다. 그런데 직종별로 살펴보면 대부분의 직종에서 종사자수가 감소하고 있는데 전문가 및 서비스 종사자만 증가하고 있다는 점이 특징적이다(서비스 및 판매직은 인원수가 적어서 의미 없음). 조선업 종사 '전문가'의 경우 대부분 기계공학 기술자 등 주로 공학 전공 기술자들

9) 기계의 하위범주(중분류)로는 기계설계, 기계가공, 기계조립관리, 기계품질관리, 기계장치설치, 자동차, 철도차량제작, 조선, 항공기계작, 금형, 스마트공장 등 11개 업종이 해당된다.

10) 여기서 '주로'라는 단어를 사용한 이유는 선박설계 이후에도 선박의 생산과정에서 엔지니어들은 생산기능직들과 소통을 하고, 관리 및 시운전 업무에도 엔지니어들이 부분적으로 참여하고 있기 때문이다.

〈표 4-1〉 조선업 국가직무능력표준(NCS) 내용

대분류	중분류	소분류	세분류
15. 기계	08. 조선	01. 선박설계	01. 선박기본설계 02. 선체설계 03. 선박배관설계 04. 철의장설계 05. 기장설계 06. 전장설계 07. 선실설계
		02. 선체 건조	01. 선체가공 02. 선체조립 03. 선박도장 04. 심출(철목) 05. 조선비계(족장, 발판)
		03. 선박의장생산	01. 기장생산 02. 전장생산 03. 선장생산 04. 선실의장생산
		04. 선박품질관리	01. 선체품질관리 02. 의장품질관리 03. 도장품질관리
		05. 선박생산관리	01. 선박생산계획 02. 선체생산관리 03. 의장생산관리
		06. 시운전	01. 기장시운전 02. 선장시운전 03. 전장시운전
		07. 선박정비	01. 선체정비 02. 선박기관정비 03. 선박배관정비 04. 전장정비 05. 의장정비
		08. 레이저선박	01. 레이저선박물드제작 02. 알루미늄레이저선박건조 03. 복합재료레이저선박건조 04. 레이저선박도장 05. 레이저선박기장설치수리

자료 : 국가직무능력표준 홈페이지(<https://www.ncs.go.kr/unity/th03/ncsSearchMain.do>)
에서 기계산업-조선업 검색. (2023. 7. 27. 검색)

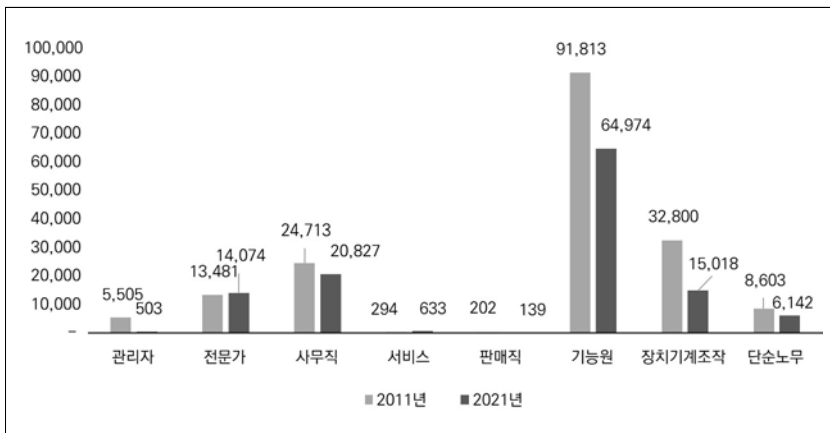
로 조선업 전체적으로 인력수요가 감소하고 있지만, 엔지니어 직종에서만 인력수요가 증가하고, 고용규모가 감소하는 가운데도 엔지니어 채용은 늘어나 비중이 높아지고 있음을 확인할 수 있다.

이러한 조선업 직종구조의 변화를 확인한 결과 조선업체 내에서 엔지니어의 비중은 점차 증가하고 있다는 점에서 조선업 엔지니어에 대해 고용 및 인적경쟁력 관점에서도 관심을 가질 필요가 있다.

이처럼 조선업에서 점차 엔지니어(전문가)의 비중이 증가하고 있는데, 이 장에서는 조선업종에서 필요한 인력 중에서 엔지니어들의 인적경쟁력 향상 과제를 조선업 디지털 전환과 연동해서 살펴보고자 한다.

최근 조선업종에서 필요한 엔지니어 수요에서 조금씩 변화가 나타나고 있다고 한다. 전통적으로 조선업 엔지니어 수요는 대학에서 조선공학(기계공학+유체역학), 기계공학 전공자를 중심으로 엔지니어링(설계)이 발전해왔다. 그런데 최근 조선업의 주요한 고객인 해운업에서 선박 패러다임이 서서히 변화하고 있다. 우선 간략하게 변화의 방향을 정리하면, 향후 국가 간 해상교역을 담당하는 대형선박의 패러다임이 1) 기존 해상환경오염을 유발하는 물질(이산화탄소, 질소, 이산화황 등)을 다량 배출하던 선박에서 점차 환경오염물질을 배출하지 않는 친환경(De-carbonization) 선박으로 전환, 그

[그림 4-1] 2011년 및 2021년 조선업 종사자들의 직업별 분포



자료: 통계청, 「지역별 고용조사」 2011년 3분기 및 2021년 하반기 원자료에서 저자 작성.

리고 2) 항해사와 기관사의 선박운영 능력으로 선박을 운항 및 관리하던 시대에서 디지털화(Digitalization)되고 스마트화된 선박으로 변화가 나타나고 있다. 아울러 선박뿐만 아니라 선박을 건조하는 조선소 야드 또한 전자정보 통신(ICT)기술과 결합해서 야드의 스마트화 또한 진행되고 있다. 이러한 점에서 조선업체들은 미래의 경쟁력을 압축해서 2D 또는 DX라는 단어를 일상적으로 사용하면서 DX 부문에서 미래 경쟁력 확보에 사활을 걸고 있다. 이는 현재 세계 조선업계를 양분하고 있는 한국과 중국 조선업체 모두 공통적이라고 할 수 있다.

그런데 이와 같은 선박 패러다임의 변화에 대한 대응을 위해서는 과거처럼 기존 조선공학 전공 엔지니어들로만 대응하기에는 한계가 점차 커지고 있으며, 이와 같은 문제점에 대해서는 조선업체들도 공통적으로 인식하고 있다. 예를 들면 과거에는 조선공학 전공자들이 전기장비 분야의 엔지니어링(전장설계)도 함께 했었는데, 최근에는 전기공학 엔지니어들을 따로 충원하려고 하고 있다¹¹⁾. 그런데 한국 조선업체에서 근무하고 있는 생산직 및 기술직/엔지니어들에 대한 인적경쟁력에 대한 공식적인 연구보고서는 거의 찾아볼 수 없다. 이러한 점에서 이 장에서는 조선업 엔지니어들의 향후 인적경쟁력, 특히 디지털 전환과정에서 다른 분야의 새로운 엔지니어들이 조선업체 내에서 일하게 되면서 나타나는 문제점과 개선과제들에 대해서 시론적으로 논의하고자 한다.

2. 최근 조선업 동향

세계 조선업 시장은 2008년 리먼 브러더스 사태로 촉발된 글로벌 금융위기 이후 한동안 침체기였으나 2021년 이후 업황 개선이 뚜렷하게 나타나고 있다. 이러한 점에서 조선업 전망은 상대적으로 양호하며, 따라서 인력확보의 과제가 있다. 이 부문에서는 조선업 동향을 간략하게 살펴보도록 하자.

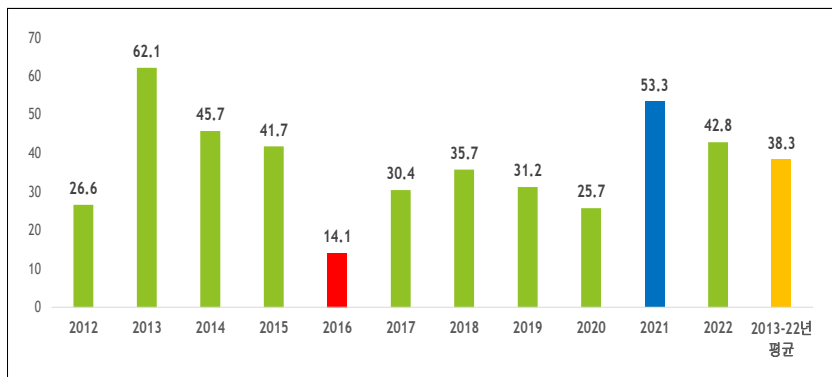
11) 그런데 조선업체에서 전기공학 전공 및 타 전공분야 엔지니어들을 확보하기가 쉽지 않다고 한다. 조선업체들이 비수도권 해안가에 있으며, 임금수준도 2차전지나 (석유)화학업체들보다 상대적으로 낮은 편이어서 우수한 인력확보에 어려움이 있다고 한다.

2010년 이후 선박 발주량 추이를 살펴보면 매년 큰 폭으로 변동하고 있는 것이 특징인데, 이는 조선업 자체에 내재된 불안정성에 기인한 특징이다. 하지만 10여 년 평균으로 추이를 살펴보면 장기적으로는 일정 규모의 발주가 이루어지는 안정적인 산업이라고 할 수 있다¹²⁾. 코로나19 직후에는 일시적으로 선박수요가 감소했었지만, 2020년 9월 이후 선박발주가 급증하고 있다. 2021년 53.3백만CGT로 2013년 이후 최대 선박발주를 기록하고 있으며, 2022년도에도 42.8백만CGT의 선박이 발주되어 평균을 상회하고 있다. 이로 인해 한국의 주요 조선업체들은 선박 건조 기간에 해당되는 평균 2년을 상회하는 3년 치 이상의 안정적인 물량을 확보하고 있다.

최근 선박수요가 증가하면서 발주량이 늘어났을 뿐만 아니라 신규 선박에 대한 선가도 지속적으로 상승하고 있다. 종합적인 신조선가(1988년 100 기준)는 2016년 123으로 급락했으나 2020년 4분기 이후 선가가 빠르게 상승 증으로 2023년 6월에는 신조선가가 171까지 급등하고 있다. 한국 조선업체들이 주력으로 수주하는 선종의 선가들을 살펴보면 2016~2017년 전후로

[그림 4-2] 최근 10년간 전 세계 선박 발주동향

(단위 : 백만CGT)



자료 : Clarkson Research, "World Shipyard Monitor" 매년 초 보고서.

12) 전 세계 선박발주는 노후선박 대체 수요(replacement demand)와 교역량 증가로 인한 신규수요(expansion demand)의 합으로 결정되며, 세계경제의 성장과 함께 신규수요가 조금씩 증가하는 특성이 있다(Stopford, 2008). 최근에는 연간 3,500만 CGT가 적정 수요라고 할 수 있는데, 2년 전후로 긴 선박건조기간에 내재된 선물(future)의 투기적인 속성으로 변동폭이 큰 편이라고 할 수 있다.

〈표 4-2〉 신조선가 지수 및 주요선종의 선가 동향(매년 말 기준)

	2013	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023 6월
VLCC(32만톤급)	94.0	97.0	84.5	92.5	92.0	85.5	112.0	120.0	126.0
Aframax(11.5만톤급)	52.3	54.0	44.5	48.0	48.5	46.5	59.0	62.0	67.5
MR Tanker(5만톤급)	34.8	36.8	32.5	36.5	35.8	34.0	41.0	43.5	46.8
LNG운반선(17.4만cbm)	198.0	200.0	197.0	182.0	186.0	186.0	210.0	248.0	260.0
1700 TEU급	26.0	27.0	21.8	26.0	26.0	23.0	28.0	29.0	30.5
21000 TEU급		154.0	145.5	149.0	146.0	142.0	189.0	215.0	225.0
신조선가지수(1988=100)	133	138	123	130	130	126	153	162	171

자료 : Clarkson Research, “World Shipyard Monitor” 매년 초 보고서.

저점에서 회복세를 보이다가 2020년 이후 일시적으로 하락을 했었다(LNG 운반선 제외). 그러다 2021년 이후로는 모든 선종의 선가가 가파르게 상승하여 2010년대 초반의 선가를 상회하는 수준을 보이고 있다.

이처럼 최근 선박발주가 증가하고 있는 원인은 세계 경제의 활황으로 인한 선박의 ‘신규수요’보다는 해상환경오염에 대한 규제가 강화되면서 새로운 친환경 선박으로의 ‘교체수요’가 증가하고 있는 것이 중요한 이유이다. 향후 2030년까지 환경규제에 대응하는 친환경 선박에 대한 수요가 증가할 것으로 예상하고 있다.

특히 2030년 이후로는 암모니아, 수소와 같은 무탄소배출 연료의 비중이 확대될 것으로 예상하고 있다. 노르웨이의 선급인 DNV에서는 2030년 31%의 선박이 LNG추진선, 9%가 암모니아추진선, 8%가 메탄올 추진선, 4%가 수소연료 추진선일 것으로 전망하고 있다(DNV, 2022). 아울러 이와 같은 친환경 선박수요의 증가와 함께 선박의 디지털화가 빠르게 진행되고 있다. 조선업의 디지털화는 신규 엔지니어 수요 증가와 연동되어져 있기에 내용을 조금 더 구체적으로 살펴보도록 하자.

3. 조선산업의 디지털화 : 스마트 선박 및 스마트 야드

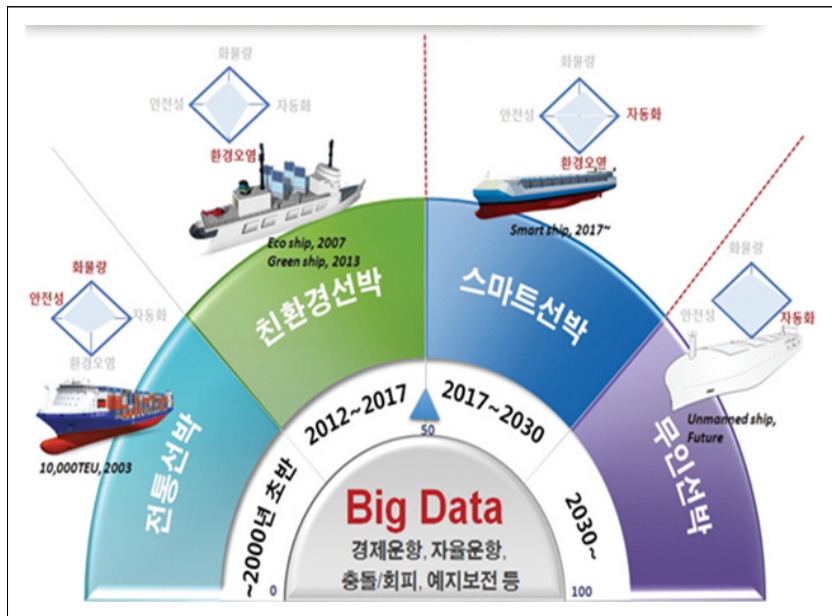
4차 산업혁명 기술의 발달로 디지털 전환이 가속화되고 있다. 조선산업에

서의 디지털 전환은 크게 두 가지 방향으로 전개되고 있는데, 하나는 생산하는 제품인 선박의 디지털화를 뜻하는 스마트선박이고 다른 하나는 생산 현장의 스마트화로 다른 산업에서는 주로 ‘스마트 팩토리’라고 칭하는 스마트야드의 등장이 있다. 그리고 과거에는 선박을 건조하여 인도한 후에는 조선업체들은 문제가 발생할 경우에는 사후서비스를 제공하는 정도였다. 그런데 최근에는 정보통신기술을 활용하여 선박을 인도한 이후 폐선(scrap) 전까지 선박관리를 하는 ‘선박 생애주기 서비스산업’ 진출을 추진하고 있다.

가. 선박의 디지털화

디지털 기술이 선박에 적용되면서 적어도 현재보다는 선박운항에 필요한 승무원수가 획기적으로 줄어든 스마트 선박으로 진화할 것으로 예상하고 있다. 나아가 무인자율운항 선박이나 원격운항 선박을 궁극적으로 지향하

[그림 4-3] 선박 패러다임의 변화



자료 : 해양수산개발원(2018), “자율운항선박 도입을 위한 정책 세미나” 발표자료(2018. 2. 8.).

고 있다. 선박의 스마트화는 인간의 실수나 간과로 인한 사고를 줄일 수 있고, 선박의 효율성 향상, 선제적인 점검 등을 통해 선박 운영비도 상당히 감축할 수 있을 것으로 예상된다. 다만, 대양 운항을 위한 선박은 현재로서는 복잡한 내연기관을 사용할 수밖에 없는데, 이러한 점에서 선박 기관업무까지를 포함한 완전한 무인자율운항 선박 개발까지는 상당한 시간이 필요할 것으로 예상된다. 하지만, 사고감소, 환경규제 대응 및 운영비 감축을 위한 선박의 효율성 향상과 예지보전 등의 기술 경쟁은 확대될 것으로 전망하고 있다.

나. 스마트 야드 전환

4차 산업혁명 기술이 적용되어 노동집약적인 조선산업의 생산 현장도 디지털 전환을 통한 야드운영의 최적화가 추진되고 있다. 조선소는 규모가 크고 많은 인력이 다수의 장비와 함께 생산활동을 하면서 수많은 다양한 정보가 발생하는데, 이처럼 야드에서 생산된 수많은 정보들을 체계적으로 관리하는 것이 점차 중요하다는 점을 조선업체들은 인식하고 있다. 정보의 부정합이 발생 시 작업에 필요한 블록을 찾지 못해서 공정 지연 및 작업 혼란이 발생할 수 있으며, 잘못된 정보전달이 이루어지면 오작(誤作) 등으로 비효율이 발생한다. 조선업체들은 이러한 문제들을 ICT 기술의 발전을 통해서 개선하려고 하고 있는데, 생산 현장의 디지털 전환은 공정 자동화보다는 비효율의 제거를 목표로 하는 측면이 강하다. 또한 조선소의 생산 현장은 위험 환경에 노출되기 쉬우므로 작업자의 안전이나 작업 개선을 위한 디지털 기술의 적용, 다양한 설비/공간/에너지의 효율적 활용 등이 주로 추진되고 있다.

현대중공업의 경우 “2030 디지털로 최적화 운영되는 초일류 조선소”를 목표로 1단계에서는 눈에 보이는 조선소, 2단계는 연결되어 예측되고 최적화된 공장, 3단계는 지능형 자율운영 조선소로 생산 현장의 스마트화를 추진하고 있다. 즉, 기존에는 단위 작업장 차원의 개선활동이 이어졌다면, 이제는 조선소 전체를 연결하여 지능형 자율운영 조선소로 만들려는 목표를 제시하고 있다. 즉, ‘한눈에 모든 것이 보이고 제어되는 조선소, 설계~생산이 연결된 조선소’ 구현을 통해 원가 2.5%를 절감하고 리드타임(건조기간)

[그림 4-4] 현대중공업 디지털전환(DX) 계획



자료 : 현대중공업 블로그(2021. 6. 25.), 「HHI뉴스-조선업 명운 가를 ‘차세대 융합기술’에 집중」, <http://blog.hhi.co.kr/Home/mView?Category=news&ndate=2021-06-25&bidx=1047&seek=&SearchName=> (검색일 : 2023. 11. 7.)

