

정책자료  
2021-06

# 제조업 엔지니어 연구

- 과학기반 기술혁신과 산업 전환 -

이상준·정승일·양승훈·엄미정



# 목 차

요 약	i
제1장 서 론	(이상준) 1
제1절 연구 배경과 목적	1
제2절 연구 범위와 대상	2
제3절 연구 질문	3
제4절 연구 방법과 보고서의 구성	4
1. 연구 방법	4
2. 보고서의 구성	5
제2장 과학기반 기술혁신 업종에서의 엔지니어 경쟁력	
제고 방안 : 특수화학산업을 중심으로 .. (정승일 · 이상준)	6
제1절 과학기반 기술혁신과 특수화학산업	6
1. 과학기반 기술혁신과 주요 산업군/제품군	6
2. 숙련 축적 기술혁신과 과학기반 기술혁신의 경로 차이	9
3. 한국 특수화학산업	11
제2절 D사의 사례	15
1. D사의 비즈니스 개관	15
2. D사의 연구개발 엔지니어	18
3. D사 사례의 함의	22
제3절 K사의 사례	23
1. K사의 비즈니스 개관	23
2. K사 탄소소재 연구소의 엔지니어 인력	25
3. K사 사례의 함의	30

제4절 M사의 사례 .....	31
1. M사의 비즈니스 개관 .....	31
2. M사의 기술개발과 기술연구소 .....	35
3. M사 사례의 함의 .....	38

제5절 소 결 .....	41
1. 과학기반 기술혁신 .....	41
2. 기업혁신 역량과 산학연 연계 .....	44
3. 인적자원 관리와 개발 .....	45

### 제3장 산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응 :

    자동차산업을 중심으로 ..... (양승훈·엄미정) .... 46

제1절 문제의식 .....	46
----------------	----

제2절 이론적 배경과 분석 기준 .....	47
1. 자동차산업의 전환과 엔지니어 구성의 변화 .....	47
2. 다학제 지식과 조직의 형태 .....	49
3. 학제 협업 환경 속의 엔지니어 분석틀 .....	51

제3절 H사 미래자동차 개발과 대응 사례 .....	53
------------------------------	----

1. H자동차의 엔지니어 조직 특성과 미래 자동차 개발 현황 .....	53
2. 친환경 자동차 개발 과정에서의 쟁점과 대응 .....	58

제4절 소 결 .....	69
---------------	----

### 제4장 결 론 ..... (이상준) .... 72

제1절 종합 검토 .....	72
-----------------	----

1. 과학기반 기술혁신과 첨단화학소재 개발 .....	72
2. 산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응: 친환경 미래차 개발 사례 ..	74

제2절 정책 제언 .....	76
-----------------	----

1. 산학연 연계 강화와 기초과학 장기투자 .....	76
2. 고등교육 학제 협업 강화 .....	77

참고문헌 .....	80
------------	----

## 표 목 차

<표 1-1> 보고서의 구성 .....	5
<표 2-1> 기술혁신 패턴에 따른 산업 분류 .....	7
<표 2-2> 첨단화학소재 산업의 분류 .....	14
<표 2-3> 특수화학 3사의 경영과 기술개발, 기술인력의 비교 .....	43
<표 3-1> 전기자동차 개발에 필요한 이공계 전공 .....	48
<표 3-2> 협업 지식 창출 관련 연구 .....	50
<표 4-1> 2022학년도 첨단 분야별 석박사 정원 증원 현황 .....	78
<표 4-2> 첨단·신산업 관련 대학(원) 학제 개편 지원 현황 .....	78

## 그림목차

[그림 2-1] 한국 산업의 발전 궤적 .....	8
[그림 2-2] 정밀화학산업의 분류 .....	13
[그림 3-1] 하이브리드자동차와 전기자동차 동력계 구조 비교 .....	48
[그림 3-2] H자동차 2025 전략(스마트 모빌리티 관련) .....	56

## 요 약

한국의 제조업은 수도권과 지방에서 대기업과 중소기업 일자리를 창출하고 수출을 견인하면서 국가의 경쟁적 우위(competitive advantage)를 확보하는 데 중요한 기간산업이다. 제조업의 경쟁력 우위를 위해서는 인적 경쟁력 확보가 중요하고, 이를 위해서는 엔지니어의 인재 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하다는 판단하에 2020년도 1차 엔지니어 연구를 시작하였다.

제조업의 국제 경쟁력을 결정하는 거시적인 요인으로는 기초과학과 응용기술, 가격과 생산량을 포함한 시장 경쟁력, 글로벌 가치사슬 내 위상과 연계 등이 있다(이상준 외, 2020). 본 연구에서는 그동안 거의 연구가 되지 않았던 국가와 개인의 중간 층위(meso-level) 행위자(actor)인 기업 조직에 초점을 맞추고, 기업 내 엔지니어의 인적 경쟁력이 발현되는 조건과 맥락, 여건과 상황에 해당하는 세부 주제를 설정하여 탐색하고자 하였다. 2020년도 1차 연구에서는 국가적으로 주요 이슈였던 소재·부품·장비분야 중 장비산업 엔지니어의 직무, 숙련형성, 노동시장에 대해 종합적으로 살펴보면서 인적 경쟁력의 핵심인 기업 조직 내 엔지니어 인재 확보와 역량 향상에 주안점을 두고 연구를 진행하였다(이상준 외, 2020).

후속 연구에 해당되는 본 연구는 기본적인 틀과 문제의식은 그대로 유지하였으나 업종별 엔지니어 이슈와 쟁점을 고려하여 2차 연구의 방향을 설정하고, 이에 따라 연구 범위와 대상을 선정하였다.

### 1. 연구 범위와 대상

엔지니어의 인재 확보 및 역량 향상 방안은 업종별로 다른 상황이

므로 다양한 업종을 선택하여 엔지니어의 직무, 역량 등에 대한 연구를 지속할 필요성이 있다. 따라서 2차 연도에는 소재·부품·장비 업종 중에서 소재 업종인 정밀화학 업종의 엔지니어 인재 확보와 역량 제고 이슈를 탐색하였고, 다른 하나는 최근 산업 전환이 진행되고 있는 자동차 업종을 선정하여 산업 전환기의 엔지니어 수급과 역량 제고에 대해서 탐색하였다.

정밀화학 업종은 2019년 7월 일본이 불화수소 등 주요 화학소재를 수출규제의 핵심 업종으로 선정하여 주목을 받았다. 과학적 지식과 통찰을 바탕으로 기술적인 혁신성이 뛰어난 소재, 부품, 혹은 제품을 만들어 내는 과학기반 기술혁신이 주요 경쟁력 원천인 업종이다. 1차 연구에서 살펴본 기계 산업에서는 오랜 암묵지(tacit knowledge) 축적과 숙련형성이 중요한 해당 분야의 특성 때문에 일본, 독일 등 기계제조 선진국을 단기간에 추격하기는 쉽지 않다는 것을 파악할 수 있었다. 이에 2차 연구를 진행하는 올해에는 소부장의 핵심 영역이면서 이러한 암묵지 축적 과정을 우회할 수 있는 과학기반 업종에 초점을 맞추었다. 즉 제조 선진국을 추격하면서 기술격차를 좁힐 가능성이 큰 분야라고 볼 수 있다. 1차 연도에 이어 과학기반 업종에서 엔지니어의 직무, 숙련형성, 노동시장에 대한 분석을 통해 인적 경쟁력의 핵심인 기업 조직 내 엔지니어 인재 확보와 역량 향상에 주안점을 두었다.

다음으로 자동차 업종의 경우는 업종의 전환에 따른 엔지니어의 전환 관점에서 선정되었다. 디지털 전환 등으로 빠르게 기술 패러다임이 변화되고 있는 가운데, 자동차는 엔진을 주축으로 한 전형적인 기계제품에서 배터리가 주축이 되는 새로운 제품으로 전환이 이루어지고 있다. 이러한 산업의 전환에서 기업 내에서 새로운 분야에 해당되는 엔지니어의 진입과 함께 기존 엔지니어들의 직무 전환 등 다양한 변화들이 요구된다. 따라서 이러한 전환 과정에서 엔지니어들이 어떤 변화를 요구받고 기업들은 어떻게 대응하는지를 파악하는 것은 미래 제조업 경쟁력에서 주요한 이슈라고 할 수 있다. 이를 위해 엔진자동차에서 전기자동차로 전환해 가는 큰 과정에서 기업 내

엔지니어들이 직면하는 조직 구성, 엔지니어 업무 수행방식에서의 변화 등을 분석하여 산업 전환에 대응하여 엔지니어 역량 제고 방안을 중점적으로 살펴본다.

## 2. 연구 방법

지금까지 논의한 연구 배경과 목적, 연구 범위와 대상, 연구 질문을 바탕으로 본 연구의 방법에 대해 살펴본다. 기업 단위와 층위의 인적 경쟁력에 초점을 맞추고 특수화학산업의 스타트업 사례조사와 엔지니어 면담, 자동차산업의 대기업 사례조사와 엔지니어 면담을 진행하였다. 이러한 사례조사(case study)는 기업 조직 내부의 혁신 기제를 살펴볼 수 있다는 점에서 의의가 있다. 현장을 관찰하면서 수치로 표현될 수 없는 엔지니어 세계를 폭넓게 파악하고 과학기반 기술혁신과 학제 협업에 의미 있는 시사점을 찾아내는 것이 목적이다.

특수화학산업의 경우 혁신 스타트업 중 의미 있는 사례를 발굴하여 선정하였고, 자동차산업의 경우 친환경 자동차 모델 개발 경험이 있는 대기업을 선정하였다. 그 후, 연구진이 반구조화된(semi-structured) 질문지를 바탕으로 대표, 기술연구소장, 엔지니어 등을 집중적으로 면담하였다. 그 과정에서 쟁점을 추려내어 그 실태와 현황을 파악하고 분석하는 작업을 거쳐 다시 그 관점(perspective)에 관해 확인하는 추가 면담을 진행하는 방식으로 연구를 진행하였다.

## 3. 과학기반 기술혁신과 첨단화학소재 개발

### 가. 과학기반 기술혁신

과학기반산업의 경우 기술혁신의 주요 원천은 회사의 R&D 활동(신제품 개발)에 기반하는데, 그중에서도 특히 R&D는 대학과 공공 연구소에서 수행되는 최신의 과학적 발견이 매우 중요하다. 그렇기에

과학기반산업의 회사들은 대학 및 공공연구소들과 긴밀한 협력관계를 맺는다.

Grupp & Schnoch(1992)는 과학집약도(science intensity)라는 개념을 이용하여 과학기반산업을 분류하였다. 모든 특허문서에는 해당 특허가 인용한 과학-학술 문헌들이 언급되도록 의무화되어 있는데, 해당 특허가 과학-학술 문헌을 인용한 정도를 과학집약도라고 Grupp & Schnoch(1992)는 정의했고, 이것이 높은 산업을 과학기반 산업이라고 분류했다. 제약-바이오 산업과 반도체 산업, 유기화학-정밀화학 산업 등은 과학집약도가 매우 높게 나타났다. 본 연구의 조사 대상인 화학소재 제품 업종의 상당수가 과학집약도가 높다.

#### 나. 첨단화학소재 개발

특수화학(specialty chemicals) 분야는 전기·전자·반도체와 기기차·2차전지 등 수요산업이 요구하는 높은 품질의 전문성과 차별성을 만족시켜야 하므로, 높은 연구개발 집약도와 함께 원천 특허의 기술력을 확보하지 않고서는 업계 신규진입 또는 납품시장 개척이 불가능한 영역이다.

#### 다. 엔지니어 직무와 숙련형성

특수화학소재 업종의 경우 신기술(신제품 및 신공정) 개발에서 개인의 뛰어난 능력, 특히 과학적-공학적 지식과 판단력, 분석력이 상대적으로 중요하다. 즉 경험적 지식(암묵지)의 누적적 축적과 끈기, 그리고 여러 명이 함께 문제를 풀어 나가는 팀플레이도 중요하지만, 눈으로 볼 수 없고 손으로 만질 수 없는(따라서 손끝 감각이 무의미한) 화학소재의 개발과 생산에서는 소재의 화학적·물리적·전기적 특성과 그것에 대한 이론적-공학적 설명, 여러 소재를 배합했을 때 예상되는 새로운 특징에 대한 과학적-공학적 예측 가능성과 그 실제

결과물에 관한 판단과 분석(이론적·실험적 판단과 분석) 등이 중요하다. 따라서 그만큼 과학지식, 공학지식이 기본으로 갖추어져 있어야 업무를 제대로 수행할 수 있다.

#### 라. 기업혁신 역량과 산학연 연계

D사와 K사의 경우 연구개발 과정에서 최신의 세계 선도적 과학적-학문적 성과(문헌)의 탐색과 학습에 상대적으로 많은 공을 들이고 있으며, 이를 위해 대학교수들 및 국책 공공연구소와의 긴밀한 인적·업무적 네트워크를 구축하고 있다. 정부(산업통상자원부, 중소벤처기업부 등)가 제공하는 국책 기술개발 사업에 참여하고 있으며, 그것이 기술연구소의 재정과 인력 채용 그리고 개발 성과 창출에 직간접적인 도움이 되고 있다. D사와 K사가 영위하는 탄소소재(2차전지 소재 포함) 및 탄소섬유의 경우 그 국책 개발 사업의 예산이 많고, 보다 적극적인 정부 지원이 이루어지고 있다.

#### 마. 인적자원 관리와 개발

사례조사 대상 3개 회사 모두 공통으로 회사 또는 기술연구소가 위치한 인근 지역 출신의 연구인력이 채용되고 있다. 특히 비수도권의 경우, 수도권 출신 인력은 1년 이내에 이직하는 현상이 관찰된다.

소기업 또는 중소기업에 해당하는 3개 회사 모두 석박사급 엔지니어 인력에 대해 대기업에 비해 낮은 임금을 제공하고 있다. 그런데 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 예상되는 D사 및 K사의 경우에는 스톡옵션을 임직원들에게 제공하고 있다. 코스닥 상장 또는 대기업으로의 M&A가 성사될 경우, 그 스톡옵션은 실질적 보상 효과를 낼 것이다. 반면에 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 전망되지 않는 M사의 경우 스톡옵션은 경영진의 선택지가 아니다. 이에 따라 M사는 유능한 석박사급 연구인력 채용이 더욱 힘든 현실이다.

사례조사 대상 3개 회사 모두 공통으로 화학소재 업종의 기술개발에서 제대로 된 업무능력을 획득하려면 최소한 5~10년의 경력을 쌓아야 한다고 말한다. 제품 및 설비와 관련한 지식(경험지 및 공학적-과학적 지식 학습)과 그리고 경제-경영적 지식(고객 업체, 경쟁업체, 협력업체, 관련 국책기관들과 대학 등)을 축적해야 제대로 된 기술개발 업무를 수행할 수 있다는 의미이다.

#### 4. 산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응 : 친환경 미래차 개발

자동차산업은 엔진자동차에서 전기자동차로 전환이 가속화됨에 따라 산업 전환이 이루어질 것으로 예측되고 있다. 본 연구에서는 이런 산업 전환과정에서 엔지니어들이 직면하게 되는 직무와 역량의 변화를 살펴보고자 하였다.

H사는 제품 혁신이나 프로세스 혁신 관점에서 볼 때 매년 ‘도전에 대한 응전’을 하며 자체 엔진 도입, 고유 모델 제작부터 시작해 친환경차 제작까지 ‘과업 완수’를 해왔다. 엔지니어를 ‘갈아 넣는’ 방식, 달리 말해 고도의 집중력으로 밤낮없이 일해 주어진 일정을 당기고 목표한 성능을 달성하는 데 최적화된 조직문화를 가져왔고, 이는 한편에서는 모체였던 H그룹의 조직문화와, 다른 한편에서는 기계공학 엔지니어의 일하는 방식과 맞물리는 지점이 있다.

H자동차 사례연구를 통해 패러다임 전환 과정에서 H사가 직면한 조직적·인사관리적인 측면에서의 변화를 살펴보고자 하였다. 스마트카의 경우 현재 진행되는 상황이라 친환경 자동차의 경우를 중심으로 친환경 자동차 개발 단계에서 벌어졌던 제도적 변화, 조직적 적응의 사례를 직무, HRD, 노동시장의 관점에서 살펴보았다. 이를 토대로 보다 더 근원적인 스마트카의 상황을 유추하고자 노력하였다.

사례분석 결과, 조직문화에서 급진한 변화가 나타나지는 않았다. H자동차식 조직문화는 여전히 강고한 가운데, 재료공학이나 화학공학 같은 이전공의 엔지니어들이 기계공학 전공 엔지니어와 같이 차

체를 뜯고 재조립(역행 설계)하면서 H자동차 엔지니어가 되었고, 기존의 기계공학 전공 엔지니어들은 개발 단계에서 빠른 습득을 통해 다른 전공에 대한 이해도를 높였다. 많은 경우 기계공학 전공 엔지니어들이 기존에 다루지 않았던 내용을 습득하는 데 더 빠른 속도를 보였다고 한다. 이는 기존 개발 단계에서의 ‘경로의존’에 익숙했기 때문이라고 해석할 수 있을 것이다. 그러나 적극적인 사외교육과 정규 학제 유학 프로그램의 활성화 등 HRD 관점에서의 제도적 지원이 따라왔다는 점도 특기할 만하다. 마지막으로 노동시장 관점에서 H자동차의 인사제도는 신규진입과 경력직 채용, 이직 후 재진입 등의 단계에서 유연하고 효과적으로 운영되고 있다고 볼 수 있다. 우수한 인재들의 ‘유출’을 막기 위해 제도적 인센티브와 ‘넛지(nudge)’를 고루 활용하는 다른 제조 대기업들의 고민과 달리, H자동차는 박사급 연구원의 교원 임용이 아니라면 이직으로 떠났던 인재가 다시 돌아올 수도 있다는 자신감이 있었다.

더불어 H자동차 조직의 자신감은 자동차산업 분야의 제조역량을 특화해서 키울 수 있는 학사, 석사과정의 계약학과에 대한 입장에서도 확인할 수 있다. 계약학도가 필요하면 만들 수 있고, 또한 만들게 될 경우 H자동차가 필요로 하는 대학의 교육과정 설계와 운영을 위해 물심양면 지원을 하지만, 다른 한편에서는 내부적으로 필요한 인재를 시행착오를 거쳐 길러낼 수 있다는 자신감을 가진 사람들이 있었다. ‘엔지니어로서의 직관’을 갖고 있으면 비전공자라도 시작차 역행 설계(reverse engineering)를 통해 차체에 대해 이해를 시킬 수 있다는 자신감이 있다. 물론 주니어 계층을 형성하는 엔지니어들은 좀 더 전문적이고 짜임새 있는 사외교육 등에 대한 갈증이 존재하는 것도 사실이다.

이러한 관점에서 볼 때 H자동차의 경우 엔지니어 조직의 쟁점은 외부 노동시장과의 교류 문제보다는, 내부적인 일하는 방식의 효과적인 설계와 운영, 이를 촉진할 수 있는 제도적 유연성과 밀접한 관련을 가질 것으로 이해된다. OTA 기술의 업그레이드, 전면적으로 내

연기관 개발의 축소에 따르는 엔지니어들의 reskilling, 자율주행차 개발이라는 과제를 수행하기 위한 SW 엔지니어들과의 협업 등의 쟁점들이 지속적으로 제기될 것으로 보인다. 다른 한편으로는 H차 동차의 경우 연구개발 단계보다 어찌면 인터페이스를 하는 생산기술이나 실제 생산운영으로 연결되는 후행의 ‘제조역량’ 문제를 좀 더 살펴보아야 할 필요가 있어 보인다.

## 5. 정책 제언

### 가. 산학연 연계 강화와 기초과학 장기투자

과학기술산업에서는 제조공정 혁신(process innovation)보다 제품 혁신(product innovation), 즉 신제품 개발이 가장 중요하다. 또한 대규모 설비와 자본이 필요한 것은 아니라는 점에서 진입장벽이 낮지만, 동시에 신제품 개발과 출시를 가능케 하는 원천기술(특히 또는 영업비밀 기술)을 반드시 자체적으로 보유해야만 한다는 점에서 보면 진입장벽이 높다고 할 수 있다. 또한 제품별로 수요자와 시장이 매우 세분되어 있기에 제품별 세계시장 규모가 크지 않으며, 따라서 몇몇 특정 업체들이 세계시장을 과점적으로 지배하게 될 가능성이 크다. 또한 하나의 기업이 해당 제품의 모든 연구와 개발을 담당하기 어렵기에 과학적 지식의 창출 공간이자 인력양성소인 대학 및 공공연구소와의 협력이 중요하다. 또한 대학과 공공연구소에 근무하는 연구자가 직접 해당 기술 제품의 창업 등 기술사업화에 나설 가능성도 크다. 이렇듯 과학기반산업에서는 대학과 공공연구소가 기술혁신에서 중요한 역할을 담당하며, 따라서 이른바 ‘산학연 네트워크’가 중요한 역할을 한다.

아울러 과학기반산업의 발전에 기초과학 및 거대과학이 중요하다. 예컨대 오늘날 통용되는 레이저-광학 제품(복사기 등)과 X-선, MRI 등 의료기기, 반도체와 인터넷, 연료전지와 2차전지, 자율주행차와

같은 제품과 업종의 탄생과 발전을 조사해 보면, 그러한 돌파형 신기술 제품의 출현 배경에는 기초과학과 거대과학(달 탐사, 우주탐사 등) 관련 장기적인 연구개발의 역사가 바탕이 되어 있다는 점을 알 수 있다.

즉 과학기반 기술혁신을 위해서는 산학연 연계 강화와 함께 기초과학 장기투자가 필요하다. 이를 위해 중장기적으로 권역별 산학연 클러스터 강화와 기초과학 연구인력 지원이 요청된다.

#### 나. 고등교육 학제 협업 강화

H자동차 사례조사를 통해 산업기술 패러다임의 전환기에 나타나는 제품의 시장지배적 디자인(dominant design)의 변화에 따라 기업들이 직면하게 되는 엔지니어들의 구성, 이에 따라 연속적으로 야기되는 조직, HRD, 인사 등의 문제와 대응을 살펴보았다. 이러한 조사는 제품의 급격한 패러다임 변화가 발생하는 여러 산업에서 기술인력을 어떻게 육성해야 하는지에 대해 시사점을 줄 수 있다.

현재 첨단 신산업 관련 제품에 대응하여, 기업들의 인력 육성 요구에 대응하여 대학들은 신산업 관련학과를 증설하여 대응하고 있고, 각 부처는 대학들이 융합적인 인력을 육성하도록 지원하고 있다. 2011년과 비교하여 2021년 대학들의 신규 학과 개설 현황을 보면, 학부는 2011년 74개에서 2021년 477개로 6배 이상 증가하였고, 대학원의 경우 첨단 신기술분야 신규 학과는 125개에서 445개로 10년간 4배 가까이 증가하였다(엄미정 외, 2021). 교육부는 미래자동차를 포함하여 인공지능, 지능형반도체 등 22개 첨단·신기술 분야에 대해서 대학정원을 증원할 수 있도록 제도를 개편하여 각 분야별 학과 개설 및 인력 양성 확대를 유도하고 있다. 다른 부처들의 경우도 스마트시티 등 신산업 관련 학과 개설 및 인력양성을 지원하고 있다.

이러한 정책적 지원은 첨단 신제품이 대두됨에 따라 실제로 기업에서 엔지니어 구성 및 직무에서 어떤 변화가 발생하는지를 파악하지

못하거나, 그것을 고려하지 않은 것에서 기인한다고 할 수 있다. 이런 정책적 취약성은 재직자의 재교육에서도 유사하게 나타나고 있다.

H사의 사례를 보면 미래자동차라는 신제품의 개발은 화학공학 전공자나 SW 전공자 등 전공의 다각화로 이해해야 함을 의미한다. 즉 화학공학 전공자 및 SW 전공자들이 자동차산업으로의 진로 개척이라고 할 수 있는 것이다. H사의 경우 대기업이기에 대학에 대한 투자와 협력을 통해서 이를 해결하지만, 신제품 관련 생태계에 속하는 중소기업의 경우 이러한 접근이 용이하지 않다. 따라서 새롭게 대두되는 신산업과 관련하여 새로운 전공분야를 이해하고 진로를 고려할 수 있도록 하는 지원이 필요하게 된다.

한편 직무의 배분, 업무방식 등에서 친환경 자동차의 경우와 스마트카의 경우는 필요한 엔지니어의 구성이 다르고, 제품별로 전공 간 협업과 교류방식의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다. 다학제 역량으로 칭해지는 타 전공에 대한 지식과 이해도는 친환경 자동차 관련 엔지니어처럼 용어사전 정도의 최소 역량이면 되지만, 스마트카의 경우는 전공과 함께 일정 정도의 인공지능 지식이 동시에 필요하다(한용하, 2021).

결국 산업기술 패러다임의 전환 시기에 다양한 첨단 신제품별로 인력을 매칭하기에는 제품별로 다르고, 또한 빠른 변화로 인해 대응이 어렵다. 따라서 개별 제품별 대응이 아닌 해당 전공의 기본 역량에서 다학제 역량의 구조를 설계하는 것이 필요하다.

즉 학제 협업기반 기술혁신을 위해서는 고등교육 체계에서 학제 협업 환경을 구축하고, 미래 엔지니어가 될 청년들에게 이러한 경험을 제공하는 것이 중요하다. 이를 위해 학과 간 정원과 칸막이에 초점을 맞춘 교육 행정과 학사 행정에서 탈피하여 학제 협업과 혁신에 초점을 맞춘 고등교육 개혁이 요청된다.

# 제1장 서론

## 제1절 연구 배경과 목적

한국의 제조업은 수도권과 지방에서 대기업과 중소기업 일자리를 창출하고 수출을 견인하면서 국가의 경쟁적 우위(competitive advantage)를 확보하는 데 중요한 기간산업이다. 제조업의 경쟁력 우위를 위해서는 인적 경쟁력 확보가 중요하고, 이를 위해서는 엔지니어의 인재 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하다는 판단하에 2020년도 1차 엔지니어 연구를 시작하였다.

제조업의 국제 경쟁력을 결정하는 거시적인 요인으로는 기초과학과 응용기술, 가격과 생산량을 포함한 시장 경쟁력, 글로벌 가치사슬 내 위상과 연계 등이 있다(이상준 외, 2020). 본 연구에서는 그동안 거의 연구가 되지 않았던 국가와 개인의 중간 층위(meso-level) 행위자(actor)인 기업 조직에 초점을 맞추고, 기업 내 엔지니어의 인적 경쟁력이 발현되는 조건과 맥락, 여건과 상황에 해당하는 세부 주제를 설정하여 탐색하고자 하였다. 2020년도 1차 연구에서는 국가적으로 주요 이슈였던 소재·부품·장비분야 중 장비산업 엔지니어의 직무, 숙련형성, 노동시장에 대해 종합적으로 살펴보면서 인적 경쟁력의 핵심인 기업 조직 내 엔지니어 인재 확보와 역량 향상에 주안점을 두고 연구를 진행하였다(이상준 외, 2020).

후속 연구에 해당되는 본 연구는 기본적인 틀과 문제의식은 그대로 유지하였으나 업종별 엔지니어 이슈와 쟁점을 고려하여 2차 연구의 방향을 설정하고 이에 따라 연구 범위와 대상을 선정하였다.