10% 단축을 목표로 하고 있다(현대중공업 블로그 내용 참고).

다. 스마트선박에 대한 선박 생애주기 서비스

한국조선해양은 그룹사인 HD현대마린솔루션(옛 현대글로벌서비스)에서 ISS(통합스마트십솔루션), HiEMS(HiMSEN엔진을 포함한 주요 장비의 실시간 모니터링 및 성능분석솔루션) 등을 활용하여 스마트선박 솔루션을 제공하고 있다. HD현대마린솔루션 홈페이지의 소개 내용에 따르면, 한국조선해양에서 건조하고 인도된 선박에 대해서는 위성통신과 스마트십솔루션을 이용하여 전 세계 어디에 있더라도 육상에서 정보를 파악할 수 있는 관제센터를 설치하고 운영 중이다. 한국조선해양뿐만 아니라 대우조선해양, 삼성

[그림 4-5] 선박의 디지털화와 생애주기 서비스 개념



자료 : HD현대마린솔루션.

중공업도 유사한 관제센터를 구축하고 스마트십솔루션에 대한 서비스를 제공하고 있다(<https://www.hd-marinesolution.com/> 참고).

선박의 스마트화와 환경규제 강화에 따른 개조시장 확대 등으로 조선사가 선박의 현황을 파악하고 서비스할 수 있는 영역이 확대되면서 조선산업과 선박관리업의 융합도 발생하고 있다. 기존 조선소 사업영역이 선박의 신조계약에서 인도 및 기본적인 보증기간(선종별로 1~2년 내외)까지였다면, 향후 스마트화를 통해 선박생애 주기서비스가 가능하여 인도 후 25년 이상 폐선까지 조선산업의 사업영역이 확대될 것으로 예상된다. 신조를 위한 설계도면, 설비 및 기자재 업체에 대한 정보뿐만이 아니라 스마트선박솔루션을 통한 운항·정비까지 관리할 수 있게 됨으로써 가능해질 수 있기 때문이다. 우리나라에서는 현대글로벌서비스가 선박생애주기서비스를 제공하기 위해 노력 중인데, 선박에서 생애주기관리서비스가 가장 필요한 엔진부문을 현대중공업이 사업부로 보유하고 있어, 이를 기반으로 경쟁력을 확보할 것으로 전망된다.

제2절 선박 엔지니어링 특성과 디지털 전환의 영향

과거 선박은 ‘철판으로 배 껍데기를 만들고 물에 뜨도록 엔진만 달면 간다.’는 인식으로 건조과정과 엔진의 중요성만을 강조하던 때가 있었다. 하지

만 앞서 살펴봤듯이 선박의 디지털화와 관련해서 점차 1) 선박 운항에 필요한 전자장비들이 꾸준히 증가하고 있으며, 2) 선박 내 장비 및 부품관리도 스마트센서를 통해서 이루어지는(선박 생애주기서비스) 비중이 점차 증가하면서 선박 자체가 디지털화되고 있는 것이 최근의 흐름이다¹³⁾.

조선업 초기에는 조선업체들은 조선공학 또는 기계공학 관련 전공자들이 선박 관련 엔지니어링 업무 전반을 담당해 왔었다. 하지만 선박운항의 안전성에 도움이 되는 항해 관련 전자장비들이 계속 증가하면서 조선공학 전공자들만으로는 전문성의 한계로 인해 15년여 전부터 조선소에서 전기공학, 전자공학 전공자들을 꾸준히 채용하고 있다.

제2절에서는 선박의 설계 엔지니어링 과정 전반을 간략하게 검토한 후 조선업 엔지니어의 양성과정을 살펴보고, 전기전자 공학 전공자들이 주로 담당하는 전장(전기장비)설계 및 야드의 자동화 설비 개발 엔지니어들의 필요성을 살펴보고자 한다.

1. 선박설계¹⁴⁾의 개괄적인 이해와 부문별 역할

선박설계의 특징은 전체적으로 똑같은 선박은 한 척도 없다는 점이다. 선박은 최소 수백억 원을 하는 고가의 제품이기 때문에 비슷해 보이는 선박도 매 선박마다 옵션이 다르기 때문이다. 이러한 점에서 선박설계는 단순히 밑그림과 도면만 그리는 것이 아니라 늘 새로운 선박을 창조한다고 할 수 있다. 선박설계는 선박 건조에 있어 선박의 뼈대를 갖추는 업무라고 할 수 있다. 그런데 완성된 선박의 규모가 자동차나 전자제품, 경공업 제품과는 비교할 수 없을 정도로 매우 거대하고 복잡하여 설계단계와 설계부문별로 차이가 있다.

선박설계 관리자는 선주의 요구사항(선박의 종류, 크기, 적재능력, 항로, 항속, 선체구조강도 등)을 만족시키는 최적의 선박설계도를 작성하기 위하여 기본설계, 상세설계, 생산설계에 대한 주요 정책을 수립한다. 그리고 설

13) 여기에 앞서 간략히 검토한 선박연료의 탈탄소화 흐름도 병행되고 있다.

14) 이 부문은 배와 바다이야기(<https://ship-sea-story-65.tistory.com>) 중 선박설계의 구분, 과정, 역할 및 특징 부분을 참고해서 요약 정리했음을 밝혀둔다.

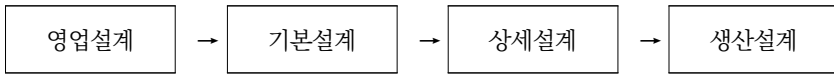
계부서의 인력 및 예산을 효율적으로 배분하여 업무지시를 하며, 설계기술자를 지휘 및 감독한다. 또한 선주에게 설계도와 계산서, 사양서의 승인을 의뢰하고, 안전성에 관련된 선급협회에 승인을 의뢰한다. 그리고 선박설계 관리자의 지휘하에 각 설계 분야의 기술자들이 선박의 기본도면 및 생산도면을 작성한다.

우선 선박설계를 단계별로 살펴보면, 이는 영업(전적)설계 → 기본설계 → 상세설계 → 생산설계로 구분할 수 있다. 영업설계는 선박의 계약을 위해 선주의 요구조건에 따라 초기에 개념설계(Concept Design)를 수행하는 과정으로, 아직까지 구체화된 선박은 아니라고 할 수 있다. 영업설계도를 가지고 조선소 영업팀에서 영업활동을 통해 선박을 수주하면 선박을 발주할 선주사와의 협상을 통해서 기본설계를 진행하는데, 이는 조선소가 제시한 선가, 선박의 완성 시기, 개략적인 주요 항목들에 대해 선주가 만족하여 양자가 좀 더 상세한 사양을 의논하게 되는 때부터 상세설계 전까지의 과정이다. 다음, 상세설계는 건조 선박에 대한 실제 공사용 도면을 작성하는 설계 과정이다. 마지막, 생산설계는 건조 선박의 공작에 필요한 모든 부재의 가공을 위한 일품도(각 부재 상세도)와 취부도(의장품의 취부 상세도) 등을 작성하는 설계 과정이다. 설계의 난이도는 기본설계 > 상세설계 > 생산설계라고 할 수 있다.

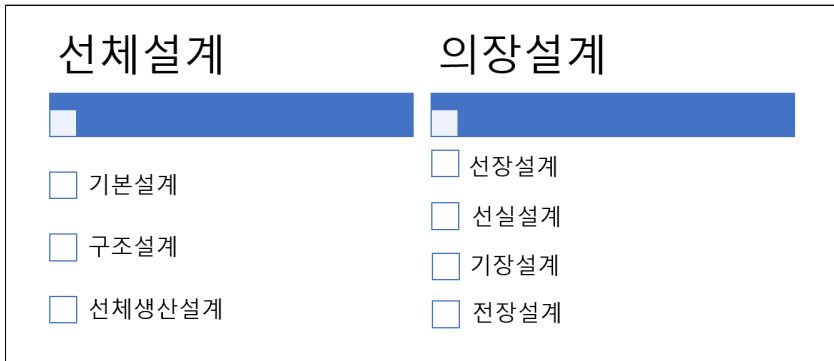
한편 선박설계는 각 부문별로 구분할 때는 크게는 골격에 해당되는 선박의 전체적인 외양을 담당하는 선체설계와 선박의 각 부문에 해당되는 의장설계(이는 인체로 비유하면 장기, 혈관에 해당)로 구분하고 있다. 선체설계는 튼튼하고 빠른 속도를 낼 수 있는 선체를 만들고 바다 위에 떠있게 만드는 작업을 담당하고 있다. 선체설계는 다시 기본설계와 구조설계, 선체생산설계로 구분하고 있다. 의장설계는 다시 선박의 각 부문별로 선장(선체 의장)설계, 선실설계, 기장(기관 의장)설계¹⁵⁾, 전장(전기 의장)설계로 구분하

15) 의장설계의 각 부문은 다시 선장설계는 선장배관설계와 선장철의설계, 선실설계는 선실배관설계와 선실목의설계, 기장설계는 기장배관설계와 기장철의설계로 구분된다. 이러한 점에서 의장설계에서 선박의 각 부문 설계는 배관과 의장으로 다시 구분된다고 할 수 있는데, 의장설계에서 선실의 경우에는 사람이 거주하는 공간으로 목재사용이 많아서 목의(장)설계이며, 다른 부문은 철의(장)설계라고 지칭하고 있다.

〈표 4-3〉 선박설계의 단계별 과정



[그림 4-6] 선박설계의 부문별 구분



자료: 저자 작성.

고 있다. 전장설계 부서는 선박의 전 구역에 들어가는 전기시스템(Power Distribution and Control System)과 전장장비(Electric Motor 등) 및 CABLE WAY 등을 설계하는 부서로, 조선업의 디지털 전환에서 중요한 역할을 담당하고 있다.

선박설계를 하는 데 걸리는 시간은 배의 밑그림을 그리는 개념설계부터 선주, 선급과의 조율을 거치는 기본설계, 그리고 수백 장이 그려지는 상세설계와 야드에서 기능직 작업자들이 직접 보는 수천 장의 생산설계가 완성되기까지 많은 설계인력이 작업을 하고 있는데, 최종적으로 설계가 완성되기까지 일반적으로 약 12개월이 소요된다. 원가 및 물량이 대부분 결정되는 단계인 기본설계가 3개월 걸리며, 도면을 구체화하는 단계인 상세설계가 5개월로 이때 구조와 의장배치도 작업이 진행된다. 마지막으로 공법 및 작업장소를 연계한 생산도 작성 단계인 생산설계에 4개월 정도 소요된다. 이와 같은 장시간이 소요되기 때문에 도면이 완성돼야 본격적으로 후공정인 생산에 돌입할 수 있는 만큼, 적기에 도면을 제공하기 위해 많은 설계요원들이 협력해서 노력하고 있다.

그리고 보통 기본설계를 진행할 때는 총괄 프로젝트 매니저(PM) 1명에 각

의장별 담당 엔지니어들을 배치해서 7명이 공동작업을 진행한다고 한다. 그리고 실제 계약이 성사되면 이후 상세설계를 진행하는 방식으로 진행하고 있다. 설계업무에 대한 평가는 프로젝트 팀별로 진행하는 것이 아니라 원래 소속된 담당 부서에서 평가를 받는다고 한다. 기본설계는 설계 과정에서 오작을 내지 않으면서 빨리 작업을 마무리해내는 것이 평가에서 중요하다. 선종별 설계난이도, 참여한 프로젝트의 수 등을 감안해서 소속 부서에서 평가하고 있다.

이러한 점에서 선박설계에는 건축학, 전자/전기공학, 화학공학, 재료공학, 기계공학, 산업공학, 조선해양공학 등 다양한 학과의 전공자들이 여러 분야에서 필요하다고 할 수 있다. 물론 의장설계 단계에서는 주로 조선공학이나 기계공학 전공자들이 담당하는 기장(기관부장) 설계가 핵심이지만, 최근 들어서 전장(전기의장)설계의 중요성이 점차 높아지고 있다고 한다.

2. 조선업 엔지니어 양성 과정

다음으로 조선업체들의 엔지니어 확보 및 양성과정을 살펴보도록 하자. 이에 앞서 일반적인 대학의 조선공학 교육과 연동해서 검토하도록 하자. 조선업체에서 근무하는 엔지니어의 입장에서 대학 조선공학과의 교육은 일반적인 개론만 배우는 수준이라고 평가하고 있다. 즉, 학교에서 배우는 것은 조선업체에서 새로운 것을 배우기 위한 사전 학습 정도의 의미를 부여하고 있었다. 대학 조선공학과의 교육은 조선소 현장보다는 새로운 규정 등에 대한 정보가 조금 더 늦은 편이어서 경쟁력이 있는 조선소 입장에서는 갓 조선공학과를 졸업한 다졸자들의 실력이 부족하다고 생각한다.

다만 대학에서 제대로 사전학습된 엔지니어들을 양성해서 조선업체로 보내는 것이 중요하다는 점은 부인하기 어렵다. 이러한 점에서 조선업 엔지니어 출신으로 대학 조선공학과 교수로 이직한 인터뷰이는, 오늘날 대학교육의 의미를 다음과 같이 설명하고 있다.

“조선소에서 요구하는 엔지니어들이 무엇인지를 파악하고, 이에 적합한 소양을 쌓을 수 있도록 교육하는 것이 필요하다고 생각해요. 품질검사를 하더

라도 전반적인 선박에 대한 이해를 많이 하는 것이 중요하다고 할 수 있습니다.”

대신 대학에서는 석사과정으로 조선소 엔지니어들 위탁교육을 많이 하는 편이라고 한다. 회사 내에서도 능력 있고, 학습에 대한 열의가 있는 엔지니어들의 대학원 진학을 권장하면서 지원해 주고 있었다. 이렇게 석사과정을 외부에서 하는 것이 회사 입장에서는 엔지니어들이 기본을 탄탄하게 다진다는 점에서 도움이 되고, 대학에서는 기본 개념지식에 대한 학습의 대가로 현장의 최신 기술 트렌드를 파악할 수 있다는 점에서 서로 긍정적인 영향을 주고받고 있었다.

조선소에 엔지니어로 입사한 이후 양성과정을 여러 명의 인터뷰를 통해서 확인한 바를 재구성해서 살펴보도록 하자. 우선 입사 후에는 현장에서 활용하고 있는 설계도면들 중에서 쉬운 도면부터 시작해서 점차 어려운 것들을 배워나가는 과정이라고 할 수 있다. 특히 앞서 선박설계가 각 부문별로 분리되어 있다는 점을 확인했는데, 조선업체 내에서 설계를 하는 경우 본인의 담당 분야 설계 이외에 다른 분야 설계에 대한 기본적인 이해를 하는 것이 매우 중요하다는 점을 강조하고 있다. 예를 들면 선장설계를 담당하더라도 기장설계나 선실설계에 대한 이해가 필요하며, 다른 설계부서에서 일해 보는 것도 좋다. 아울러 조선소에서 하나의 선종만 건조하는 것이 아니라 벌크선, 유조선, 컨테이너선, LNG운반선 등 다양한 선종을 건조하고 있기 때문에 한 선종에 대해서만도 자신의 담당 설계 분야를 제대로 이해하려면 2년(2척의 설계 참여)이 필요하다. 따라서 전반적인 선박설계의 유관분야에 대한 이해를 하기 위해서는 10~15년 정도의 숙련이 필요하다. 이런 점에서 선박설계 엔지니어들의 경우에도 도제식 교육이 필요하다는 점을 지적하고 있다. 아울러 조선소 엔지니어의 경우에는 새로운 엔지니어링에 대한 천재적인 발상이 필요한 경우도 있겠지만, 이보다는 다양한 선종의 설계에 참여하면서 도제식으로 꾸준하게 많은 경험을 쌓아가는 엔지니어, 학습의지가 높은 노력형 엔지니어가 중요하다고 할 수 있다.

기본설계에서 PM 역할을 하려면 해당 선종에 대해 3년 정도의 경험이 쌓이게 되면 어느 정도 해당 프로젝트를 이해하고 주도가 가능하다고 한다. 반

면 상세설계는 반복업무가 많고 일정이 정해져 있기 때문에 1~2년 정도면 숙달될 것이라고 평가를 하고 있었다. 하지만 업무과정에서 도제식으로 정보를 전달하고 제공하는데, 해당 선종에 대해서 깊이 있게 이해하려면 3년 정도는 경험해봐야 한다고 한다.

아울러 회사 내에서 엔지니어 양성을 위한 교육지원은 위에서 언급한 바와 같이 실제 업무에 참여하면서 경험을 쌓아가는 방식이므로, 외부에서의 설계엔지니어링 교육은 별로 도움이 되지 않는다고 한다. 회사 내부에서 진행되는 부서별 회의와 세미나 등이 많은 도움이 된다고 한다.

한편 최근에는 회사 내에서 도제식으로 선임에게 학습받는 기간은 과거보다는 다소 단축되고 있다고 한다. 이는 선박 진행과정 및 공정별 설계자료가 축적되고, 또한 데이터베이스화해서 관리하고 있기 때문에 과거보다 자료를 찾는 데 걸리는 시간들이 줄어들면서 학습시간 또한 줄어들고 있다고 한다. 아울러 이처럼 회사 내 설계관련 지식들을 축적해서 관리하게 되면서 엔지니어들에게 다른 부서의 자료들을 사내에서 찾아보거나 다른 부서의 세미나에 참여하는 것을 권장하고 있다고 한다.

그리고 최근 조선업체들은 ‘설계표준서’를 통한 엔지니어링 작업의 표준화를 많이 추진하고 있었는데, 엔지니어들의 경우 표준서의 중요성에 대해서는 깊이 공감하고 있었으며, 이와 같은 표준서의 체계적인 관리가 향후 조선업체들의 역량을 좌우할 것이라고 진단하고 있었다. 나아가 타 직무와의 문제점 발생에 대한 대처방안, 생산과의 연계 시 효율적인 대처방안에 대해서 체크리스트를 만들고 있었다. 그리고 최근 인공지능을 사내 업무 프로그램에도 도입하고 있었는데, 생성형 DB화를 추진, 선주들의 기술적 질문에 대해 AI가 답변하도록 개발하고 있었다.

조선업체들은 ‘설계표준서’라는 이름으로 엔지니어링 업무에 대한 노하우들을 정리하고 있기는 하지만 핵심적인 내용들을 표준서에 다 담아내지 못하는 측면이 있다고 한다. 이러한 점에서 선임과 후임 간 협업을 통한 업무경험과 학습은 여전히 중요하다. 즉, 표준서만으로 혼자서 학습하기에는 분명한 한계가 있다고 하며, 최근 AI가 답변을 도와주기 때문에 빨리 접근할 수는 있지만 여전히 선임자들이 표준서에 담아내지 못한 내용들을 채워주는 것이 필요하다는 점에 대해서도 공통적인 의견이었다.