## 제2절 연구 범위와 대상

엔지니어의 인재 확보 및 역량 향상 방안은 업종별로 다른 상황이므로 다양한 업종을 선택하여 엔지니어의 직무, 역량 등에 대한 연구를 지속할 필요성이 있다. 따라서 2차 연도에는 소재·부품·장비업종 중에서 소재업종인 정밀화학업종의 엔지니어 인재 확보와 역량 제고 이슈를 탐색하였고, 다른 하나는 최근 산업 전환이 진행되고 있는 자동차 업종을 선정하여 산업 전환기의 엔지니어 수급과 역량 제고에 대해서 탐색하였다.

정밀화학업종은 2019년 7월 일본이 불화수소 등 주요 화학소재를 수출규제의 핵심 업종으로 선정하여 주목을 받았다(산업통상자원부, 2021. 7. 1.).<sup>1)</sup> 과학적 지식과 통찰을 바탕으로 기술적인 혁신성이 뛰어난 소재, 부품, 혹은 제품을 만들어 내는 과학기반 기술혁신이 주요 경쟁력 원천인 업종이다. 1차 연구에서 살펴본 기계산업에서는 오랜 암묵지(tacit knowledge) 축적과 숙련형성이 중요한 해당 분야의 특성 때문에, 일본·독일 등 기계제조 선진국을 단기간에 추격하기는 쉽지 않다는 것을 파악할 수 있었다. 이에 2차 연구를 진행하는 올해에는 소재, 부품, 장비의 핵심영역이면서 이러한 암묵지 축적 과정을 우회할 수 있는 과학기반 업종에 초점을 맞추었다. 즉 제조 선진국을 추격하면서 기술격차를 좁힐 가능성이 큰 분야라고 볼 수 있다. 1차 연도에 이어 과학기반 업종에서 엔지니어의 직무, 숙련형성, 노동시장에 대한 분석을 통해 인적 경쟁력의 핵심인 기업 조직 내 엔지니어 인재 확보와 역량 향상에 주안점을 두었다.

1) 대한민국 정책브리핑, 「일본 수출규제 2년…소부장 핵심품목 대일 의존도 크게 낮아져」 (산업통상자원부, 2021. 7. 1.): <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148889461>, 접속일: 2022. 02. 11.

다음으로 자동차업종의 경우는 업종의 전환에 따른 엔지니어의 전환 관점에서 선정되었다. 디지털 전환 등으로 빠르게 기술 패러다임이 변화되고 있는 가운데, 자동차는 엔진을 주축으로 한 전형적인 기계제품에서 배터리가 주축이 되는 새로운 제품으로 전환이 이루어지고 있다. 이러한 산업의 전환에서 기업 내에서 새로운 분야에 해당되는 엔지니어의 진입과 함께 기존 엔지니어들의 직무 전환 등 다양한 변화들이 요구된다. 따라서 이러한 전환 과정에서 엔지니어들이 어떤 변화를 요구받고 기업들은 어떻게 대응하는지를 파악하는 것은 미래 제조업 경쟁력에서 주요한 이슈라고 할 수 있다. 이를 위해 엔진자동차에서 전기자동차로 전환해가는 큰 과정에서 기업 내 엔지니어들이 직면하는 조직 구성, 엔지니어 업무 수행방식에서의 변화 등을 분석하여 산업 전환에 대응하여 엔지니어 역량 제고 방안을 중점적으로 살펴본다.

### 제3절 연구 질문

이러한 연구 배경과 목적, 연구 범위와 대상을 바탕으로 본 연구는 다음과 같은 연구 질문을 제시한다.

과학기반 기술혁신의 특성은 무엇인가? 특수화학 분야에서 과학기반 기술혁신을 추구하는 스타트업에서 엔지니어 인력의 직무 배치와 숙련형성은 어떻게 이루어지고 있으며, 조직 내외부 노동시장은 어떻게 작동하고 있는가?

자동차산업의 전환 과정에서 엔지니어가 직면하는 변화는 무엇인가? 자동차산업의 전환 과정에서 기업은 어떻게 대응하며, 조직 내 엔지니어 인적자원 개발에서 중요한 쟁점은 무엇인가?

과학기반 기술혁신과 산업 전환 업종에서 엔지니어의 인적 경쟁력을 강화하기 위한 정책 제언은 무엇인가?

## 제4절 연구 방법과 보고서의 구성

### 1. 연구 방법

지금까지 논의한 연구 배경과 목적, 연구 범위와 대상, 연구 질문을 바탕으로 본 연구의 방법에 대해 살펴본다. 기업 단위와 층위의 인적 경쟁력에 초점을 맞추고, 특수화학산업의 스타트업 사례조사와 엔지니어 면담, 자동차산업의 대기업 사례조사와 엔지니어 면담을 진행하였다. 이러한 사례조사(case study)는 기업 조직 내부의 혁신 기제를 살펴볼 수 있다는 점에서 의의가 있다. 현장을 관찰하면서 수치로 표현될 수 없는 엔지니어 세계를 폭넓게 파악하고 과학기반 기술혁신과 학제 협업에 의미 있는 시사점을 찾아내는 것이 목적이다.

특수화학산업의 경우 혁신 스타트업 중 의미 있는 사례를 발굴하여 선정하였고, 자동차산업의 경우 친환경 자동차 모델 개발 경험이 있는 대 기업을 선정하였다. 그 후, 연구진이 반구조화된(semi-structured) 질문지를 바탕으로 대표, 기술연구소장, 엔지니어 등을 집중적으로 면담하였다. 그 과정에서 쟁점을 추려내어 그 실태와 현황을 파악하고 분석하는 작업을 거쳐 다시 그 관점(perspective)에 관해 확인하는 추가 면담을 진행하는 방식으로 연구를 진행하였다.

## 2. 보고서의 구성

〈표 1-1〉 보고서의 구성

연구 구성	주요 내용	연구 방법
제1장 서론	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 배경과 목적</li> <li>· 연구 범위와 대상</li> <li>· 연구 질문</li> <li>· 연구 방법과 보고서 구성</li> </ul>	
↓		
제2장 본론 1	과학기반 기술혁신 업종에서의 엔지니어 경쟁력 (특수화학산업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 문헌조사</li> <li>· 면접조사</li> </ul>
↓		
제3장 본론 2	산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응 (자동차산업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 문헌조사</li> <li>· 면접조사</li> </ul>
↓		
제4장 결론	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 종합 검토</li> <li>· 정책 제언</li> </ul>	

서론에 해당하는 제1장에 이어 본론을 여는 제2장에서는 과학기반 기술혁신 업종으로서 특수화학산업 스타트업 사례 탐구를 통해 과학기반 기술혁신을, 제3장에서는 자동차산업 사례 탐구를 통해 산업 전환에 따른 엔지니어의 변화와 대응과정을 살펴본다. 마지막으로 결론에 해당하는 제4장에서는 사례조사를 통해 확인된 특수화학업종과 자동차산업 전환과 관련한 쟁점을 종합하고, 시사점을 바탕으로 정책 제언을 제시한다. 종합하면, 본 보고서에서는 과학기반 기술혁신과 산업 전환 과정에서 엔지니어의 직무와 역량에 주목하고, 이를 통해 제조업 경쟁력을 높이는 경로를 제시하고자 한다.

## 제 2 장

# 과학기반 기술혁신 업종에서의 엔지니어 경쟁력 제고 방안 : 특수화학산업을 중심으로

### 제1절 과학기반 기술혁신과 특수화학산업

#### 1. 과학기반 기술혁신과 주요 산업군/제품군

과학기반산업이라는 용어의 원래 의미는 그 산업의 등장 배경이 과학 발전에 기반하고 있다는 점이다. 19세기 후반 유럽에서는 당시의 새로운 과학적 발견에 기초하여 오늘날 형태의 화학과 전기, 광학, 냉동 등의 새로운 제품군과 산업들이 등장하였는데, 이들을 기존의 전통적인 산업과 구분하기 위해서 과학기반산업이라고 통칭하였다(최영락 외, 1999). 이러한 역사적 맥락을 계승하면서 오늘날 학술적으로 사용되는 과학기반산업 (Science-based industry)이라는 산업 분류는 Pavitt으로부터 시작되었다. Pavitt(1984)은 1950~1960년대에 이루어진 약 2,000개의 영국 기술 혁신에 대한 연구를 통해 기술혁신의 패턴을 유형화하였다.

즉 Pavitt은 산업을 기술혁신 패턴에 따라 공급자 주도형(supplier dominated), 규모 집약형(scale intensive), 그리고 전문 공급자형(specialized suppliers)과 과학기반형(science based) 산업으로 각각 구분하였다. 여기서 Pavitt은 전자산업과 유기화학산업, 제약 및 바이오산업, 항공우주, 군사기술 등을 연구개발이나 기초연구가 기술혁신의 원천으로 작용하는 대표적인 과학기반산업이라고 보았다(이광호 외, 2009, p.41).

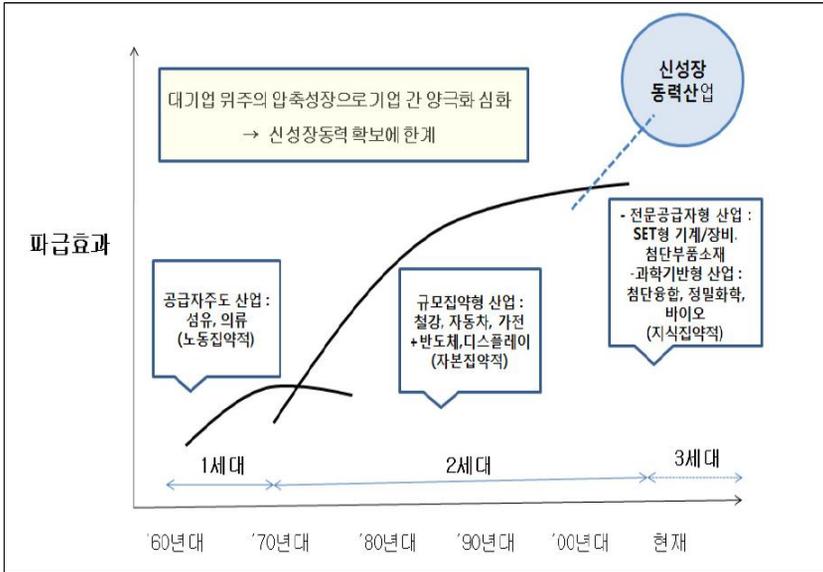
〈표 2-1〉 기술혁신 패턴에 따른 산업 분류

기술혁신 패턴 (technology innovation pattern)	전형적 분야(산업)	주요 기술 원천
공급자 주도형 (supplier-dominated industries)	농업, 전통적 서비스업, 전통제조업(섬유, 의복, 가죽, 인쇄 및 출판, 목재 산업)	생산설비·원자재 공급자, 생산학습 → 공정혁신 위주
규모 집약형 (scale-intensive industries)	자동차, 가전, 철강, 유리, 시멘트, 식품 산업 등	엔지니어링 공급자, 기업 내 연구개발, 부품소재 공급자 → 공정혁신과 제품혁신이 비슷한 비중
전문 공급자형 (specialized suppliers)	공작기계, 건설장비, 측정기기 등 set형 기계·장비 산업 및 소프트웨어산업	디자인, 고급 수요자 → 자본재 중심 제품혁신
과학기반형 (science-based industries)	전자산업, (정밀)화학산업, 바이오산업	기업 내외부 R&D, 공공센터 기초연구 → 제품혁신 위주

자료: Pavitt(1984).

제조업 엔지니어 1차 연구(2020) 대상 업종 중에서 공작기계산업이 대표적인 전문 공급자 유형의 기술개발/기술혁신에 해당한다. 우리나라의 2차 연도 연구(2021) 대상인 정밀화학업종은 그 상당 부분(2차전지 소재, 탄소 소재 등)이 위 Pavitt의 분류에 따라 과학기반산업으로 분류될 수 있을 것이다. 물론 반드시 그런 것은 아니며, 정밀화학 제품 업종으로 공식 분류되는 업종 중 일부(페인트, 접착제, 농약 등)는 ‘규모 집약형’ 기술혁신 패턴에 부합한다고 볼 수 있다. 또한 산업용 기능성 분말(M사)의 경우에는 그 소재의 원료인 기초화학소재를 공급하는 국내외 공급사의 기술발전-기술혁신에 크게 의존한다는 점에서, 공급자 주도형으로 분류할 수 있다. 이에 관해서는 후술할 사례 탐구에서 자세하게 다룰 예정이다.

(그림 2-1) 한국 산업의 발전 궤적



자료: 이광호 외(2009), p.32.

한국 산업 발전의 역사적 궤적을 Pavitt(1984)의 분류로 해석할 경우, 크게 3개의 시대적 구별이 관찰된다(이광호 외, 2009, p.33 참조). 첫 번째 시기는 1970년대 초반까지의 시기로 섬유·의복과 식품, 광산, 건설 등 산업의 시기이다. 이러한 업종에서 발생하는 기술력 향상과 생산성 향상의 특징은 그 원동력이 기계와 장비(섬유기계, 식품기계, 건설기계, 채굴 장비 등), 원료 등에 체화된 기술에 있으며, 따라서 그 기계-장비-원료의 제작사인 공급업체들이 이들 업종에서 이루어지는 생산성 향상 및 기술 성장의 원천이라 할 수 있다. 이렇듯 이 시기에 한국경제에서 이루어진 기술 개선과 생산성 향상은 공급자 주도형이 주류였다고 볼 수 있다. 더구나 그 기계장비와 원료의 공급자는 주로 해외 업체들이었다.

두 번째 시기는 1972년에 시작된 중화학 공업화에 따라 철강과 조선, 자동차, 석유화학, 전자 등이 본격적으로 국가 주도, 재벌그룹 주도의 유형으로 급속한 압축적 경제성장이 이루어지는 시기이다. 이들 업종의 특징은 공장설비 운영 및 연구개발, 마케팅 등에서 '규모의 경제' 논리가 매우 유효하게 작동한다는 것이며, 따라서 대규모의 설비자금과 기술개발

(독자 공정기술 및 제품 기술개발) 자금의 동원에 유리한 대기업 그룹이 성장을 주도하였다. 자본집약적, 규모집약적 기술혁신 패턴에 잘 부합한다. 1990년대부터 본격 성장하기 시작한 반도체와 디스플레이 업종도 그 제품 업종의 성장을 처음 개척한 미국과 일본 등 선진국의 글로벌 선도 기업들이 투자를 망설일 때, 우리나라의 재벌 대기업 그룹들이 과감한 설비투자과 생산량 확대로 세계 시장을 석권하는 전략에 성공했는데, 이 역시 ‘규모 집약형 기술혁신’ 유형에 부합한다고 말할 수 있다.

세 번째 시기는 현재에 해당한다고 볼 수 있는데, 현재 우리나라 산업들에서 관찰되는 기술개발-기술혁신의 특징은 규모 집약형 기술혁신과 전문 공급자형 기술혁신, 과학기반 기술혁신 등이 제품별·업종별로 병행하고 또한 특정 업종 내에서 서로 중첩되고 결합하고 있으며, 점차 후자 유형의 특징들이 강화되고 있는 모습이다. 예컨대 반도체 업종의 경우, 기존의 규모 집약형 설비투자과 신공정-신제품 개발투자가 여전히 지속되고 있지만, 동시에 세계 정상급의 반도체(메모리 및 비메모리) 관련 최신의 과학적 발견(학술논문 게재)과 발명(특허등록)에 기반한 신공정-신제품 개발이 본격화되는 양상을 보인다. 또한 2차전지도 기존의 규모집약형 설비투자과 기술투자가 지속되고 있지만, 동시에 세계 최정상급의 배터리 신소재 개발(과학기반)과 그 사업화가 진행 중이다. 자동차 산업도 연료전지와 배터리팩, 모터와 인버터, 자율주행차 개발 등에서 규모집약형과 과학기반 기술개발이 동시에 결합적으로 진행되고 있다고 볼 수 있다. 또한 일부이긴 하지만, 공작기계와 특수기계(반도체장비, 식품제조장비) 등의 주문형 기계-설비와 특수부품 제작 업종에서는 전문 공급자형 유형의 기술혁신 제품과 업종이 성장하고 있다.

## 2. 숙련 축적 기술혁신과 과학기반 기술혁신의 경로 차이

자동차와 전자, 철강, 조선, 석유화학, 시멘트, 유리 등처럼 대규모 공장설비가 필수적인 규모 집약형 산업의 경우 대부분의 기술혁신은 대기업에 의해 주도되고, 또한 공정기술(대량생산) 개선이 중요하다. 이 점은 철강과 시멘트, 유리, 석유화학 등 신제품 출시보다는 기존 제품의 품질

개선 및 가격 경쟁력 확보가 중요한 연속생산 공정의 산업에서는 명백하다. 또한 반도체와 디스플레이, 자동차 등의 업종에서도 수출 확보 또는 세계적 품질 확보를 위한 공정기술 개선이 매우 중요하다. 그리고 이러한 공정기술 개선의 많은 부분은 제조공정의 숙련된 엔지니어 및 현장 숙련공들에 의해서 이루어진다. 또한 신제품 개발의 경우에도, 새로운 과학적-학문적 발견(학술논문)도 일부 중요하지만, 그것만큼이나 또한 경험적으로 누적된 지식(경험지) 및 데이터의 축적이 중요하다.

반면에 과학기반산업의 경우 기술혁신의 주요 원천은 회사의 R&D 활동(신제품 개발)에 기반하는데, 그중에서도 특히 대학과 공공연구소에서 수행되는 최신의 과학적 발견이 매우 중요하다. 따라서 과학기반산업의 회사들은 대학 및 공공연구소들과 긴밀한 협력관계를 맺는다.

Grupp & Schnoch(1992)는 과학집약도(science intensity)라는 개념을 이용하여 과학기반산업을 분류하였다. 모든 특허문서에는 해당 특허가 인용한 과학-학술 문헌들이 언급되도록 의무화되어 있는데, 해당 특허가 과학-학술 문헌을 인용한 정도를 과학집약도라고 Grupp & Schnoch(1992)는 정의했고, 이것이 높은 산업을 과학기반산업이라고 분류했다. 제약-바이오산업과 반도체산업, 유기화학-정밀화학산업 등은 과학집약도가 매우 높게 나타났다. 본 연구의 조사 대상인 화학소재 제품 업종의 상당수가 과학집약도가 높다.

과학기반산업에서는 제조공정 혁신(process innovation)보다 제품 혁신(product innovation), 즉 신제품 개발이 가장 중요하다. 또한 대규모 설비와 자본이 반드시 필요한 것은 아니라는 점에서는 진입장벽이 낮지만, 동시에 신제품 개발과 출시를 가능케 하는 원천기술(특허 또는 영업 비밀 기술)을 반드시 자체적으로 보유해야만 한다는 점에서 보면 진입장벽이 높다고 할 수 있다. 또한 제품별로 수요자와 시장이 매우 세분되어 있기에 제품별 세계시장 규모가 크지 않으며, 따라서 특정 업체들 몇몇이 세계시장을 과점적으로 지배하게 될 가능성이 크다. 또한 하나의 기업이 해당 제품의 모든 연구와 개발을 담당하기 어렵기에 과학적 지식의 창출 공간이자 인력양성소인 대학 및 공공연구소와의 협력이 중요하다. 또한 대학과 공공연구소에 근무하는 연구자가 직접 해당 기술 제품의 창

업 등 기술사업화에 나설 가능성도 크다. 이렇듯 과학기반산업에서는 대학과 공공연구소가 기술혁신에서 중요한 역할을 담당하며, 따라서 이른바 ‘산학연 네트워크’가 중요한 역할을 한다.

아울러 과학기반산업의 발전에 기초과학 및 거대과학이 중요하다. 예컨대 오늘날 통용되는 레이저-광학 제품(복사기 등)과 X-선, MRI 등의 의료기, 반도체와 인터넷, 연료전지와 2차전지, 자율주행차와 같은 제품과 업종의 탄생과 발전을 조사해 보면, 그러한 돌파형 신기술 제품의 출현 배경에는 기초과학과 거대과학(달 탐사, 우주탐사 등) 관련 장기적인 연구개발의 역사가 바탕이 되어 있다는 점을 알 수 있다.

### 3. 한국 특수화학산업

본 연구의 대상은 석유화학산업 또는 일반화학산업이 아닌 특수화학산업이다. 대표적인 화학산업인 석유화학산업은 대규모 장치산업으로 규모의 경제에 의한 이득을 추구해야 하므로 대량생산 설비를 확보할 수 있는 대자본의 대기업에 유리하다. 석유화학산업에는 통상적으로 일반화학 산업이라 지칭되는 산업도 포함되는데, 여기에서는 요소와 암모니아, 메틸알코올처럼 여타 화학소재의 원료가 되는 저부가가치 제품의 대량생산이 이루어진다. 석유화학과 일반화학은 양자 모두 소품종 대량생산(일관 생산공정)과 대기업 위주의 산업구조를 특징으로 한다.

#### 가. 정밀화학

이에 반대되는 것이 정밀화학(fine chemicals)산업인데, 여기서는 앞서 말한 석유화학 또는 일반화학 산업에서 생산된 제품들을 원료로 하여 염료와 도료(페인트), 접착제, 의약품, 농약 등을 생산한다. 정밀화학산업에서는 상대적으로 다품종 소량생산 또는 주문형 배치(batch) 생산의 경우가 많고, 따라서 생산설비 역시 일관생산공정의 대량생산설비보다는 유연성 높은 중소규모 설비로 충분하며, 따라서 중소기업들이 각각 특정한 전문분야에서 전문적인 기술력과 공급능력을 가지고 경쟁할 수 있다. 또

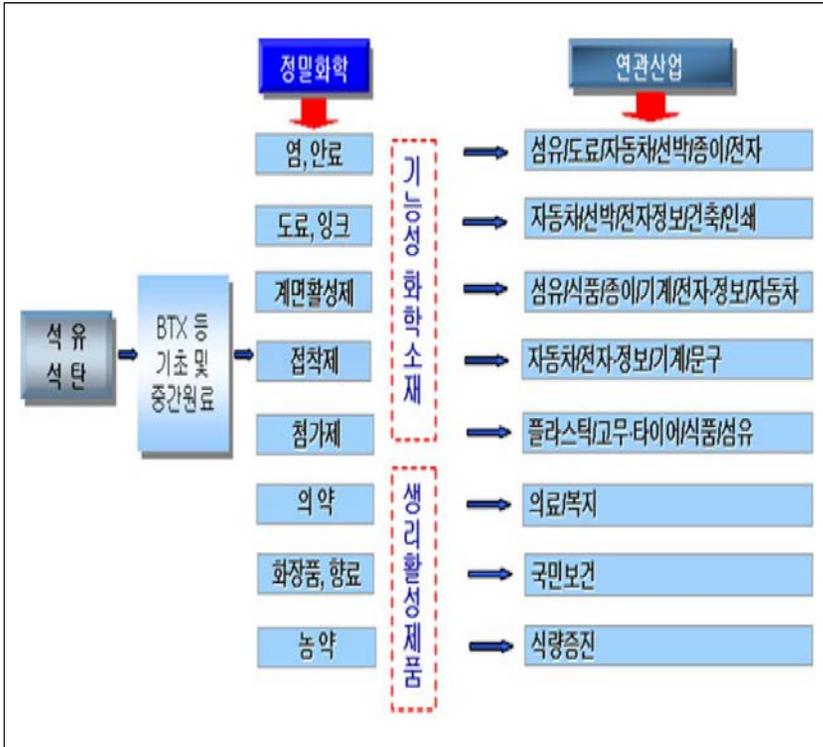
한 이 분야의 수요자는 주로 제조업 분야(자동차, 전자, 항공우주 등)이며, 이들 산업 분야마다 그 요구되는 수요의 사양(specification)이 아주 세밀하게 나뉘어져 있다. 따라서 그 각각의 특수한 산업수요를 반영하는 내수시장 및 세계시장의 규모 자체가 크지 않은데, 그 작은 국내 수요 및 세계시장 수요에 대응하는 전문적 공급자들 또한 많지 않다. 또한 기계 및 전자산업과 대비되는 화학산업의 특징 중 하나가 역행 설계(reverse engineering)가 상대적으로 힘들다는 점인데, 그만큼 과학기반 기술의 축적이 경쟁력의 관건이 된다.

먼저 정밀화학산업이란 '석유화학산업 등으로부터 제공받은 기초 화학 원료를 합성하여 추출한 중간체, 원료를 다단계의 공정을 거쳐 배합·가공하여 완제품을 생산하는 자본집약적, 기술집약적 화학산업으로 다품종 소량생산 방식에 의해 전자·정보·기계, 의료·건강, 환경·에너지산업 등에 사용되는 고부가가치 기능성 화학소재 및 생리활성제품을 공급하는 산업'으로 정의되는데, 여기에는 주로 염료·안료와 도료(페인트), 잉크, 계면활성제, 접착제, 의약, 화장품, 농약 등의 업종이 포함된다. 2018년 기준 우리나라 정밀화학산업의 생산액은 59조 8,000억 원이며, 내수시장 규모는 62조 원이다. 내수시장 규모가 가장 큰 업종은 의약품으로 23조 원에 달한다(한국정밀화학산업진흥회, 2019).

2018년 정밀화학제품의 수출은 화장품(중국, 홍콩), 의약(미국, 독일, 터키)을 중심으로 수출이 증가하면서 2014년부터 연평균 15.8%로 증가하며 최근 5년간 두자릿수 증가율을 기록하였다. 2018년 정밀화학제품의 수입은 의약(미국, 독일), 화장품(프랑스, 미국), 염·안료(일본, 중국) 등 3개 분야 수입이 전체 수입의 51.2%를 차지하고 있다. 염료의 경우 수요 산업인 국내 섬유산업의 생산공장 해외 이전 등으로 인해 2011년을 정점으로 지속적으로 감소하는 추세이다(한국정밀화학산업진흥회, 2019).

서구와 대비되는 한국 정밀화학산업의 특징 중 하나가 매출액 대비 연구개발(R&D)비 비중이 상대적으로 크지 않다는 점이다. 그 주된 이유는 원천 특허의 물질(화학소재)을 생산하여 공급하는 것이 아니라 서구와 일본 등의 산업체들로부터 특허 사용권(license) 계약 생산을 하는 경우이거나 또는 해당 원천 특허가 만료된 물질을 복제하여 모방 생산하는

(그림 2-2) 정밀화학산업의 분류



자료 : 한국정밀화학산업진흥회(2019), 「2019년 정밀화학 산업경쟁력 조사」.

경우이기 때문이다. 대표적으로 산업용 및 가정용의 페인트와 접착제 업종의 경우, 매출액 대비 연구개발 지출의 비율(연구개발집약도)이 2% 이하로, 한국 평균 연구개발집약도에도 미달한다. 또한 영세기업, 중소기업들의 비중이 압도적이며 급여 수준이 낮고 그만큼 우수한 기술인력을 채용하기 어려운 상황이다. 또한 품질과 생산성, 부가가치율 등이 서구 선진국 업체들의 그것과 대비하여 낮다. 한마디로 과학기반산업의 특징이 현저히 결여되어 있다. 이는 한국뿐만 아니라 모든 개발도상국의 후발공업화 과정에서 관찰되는 일반적인 특징이다.