이와 같은 엔지니어들의 양성 및 표준화한 설계 프로세스의 관리는 한국 조선업체들의 장점이라고 할 수 있다. 특히 이러한 과정에서 조선업체들의 고객이라고 할 수 있는 선주사 및 선급들과 소통하면서 새로운 기술들을 개발하거나 공정개선을 지속적으로 추진하면서 제품의 품질을 향상하는 점이 중국 조선업체들과는 다른 한국 조선업의 장점이라고 한다(이윤관 외, 2014). 중국 조선업의 구조적인 문제점으로 인해 전반적인 엔지니어링 시스템이 혁신되지 않는 한, 중국 조선업과 한국 조선업의 격차는 당분간 유지될 것이라는 전망도 있다(석중훈 외, 2018).

3. 전장설계 중요성 증가 및 타 부서와의 협업

최근 선박 패러다임의 변화와 함께 과거에는 조선소 선박설계에서 중요성이 낮았던 전장설계 부문의 중요성이 점차 높아지고 있다고 한다. 이러한 조선공학 트렌드를 반영하여 최근 대학의 조선공학과 내에서도 친환경선박의 이해, 인공지능과 선박, 전장의 이해, 3D 프린팅 등과 관련한 새로운 교과목들을 개설해서 수업을 진행하고 있다고 한다. 아울러 기존의 조선공학과와의 전공수업만으로 한계가 있다는 인식으로 일부 대학에서는 자율주행운항과, 해양모빌리티학과 등을 신설해 기존 조선공학과에서 학습한 내용에 선박의 디지털 전환 관련 내용들을 추가한 학과들을 신설하고 있기도 했다.

아울러 조선업체들 내에서도 비단 전장설계뿐만 아니라 엔지니어들이 하나의 설계 엔지니어링만 하는 것이 아니라 다양한 설계를 경험하게 하면서 하이브리드 개념의 설계전문가들을 양성하려고 시도하고 있었다. 따라서 최소한 2개 이상의 직능에 대한 학습과 업무를 권장하고 있는데, 이와 같은 ‘업무의 하이브리드화’에 대한 강조는 선박에 대한 기술의 복잡도가 증가하면서 복수 직능을 하는 엔지니어가 필요한 실정이기 때문이다. 예를 들면, 조선공학과 출신의 엔지니어가 전장설계에 대해서 개념을 어느 정도 이해하고 협업을 하는 경우에는 스마트선박 개발 프로젝트 참여를 적극적으로 권장하고 있다고 한다¹⁶⁾.

16) 이는 엔지니어 분야에서 전문적인 도메인 지식(domain knowledge)을 바탕으로 문제해결형 학습(PBL: Problem Based Learning)을 통해 융합을 추구하는 최근

약 15여 년 전부터 조선업체들에서는 전기전자공학 전공의 엔지니어들을 채용하고 있다고 한다. 전자공학 전공자들이 조선소에 입사하면 거의 대부분 전기 및 전산관련 업무들을 담당하게 된다. 하지만 여전히 전체 조선소 엔지니어링 부서에서 전장설비 쪽 엔지니어의 수는 여전히 소수라고 할 수 있다.

전장설계에서는 도면을 그리는 일의 비중은 실제로는 20% 정도이며, 전장설계 인력부족으로 여러 선박에 대한 설계를 동시에 진행하는 경우가 많아, 업무가 중첩되면서 시간이 길어지면 오작이 발생하는 문제가 있다고 한다. 즉, 사람을 충원하지 못하는 어려움으로 인해 최근에는 전기전자 전공자들이 부족해서 타 전공 공학도들을 전장부서로 발령을 내기도 하고 있었다. 하지만 비전기전자 전공자들이 전장설계 관련 업무를 하기에는 다소 어려움이 있다. 만약 본인이 학습 의지가 있어서 업무시간 이외에 별도로 전기공학 관련 전공공부를 진행한다면 가능할 수 있겠지만, 그렇지 않은 경우에는 역량의 한계에 직면하고서 타 부서로 이직 요청하는 경우가 많다고 한다. 이러한 점에서 전장설계 업무의 중요성이 높아지고 있는 반면에 조선업체로 취업하려는 전공자들은 많이 부족한 상황에 직면하여 어려움이 있었다.

조선업체들도 디지털전환을 중점 과제로 선정하고 있는데, 디지털 전환 부서에는 전산, 산업공학, 전자, 조선, 설계 등 다양한 전공자들이 같이 일하고 있다고 한다. 특히 자율선박 등에 대해서는 회사 차원에서도 집중적으로 지원하고 협의하면서 진행하고 투자를 많이하고 있다고 한다. 이는 선주사들이 요구하기에 앞서 선주들의 미래 수요에 선제적으로 대응하겠다는 조선업체들의 전략이라고 할 수 있다.

동시에 생산현장 야드의 생산시설에 대한 무인화 및 자동화를 추진하면서, 회사 내에서 따로 디지털 전환(DT/DX) 부서를 신설해서 추진하고 있다고 한다. 그런데 기존 조선공학과 출신이 압도적으로 다수인 경영진들의 디지털 기술에 대한 이해도가 상대적으로 낮아서인지 실제 경영진의 디지털 전환에 대한 관심이 그렇게 높은 편은 아니라고 한다. 그렇지만 조선업체 입장에서는 새로운 먹거리 발굴을 위한 전략으로 디지털전환 부서의 인원

이 계속 늘고 있기는 하지만, 필요한 만큼 충분한 인원을 확보하고 있지는 못했다. 이는 조선업체들이 비수도권 남쪽 해안에 위치해 있기 때문에 최근 대학 졸업한 전기전자 공학 엔지니어들에게 매력적이지 못하기 때문이라고 한다. 2차전지 등 전기전자 전공자들의 수요가 타 분야에서도 많은 상황에서 조선업체는 전장설계 및 스마트선박, 스마트 야드 사업에 참여할 인력이 부족하다. 그런데 처우개선 등을 통해서 전기전자 전공자들을 확보하기 위한 노력은 상대적으로 부족한 편이었다.

제3절 조선업 전장설계 엔지니어링 특성

1. 입사 및 사내 훈련 과정 : 대학교육과의 차이점

오늘날 대학교 공학교육에서 학생들을 양성하는 것의 목적은 무엇인가? 이러한 질문에 대해서 매우 다양한 의견이 있을 수 있겠지만, 대학이 기업들의 기술수준, 특히 한국 조선업체들처럼 세계 조선업 기술을 선도하고 있는 조선업체들의 기술수준, 최첨단 기술 트렌드를 따라잡기에는 현실적으로 불가능하다고 한다. 이러한 점에서 대학교육은 관련된 기본적인 기초지식을 가르쳐주는 역할, 엔지니어들이 계속 공부를 할 수 있도록 기본을 다져주거나 회사에서 실무부서에 배치되었을 때 최소한의 필요한 지식들을 습득하게 하는 역할을 하는 것이라고 할 수 있다.

이러한 점을 잘 알고 있는 대학에서도 조선업체에서 요구하는 내용들을 충실히 가르치려고 하는데, 조선업체 입장에서는 충분히 만족스럽지는 못할 수 있을 것이다. 다만 지식의 틀을 형성해주고 어느 업체에서 일을 하든지 일정한 통일된 기준을 제공하는 역할이 중요하다. 예를 들어 선급마다 다른 규칙들이 있는데, 선급들 간의 기술의 공통성을 추출하고 실제 현장에서 응용가능하도록 기본지식을 학습하는 것이 중요한데, 이러한 기본기는 대학에서 배우는 것이 중요하다는 의견이었다.

전기공학을 전공하고 조선업에 취업한 인터뷰이는 현재는 조선업에서 전

기전자가 비주류이기는 하지만, 앞으로 조선업체에서 전장 쪽 인력을 많이 뽑을 것이라는 얘기에 향후 전망이 있을 것이라는 생각에서 조선업체에 지원하였다고 한다. 아울러 10여 년 전만 하더라도 조선업체 엔지니어의 신입 연봉이 전자업체 신입 연봉보다 훨씬 높았다고 한다. 또한 당시에 조선업체는 정년까지 고용이 보장되어 오래 다닐 수 있다는 인식이 있었고, 전자업체는 당시 40대 중반이면 밀려난다는 인식이 팽배해서 전기전공으로서 조선업체 취업의 문을 두드렸다고 한다. 부서 내 동료들은 주로 전자공학, 데이터공학 출신인데, 대학에서 배웠던 전자공학에 대한 지식들이 조선소 현업에서 크게 중요하지는 않다고 생각하고 있었다.

전장설계 인력의 경우에는 대학교육에서 조선업을 염두에 둔 교육을 진행하는 것이 아니기 때문에 대학에서 석사과정을 마쳤다고 하더라도 조선소에서 활용하는 지식과 정보의 수준이 조선공학 전공자들과 비교하면 상대적으로 더 낮다고 할 수 있다. 이로 인한 어려움을 호소하기도 하였다.

“전기공학 전공으로 조선 쪽에서 설계 업무를 하는 게 매우 어려웠어요. 혼자서 (전장설계) 업무를 치고 나가려면 4년 이상 일을 해야 할 것 같았어요. 최소 대리 이상이 되어야 자체적으로 할 듯.”

조선소에 취업해서 일을 하면서 선박의 전자장비를 조작해서(operation) 운행하는 것을 보면서 업무에 대한 성취감은 있으나, 대학교육과의 차이로 인해 선박 전장설계를 새롭게 배워가는 과정이 어려웠다고 설명하고 있었다. 즉, 전공접합성과 관련해서는 학교에서 전기전자 관련 배웠던 내용들을 거의 활용하지 못했다고 생각하고 있었다. 예를 들면 대학에서 전자회로 수업 시간에 배운 내용을 기본적으로 활용하는 정도였으며, 다른 수업들은 조선소에서 바로 활용하기는 쉽지 않다는 의견이었다. 이는 (전기전자 비전공) 관리자들의 낮은 이해도 때문이라는 지적을 하고 있는데, 향후 조선업체들에서 전기·전자 전공 엔지니어들의 효율적인 활용을 통해서 선박의 품질 수준을 향상시키고, 엔지니어들 또한 전문성을 높일 수 있는 계기를 만드는 노력이 필요할 것이다.

전장설계 엔지니어들의 경우 전기·전자공학, 컴퓨터 전공, 반도체, 정보통신 전공한 엔지니어들이 함께 일을 하고 있는데, A기업의 경우 설계 엔지

니어가 500~600여 명 되는데, 조선공학 및 기계공학이 대부분이며, 전장설계 부서에는 약 70명이 일을 하고 있다고 한다.(이 외에 조선소 내 소수 전공으로는 화학공학도 있는데, 약 15명 정도 근무하고 있다고 한다.) 전장설계 부서가 조선소 선박설계에서 차지하는 비중은 작지만, 오늘날 선박은 전기가 있어야만 선박이 작동하고 운항을 시작할 수 있기 때문에 반드시 필요하다는 점은 분명하다. 이러한 점에서 전장설비 담당자와 타 설계부서의 소통이 필수적이다.

한편 조선공학을 전공한 엔지니어로서 전자공학 전공자들과 함께 일하고 있는 인터뷰이의 경우 전기·전자공학 전공자들과 함께 일하면서 느낀 점으로 이들의 변화에 대응하는 속도가 엄청 빠르다는 점에 놀라움을 금치 못하였다. 전기전자 엔지니어들은 프로젝트를 추진하면 바로 연구개발을 통해 사업화를 시도하는데, 기존 조선공학 전공자들의 프로젝트 대응 속도와 비교하면 매우 빠르다는 점을 인상적으로 지적하고 있었다. 아마도 이는 가볍고 응용이 빠른 전기전자 제품과 무겁고 안전성을 최우선으로 하는 선박 제품의 특성의 차이에서 기인하는 것으로 짐작된다. 이처럼 조선업 엔지니어링 부서에서 타 전공자들이 진출을 하면서 조선업 내부 엔지니어링 시스템과 운영이 최근에는 조금씩 바뀌고 있다고 한다.

2. 엔지니어들에 대한 인적자원 관리

현재 해운업과 조선업의 관계에서는 새로운 선박에 대한 교체수요가 증가하면서 조선소들에 유리한 국면이 전개되고 있는데, 이러한 현재의 유리한 국면을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 친환경 선박이나 스마트선박에 대한 선주들의 요구를 중국이 따라오지 못하고 있는 현실에서, 한국 조선업체들이 선박 패러다임의 변화에 조용하면서 새로운 대응을 위한 한국 조선업의 대응 역량이 필요하다. 이러한 점에서 한국 조선업이 지속적으로 현재의 역량을 유지하는 데 필요한 엔지니어를 양성하기 위해서는 우선 엔지니어들에 대한 처우개선과 함께 인적자원에 대한 관리가 필요할 것이다¹⁷⁾.

17) 최근 연구개발인력(엔지니어)의 인사관리가 연구개발인력의 직무 및 조직에 대한 태도에 미치는 영향을 분석한 연구가 있었는데, 몰입형 인사관리와 스톡옵

1990년대 중반의 경우 일본 조선업이 우위를 점하던 시절이었으나 2000년대 초반 이후 한국이 추격하여 우위를 점하고 있는데, 이와 같은 추격을 앞으로 중국에게 허용하지 않기 위한 노력의 하나로 엔지니어에 대한 인적자원 관리가 필요할 것이다.

조선업체들의 엔지니어들에 대한 인적자원 관리는 조선업 위기가 종료된 2021년 이후로는 과거보다 많이 좋아졌고, 직원들의 일과 생활의 균형에 대해서도 신경을 많이 쓰고 있는 편으로 전반적으로 개선되고 있다는 의견이 다수였다. 이는 조선업체들이 인재를 확보하기 어렵기 때문이라고 할 수 있다. 특히 조선공학과와 함께 기계공학과 전공생들을 모집하는 데도 어려움이 있는데, 이러한 현실을 반영해서 조선업체들도 꾸준히 엔지니어들의 근무환경을 개선하고 이에 대한 투자도 진행하고 있었다.

하지만 현장에서 일하는 엔지니어들의 경우에는 회사 내 인간관계에서 어려움을 호소하고 있었다. 압도적으로 남성 중심인 조선업계의 인간관계는 그동안 관행으로 인해 상하 간 소통이 원활하지 않은 편이었다. 회사에서도 엔지니어들의 근무환경 개선 차원에서 소통의 필요성에 대해서는 공감하고 있지만, 이를 해결하기 위한 시도는 그동안 잘하지 못하고 있다고 한다. 이는 그동안 조선소가 적자라는 이유로 소통의 자리를 만들지도 않다가, 최근 신규인력 확보는 잘 되지 않는데 기존 엔지니어들의 이직이 심해지면서 소통에 대한 교육을 시작하고 있다고 한다.

아울러 최근 소위 MZ세대가 많이 입사하면서 힘든 일과 밤샘을 기피하는 문화가 조선업계에도 확산되고 있다고 한다. 여기에 대처하기 위해서는 근본적으로 업무량을 줄이거나 업무처리 속도가 빨라져야 한다. 앞서 살펴본 바와 같이 정보의 데이터베이스화 수준이 향상되고, 또한 각종 정보처리 프로그램들의 성능이 매우 좋아지면서 과거에는 1개월 걸리던 작업이 최근에는 몇 시간 만에 시뮬레이션할 수 있게 되었기 때문에, 기존에 사람이 직접 처리하던 상당한 양의 일들을 컴퓨터가 할 수 있게 되면서 다행스럽게도 업무시간이 크게 줄어들었다고 한다. MZ세대들과 함께 일을 하면서 느낀 점으로 이들의 학습능력이 매우 뛰어나며, 업무에 대한 자율성을 많이 요구하

선이 연구개발 인력의 업무 만족과 조직몰입을 일관되게 높이는 것으로 나타났다(김동배, 2023).

는 편이라고 한다. 예전의 상사들처럼 두루뭉술하게 업무지시를 하는 것이 아니라 정확하게 업무를 지시하면 스스로 자율적으로 알아서 잘하는 편이라고 한다. 대신 단점으로는 회사 내에서 동료들 간, 또는 팀 간 경쟁의식이 지나치게 강해서 협업이 잘 안 되는 편이라는 점을 지적하고 있다. 즉, 자의식이 강한 편이며, 사람을 통해서 배우는 전통적인 도제식 교육이 익숙하지 않으며, 회의하고 협의하는 것에 다소 약점이 있다고 지적하고 있었다. 아울러 협업과 토론, 설득과 수용에 대한 트레이닝이 다소 부족해서 프로젝트 업무를 함께 할 때 시너지 효과가 크지 않다는 점도 지적하고 있다. 이러한 조선업 엔지니어 인사노무관리의 어려움으로 인해 예전보다 이직이 많은 것으로 해석하고 있었다.

반대로 기존 선임 엔지니어들의 회사 내 문화적 장점으로는 마찬가지로 자부심이 매우 크고, 불가능은 없다, 할 수 있다는 인식이 매우 강하다고 한다. 그리고 가장 큰 장점으로는 업무에 대한 몰입도가 매우 높다고 하는데, 이는 선임들이 살아왔던 시대의 고도성장 경험이 사회문화적인 분위기를 형성하면서 회사 업무에 대한 적극적인 몰입으로 이어질 수 있었던 것 같다고 해석하고 있다. 대신 개방적인 사고나 창의적인 사고가 부족하며, 관성에 의존하다 보니 상당히 폐쇄적이라고 한다. 일례로 손으로 직접 설계도면을 작성하던 선임이 있었는데, 보다 편리한 컴퓨터 설계를 권하더라도 새로운 툴(tool)을 거부하는 사례도 얘기를 하고 있었다.

엔지니어들의 회사 업무에 대한 만족감이나 보람의 경우, 과거에는 업무에 대한 자부심이 컸는데, 최근에는 업무에 대한 보람보다는 업무에 대한 스트레스가 심해지고 있다고 한다. 근속연수가 높아질수록 맡은 책임은 커지는데 이에 비례한 보상은 충분하지 않다는 인식이 최근 엔지니어들 사이에 확산되면서 불만이 커지고 있다고 한다. 회사에서는 엔지니어들에 대한 별도 보상체계를 조금씩 만들어가고는 있지만, 타 업계와 비교하면 성과보상의 비중이 상대적으로 낮다는 인식이 많았다.

아울러 조선업 특성상 선박수주 영업이 수시로 이루어지면서 이로 인한 업무량의 큰 변화와 변동량에 따른 업무를 적절히 처리할 만큼 충분한 인원이 없는 것에 대해서도 불만이 컸다.

이에 대한 대책으로 회사에서는 자율근무제를 도입하고, 최근에는 연월

차도 자유롭게 사용할 수 있는 분위기로 사내 분위기가 많이 변했다는 점은 인정하고 있었다. 이런 점에서 기업 내 문화는 많이 바뀌었다고 평가하고 있다. 나아가 최근에는 기존에 자신이 다니던 회사와는 완전히 다른 회사를 다니고 있다는 느낌이 들 정도라고 한다.

이러한 변화 과정에서 엔지니어들의 만족도가 크게 향상되었지만, 새로 조선소에 입사하는 신규 엔지니어 인력이 여전히 부족한 편이며, 이직 또한 빈번하게 발생하고 있다. 조선소 입사 후 중간에 발전소 등 공기업으로 이직하거나 전문 엔지니어링 회사로 이직하는 경우도 상당수 있다고 한다. 이러한 문제점들에 대해서 조선업체들도 원인을 비공식적으로 파악하고 있는데, 퇴사 사유로는 급여나 근무환경보다는 비수도권 남해안 지역이라는 점이 가장 중요한 이유로 지적하고 있다고 한다. 그런데 조선소가 수도권에 위치하기는 현실적으로 불가능하기 때문에 조선업체들이 연구개발부서만 수도권으로 옮기는 경우가 나타나는 것도 이와 같은 맥락에서 해석해야 할 것이다. 하지만 상당수 엔지니어들은 여전히 야드가 있는 남해안에서 근무를 해야 한다는 점에서, 수도권 연구센터 설립은 조선업체들이 젊은 엔지니어들을 확보하기 위한 근본적인 대안이 될 수 없다. 대신 엔지니어들의 역량을 자동화와 디지털화를 통해서 보존하려고 하고 있었으며, 표준화, 자동화 등을 통해서 사람의 역할을 점차 줄여나가야 한다고 생각하고 있었다. 즉, 인건비 비중을 줄이는 것보다는 시스템화를 통해 인력 부족에 대한 대응이 더 중요하다는 의견이 많았다.

엔지니어 인력문제에 대한 대응 차원에서 조선업체의 인사노무관리가 중요하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 엔지니어 중에서 좋은 매니저의 중요성이 점차 커지고 있다고 한다. 그런데 조선업체 인사노무부서에서 매니저급과 일선 엔지니어들의 관계 개선이나 상호 소통은 상당히 부족한 편이라는 점을 지적하고 있다. 어떤 점을 지적하는 것인지를 추가로 질문한 결과, 회사의 인사노무관리에서 엔지니어들에 대해서는 별도로 관리하는 프로그램도 없고, 소통 채널 개선 노력도 부족하다고 말하였다. 아울러 인사노무부서가 (생산직) 노조를 중심으로 대응하는 데 익숙하기 때문에 회사의 인사노무관리가 노조 대응 중심으로 운영되고 있다는 점을 불만으로 지적하고 있었다. 그런데 엔지니어들의 경우 대리 직급까지는 조합원이지만 과장승진

하면서 노조에서는 자동으로 탈퇴하게 되는데, 탈퇴한 매니저들은 회사로부터 관리나 보호를 받는다는 인식을 하지 못하고 있었다¹⁸⁾.

즉, 회사의 인사노무관리가 현장 기능직 중심이라는 점에 대해서 일정하게 불만이 있었으며, 이는 회사의 노조리스크가 엔지니어의 인사관리에도 상당한 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 생산직 노조 관리 중심의 회사의 인사노무 정책으로 인해 조합원이 아닌 엔지니어들의 역량을 충분히 이끌어내는 데 효과적이지 못한 점을 확인할 수 있었다¹⁹⁾. 앞으로 조선업체들이 디지털 전환에 능동적으로 대응하기 위해서는 유능한 엔지니어들의 장기근속을 유도하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 높은 보상수준을 제시하는 것이 필요할 텐데 회사에서는 (생산직) 노조의 눈치를 보느라 엔지니어들의 임금인상을 충분히 해주지 못할 여건이라고 회사에서 설명하면서 엔지니어들의 불만이 고조되고 있는 측면이 있었다.

3. 조선업 타 (설계) 부서와의 협업 및 애로사항

설계나 연구의 결과물은 일단은 문서로 외화되는데, 문서로 존재하는 ‘종이배’를 현실에 구현하는 과정에서 사전에 예측하지 못한 다양한 문제점들이 발생할 수 있다. 각각의 설계는 완벽하더라도, 하나의 제품으로 만드는 과정에서 간섭현상이 발생할 수 있다. 이러한 점에서 선박설계 과정 및 종료 이후에 타 설계부서와의 소통 및 협업이 매우 중요하다고 할 수 있다.

우선 기본적으로 부서 내에서는 업무매뉴얼을 활용하여 기존 데이터들을 활용하여 오작 설계 등을 검토하고 있었다. ‘소위원회’를 통해서 같은 분야 사람들끼리 문제를 해결해가고 실무적 노하우를 축적하고 있는데, 이와 같은 소위는 한 달에 한 번 정도 개최하고 다양하게 피드백을 받으면서 서로

18) 한국의 엔지니어는 사무직과 매우 가깝게 통합되어 있으면서 동시에 생산기능직과 차별화되어 인식되고 분리되어 상대적으로 독립된 조직에서 고급 기술 인력으로 인식되어 활동을 하다보니, 즉 기업 내에서 생산기능직과 관리직 사이에 놓인 일종의 중간 계층(middle class)에 해당한다(이상준 외, 2020).

19) 이와 같은 특성은 엔지니어들이 조선소 내에서 노조에서도 배제되고, 인사관리 조직에서도 배제되는 현상으로 이어지고 있다. 이러한 맥락에서 제조업 엔지니어 및 사무관리직 MZ세대들이 최근 노조 설립을 시도하고 있다고 해석할 수 있다(박종식, 2022).

도움을 받고 있었다.

다음으로 타 설계 엔지니어 부서 간 소통 또한 필수적인데 이 점에 대해서는 전장설계와 기존 조선공학, 기계공학 전공자들과의 소통은 그다지 잘 되지 않는 편이라고 한다. 이는 단지 소통을 안 하는 것이 아니라 소통을 하기는 하는데, 실질적인 소통으로 잘 이어지지 못하는 점을 강조하고 있었다. 여기에 대해서는 다른 전공 간 기본적으로 현상을 바라보고 이해하는 방식의 차이가 크기 때문이라는 점을 지적하고 있다.

“기계나 조선공학과 출신과 대화하면서 어려운 점은요. 기계과는 사물을 가시적인 형태로 원리를 이해하고 있더라구요. 반면 전기는 눈에 보이는 것이 아니라 전자파의 흐름이거든요. 기계적으로, 가시적으로 이해하는 것과 전기의 원리의 차이를 잘 모르는 것 같아서 처음에 같이 회의하다가 당황했던 적이 있습니다.”

이런 사례를 보면 회사 내에서 엔지니어들이 각자 담당 업무만 최선을 다해서 한다고 좋은 선택이 생산되는 것이 아니고, 협의와 소통이 많이 필요하고, 또한 제대로 된 소통이 이루어져야 한다는 점을 확인할 수 있다. 하지만 위의 사례와 같이 서로의 이해방식의 차이가 분명하게 존재하기 때문에 서로 대화와 소통을 하는 것과 함께 서로를 이해하기 위해서 많은 시간을 함께하는 것도 필요할 것이다. 앞서 지적한 바와 같이 회사에서 함께 작업하는 기회를 자주 제공하는 것도 엔지니어 전반의 수준향상을 위해서 중요해 보인다. 이러한 점에서 전통적인 조선공학 엔지니어와 전기전자 엔지니어 간 접점(interface) 형성과 협업이 디지털 전환에서 중요하고 필수적이라는 점을 확인할 수 있다. 이는 아울러 조선업을 어느 정도 이해하는 전기공학 전공, 화학공학 전공 등의 엔지니어 양성의 필요성도 확인할 수 있다.

아울러 조선소에서 전장설계의 비중이 조금씩 높아지고 있는 편이기는 하지만, 전장설계 부서에서는 부서장까지는 하지만 아직 엔지니어 파트의 임원은 없다고 한다. 게다가 선체설계 등의 부서 예산은 전장설계 예산보다 월등하게 많은데, 이로 인한 불만도 있었다.

“(예산이) 선체, 기장, 선장, 전장, 순서… 임원들은 예산절감을 어느 정도 하

느냐로 평가를 받는데, 특히 전장설계 쪽에서는 절감할 수 있는 금액 단위가 다르기(작기) 때문에 전장설계 부서에 대한 평가도 낮은 편(인 것 같습니다.)”

이러한 점에서 조선소 엔지니어링 파트에서 전장이 비주류인 이유는 인원수가 적은 것도 있지만, 임원 중에서 전장 출신이 없기 때문에 전장설계의 어려움이나 고충을 제대로 이해도 못 하는 것 같다는 의견이 있었다.

다만 전체 설계인원 중 선체설계 엔지니어가 500~600여 명인데 전장설계는 70여 명 수준으로, 현재로서는 전체 엔지니어링 업무를 담당하는 임원으로 승진하는 경우 전체 엔지니어링 업무 전반을 관리해야 하는데, 이러한 현실에서는 선체 쪽에서 임원이 나올 수밖에 없는 불가피한 측면도 있다는 지적도 있었다.

제4절 소 결

한국 조선업이 지금까지 중국보다 가격경쟁력이 없음에도 불구하고 계속 우위를 유지할 수 있었던 것은, 신기술에 대한 흡수력이 매우 빨라서 선주사들의 요구사항에 신속하게 대응하면서 품질 좋은 선박을 인도할 수 있었기 때문이다. 이러한 점에서 선박설계 엔지니어들뿐만 아니라 이를 신속하게 현장에서 반영하는 생산기능직들의 신속한 대응능력, 미세조정 능력도 한국 조선업의 강점이라고 할 수 있다. 이와 같은 강점을 계속 유지하기 위해서 조선업 엔지니어들을 어떻게 양성하고 그 숙련 수준을 어떻게 유지할 것인지가 향후 한국 조선업의 지속적인 경쟁력 확보를 위한 과제라고 할 수 있겠다. 조선업은 궁극적으로 제조가 중점이다. 여기서 말하는 ‘제조’는 단순히 현장 생산을 의미하는 것이 아니라 생산에 대한 구상, 즉 생산에 설계가 포함된 개념이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선업 엔지니어에 대한 업종 차원, 사회적 차원의 관심이 필요할 것이다.

특히 조선업의 탈탄소화 및 디지털 전환을 앞두고 있는데, 새로운 선박 패러다임의 변화 과정에서 조선소에는 기존 조선공학이나 기계공학 엔지니어

어들뿐만 아니라 새로운 다양한 전공의 엔지니어들과의 협업이 관건이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선/기계공학 전공 엔지니어들과 전기공학 및 화학공학 등 다양한 전공 엔지니어들 간의 협업이 무엇보다 중요하다. 특히 조선업은 기술변화의 속도가 매우 빠른 첨단산업이 아니라는 점에서 다양한 선종에 대한 경험, 그리고 이에 대한 노하우를 축적하는 것이 무엇보다 중요하다.

이러한 점에서 우선 조선소 엔지니어 양성은 10년 정도 근무한 다양한 경험이 축적된 엔지니어들을 확보하는 것이 중요하다. 그런데 앞서도 살펴봤듯이 최근 조선업체들은 엔지니어 확보에 어려움을 겪고 있다. 수도권에 연구센터를 지었지만, 인력 유치가 쉽지 않은 형편이다.

이러한 점에서 생산 현장에서 멀리 떨어진 수도권보다는 부산, 울산 등의 지역에 전문 엔지니어링 센터를 구축하고, 조선업 밀집 지역 내에서 꾸준히 함께 일할 인재들을 확보하는 방안을 모색하는 것이 중요하다. 이렇게 조선업 인력 클러스터를 구축하면 엔지니어 인력이 이동하더라도 타 조선소로 이직하는 정도에 그칠 것이고, 클러스터 자체의 인력 유출은 막을 수 있다.

아울러 앞서 지적한 바와 같이 조선업 엔지니어들의 상호 교류가 점차 중요해지고 있다. 선박에 대한 이해를 도메인(domain) 지식으로 하면서 조선공학 전공자들도 전기·전자공학, 화학공학, 건축학 등에 대해 기본적인 이해를 하도록 하고, 타 전공자들 또한 조선공학에 대해 기본적인 내용을 이해하는 데 도움이 되는 1년 과정의 조선업 전문 대학원 과정을 지역에 설치하면서 산업전환과 융합의 시대에 부합하는 엔지니어들을 양성하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 ‘문제해결형 학습’을 통해 조선업에 적합한 ‘하이브리드형 엔지니어’ 양성 방안에 대한 고민 또한 필요할 것이다. 즉, 스마트십(smart ship), 제어 관련 원천기술들을 어느 정도 확보한 후 이를 선박 건조과정에 적용하기 위해서는 조선공학을 이해하는 전기, 화공 분야 엔지니어들이 필요하며, 이러한 엔지니어들을 확보하는 것이 향후 조선업 인적 경쟁력의 관건이 될 것으로 예상된다.

제 5 장

결 론

제1절 내용 요약

1. 제조업 디지털 전환(DX)

제조업 엔지니어 연구 시리즈는 기계산업(2020), 특수화학산업(2021)을 사례연구로 다루면서 한국 제조업 엔지니어의 산업 및 기업 내 위상과 특성에 대해 살펴보았고 제조 혁신을 위한 여건, 맥락과 환경에 대해 살펴보았다. 아울러 엔지니어 노동시장 분석(2022)을 통해 인력 수요와 공급 관점에서 한국 제조업의 현실을 종합적으로 분석하였다. 지금까지의 연구가 한국 제조업의 과거와 현재에 초점을 맞추었다면, 마지막 해를 맞이한 본 연구 시리즈는 한국 제조업이 나아가야 할 미래에 초점을 맞춘다. 이에 본 보고서는 한국 제조업이 맞이할 미래의 핵심 키워드를 디지털 전환(DX: Digital Transformation)으로 보고 이를 연구의 주된 주제로 삼았다. 디지털 기술의 도입이 기존의 생산 및 관리 방식을 혁신적으로 변화시키는 것을 디지털 전환(DX)으로 통칭할 수 있다.

제조업 디지털 전환은 제조 과정의 모든 측면에 디지털 기술을 통합시켜 유연성, 연결성, 효율성, 생산성 향상을 통해 제조 혁신을 추구한다. 사물 인터넷(IoT: Internet of Things), 로봇 등을 활용한 공장 자동화, 3D 프린팅,

엣지 컴퓨팅(Edge Computing), 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)과 같은 하드웨어 중심의 변화, 빅 데이터(Big Data) 분석, 인공 지능(AI) 활용, 디지털 트윈(Digital Twin) 활용과 같은 소프트웨어 중심의 변화를 모두 포괄한다. 생산 과정을 최적화하고 의사결정을 개선하며 제품 품질을 향상하고 전반적인 운영 효율성을 높이는 것을 모두 포괄하는 개념(umbrella concept)이다.

2. 디지털 전환과 제조업 엔지니어 실태조사

제2장에서는 기술혁신의 담지자인 엔지니어들은 어떤 특성을 갖고 있고, 이에 대해 기업들은 어떤 인적자원관리를 수행하고 있는지를 알아보기 위하여 설문조사를 2023년 7월 한 달간 실시하였다. 특히 선행연구들과는 달리 이번 조사에서는 디지털 기술의 확산과 AI의 대두에 대해 엔지니어들과 인접 직종인 사무관리직들은 어떻게 생각하고 반응하고 있는지에 대한 내용을 추가하였다. 아울러 조사 대상을 제품개발, 공정기술 및 생산관리, 기술지원 및 기술영업, 일반 사무관리직의 4개 직종으로 나누었는데, 이는 협의의 엔지니어와 광의의 엔지니어를 구분하고, 비교 대상으로서 일반 사무관리직을 포함한 데 따른 방식이다. 기업 단위의 일반 정보와 인적자원관리 전략 및 관행에 대해서는 인사관리자가 설문에 응답하도록 하고, 한 기업당 4개 직종의 개인들이 각각 응답하도록 함으로써, 체계적으로 연계된 분석이 가능하도록 하였다.

전기전자산업의 제품수명주기가 짧고 가장 많이 선도형 혁신에 나서는 등 업종별로 연구개발 활동에 일정한 차이를 보이는 가운데, 전반적으로 기업들의 연구개발 활동은 활발히 이루어지는 것으로 추측되었다. 세간의 일부 인식과 달리 R&D 아웃소싱은 널리 확산된 것으로 보이지 않으며, 연구개발인력의 채용난이 존재하는데, 특히 IT와 소프트웨어, AI 인력의 부족이 가장 심각한 것으로 확인되었다.

개인 조사 내용을 분석한 결과 이미 직무 관련 특정 소프트웨어를 활용한다는 응답이 비교적 많은 등 디지털 기술이 널리 확산되어 있었다. 여기서 더 나아가서 챗GPT 등 생성형 AI 기술이 보급되는 데 대응하여 AI 기술에

대한 인식을 설문해보았다. 그 결과 이미 활용하고 있다는 응답은 8%에 불과하지만, 곧 적용될 것, 그리고 언젠가 적용될 것이라는 응답이 19.3%와 47.3%에 달했다. 또한 AI 기술이 내 업무를 없애게 될 것이라는 응답보다는 기존 업무의 생산성을 올려줄 것이라는 응답이 더 많았다. 아울러 향후 AI 기술에 대한 학습과 관련하여 열심히 공부하면 신기술에 적응할 수 있을 것 이란 응답이 55.8%로 절반을 넘어섰다.

이러한 항목을 교차하여 AI 기술 확산에 대한 대응 태도에 따라 개인들을 조작적으로 유형화하였는데, 이에 따르면 능동적응형이 44.3%, 추적곤란형 이 28.8%, 무지무관형이 27.0%로 분포하였다. 이 중 능동적응형에 대해 이 유형을 결정하는 요인이 무엇인지를 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 디지털교육훈련에 대한 기업의 적극성이 유의한 양의 부호를 나타냈으며, 일반적인 교육훈련 시간은 유의하지 않았다. 또한, 이미 챗GPT를 활용하는 개인들은 능동적응형에 속할 가능성이 높은 것으로 나타났는데, 이는 횡단면조사의 한계로 인한 역인과관계의 가능성 때문이기도 하지만, 다른 한편으로는 일단 AI 기술을 사용하게 되면, 막연한 두려움을 넘어서 신기술에 적응하는 데 도움이 된다는 것을 함의하는 것으로도 해석되었다.

다음으로 기업 단위의 IT 투자가 개인의 숙련, 직무만족, 임금소득에 대해 어떤 인식을 가져오는가에 대한 회귀분석을 실시하였다. 관련된 많은 변수들을 통제한 상태에서 IT 도입과 투자 확대는 숙련과 직무만족에 대해 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러나 임금소득에 미치는 영향은 유의하지 않았다.

나아가 IT 투자가 중앙집중적 통제를 강화하는지, 아니면 업무 현장의 재량권을 증가시키는지를 알아보기 위하여 관련된 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 IT 투자는 개인들의 재량권에 유의한 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 다른 직종과 달리 엔지니어와 사무관리직들의 경우 원래 갖고 있던 재량권이 IT로 인해 더욱 강화될 것이라는 점을 의미한다. 이러한 재량권은 IT 기술이 숙련 및 직무만족에 미치는 영향을 더욱 강화하는 것으로 추가 확인되었으며, 앞서는 유의하지 않았던 임금소득에 대한 인식도 재량권이 강화되면 긍정적이게 되는 것으로 나타났다.