그나마 최근에 상대적으로 적극적인 R&D 투자에 나서는 업체들이 일부 등장하고 있다. 예컨대 A사와 같은 화장품 기업들은 수출액 증가와 함께 연구개발과 공정기술의 혁신에 투자를 증가시키고 있다.

나. 특수화학

이런 배경 때문에 한국에서는(보통 독자 특허등록을 동반하는) 독자 기술개발을 중심으로 질적 차별성을 강조하기 위해 특수화학(specialty chemicals)을 별도로 분류하기도 한다. 즉 정밀화학(fine chemicals)이 농약, 접착제, 도료와 같이 상대적으로(독자 특허를 동반하지 않는) 낮은 기술력의 화학소재 분야를 말한다면, 특수화학(specialty chemicals) 분야는 전기·전자·반도체와 전기차·2차전지 등 수요산업이 요구하는 높은 품질의 전문성과 차별성을 만족시켜야 하기 때문에 높은 연구개발 집약도와 함께 원천 특허의 기술력을 확보하지 않고서는 업계 신규진입 또는 납품시장 개척이 불가능한 영역이다. 또한 국가의 산업정책 및

〈표 2-2〉 첨단화학소재 산업의 분류

대분류	중분류	소분류
정밀기능화학소재	고기능성화학소재	고기능성 색재료 화학소재
		고기능성 스마트 코팅 화학소재
		고기능성 점·접착 화학소재
		고기능성 계면제어 화학소재
	생리활성화학소재	미래형 의약품소재(바이오기술 제외)
		미래형 뷰티용품 소재
친환경 농화학소재		
첨단고분자소재	고무 및 플라스틱소재	고기능성 합성고무
		고기능성 합성수지
	화학섬유소재	고기능성 합섬원료
산업용 첨단화학소재	수송기기용 화학소재	자동차용 화학소재
	전기·전자용 화학소재	디스플레이용 화학소재
		반도체용 화학소재
	에너지용 화학소재	에너지용 화학소재

자료 : 한국산업기술진흥원(2021. 2.), 「첨단화학소재 산업기술인력 보고서」.

기술정책 차원에서 정밀화학산업과 첨단화학소재산업을 서로 다르게 취급하고 있다. 이 양자의 업종은 일부 중첩되는 제품군들도 있지만 그렇지 않은 경우들이 많다.

첨단화학소재산업은 ‘화학산업 기반기술과 첨단기술의 융복합을 통해 소재에 특별한 기능(내열, 강도, 광학, 안전, 친환경 등)을 부여하여 고부가가치 화학소재를 개발 또는 제조하는 산업’으로 정의되는데, 여기에는 정밀기능화학소재, 첨단고분자소재, 산업용 첨단화학소재 등 3가지 분류가 적용된다(한국산업기술진흥원, 2021). 정부(산업통상자원부)가 첨단화학소재산업으로 분류한 업종의 특징은 무엇인가? 그것은 매출액 대비 연구개발지출의 비중이 상대적으로 높고, 전자-반도체-디스플레이와 2차 전지, 자동차-전기자동차, 첨단섬유-전기재료 등 우리나라의 대기업들이 세계적으로 앞서 나가는 최종재 산업에 대해 화학소재를 납품하는 중간재 공급자(1차 또는 2차 공급자)로서 활동하는 경우가 다수이며, 그만큼 정부(공공 국책연구소)와 대학, 대기업 등과의 산학연 네트워크 속에서 공동으로 원천 특허의 화학소재 개발에 적극적이라는 점이다.

아래에서 살펴볼 3개의 대상 기업 중에서 앞의 두 회사인 D사와 K사는 정밀화학보다는 특수화학 또는 첨단화학소재산업의 특징(에너지, 수송기기, 전기-전자용 화학소재)을 강하게 가지고 있다. 반면에 마지막으로 살펴보는 M사는 첨단화학소재와 정밀화학 양자의 특성을 모두 가지고 있다고 말할 수 있다.

## 제2절 D사의 사례

### 1. D사의 비즈니스 개관

D사는 2차전지용 패키징 소재와 나노(nano) 복합소재, 친환경 화학소재 등 산업용 특수복합 화학소재 전문기업이다. 2019년에 창업하였으며, 사업 첫해인 2019년에 78억 원, 2020년에 138억 원의 매출 성과를 보였으

며, 2021년에는 400억 원 이상의 매출을 예상한다. 향후 연 매출액이 1,000억 원 이상으로 증가할 것으로 전망되고 있다.

2021년 여름 현재, 동사의 총 임직원은 50여 명인데, 그중에서 경기도 판교에 소재한 본사에는 비정규직 포함 32명이 근무하며, 동일 장소에 소재한 기술연구소에는 12명이 근무하고 있다. 충북 음성군의 공장에는 약 15명이 근무한다. 2021년 4월 베트남 법인을 설립했으며, 조만간 필리핀 법인과 미국 법인을 설립할 계획이다. 동사의 해외 진출은 주요 수요기업인 LG에너지솔루션 등 국내 2차전지 대기업의 해외 진출과 함께하는 동반 진출에 해당한다. 즉 동사는 1차 하청업체의 자격으로 해외에 현지 법인 공장을 세워 LG에너지솔루션 등에 납품할 계획을 세우고 있다. 베트남의 경우 아직은 사무실만 있는데, 필리핀의 경우는 불량이 발생한 2차전지를 재생-재활용하는 공장설비를 갖추고 있다. 향후 가장 크게 성장할 지역은 미국인데, LG에너지솔루션과 동반 진출할 미국에서의 매출이 10배 이상으로 폭증할 것으로 전망하면서 미국에 현지 공장 설립을 추진하고 있다. 미국 시장의 경우, 2021년 현재 사전 계약한 매출액만 1,000억 원이 넘는다.

충북 음성의 공장 설립에 필요한 투자금 마련을 위해 최근 벤처캐피털 투자를 73억 원 정도 받았으며, 또한 미국 공장 설립에 필요한 200억 원의 투자금 마련을 위해 120억 규모의 유상증자를 계획 중이다. 또한 2022~2023년쯤에는 코스닥 시장에 상장하는 것을 구상하고 있다.

향후 매출 신장 가능성이 큰 까닭에, 정부가 진행하는 K-유니콘 프로젝트의 첫 번째 정책사업인 ‘아기 유니콘 200’(기업가치 1,000억 원 미만)에 2020년 선정되었다. K-유니콘 정책사업의 목표는 기업가치 1조 원 기업들(유니콘 기업)의 육성을 목표로 한다. 아기 유니콘으로 선정된 기업들에는 정부로부터 시장개척자금 3억 원을 비롯해 최대 50억 원의 기술보증 우대지원 혜택과 함께 최대 100억 원의 정책자금 지원, 그리고 정부의 기술개발(R&D) 공모사업 신청 시 우대 등의 다양한 혜택이 주어진다.

동사의 기술연구소는 이미 중소벤처기업부와 산업통상자원부가 각각 공모한 2개의 R&D 사업에 선정되어 기술개발 지원 혜택을 받고 있다. 산업통상자원부 공모 R&D 사업의 경우, 동사의 기술연구소는 총괄 주관

자이며 동시에 제1세부 개발(화학소재 개발) 주관기관 임무를 수행한다. 동 연구소가 총괄 주관자인 프로젝트는 자동차용 2차전지 기술의 개발에 참여하는 현대자동차와 성우하이텍, 신홍에스이씨(주), 한국자동차부품연구원 등 총 14개 기관이 공동으로 참여하여 2021년부터 2025년까지 4년간 총사업비 120억 원이 지원되는 대형 국책기술개발 사업이다. 동사 기술연구소는 또한 동시에 제1세부 개발(2차전지 패키징 화학소재 개발)을 담당한다.

한편 일본의 수출규제로 인해 촉발된 정부의 소재-부품-장비 산업 육성 정책사업이 동사의 성장에 큰 요인이 되고 있다. 동사가 개발하는 특수화학소재 분야에서 관련 정책 지원사업의 종류와 예산이 최근 2년간 큰 폭으로 증가했는데, 앞서 말한 산업통상자원부 공모 2차전지 소재 국책 개발 사업 역시 그 혜택의 하나이다.

동사의 매출과 사업이 매년 크게 성장하는 비결은 폭발적으로 성장하고 있는 2차전지 시장이다. 동사의 주력 제품은 2차전지 배터리의 패키징용 화학소재이며, 이미 동사는 독보적인 기술특허 획득으로 LG에너지솔루션과 삼성SDI 등 2차전지 대기업들에 단독의 공급자(supplier)로서 역할을 하고 있다. 2차전지 패키징용 플라스틱 필름과 시트 소재에서 동사는 특화된 기술력을 보유한 거의 유일한 기업이다. 동사는 2020년 11건의 특허를 출원한 데 이어, 2021년 상반기에만 이미 2건을 출원하였고 6건을 등록하였다. 또한 이미 보유한 나노 복합소재 기술을 바탕으로 향후 재생 플라스틱과 친환경 플라스틱 제품의 개발과 생산에 나설 계획이다.

자동차와 핸드폰 등에 사용되는 리튬이온전지 등 2차전지(배터리)에서 가장 위험한 점이 폭발 가능성인데, 그 원인은 배터리 회로 안팎에서 발생하는 정전기의 누적 현상 때문이다. 정전기의 누적은 배터리 소재의 손상과 발화 등의 원인이 된다. 정전기는 모든 산업 분야에서 문제를 일으키는 요인으로 반도체 제조공정에서도 정전기 방전에 따른 회로 손상의 원인이기도 하며, 또한 통신기와 주요 계측기 등의 오작동 원인이기도 하다.

동사가 보유한 기술특허의 핵심은 정전기 누적을 방지하는 화학소재로, 기존의 계면활성제나 내침 방식 소재 등의 단점을 개선하는 코팅-패

키징 소재이다. 꿈의 소재라 일컬어지는 그래핀(graphene)과 탄소나노튜브(CNT) 소재를 중심으로 하는 화학적 결합을 통해 전기적 성능이 탁월한 복합형 대전(정전기 누적) 방지 코팅 소재가 그것이다.

2021년 현재 동사 매출의 70%가 2차전지 패키징용 화학소재에서 나오는데, 앞으로 동 제품의 매출이 매년 급속하게 증가할 것으로 전망된다. 왜냐하면 동사는 LG에너지솔루션과 삼성SDI 등이 그 기술력과 품질 안정성을 승인한 유일한 2차전지 패키징 관련 화학소재 ‘승인도 업체’이기 때문이다. 또한 그 밖에도 2차전지 배터리의 경량화와 화재방지, 전기적 절연 등을 위한 여타 복합 화학소재 분야에서도 매출이 발생하고 있다.

## 2. D사의 연구개발 엔지니어

동사의 기술연구소를 중심으로 엔지니어들의 직무와 숙련형성, 노동시장에 대해 살펴본다.

### 가. 직무

동사 기술연구소의 소장은 공공 국책연구소인 에너지기술연구원 출신으로, 처음에는 동사 창업자의 2차전지 정전기 방지용 코팅 소재의 기술 개발에 관하여 에너지기술연구원에서 기술 상담을 해주던 공식 파트너로서의 역할을 수행하였다. 즉 그는 에너지기술연구원의 이미 보유하고 있던 관련 기술에 기초하여 동사가 신제품 개발 테스트와 샘플 개발 등의 기술이전에서 역할을 하였다. 그 이후 동사의 창업과 함께 기술연구소 소장으로 취임하였다.

현재 동사 연구소의 인원은 12명이며, 그중 11명이 화학공학과 고분자 화학 등을 전공한 석박사 출신이다. 연구소에는 2개의 팀으로 나뉘어 활동하는데, 하나(이하 A팀)는 2차전지 패키징용 코팅 소재 등의 새로운 화학소재 개발을 위한 팀으로 여기에 9명이 근무한다. 또 하나의 팀(이하 B팀)은 양산기술(제조공정 기술) 개발팀으로 여기서는 해당 소재의 양산 공정 기술개발을 담당한다. 여기에는 전문대학 출신 1명을 포함하여 3명

이 근무한다. 충북 음성의 제조공장에는 총 30여 명이 근무하는데, 거기에는 생산기술연구소가 있다.

A팀 인원의 일부는 선행연구를 담당하는데, 즉 최신의 과학-학술 문헌들을 검색하고 학습하여 소화하면서 또한 필요하면 해당 과학자-학자들과의 교류 등을 담당한다. 다른 일부는 정전기 방지 복합화학소재의 개발 업무를 담당한다. A팀의 팀원들 모두 대학에서 해당 분야의 석박사 졸업자인 까닭에, 특히 박사 졸업자들은 과학-학술 문헌 탐색 능력과 인용능력, 그리고 이해능력 등을 갖추고 있다. 2021년 현재 인근의 공과대학교수와 함께 복합소재 개발용 툴(tool)의 하나인 인공지능 프로그램을 공동개발하고 있는데, 그 개발에 성공하면 그 기술특허를 내재화하여 사업화할 작정이다. 이 개발을 위해 소프트웨어 전공자를 한 명 채용했다. A팀에 속한 석박사급 인력들은 과학원리와 공학원리를 이미 잘 이해하고 있고, 따라서 기술개발 시 직면하는 난관과 장벽을 과학 및 공학 원리, 그것도 최신의(과학-학술 문헌에 나타난) 과학적 발견에 따라 논리적으로 판단할 줄 안다. 이들이 최신의 복합화학 소재 기술개발에서 중요한 문제해결 능력을 갖추는 것은 그러한 과학-공학지식과 함께 수년간의 개발 경험 과정에서 경험지가 축적되기 때문이다.

이에 반해 학부 또는 전문대 출신 연구자의 경우 그런 수준의 과학 및 공학 지식이 없다. 예컨대 B팀(양산기술개발)에 속한 전문대 출신 인력의 경우가 그러한데, 그 대신 그에게는 화학소재 제조공장에서 근무한 경험지가 있다. 양산기술 개발을 위해서는 공장설비 운영에 대한 지식과 경험이 축적되어 있어야 하고, 또한 경쟁업체들의 양산기술·공정기술에 관한 정보와 지식도 갖추고 있어야 한다. 따라서 A팀의 팀원들에게는 B팀의 업무를 수행할 능력(지식과 경험, 인간적 네트워크)이 없다고 말할 수 있다.

2019년에 회사가 창립되었을 때는 제품생산(양산)을 외부업체에 외주를 맡겼다. 아직 고정 고객과 매출이 확보되지 않은 상태에서 공장설비와 공장용 터를 매입하는 것은 너무 위험했기 때문이다. 그러나 매출액과 생산량이 증대하고 삼성SDI와 LG에너지솔루션, 성우하이텍 등에 지속해서 납품하는 계약을 체결함에 따라 충북 음성에 자사 공장을 설립했고, 그 공장 설립을 위한 투자자금 모집을 위해 벤처캐피털 투자를 유치했다.

앞서 보았듯이, 과학기반산업의 경우 제품과 업종이 세세하게 나뉘어 있으며, 또한 수많은 과학적-공학적 발견과 발명의 결과로 새로운 제품 수요가 매년 세세하게 무수히 발생한다. 따라서 과학기반산업 회사의 성과를 좌우하는 가장 중요한 첫 번째 관건은 향후 수년간 어떤 분야에서 어떤 종류의 신제품(즉 이른바 어떤 ‘아이템’)에 대한 수요가 발생할 것 인지에 관한 정보(기술정보와 시장정보)를 파악하는 업무이다. 동사의 경우, 그 창업자가 과거에 삼성전자와 삼성전기 등에 10년 이상 근무하면서 쌓은 인적 네트워크가 지금도 작동하고 있으며, 그 네트워크를 통해 획득되는 상세한 미래 수요 정보가 중요한 역할을 하였다.

그리고 수요 대기업들과 단단한 사회적·인간적 네트워크를 통해 어떤 분야에서 어떤 사양의 제품이 향후 수요 대기업들에 필요할지를 상세하게 예측하는 것을 대전제로, 그 필요 사양에 맞는 신제품 화학소재를 고객 기업 맞춤형으로 개발하여 샘플로 제시하는 능력을 갖추고 있는가가 두 번째 관건이다. 이 두 번째 업무를 수행하는 곳이 동사의 기술연구소이다. 여기서 B팀의 업무는 샘플 제품의 구현, 그리고 이어서 그것을 위한 양산기술-공정기술의 개발이다.

세 번째 관건은, 샘플로 구현된 사양의 제품을 과연 품질 신뢰성과 가격 경쟁력을 동시에 만족시키면서 수요기업에 대량으로 생산-납품할 수 있는지 그 능력에 달려 있다. 이것은 부분적으로는 동사 기술연구소의 B팀의 업무이기도 하지만, 또한 충북 음성에 소재한 제조공장(mother factory)을 관리하는 생산기술 엔지니어 및 현장 노동자들의 주된 업무이기도 하다.

그런데 동사 기술연구소 소장과의 인터뷰에 따르면, 이 세 번째의 관건은 그다지 큰 난관이 아니고, 가장 큰 난관은 첫 번째와 두 번째라고 한다.

다른 한편, 앞서 살펴본 바와 같이 동사의 기술연구소의 엔지니어 인력들은 산업통상자원부와 중소벤처기업부의 공공 R&D 자금으로 현대차와 자동차부품연구원 등과 함께 공동으로 국책 기술개발 과제를 수행하고 있다. 또한 동시에 성균관대 공대 교수와 함께 신소재 개발 업무를 크게 단축해 주는 인공지능 소프트웨어 개발에도 나서고 있다.

#### 나. 숙련형성

기술연구소의 연구원들은 대부분 대학원에서 석박사 졸업 이후 채용된 후 1~3년 이내 근무자이다. 다른 업체에서의 경력은 대부분 없다. 유일한 예외는 B팀인데, 여기서는 양산기술(제조공정)의 개발 업무를 하므로 기존의 화공제품 산업체 경력자를 채용하는 것이 중요하다. 양산기술에는 암묵지가 중요하기 때문이다.

그런데 동 회사도 업무 경력이 최소한 5년, 만족스럽게는 10년은 되어야 비로소 제대로 된 기술개발 업무를 수행할 수 있다고 연구소 소장은 인터뷰에서 밝힌 바 있다. 동 회사에서 필요로 하는, 즉 제품개발에 필요한 다방면에 걸친 정보와 지식(수요기업 관련 정보와 지식 포함)의 축적과 함께 시행착오 경험과 문제 해결의 경험 등이 그 기간에 축적되어야만 동 회사가 해당 업종에서 필요로 하는 기술개발 업무를 독자적으로 수행할 수 있다는 것이다.

#### 다. 노동시장

D사는 창립 3년 정도의 회사로 아직까지 이직한 엔지니어는 없다. 동사 기술연구소 엔지니어들의 연봉은 3,000만~5,000만 원 수준이다. 나이와 경력, 그리고 업무의 필요성 등에 따라 연봉 계약이 이루어진다. 인공지능 툴(tool) 개발의 경우 최근 인공지능-소프트웨어 개발인력의 공급난으로 시장임금이 상승한 까닭에, 조금 더 많은 연봉이 주어지고 있다. 개인별 연봉 계약 내용은 공식적으로는 비밀이나, 산업통상자원부 등의 정부 용역 R&D 사업의 신청서를 작성하여 제출하게 되면 그 용역 R&D 참여자들의 임금수준을 밝혀야 한다. 가장 어려운 일이 우수 인력을 찾아내서 채용하는 것이다. 가장 우수한 석박사급 인력은 현대차와 LG에너지솔루션, 네이버 등에서 고연봉으로 선점하는 환경에서 동사 기술연구소 엔지니어들의 출신 대학·대학원은 수도권만 아니라 강원대와 전남대, 전북대 등 비수도권 대학에도 걸쳐 있다.

벤처기업인 동사의 기술연구소 엔지니어들에게는 스톡옵션이 부여된다.

향후 코스닥 상장 또는 대기업에 인수될 경우, 해당 스톡옵션은 동사의 엔지니어 등 기술인력들에 큰 보상이 될 것이라고 한다. 대기업이나 정부출연연구소처럼 안정적이면서도 임금이 높은 직장은 아니지만, 일종의 파격적 성과급 지급을 약속하는 방식이다.

### 3. D사 사례의 함의

산업용 특수화학소재(2차전지 패키징-코팅용 화학소재)의 개발과 생산에 주력하고 있는 동사는 과학기반산업 또는 과학기반 전문 공급자의 특징을 골고루 보여 주고 있다. 먼저, 동사가 가진 기술은 본래 공공 국책연구소(에너지기술연구원)에서 이전받은 기술에서 유래한다. 또한 동사 기술연구소의 가장 중요한 연구인력인 연구소 소장 자신이 해당 화학소재에 관한 과학적 발견과 발명(특허)에 주력하는 등 국책연구소에서 경력과 지식을 축적한 사람이다. 그리고 동사의 제품개발 능력을 배가시켜줄 것으로 전망되는 인공지능 툴(tool)은 성균관대의 교수가 수행한 연구(기초연구)에 기반하고 있으므로, 이 역시 과학기반산업의 특징인 기초연구의 중요성을 보여준다.

둘째로, 기술연구소의 주된 인력은 해당 분야 및 연관 분야 석박사 출신으로, 해당 분야에서 이루어지는 최신의 국내외 과학-학문 성과를 검색하고 이해하며 소화할 능력을 갖추고 있다. 또한 대학, 국책연구소(에너지기술연구원)와 이루어지는 학문적, 직업적, 사회적 교류와 협력(산학연 네트워크) 역시 동사 기술연구소 인력들의 최신의 과학적-학문적 성과 탐색과 주요 정보-지식 교환 및 학습에 중요하다.

셋째로, 남다른 기술개발과 그 독점(특허)으로 해당 제품 분야에서 독보적인 시장 지위(수요 대기업에 독점적 납품)를 획득하였으므로, 당분간은 국내외 시장에서 경쟁업체를 찾기 힘들 정도라고 한다. 이것은 과학기반산업의 특징 중 하나인, 특정 상세 제품 업종에서 독보적 기술력(특허 등)을 획득한 몇몇 업종에 의한 과점 또는 독점을 의미한다.

넷째로, 제품개발 이후에 이루어지는 양산공정(제조공정) 기술의 개발은 동사에서 상대적으로 덜 어려우며, 따라서 생산 현장(제조공정)에서의

숙련과 경험지(암묵지) 등의 축적이 필요하기는 하지만 전체 비즈니스 구조에서 상대적으로는 덜 중요하다고 평가할 수 있다.

## 제3절 K사의 사례

### 1. K사의 비즈니스 개관

K사는 2008년에 창립된 회사로 2차전지용 탄소복합 소재의 개발 및 생산과 함께 반도체-디스플레이와 2차전지 제조공정용 레이저 검사장비, 자동화 설비 등을 제조하여 납품하는 데 주력하고 있다. 경기도 평택에 본사와 기술연구소가 있으며, 또한 동사의 기술연구소 중 하나인 2차전지용 탄소복합소재 연구소는 전북 완주에 소재한다. 2021년 현재 종업원 170명이고, 2개의 기술연구소에는 총 20명이 근무하며, 2021년의 예상 매출액은 850억 원이다.

동 회사의 역사는 2008년 TV디스플레이 및 카메라모듈(휴대폰용)의 제조공정에 사용되는 레이저 검사-가공 장비를 개발·생산하여 LG전자 등에 납품하는 창업에서 시작하였다. 2008년에 기업부설 연구소인 ‘광연구소’가 본사(평택)에 설립되었다. 2020년 매출액 527억 원, 총자산 450억 원, 영업이익 9억 원을 달성하였는데, 이러한 실적은 2016년의 매출액 300억 원, 총자산 103억 원, 영업이익 20억 원, 종업원 62명에 비하여 5년 만에 2배 이상으로 증가한 수치이다. 그 영업 확장의 비결은 2차전지용 탄소소재 및 제조장비의 개발과 생산에 있다. 2017년에 전라북도 완주에 기업부설 ‘탄소 복합소재 연구소’를 설립하면서 2차전지용 탄소소재 사업에 새롭게 진출하였다. 또한 2019년부터는 LG화학(현재 LG에너지솔루션)으로부터 2차전지(자동차용 배터리) 제조장비 중 하나인 레이저 검사-가공 장비(레이저 노창기/용접기 등)를 수주받아 생산·납품하고 있다. 한편 2019년부터 본격화된 미중 간 무역-기술 분쟁의 영향으로 동사의 매출은 2019년과 2020년에 급감하여, 2018년에 820억 원에서 2019년에

465억 원, 그리고 2020년에 567억 원으로 떨어졌다. 2021년에는 900억 원대로 회복될 것을 기대하고 있다.

다른 한편으로, 동사는 2020년에 경북 구미의 알루미늄 다이캐스팅 부품 업체인 세아메카닉스를 사모펀드와 함께 공동으로 인수하였는데, 세아메카닉스는 금속의 정밀 주조 및 가공에서 뛰어난 기술력을 갖고 있으며, TV 및 자동차에 사용되는 알루미늄 주조-가공 부품을 생산하여 납품해 왔다. 그 주요 고객은 LG전자와 현대차 등이었는데, 2018년부터는 차량용 2차전지에 사용되는 알루미늄 경판(end plate)을 생산하여 LG에너지솔루션 등에 납품하고 있다. 2020년 매출액 900억 원에 달하는 세아메카닉스를 자회사로 인수함으로써 동사는 2차전지용으로 사용되는 탄소소재와 비금속 부품, 그리고 또한 2차전지 제조공정용 검사-가공 장비 등을 동시에 생산·납품하는 방향으로 사업을 다각화하고 있다. 이를 통해 2차전지의 소재와 부품, 장비를 동시에 개발·생산하는 종합적 솔루션 업체로 거듭나고자 한다.

동사의 주요 수요 대기업은 LG전자와 LG화학, LG에너지솔루션 등의 LG 계열사들이다. 창업자인 대표이사와 주요 임원진이 LG전자 출신이며, 지금까지 주요 수요기업인 LG전자와 LG화학의 임직원들과 인적 네트워크가 제품 수주와 기술개발 등에 크게 기여하였다.

동사의 170명 인력 중 가장 많은 비중을 차지하는 것이 설계인력이다. 설계인력이 80명에 달하는데, 그들의 주요 업무는 레이저 검사-가공 장비, 공정자동화 장비의 설계이다. 설계인력은 전문대졸, 학부졸 등 다양한 학력자들로 구성되어 있다. 또한 조립-완성과 설치, 시운전 등을 담당하는 인력이 70명이다. 레이저 검사-가공 장비(제조공정 기계) 등의 개발과 설계 시 수요기업인 LG전자와 LG화학 측과 공동으로 협력한다.

현장 인터뷰 조사는 H사의 특수화학소재 분야에 해당하는 전북 완주 기술연구소와 진행하였다. 다음은 기술연구소 기술 이사(소장) 인터뷰와 여타 자료를 종합한 내용이다.

## 2. K사 탄소소재 연구소의 엔지니어 인력

### 가. 직 무

현재 정부(산업통상자원부)는 전라북도를 탄소소재 특화지역으로 지정하고 그 지역의 대학 및 기업에서 탄소소재 관련 연구와 기술개발을 적극적으로 지원하고 있다. 전주에 소재한 전북 테크노파크에서 탄소소재 관련 기술개발 및 창업 진흥 사업이 진행 중이며, 또한 동 연구소 역시 전주 소재 전북 테크노파크 창업센터에 입주하면서 처음 설립되었다. 탄소섬유 등에 관하여 가르치고 연구하는 대학은 서울과 경기도 등 수도권에 별로 없다고 하며 섬유공학과 역시 전국 대학들 중 3곳만 남았는데, 반면에 전북에서는 탄소섬유 및 탄소소재에 관한 한 가장 많은 국비가 대학의 연구 프로젝트들에 제공되고 있으며, 따라서 가장 많은 수의 석박사 과정이 운영되고 있다. 동사가 탄소소재 연구소를 전북 전주 또는 완주에 설립하고 운영하는 가장 큰 이유이다.