한편, 네 가지 직종에 대한 조사를 실시하였으나, 여러 회귀분석에서 직종간 유의한 차이가 드러나지는 않았다. 이는 디지털화에 대한 인식과 대응에서 화이트칼라 내 직종의 차이보다는 기업마다의 인적자원관리 전략과 관행의 차이가 더 중요하다는 사실을 함의한다. 그렇지만, 빈도표와 교차표에 대한 기초 분석에서는 제품개발 엔지니어 집단이 AI 기술에 대한 적응 등의 측면에서 가장 앞섰거나, 자신감 있게 대응하는 것으로 나타났으며, 기업들도 연구개발인력에 대해서는 다소간 차별화된 인적자원관리를 적용하고 있는 것으로 보인다.

디지털 기술의 확산에 대해 일반 교육훈련보다 디지털 기술에 특화된 교육이나 실제 경험, 그리고 학력이 효과가 있다는 분석 결과는 향후 엔지니어나 사무관리직 집단에 대해서 교육훈련을 체계적으로 실시해야 한다는 사실을 일러주고 있다. 그에 앞서 디지털화나 AI 확산에 대해 직무나 일자리가 없어질 것이라는 공포 마케팅보다는 어떤 직무에 어떤 영향을 얼마나 미치는지에 대한 꼼꼼한 분석이 선행되어야 할 것이다. 이번 조사 결과, 적어도 엔지니어와 사무관리직들의 경우 업무 대체효과보다는 기존 업무에 대한 생산성 증대 효과에 대해 더 높이 평가하는 것으로 나타난 점은, 이러한 차분하고 분석적인 접근법이 필요하다는 점을 뒷받침해주는 것으로 보인다.

3. AI와 제조업 디지털 전환

제3장에서는 M사 및 국내외 사례 조사를 통해 AI를 활용한 제조업 디지털 전환의 현재와 미래에 대해 살펴보았다. 제조업 현장에서 AI 도입 시 나타날 수 있는 주요 쟁점을 일반화하여 정리하면 다음과 같다.

가. 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항

AI 기술 도입을 위해 경영 개혁이나 프로세스 최적화가 필요한 경우, 직원들은 기존 패턴에 얽매어 있어 새로운 프로세스를 구현하기가 어렵다. 비용, 교육, 시간 등도 기업에 큰 부담이 아닐 수 없다. 또한 조직 구조를 조정할

수 있는 전문 인력이나 책임 있게 실행할 수 있는 경영진의 부족도 AI를 제조 현장에 전면 적용하는 데 난관으로 작용한다.

나. 기존 체계의 경로의존성(path dependency) 및 한계

AI를 제대로 구현하고자 한다면 각각의 현장마다 최소한 충족되어야 할 내부 규정이 존재한다. 한 설문조사에 따르면 대상 기업의 45% 정도는 기존 구축한 시스템의 영향이 커서 최초 계획을 연기해야 한다고 답했으며, 14%는 기존 시스템 의존도가 너무 높아 특정 전환 자체를 완료할 수 없다고 응답했다. 즉, 약 60% 남짓한 제조업체들이 기존 시스템 의존도로 인해 프로젝트 진행의 어려움을 토로한 셈이다. 기업은 실질적이고 효과적인 주요 변수를 충분히 수집할 수 있는 센서를 현장에 설치해야 하며, 이를 통해서만 품질과 효율성을 향상시키기 위해 개선할 프로세스를 결정할 수 있다는 선결 조건을 안고 있는 것이다(Weilong et al., 2020).

다. 데이터 수집 및 변수 포착의 한계

데이터 수집에 적절한 시스템을 갖췄더라도, 어떤 식으로 데이터를 수집하는지, 수집된 데이터의 품질이나 다양성은 어떠한지에 따라 머신 러닝 모델링의 결과가 크게 좌우된다. 대형 제조기업의 경우, 자동화 장비와 관리 시스템을 상당히 완벽하게 갖추고 있지만, 생성된 데이터의 활용도는 그에 미치지 못한 경우가 많다. 즉, 많은 자원을 사용하여 수집한 데이터가 AI 도입에 필요한 핵심 정보가 아닐 수 있다. 또한, AI 도입 과정에서 가설을 세우고 시나리오를 적용하기 위해선, AI 프로젝트를 수행하는 팀의 기술 역량이 현장 엔지니어들의 암묵지, 숙련을 포괄하는 ‘장인 정신’(craftmanship)을 모델에 수용할 수 있도록 적절한 변수를 잘 포착할 수 있어야 한다. 하지만 이렇게 제조 도메인(domain) 지식과 높은 수준의 모델링 역량을 동시에 갖춘 곳이 현재로서는 많지 않은 상황이다.

라. 지나치게 큰 규모와 복잡성

AI 프로젝트를 통해 해결할 수 있는 문제는 일반적으로 구체적인 상황을 상정한다. 따라서 통상 대규모 프로젝트의 경우에는 현재 단계에서 AI로 해결할 수 있는 수준 이상의 여러 변수와 의사 결정 절차가 필요한 경우가 발생할 수 있다.

마. 인력 양성과 인프라 구축

앤드류 응(Andrew Ng) 교수는 향후 디지털 전환 과정에서 대체될 가능성이 높은 인력에 대한 고민이 필요하다며 AI를 활용해서 실시하는 작업장 효율화를 위한 훈련이나 재훈련을 통한 직종 변경 등에선 정부와 기업체가 함께 전략적인 파트너십을 통해 접근해야 한다고 강조한다(Ng, 2017).

인공지능 시대에 필요한 것은 무엇인가? 바로 적시적소에 필요한 데이터를 쌓고 이를 활용하는 능력이라고 할 수 있다. 기반을 다지는 일이라 당장 조명을 받을 수 없다고 소홀히 해서는 안 되는 과업들이 있다. 그렇기에 시민 데이터 과학자(Citizen Data Scientist) 양성, 데이터/AI 바우처 사업 활성화에도 더 많은 관심이 필요하다. 데이터를 잘 확보하고 체계적으로 구축하는 방안에 대한 국가적인 관심이 그 어느 때보다 더 긴히 요청되는 시점이다.

4. 조선업 디지털 전환과 엔지니어

제4장에서는 사례 조사를 통해 조선업 디지털 전환과 엔지니어 관련 쟁점에 대해 살펴보았다. 한국 조선업이 지금까지 중국보다 가격경쟁력이 없음에도 불구하고 계속 우위를 유지할 수 있었던 것은, 신기술에 대한 흡수력이 매우 빨라서 선주사들의 요구사항에 신속하게 대응하면서 품질 좋은 선박을 인도할 수 있었기 때문이다. 이러한 점에서 선박설계 엔지니어들뿐만 아니라 이를 신속하게 현장에서 반영하는 생산기능직들의 신속한 대응 능력, 미세조정 능력도 한국 조선업의 강점이라고 할 수 있다. 이와 같은 강

점을 계속 유지하기 위해서 조선업 엔지니어들을 어떻게 양성하고 그 숙련 수준을 어떻게 유지할 것인가가 향후 한국 조선업의 지속적인 경쟁력 확보를 위한 과제라고 할 수 있겠다. 조선업은 궁극적으로 제조가 중점이다. 여기서 말하는 ‘제조’는 단순히 현장 생산을 의미하는 것이 아니라 생산에 대한 구상, 즉 생산에 설계가 포함된 개념이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선업 엔지니어에 대한 업종 차원, 사회적 차원의 관심이 필요할 것이다.

특히 조선업의 탈탄소화 및 디지털 전환을 앞두고 있는데, 새로운 선박 패러다임의 변화 과정에서 조선소에는 기존 조선공학이나 기계공학 엔지니어들뿐만 아니라 새로운 다양한 전공의 엔지니어들과의 협업이 관건이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 조선/기계공학 전공 엔지니어들과 전기공학 및 화학공학 등 다양한 전공 엔지니어들 간의 협업이 무엇보다 중요하다. 특히 조선업은 기술변화의 속도가 매우 빠른 첨단산업이 아니라는 점에서 다양한 선종에 대한 경험, 그리고 이에 대한 노하우를 축적하는 것이 무엇보다 중요하다.

이러한 점에서 우선 조선소 엔지니어 양성은 10년 정도 근무한 다양한 경험이 축적된 엔지니어들을 확보하는 것이 중요하다. 그런데 앞서도 살펴봤듯이 최근 조선업체들은 엔지니어 확보에 어려움을 겪고 있다. 수도권에 연구센터를 지었지만, 인력 유지가 쉽지 않은 형편이다.

이러한 점에서 생산 현장에서 멀리 떨어진 수도권보다는 부산, 울산 등의 지역에 전문 엔지니어링 센터를 구축하고, 조선업 밀집 지역 내에서 꾸준히 함께 일할 인재들을 확보하는 방안을 모색하는 것이 중요하다. 이렇게 조선업 인력 클러스터를 구축하면 엔지니어 인력이 이동하더라도 타 조선소로 이직하는 정도에 그칠 것이고, 클러스터 자체의 인력 유출은 막을 수 있다.

아울러 앞서 지적한 바와 같이 조선업 엔지니어들의 상호 교류가 점차 중요해지고 있다. 선박에 대한 이해를 도메인(domain) 지식으로 하면서 조선공학 전공자들도 전기·전자공학, 화학공학, 건축학 등에 대해 기본적인 이해를 하도록 하고, 타 전공자들 또한 조선공학에 대해 기본적인 내용을 이해하는 데 도움이 되는 1년 과정의 조선업 전문 대학원 과정을 지역에 설치하면서 산업전환과 융합의 시대에 부합하는 엔지니어들을 양성하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 ‘문제해결형 학습’을 통해 조선업

에 적합한 ‘하이브리드형 엔지니어’ 양성 방안에 대한 고민 또한 필요할 것이다. 즉, 스마트십(smart ship), 제어 관련 원천기술들을 어느 정도 확보한 후 이를 선박 건조과정에 적용하기 위해서는 조선공학을 이해하는 전기, 화공 분야 엔지니어들이 필요하며, 이러한 엔지니어들을 확보하는 것이 향후 조선업 인적 경쟁력의 관건이 될 것으로 예상된다.

제2절 정책 시사점

디지털 전환(DX)이 한국 제조업의 미래에 중요한 열쇠를 쥐고 있다면, 우리는 어떠한 관점과 접근이 필요한가?

1. 제조기업과 현장 중심의 디지털 전환

디지털 전환이 한국 제조업의 경쟁력을 강화하고 미국, 독일, 일본 등 제조 강국과의 격차를 획기적으로 줄일 수 있는 퀀텀 점프(quantum jump)라면, 정부에서 적극 나서서 제조기업의 디지털 전환을 유도해야 한다.

2022년 7월 5일부터 시행된 〈산업 디지털 전환 촉진법〉은 그러한 시도의 하나로 볼 수 있다. 해당 법은 산업 디지털 전환 정책의 수립, 산업 데이터 활용 생태계 조성, 산업 디지털 전환 선도 사업의 지원, 산업 디지털 전환 기반 조성 및 활성화 등의 내용을 담고 있다. 즉, 제조업뿐만 아니라 한국 산업 생태계 전반의 디지털 전환을 유도하기 위해 데이터 및 인프라 구축을 주된 목표로 하고 있다. 즉, 디지털 전환의 총론에 해당하는 법이다.

제조기업의 디지털 전환을 유도하기 위해서는 여기에서 한 발 더 나아가는 제조업 디지털 전환의 각론이 필요하다. 사무직(white collar) 직무 및 업무와 달리, 제조업 현장의 직무 및 업무는 범용 인공지능(AI)의 등장으로도 쉽게 해결할 수 없는 여러 문제와 쟁점이 존재한다.

다시 말하면, 총론에 따라 디지털 전환의 데이터 및 인프라가 구축되더라도, 각 제조기업과 현장이 마주할 디지털 전환 문제는 일종의 맞춤형 접근과

해결이 필요한 것이다. 이에 총론의 문제의식에서 더 나아가 산업 전체와 현장의 엔지니어를 매개하는 중간 층위(meso-level) 조직에 해당하는 기업 내에서 디지털 전환이라는 문제를 어떻게 풀어나갈 것인지에 대한 고민이 필요하다. 다시 말하면, 조직이 중요하다(organizations matter).

제3장에 살펴본 대로 AI 도입 시 나타날 수 있는 주요 쟁점 중 제조 현장과 관련된 문제는 데이터 수집 및 변수 포착의 한계, 범용 AI의 지나치게 큰 규모와 복잡성이다. 아울러 제조기업과 관련된 문제는 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항, 기존 체계의 경로의존성 및 한계다. 제조 현장과 제조기업이 성공적인 디지털 전환으로 나아가기 위해서는 이러한 제약과 한계를 극복할 수 있도록 하는 각론 성격의 법과 제도가 필요하다.

예를 들어, 기존 경험의 관성과 조직 구조의 저항을 극복하기 위해서는 최고경영자를 비롯한 기업 주요 의사결정자들이 디지털 전환을 강력히 추진하고 이를 조직 내부의 과업 및 보상 체계에 반영해야 하는데, 이를 유도하고 촉진할 방안이 필요하다. 조직 내 직무, 보상을 포함한 인사 체계 전반에 영향을 끼칠 수 있는 강력한 유도 및 촉진책이 뒷받침될 때 비로소 기존 설비와 장비의 안정성을 일시적으로 위협할 수 있는 신기술 도입에 제조기업과 현장의 관리자, 엔지니어 모두 열린 마음으로 디지털 전환에 참여할 수 있을 것이다.

2. 디지털 문해력과 문제 해결 능력 강화

본 보고서의 연구 질문에 답하는 과정에서 일관되게 나타나는 쟁점이 바로 제조업 도메인(domain) 지식과 숙련을 갖춘 엔지니어가 제조기업과 현장에서 절실하다는 것이다. 제2장의 실태조사에 따르면 AI 모델링에 능숙한 소프트웨어 개발자 인력난이 제조업계에서 심각한데, 이는 제조기업과 현장의 도메인 지식을 갖춘 엔지니어가 적절한 디지털 문해력을 바탕으로 기업과 현장에 특수한(firm- and site-specific) 문제에 접근하고 해결할 때 비로소 해소될 수 있다. 즉, 소프트웨어 개발자 인력을 대량으로 양성하여 제조업계에 공급한다고 해서 해결될 수 있는, 그리 간단한 문제가 아니다.

정리하면, 제조 엔지니어 ‘장인’들이 보유한 암묵지와 숙련을 중시하면서

해당 인력들의 디지털 문해력(digital literacy)을 높이고 역량을 강화해야 한다. 즉, 디지털 전환(DX)을 위해 기존 숙련 엔지니어 인력을 재교육하고 현장의 문제 해결(problem solving)에 초점을 맞춘 역량 강화 방안이 필요하다. AI 기술 그 자체보다는 이를 제조기업과 현장에 적합하게 활용하는 역량을 어떻게 키울 수 있을지가 관건이다. 즉, 수행을 통한 학습(learning by doing), 프로젝트 수행 역량(project execution capability) 강화가 핵심이다. 이는 결국 제조기업과 현장에서 주목해야 할 사안이면서도 동시에 이들을 둘러싼 지역사회와 대학의 역할이 재구성되어야 함을 의미한다. 제조기업과 현장을 배후에 둔 대학을 엔지니어 재교육과 평생 교육의 중심으로 재탄생시켜 디지털 문해력을 높이고 관련 역량을 강화하도록 해야 할 것이다.

참고문헌

- 김덕호 외(2013), 『근대 엔지니어의 탄생』, 예코.
- 김동배(2023), 「연구개발인력 인사관리와 태도」, 『노동리뷰』 7월호, pp.41~55.
- 박종식(2022), 「제조업 위기와 사무직/MZ세대 노동조합의 등장」, 『노동리뷰』 5월호, pp.76~97.
- 석종훈 · 김대진 · 박유상(2018), 「한 · 중 · 일 조선산업 경쟁력 비교」, 『산은월보』 8월호, pp.74~90.
- 우종원(2016), 「조선업을 둘러싼 일본의 산업정책 · 고용정책의 변모와 한국에의 시사」, 『고용이슈』 7월호, 한국고용정보원, pp.26~52.
- 이경묵 · 박승묵(2013), 『한국 조선산업의 성공요인』, 서울대학교 출판문화원.
- 이상준(2023), 「공학교육과 엔지니어 역량개발」, 『노동리뷰』 7월호, pp.56~65.
- 이상준 · 정승일 · 엄미정 · 양승훈(2020), 『기계산업 인적경쟁력 강화방안 연구(Ⅱ) - 엔지니어편』, 한국노동연구원.
- 이윤관 · 양종서(2014), 『중국 조선산업 및 국내 중소조선산업 경쟁력 현황』, 수출입은행 해외경제연구소.
- 조성재(2023), 「한국의 엔지니어, 그들은 누구인가?」, 『노동리뷰』 7월호, pp.3~4.
- 조성재 · 김동배(2013), 『연구개발인력의 인적자원관리 실태와 발전방향』, 한국노동연구원.
- 조성재 · 김동배 · 정준호 · 이상준(2022), 『제조업 엔지니어의 인적자원관리와 역량증진 방안』, 한국노동연구원.
- 조한나(2021), 『한국의 조선산업정책 변화에 대한 정치경제적 연구』, 서울대학교 대학원 정치학과 박사학위 논문.

- 한경희 · 게리 리 다우니(2016), 김아람 옮김, 『엔지니어들의 한국사』, 휴머니스트.
- Barbosa, F., M. Doheny, M. Korbel, S. Lehmitz, A. Luse, L. Mori, and R. Sellschop(2023, September 19), AI: The next frontier of performance in industrial processing plants, McKinsey & Company, <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/ai-the-next-frontier-of-performance-in-industrial-processing-plants>
- Beckett, C., G. Neff, F. Pierrel, and L. Rich(2023, June 14), (When) Will Generative AI Take Over Your Job? Viva Technology 2023, Retrieved from October 16, 2023, <https://app.vivatechnology.com/onlinesession/2d01a68f-50c7-ed11-9f73-6045bd8890e4>
- Bughin, J., J. Seong, J. Manyika, M. Chui, and R. Joshi(2018, September 4), Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy, McKinsey & Company, <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>
- DNV(2022), “Alternative Fuels for Containerships”.
- Kaye, K.(2022, January 12), Why AI software companies are betting on small data to spot manufacturing defects, Protocol, <https://www.protocol.com/enterprise/landing-mariner-ai-manufacturing-defect>
- Martin Stopford(2008), *Maritime Economics*, 3rd edition, Routledge(국역 : 마틴 스토포드(2015), 양창호 · 이충배 · 이동현 · 신승식 번역, 『해운경제학』, 박영사).
- Ng, A.(2017, December 14), Revitalizing manufacturing through AI, Medium, <https://medium.com/@andrewnng/revitalizing-manufacturing-through-ai-a9ad32e07814>
- Stråth, Bo(1987), *The Politics of De-Industrialisation: The Contraction of the West European Shipbuilding Industry*, Croom Helm.

Weilong, T., G. Geliang, L. Hao, S. Bin, L. Xiaohui, and H. Weijian(2020, January 16), AI Enablement on the Way to Smart Manufacturing (Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing), Deloitte China, Retrieved from October 19, 2023, <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/ai-manufacturing-application-survey.html>

국가직무능력표준 홈페이지 (<https://www.ncs.go.kr/unity/th03/ncsSearchMain.do>) (검색일 : 2023. 7. 27.)

배와 바다이야기 (<https://ship-sea-story-65.tistory.com>) (검색일 : 2023. 9. 12.)

통계청, 『지역별 고용조사』, 2011년 3분기 및 2021년 하반기 원자료.

한국IT서비스산업협회(2023), 통계&동향 | [2022]국내 IT사업자 현황 조사, http://www.itsa.or.kr/bbs/board.php?bo_table=sub4_4&wr_id=608

현대중공업 블로그(2021), 「HHI뉴스-조선업 명운 가를 ‘차세대 융합기술’에 집중」, <http://blog.hhi.co.kr/Home/mView?Category=news&ndate=2021-06-25&bidx=1047&seek=&SearchName=> (검색일 : 2023. 11. 7.)

HD현대마린솔루션 홈페이지 (<https://www.hd-marinesolution.com/kor/Main.do>) (검색일 : 2023. 11. 10.)

Clarkson Research, “World Shipyard Monitor”.

AI타임즈(2023. 8. 26.), 「윤성호 마키나락스 대표 “ML옴스 빅테크와 경쟁할 수 있는 이유는」, <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=153068> (접속일 : 2023. 10. 17.)

DBR(2023. 11.), 「공정 예측해 사고 줄이는 ‘디지털 트윈’ “로봇을 컨트롤하는 전문직” 자부심」, https://dbr.donga.com/article/view/1206/article_no/11056/ac/m_best

_____(2023. 11.). 「거창한 혁신보다 ‘작은 성공의 반복’을」, https://dbr.donga.com/article/view/1203/article_no/11058/ac/magazine

Pickool(2023. 10. 12.), 「AI는 당신의 일자리를 빼앗아 갈 것인가요?」, Pickool, <https://contents.premium.naver.com/pickool/pickooltech/>

- contents/231012071528430sy? (접속일 : 2023. 10. 16.)
- ZDNET(2018. 6. 19.), 「SI계열 그룹 일감 독점 어떻게 봐야 하나」, <https://zdnet.co.kr/view/?no=20180619151610> (접속일 : 2023. 10. 18.)
- 마키나락스(2023. 8. 23.), 「자동차 제조 현장의 인공지능 활용방안」, <https://www.makinarocks.ai/library/백서-자동차-제조-현장의-인공지능-활용방안>
- 심상우(2023. 1. 17.), 「[ET단상] 불확실성의 시대, AI도 속도전이다」, 전자신문, <https://www.etnews.com/20230117000244> (접속일 : 2023. 10. 19.)
- _____(2023. 8. 15.), 「산업/제조 현장 AI를 위한 MLOps 전략」, https://makinarocks.shoplic.cloud/wp-content/uploads/2023/02/Summary_Makina_KR.pdf
- 아주경제(2023. 1. 16.), 「상생협력/경쟁촉진 외치던 공정위, 'IT서비스 일감 개방' 용두사미」, <https://www.ajunews.com/view/20230115135406885> (접속일 : 2023. 10. 23.)
- 의학신문(2018. 11. 21.), 「AI전문 프리퍼드, 미쓰이물산과 합작사 설립」, <http://www.bosa.co.kr/news/articleView.html?idxno=2094387> (접속일 : 2023. 10. 24.)
- 조선일보(2020. 6. 12.), 「도요타에 1000억원 받고 아베에게 칭찬듣고… 대단한 AI」, https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2020/06/11/2020061102683.html (접속일 : 2023. 10. 19.)
- 포브스(2018. 8. 23.), 「공정위 타깃으로 떠오른 대기업들」, <https://jmagazine.joins.com/forbes/view/322669> (접속일 : 2023. 10. 18.)

[부록 1] 「제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사」(개인용)

QN- 202206037

통계법 (제 33조 비밀의 보호)에 의거 본 조사에서 개인의 비밀에 속하는 사항은 엄격히 보호됩니다.

ID			

LISTID			

NO

『제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사』(개인용)

안녕하십니까?

본 조사는 국무총리실 산하 정부출연기관인 한국노동연구원에서 수행하고 있는 “제조업 르네상스 연구” 시리즈 과제와 관련된 것입니다. 최근 속도가 빨라지고 있는 디지털 기술의 발전이 엔지니어를 비롯하여 사무관리직 업무에 미치는 영향을 가늠해보기 위하여 기획되었습니다.

바쁘시더라도 잠시만 시간을 내시어 설문조사에 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

응답하신 내용은 「통계법」 제33조(비밀의 보호) 및 제34조(통계종사자 등의 의무)에 의해 비밀이 철저히 보장됨을 알려드립니다.

조사에 협조해 주셔서 대단히 감사합니다.

2023년 7월

조사 주관기관 : 한국노동연구원

조사 수행기관 : 리멤버

본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락하여 주시기 바랍니다.

- ▶ 조사수행 :
- ▶ 담당자 :
- ▶ 회신처 :

「통계법」 제33조(비밀의 보호)

- ① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
- ② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

「통계법」 제34조(통계종사자 등의 의무)

통계종사자, 통계종사자이었던 자 또는 통계작성기관으로부터 통계 작성업무의 전부 또는 일부를 위탁받아 그 업무에 종사하거나 종사하였던 자는 직무상 알게 된 사항을 업무 외의 목적으로 사용하거나 다른 자에게 제공하여서는 아니 된다.

A. 귀하의 회사 생활 관련 사항

A1. 귀하의 평소 직장생활에 대한 질문입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 회사에서의 일이 매우 즐겁고 재미있다	①	②	③	④	⑤
2) 회사 일을 하다 보면 언제 시간이 가는지 모르는 경우가 많다	①	②	③	④	⑤
3) 회사 업무를 수행하면서 나의 지식과 능력을 잘 발휘할 수 있다	①	②	③	④	⑤
4) 회사의 업무는 내게 도전감을 불러 일으킨다	①	②	③	④	⑤
5) 나는 우리 회사의 문제를 진정 나의 문제로 느낀다	①	②	③	④	⑤
6) 나는 우리 회사 가족의 한 구성원이라고 생각한다	①	②	③	④	⑤
7) 나는 우리 회사에 감정적 애착을 갖고 있다	①	②	③	④	⑤

A2. 평상시 회사에 출근할 때 귀하의 솔직한 심정에 가까운 것은 어느 쪽입니까? ③(동일)을 기준으로 좌우 편의 진술과 가까운 정도의 번호에 표시해주십시오.

회사에 출근해 일하는 것에 보람을 느낀다	매우 그렇다	동일함	매우 그렇다	회사 일에 보람을 느끼지 못 하며 출근하지 않아도 괜찮 았으면 한다
	① ②	③	④ ⑤	

A3. 귀하의 직속 상사의 평소 행위에 대한 평가입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 오래된 문제도 새로운 방식으로 생각하도록 돕는다	①	②	③	④	⑤
2) 어렵고 복잡한 문제에 대한 새로운 접근법을 제시한다	①	②	③	④	⑤
3) 전혀 의심하지 않았던 점도 다시 생각하게끔 해준다	①	②	③	④	⑤
4) 상사가 해 주는 말은 나의 업무개선에 큰 도움이 된다	①	②	③	④	⑤
5) 상사는 나의 업무개선에 유용한 정보를 제공한다	①	②	③	④	⑤

A4. 귀하가 새로운 아이디어를 제시하면 귀하의 상사는 진지하게 검토해 줍니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

A5. 귀사의 평소 업무 분위기에 대한 질문입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 우리 조직은 항상 새로운 해결책을 발견하기 위해 나아간다	①	②	③	④	⑤
2) 우리 조직은 새로운 아이디어 개발에 대해서 항상 지원한다	①	②	③	④	⑤
3) 우리 사업장 직원들은 개방적이고 변화에 민감하다	①	②	③	④	⑤
4) 우리 사업장 직원들은 늘 참신하고 새로운 사고를 추구한다	①	②	③	④	⑤
5) 우리 사업장 직원들은 새로운 아이디어 개발을 위해 시간을 쏟는다	①	②	③	④	⑤
6) 우리 사업장 직원들은 새로운 아이디어의 개발과 적용을 위해 협력한다	①	②	③	④	⑤

A6. 귀 사업장 직원들의 지식 공유에 대한 질문입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 우리 조직은 지식 공유가 서로에게 이득이라고 믿는다	①	②	③	④	⑤
2) 지식을 공유해야 과제나 문제를 빨리 해결한다고 믿는다	①	②	③	④	⑤
3) 지식을 공유하면서 서로 배운 점이 많다고 느낀다	①	②	③	④	⑤
4) 문제 해결을 위해 서로 지식을 공유하는데 익숙하다	①	②	③	④	⑤
5) 새로운 업무나 문제해결을 위해 서로의 지식을 공유한다	①	②	③	④	⑤

A7. 귀하의 창의적 업무활동에 대한 평가입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 나는 새로운 아이디어나 방법을 먼저 시도한다	①	②	③	④	⑤
2) 나는 문제해결을 위한 새로운 아이디어와 방법을 모색한다	①	②	③	④	⑤
3) 나의 내 업무 분야에서 획기적인 아이디어를 제시한다	①	②	③	④	⑤
4) 나는 창의적 직원의 모범이다	①	②	③	④	⑤

A8. 전반적으로 볼 때, 귀사에서는 동료들간에 더 열심히 일하도록 서로 격려해주는 편입니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간(서로 무관심)
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

A9. 귀하는 현재 담당하고 있는 업무수행에 필요한 역량을 충분히 갖추고 있다고 평가받고 있습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

A10. 다음 각 항목은 귀하의 역량 개발에 얼마나 중요합니까?

항 목	전혀 중요치 않음	중요치 않음	중간	중요	매우 중요
1) 업무 수행 과정 자체(업무 수행 경험)	①	②	③	④	⑤
2) 회사가 제공(지원)하는 각종 교육훈련 (연수포함) 프로그램	①	②	③	④	⑤
3) 본인 주도 학습과 연구	①	②	③	④	⑤
4) 직장 선후배나 상사의 코칭이나 멘토링	①	②	③	④	⑤

A11_1~13. 귀하가 업무와 관련해서 새로운 지식이나 정보를 얻는 원천입니다. 각 정보
원천별 활용도를 평가하여 주십시오.

구분	활용안함 (해당없음)	활용한 경우, 중요도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
1) 귀사 또는 귀사 그룹(계열사)내부	①	①	②	③	④	⑤
2) 외부 민간 기업	①	①	②	③	④	⑤
3) 외부 공공 기업	①	①	②	③	④	⑤
4) 대학 및 고등교육기관	①	①	②	③	④	⑤
5) 민간 연구소	①	①	②	③	④	⑤
6) 공공(정부출연) 연구소	①	①	②	③	④	⑤
7) 정부부처	①	①	②	③	④	⑤
8) 비영리조직	①	①	②	③	④	⑤
9) 귀사의 원청 기업	①	①	②	③	④	⑤
10) 언론(신문, 방송 등)	①	①	②	③	④	⑤
11) 유튜브 등 영상자료	①	①	②	③	④	⑤
12) 챗GPT 등 생성형 AI	①	①	②	③	④	⑤
13) 기타 인터넷, 전문잡지 등 일반 정보 매체	①	①	②	③	④	⑤

A12. 귀하는 사내 연구회나 학습 동아리 활동에 참여하고 계십니까?

- ① 예
 ② 아니오, 연구회나 학습 동아리가 있으나 활동에 참여하지는 않고 있다
 ③ 아니오, 연구회나 학습 동아리가 없다

A13. 다음 질문은 귀사의 조직 구조에 대한 문항들입니다. 귀하는 아래의 항목들에 대하여 어느 정도 동의하십니까?

	전혀 아니다	아니다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1) 우리 회사의 구성원들은 문제 발생 시 업무에 대한 의사결정권을 가지고 있다	①	②	③	④	⑤
2) 우리 회사의 구성원들은 자신의 방법대로 일할 수 있는 기회를 가지고 있다	①	②	③	④	⑤
3) 우리 회사의 조직 구조는 위계적이다	①	②	③	④	⑤

B. 직무 및 숙련, IT 관련

B1. 귀하의 직무에서 아래와 같은 사고 능력이 얼마나 필요합니까?

	전혀 필요하지 않음	거의 필요하지 않음	보통 이다	가끔 필요	매우 필요
1. 발생한 문제를 해결하기 위해서 적절한 조치를 취하는 능력	①	②	③	④	⑤
2. 새로운 기술을 배우는 능력	①	②	③	④	⑤
3. 상황이 변화할 때 기술을 변경하고 정하는 능력	①	②	③	④	⑤
4. 여러 가지 해답들을 비판적으로 평가하는 능력	①	②	③	④	⑤
5. 기존의 작업절차를 개선하거나 새로운 방법을 찾아내는 능력	①	②	③	④	⑤
6. 해당 기술의 전공 지식에 대한 이해	①	②	③	④	⑤

B2. 귀하의 직무에서 아래와 같은 사고 능력이 얼마나 필요합니까?

	전혀 필요하지 않음	거의 필요하지 않음	보통 이다	가끔 필요	매우 필요
1. 다른 사람들과 소통하는 능력	①	②	③	④	⑤
2. 다른 사람들과 협상을 해야 하는 능력	①	②	③	④	⑤
3. 다른 사람들과 팀워크를 이뤄야 하는 능력	①	②	③	④	⑤
4. 사람들 사이의 갈등을 해결하는 능력	①	②	③	④	⑤
5. 아랫 사람의 업무수행 동기를 관리하는 능력	①	②	③	④	⑤

B3. 귀하의 직무를 무경력 신입사원이 독립적으로 수행할 수 있게 되기까지 어느 정도의 기간이 필요합니까?

- ① 3개월 미만 ② 3~6개월 미만 ③ 6~12개월(1년) 미만
 ④ 1~3년 미만 ⑤ 3~5년 미만 ⑥ 5~7년 미만
 ⑦ 7~9년 미만 ⑧ 9~11년 미만 ⑨ 11년 이상

B4. 귀하의 직무를 무경력 신입사원이 남에게 가르쳐 줄 수 있을 정도로 숙련하는데 어느 정도의 기간이 필요합니까?

- ① 6개월 미만 ② 6~12개월(1년) 미만 ③ 1~3년 미만
 ④ 3~5년 미만 ⑤ 5~7년 미만 ⑥ 7~9년 미만
 ⑦ 9~11년 미만 ⑧ 11~15년 미만 ⑨ 15년 이상

B5. 다음 질문은 귀하의 유능감에 대한 문항들입니다. 귀하는 아래의 항목들에 대하여 어느 정도 동의하십니까?

	전혀 아니다	아니다	그렇다	매우 그렇다
1) 나는 직장에서 내 업무에 대해 통달했다	①	②	③	④
2) 나는 직장에서 유능하다고 느낀다	①	②	③	④
3) 나는 업무를 잘 해낼 수 있을 것인가에 대해 의문이 든다	①	②	③	④

B6. 귀하가 현재 활용하고 있는 디지털 기술은 어느 것 입니까?(가장 빈번히 사용하는 순서로 1순위와 2순위에 해당하는 기술 분야를 보기에서 골라 주십시오.)

1순위 : (B61), 2순위 : (B62)

- ① 제품개발을 위한 데이터 분석
- ② 원 · 하청사와 연동되는 구매 · 납품 관리
- ③ 내 직무 관련 특정 소프트웨어
- ④ 생산성 · 품질향상에 활용할 공정 데이터
- ⑤ 연구소와 생산현장 등 사내 정보 통합관리
- ⑥ 사무업무를 위한 일반 정보
- ⑦ 소비자나 고객 관련 데이터 관리
- ⑧ 기타 _____

B7. 지난 3년간 귀사에서 도입한 IT 기술이 귀하에게 미친 영향은 어떠하였습니까?

	매우 부정적 이다	부정적 이다	별 영향없다	긍정적 이다	매우 긍정적 이다
B7_1 숙련 혹은 능력	①	②	③	④	⑤
B7_2 직무만족도	①	②	③	④	⑤
B7_3 임금 소득	①	②	③	④	⑤

	매우 강화됨	강화됨	별 영향없다	약화됨	매우 약화됨
B7_4 노동강도	①	②	③	④	⑤

B8. 최근 챗GPT, 자율주행차 등 AI 기술 발전이 빠르게 나타나고 있습니다. 귀하의 업무에서는 AI 기술이 적용되고 있거나 앞으로 적용될 것이라고 보십니까?

- ① 내 업무에서 이미 AI 기술을 활용하고 있다
- ② 내 업무에 AI 기술이 곧 적용될 것이다
- ③ 내 업무에 AI 기술이 언젠가 적용될 것이다
- ④ 내 업무는 AI 기술과는 상관이 없다(아래 문항 점프, B10으로)
- ⑤ 잘 모르겠다

B9. 현재 AI 기술을 활용하고 있는 경우, 또는 만약 AI 기술이 일부라도 적용된다면 귀하의 현재 업무에는 어떤 영향이 있을 것으로 보십니까?

- ① 내 업무는 크게 변화하지 않지만, 생산성을 높여줄 것이다
- ② 내 업무에 소요되는 시간이 줄어들어 다른 업무와 통합될 것이다
- ③ 내 업무는 거의 없어질 지경이 될 것이다
- ④ 내 업무의 성격이 변화되어 보다 고도의 업무를 수행하게 될 것이다
- ⑤ 잘 모르겠다

B10. 귀하는 AI 기술을 (더) 배우는 데 대해서 어떻게 생각하십니까?

- ① 열심히 공부하면 신기술에 잘 적응할 수 있을 것이다
- ② 열심히 공부해도 신기술을 완전히 따라잡기는 어려울 것이다
- ③ AI 기술을 내가 새로 배우거나 적응하는 데 어려움을 겪을 것이다
- ④ AI 기술을 굳이 배워야 하는지 잘 모르겠다

C. 회사 전체의 인사관리에 대한 질문입니다

C1. ‘귀 회사는 종업원들이 업무에 열정을 갖고 몰입하도록 인사관리를 잘 하고 있다’는 말에 대해서 어떻게 평가하십니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
- ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

C2. 귀사의 인사관리 전반에 대한 질문입니다. 귀하의 생각과 가장 가까운 곳에 표시하여 주십시오.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 내가 원한다면 이 회사에 정년까지 근무할 수 있을 것이다	①	②	③	④	⑤
2) 노력 여하에 따라 내가 원하는 직급까지 승진할 수 있다	①	②	③	④	⑤
3) 나의 승진 전망은 밝다	①	②	③	④	⑤
4) 업무 관련 교육을 충분히 제공한다	①	②	③	④	⑤
5) 매우 다양한 종류의 교육을 제공한다	①	②	③	④	⑤
6) 경쟁사에 비해서 임금/복리 수준이 높다	①	②	③	④	⑤
7) 개인의 업무 성과를 임금에 충분히 반영하고 있다	①	②	③	④	⑤
8) 팀이나 부서의 업무 성과를 임금에 충분히 반영하고 있다	①	②	③	④	⑤
9) 회사의 경영 성과를 임금에 충분히 반영하고 있다	①	②	③	④	⑤

C3. 귀하는 지난해 성과배분제도로 보너스를 받으셨습니까?