동 탄소소재 연구소에서는 이미 2차전지용 음극재 탄소소재의 연구용 생산설비를 개발하여 실험 중이다. 빠르면 2022년 하반기쯤에는 시제품 단계를 넘어 대량생산을 시작할 것으로 예상하고 있는데, 그것에 필요한 양산설비(제조공정 설비)를 경기도 평택의 본사와 함께 설계하며 개발 중이다. 경기도 평택의 본사는 이미 이런 종류의 제조공정 설비의 설계와 생산에 필요한 시설과 인력을 갖추고 있다.

한편 동사의 탄소소재 연구소가 최근 개발한 음극재용 탄소섬유 소재 제조 기술은 세계적으로 가장 앞서 있다는 평가를 받는다. 이에 대해 설명하자면, 전기차용 배터리의 음극재로 사용되는 나노 크기 탄소소재를 제조하는 데는 큰 비용이 드는데, 가격이 싼 원료인 마이크로 크기의 탄소 소재에 열 충격을 가하여 그것을 가격이 비싼 나노 사이즈의 소재로 바꾸는 저렴한 비용의 가공 기술과 가공장비를 동 연구소가 개발하였는데, 그 기술과 장비가 세계적으로 독보적이다. 이미 국내만 아니라 일본에도 특허 등록되었으며, 곧 미국과 유럽에서도 특허로 등록될 전망이다. 이미 2년 전부터 변리사와 함께 선행 특허들을 조사한 결과 세계에서 첫

번째 기술이라는 평가가 나왔다. 물론 앞으로 이 소재를 실제로 음극재 소재로 사용하기 위해서는 코팅기술의 개발 등 추가적 기술개발이 필요한데, 이미 그런 탄소소재 또는 탄소섬유 코팅기술 등을 보유한 기존의 대기업이 동 탄소소재 연구소를 M&A 방식으로 인수하는 방안이 제안되고 있다. 이를 대비하기 위해 동 연구소는 조만간 독립 법인(연구소기업)으로 등록할 것을 준비하고 있는데, 즉 일종의 벤처기업으로 새로이 출범하는 것을 준비하고 있다고 할 수 있다.

동 연구소가 향후 벤처기업으로 재출발하여 코스닥 상장 또는 M&A 방식의 수익 창출을 기대하는 가장 큰 이유는 탄소섬유 기술과 장비(양산장비)의 시장이 미래에 급속도로 성장할 가능성이 높기 때문이다. 일본의 도레이가 세계시장을 거의 독점하고 있는 탄소섬유의 경우 이미 항공기 및 자동차의 동체에, 수소연료전지 자동차 등의 연료탱크에 대량으로 사용되는 첨단소재인데 그 생산원가가 매우 높다. 그 주요 이유 중 하나는 그 제조공정에서 유해물질인 솔벤트가 대량으로 사용되며, 그 소재의 회수(오염 정화) 비용이 높기 때문이다. 그러나 동 연구소가 새로 개발 중인 탄소섬유 제조공법과 제조장비는 솔벤트를 사용하지 않아도 되기 때문에 탄소섬유 제조원가를 약 30% 낮출 수 있다. 세계적으로 독보적인 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 새로운 제조공정 기술이 개발되고 있는 셈인데, 만약 그것에 성공할 경우 일본의 도레이를 뛰어넘는 새로운 세계적 경쟁력을 갖춘 탄소섬유 생산업체가 한국에서 출현하게 된다. 예컨대 현재 전라북도 전주에 소재한 효성첨단소재 공장의 세계 탄소소재 시장 점유율은 3%에 불과하며 여전히 적자 사업인데, 하지만 효성첨단소재는 그 공장 설비를 2020년까지 연산 4,000톤 규모로 증설한 데 이어, 다시 2024년까지 연산 1만 톤 규모로 증설할 계획을 가지고 있다.

동 연구소가 개발 중인 탄소섬유 제조공법 및 제조장비에 관해서는 특허와 논문 등의 형태로 그 내용이 전혀 제출되지 않을 전망이다. 왜냐하면 그것은 영업비밀로 유지되어야 하기 때문이다. 일본의 도레이 역시 마찬가지로 자사의 제조공법과 제조장비를 철저한 영업비밀로 수십 년간 지키고 있다. 한국의 경북 구미에 도레이의 탄소섬유 공장이 있는데, 하지만 여전히 한국인 공정기술 담당자를 키우지 않고 있고 있으며 또한

철저한 칸막이 경영을 통해 제조공정 노하우가 외부로 유출되는 것을 방지하고 있다고 한다. 또한 원소재(탄소소재) 역시 일본에서 전량 수입하는 까닭에 그 제조공법이 한국으로 이전(기술이전)되는 것을 철저히 막고 있다.

한편 일본의 소재-부품-장비 수출규제로 탄소섬유에 관한 우리 정부의 관심과 지원이 다시 한번 강화되었으며, 이는 동 탄소소재 연구소의 기술개발과 영업에 더욱 유리한 환경을 제공하고 있다. 탄소섬유가 국가 전략 물질로 새로이 지정되면서 동 연구소는 2개의 국책 연구 프로젝트를 수행하고 있으며, 이를 인근의 전북대 대학원의 교수 및 석박사 학생들과 공동으로 수행 중이다. 물론 이러한 국책 연구과제의 최종 성과물을 대학에서는 연구논문과 특허로 제출할 것이다. 그러나 해당 프로젝트에서 동 연구소의 인력들이 수행한 연구의 결과(탄소소재 및 탄소섬유 제조공법의 신규 개발)는 영업비밀로 지켜져야 하기에 비공개로 유지될 전망이다.

K사에는 2개의 기술연구소가 있으며 총인원은 20명이다. 그중 학사 학위자 10명, 석사 학위자 8명, 박사 학위자 2명이다. 전북 완주에 소재한 탄소소재 연구소에 13명이 근무하며 여기에 박사 2명, 석사 8명, 그리고 학사 학위자 3명이 근무한다. 경기도 평택의 연구소에는 학사 학위자 7명이 근무하고 있는데, 평택 연구소는 레이저 검사-가공 장비, 자동화장비 등 제조공정 설비의 개발을 담당한다.

전북의 탄소소재 연구소에 근무하는 이들은 채용 2~4년 이내 인력이다. 동 연구소가 2017년에 설립되었기 때문이다. 이들 인력의 업무는 2차 전지용 탄소 소재와 탄소섬유용 탄소소재 등을 개발하는 것이다. 그 몇 년 동안 고성능의 2차전지용 음극재 탄소소재를 개발하여 2020년에 특허를 출원했다.

#### 나. 숙련형성

13명의 탄소소재 연구소 인력 대부분이 비수도권 대학, 특히 전북 및 전남 지역의 대학 및 대학원 출신이다. 대부분이 고분자화학과 섬유화학

등 화학-화공과 출신이다. 그 연구인력들이 주도하여 우수한 특허기술을 개발하였다. 석박사급 연구인력의 채용에서는 인근의 전북대 공대에서 탄소소재 관련 교수가 지도한 인력들이 추천되었다. 이들 신입 엔지니어 인력들이 동 연구소에서 하는 업무는 대학원에서 이미 수행하던 연구 주제와 거의 같은 것이기 때문에 바로 업무에 투입할 수 있다. 또한 해당 교수는 현재 전북대 석좌교수인데 그는 동시에 동 탄소소재 연구소의 연구소장직을 겸직하고 있다. 참고로 서울과 경기 등 수도권 출신의 연구인력들을 채용한 적도 있는데 입사 초기에 모두 수도권으로 이직하였다.

전북대 등 대학원의 석박사 과정 학생들도 산업통상자원부 공모 R&D 사업에 참여하고 있다. 또한 동 연구소는 전북대학교 대학원과 공동으로 새로운 탄소소재를 개발하는 5년짜리 프로젝트를 정부(산업통상자원부)로부터 따냈으며, 그래서 2021년 8월부터는 전북대 석박사 과정 학생들 4명이 매주 동 기술연구소에 와서 공동 프로젝트 연구를 수행하고 있다. 정부(산업통상자원부)는 또한 동 프로젝트의 재료비와 시제품(샘플) 제작비도 지원하고 있다. 또한 전북 완주에는 화학소재 시험분석을 수행하는 시험-인증기관(공공기관)이 있는데, 그 시험분석비의 75%를 할인해 주는 정부 혜택도 받고 있다.

동 연구소의 기술개발 업무 수행 중에 직면하는 기술적 난제를 돌파하는 해법을 찾기 위해 동 연구소의 인력들이 가장 많이 의존하는 곳은 인근 대학, 테크노파크, 국책연구소 등의 연구원들이다. 따라서 평상시에 이들 인맥과의 상시적 교류와 관리가 중요하다. 또한 신규인력 채용의 경우에도 대학 및 공공연구기관의 인맥을 통해서 해결한다.

인터뷰에 응한 기술이사는 동 연구소의 연구기획과 사업화를 총괄하는 관리자이다. 그는 기계공학 전공자로, 국책연구개발 관리기관인 산업기술평가원에서 유럽 등과 국제 공동 기술개발 업무에 7년간 종사하다가 2017년에 동 연구소로 이직하였다. 그는 신생 연구소의 연구원(엔지니어)들을 모두 하나하나 자신이 직접 면접을 보면서 채용하였다.

동 탄소소재 연구소에서 학사 졸업자는 연구원, 석사 졸업자는 주임 연구원으로 신규 채용된다. 주임 3년 경력이면 선임연구원으로 승진한다. 또한 박사급 신입 역시 선임연구원으로 채용된다. 선임연구원에 대해서는

일반 과장급으로 대우한다. 선임연구원 위에는 수석연구원과 책임연구원이 있다. 이들은 연구개발 경력 7년 이상이다. 수석연구원과 선임연구원이 학사 졸업 신입 엔지니어에게 연구장비 사용법 등의 업무를 가르친다. 석박사 학위의 연구원들이 신규 채용된 경우 이미 대학원에서 수행하던 업무와 대동소이하기 때문에 바로 업무에 투입된다. 탄소섬유와 2차전지 음극재(탄소소재)의 신제품 개발 업무가 그렇게 이루어지고 있다.

수석연구원과 책임연구원 등의 상급자는 세계 및 한국에서 발간되는 과학-학술 논문과 특허를 검색하고 분석하여 공부하면서 그 내용을 이해하고 소화하는 역할을 수행한다. 주임연구원(석사 졸업 신규 채용)의 경우는 아직 그런 과학-학술논문을 검색하고 공부하면서 이해·흡수할 지적 능력이 부족하다.

2년제 전문대학 출신인 2명의 연구원의 경우, 향후 시제품(샘플)의 생산과 분석을 위한 전문가로 키우고자 한다. 한 명은 시제품 생산장비 전문가(operator)로, 다른 한 명은 시제품 분석장비 전문가(operator)로서 교육·훈련을 받고 있다. 탄소소재 시제품의 생산을 위한 장비, 분석을 위한 장비는 각각 모두 값비싼 장비들인데 인근 대학원에 그런 장비가 있고, 그 2명의 연구원이 그 대학원에 자주 가서 장비 사용법을 배우고 익히고 있다.

#### 다. 노동시장

창립 4년째인 동 연구소에 취업한 인력 중에 이직한 이들은 주로 전북 지역에 연고가 없는 이들이다. 수도권 출신들의 경우 입사 5개월이 지나기 전에 모두 이직하였다.

현재 책임연구원(과장급 대우)의 연봉은 5,000만 원 수준이다. 책임연구원의 위 직급인 수석연구원의 연봉은 그것보다 더 많고, 아래 직급인 주임연구원과 연구원의 연봉은 그것보다 적다. 그런데 2021년 초부터 탄소소재 연구소의 독립법인화(spin-off)와 함께 향후 코스닥 상장 또는 M&A를 겨냥하고 있는 동사의 경영진은 동 연구소의 석박사급 인력들(주임연구원 이상)에게 모두 스톡옵션을 부여할 계획이다. 그리고 만약

앞서 말한 M&A가 성사될 경우 동 탄소소재 연구소가 보유한 위 기술특허들의 기술가치는 약 수백억 원으로 평가받겠다고 가정하면서 그 정도의 인수가격에 동 연구소가 매각될 것을 기대하고 있다. 그리고 그것이 실제로 성사될 경우, 동 연구소의 임원과 직원들은 스톡옵션의 형태로 상당히 큰 보상을 받을 것으로 보인다. 또한 스톡옵션 부여와 함께 코스닥 상장 또는 M&A 가능성은 동 연구소 연구원들의 타사 이직 욕구를 앞으로 크게 줄일 것으로 관측된다.

동 연구소에서는 하루 8시간 근무 문화가 대체로 지켜지는데, 물론 정부(산업통상자원부) 등에서 용역을 받은 국책개발 과제 등의 업무도 수행해야 하기에 종종 야근과 주말 특근이 이루어진다. 그러나 평택 본사와 전북 탄소소재 연구소에서 모두 주 52시간 근무가 잘 지켜지고 있다. 더구나 탄소소재 연구소의 경우 어느 정도 자율적 출퇴근이 이루어지고 있다.

### 3. K사 사례의 함의

우리가 조사한 탄소소재 연구소는 일종의 연구소 기업이라고 할 수 있다. 동 연구소 기업은 다음과 같은 점에서 과학기반산업의 여러 특징들을 보여 준다. 첫째, 동 연구소 기업의 성장에서 인근 대학의 탄소소재 관련 연구(기초연구)가 큰 역할을 하고 있다. 또한 그 연구소 기업의 연구개발 인력 채용에서도 인근 대학의 석박사 과정은 지대한 역할을 하고 있다.

둘째, 동 연구소 기업의 기술개발에서는 국내외 과학-학술 문헌의 탐색과 학습, 이해와 소화가 중요한 역할을 담당한다. 주로 수석연구원 및 책임연구원 등 박사급 연구인력이 이를 담당한다.

셋째, 동 연구소 기업에는 아직 제조공장이 없으며, 따라서 공정개선을 통한 기술혁신은 아예 불가능하다. 다만 연구소에 시제품 개발과 분석을 위한 몇 명의 연구원들이 육성되고 있을 뿐이다.

넷째, 동 연구소가 시제품을 개발 중인 기술은 2차전지 음극재용 탄소소재, 그리고 탄소섬유의 제조원가를 크게 낮추는 획기적인 돌파형 신기술을 내재한 제조공정 및 제조장비의 개발에 해당한다. 또한 그 개발 과정에서 최신 논문과 특허 등 과학적-공학적 발견과 발명을 열심히 탐색

하고 학습하여 참조하였다. 이 역시 과학기반산업의 특징에 해당된다. 다만 동 연구소의 개발기술(탄소소재 및 탄소섬유 제조공법의 신규 개발)은 영업비밀로 지켜져야 하기에 비공개로 유지될 전망이다.

한편 동 연구소 기업의 모기업인 K사의 본사인 평택 공장에는 동 연구소 기업이 개발한 시제품 제조장비(탄소소재 및 탄소섬유 제조장비)를 양산하는 데 필요한 인력(설계, 가공, 조립, 설치 인력)과 공장설비를 갖추고 있다. 만약 공정개선에 기초한 기술혁신이 필요하다면, 전라북도에도 소재한 동 연구소 기업이 아니라 경기도 평택에 소재한 공장에서 발생할 것이다.

다섯째, 동 연구소 기업이 세계 최고 수준의 탄소소재 관련 기술을 개발할 수 있는 배경에는 세계 정상급의 2차전지 기술을 대학과 국책연구소, 그리고 대기업(LG화학, 삼성SDI)이 획득하는 데 성공했다는 사실이 있다. 즉 동 연구소 기업이 개발하고 있는 2차전지용 탄소소재의 수요자인 대기업들이 이미 세계 최고 수준의 2차전지를 개발하여 생산 중이기에 그 협력-납품 업체들에도 세계 최고 수준의 소재 및 장비의 납품을 요구하고 있다는 점이 중요하며(수요 주도형 기술혁신), 동 연구소 기업과 협력하는 대학의 석박사 과정에서 수행되는 공공 연구개발 프로젝트 역시 해당 분야에 관한 한 세계 정상급 수준의 과학-공학적 지식을 제공하고 있다는 점(공급 주도형 기술혁신) 역시 중요하다.

## 제4절 M사의 사례

### 1. M사의 비즈니스 개관

M사는 2017년 말에 창업한 회사로 아직은 매출액 10억 원가량에 자본금 4억 원, 임직원 수 7명에 불과한 소기업이다. 2017년 설립과 동시에 기술보증기금으로부터 벤처기업 인증을 받았다. 또한 2018년에는 산업통상자원부로부터 소재부품 전문기업 인증을 받았다. 본사와 연구소는 경기도

성남에 소재한다.

동사가 보유하고 있는 특화 기술은 기능성 분말로, 건식 또는 습식 기술로 제조된 기능성 분말과 그 제조공법에 관한 것이다. 기능성 분말은 전자파 차폐와 방열, 전극용 도료로 사용된다. 예컨대 가전제품의 플라스틱 하우징(housing)에 기능성 분말을 바르면 인체 유해 전자파의 방출이 방지된다. 또한 통신용 또는 공장용 기기에 전도성 잉크(분말 소재 함유) 또는 전도성 접착제(분말 소재 함유)가 사용된다. 자동차와 TV 등 일상용품과 그리고 반도체 생산공장, 통신기지국 등에서 발생하는 유해 전자파를 차단하는 데 쓰이는 도금소재 또는 페인트 소재로도 사용된다. 스텔스 전투기의 표면에 바르는 전자파(레이더파) 차단용 페인트에 사용되는 도료 소재는 대표적인 기능성 분말이다. 전자기적 신호 또는 잡음을 EMI(Electro Magnetic Interference)라고 하는데, M사가 보유한 기술은 한마디로 EMI 차폐 기술이라고 할 수 있다.

동사의 대표는 서울과기대 신소재공학 전공자(학사)로 (주E) 등에 근무하면서 경력과 기술력을 쌓았다. (주E)는 2003년에 창업한 전도성 분말 전문 소재 업체로, M사와 유사하게 전자파 차단 및 방열 차단에 사용되는 기능성 분말 개발-제조업체인데, 도금용 분말(은성분 함유의 코팅용 구리분말, 알루미늄 분말, 니켈 분말)을 대기업에 납품한다. 이 회사 역시 M사와 유사하게 경기도 성남에 소재한다. M사의 창업자 대표는 (주E) 등에서 15년간 경력을 쌓으면서 스마트폰용(삼성전자, LG전자에 납품) 전도성 분말, 자동차 엔진 부품용 전도성 분말(현대차 등에 납품)의 개발과 생산 등에 종사하였다. 그리고 거기서 축적된 노하우와 거래처 네트워크를 활용하여 2017년에 독립 회사인 M사를 창업하였다.

동사의 기술연구소 소장은 고려대 소재화학 전공 석사 졸업자로 2017년 창업 시 합류했는데, 그 이전에는 동진세미캠(전자제품용 소재-부품) 등의 회사들에서 18년간 근무하면서 EMI 차폐 소재의 개발과 생산 업무 경력을 쌓았으며, 그 과정에서 최종 수요기업인 전자회사들(스마트폰 EMI 차폐 제품 납품), 자동차회사들(자동차 전자장비용 EMI 차폐 제품 납품)과의 업무경험과 직간접 네트워크를 구축했다.

따라서 동 회사의 고객인 최종 수요기업은 주로 자동차회사들과 전자

회사들이며 삼성전자와 현대차 등이다. 그런데 동사는 그런 글로벌 대기업들과 직접 거래는 하지 못하고 그런 회사들에 부품을 납품하는 1차 협력업체들에 기능성 분말을 제조·납품하는 2차 또는 3차 협력업체 역할을 하고 있다.

동사와 유사한 도금용 분말 공급자로서 시장에서 경쟁하는 (주)E는 자사 홈페이지에서 자사의 가장 중요한 경쟁력으로 ‘낮은 가격’에 기능성 소재를 제조·공급할 수 있다고 소개하고 있으며, 그 기능성 소재 제품군의 일부로서 ‘저가형 EMI 차폐 소재’를 거론하고 있다. 즉 M사와 같은 2차 또는 3차 벤더기업의 최대 경쟁력은 낮은 가격(낮은 하청단가)에 있다.

또한 M사의 향후 성장 가능성은 그리 크다고 할 수 없다. 왜냐하면 M사가 생산하는 제품의 최종 수요처인 가전(스마트폰 등)과 자동차산업은 이미 성숙된 산업으로 향후 시장 규모가 급성장할 가능성은 거의 없기 때문이다. 전도성 분말처럼 동사가 속한 제품 업종의 국내 수요를 모두 합쳐 봐야 1,000억~2,000억 원 정도에 불과하다고 하며, 전 세계 시장 수요를 다 합쳐 봐야 1조 원도 안 될 것 같다고 한다.

더구나 동사가 생산하는 기능성 화학소재(소비재가 아닌 자본재, 중간재)의 경우 다품종 소량생산을 특징으로 한다. 예컨대 자동차 부품 및 전자 부품으로 사용되는 금속부품에 사용되는 열 차단 또는 전자파·정전기 차단용 페인트 분말의 경우, 자동차의 신제품 개발 주기인 2년에서 3년마다 또는 휴대폰의 신제품 개발 주기인 3개월에서 6개월마다 새로운 계약과 주문이 이루어지며, 그때마다 새로운 사양의 제품이 제조·공급되어야 한다.

소품종 대량생산이 아니라 다품종 소량생산이라는 동 업종의 특징은 대기업이 아니라 중소기업이 오히려 생존과 지속가능 경영에 더욱 적합하다는 특징이 있다. 예컨대 미국의 거대 화학회사인 듀폰 역시 M사가 생산하는 것과 유사한 화학소재를 생산한다. 하지만 여전히 수십 년 전에 자신이 개발한 전도성 분말을 별다른 기술적 개선 없이 시장에 내놓으면서 신제품 출시도 하지 않고 있다고 한다. 한국의 대기업들도 전형적인 다품종 소량생산이 특징인 전도성 분말과 같은 업종에는 별로 나서고 싶어 하지 않는다고 한다.

전도성 분말의 국내시장 및 세계시장이 크지 않을 뿐더러, 더구나 주문형 생산의 다품종 소량생산의 생산양식인 까닭에 동사와 경쟁하는 경쟁업체들은 국내에 2개 또는 3개에 불과하다. 본래는 더 많았는데, 최근 10년간 중국산 저가 소재들이 수입되면서 다수가 퇴출되었다. 물론 요즘 전도성 분말 등 특수분말에 대한 국내 시장 수요가 약간 성장하는 중인데, 주로 5G 통신장비용 금속 부품에 바르는 열-전자파 차폐용 분말소재와 에너지저장장치(ESS)용 금속 부품에 바르는 유사 기능 화학소재, 인공지능 센서 부품용 유사 기능 화학소재 등에 대한 수요가 성장하고 있기 때문이다.

여기서 주의할 점은, ‘정밀화학’으로 공식 분류된 제품 및 업종 대다수에서 이렇듯 향후 미래 성장 가능성이 크지 않다는 것이다. 대표적인 것이 페인트(도료)와 농약(제조제 등)인데, 주택건설과 조선, 자동차 등에 사용되는 페인트의 수요가 향후 급증할 가능성이 거의 없으며, 또한 제조제에 대한 농기업들의 수요 역시 향후 급증할 가능성이 거의 없다. 이렇듯 수요산업에서 발생하는 기술혁신 요구가 별로 강하지 않기에, 수요자 주도형(demand-push) 기술혁신의 압박 역시 크지 않다.

다만 최근 환경규제 강화에 따라 친환경 소재(친환경 페인트, 무독성 제조제) 등을 요구하는 사회적 압박이 강해지고 있다. 유해전자파(EMI) 차폐에 대한 사회적 요구 역시 그 일종으로 볼 수도 있다. 이러한 규제 강화는 정밀화학 분야 수요기업에서 새로운 사양(친환경 사양) 요구로 나타나고, 공급업체(납품업체)는 그것에 대응하는 신제품을 속속 출시하고 있다. 그런데 그것은 일종의 점진적 혁신(incremental innovation)이며, 이 분야에서 나타나는 특별한 현상이 아니다. 더구나 그렇다고 해서 해당 제품들에 대한 수요산업에서의 수요가 급격하게 증가하는 것도 아니다.

이렇듯 M사와 (주)E를 포함하는 정밀화학 업종이 사실상 최종 수요 산업(전자, 자동차, 조선, 농업 등)에 중간재를 납품하는 하청 업종으로, 게다가 1차 협력업체로서만 아니라 많은 경우 2차 또는 3차 협력업체로서 역할을 수행하는 현실을 고려할 때, 더구나 일부를 제외할 때(가령 전기차용 2차전지 관련 소재부품의 하청 납품), 그 최종 수요산업들이 성숙 산업 또는 준성숙 산업인 까닭에 이들 중간재 업체들의 성장 가능성 역

시 크지 않고, 따라서 이런 업종에서(과학기반산업의 특징인) 급격한 기술혁신이 일어날 가능성 역시 크지 않다.

이렇게 볼 때, M사의 사례는 과학기반산업의 특징(과학적 발견 주도형 기술혁신)에서 상당히 벗어난다. 오히려 그것보다는 공급자 주도산업의 특징을 상당 부분 보여준다. 그런 측면에서 특수화학산업 중 과학기반 기술혁신이 이루어지고 있는 D사와 K사가 비교될 준거(reference)로 제시하고자 한다. 이와 같은 M사의 모습은 사실 우리나라의 자동차산업과 전기전자 산업등에서 활동하는 2차 협력업체 대다수의 모습이기도 하다.

## 2. M사의 기술개발과 기술연구소

### 가. 직 무

치열한 납품·하청 시장에서, 최종 수요산업의 대기업들이 요구하는 적절한 품질 사양과 적절한 납품가격의 기준에 맞추지 못하면 M사 같은 회사들은 살아남기 힘들다. 동사 기술연구소의 업무는 최종 수요산업이 요구하는 특정한 물질적 특성(사양)을 가진 물질을 개발하는 것이다. 가령 TV와 핸드폰 등에 사용되는 회로기판과 플라스틱에 EMI 차단 기능을 가진 분말을 도금하거나 또는 접착시키려면, 그러한 특수한 요구에 걸맞은 성능(사양)을 가진 기능성 화학소재 또는 금속소재가 개발되어야 한다. 더구나 그 소재의 대량생산 가격이 낮아서 경쟁력을 가져야 한다. 예컨대 도금 공정의 경우 일반적으로 백금이 촉매로 사용되는데, 백금은 가격이 매우 비싸다. 그래서 백금을 촉매로 사용하지 않으면서 EMI 차단 기능을 가진 기능성 분말을 도금 공정에서 사용하는 제조공법의 개발이 동 연구소의 개발 과제 중 하나이다. 동사가 가지고 있는 특허기술은 본래 국책연구소인 생산기술연구원으로부터 이전받은 특허를 약간 변형한 것이다. 또한 동 기술연구소는 정부(중소벤처기업부)가 제공하는 소재·부품·장비 기술진흥 관련 국책 개발 프로젝트를 수행 중인데, 이 역시 전도성 도금 분말에 관한 것이다.

M사가 2차 협력업체로서 납품하는 1차 협력업체에는 먼저 (주)S가 있

는데, 이는 현대기아차의 1차 협력업체이며, 매출액 3,000억 원에 종업원이 수백 명에 이르는 큰 회사이고 여러 계열사를 가진 기업그룹이다. 평균 연봉 4,000만~5,000만 원의 중견기업이고 매출액이 계속 성장하여 코스닥 상장까지 고려하고 있다. (주S는 알루미늄 금속 부품 가공을 핵심능력으로 삼성전자 등에 휴대폰 등 통신장비에 사용되는 알루미늄 금속 부품을 공급하는 것을 주력사업으로 해 왔으며, 최근에는 알루미늄 금속으로 만들어진 에너지저장장치(ESS) 부품과 반도체장비 부품 등의 제조·납품 분야에도 적극적으로 사업을 다각화하고 있는 회사이다. 경기도 화성공장(휴대폰용 알루미늄 부품 생산)이 있으며, 최근에는 경북 구미 공장(반도체장비용 알루미늄 부품 생산)을 신설하였다. (주S의 주요 고객은 삼성전자(휴대폰)와 삼성SDS(ESS)와 같은 회사들이다. 그리고 M사와 (주E 등의 2차 하청기업들의 역할은 그 알루미늄 금속부품에 전자파·정전기·열 차폐용으로 사용되는 페인트 분말 또는 도금용 분말을 공급하는 것이다. M사가 2차 벤더로서 납품하는 또 하나의 주요 수요자(1차 벤더)는 H자동차에 엔진부품(개스킷 등)을 납품하는 자동차 부품회사인데, M사는 개스킷 등 엔진부품에 도포되는 열전도 차폐용 페인트 분말 화학소재를 납품한다.

납품계약의 기간은 1차 벤더에 따라 다른데, 1차 벤더가 자동차 부품인 경우 완성차의 신제품 개발 주기가 2~3년이라서 1차 및 2차 벤더의 납품계약 기간도 그것과 비슷하게 돌아간다. 즉 계약기간이 2~3년이다. 반면에 전자 업종의 경우, 가령 휴대폰의 경우 6개월 단위로 신제품이 출시되는 까닭에 1차 및 2차 벤더들과의 생산·납품 계약 역시 6개월마다 새로 체결된다. 어떤 경우에는 3개월마다 새로운 계약이 맺어진다.

M사의 생산양식은 다품종 소량생산인데, 왜냐하면 2~3년마다(자동차) 또는 3~6개월마다(전자) 새로운 납품계약이 맺어질 때마다 약간씩 또는 상당히 달라지는 새로운 사양의 전도성 분말 소재를 설계하고 제조하여 납품해야 하기 때문이다. 즉 1차 벤더가 최종 수요기업에 납품하는 전자부품 또는 기계부품의 기술 사양이 신제품 개발에 따른 새로운 납품계약 체결 시마다 달라지므로, 그 부품에 사용되는 기능성 소재 분말(도금·전도·차폐 용도의)의 기술적 사양 역시 조금씩 달라진다. 따라서 M

사는 새로운 계약이 체결될 때마다 그 계약이 요구하는 사양의 전도성 분말을 제조하기 위한 재료(원료)의 배합비와 공법(제조공정) 등을 조금씩 또는 상당히 변경해야 한다. 그리고 동 회사 기술연구소의 주요 업무 중 하나가 바로 그러한 설계와 개발이다.

#### 나. 숙련형성

동사의 총 7명의 임직원 중에서 4명이 기술개발을, 3명이 생산을 맡고 있다. 그 4명의 기술개발 인력에는 기술연구소 소장도 포함된다. 창업자인 대표이사 사장 역시 기술개발에 참여한다. 왜냐하면 동사가 보유한 기술특허의 상당수가 창업자가 개발하여 보유한 것이기 때문이다. 기술연구소의 직원인 3명 중에서 1명은 10년 이상 경력자이고, 나머지 2명은 1년 경력의 20대인데 석사 졸업자이다. 요즘에는 대학원에서 화학-화공 분야의 석사학위 정도의 지식을 갖지 않고서는 이 분야의 개발 업무를 수행할 능력 자격에 미달한다. 신입 연구원들은 경기도의 인근 대학 대학원 출신이며, 그들의 추천 및 채용과정에서는 해당 대학의 교수들과의 평상시 업무상 네트워크가 작용하였다. 10년차 경력을 갖고 있는 수석연구원은 창업자 대표이사와 과거에 (주E)에서 함께 근무하면서 도금용 분말의 개발과 제조의 경험과 지식을 쌓은 사람이다. 따라서 동사 기술연구소의 실질적 지도자는 창업자와 기술연구소 소장, 그리고 10년 경력의 수석연구원이다.

생산을 담당하는 3명 중에서 1명은 전문대졸, 또 2명은 학부 졸업이다. 3명 모두 이미 화학소재 업계의 생산공정 업무에서 8년가량 경력을 쌓은 경력자이다. M사는 자체적으로 공장을 보유하고 있다.

동사 연구소 엔지니어들의 업무는 새로운 주문에 따른 사양의 시제품을 만들어 내기 위해 전도성 분말 화학소재(화학 및 화학공학에 관한 과학적-공학적 지식과 그리고 경험지에 따라)를 설계하고 실제 실험실에서 제조하여(샘플) 그 성능을 테스트하는 것을 반복하면서 그 완성도를 높여 나가는 일이다. 이때 연구소장 등 시니어 엔지니어들은 그 업무 전체를 지휘하고 감독하면서 신입 엔지니어들을 가르치고 지도한다. 또한 신참 엔지

니어들은 반복적인 설계 및 개발 업무 과정 속에서 배우고 익혀 나간다.

동사 기술연구소의 경우에도, 대학에서 석사학위를 마친 신참 엔지니어들이 숙련된 개발 엔지니어로 성숙하기 위해서는 최소한 5년 이상의 기술적 경험 축적과 그리고 산업 생태계(원료 공급처와 수요기업들의, 경쟁사들의 산업적·기술적·인간적 환경)에 대한 경험적 학습이 필요하다고 한다.

일단 시제품이 개발된 후의 작업은 제조공정으로 넘어가는데, 동 회사는 제조공장을 충북 음성에 직접 소유하고 있다. 공장을 소유한 가장 중요한 이유는 제조공정이 바로 동사의 영업비밀이고 궁극적 경쟁력이기 때문이다. 즉 전도성 분말 제품의 원료-재료의 배합 비율과 그리고 배합 방식, 가공공정, 그런 게 바로 영업비밀인데, 그 제조공정을 타 회사에 외주로 위탁할 경우 가장 중요한 핵심역량이 외부로 유출된다. 게다가 그 경우 마진율이 크게 떨어지게 된다. 이런 점에서 동사가 속한 업종의 제조공정은 노동집약적이라기보다는 지식집약적이라고 할 수 있다.

#### 다. 노동시장

동 연구소의 석사 졸업 경력 1년차 연구원들과 그리고 생산담당 3명 직원들의 임금은 연 3,500만 원 수준이다. 이것은 일반적으로 대기업에 취업하는 석사급 연구원의 연봉에 비해 상당히 낮은 수준이다. 그런데 일반적으로 화학-화공 업종, 특히 정밀화학 업종의 엔지니어 연봉이 타 업종에 비해 낮다고 한다. 더구나 이들 인력의 임금은 고용노동부가 제공하는 ‘청년내일채움공제’(고용장려금) 제도가 반영되어 책정되어 있다고 한다. 낮은 임금으로 인해 회사 측은 원하는 석사급 인재를 제대로 확보할 수 없다는 점을 걱정하고 있다. 한편 창업 초기이기 때문에 아직 이직은 발생하지 않고 있다.

### 3. M사 사례의 함의

M사의 사례는 앞서 말한 바와 같이 우리나라의 자동차산업과 전기전자-반도체-통신 산업에 납품하는 협력업체 또는 하청업체들에서 나타나

는 많은 특징들을 공유하고 있는데, 그 특징을 앞서 말한 Pavitt(1984)의 분류에 따라 정리해 보고자 한다.

첫째, M사는 전도성 분말과 같은 특수한 산업 용도의 화학소재를 생산하고 있으며, 더구나 그것을 고객사 맞춤형 설계와 개발에 따른 다품종 소량생산(batch 생산)방식으로 영위한다. 이것은 Pavitt(1984)이 말한 전문 공급자형(specialized supplier) 산업에 부합하는 특징이다.

그런데 M사의 사례는 다른 특징들도 보여 준다. 먼저 공급자 주도형(supplier dominated) 산업의 특징인데, 그것은 다음과 같다. M사가 개발·생산하는 기능성(전도성) 분말은 최종 수요산업에 사용되는 중간재적 특징을 가지는데, 그 중간재(전도성 분말)의 원료로 사용되는 화학물질(기초소재)의 대부분은 국내에서 생산되지 않는다. 즉 동사가 주력하는 EMI 차단 물질의 생산에 사용되는 원료로서의 화학소재는 거의 전량 일본의 몇 개 공급업체들이 세계시장을 독과점하고 있다. 그런데 그 화학소재 원료의 제조공법은 철저하게 영업비밀로서 차단되어 그 내용이 알려지지 않고 있다. 특히, 학술논문 등으로도 공개되지 않는다. 더구나 한국 등에 공장을 세우지도 않고 오직 일본의 공장에서만 생산하면서 동종업계 외국인들의 방문과 시찰도 허용하지 않는다. 해외로의 기술 유출을 철저하게 방지하고 있다.

문제는 여기서 한 걸음 더 나아가 M사가 더 높은 성능의 기능성 분말을 제조하는 데 필요한 원료 기초소재를 공급하는 일본 업체들이 한국으로의 수출을 거부하고, 오직 일본의 업체들(기능성 분말 생산자)에만 공급하고 있다는 점이다. 다시 말해서 일본의 특수화학 원료 기초소재 업체들이 업계의 ‘자율규제’ 방식으로 한국 등 잠재적 경쟁국에 대한 수출규제에 나서고 있으며, 이는 일본 정부가 2019년에 수출규제에 나서기 오래전부터 진행되어 왔다는 점이다. 그 결과 한국의 M사 같은 업체들은 현재보다 더 높은 성능(물성)을 가진 기능성 분말(중간재)의 제조에 반드시 필요한 원료 물질의 조달이 어려운 반면에 일본의 경쟁업체들은 그것이 가능하다. 결국 삼성전자와 현대차 등에 납품하는 1차 벤더들은 저품질 또는 중간 품질에 낮은 가격 또는 중간가격의 중간재 공급에서는 (주E과 M사 등의 국내 2차 벤더들로부터의 납품에 의존하지만, 더욱 고

가의 최상급 기능성 분말 공급에서는 일본의 1차 벤더들에 의존하고 있는 게 현실이다.

이처럼 기초원료의 공급업체, 더구나 해외의 원료 공급업체가 해당 업종에서 일어나는 품질개선 및 성능개선의 여부를 상당 부분 좌우한다는 점에서, M사가 활동하는 전도성 분말 분야의 업종은 상당 부분 Pavitt(1984)이 분류한 ‘공급자 주도형’(supplier dominated) 산업의 특징을 가지고 있다고 할 수 있다.

둘째, 물론 M사의 사례는 일부이지만 과학기반산업의 특징도 공유하고 있다. 즉 정부의 국책기술개발 과제를 M사와 같은 민간업체들이 수행하면서 일정하게 원천기술(특허)의 소재와 공법을 자체적으로 개발하고 있으며, 따라서 일정하게는 과학기반산업의 특징(과학적 발견 주도형 기술혁신) 역시 일부 보여준다는 점이다.

그렇지만 M사와 앞서 보았던 2개의 다른 회사의 가장 큰 차이점은, 동사의 경우 과학-학술 문헌을 검색하면서 학습하고 소화할 능력이 상당히 부족하다는 점이다. 기술연구소 소장(공학 석사) 이외에는 최신의 세계적 과학-학술 문헌의 탐색 및 학습 능력을 갖추지 않은 것으로 보인다. 창업자 대표이사 그리고 10년 경력의 수석연구원이 갖추고 있는 기술지식은 해당 업계에서 10년, 15년의 경험과 경력으로 축적된 경험지(암묵지)에 크게 의존하는 것이지, 최신의 과학-공학 연구성과와 그 문헌들에 대한 탐색과 학습에 의존하는 것은 아닌 것으로 보인다. 물론 새로 채용된 경력 1년의 석사급 연구원들에게 일부 과학-학술 문헌 탐색 및 학습 능력이 있을 것으로 추정되지만, 문제는 동사의 기술연구소에서 그 초심자들의 업무를 지도하는 고급 인력들 중에서는 3명 중 1명에게만 그런 능력이 있다는 것이다.

동사에 대한 인터뷰에서, 동사 기술연구소 소장 스스로 세계적 수준의 과학-공학 학술 문헌과 특허 문헌 등을 탐색하고 학습할 지식과 능력을 갖추어야만 비로소 돌파 가능한 기술적 난제들이 있는데, 그 점에서 동사가 취약하다고 말하였다. 이런 점을 고려할 때, 동사는 과학기반산업의 특징에서 상당히 벗어난다고 할 수 있다.

더구나 M사의 사례는 최종 수요 산업(전자, 자동차, 조선, 농업 등)에

중간재를 납품하는 하청 업종으로, 게다가 많은 경우 1차 벤더가 아닌 2차 또는 3차 벤더로서 역할을 하는 정밀화학산업의 현실을 보여 준다. 이런 경우 그 최종 수요산업들이 성숙 산업 또는 준성숙 산업인 까닭에 그 중간재 공급산업의 성장 가능성 역시 크지 않고, 따라서 해당 업종에서 급진적 기술혁신(과학기반산업의 특징)이 일어날 가능성 역시 크지 않다.

이와 같은 M사의 사례가 보여 주는 여러 가지 유형의 혼합적 특징들은 사실 우리나라의 자동차산업과 전기전자산업 등에서 활동하는 협력업체들의 다수의 모습이기도 하다. 즉 우리나라의 제조업 관련 하청업체들에서는 서구의 산업체들에 대한 Pavitt(1984)의 관찰 결과로 나타난 여러 가지 산업 유형의 특징들이 혼재되어 나타나는데, 이러한 혼합적 특징이 한국처럼 오랜 기간 개발도상국 단계를 거친 나라의 다수의 하청산업들(즉 전문공급자 산업 specialized supplier industries)에서 공통적으로 관찰된다. 따라서 이 점을 일반화 또는 개념화할 수 있는데, 다시 말해서 가설적으로 ‘개발도상국 전문공급자’(specialized supplier in developing countries)라는 유형을 Pavitt(1984)의 분류에 새로이 추가할 수 있다. 영국 등 서구의 역사와 산업 현실에 대한 관찰을 토대로 성립된 Pavitt(1984)의 기존 유형 구분을 뛰어넘는 새로운 유형 도입이 가능할 수 있다는 것이다.

## 제5절 소 결

### 1. 과학기반 기술혁신

과학기반산업의 경우 기술혁신의 주요 원천은 회사의 R&D 활동(신제품 개발)에 기반하는데, 그중에서도 특히 R&D는 대학과 공공연구소에서 수행되는 최신의 과학적 발견이 매우 중요하다. 그렇기에 과학기반산업의 회사들은 대학 및 공공연구소들과 긴밀한 협력관계를 맺는다.

Grupp & Schnoch(1992)는 과학집약도(science intensity)라는 개념을 이용하여 과학기반산업을 분류하였다. 모든 특허문서에는 해당 특허가

인용한 과학-학술 문헌들이 언급되도록 의무화되어 있는데, 해당 특허가 과학-학술 문헌을 인용한 정도를 과학집약도라고 Grupp & Schnoch(1992)는 정의했고, 이것이 높은 산업을 과학기반산업이라고 분류했다. 제약-바이오산업과 반도체산업, 유기화학-정밀화학산업 등은 과학집약도가 매우 높게 나타났다. 본 연구의 조사 대상인 화학소재 제품 업종의 상당수가 과학집약도가 높다.

### 가. 첨단화학소재 개발

특수화학(specialty chemicals) 분야는 전기·전자·반도체와 전기차·2차전지 등 수요산업이 요구하는 높은 품질의 전문성과 차별성을 만족시켜야 하므로, 높은 연구개발집약도와 함께 원천 특허의 기술력을 확보하지 않고서는 업계 신규진입 또는 납품시장 개척이 불가능한 영역이다.

### 나. 엔지니어 직무와 숙련형성

특수화학소재 업종의 경우 신기술(신제품 및 신공정) 개발에서 개개인의 뛰어난 능력, 특히 과학적-공학적 지식과 판단력, 분석력이 상대적으로 중요하다. 즉 경험적 지식(암묵지)의 누적적 축적과 끈기, 그리고 여러 명이 함께 문제를 풀어나가는 팀플레이도 중요하지만, 눈으로 볼 수 없고 손으로 만질 수 없는(따라서 손끝 감각이 무의미한) 화학소재의 개발과 생산에서는 소재의 화학적·물리적·전기적 특성과 그것에 대한 이론적-공학적 설명, 여러 소재를 배합했을 때 예상되는 새로운 특징에 대한 과학적-공학적 예측 가능성과 그 실제 결과물에 관한 판단과 분석(이론적·실험적 판단과 분석) 등이 중요하다. 따라서 그만큼 과학지식, 공학지식이 기본으로 갖춰져 있어야 업무를 제대로 수행할 수 있다.

〈표 2-3〉 특수화학 3사의 경영과 기술개발, 기술인력의 비교

	D사	K사	M사
생산품	2차전지 패키징용 화학소재	산업용 탄소소재	고기능성 점-접착 화학소재
기술혁신 유형	고기술 전문 공급자	고기술 전문 공급자	중기술 전문 공급자
기업 규모	중기업	벤처기업 (연구소 기업)	소기업
매출액 성장성	매우 높음	매우 높음	낮음
종업원 보상의 특징	스톡옵션	스톡옵션	특별한 사항 없음
대학과의 공동 기술개발	○	○	×
국책 기술개발 수행	○	○	○
주요 인력 학력	석박사 및 학사-전문학사	석박사 및 학사	석사, 학사
엔지니어 숙련 획득 기간 (최저)	5~10년	5~10년	5~10년

그러나 특수화학이 포함된 정밀화학 업종이 모두 그러한 것은 아니다. M사의 사례는 우리나라 정밀화학 업종의 한 단면을 잘 보여 준다. 즉 정밀화학 업종으로 공식 분류되는 많은 업체가 실은 연구개발집약도(매출액 대비 R&D 투자로 표현되는)가 높지 않으며, 더구나 과학집약도(science intensity) 역시 높지 않다. 최종 수요산업인 전자와 자동차, 조선, 철강 등에 납품하는 중간재를 개발하고 생산하는데, 그 최종 수요제품 업종 그 자체가 이미 성숙 또는 중성숙(semi-saturated) 단계에 도달했기에, 이들 납품업체의 매출과 이익의 성장성은 높지 않고 신제품 개발 경쟁 역시 치열하지 않다. 회사에서 개발 중인 기술들 역시 돌파형 신기술이라기보다는 기존의 기술(특히 포함)을 점진적으로 개선하는 기술들이다. 이 회사가 속한 업종 전체가 대동소이하며, 더구나 그 최종 수요기업들 역시 마찬가지이다.

이는 첨단화학 분야의 D사, K사와는 사뭇 다른 모습이다. D사와 K사가 종사하는 전기차용 2차전지 관련 산업에서는 신시장이 치열한 기술개발 경쟁과 함께 세계적으로 급속하게 성장하고 있으며, 더구나 한국의 최종 수요기업들(2차전지 또는 자동차회사들)이 세계적으로 정상급의 기술개발 능력을 갖추고 있는 까닭에 그 납품업체나 공급업체들 역시 매출 및 이익 성장성이 높고, 또한 그들 간의 신기술개발 경쟁 역시 세계 최고 수준에서 진행되고 있다. 이들 두 회사는 세계 최고 수준의 신기술개발을 위해 대학 및 공공연구소와의 협력에 적극적이다. 또한 성장성이 높은 까닭에, 스톡옵션이라는 보상제도를 시행하고 있다. 대기업 대비 상대적으로 낮은 임금을 스톡옵션 혜택으로 보완하고 있다.

## 2. 기업혁신 역량과 산학연 연계

D사와 K사의 경우, 연구개발 과정에서 최신의 세계 선도적 과학적·학문적 성과(문헌)의 탐색과 학습에 상대적으로 많은 공을 들이고 있으며, 이를 위해 대학교수들 및 국책 공공연구소와의 긴밀한 인적·업무적 네트워크를 구축하고 있다. 반면에 M사의 경우, 일부는 생산기술연구원과의 협력하에 기술이전이 이루어지고 있지만, 대학교수들과의 공동 협력의 정도는 약하다. 세계적 수준의 과학적·학문적 성과를 탐색하고 학습하는 능력도 취약하다. 그것보다는 업계의 개발 현장, 생산 현장에서 8년 또는 10년, 15년의 경력을 통해 경험지를 축적한 이들이 기술개발(점진적 기술개선)에서 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

3개 회사 모두 정부(산업통상자원부, 중소벤처기업부 등)가 제공하는 국책 기술개발 사업에 참여하고 있으며, 그것이 기술연구소의 재정과 인력 채용, 그리고 개발성과 창출에 직간접적인 도움이 되고 있다. 그런데 여기서도 차이가 존재한다. D사와 K사가 영위하는 탄소소재(2차전지 소재 포함) 및 탄소섬유의 경우 그 국책 개발 사업의 예산이 많고 보다 적극적인 정부 지원이 이루어지는 데 반하여, M사가 속한 기능성 분말 분야의 경우 상대적으로 지원 예산 규모가 작다. 전자의 제품 업종에 속한 기업들은 큰 정부 혜택을 얻는 데 반하여, 후자의 제품 업종에 속한 기업

들은 상대적으로 정부 혜택이 적다. 물론 후자의 제품 업종 그 자체가 향후 시장 규모 및 기술성의 급격한 성장 가능성이 크지 않다는 점을 고려할 때, 이러한 정부 정책은 이해할 만하다.

### 3. 인적자원 관리와 개발

3개 회사 모두 공통으로 회사 또는 기술연구소가 위치한 인근 지역 출신의 연구인력이 채용되고 있다. 특히 비수도권의 경우, 수도권 출신 인력은 1년 이내에 이직하는 현상이 관찰된다.

소기업 또는 중소기업에 해당하는 3개 회사 모두 석박사급 엔지니어 인력에게 대기업에 비해 낮은 임금을 제공하고 있다. 그런데 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 예상되는 D사 및 K사의 경우에는 스톡옵션을 임직원들에게 제공하고 있다. 코스닥 상장 또는 대기업으로의 M&A가 성사될 경우, 그 스톡옵션은 실질적 보상 효과를 낼 것이다. 반면에 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 전망되지 않는 M사의 경우 스톡옵션은 경영진의 선택지가 아니다. 이에 따라 M사는 유능한 석박사급 연구인력 채용이 더욱 힘든 현실이다.

3개 회사 모두 공통으로 화학소재 업종의 기술개발에서 제대로 된 업무능력을 획득하려면 최소한 5~10년의 경력을 쌓아야 한다고 말한다. 제품 및 설비와 관련한 지식(경험지 및 공학적·과학적 지식 학습, 그리고 경제-경영적 지식(고객 업체, 경쟁 업체, 협력 업체, 관련 국책기관들과 대학 등)을 축적해야 제대로 된 기술개발 업무를 수행할 수 있다는 의미이다.

## 제 3 장

# 산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응 : 자동차산업을 중심으로

## 제1절 문제의식

지금은 기술 패러다임 전환 시대이다. 기존 제품의 일부 기술을 개선하는 수준을 넘어 제품의 시장지배적 디자인(dominant design)이 변경되거나 설계의 개념이 변화되는 급격한 혁신이 여러 산업에서 목격되고 있다.

자동차산업은 이러한 변화를 겪는 대표적인 사례라고 할 수 있다. 내연기관 중심의 기존 자동차산업은 기후위기에 대응하기 위한 탄소배출 저감을 위해 배터리 전기차, 수소연료 전기차 등 친환경차로의 전환이 이루어지고 있다. 전 세계가 2045년을 기점으로 엔진자동차를 더는 생산하지 않겠다는 계획을 발표한 상황이다. 엔진자동차에서 친환경차로의 전환은 자동차 제품의 핵심영역인 동력계(powertrain)에서 시장지배적 디자인(dominant design)의 변화라고 할 수 있다. 하이브리드자동차는 엔진 외에 배터리, 인버터, 모터가 추가적으로 탑재되며, 전기자동차는 엔진이 없어지고 배터리계열만 남게 된다.

어떤 산업에서 시장지배적 디자인(dominant design)이 바뀔 만큼의 큰 기술적 변화가 있을 경우 이를 개발하고 설계하는 엔지니어에게 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 기술 변화에 따라 자동차 설계·개발을

위한 엔지니어의 전공 구성이 바뀌고(Hamilton, 2011), 따라서 상호 조정·통합을 위한 요구 역량도 바뀐다(Allen, 2016). 이는 더 나아가서 관련한 채용시장, 학교 전공자 수요가 바뀌게 될 것이다.

자동차산업의 경우 전통적으로 채용해 온 기계공학과 산업공학 등 다소 동질적인 전공 구성 및 배치를 통해 문제를 해결할 수 없게 된다. 전기장비가 차량에 늘어나는 동안 전력 구동 계통의 문제를 해결하기 위한 전기공학 전공, 센서의 증가와 자율주행 등 ICT 관련 문제를 해결하기 위한 전자공학 전공, 배터리와 충전 등의 문제를 해결하기 위한 화학공학 전공 및 재료공학 전공 등 다양한 전공들이 ‘자동차 엔지니어’로 진입하게 된다.

다양한 전공자로 구성된 연구개발조직은 학교에서 배웠던 교과과정의 차이, 전공에 따른 일하는 방식의 차이, 실무에서의 조직학습과 개인의 학습 방식의 차이(대학원 등 정규과정 진학, 사내교육, 워크숍, Learning by Doing, 사외교육 및 전파교육, 자격증 습득, 특히 취득 중 효과적인 방식), 계약학과 등의 존재와 분과학문에서의 자동차산업에 대한 준비 수준 등에 대한 다양한 이슈를 제기한다. H사는 가장 대표적인 자동차산업의 업체로서 그러한 질문에 대답하기에 적합하다고 볼 수 있다.

본 연구는 자동차산업 엔지니어의 직무와 일하는 방식의 변화를 H사의 하이브리드 자동차 개발 사례를 통해 분석하고자 한다.