※ 설명 : 성과배분제이란 기업·공장 및 부서단위의 경영성과가 목표치를 상회할 경우 일정 부분을 집단적으로 근로자에게 현금이나 주식 등의 형태로 사후적으로 집단적 성과급(이익배분, 경영성과배분, 연말성과급, 연말일시금 등으로 지칭)을 배분하는 제도

- ① 예
- ② 아니오, 성과배분제도는 있지만 지난해 보너스를 받지 못했다
- ③ 아니오, 회사에 성과배분제도가 없다

C4. 귀하에서 귀하가 참여했거나 지원받았던 교육훈련/개발관련 항목에 모두 표시하여 주십시오.

- | | |
|--------------------------|------------------|
| ① 집체식 사내·사외 교육훈련 | ② 현장훈련(OJT) |
| ③ 인터넷을 이용한 교육훈련(원격학습 등) | ④ 국내연수 |
| ⑤ 해외연수 | ⑥ 멘토링 또는 코칭 |
| ⑦ 사내 직무관련 학습모임 지원 | ⑧ 유급·무급의 교육훈련 휴가 |
| ⑨ 훈련기관(학원 포함) 수강료 지원 | |
| ⑩ 교육기관(대학, 대학원 등) 학자금 지원 | |
| ⑪ 경력상담(상사나 인사부서) | ⑫ 사내공모제도 |
| ⑬ 다양한 직무 경험을 위한 업무로테이션 | ⑭ 연구연가(안식년)제도 |
| ⑮ 학회활동 지원 | ⑯ 박사 후 연구(포닥) 지원 |
| ⑰ 기타_____ | ⑰ 해당사항 없음 |

C4-1. 위 교육훈련 프로그램 중 귀하가 만족했던 것의 번호를 기입하여 주십시오.

1순위	C41	2순위	C42
-----	-----	-----	-----

C5. 귀하는 지난 2022년 기준 교육훈련을 받으신 적이 있으신가요?

- ① 예, 교육훈련을 받은 적이 있습니다.
 ② 아니오, 교육훈련을 받지 않았습니다.

C5-2. 2022년 기준으로 귀하의 교육훈련 시간은 1년 간 몇 시간 정도였습니까?

공식교육 (근무시간으로 인정되는 교육훈련, 온라인 포함)	비공식교육 (선배로부터의 멘토링, 개인적인 학습모임 등)
C5_1 시간	C5_2 시간

C6. 귀하는 지난 1년간 다음과 같은 근로시간 제도를 활용한 적이 있습니까? (복수응답 가능)

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| ① 시차출퇴근제 | ② 재택근무제 |
| ③ 선택적 근로시간제(1개월 단위) | ④ 선택적 근로시간제(1~3개월 단위) |
| ⑤ 재량근로제 | ⑥ 탄력근로제 |
| ⑦ 특별연장근로 신청 | ⑧ 간주근로제 |
| ⑨ 기타 유연한 근로시간 제도 | |
| ⑩ 위와 같은 근로시간제도를 활용한 적이 없다 | |

C7. 귀하는 지난 <6개월 평균>으로 주당 몇 시간 정도 근무한 것으로 생각되십니까?

- ① 주 40시간 미만 ② 주 40~44시간
③ 주 44~48시간 ④ 주 48~52시간
⑤ 주 52시간 이상

C8. 귀사의 인사관리 중 귀하가 가장 불만족하고 있는 항목은 다음 중 무엇입니까? 순서대로 2가지만 골라 번호를 기입하여 주십시오.

1순위	C81	2순위	C82
① 임금수준	② 복리후생	③ 근로시간	
④ 작업/근무환경	⑤ 고용안정	⑥ 승진전망	
⑦ 자기개발/교육훈련	⑧ 동료 관계	⑨ 상사와의 관계	
⑩ 업무 자체	⑪ 회사 경영진	⑫ 노사관계	
⑬ 회사에 대한 자부심	⑭ 기타_____		

C9. 현재의 회사는 귀하가 학교 졸업 후 계속 근무하고 있는 첫 직장입니까?

- ① 예 ② 아니오 (___C9_2___번째 직장)

C10. 향후 귀하의 경력 전망은 어떻습니까?

- ① 별다른 문제가 없는 한 현재의 직장에 계속 근무할 것이다
② 향후 3년 이내 다른 직장으로 이직(창업 포함)할 것이다
③ (향후 3년 이후) 언젠가는 다른 직장으로 이직(창업 포함)할 것이다

C11. 귀사 전체의 사용자측과 근로자 대표조직(노조나 노사협의회 등)과의 정보공유나 협의에 대한 질문입니다.

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 경영계획이나 실적 관련 정보공유가 잘 이루어진다	①	②	③	④	⑤
2) 중요한 의사결정에 대해서는 사전에 충분히 협의한다	①	②	③	④	⑤
3) 노사협의회가 매우 효과적으로 운영되고 있다	①	②	③	④	⑤

C12. 귀사에서 직원들의 목소리나 의견이 회사 경영에 잘 반영되고 있습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

C13. 귀사 전체의 노사관계(노조가 없는 경우 노사협의회와의 관계 등)는 양호하다고 생각합니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

C14. 오늘 귀 회사에서 사무관리기술직 노동조합 설립 여부에 관한 찬반 투표가 실시된다고 가정한다면 귀하는 어느 쪽에 투표하겠습니까?

- ⑥ 사무관리기술직 노동조합이 이미 있음(혹은 기존 노조에 사무관리기술직이 다수 참여하고 있음)
① 찬성 ② 반대

D. 부문간 협력 및 부문별 응답

귀하는 이번 설문조사를 시작할 때 다음 네 가지 직무군 중 ()번에 응답하셨습니다. 관련하여 아래 질문에 응답해주시기 바랍니다.

- ① 제품개발(선행개발/기초기술 포함) 엔지니어
② 공정(생산)기술 엔지니어 및 생산·품질관리자
③ 기술영업(장비·설비 영업, 제약 영업 포함) 및 기술 A/S, 기술연구소
행정·관리·지원
④ 일반 사무관리직(기획, 총무, 회계, 수출, 마케팅 등)

D1-1. 현재 귀하의 주된 직무는 ()번이지만, 다른 직무도 일부 섞여 있습니까?

- ① 아니다, 거의 전적으로 해당 직무만 수행한다.
② 그렇다, 다른 직무가 일부 혼합되어 있다.

D1-2. 현재 귀하의 직무 외에도, 다른 직무도 일부 섞여 있다고 응답해 주셨습니다. 현재 혼합되어 있는 직무를 선택해 주세요.

- ① 제품개발(선행개발/기초기술 포함) 엔지니어
- ② 공정(생산)기술 엔지니어 및 생산 · 품질관리자
- ③ 기술영업(장비 · 설비 영업, 제약 영업 포함) 및 기술 A/S, 기술연구소 행정 · 관리 · 지원
- ④ 일반 사무관리직(기획, 총무, 회계, 수출, 마케팅 등)

D2. 귀하의 현재 직무 이전에 귀하의 현재 회사에서 다른 직무군의 업무를 수행한 적이 있습니까? 해당되는 직무군 번호를 모두 표시해주시기 바랍니다. (최대 3가지)

- ① 제품개발(선행개발/기초기술 포함) 엔지니어
- ② 공정(생산)기술 엔지니어 및 생산 · 품질관리자
- ③ 기술영업(장비 · 설비 영업, 제약 영업 포함) 및 기술 A/S, 기술연구소 행정 · 관리 · 지원
- ④ 일반 사무관리직(기획, 총무, 회계, 수출, 마케팅 등)

D3. 모든 직무군이 중요하지만, 우리 회사에서 상대적으로 부가가치 창출에 가장 많이 기여하는 직무군은 위 4개 중 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 제품개발 ② 생산기술 · 관리 ③ 기술영업 · 지원 ④ 일반 사무관리

D4. 귀하는 다른 직무군과 회의나 업무 협조가 잘 이루어진다고 보십니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
- ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

D5. 위 4개 직무군 중 우리 회사에서 상대적으로 업무협조가 가장 어려운 직무군은 다음 중 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 제품개발 ② 생산기술 · 관리 ③ 기술영업 · 지원 ④ 일반 사무관리

D6. 우리 회사는 특정 프로젝트 수행 혹은 문제해결을 위하여 여러 직무군이 함께 참여하는 기능횡단적 팀(cross-functional team) 혹은 TFT(Task Force Team)을 자주 활용하는 편입니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
- ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

D7. 다음 서술에 대해 어떻게 생각하시는지 응답해주시시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 최고경영진은 직무군에 따라 적절하게 업무를 지시하고 배분한다	①	②	③	④	⑤
2) 우리 회사는 특정 직무군이 과도하게 업무를 주도하는 편이다	①	②	③	④	⑤
3) 우리 회사는 사업장들이 지리적으로 멀리 떨어져 있어서 업무 협조가 어렵다	①	②	③	④	⑤
4) 우리 회사는 직무군별로 임금이 적절히 책정되고 있다	①	②	③	④	⑤
5) 우리 회사는 직무군별로 승진 기회가 고르게 부여되는 편이다	①	②	③	④	⑤
6) 우리 회사는 직무 혹은 직무군별로 전환배치를 자주 하는 편이다	①	②	③	④	⑤
7) 나는 우리 회사 내 다른 직무(군)으로 전환배치를 원한다	①	②	③	④	⑤
8) 나는 다른 직무(군)으로 옮기는 것보다 다른 회사로 옮기는 편이 낫다고 생각한다	①	②	③	④	⑤

〈1번 그룹 : 제품개발 엔지니어(선행개발/기초기술 포함)〉 만 응답

D8. 귀하의 현재 업무 중 순수 연구개발 업무의 비중은 대략 어느 정도입니까? (순수 연구개발 업무 이외의 업무로는 관리업무, 연구지원, 행정 업무 등이 있습니다)

- ① 20%미만 ② 20~40%미만 ③ 40~60%미만
④ 60~80%미만 ⑤ 80%이상

D9. 귀하가 수행하는 연구개발업무의 성격은 다음 중 어디에 가장 가깝습니까? (성격이 다른 여러 과제를 수행하는 경우 가장 시간을 많이 할애하는 핵심 연구과제를 기준으로 응답)

- ① 기초연구부터 시작하여 선행기술을 확보하고 차세대 상품을 준비
② 응용연구 등을 통하여 새로운 개념의 제품을 개발
③ 개발연구를 통하여 기존 제품의 부분변형, 파생상품 개발, 후속 모델을 개발
④ 기타 _____

D10. 회사에서 주어진 연구과제는 아니지만, 개인적으로 관심이 있거나 새로운 연구 주제에 시간을 할애하고 있습니까?

- ① 예, 충분히 할애 ② 예, 어느 정도 할애
③ 아니오

D10-1. 위와 같은 연구 주제에 시간을 할애하도록 기업에서 지원하고 있습니까?
(예: 8시간 근무 중 1시간은 자유주제 연구허용 등)

- ① 예 ② 아니오

D11. 만일 관리직 임원코스와 연구직 임원코스 중 하나를 선택해야만 하는 경우를 가정합니다. 귀하는 어느 편을 선택하시겠습니까?

- ① 관리직 임원 코스 ② 연구직 임원코스

〈2번 그룹 : 공정(생산)기술 엔지니어 및 생산 · 품질 관리자〉 만 응답

D12. 귀 사업장의 주요 생산라인은 다음 중 어떤 유형에 해당됩니까?(복수응답 가능)

- ① 가공공정(기계가공, 정밀가공, 프레스, 사출 등)
② 조립공정(전자, 기계조립, 부품조립 등)
③ 장치공정(화학, 철강, 도장, 섬유 등)
④ 기타()

D13. 작년 말 기준 귀 사업장 혹은 귀사의 대표 공장에서 생산하는 주요 제품을 위한 제품생산 공정이 얼마나 자동화되어 있습니까? 전체 제품생산 공정을 100%라 할 때 자동화되어 있다고 판단되는 부분의 비중을 말씀해 주십시오.

- ① 0~20% 미만 ② 20~40% 미만
③ 40~60% 미만 ④ 60~80% 미만
⑤ 80% 이상

D14. 지난 3년 동안, 귀 사업장 혹은 귀사의 대표 공장에서는 제품생산 공정에서 새롭게 자동화된 부분이 있었습니까?

- ① 예
② 아니요

D15. (D14=① 응답인 경우) 지난 3년 동안, 귀 사업장에서 제품생산 공정이 새롭게 자동화되어 발생한 인력배치상의 주된 변화는 무엇이었습니까?

- ① 기존 인력 대부분이 자동화 업무를 관장
 ② 해당업무의 기존 인력 대부분을 다른 업무에 배치 전환
 ③ 인력축소
 ④ 기타()

D16. 귀사의 현장 근로자 출신 현장감독자(조장, 반장, 주임, 계장 등 명칭 무관하게 일반 근로자의 첫 번째 직속 상사)의 숙련이나 담당 업무 관련 지식의 수준은 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 매우 부족하다 ② 부족한 편이다 ③ 보통이다
 ④ 뛰어난 편이다 ⑤ 매우 뛰어나다

D17. 귀사의 작업장 노사관계(무노조 기업 포함)는 다음 중 어디에 해당한다고 보십니까?

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
① 일반 생산직 근로자들은 회사와 조직의 방침에 매우 순응적이다	①	②	③	④	⑤
② 대의원(무노조 기업의 경우 현장 내 영향력 있는 인물들) 등 (노조) 활동가들로 인하여 노무관리에 애로가 많다	①	②	③	④	⑤
③ 현장감독자도 평균근로자 편이기 때문에 생산관리자가 통솔하는 데 애를 먹는다	①	②	③	④	⑤
④ 나이 많은 숙련공들은 자기가 일하는 방식을 고집하여 공정 합리화에 잘 협조하지 않는다	①	②	③	④	⑤
⑤ 생산관리자의 지시는 현장감독자를 통하여 일반 근로자에게 잘 전달된다	①	②	③	④	⑤
⑥ 생산직 근로자들은 사무관리기술직 근로자들을 멀리 하려고 한다	①	②	③	④	⑤

D18. 귀사의 생산직 근로자(현장 근로자)들이 참여하는 제안, 개선활동, QC써클, 자주보전, 다기능화 등 작업장 개선(혁신) 활동은 어느 정도나 이루어지고 있다고 생각하십니까?

- ① 거의 잘 안되고 있다 ② 잘 안되는 편이다 ③ 보통이다
④ 잘 되는 편이다 ⑤ 매우 잘 된다

Q. 응답자 정보

E1.성별	① 남 ② 여	E2. 직위	① 사원급 ③ 과장급(과장 등) ⑤ 임원급(이사, 상무, 전무 등) ② 대리급(주임, 대리 등) ④ 차부장급(차장, 부장 등) ⑥ 기타()			
E3. 최종학력	① 고졸 이하	② 초대졸	③ 4년제 대졸	④ 석사	⑤ 박사	
E4. 입사년도	_____년		E5. 현재 만 나이	_____세		
E6. 노동조합원 여부	① 예 ② 노동조합은 있으나 미가입 ③ 노동조합 없음					
E7. 귀하의 2022년 연봉 (세전기준)	① 3,000만 원 이하 ② 3,000만~5000만 원 미만 ③ 5,000만~7000만원 미만 ④ 7,000만~9000만 원 미만 ⑤ 9,000만~1억 1,000만원 미만 ⑥ 1억 1천만 원~1억 3천만 원 미만 ⑦ 1억 3천만 원 이상					

끝까지 응답해주셔서 진심으로 감사드립니다.

[부록 2] 「제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사」(인사관리자용)

QN- 202206037

통계법 (제 33조 비밀의 보호)에 의거
본 조사에서 개인의 비밀에 속하는
사항은 엄격히 보호됩니다.

ID			

LISTID			

NO

『제조업의 디지털 전환과 인적자원관리 조사』(인사관리자용)

안녕하십니까?

본 조사는 국무총리실 산하 정부출연기관인 한국노동연구원에서 수행하고 있는 “제조업 르네상스 연구” 시리즈와 관련된 것입니다. 최근 속도가 빨라지고 있는 디지털 기술의 발전이 엔지니어를 비롯하여 사무관리직 업무에 미치는 영향을 기능해보기 위하여 기획되었습니다.

바쁘시더라도 잠시만 시간을 내시어 설문조사에 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

응답하신 내용은 「통계법」 제33조(비밀의 보호) 및 제34조(통계종사자 등의 의무)에 의해 비밀이 철저히 보장됨을 알려드립니다.

조사에 협조해 주셔서 대단히 감사합니다.

2023년 7월

조사 주관기관 : 한국노동연구원

조사 수행기관 : 리멤버

본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락하여 주시기 바랍니다.

▶ 조사수행 :

▶ 담당자 :

▶ 회신처 :

「통계법」 제33조(비밀의 보호)

① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.

② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

「통계법」 제34조(통계종사자 등의 의무)

통계종사자, 통계종사자이었던 자 또는 통계작성기관으로부터 통계 작성업무의 전부 또는 일부를 위탁받아 그 업무에 종사하거나 종사하였던 자는 직무상 알게 된 사항을 업무 외의 목적으로 사용하거나 다른 자에게 제공하여서는 아니 된다.

Q. 회사 기본현황

SQ1. 회사명		EQ1. 기업 형태	① 독립기업 ③ 해외그룹 계열사	② 국내그룹 계열사 ④ 하도급기업(1차, 2차 등)
EQ2. 본사 주소	()시/도 (광역시 기준)	EQ3. 귀사 소속 사업장 수	전국 () 개 해외 ()개(공장, 연구소, 직영영업거점 등 모두 포함)	
EQ4. 회사설립년도	_____년			
SQ0. 귀사 전체 상용근로자수	① 50인 이하 ② 50-99인 ③ 100-299인 ④ 300-999인 ⑤ 1,000인 이상			
EQ5. 귀사의 비정규직(비전형노동자 포함) 비율	대략 _____% (비정규 / (정규 + 비정규) * 100)		※ 비정규직(비전형노동자 포함)은 기간제, 파트타임, 파견, 용역, 사내하도급, 특수고용 등을 모두 포함함.	
EQ6.제조업 업종코드	① 경공업 ② 화학공업 ③ 기계·금속 ④ 전기·전자·정밀			

제조업 세부업종코드

① 경공업	10 식료품 제조업	11 음료 제조업
	12 담배 제조업	13 섬유제품 제조업; 의복제외
② 화학공업	14 의복 의복액세서리 및 모피제품 제조업	15 가죽, 가방 및 신발 제조업
	16 목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	17 펄프 종이 및 종이제품 제조업
③ 기계·금속	18 인쇄 및 기록매체 복제업	32 가구 제조업
	33 기타 제품 제조업	
④ 전기·전자·정밀	19 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	20 화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품제외
	21 의약품 물질 및 의약품 제조업	22 고무제품 및 플라스틱제품 제조업
⑤ 기계·금속	23 비금속 광물제품 제조업	
	24 1차 금속 제조업	25 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외
⑥ 전기·전자·정밀	29 기타 기계 및 장비 제조업	30 자동차 및 트레일러 제조업
	31 기타 운송장비 제조업	34 산업용 기계 및 장비 수리업
⑦ 전기·전자·정밀	26 전자부품 컴퓨터 영상 음향 및 통신장비 제조업	27 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업
	28 전기장비 제조업	

EA5-4. 회사 전체 기준의 최근 3년간 매출액, 영업이익, R&D 투자액의 변화 추이를 선택해 주세요.