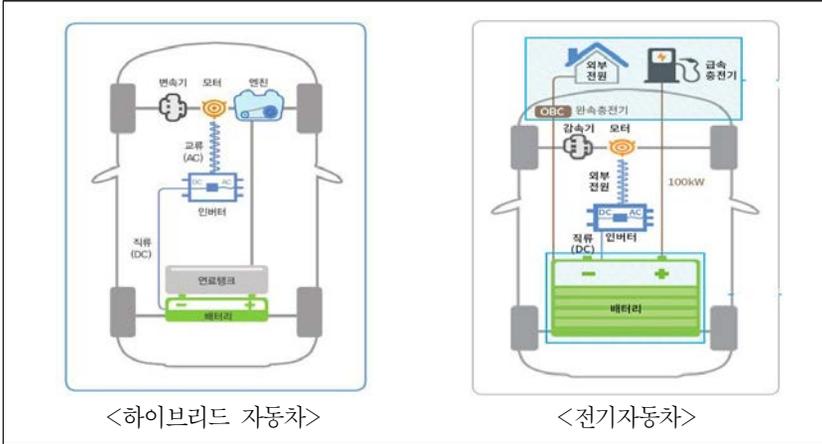
## 제2절 이론적 배경과 분석 기준

### 1. 자동차산업의 전환과 엔지니어 구성의 변화

자동차산업의 변화는 미래형 자동차로의 전환과 전장화 확대로 정리할 수 있다. 미래형 자동차는 친환경 자동차와 스마트 자동차로 나눌 수 있다.

친환경 자동차는 하이브리드자동차와 전기자동차를 의미하는 것으로, 다음 [그림 3-1]과 같이 엔진기반 동력계열이 전력기반으로 친환경 동력계로 전환된 자동차를 의미한다.

(그림 3-1) 하이브리드자동차와 전기자동차 동력계 구조 비교



자료: 환경부(2015), 『친환경 자동차』, 무공해차 통합누리집.

이러한 친환경 자동차로의 전환은 기계엔진에서 화학제품인 배터리와 전기모터로 자동차의 동력장치가 전환되기 때문에 이를 개발·설계하고 유지하는 과학 및 엔지니어의 요구 전공이 변화된다. 전기자동차와 관련하여 증가할 것으로 전망되는 엔지니어 전공은 각 직무별로 다음과 같다 (Hamilton, 2011). 선행연구 단계에서는 화학자, 재료과학자들의 수요가 새롭게 필요하고, 설계 및 개발 단계에서는 전기공학 엔지니어 및 재료 엔지니어들이 추가된다.

<표 3-1> 전기자동차 개발에 필요한 이공계 전공

직무군	필요 전공
선행연구 (scientific research)	화학자(Chemists), 재료과학자(Material scientists)
설계 및 개발 (design and development)	전기공학 엔지니어(Electronics engineers), 산업 엔지니어(Industrial engineers), 재료 엔지니어(Material engineers), 기계 엔지니어(Mechanical engineers), 기계공학 테크니션(Mechanical engineering technicians), 기계 제도사(Mechanical drafters), SW개발자(Software developers)

자료: Hamilton(2011).

스마트 카는 차량 상태를 점검하는 상태 정보와 네트워크 연결을 통해 이용자의 안전성과 편의성을 높이는 시스템으로 자율주행차, 커넥티브카, 좁은 의미의 스마트 카 등을 포괄한다. 기본적으로 스마트 카는 ‘△ 자율주행시스템, △ HMI(Human Machine Interface) 시스템, △ 센싱/사고예방/회피 시스템, △ 운진보조/탑승자 지원 시스템 등 다양한 시스템’으로 구성되며, 이를 위해서는 ‘① 주변정보를 수집하는 센서(Sensor) ② 차량을 제어하는 전자 제어 장치(ECU, Electronic Control Unit) ③ 차량 내 탑재된 임베디드 소프트웨어(Embedded Software), ④ 전자 신호를 기계적 신호로 변환하는 액추에이터(Actuator) ⑤ 차량과 외부 간의 통신을 위한 V2X(Vehicle to Everything) 등’의 핵심기술로 구성된다(특허뉴스, 2019. 5. 13.; 김철우 외, 2020; 이재관, 2013).

동력계만 변화되는 친환경 자동차에 비해서 스마트 카의 경우는 자동차 전반의 시스템에 센서와 제어시스템이 결합되는 구조이며, 자동차를 넘어서 외부 시스템과의 연계를 통한 서비스 체제도 가진다. 이러한 스마트 카의 도입은 자동차의 제조, 생산, 서비스와 관련한 자동차산업의 범주를 확장시킬 뿐만 아니라 자동차산업의 본질도 변화시킨다.

자동차 제조업체 내의 변화만 살펴보면 자동차의 개발·설계에서 기계 엔지니어 외에 제어 및 통신 등을 위한 SW 엔지니어 및 ICT 분야 전공자들이 확대될 것은 자명하다.

간단히 정리하면, 자동차산업의 전환은 엔지니어의 관점에서 보면 과거와 비교하여 자동차산업에 종사하는 엔지니어들의 전공이 다양화되며 다학제 작업이 증가한다는 것으로 이해할 수 있다. 이는 단순히 전공만 바뀌는 것이 아니라 새로운 직무·조직체제와 협업·조정 관계 등이 형성되어야 함을 의미한다.

## 2. 다학제 지식과 조직의 형태

통상적으로 다학제 연구를 위해서는 다학제 팀이 필요하다고 생각하며, 다학제 기술을 위해서는 다학제 전공이 새롭게 만들어져야 한다고 생각하는 경우가 많다. 그러나 학제 지식(기술)을 반드시 다학제 팀

(multidisciplinary team)을 통해서 해결할 필요는 없다.

다학제 지식이 조달되는 방식은 다학제 과학기술자들로 팀을 구성하는 방식도 있지만, 기능 조직 간 협력을 통해서도 가능하다(Olsen, 2009). 더불어 다학제 팀의 경우 장점도 있지만 상호 교류에 큰 비용을 들여야 한다는 단점도 있다.

〈표 3-2〉 협업 지식 창출 관련 연구

주요 내용	저자(연도)	수단
다양한 전문가 (specialist)로부터 지식 조정(coordination)과 통합(integration)	Grant(1996)	(1) 규칙, 배열(sequencing), 루틴(routine), 공동 문제 해결 (2) 공통 지식
지식 통합	Enberg et al.(2006) Kreiner(2002)	암묵적 사전지식 활용
임시 프로젝트 조직(집단)	Lindkvist(2005)	(1) 목적 지향성 (2) 인맥 활용 (3) 피드백(feedback)

자료 : Olsen(2009).

Menendez et al.(2001)은 다학제 영역 내에서도 전공 분야별로 그 차이가 있음을 보인 바 있다. 예를 들어 재료학 분야(material science)는 화학, 물리학, 공학 등 다양한 다학제 팀을 구성했지만, 외부와의 협력이 많지 않은 반면, 심혈관계(cardiovascular system) 연구 분야는 의약 분야 전공자로 구성된 단일 학제가 우세하고 외부와의 협력이 많았다.

따라서 제품이나 문제가 복잡하여 다학제 지식과 작업이 필요한 상황에서 어떤 형태의 팀 구조를 구성할 것인가는 중요한 이슈이다. 다학제 제품/기술개발을 위한 팀의 구성방식에서는 다학제 팀(multidisciplinary team)과 전문분야 조직 간 학제 협업(interdisciplinary work with disciplinary based organization)이 구별된다(Menendez et al., 2001). 즉 다학제로 이루어진 하나의 팀을 구성하는 방식도 있고, 단일 학제를 가진 팀을 구성하고 이들 간 협력을 통해서 복합제품을 개발할 수도 있다.

한편 다학제 지식 창출에서 중요한 이슈 중의 하나는 학제 상호 교류

와 학습의 문제이다. 개념, 용어를 비롯하여 다양한 차이가 존재하기 때문에 다학제 팀 혹은 상호 협력을 통해서 새로운 지식을 창출하기 위해서는 상호 학습의 과정이 필요하다.

결론적으로 다학제 제품으로의 전환에 따라 해당 산업에서의 엔지니어의 채용 수요 변화 및 요구 역량 변화를 파악하기 위해서는 다학제 제품개발을 위한 ① 엔지니어의 전공 구성(composition), ② 개발팀의 구조, ③ 다학제 제품개발을 위한 상호 학습 과정 및 협력 등에 대해서 파악할 필요가 있다.

### 3. 학제 협업 환경 속의 엔지니어 분석틀

본 연구는 H자동차 엔지니어 조직을 연구하면서도 같은 범주를 최대한 유사하게 적용하고자 한다. 각각의 범주들은 좀 더 구체적으로 다음과 같은 세부 쟁점들을 포괄하고 있다.

#### 가. 직무와 다학제 역량

직무는 일의 범주를 수직적, 수평적으로 살핀다. 논리적으로 범주를 나누어 볼 때 자동차 개발 및 생산 프로세스를 연구개발-차체 및 설계-시작차-파일럿 시험 평가-생산라인 구축-양산 시험-양산 등으로 구분했을 때, 수직축은 프로세스의 순서를 따르고 수평축은 같은 프로세스 안에서 다른 직무를 의미한다고 볼 수 있을 것이다.

수직적으로 직무 범주가 깊을 때는 생산기술 엔지니어처럼(조형제, 2016) 시작차 단계부터 직무적으로 개입하여 양산 단계까지 참여할 수도 있고, 얇을 때는 정해진 한 단계의 일부를 수행할 수도 있다. 수평축의 직무 범주가 넓은 경우 같은 단계의 프로세스 중 2가지 이상의 직무(예 : 의장과 차체)를 함께 수행할 수도 있다. 또는 새로운 프로젝트가 수행될 때마다 프로세스의 같은 단계 중 다른 직무를 맡을 수도 있을 것이다(예 : A차의 엔진, B차의 파워트레인).

세밀한 직무에 대한 조작적 정의와 내용은 연구참여자들의 인터뷰를

통해 구성하되, 필요하면 자동차 엔지니어에 관한 선행연구와 학회와 업종 협회 등의 정의를 따를 수 있다.

개별 직무가 엔지니어와 기능조직 혹은 부문의 일에 대해서 해설한다면, 직무 간 교류 및 인터페이스(interface)가 중요한 자동차산업의 특징은 협업 방식에 대한 분석도 요구한다. 수평적·수직적인 소통의 방식, 책임과 권한의 배분, 경쟁적·협력적 일하는 방식 등을 직무 간 다학제 협업에 대한 분석 범주로 활용할 수 있다.

#### 나. 인재 양성(upskill과 reskill)

새로운 제품의 개발과 새로운 기능의 도입에 따라 기존 엔지니어들은 기존과는 다른 새로운 지식 구조가 요구되며, 앞서 살펴본 인적 구성의 변화에 따른 직무 및 협업 방식의 변화에 따라 다학제 역량이 요구될 수도 있다. 한편 새롭게 진입한 전공자들의 경우 자동차에 대한 지식이 없어서 생기는 진입장벽이 존재할 수 있고, 기존 자동차 조직체제에서 오는 특수성과의 새로운 관계 형성, 적응을 위한 노력이 필요하다. 이는 자동차 제조사들이 학습 및 인력양성과 관련한 과제를 던져 줄 것으로 예상할 수 있다.

먼저, 기존의 기계공학 전공 위주로 채용하다가 타 전공(화학공학, 재료공학 등)을 채용한 후 서로의 협업을 촉진하고 역량을 향상하기 위해 조직적으로 취해진 조치를 물을 수 있다.

둘째, 타 전공으로 다학제 조직에서 성장한 엔지니어의 성장경로에 대해 제도적 설계가 있었는지, 조직에서의 전략적 고려가 있었는지를 분석할 수 있다.

마지막으로, 새롭게 요구되는 직무에 대해 upskilling(직무 역량 향상), reskill(직무 재배치) 관점에서의 어떤 요구와 대응이 이루어지는지를 살펴볼 수 있다. 접근 방법과 관련하여 사내교육, 사외교육, 내부 워크숍, OJT, Learning by Doing 등 제도적 자원을 어떻게 활용하는지를 살펴볼 수 있다.

#### 다. 엔지니어 노동시장(채용 및 이직)

기존의 자동차산업의 주요 전공 외에 다른 전공을 영입할 때 직면하는 과제, 그리고 어떤 대응들이 이루어졌는지를 살펴볼 필요가 있다.

먼저 기본적으로 기존 경력 사다리상에 없는 전공자들을 영입하는 것은 기업으로서 새로운 채용 루트를 확보해야 한다는 과제를 의미한다.

다른 한편으로는 자동차와 전장화와 친환경화로 인해 인재 풀이 IT산업이나 전자, 화학산업 등과 겹치는 상황에서 어떤 이슈들이 발생하는지 파악해 볼 수 있다. 이는 산업 간 융복합 현상이 확대되는 상황에서 자동차산업뿐 아니라 산업 대부분에서 겪게 될 이슈들이기도 하다. 구체적으로 신입사원 유지(retention), 경력직 채용의 상황, 퇴사 후 복귀 등의 상황을 평가하면서 미시적으로는 H자동차 구직자와 재직자들이 갖고 있는 일종의 패턴을 확인할 수 있다.

### 제3절 H사 미래자동차 개발과 대응 사례

#### 1. H자동차의 엔지니어 조직 특성과 미래 자동차 개발 현황

##### 가. H자동차 엔지니어 조직과 '기민한 생산방식'

생산직 노동자의 다기능화, 자주관리(self-management), 권한부여(empowerment), 수요 주도(pull) 방식의 생산 평성, 생산의 일정에 맞춘 적시 공급으로 대표되는 공급망 관리(JIT, Just-In-Time)와 린 생산으로 대표되는 일본 자동차 생산방식, 모듈화를 통한 선반의 합리화와 표준화된 작업 지침과 노동자의 경영참여로 대표되는 독일 자동차 생산방식과 달리, H자동차는 공급 주도(push) 방식의 특성을 강하게 띠는 대량 생산, 숙련절약적인 자동화와 로봇의 대거 도입, 적극적인 ICT 기술의 도입, 동시공학을 통한 병렬 프로세싱, 시작차 제작과 프로토타입 차량

시험 주행을 함께 진행할 수 있는 대규모 연구소, 엔지니어들의 주도적인 문제해결과 같은 특징을 갖는다(조형제, 2016). H자동차 엔지니어들의 문제해결을 위한 일하는 방식은, 그 자체로 고유한 ‘H자동차 스타일’로서 엔지니어들에게 최고의 대상이 되었다. 분화된 사일로(silo) 형태의 기능조직이고 조직 간 관계가 협력적이기보다는 대립적·경쟁적이지만(조형제·정준호, 2015), 회장과 중역들의 수직적이고 빠른 의사결정을 통해 문제를 시정하는 역량, 주어진 과제를 가장 빨리 해결하기 위해 자원과 인력을 단시간에 최대로 동원해온 엔지니어 조직의 레거시(legacy), ‘휴먼 에러’(human error)를 만들 수 있으며, 적대적 노사관계를 유발하는 노동자들의 최소 개입을 위해 시작차 단계부터 발생했던 문제들을 해결하고 양산을 위한 생산라인에 탑재를 해내는 생산기술 엔지니어의 존재는 H사 엔지니어 조직의 특징으로 묘사되어 왔다(조형제, 2016).

이러한 특성은 다소 내연기관 엔진과 그에 기반을 둔 엔지니어들의 전공과 유산에 따른다고 볼 수 있다. 이상준 외(2020)에 따르면, 제조업 중 공작기계, 건설기계 등 기계산업의 경우 기계공학과 산업공학 등 엔지니어들의 전공이 동질적이고 일률적인 특성을 지니게 마련이다.

H자동차는 철저한 사일로 조직이며 기능조직으로 엔지니어 조직을 운영한다. 수직적으로 각 조직의 프로세스 속 단계가 규정되어 있으며, 수평적으로도 같은 단계 속 직능이 세밀하게 규정되어 있다. 예컨대 엔진의 연비 계통을 연구하는 연구원(책임급 이상)은 중간관리자가 되기 전에는 인접 직무를 직접적으로 익힐 일이 없다. H자동차의 연구개발 엔지니어는 새로운 차량 프로젝트를 수행할 때마다 정의된 역할을 수행하는 것을 볼 때 각각의 직무는 기능조직 안에 묶여 있고, 자동차 개발이라는 다양한 공정 속에서 아주 제한적인 분야에 참여하게 된다고 볼 수 있다.

그렇다고 유관 분야에 대한 지식이 형성되지 않는 것은 아니다. 최종적으로 차량이 ‘구동 가능한 상태’까지 만들어지려면 각 기능들이 연결되어 완성되어야 한다. 크게 보면 새시와 차체를 담당하는 엔지니어 부서들이 서로 협업하고, 내부의 다양한 부품과 장치를 담당하는 엔지니어들이 서로 협업을 한다. 협업을 하기 위해서는 최소한은 ‘귀동냥’을, 최대한은 인터페이스의 절점에 있는 직무에 대한 형식지 학습을 통한 이해가 필요하다.

H자동차는 수직적인 의사결정을 하는 조직이다. 수평적으로 담당자 간에 대부분의 사안을 자유롭게 협의하기보다는, 차량개발이나 생산과 관련된 주요한 이슈는 책임과 권한을 쥔 팀장-중역-오너 회장으로 이어지는 의사결정을 통해 고도로 중앙집중적인 의사결정을 한다. 또한 다양한 기능조직들이 일상적인 협력과 프로젝트를 통한 집중적인 협업 모두 수행하지만, 내부적으로는 경쟁적인 구도를 취한다. 조직에 대한 고과가 각 기능의 특성을 고려하여 안배되기보다는 경쟁 안에 노출되어 있는 경우가 많기 때문이다(조형제·정준호, 2015).

다만 회장이 주요 프로젝트의 중간관리자나 이사급 등 저직급 임원들의 보고를 직접 들으며 ‘직접 챙기는’ 경우가 있는데, 이는 한편으로는 중요한 프로젝트 담당자를 임파워먼트하는 측면이 있는 반면, 다른 한편으로는 엄청난 중앙감을 주입해 담당자들에게 스트레스를 발생시키는 요인이 되기도 한다(H자동차 엔지니어 N1).

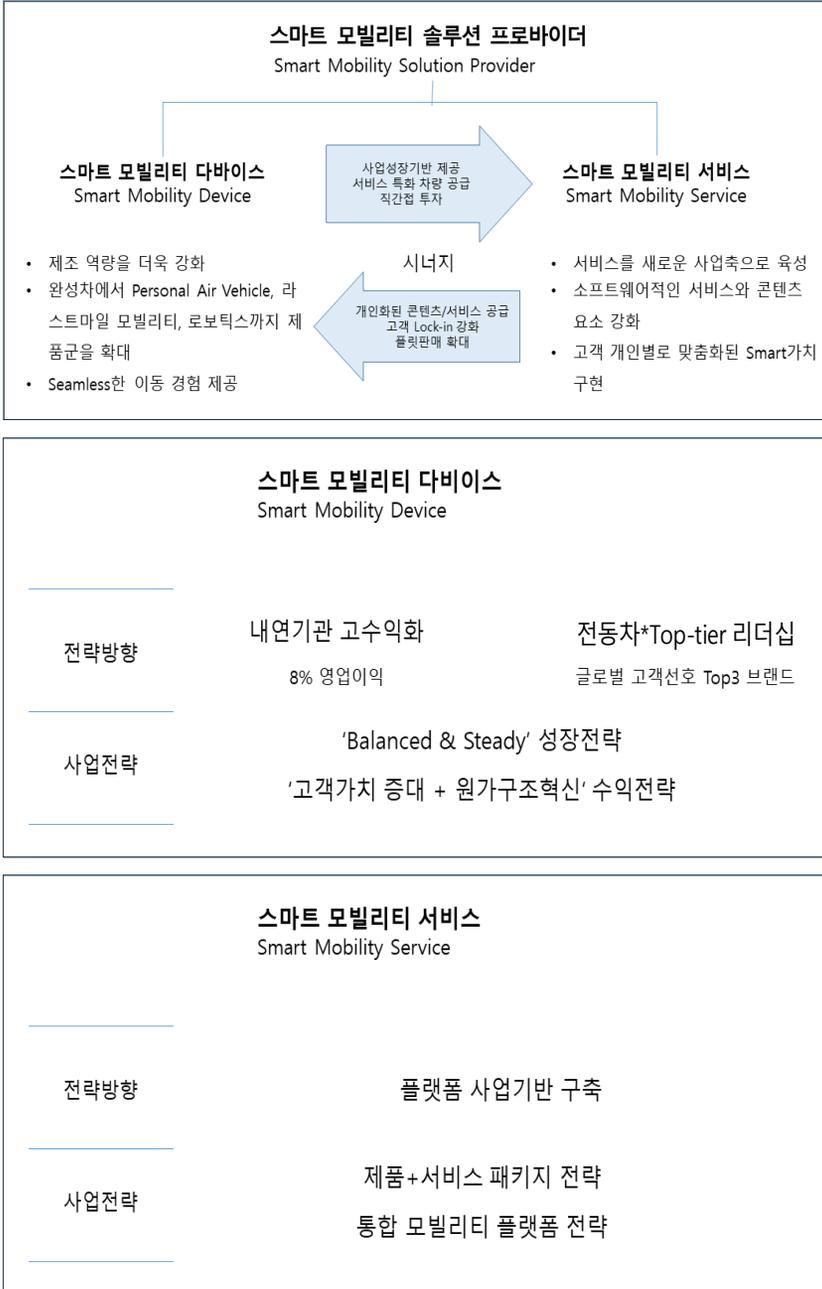
#### 나. 자동차산업의 환경 변화와 H사의 전환 전략

H사는 3가지 분야에서 벌어지고 있는 자동차산업의 미래 전환에 대비하고 있다(KIET, 2021). 첫째는, 친환경차(green car) 트렌드에 대응하는 전략이다. 친환경차란 내연기관에서 배터리 전기차(BEV)와 플러그인하이브리드 전기차(PHEV), 그리고 수소연료전지 전기차(FCEV)로의 포트폴리오 전환을 말한다. H사는 럭셔리 브랜드인 G의 경우 2025년부터 내연기관 자동차 생산을 중지하고 전략 BEV, PHEV, FCEV 위주의 포트폴리오를 편성하기로 방침을 정했다.

둘째는, 자율주행차(autonomous vehicle) 등 스마트 카(smart car) 트렌드에 대응하는 전략이다. 스마트 카는 인간의 인지와 판단에 의존하는 주행에서 벗어나 자동차 스스로 인지·판단·제어·서비스 등의 제반 기술을 개발·생산하는 분야라고 볼 수 있다.

마지막으로 셋째는, 유관 서비스산업 전략이다. 이는 자동차와 도로, ICT 등의 관련 요소를 유기적으로 연결하는 인프라 및 서비스를 제공하는 분야에 대한 대응을 의미한다.

(그림 3-2) H자동차 2025 전략(스마트 모빌리티 관련)



이러한 3가지 트렌드와 관련해 H자동차는 2025 전략을 수립하였다. 2025 전략은 ‘스마트 모빌리티 디바이스 전략’과 ‘스마트 모빌리티 서비스’로 구분할 수 있다. BEV 브랜드인 ‘아이오닉’을 런칭하고, 전기차 전용라인을 ‘아이오닉’과 ‘제네시스 EV60’ 각각에 도입하여 최적의 생산체제를 구축하여 친환경차 세계 시장 점유율을 2040년까지 10%까지 끌어올리는 것이 한 축이다. 2025년까지 전기차를 56만 대까지 생산하는 것이 H자동차의 목표이다. 2021년에는 전용차 플랫폼에서 처음 출시된 아이오닉 5가 완판되는 기록을 세우기도 했다. 다른 한 축을 맡고 있는 스마트 모빌리티 서비스는 차량 구독서비스, UAM, OTA 등 온라인 모빌리티 플랫폼을 통해 데이터 기반 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다(H자동차, 2020).

엔지니어 연구 관점에서 H자동차의 미래차 전략과 관련해 이 연구에서 우선 좀 더 관심을 가지려 하는 부분은 스마트 모빌리티 ‘디바이스’이다. 더불어 엔지니어들의 직무를 살펴본다는 관점에서 스마트 모빌리티 ‘서비스’ 자체보다는 그 서비스 플랫폼에 대한 설계에 주안점을 두려고 한다. 스마트 모빌리티 디바이스 관점을 요약하자면, 자동차 ‘전장화(전기장비화)’의 하드웨어 측면이라고 말할 수 있을 것이다.

전장화의 대표적 사례는 내연기관 엔진차가 배터리 기반이나 수소연료전지 기반의 전기자동차로 대체되고 그 성능이 향상되는 현상, 그리고 부품과 제어 기술에 있어서의 전기화와 전자화를 꼽을 수 있다. 자동차를 구성하는 주요 부품들이 기존의 아날로그 기계 부품으로부터 전기전자화되고 있다. 또한 이를 제어하기 위한 메카트로닉스 시스템과 센서가 점차 고도화되고 있다. 특히 라이더(lider) 등의 고도화된 주행 센서와 함께 진행되는 자율주행의 개발이 가속화되고 있다. 주행 안전·편의 및 주차 안전·편의를 위해 필요한 FCA, HDA, SVM, RSPA 등은 로보택시, 셔틀버스로 활용 가능한 수준인 2024년 Lv4 전면 도입에 맞춰 개발이 진행 중이다(현대자동차, 2020). 관련한 부품 클러스터도 기존의 남양연구소 인근 평택-화성 클러스터뿐만 아니라 전국적으로 조성 중이다. 자동차와 자동차 회사가 제공하는 데이터를 서로 교류하며 지속적으로 업데이트할 수 있는 OTA(Over-The-Air programming) 기술도 지

속 발전시키려는 중이다.

이러한 관점에서 볼 때 전통적인 자동차산업의 엔지니어 역할과 구성은 급진적으로 재편되고 있다. 비단 제품 포트폴리오, 공정의 변화, 서비스의 개편 등 비즈니스 사이드에서만 변화하는 것이 아니라 엔지니어 조직을 어떻게 편성하여 누구를 채용하며, 실제 직무 수행으로 이끌고 성장시킬 것인지에 대한 변화를 수반한다.

## 2. 친환경 자동차 개발 과정에서의 쟁점과 대응

1990년대부터 시작된 제어 계통의 전장화 과정이 전자공학 전공 엔지니어들과 산업공학, SW 계통 엔지니어들을 자동차회사로 진입시켰다면, 전기자동차로 대표되는 전장화 관점에서의 연료 전환은 화학공학 및 화학(전자기화학), 신소재공학 등 기존에는 큰 비중을 차지하지 않던 ‘기계공학 전공자’인 엔지니어들을 채용하는 방향으로 진행되고 있다. 본 절에서는 이러한 전장화로 인해 빚어진 H자동차 연구개발 조직 변화가 만들어 낸 엔지니어들의 사례를 상기된 분석 범주를 통해 해석해 보고자 한다.

### 가. 엔지니어의 구성 및 조직 변화

H자동차는 2004년 33명의 엔지니어를 모아 친환경차 프로젝트를 시작했다. 처음에는 하이브리드 차량을 만들고, 추후에는 배터리 전기차(BEV: Battery Electric Vehicle)와 수소연료전지차(FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle)로 분야를 확장했다. 33명의 인원 중 절반이 기계공학 전공자였고, 절반이 화학공학 및 신소재공학 전공자였다고 한다. 2021년 기준 2,600명가량으로 친환경차센터가 확장된 지금 기계공학을 전공하지 않은 인원은 60~70%에 이른다. 기계, 메카트로닉스로 대표되는 자동차산업의 조직과 다른 일종의 ‘하이브리드 조직’이 탄생하게 된 것이다.