	매우 감소	대체로 감소세	제자리 걸음	대체로 증가세	매우 증가
EA54_1 최근 3년 간 매출액 변화 추이	①	②	③	④	⑤
EA54_2 최근 3년 간 영업이익 변화 추이	①	②	③	④	⑤
EA54_3 최근 3년 간 R&D 투자액 변화 추이	①	②	③	④	⑤

EA6. 국내 동종업체 평균과 비교해서 다음 각 사항들의 귀사의 수준은 어떻습니까?

	매우 낮음	낮은 편	비슷함	높은 편	매우 높음
1) 직원의 이직률	①	②	③	④	⑤
2) 제품혁신 정도	①	②	③	④	⑤
3) 공정혁신 정도	①	②	③	④	⑤
4) 제품의 품질 수준	①	②	③	④	⑤
5) 노동 생산성	①	②	③	④	⑤
6) 재무적 성과	①	②	③	④	⑤

EA7. 다음 중 귀사의 혁신전략에 가장 가까운 것은 어느 것입니까?

- ① 혁신은 경쟁전략의 핵심이다. 제품 · 서비스개발과 공정 · 프로세스혁신을 위해서 항상 연구개발을 수행한다. 다른 기업들이 우리 회사의 혁신을 모방한다.
- ② 필요한 경우에만 연구개발을 수행한다. 연구개발의 상당부분은 다른 기업에서 개발된 신기술을 도입하기 위해서 이루어진다.
- ③ 연구개발 투자가 아닌 다른 방식으로 기존 제품 · 서비스와 공정 · 프로세스를 수정한다. 생산공학을 활용해서 공정을 개선한다.
- ④ 연구개발에 투자하지 않고, 다른 기업에서 개발된 혁신들을 도입한다.

EA8. 귀사의 전반적인 인사전략에 대해 응답해 주세요.

	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
EA8_1 우리 회사 인사관리의 우선적 목표는 종업원의 기업에 대한 충성심과 애착심 제고이다	①	②	③	④	⑤
EA8_2 우리 회사 인사관리의 우선적 목표는 고정적 인건비의 절감이다	①	②	③	④	⑤
EA8_3 우리 회사는 필요한 자격을 갖춘 사람을 장기고용을 통해 기업 내부에서 육성한다.	①	②	③	④	⑤
EA8_4 우리 회사는 필요한 자격을 갖춘 사람을 주로 외부에서 충원한다.	①	②	③	④	⑤
EA8_5 우리 회사 인사관리는 종업원의 장기적인 육성·개발을 위한 방향으로 운영되고 있다.	①	②	③	④	⑤
EA8_6 우리 회사 인사관리는 종업원의 단기적 성과·업적을 최대한 높이려는 방향으로 운영된다.	①	②	③	④	⑤

B. IT 기술 활용 및 연구(기술)개발과 혁신활동

EB1. 다음 항목들이 귀사의 연구(기술)개발활동에서 차지하는 중요도는 어느 정도입니까? 각 응답의 합이 100%가 되도록 전체 활동 중 주요 역할 및 미션별 비율을 기입해주세요.

연구소 주요 역할 및 미션	중요도
1) 기초연구부터 시작하여 선행기술을 확보하고 차세대 상품을 준비한다.	%
2) 응용연구 등을 통하여 새로운 개념의 제품을 개발한다.	%
3) 개발연구를 통하여 기존 제품의 부분변형, 파생상품 개발, 후속 모델을 개발한다.	%
4) 생산기술 및 도구, 장비 개발과 생산공정 개선 등을 수행한다.	%
5) 기타 _____	%
	합계 100%

EB2. 지난 3년간 귀사가 실시한 기술혁신활동의 목표와 관련된 질문입니다. 다음 각 사항들은 기술혁신활동의 목표로서 얼마나 중요합니까?

항 목	전혀 중요하지 않다	중요하지 않은 편이다	보통이다	중요한 편이다	매우 중요하다
1) 기존제품의 품질개선	①	②	③	④	⑤
2) 기존제품의 성능개선	①	②	③	④	⑤
3) 기존제품의 원가절감	①	②	③	④	⑤
4) 차세대 제품 개발	①	②	③	④	⑤
5) 원천기술 및 기반기술 개발	①	②	③	④	⑤
6) 고객의 새로운 수요 창출	①	②	③	④	⑤

EB3. 최근 기후환경 위기 등에 대응하기 위한 탈탄소화 요구 등 친환경 기술개발에 대한 사회적 요구가 강화되고 있습니다. 귀사는 이에 대해 어느 정도나 대응하고 있습니까?

- ① 우리 업종에 영향을 미치는 시급한 문제이기 때문에 현재 총력을 기울이고 있다.
- ② 가까운 시일 내에 우리 회사도 영향을 받을 것이기 때문에 (또는 새로운 사업기회가 될 것이기 때문에) 투자를 확대하려 한다
- ③ 당장 급한 문제는 아니지만, 중장기 대응이 필요하여 정보 확보에 주력하고 있다.
- ④ 우리 업종이나 회사에는 큰 영향을 미치지 않을 것이다.

EB4. 귀사는 직원들의 아이디어를 모아서 업무개선이나 각종 혁신에 활용하는 ‘제안제도’를 운영하고 있습니까?

- ① 예 ② 아니오(문5로 이동)

EB4-1. (제안제도를 운영하는 경우) 귀사의 제안제도는 어느 부문에서 잘 운영되고 있습니까?(복수 응답 가능)

- ⑥ 제도는 있으나 사실상 잘 운영되지 않는다
- ① 생산 공장
- ② 기술연구소 등 연구개발부문
- ③ 본사나 지원 부서, 간접 부서 등
- ④ 영업이나 서비스 부문
- ⑤ 기타 ()

EB5. 지난 3년간(2020~2022) 귀사는 다음의 제품혁신에 성공하여 제품출시를 한 적이 있습니까?

기존 제품과 완전히 다른 신제품 출시	① 예 ② 아니오
기존 제품에 비해 크게 개선된 제품 출시	① 예 ② 아니오

EB6. 지난 3년간(2020~2022) 귀사는 다음의 공정혁신을 성공하여 도입한 적이 있습니까?

완전히 새롭거나 크게 개선된 생산공정(생산기법, 자동화 설비 도입, MES 등)	① 예 ② 아니오
물류, 배송, 분배방식(원재료/최종 상품)에서 완전히 새롭거나 크게 개선된 방법을 도입	① 예 ② 아니오
완전히 새롭거나 크게 개선된 지원방식(구매, 회계, 등의 IT기술 도입)	① 예 ② 아니오
작업장 안전보건 수준의 획기적 향상	① 예 ② 아니오

EB7. 귀사는 최근 3년간 연구개발활동의 일부를 외부에 위탁하는 R&D 부문의 아웃소싱이 늘었습니까?

- ㉞ 우리 회사는 R&D 아웃소싱을 하지 않는다
 ① 오히려 줄었다 ② 거의 그대로이다 ③ 다소 늘었다
 ④ 크게 늘었다 ⑤ 잘 모르겠다

EB8. 다음은 귀사의 IT 기술도입과 관련한 항목입니다. 지난 2년간 귀사는 어디에 해당하였는지 응답하여 주십시오.

	전혀 그렇지 않다	그렇지 않은 편이다	보통이다	그런편이다	매우 그렇다
우리 회사는 IT 부문에 대한 투자를 크게 확대했다	①	②	③	④	⑤
IT 관련 소프트웨어 구입 및 개발 이용이 늘었다	①	②	③	④	⑤
IT 관련 장비/설비 구입이 늘었다	①	②	③	④	⑤

EB9. 지난 2년간 IT 기술로 인해 다음 항목에서 귀사 내에서 어느 정도의 변화가 있었습니까?

	전혀 변화하지 않았다	별로 변화하지 않았다	보통 이다	조금 변화했다	매우 변화했다
생산/서비스 비용 감소	①	②	③	④	⑤
전반적 인원감축	①	②	③	④	⑤
직종별 인원구성 변화 (생산직, 기술직, 사무직, 서비스직 등의 구성 변화)	①	②	③	④	⑤
납품기한(혹은 업무 소요 시간) 단축	①	②	③	④	⑤
생산/서비스 품질 제고	①	②	③	④	⑤

EB10. 귀사는 AI를 포함하여 4차 산업혁명(디지털화)에 대비한 교육훈련에 충분히 투자를 하고 있습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

C. 회사 전체의 인사관리와 귀하가 수행하시는 업무에 대한 질문입니다

EC1. 귀사 상용 근로자의 다음 지표는 어느 정도입니까? 현재 시점 또는 2022년 기준으로 응답해주시시오.

EC1-1. 평균연령		EC1-2. 평균 근속연수		EC1-3. 2022년 연평균 이직률	
EC1-4. 지난 1년간 채용 인원		EC1-5. 지난 1년간 채용 인원중 경력직 비중		EC1-6. 연구개발 인력 중 석박사 인력 비중	

EC2. 귀사 전체의 신입사원 채용 관련 인사방침입니다. 해당되는 부분에 체크해 주십시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 채용 프로세스를 매우 신중하게 관리하고 있다	①	②	③	④	⑤
2) 학습능력 · 성장성과 같은 잠재능력이 선발의 중요한 기준이다	①	②	③	④	⑤
3) 회사의 가치 · 이념과 궁합이 맞는 사람을 선발한다	①	②	③	④	⑤
4) 적합한 사람을 채용하기 위해 노력을 많이 기울인다	①	②	③	④	⑤
5) 신입사원을 엄격하게 선발하기 위해 돈을 많이 투자한다	①	②	③	④	⑤

EC3. 귀사에서 신규 인력을 채용할 때 가장 중요하게 평가하는 점은 무엇입니까?

1순위	EC31	2순위	EC32
-----	------	-----	------

〈보기〉

- ① 전공분야/논문주제 ② 학습역량/잠재역량 ③ 취업 경력(경험)
 ④ 실무문제 해결능력 ⑤ 다양한 업무 수행 가능성 ⑥ 이직 가능성
 ⑦ 출신 대학 ⑧ 팀워크/공동작업 능력 ⑨ 조직 적응력

EC4. 귀사의 보상관리 관련 인사방침입니다. 해당되는 부분에 체크해 주십시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 직원들의 보너스나 인센티브는 회사의 경영 실적에 연동된다	①	②	③	④	⑤
2) 경쟁사보다 우리 회사 직원의 임금수준이 더 높다	①	②	③	④	⑤
3) 성과급은 사업부나 회사전체의 경영실적에 따라 차등된다	①	②	③	④	⑤
4) 동일 직급에서도 업적 · 성과에 따라 개인별 급여차이가 크다	①	②	③	④	⑤
5) 임금은 대부분 연공(근속과 호봉)에 따라 결정된다	①	②	③	④	⑤

EC5. 귀사는 성과배분제도를 운영하고 있습니까?

※ 설명: 성과배분제도란 기업·공장 및 부서단위의 경영성과가 목표치를 상회할 경우 일정 부분을 집단적으로 근로자에게 현금이나 주식 등의 형태로 사후적으로 집단적 성과급(이익배분, 경영성과배분, 연말성과급, 연말일시금 등으로 지칭)을 배분하는 제도입니다.

- ① 예 ② 아니오

EC5-1. (성과배분제도가 있는 경우) 성과배분 총 금액을 계산하기 위한 산정식(포뮬러)가 있습니까?

※ 성과배분 산정식의 예시 : 지급률=매출액성장률*00%+영업이익성장률*00%,
지급률=영업이익의 00%

- ① 예 ② 아니오

EC5-2. (성과배분제도가 있는 경우) 귀 사업장은 지난해 성과배분을 실시하였습니까?

- ① 예 ② 아니오

EC6. 귀사는 우리사주제도를 도입하고 있습니까?

- ① 예 ② 아니오

EC7. 귀사는 스톡옵션제도를 도입하고 있습니까?

- ① 예 ② 아니오

EC8. 귀사의 훈련 및 개발과 관련된 인사방침입니다. 해당되는 부분에 체크해주시시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 업무 로테이션을 통해 다양한 지식을 습득하고 기술을 숙련하도록 하고 있다	①	②	③	④	⑤
2) 직원들의 교육훈련에 투자를 많이 한다	①	②	③	④	⑤
3) 직원들에게 다양한 종류의 교육훈련을 제공하고 있다	①	②	③	④	⑤
4) 현재 담당업무와는 관련 없는 분야의 직무교육 기회를 제공한다	①	②	③	④	⑤

EC9. 귀사의 권한이양과 관련된 인사방침입니다. 해당되는 부분에 체크해주시시오.

항 목	전혀 아니다	아니다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 문제해결과 의사결정에 직원의 참여가 잘 이루어진다.	①	②	③	④	⑤
2) 권한의 하부이양이 광범위하게 이루어진다	①	②	③	④	⑤
3) 개개인이 일을 주도적으로 수행할 기회를 제공한다	①	②	③	④	⑤
4) 업무 수행과 관련된 재량권을 충분히 부여한다	①	②	③	④	⑤
5) 광범위한 이슈에 대해 직원의 참여가 이루어지고 있다	①	②	③	④	⑤

EC10. 귀사의 사무관리인력과 연구개발(기술)인력 인적자원관리를 전반적으로 비교하면 다음 중 어디에 해당되니까?

- ① 거의 차이가 없다
- ② 일부 영역(채용, 보상 등)에서 약간 차이가 난다
- ③ 동일한 것과 차이가 있는 것이 반반 정도이다
- ④ 다수의 영역에서 상당히 차이가 있다
- ⑤ 거의 완전히 다른 편이다

EC10-1. (C21 문항에서 ② ~ ⑤에 응답하신 경우) 차이가 나는 영역에 모두 표시하여 주십시오

- ① 직급체계 ② 채용 ③ 배치/이동 ④ 승진 ⑤ 교육훈련
- ⑥ 평가/근무평정 ⑦ 보상/임금 ⑧ 기타 _____

EC11-1. 귀 연구소 연구개발인력의 인사관리를 위한 전담조직이나 전담자가 있습니까?

- ① 전담조직이 있다 EC11-2. (전담조직 인원 : 명)

- ② 전담조직은 없지만 전담자는 있다

EC11-3. (연구개발인력 관리 전담 인원: ____명)

- ③ 둘 다 없고 (본사) 인사팀에서 총괄한다

EC12. 귀사는 최근 연구(기술)개발인력의 채용에 어려움을 겪고 있습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 중간
- ④ 그런 편이다 ⑤ 매우 그렇다

EC121/122. (C21 문항에서 ③, ④, ⑤ 응답한 경우) 다음 중 인력 채용이 가장 어려운 분야의 인재는 무엇입니까?

1순위	EC121	2순위	EC122
-----	-------	-----	-------

- ① 소프트웨어/IT개발자/AI전문가 ② 기계금속 ③ 화학(공학)
 ④ 전자전기 ⑤ 바이오/생명공학/의학 ⑥ 건설/토목/지질 분야
 ⑦ 신소재, 재료 ⑧ 전문서비스(금융보험, 예술, 숙박음식, 도소매, 부동산 등)
 ⑨ 기타(_____)

EC13. 귀사 사무관리직의 직급 단계 숫자는 몇 개입니까? (임원급은 제외하고 응답)
 _____개

※ 응답예시: 사원-대리-과장-차장-부장이면 5단계, 연구원-선임-책임-수석이
 면 4단계로 응답

EH. 연구개발(기술)직의 직급단계 숫자는 일반 사무관리직과 동일합니까?

- ① 예 (연구개발직이 없는 경우 포함)
 ② 아니오. 연구직이 더 적다
 ③ 아니오. 연구직이 더 많다

D. 노사관계

ED1. 귀사의 노동조합 현황은 어떻습니까?(회사 전체 기준, 무노조의 경우 0개, 0명으로
 응답)

ED1_1. 노동조합 개수 ____개 ED1_2. 전체 조합원 숫자 ____명

ED2. (노조가 있는 경우)귀사의 대표적인 노조(복수노조일 경우 조합원수가 가장 많은
 노조)의 상급단체는 어디입니까?

- ① 한국노총 ② 민주노총 ③ 미가맹(상급단체 없음)/기타

ED3. 귀사 전체의 노사관계(노사협의회)분위기는 어떻습니까?

항 목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	중간	그렇다	매우 그렇다
1) 노사는 서로 약속을 잘 지킨다	①	②	③	④	⑤
2) 협상은 노사가 상호 신뢰하는 분위기에서 이루어진다	①	②	③	④	⑤
3) 노사간 정보교환이 잘 이루어진다	①	②	③	④	⑤
4) 근로조건에 중요한 변화는 대부분 노사가 공동으로 협의한다	①	②	③	④	⑤

ED4. 귀사에서 노조와의 단체교섭이나 노사협의회에서 최대 쟁점은 무엇입니까?

- ① 정기 임금인상률 혹은 인상액 ② 기타 임금 관련(성과급, 수당 등)
 ③ 평가제도나 평가의 공정성 ④ 복리후생
 ⑤ 고용안정 ⑥ 근로시간면제제도/전임자 관련
 ⑦ 기타

E. 응답자 정보

EE1. 성별	① 남 ② 여		EE2 직위	① 사원급 ② 대리급(주임, 대리 등) ③ 과장급(과장, 팀장 등) ④ 차부장급(차장, 부장 등) ⑤ 임원급(이사, 상무, 전무 등) ⑥ 기타()	
EE3. 최종학력	① 고졸 이하	② 초대졸	③ 4년제 대졸	④ 석사	⑤ 박사
EE4. 입사년도	_____ 년		EE5. 출생년도	_____ 년	
EE6. 귀하의 2022년 연봉 (세전기준)	① 3,000만 원 이하 ② 3,000~5,000만 원 미만 ③ 5,000~7,000만 원 미만 ④ 7,000~9,000만 원 미만 ⑤ 9,000~1억 1,000만 원 미만 ⑥ 1억 1천만 원~1억 3천만 원 미만 ⑦ 1억 3천만 원 이상				

끝까지 응답해주셔서 진심으로 감사드립니다.

◆ 執筆陣

- 이상준(한국노동연구원 부연구위원)
- 조성재(한국노동연구원 선임연구위원)
- 이요한(독립연구자/前 NXC 사업개발팀장)
- 박종식(한국노동연구원 부연구위원)

제조업 엔지니어 연구 : 디지털 전환(DX)과 전망

▪ 발행연월일	2023년 12월 26일 인쇄 2023년 12월 29일 발행
▪ 발 행 인	허 재 준
▪ 발 행 처	한국노동연구원 30147 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 경제정책동 ☎ 대표 (044) 287-6080 Fax (044) 287-6089
▪ 조 판 · 인쇄	사단법인 남북장애인교류협회 인쇄사업부
▪ 등 록 일 자	1988년 9월 13일
▪ 등 록 번 호	제2015-000013호

© 한국노동연구원 2023 정가 7,000원

ISBN 979-11-260-0698-4



한국노동연구원

30147 세종특별자치시 시청대로 370 경제정책동
TEL : 044-287-6093 <http://www.kli.re.kr>



ISBN 979-11-260-0698-4