H자동차는 전통으로 연구개발 및 생산 프로세스의 순차적이고 수직적인 기능과 차급, 차종을 중심으로 엄격하게 분리되어 있는 사일로(silo)

조직이다. 이러한 사일로 조직의 원리는 차급과 차종마다 생산되는 공장이 다르고, 한 차종 내부에서 지속적으로 승진하여 임원까지 발탁되던 H자동차의 역사에 기인한다. 친환경센터 내부 편성 역시 초기부터 차급별 수직적인 기능조직으로 편성·운영되었다. 하지만 2019년 남양연구소 조직 개편을 통해 차종별 개발방식에서 벗어나 새시나 차체 등 차를 구성하는 시스템 단위로 연구조직을 구성했다. 이러한 변화가 가능했던 것은 동일한 플랫폼에서 다양한 차종을 한 번에 만들어 낼 수 있기 때문이다. 더불어 미래형 자동차 개발팀은 따로 선행연구팀을 구성했는데, 이러한 선행연구팀 구성은 개발단계부터 BEV, PHEV, FCEV를 가리지 않고 함께 작업함으로써 빠르게 변화하고 합종연횡하는 배터리 및 전기차 트렌드에 유연하게 대응하기 위해서라고 해석할 수 있다(동아일보, 2019. 7. 9.).

H자동차 연구개발 엔지니어들의 직무는 높은 수준의 분업으로 인하여 초 차종별 기능에 따라서 분리되어 있었다는 점에서 수직적으로 ‘깊은 개입’은 없었다. 2019년의 개편은 차량의 콘셉트를 만들고 개발의 최종 단계인 파일럿 단계에서 차량의 성능 조율을 담당하는 역할이 보장되었다는 측면에서 좀 더 ‘깊은 개입’을 하고, 생산기술 엔지니어들과 협업을 해야 할 연구개발 엔지니어들의 역할을 정의하여 만들어 냈다고 볼 수도 있다. 또한 PM담당이 ‘사용성 평가 기능’을 만들어 소비자 입장에서 평가함으로써 개발 프로세스 각각에 또 한 번의 ‘깊은 개입’을 추가하게 되었다. 달리 말해 연구개발 조직에서 인터페이싱(interfacing)을 해야 하는 접점이 늘고, 조직 역량의 리던던시(redundancy) 배치를 통해 ‘고객 관점’과 ‘성능·품질 관점’ 모두를 충족시킬 수 있게 재편했다고 볼 수 있다(Teece, Peteraf, and Leih, 2016).

한편 조직의 문화 측면에서 친환경 자동차의 경우 문화적 변화가 일어나는 정도의 문체의식까지는 제기되지 않았다. 새로운 인체가 지속적으로 충원되고 있고, 친환경차라는 다학제적 프로젝트가 운영되면서 새로운 인적 구성을 만들어 내고 있지만, H자동차의 조직 이미지는 여전히 보수적이고 가부장적이며 권위적이다. 이러한 점에 대해서는 중역들도 인식하고 고민하고 있다.

“저도 뭐 반성합니다. 저도 그런 일들이 이제 제가 실장을 할 때 성능 개발 실장을 할 때는 이제 자리가 있고, 화장실에 나오면 줄을 썩 서 있을 때도 있습니다. 결제 받으려고요. 그렇게 그때 정도 됐을 때는 아마 교수님이 말씀하신, 박사님께서 말씀하신 그런 일들을 저는 못 느끼지만 했을 수도 있습니다. 왜냐하면 뭐, 처내기 바쁘죠. 아침부터 거의 뭐 한 5시까지 딱 하고, 저녁 돼야 이제 겨우 볼 수 있는 서류를 볼 수 있는 상황이었기 때문에 말씀하신 대로 한 10년 가까이 경험이 쌓인다면 제가 못 느끼지만 그런 일을 했을 수도 있다 그 생각이 듭니다. 그래도 하여튼 이렇게 많은 부분에서 옛날에 이렇게 뭐죠, 합리적으로 얘기하려고 노력했던 그런 것들은 좀 남아 있었을지 않았을까 해서 실기 같은 거, 판단의 실기는 좀 많지 않지 않았나 생각은 듭니다.”

이는 H자동차의 조직문화는 그 자체가 ‘기민한 프로젝트 수행능력’을 최적화하기 위해 생겨난 기제로서, 단순히 수직적, 기능적, 보수적, 권위적 등의 키워드로 환원할 수 없기 때문이다(조형제, 2016).

“환경센터가 좀 특이한 게, 제가 마지막 했던 게 이제 아이오닉 차의 연비 개발을 책임을 졌는데, 그때 이제 대응이 되는 차가 도요다의 프리우스 포였어요. 그걸 잡으려면 이제 도대체 연비를 상상할 수가 없는 연비를 달성해야 되는 거죠. 그래서 아마 그 과정들은 이제 다양하게, 어떻게 다양한 여러 가지 방법들을 썼겠지만 목표가 뚜렷했던 게 오히려 그런 걸 축적하는 데 좀 길은 하나였기 때문에, 목표는 하나고 길은 여러 개였지만, 다양한 길들을 좀 빨리 축적할 수 있지 않을까 생각이 듭니다. 그래서 지금도 보면 그때 너무 공격적인 목표, 뚜렷했던 목표가 어떤 실력을 빨리 올리는 데 많은 기여를 하지 않았나 생각이 듭니다.”

다만 스마트 카의 경우는 H사의 조직문화와 충돌할 여지가 크기 때문에 친환경 자동차의 경우와는 다른 문제에 직면하고 있다. 유연한 업무 방식을 가지는 IT업계 문화에 익숙한 인력들의 경우 조직문화에 보다 예민하기 때문이다. 따라서 H자동차는 좀 더 유연한 조직문화를 만들기 위해 다양한 방법을 강구하는 중이다. 기존 조직문화와 단절을 피하기 위해 AI를 활용한 모빌리티 서비스를 개발하는 조직을 사내 스타트업으로

운영하고 있다. CEO로 IT 업계의 인력들을 스카웃하고 IT 업계의 일하는 방식, 학습 문화 등을 그대로 이식하도록 하고 있다. 예를 들어 IT 기업에서는 흔하지만 제조 대기업에서는 흔치 않은 행사인 ‘데모 데이’를 운영하기도 한다. 2021년 11월에는 ‘개발자 콘퍼런스’를 개최해 사내 R&D 최고 개발자들의 발표와 토론을 조직하기도 했다. IT 분야의 수평적인 ‘애자일’함을 기존 기계공학 위주의 보수적인 수직적인 ‘기민한 생산방식’ 조직문화 내로 이식하기 위한 시도일 것이다.

기계공학과 화학공학 등의 비기계공학 등의 다학제 협업이 최소한의 접점에서 인터페이싱의 질문을 엮었다면, 디지털 전환은 엔지니어들로 하여금 좀 더 본질적으로 일하는 방식 전체를 급진적으로 재편하는 압력으로 작용하고 있다. 이러한 상황에서 H자동차의 ‘기민한 생산 방식’의 공기 속에서 연구개발 엔지니어들의 조직문화는 구동기관의 변화가 주는 완만한 변화와 ICT 기술 도입이 주는 급진적 변화의 속도 가운데에서 나름의 진화를 계속 진행하고 있다.

#### 나. 전공 간 협업 및 다학제 역량 : 인터페이싱을 위한 최소한의 역량

기계공학 전공 엔지니어와 비기계공학 전공 엔지니어들이 전공 간 협업을 위해서 갖춰야 할 역량은 인터페이싱을 위한 최소한의 전공 이해였다.<sup>2)</sup> 업무 전반을 바꾸는 것이 아니라 함께 협업해야 할 상황에서 필요한 수준의 지식을 갖추는 것이기 때문이다.

기존의 협업 방식에 다학제 엔지니어들이 모여서 추가된 것은 서로 다른 전공자들의 ‘다전공 하이브리드 조직’과 ‘다전공 간의 프로젝트’ 모두가 늘어났다는 사실이다. 주어진 기계를 ‘깎아 내던’ 기계엔지니어들은 ‘화학반응식’으로 사태를 해석하는 화공엔지니어들의 협업 때문에 고민을 하였다.

2) H자동차에서 퇴임한 중역은 기계공학 전공자가 화학공학이나 소재공학을 익히는 경우가, 화학공학이나 소재공학 전공자가 기계공학을 익히는 것보다 더 자동차산업이 성장하는 데 유리하다는 주장을 한다. 이는 도메인 지식에 대한 강조로 해석할 수 있을 것이다.

“막 박사 학위 받고 뭐 해서 한 친구들이 여기서 화학 방정식 갖다 내 앞에서 브리핑하면서 화학 방정식 해 갖고 여기서 탄닌계가 어떻게 해 갖고 뭐, 분자 구조가 이렇게 생겼는데, 여기에서 뭐가 끊어지면 어떻게 방향족이 되고.”(H자동차 엔지니어 N1)

이러한 상황에서 H자동차 친환경차개발센터에서는 엔지니어 간 협업을 강화하기 위해 용어 사전을 발간하면서 공통의 notation과 convention을 만들어 냈다.

“조직을 바꾸고 난 다음에는 일들이 명쾌했기 때문에, 목표가. 그 부분들은 크게 문제가 안 됐는데, 아까 말씀드린 대로 이제 업무 부하라든가 또 용어의 차이, 용어를 이제 소프트웨어는 굉장히 여러 가지를 많이 씁니다. 협조 제어니, 다양한 말들을 많이 쓰는데, 무슨 말인지 서로 이해 안 되는 거죠. 그래서 제가 처음 제어팀을 맡았을 때는 용어 사전을 만들었습니다. 대표적인 거. 그런 면에서 그래서 모든 우리 팀 말고 환경센터에 있는 다른 조직들이 이해할 수 있는 말로 쉬운 말로 좀 바꾸자 해서 그런 일들이 좀 있었습니다.”

‘자동차 생산’ 적응을 위해, 시작차들을 한 명당 한 대씩 나누어 주고 분해 조립을 하는, 즉 ‘역행 설계(reverse engineering)’를 통해 친숙하게 만드는 프로그램도 운영했다.

“‘일단 갖다 뜯어봐라.’ 자동차 회사니까 우리 시험차나 이런 건 준비하게 있으니까. 그거 가져다가 한 사람당 차 한 대씩을 주고 ‘니들 손으로 다 뜯었다가 다시 조립을 할 수 있을 정도까지도 해봐라.’”

같은 시점 기계공학 전공자들이 재료공학이나 화학공학을 이해해야 했기 때문에 기계공학 비전공자들이 이들을 가르치는 경우도 있었다. 빠른 업무 적응과 협업을 위해 전기공학 전공자 2명에 기계공학 전공자 1명 식으로 섞어서(mixed-up) 배치를 하기도 했다.

전공 간 협업, 그리고 다학제 직무역량을 길러 내기 위한 특별한 수단 이 도입된 예시는 연구 참여자들로부터 듣기 어려웠다. 다만 일방적인 평

가는 어렵지만, 기계공학 엔지니어와 전기전자 계통 엔지니어 간의 협업이 굉장히 많은 시간과 복잡한 프로그램 도입을 필요로 하는 것은 아니라고 제한적으로 해석할 수 있다. 연구개발 프로젝트 수행 중 똑같은 사안에 대해 서로 사용하는 표기법(notation)이 다르고, 같은 단어의 용례(convention)가 달라 통합적으로 관리할 수 있는 해법을 찾아낸 사례이다. 표기법과 용례를 함께 이해할 수 있다면 협업이 특별히 어렵지는 않았다는 이야기이다. 두 번째로 비기계공학 전공 엔지니어들이 자동차의 역행 설계(reverse engineering)를 통해 분해·재결합하면서 자동차와 친숙해졌던 사례이다. 자동차와 관련된 기계공학을 처음부터 교육과정을 통해 설계하는 데까지 나아가지 않고 최소한의 원리를 이해하기 위한 실습을 통해서 협업이 가능했다는 것으로 읽을 수 있다.

#### 다. 엔지니어의 upskilling과 reskilling

##### 1) upskilling

친환경차 자동차 개발 엔지니어가 처음 되는 것과 그 이후 내부적으로 성장하는 것은 한편으로 1차적으로 친환경차 엔지니어로서의 skillset를 정비하고 발전시키는 upskilling의 과정을 요구하였다. 앞서 비기계공학 전공 엔지니어들이 차체의 원리를 익히거나, 전공 간 협업을 위해 사전을 만드는 행위 이상의 과정 설계가 필요한 경우이다. H자동차의 경우 그러한 직무 역량 향상 교육(upskilling)의 요소로 많이 등장하는 것은 바로 소프트웨어 프로그래밍이나 데이터 사이언스 같은 ICT/수리적 역량이다.

“소프트웨어를 하는 친구들은 소프트웨어 상용 소프트웨어의 틀을 만드는 데 이런 데 보내는 거죠 그다음에 일부는 학교도 이제 석사도 보낸 기억이 나고, 조그마한 이제 돈이 많이 드는 소프트웨어 교육들이나 하드웨어 교육들이 많이 있는데, 일반 상업적으로 하는 분들도 있는데, 그런 쪽도 많이 보냈던 기억이 납니다. 굉장히 비쌌던 기억이 납니다. …[중략] … 보통 결제 받기는 보통 조직에서는 좀 힘들었던 기억이 나는 게, 하루에 100만 원 막 그러거든요. 제 기억에. …[중략] … 하여튼 적극적인 투자를 해 줬다, 저는 그렇게 생각합니다.”

H자동차에서 자율주행 소프트웨어를 개발하는 담당 임원은 도메인 지식이 ICT에 선행해서 필요하다고 강조한다. 자동차 개발을 위한 지식이 있는 상태에서 데이터 사이언스와 알고리즘을 배우는 것은 현업 관점에서 큰 도움이 되지만, 반대로 범용 기술로서의 SW 프로그래밍에 능하다 해서 자동차 개발을 위한 SW를 쉽게 개발할 수는 없다는 것이다.

동시에 친환경차 계통의 중역으로 성장하거나, 전문가 엔지니어로 성장할 수 있는 제도적 뒷받침도 필요하다. 중역 발탁이라는 측면에서 이러한 제도적 뒷받침은 H자동차의 고유한 특성 때문에 어렵지는 않았다. 각 기능 조직 하나하나가 일종의 사일로로 자리매김했기 때문에 조직의 몫(T/O)을 챙기고 그 안에서 전공자들의 배분을 하면 되는 일이었다.

“나중에 이 친구들이 저랑 한 10년, 15년 있다 보니까 매니저 레벨로 올라오잖아요. 거기에서 누구를 매니저로 발탁을 할 것이냐를 갖다가 그때 같이 있었던 애들 중에서도 힘들다고 나간 애들도 있고, 여하튼 그런데 후보가 한 10명 정도가 올라왔는데, 그중에서 저희가 5명을 매니저로 세우는데, 그중에 3명이 기계 출신 애들이 오히려 되고 한 2명 정도가 다전공자들이 이렇게 되더라고요.”

개발을 담당하는 H자동차의 연구실 엔지니어들은 주로 경험에 의존하여 지식을 축적한다고 전하였다. 또한 간헐적으로 OJT나 사내 세미나를 통해서 직무 역량을 높인다고 하였다. OJT는 한 셀에서 작업하는 다른 엔지니어와 연구개발 업무를 지원하는(기능직·기술직) 테크니션을 따라 다니면서 이루어졌다. 사내 세미나는 연구개발 단계라 아직 상용화되지 않은 아이디어를 공유하거나, 최신의 논문 트렌드 등을 공유하기 위해 진행된다. 회사는 적합한 연구 목표가 있을 경우 사외교육을 보내 주는데, 그 활용도는 하이브리드 자동차 프로젝트에서는 비교적 높은 편이었다.<sup>3)</sup>

3) 연구참여자 중 한 명으로 상용차 개발을 맡았던 엔지니어는 사외교육을 잘 받기 어려웠다고 전한다. 특정한 목표를 통해 설득하는 데 어려움을 느꼈기 때문이다. 상용차의 시장이 급진적 혁신을 통한 새로운 테크놀로지에 노출되기보다 점진적 혁신을 요구받던 사정이었다는 점을 감안해야 한다. 다만 현재는 수소픽업트럭 등 상용차 시장의 동력원이 바뀌면서 상용차 개발 역시도 급진적 기술혁신에 노출되는 상황이 됐다. 반대로 IT 산업의 연구개발 조직에서 근무하다가 H자동차로

## 2) reskilling

2004년 초기 하이브리드 차 개발 프로젝트 상황에서, 무엇이든 해 볼 수 있었던 분위기에서 친환경차가 제도화된 상황으로 변했을 때 친환경차센터의 의사결정자들은 정규대학과정 진학, 사외교육과 사내교육에 새로운 모듈들을 이식할 필요가 있었다. 이를 위해 H사는 기존의 기계공학 전공 중 극소수 프런티어를 뽑아 정규대학과정 진학과 사외교육을 활용하여 재교육을 시켰다. 이후 이들을 활용한 내부에서의 점진적 전환이 이루어졌다. 2004년 이후 친환경차로의 15년간의 전환은 이러한 과정이 쌓여서 점진적으로 이루어졌다.

문제는 최근 예상보다 급격하게 전기차로의 전환이 빨라지는 가운데, 기존 내연기관 개발을 담당했던 절대다수 엔지니어들의 reskilling 또한 쟁점이 되고 있다. 소수가 아닌 다수의 직무 전환에 대해 준비하는 것은 조직 차원에서 큰 도전이기 때문이다.

“전기차가 본격화되기 시작하는, 그게 눈앞에 보이기 시작하는 2015년, 2016년서부터는 심각해지더라고요. 그러니까 내가 생각했던 거보다 더 빠른 속도로 이게 다가오다 보니까. 그러니까 ‘야, 그러면 다른 게 준비도 안 돼 있는데, 이렇게 돼서는 어떻게 해야 되나.’ 그다음에 알다시피 지금 아직까지는 내연기관차가 더 많이 팔리잖아요. 거기에 엔진이나 변속기를 설계, 개발하는 친구가 2,000명이에요. 남양 연구소에만. 그리고 전 세계에 우리 엔진 공장이 이십 몇 개 있어요. 그거 나중에 어떻게 할 건데?”

이를 위해 출발점으로 H사는 서울대학교 내부에 사내 교육센터인 자회사 NGV사를 설립하면서 ‘소프트웨어 인재 육성 대학’의 모티프를 심고, 2019년부터 reskilling을 위한 제도적 기초를 쌓고 있다. 사내 교육센터를 설립하고 이를 통해 소프트웨어 인재를 육성한다는 것은 reskilling

---

이직한 연구원은 사내 세미나야말로 IT 산업에서는 매우 익숙한 교육의 수단임을 강조한다. 즉 사외교육이나 정규교육과정만이 가장 최선의 트렌드라고 말할 수 없다. 더불어 연구개발 조직에 입사한 엔지니어들이 석사 이상의 고학력자임도 새로운 정규교육과정에 대한 수요가 크지 않은 이유 중 하나가 된다. 엔지니어 집단이 수행하는 세미나의 의미에 관련해서는 Orr(1996)를 참고하기 바란다.

이 조직 내 OJT와 사내 전파교육만을 통해서는 달성되기 어렵다는 것을 의미하기도 한다.

#### 라. 신규인력 채용

H사는 친환경차 외에도 전장화, 자율주행자동차의 급진적 발전 상황에서 필요한 인력은 가능한 모든 수단을 통해서 확보한다는 방침이다. 따라서 미래자동차에서 필요한 새로운 인력의 채용에서 H자동차는 학부생 인턴십, 대학원생의 연구 프로젝트 참여 후 입사, 교수들과의 연결망 관리, 실리콘밸리 등 다양한 방법을 통해서 인재를 확보해 왔다. 실리콘밸리에서 진행되는 ‘코딩 테스트’ 등 필요한 채용의 수단도 가능하면 동시대 테크 기업 수준에서 업데이트하여 관리하고 있다.

“저희가 카이스트, 한양대, 고대, 연대, 그다음에 서강대(를 대상으로 산 학장학생 제도를 운영 중이다). 서강대는 소프트웨어 전문으로 지정하고 서강대에 컴퓨터학과하고 전산학과 친구들을 저희가 연 40명씩 장학금을 줘 가면서 깨들 졸업하면 우리가 특별한 문제가 없으면 직원으로 채용하고 있습니다. 또 연구 장학생으로 1년에 한 200명씩 대학원 석사과정에 있다. 저희가 전 분야(에 대해서 선정하고 있다). 기계만이 아니라. 오히려 지금은 200명 중에 올해도 뽑은 거 보니까는 200명 중에 기계가 65명인가 되고, 135명이 오히려 (타 전공자). […중략…] 저희는 한 학생당 교수님들을 다 매칭을 시켜서 교수님들한테 연구비까지 드려가면서 관리를 하죠.”

“제가 작년에 여기에 우리 현대차 코딩 테스트하는 소프트웨어를 개발을 하고, 그 체제를 만들고. 그래서 작년서부터 저희도 모든 채용하는 친구들, 그다음에 후보자들 다 우리 자체 코딩 체제를 가지고 (테스트)하고. 그다음에 거기서 높은 역량을 갖춘 친구들은 대면 면접 자리에서 우리가 생각하는 소프트웨어의 중요한 문제점을 제시하고, 그 자리에서 기술적인 문제의 해결책을 질문하기도 합니다.”

H자동차는 국내 대기업 중 가장 높은 수준의 대졸 신입사원 연봉을 지급하며, 이러한 사실은 전국의 구직자들에게 잘 알려져 있다. 따라서 치열한

입사경쟁을 통해 엔지니어를 채용하게 되고, 입사 당시의 시점으로 엔지니어가 갖춰야 할 기초 소양에 문제가 있는 경우는 드물다.<sup>4)</sup> 하이브리드 차량부터 전기자동차까지 개발하고 정년퇴임한 엔지니어는 기본 소양을 갖추고 기본적인 역학 공부를 잘하되, 엔지니어로서의 ‘직관’이 좋아야 한다고 전한다.

“기본 소양, 기본적인 역할을 하는 과와 이제 저도 기본적인 과를 하는 게 유지되고, 어느 정도 석사나 박사 쪽에 갔을 때 이제 그 부분을 하는 게 맞지 않나 생각합니다. 왜냐하면 역학도 사실은 굉장히 중요하다고 보거든요. 그걸 깊이 배워서 체화시키고, 감각적으로 내재화될 수 있는 역량을 갖추고 있는 사람들이 이제 다양한 애플리케이션을 하는 거하고, 그거를 너무 피상적으로 알고 이제 수치로만 알고 이러는 사람들이 다양한 애플리케이션을 하는 거 하고는 언젠가는 질적으로 차이가 분명히 날 거라고 보기 때문에 저는 기초 쪽을 학부 때는 정확히 해 주고, 석박사는 이제 전공을 가른 거니까 그때 이제 그걸 갈라 주는 게 맞지 않나 제 개인 생각입니다.”

더불어 삼성전자 등과 달리 H자동차는 연봉체계가 호봉제에 가까워 우수한 인재 영입에 어려움을 겪었는데, 경력직에 대해서는 과거보다 유연해진 연봉 테이블을 제안할 수 있게 되어 연봉체제의 난점을 일정 부분 해소해 주었다고 평가한다.

“자유롭죠. 왜 그러냐면 여기가 실제 경력은 3년밖에 안 되지만, 하면서 3년으로 해 갖고는 기존에 받았던 급여 수준을 우리가 못 맞춰 준다. 5년 경력, 6년 경력으로 인정을 해 준다 그래도 다른 사람들이 그걸 알 수가 없거든. 실제로 이 친구가 3년 경력이 있었는지, 5년 경력 어디서 있었는지를 알 재간이 없거든요.”<sup>5)</sup>

- 
- 4) 단, U시나 J시 등 지방 공장에서 공정기술 등 후행 엔지니어링을 담당하는 엔지니어들의 경우 수학, 역학 등의 역량에 있어서 대졸급 연구원과 차이가 난다는 점이 지적되곤 한다. H자동차가 공개채용을 포기하고 수시채용을 도입한 이후 인접 지역 거점 국립대나 사립대에서 신입사원이 채용되는 경우가 적지 않다(양승훈, 2020).
- 5) 이러한 유연해진 연봉 테이블 편성 때문에 앞서 언급한 ‘코딩 테스트’ 등이 도입되기도 했다.

### 마. 이직과 교육훈련 후 재진입

다학제 전공 배경의 엔지니어들의 협업 상황을 고려할 때 인적자원관리자가 고민해야 할 부분 중 하나는 바로 이직과 재진입의 문제일 것이다. 다학제적 전공이 섞여서 연구개발을 한다는 이야기는, 다양한 전공 배경을 가진 엔지니어들이 다양한 산업군의 노동시장 안에서 이직과 전직을 반복할 수 있음을 의미한다. 예전 같으면 엔지니어들이 동일 산업의 국내 경쟁사였던 D사나 S사 등으로의 이직 외에 여타 기계 산업으로 이직할 수 있었다면, 현재는 기계공학 전공이든 아니든 이직이 가능한 산업이 늘어났다. 인용된 이야기처럼 삼성전자나 LG배터리 등으로 이직하거나, 아예 네이버나 카카오 같은 IT 회사로 이직하는 경우도 많았다. 한편 친환경 자동차를 위해 reskilling을 위해 외부에 재교육을 보낸 엔지니어들은 화학계열 회사나 전자회사 등으로 이직이 가능하게 되었다.

이러한 이직에 대해서 회사의 중역들은 기존의 이직률과 ‘별다른’ 차이가 없음을 강조하고, ‘다시 돌아올 수 있음’을 강조한다. 고학력이라는 연구개발 엔지니어의 특성상 대학으로 임용될 경우 복귀는 어렵지만, 나머지 경우에는 여전히 H자동차를 경쟁력 있는 회사로 판단한다는 셈이다.

“저는 H차 있을 때 좋았어요. 재미도 있고, 왜냐하면 직접 엔진 개발했고, 진짜 데이터가 막 움직이는 게 보이고, ‘이거 이렇게 이렇게 하면 개선이 되겠구나.’ 이런 것들이 보였고, 그리고 후처리 장치라고 그래서 좀 나간 얘기인데, 그걸 좀 섞어 가면서 좀 테스트해 보고 좀 그런 게 좀 손맛이 맞았어요. 그래서 그런 것도 해보고 싶었고, 그래서 또 사실 영국에도 한번 갔었어요. 영국에도 일주일 동안 교육을 받으러 갔었고, 그다음에 일본에도 한 번 갔었어요.”

“대학교수로 간 사람들은 안 들어와. 근데 제가 그 예를 들면 화학이나 배터리 때문에 삼성SDI나 삼성전자나 LG전자나 LG배터리 출신으로 나한테로 들어온 친구들이 구성원의 50% 넘었어요.”

앞서 조직문화에서 살펴본 바와 마찬가지로 친환경 자동차의 경우와

스마트 카의 경우는 다를 수 있다. IT 업계 자체가 이직률이 높은 상황이고, IT 기업들과 다른 경직적인 문화 및 관행으로 스카우트한 IT 인력들이 다시 IT 업계로 되돌아가는 경우가 종종 있다고 전하였다. H기업의 경우 제조업 내에서는 임금수준이 높지만, IT 개발자들이 주로 활동하는 주요 IT 업체들과 비교하면 고급인력에 대한 임금은 높은 수준이 아닌 것으로 평가된다. 따라서 스마트 카에서의 경쟁력 확보를 위해 제조업에 맞으면서 IT 인력들에게 매력적인 조건을 만드는 것이 대단히 중요한 과제가 되고 있다.

## 제4절 소 결

H자동차는 한국의 자동차산업에서 지배적 위상을 점하고 있는 것 외에도, 한국 사회의 노사관계와 제조업 진화 및 전환 관점에서도 주요한 위치에 있다(박태주, 2015). H자동차의 노동과 자본 간 교섭의 내용이 모든 노사관계의 바로미터가 되고, 청년들의 대기업 취업에 있어서도 하나의 척도가 된다. 예컨대 2015년 이후의 수시채용 도입 등이 그렇다. H사는 제품 혁신이나 프로세스 혁신 관점에서 볼 때 매년 ‘도전에 대한 응전’을 하며 자체 엔진 도입, 고유 모델 제작부터 시작해 친환경차 제작까지 ‘과업 완수’를 해왔다. 엔지니어를 ‘갈아 넣는’ 방식, 달리 말해 고도의 집중력으로 밤낮없이 일해 주어진 일정을 당기고 목표한 성능을 달성하는 데 최적화된 조직문화를 가져왔고, 이는 한편에서는 모체였던 H그룹의 조직문화와 다른 한편에서는 기계공학 엔지니어의 일하는 방식과 맞물리는 지점이 있다.

H자동차 사례연구를 통해 패러다임 전환 과정에서 H사가 직면한 조직적, 인사관리적인 측면에서의 변화를 살펴보고자 하였다. 스마트 카의 경우 현재 진행되는 상황이라 친환경 자동차의 경우를 중심으로 친환경 자동차 개발 단계에서 벌어졌던 제도적 변화, 조직적 적응의 사례를 직무, HRD, 노동시장의 관점에서 살펴보았다. 이를 토대로 보다 더 근원적

인 스마트 카의 상황을 유추하려 노력하였다.

사례분석 결과, 조직문화에서 급진한 변화가 나타나지는 않았다. H자동차식 조직문화는 여전히 강고한 가운데, 재료공학이나 화학공학 같은 이전공의 엔지니어들이 기계공학 전공 엔지니어와 같이 차체를 뜯고 재조립[역행 설계(reverse engineering)]하면서 H자동차 엔지니어가 됐고, 기존의 기계공학 전공 엔지니어들은 개발 단계에서 빠른 습득을 통해 다른 전공에 대한 이해도를 높였다. 많은 경우 기계공학 전공 엔지니어들이 기존에 다루지 않았던 내용을 습득하는 데 더 빠른 속도를 보였다고 한다. 기존 개발단계에서의 ‘경로의존’에 익숙했기 때문이라고 해석할 수 있을 것이다. 그러나 적극적인 사외교육과 정규 학제 유학 프로그램의 활성화 등 HRD 관점에서의 제도적 지원이 따라왔다는 점도 특기할 만하다.

마지막으로 노동시장 관점에서 H자동차의 인사제도는 신규진입과 경력직 채용, 이직 후 재진입 등의 단계에서 유연하고 효과적으로 운영되고 있다고 볼 수 있다. 우수한 인재들의 ‘유출’을 막기 위해 제도적 인센티브와 ‘넛지(nudge)’를 고루 활용하는 다른 제조 대기업들의 고민과는 달리, H자동차는 박사급 연구원의 교원 임용이 아니라면 이직으로 떠났던 인재가 다시 돌아올 수도 있다는 자신감이 있었다.

더불어 H자동차 조직의 자신감은 자동차산업 분야의 제조역량을 특화해서 키울 수 있는 학사, 석사 과정의 계약학과에 대한 입장에서도 확인할 수 있다. 계약학과가 필요하면 만들 수 있고 또한 만들게 될 경우, H자동차가 필요로 하는 대학의 교육과정 설계와 운영을 위해 물심양면 지원을 하지만, 다른 한편에서는 내부적으로 필요한 인재를 시행착오를 거쳐 길러낼 수 있다는 자신감을 가진 사람들이 있었다. ‘엔지니어로서의 직관’을 갖고 있으면 비전공자라도 시작 차 역행 설계(reverse engineering)를 통해 차체에 대해 이해를 시킬 수 있다는 자신감이 있다. 물론 주니어 계층을 형성하는 엔지니어들은 좀 더 전문적이고 짜임새 있는 사외교육 등에 대한 갈증이 존재하는 것도 사실이다.

이러한 관점에서 볼 때 H자동차의 경우 엔지니어 조직의 쟁점은 외부 노동시장과의 교류 문제보다는 내부적인 일하는 방식의 효과적인 설계와

운영, 이를 촉진할 수 있는 제도적 유연성과 밀접한 관련을 가질 것으로 이해된다. OTA 기술의 업그레이드, 전면적으로 내연기관 개발의 축소에 따르는 엔지니어들의 reskilling, 자율주행차 개발이라는 과제를 수행하기 위한 SW 엔지니어들과의 협업 등의 쟁점들이 지속적으로 제기될 것으로 보인다. 다른 한편에서 H자동차의 경우 연구개발 단계보다 어찌면 인터페이싱을 하는 생산기술이나 실제 생산운영으로 연결되는 후행의 '제조 역량' 문제를 좀 더 살펴보아야 할 필요가 있어 보인다.

## 제 4 장 결 론

### 제1절 종합 검토

#### 1. 과학기반 기술혁신과 첨단화학소재 개발

##### 가. 과학기반 기술혁신

과학기반산업의 경우 기술혁신의 주요 원천은 회사의 R&D 활동(신제품 개발)에 기반하는데, 그중에서도 특히 R&D는 대학과 공공연구소에서 수행되는 최신의 과학적 발견이 매우 중요하다. 그렇기에 과학기반산업의 회사들은 대학 및 공공연구소들과 긴밀한 협력관계를 맺는다.

Grupp and Schnoch(1992)는 과학집약도(science intensity)라는 개념을 사용하여 과학기반산업을 분류하였다. 모든 특허문서에는 해당 특허가 인용한 과학-학술 문헌들이 언급되도록 의무화되어 있는데, 해당 특허가 과학-학술 문헌을 인용한 정도를 과학집약도라고 Grupp and Schnoch(1992)는 정의했고, 이것이 높은 산업을 과학기반산업이라고 분류했다. 제약-바이오산업과 반도체산업, 유기화학-정밀화학산업 등은 과학집약도가 매우 높게 나타났다. 본 연구의 조사 대상인 화학소재 제품 업종의 상당수가 과학집약도가 높다.

#### 나. 첨단화학소재 개발

특수화학(specialty chemicals) 분야는 전기·전자·반도체와 전기차·2차 전지 등 수요산업이 요구하는 높은 품질의 전문성과 차별성을 만족시켜야 하므로, 높은 연구개발집약도와 함께 원천 특허의 기술력을 확보하지 않고서는 업계 신규진입 또는 납품시장 개척이 불가능한 영역이다.

#### 다. 엔지니어 직무와 숙련형성

특수화학소재 업종의 경우 신기술(신제품 및 신공정) 개발에서 개개인의 뛰어난 능력, 특히 과학적-공학적 지식과 판단력, 분석력이 상대적으로 중요하다. 즉 경험적 지식(암묵지)의 누적적 축적과 끈기, 그리고 여러 명이 함께 문제를 풀어 나가는 팀플레이도 중요하지만, 눈으로 볼 수 없고 손으로 만질 수 없는(따라서 손끝 감각이 무의미한) 화학소재의 개발과 생산에서는 소재의 화학적·물리적·전기적 특성과 그것에 대한 이론적-공학적 설명, 여러 소재를 배합했을 때 예상되는 새로운 특징에 대한 과학적-공학적 예측 가능성과 그 실제 결과물에 관한 판단과 분석(이론적·실험적 판단과 분석) 등이 중요하다. 따라서 그만큼 과학지식, 공학지식이 기본으로 갖춰져 있어야 업무를 제대로 수행할 수 있다.

#### 라. 기업혁신 역량과 산학연 연계

D사와 K사의 경우, 연구개발 과정에서 최신의 세계 선도적 과학적-학문적 성과(문헌)의 탐색과 학습에 상대적으로 많은 공을 들이고 있으며, 이를 위해 대학교수 및 국책 공공연구소와의 긴밀한 인적·업무적 네트워크를 구축하고 있다. 정부(산업통상자원부, 중소벤처기업부 등)가 제공하는 국책 기술개발 사업에 참여하고 있으며, 그것이 기술연구소의 재정과 인력 채용, 그리고 개발성과 창출에 직간접적인 도움이 되고 있다. D사와 K사가 영위하는 탄소소재(2차전지 소재 포함) 및 탄소섬유의 경우 그 국책 개발사업의 예산이 많고, 보다 적극적인 정부 지원이 이루어지고 있다.

#### 마. 인적자원 관리와 개발

사례조사 대상 3개 회사 모두 공통으로 회사 또는 기술연구소가 위치한 인근 지역 출신의 연구인력이 채용되고 있다. 특히 비수도권의 경우, 수도권 출신 인력은 1년 이내에 이직하는 현상이 관찰된다.

소기업 또는 중소기업에 해당하는 3개 회사 모두 석박사급 엔지니어 인력에 대해 대기업에 비해 낮은 임금을 제공하고 있다. 그런데 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 예상되는 D사 및 K사의 경우에는 스톡옵션을 임직원들에게 제공하고 있다. 코스닥 상장 또는 대기업으로의 M&A가 성사될 경우, 그 스톡옵션은 실질적 보상 효과를 낼 것이다. 반면에 향후 매출 및 기술력의 급격한 성장이 전망되지 않는 M사의 경우 스톡옵션은 경영진의 선택지가 아니다. 이에 따라 M사에는 유능한 석박사급 연구인력 채용이 더욱 힘든 현실이다.

사례조사 대상 3개 회사 모두 공통으로 화학소재 업종의 기술개발에서 제대로 된 업무능력을 획득하려면 최소한 5~10년의 경력을 쌓아야 한다고 말한다. 제품 및 설비와 관련한 지식(경험지 및 공학적-과학적 지식 학습)과 그리고 경제-경영적 지식(고객 업체, 경쟁 업체, 협력 업체, 관련 국책기관들과 대학 등)을 축적해야 제대로 된 기술개발 업무를 수행할 수 있다는 의미이다.

## 2. 산업 전환에 따른 엔지니어 변화와 대응 : 친환경 미래차 개발 사례

자동차산업은 엔진자동차에서 전기자동차로 전환이 가속화됨에 따라 따라서 산업 전환이 이루어질 것으로 예측되고 있다. 본 연구에서는 이런 산업 전환 과정에서 엔지니어들이 직면하게 되는 직무와 역량의 변화를 살펴보고자 하였다.

H자동차는 한국의 자동차산업에서 지배적 위상을 점하고 있는 것 외에도, 한국 사회의 노사관계와 제조업 진화 및 전환 관점에서도 주요한 위치에 있다(박태주, 2015). H자동차의 노동과 자본 간 교섭의 내용이 모든

노사관계의 바로미터가 되고, 청년들의 대기업 취업에 있어서도 하나의 척도가 된다. 예컨대 2015년 이후의 수시채용 도입 등이 그렇다. H사는 제품 혁신이나 프로세스 혁신 관점에서 볼 때 매년 ‘도전에 대한 응전’을 하며 자체 엔진 도입, 고유 모델 제작부터 시작해 친환경차 제작까지 ‘과업 완수’를 해왔다. 엔지니어를 ‘갈아 넣는’ 방식, 달리 말해 고도의 집중력으로 밤낮없이 일해 주어진 일정을 당기고 목표한 성능을 달성하는 데 최적화된 조직문화를 가져왔고, 이는 한편에서는 모체였던 H그룹의 조직문화와 다른 한편에서는 기계공학 엔지니어의 일하는 방식과 맞물리는 지점이 있다.

H자동차 사례연구를 통해 패러다임 전환 과정에서 H사가 직면한 조직적·인사관리적인 측면에서의 변화를 살펴보고자 하였다. 스마트 카의 경우 현재 진행되는 상황이라 친환경 자동차의 경우를 중심으로 친환경 자동차 개발 단계에서 벌어졌던 제도적 변화, 조직적 적응의 사례를 직무, HRD, 노동시장의 관점에서 살펴보았다. 이를 토대로 보다 더 근원적인 스마트 카의 상황을 유추하려 노력하였다.

사례분석 결과, 조직문화에서 급진한 변화가 나타나지는 않았다. H자동차식 조직문화는 여전히 강고한 가운데, 재료공학이나 화학공학 같은 이전공의 엔지니어들이 기계공학 전공 엔지니어와 같이 차체를 뜯고 재조립(역행 설계)하면서 H자동차 엔지니어가 되었고, 기존의 기계공학 전공 엔지니어들은 개발 단계에서 빠른 습득을 통해 다른 전공에 대한 이해도를 높였다. 많은 경우 기계공학 전공 엔지니어들이 기존에는 다루지 않았던 내용을 습득하는 데 더 빠른 속도를 보였다고 한다. 이는 기존 개발단계에서의 ‘경로의존’에 익숙했기 때문이라고 해석할 수 있을 것이다. 그러나 적극적인 사외교육과 정규 학제 유학 프로그램의 활성화 등 HRD 관점에서의 제도적 지원이 따라왔다는 점도 특기할 만하다. 마지막으로 노동시장 관점에서 H자동차의 인사제도는 신규진입과 경력직 채용, 이직 후 재진입 등의 단계에서 유연하고 효과적으로 운영되고 있다고 볼 수 있다. 우수한 인재들의 ‘유출’을 막기 위해 제도적 인센티브와 ‘넛지(nudge)’를 고루 활용하는 다른 제조 대기업들의 고민과 달리, H자동차는 박사급 연구원의 교원 임용이 아니라면 이직으로 떠났던 인재가 다시 돌아올 수도

있다는 자신감이 있었다.

더불어 H자동차 조직의 자신감은 자동차산업 분야의 제조역량을 특화해서 키울 수 있는 학사, 석사 과정의 계약학과에 대한 입장에서도 확인할 수 있다. 계약학과가 필요하면 만들 수 있고, 또한 만들게 될 경우 H자동차가 필요로 하는 대학의 교육과정 설계와 운영을 위해 물심양면 지원을 하지만, 다른 한편에서는 내부적으로 필요한 인재를 시행착오를 거쳐 길러낼 수 있다는 자신감을 가진 사람들이 있었다. ‘엔지니어로서의 직관’을 갖고 있으면 비전공자라도 시작차 역행 설계(reverse engineering)를 통해 차체에 대해 이해를 시킬 수 있다는 자신감이 있다. 물론 주니어 계층을 형성하는 엔지니어들은 좀 더 전문적이고 짜임새 있는 사외교육 등에 대한 갈증이 존재하는 것도 사실이다.

이러한 관점에서 볼 때 H자동차의 경우 엔지니어 조직의 쟁점은 외부 노동시장과의 교류 문제보다, 내부적인 일하는 방식의 효과적인 설계와 운영, 이를 촉진할 수 있는 제도적 유연성과 밀접한 관련을 가질 것으로 이해된다. OTA 기술의 업그레이드, 전면적으로 내연기관 개발의 축소에 따르는 엔지니어들의 reskilling, 자율주행차 개발이라는 과제를 수행하기 위한 SW 엔지니어들과의 협업 등의 쟁점들이 지속적으로 제기될 것으로 보인다. 다른 한편에서 H자동차의 경우 연구개발 단계보다 어찌면 interfacing을 하는 생산기술이나 실제 생산운영으로 연결되는 후행의 ‘제조역량’ 문제를 좀 더 살펴봐야 할 필요가 있어 보인다.

## 제2절 정책 제언

### 1. 산학연 연계 강화와 기초과학 장기투자

과학기술산업에서는 제조공정 혁신(process innovation)보다 제품 혁신(product innovation), 즉 신제품 개발이 가장 중요하다. 또한 대규모 설비와 자본이 반드시 필요한 것은 아니라는 점에서 진입장벽이 낮지만,

동시에 신제품 개발과 출시를 가능케 하는 원천기술(특허 또는 영업비밀 기술)을 반드시 자체적으로 보유하여야만 한다는 점에서 보면 진입장벽이 높다고 할 수 있다. 또한 제품별로 수요자와 시장이 매우 세분되어 있기에 제품별 세계시장 규모가 크지 않으며, 따라서 몇몇 특정 업체들이 세계시장을 과점적으로 지배하게 될 가능성이 크다. 또한 하나의 기업이 해당 제품의 모든 연구와 개발을 담당하기 어렵기에 과학적 지식의 창출 공간이자 인력양성소인 대학 및 공공연구소와의 협력이 중요하다. 또한 대학과 공공연구소에 근무하는 연구자가 직접 해당 기술 제품의 창업 등 기술사업화에 나설 가능성도 크다. 이렇듯 과학기반산업에서는 대학과 공공연구소가 기술혁신에서 중요한 역할을 담당하며, 따라서 이른바 ‘산학연 네트워크’가 중요한 역할을 한다.

아울러 과학기반산업의 발전에 기초과학 및 거대과학이 중요하다. 예컨대 오늘날 통용되는 레이저-광학 제품(복사기 등)과 X-선, MRI 등 의료기기, 반도체와 인터넷, 연료전지와 2차전지, 자율주행차와 같은 제품과 업종의 탄생과 발전을 조사해 보면 그러한 돌파형 신기술 제품의 출현 배경에는 기초과학과 거대과학(달 탐사, 우주탐사 등) 관련 장기적인 연구개발의 역사가 바탕이 되어 있다는 점을 알 수 있다. 즉 과학기반 기술혁신을 위해서는 산학연 연계 강화와 함께 기초과학 장기투자가 필요하다. 이를 위해 중장기적으로 권역별 산학연 클러스터 강화와 기초과학 연구인력 지원이 요청된다.

## 2. 고등교육 학제 협업 강화

H자동차 사례조사를 통해 산업기술 패러다임의 전환기에 나타나는 제품의 시장지배적 디자인(dominant design)의 변화에 따라 기업들이 직면하게 되는 엔지니어들의 구성, 이에 따라 연속적으로 야기되는 조직, HRD, 인사 등의 문제와 대응을 살펴보았다. 이러한 조사는 제품의 급격한 패러다임 변화가 발생하는 여러 산업에서 기술인력을 어떻게 육성해야 하는가에 대해 시사점을 줄 수 있다.

현재 첨단 신산업 관련 제품에 대응하여, 기업들의 인력 육성 요구에 대응하여 대학들은 신산업 관련 학과를 증설하여 대응하고 있고, 각 부처는 대학

들이 융합적인 인력을 육성하도록 지원하고 있다. 2011년과 비교하여 2021년 대학들의 신규 학과 개설 현황을 보면, 학부는 2011년 74개에서 2021년 47개로 6배 이상 증가하였고, 대학원의 경우 첨단 신기술 분야 신규학과는 125개에서 445개로 10년간 4배 가까이 증가하였다(엄미정 외, 2021). 교육부는 미래자동차를 포함하여 인공지능, 지능형 반도체 등 22개 첨단·신기술 분야에 대해서 대학 정원을 증원할 수 있도록 제도를 개편하여 각 분야별 학과 개설 및 인력 양성 확대를 유도하고 있다. 다른 부처들의 경우도 스마트시티 등 신산업 관련 학과 개설 및 인력양성을 지원하고 있다.

〈표 4-1〉 2022학년도 첨단 분야별 석박사 정원 증원 현황

(단위: 명)

분야		빅데이터	인공지능	사물인터넷 (IoT)	신재생 에너지	스마트 시티	바이오 헬스	첨단 신소재
증원 인원	석사	156	93	47	39	24	20	20
	박사	15	31	30	-	10	-	-
	소계	171	124	77	39	34	20	20
분야		미래 자동차	혁신신약	지능형 로봇	항공드론	핀테크	친환경 선박	총계
증원 인원	석사	17	15	10	2	10	-	558
	박사	-	-	3	9	-	7	
	소계	17	15	13	11	10	7	

자료: 교육부 보도자료(2021. 10. 29.); 엄미정 외(2021)에서 재인용.

〈표 4-2〉 첨단·신산업 관련 대학(원) 학제 개편 지원 현황

주무부처	사업명	주요 현황
과학기술정보통신부	인공지능 핵심인재양성	인공지능대학원 신설('19년~, 10개 대학)
국토교통부	스마트시티 혁신인재육성	스마트시티 관련 학과 또는 전문트랙 대학원생 지원('19년~, 6개 대학)
산업통상자원부	에너지인력 양성사업	에너지융합대학원 신설(~'19년, 2개 대학)
과학기술정보통신부	SW중심대학 육성지원	SW학과 신설, 관련학과 통폐합 등을 통한 입학정원 확대('19년 6,526명→'20년 7,012명)

자료: 각 부처 자료 재구성, 엄미정 외(2021)에서 재인용.

이러한 정책적 지원은 첨단 신제품이 대두됨에 따라 실제로 기업에서 엔지니어 구성 및 직무에서 어떤 변화가 발생하는지를 파악하지 못하거나 그것을 고려하지 않은 것에서 기인한다고 할 수 있다. 이런 정책적 취약성은 재직자의 재교육에서도 유사하게 나타나고 있다.

H사의 사례를 보면 미래자동차라는 신제품의 개발은 화학공학 전공자나 SW 전공자 등 전공의 다각화로 이해해야 한다는 것을 의미한다. 즉 화학공학 전공자 및 SW 전공자들이 자동차산업으로의 진로 개척이라고 할 수 있는 것이다. H사의 경우 대기업이기에 대학에 대한 투자와 협력을 통해서 이를 해결하지만, 신제품 관련 생태계에 속하는 중소기업의 경우 이러한 접근이 용이하지 않다. 따라서 새롭게 대두되는 신산업 관련하여 새로운 전공분야를 이해하고 진로를 고려할 수 있도록 하는 지원이 필요하게 된다.

한편 직무의 배분, 업무방식 등에서 친환경 자동차의 경우와 스마트 카의 경우가 필요한 엔지니어의 구성이 다르고, 제품별로 전공 간 협업과 교류방식의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다. 다학제 역량으로 칭해지는 타 전공에 대한 지식과 이해도는 친환경 자동차 관련 엔지니어처럼 용어사전 정도의 최소 역량이면 되지만, 스마트 카의 경우에는 전공과 함께 일정 정도의 인공지능 지식이 동시에 필요하다(한용하, 2021).

결국 산업기술 패러다임의 전환 시기에 다양한 첨단 신제품별로 인력을 매칭하기에는 제품별로 다르고, 또한 빠른 변화로 인해 대응이 어렵다. 따라서 개별 제품별 대응이 아닌 해당 전공의 기본 역량에서 다학제 역량의 구조를 설계하는 것이 필요하다.

즉 학제 협업기반 기술혁신을 위해서는 고등교육 체계에서 학제 협업 환경을 구축하고 미래 엔지니어가 될 청년들에게 이러한 경험을 제공하는 것이 중요하다. 이를 위해 학과 간 정원과 칸막이에 초점을 맞춘 교육 행정과 학사 행정에서 탈피하여 학제 협업과 혁신에 초점을 맞춘 고등교육 개혁이 요청된다.

## 참고문헌

### [국내 문헌]

- 김철우 외(2020), 『미래형자동차 단계별 인력양성 정책연구』, 산업통상자원부.
- 엄미정 외(2021), 『첨단·신기술분야 고급 인력의 육성 및 성장 지원방안』, 과학기술정책연구원.
- 이광호·하태정·장병열·손수정·박형준(2009), 『기초/원천 기술 확보를 통한 과학기반산업 육성 방안』, 과학기술정책연구원.
- 이재관(2013), 「스마트 카 개발동향 및 당면과제」, <https://www.kor-eascience.or.kr/article/JAKO201307153506162.pdf>(접속일 2021. 11. 8).
- 조형제(2016), 『현대자동차의 기민한 생산방식』, 한울.
- 조형제·정준호(2015), 「자동차 제품개발조직의 거버넌스」, 『한국사회학』 49(4).
- 한국산업기술진흥원(2021), 『첨단화학소재 산업기술인력 보고서』, 한국산업기술진흥원.
- 한국정밀화학산업진흥회(2019), 「2019년 정밀화학 산업경쟁력 조사」, 한국정밀화학산업진흥회.
- 한용하(2021. 9. 29), 「기업에서 필요한 AI전문가」, 제2회 스마트디지털포럼, 한국공학한림원.
- 현대자동차(2019), 『현대자동차 2025 전략』, 미간행.
- 현대자동차(2020), 『현대자동차 2025 전략』 update, 미간행.
- 환경부(2015), 『친환경 자동차』, 무공해차 통합누리집.

## [신문 기사]

- 박태주(2015), 「현대자동차에는 한국의 노사관계가 있다」, 매일노동뉴스.  
 동아일보(2019. 7. 9), 「[단독] 현대차 “차량 개발도 ‘애자일’하게” … 남양  
 연구소 PM중심 재편」.  
 경향신문(2019. 4. 18), 「현대차 그룹, 연구개발 조직 일본식 버리고  
 BMW 방식으로 재편」.  
 특허뉴스(2019. 5. 13), 「특허로 본 유망 미래기술 : 스마트 카」.

## [해외 문헌]

- Allen, A. J.(2016), “Hybrid vehicle engineering : A vehicle to hybridise  
 engineers”, 6th Hybrid and Electric Vehicles Conference  
 (HEVC 2016).
- Grupp and Schnoch(1992), “Perception of scientification of innovation  
 as measured by referencing between patents and papers:  
 Dynamics in scienced-based field of technology”, Grupp(ed.),  
*Dynamics of Science-based Innovation*, Springer-Verlag, Berlin,  
 Chapter 4., pp.73~129.
- Hamilton, J.(2011), *Careers in Electric vehicle*, BLS
- Julian E. Orr(1996), *Talking about the Machine*, Cornell University  
 Press.
- Olsen, D.(2009), “Connecting Different Disciplines to Develop New  
 Technology : making nanomaterials to combat bird-flu”,  
<https://warwick.ac.uk/fac/soc/wbs/conf/olkc/archive/olkc4/papers/1bdorothyolsen.pdf>.
- Pavitt(1984), “Sectoral patterns of technical change : Towards a  
 taxonomy and a theory”, *Research Policy*, 13(6), December  
 1984, pp.343~373.

Teece D., M. Peteraf and S. Leih(2016), “Dynamic Capabilities and Organizational Agility : Risk, Uncertainty, and Strategy in the Innovation Economy”, *California Management Review*; 58(4), pp.13~35.

Thomas P. Hughes(1983), *Networks of Power*, Johns Hopkins University Press.

◆ 執筆陣

- 이상준(한국노동연구원 부연구위원)
- 정승일(새로운사회를여는연구원 이사)
- 양승훈(경남대학교 교수)
- 엄미정(과학기술정책연구원 연구위원)

제조업 엔지니어 연구 : 과학기반 기술혁신과 산업 전환

- |         |  |
|---------|--|
| ▪ 발행연월일 | 2021년 12월 24일 인쇄<br>2021년 12월 30일 발행   |
| ▪ 발행인   | 황 덕 순  |
| ▪ 발행처   | <b>한국노동연구원</b><br>30147 세종특별자치시 시청대로 370<br>세종국책연구단지 경제정책동<br>☎ 대표 (044) 287-6080 Fax (044) 287-6089 |
| ▪ 조판·인쇄 | (주)삼일기획 ☎ (044) 866-3011   |
| ▪ 등록일자  | 1988년 9월 13일   |
| ▪ 등록번호  | 제2015-000013호  |

© 한국노동연구원 2021      정가 5,000원

ISBN 979-11-260-0541-3