



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



공학석사학위논문

텍스트 마이닝 기법을 활용한 전자산업의  
재해 특성 분석 : 전자 산업생태계 사업장을  
중심으로

Analysis of disaster characteristics in the electronics industry using  
text mining techniques: focusing on the electronics industrial ecosystem

울 산 대 학 교 대 학 원  
안전보건전문학과  
문 진 혁

문진혁의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원장	박	창	권	
심사위원	정	기	효	
심사위원	이	수	동	이수동

2020년 12월

울산대학교 대학원

텍스트 마이닝 기법을 활용한 전자산업의  
재해 특성 분석 : 전자 산업생태계 사업장을  
중심으로

지도교수 정기효

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2020년 12월

울산대학교 대학원  
안전보건전문학과  
문진혁

## 국문 요약

### 텍스트 마이닝 기법을 활용한 전자산업의 재해특성 분석 : 전자 산업생태계 사업장을 중심으로

울산대학교 대학원

안전보건전문학과

문진혁

정보통신기술(ICT, Information communication technology)의 발전 등 4차 산업혁명을 이끌어가는 핵심산업인 전자산업은 일반적으로 반도체, 디스플레이 등의 제조업을 말하며, 다양한 기술과 산업이 복합적으로 얽혀있으며 2018년 우리나라 전체 수출액의 33.2%를 차지하는 고부가가치 산업이다. 하지만, 2007년 종사자의 백혈병 발병 사망, 2012년 구미 불산 누출, 2015년 및 2018년 유지보수 중 질식 사망 등 산업재해가 지속적으로 발생하는 등 안전보건 관리방안 필요성이 대두되어 본 연구에서는 안전보건 관리방안 마련의 기초자료로 산업생태계 개념을 도입하여 전자산업을 분류하고 핵심 위험요인 도출을 위해 산업재해 발생현황 분석을 실시하였다.

정부부처 등 유관기관 보고서, 국내외 논문, 학회 발표집 등 문헌조사를 통해 산업안전보건 분야의 전자산업 산업생태계를 분류하였고 안전보건공단 산업재해 DB를 통해 산업재해 현황분석을 실시하였다. 또한 심층 분석을 위해 R 패키지를 활용하여 워드클라우드, 토픽 모델링 등 텍스트 마이닝 분석기법을 통해 중대재해조사 보고서를 분석하였다.

연구결과 반도체 제조업 등 주요 전자산업과 원료·부품의 제조·납품 사업장 등 기타 전자산업 등 63,339개소를 전자산업 산업생태계 사업장으로 분류하였고, 최근 10년('10~'19년)간 산업재해 발생현황 분석을 통해 질병사망자가 50~70%를 차지하고 주요 전자산업의 직업성 암이 최근 3년간 급격하게 증가한 것을 확인하였다. 텍스트 마이닝 기법을 통해 중대재해조사 보고서 141건에서 자주 반복되어 사용되는 단어들을 워드클라우드로 나타내어 화학물질 취급으로 인한 재해발생 위험과 관련된 결과를 발견하였고 8개의 주제로 토픽 모델링 분석을 실시하여 설비의 취급 및 유지보수 시 재해발생 위험 등 위험요인 분석결과를 도출하였다.

본 연구는 산업생태계 분류 시 업종만 활용하였고, 관련 중대재해조사 보고서가 없어 질병에 대한 심층 분석을 실시하지 못한 한계점이 존재하며, 향후 직종, 생산품 등 세부 데이터를 기반으로 한 전자산업 산업생태계의 구체적인 분류, 직업성 암 발생 등 질병재해에 대한 원인 분석 및 세척, 유지보수 등 협력사에서 수행하는 고위험 작업 등에 대한 심층적인 후속연구가 필요하다는 시사점을 도출하였다.

# 목 차

<b>1. 서론</b> .....	1
1.1 연구 배경 및 필요성 .....	1
1.2 연구 목적 .....	4
1.3 연구의 의의 .....	4
1.4 논문의 구성 .....	5
<b>2. 문헌조사</b> .....	6
2.1 국내 산업재해 현황 .....	6
가. 산업재해 .....	6
나. 중대재해 .....	7
다. 발생현황 .....	7
2.2 전자산업 산업생태계 .....	8
가. 전자산업의 정의와 개념 .....	9
나. 산업생태계(Industrial ecosystem)의 정의와 개념 .....	12
다. 산업안전보건 분야에서의 전자산업 산업생태계 .....	15
2.3 분석 기법 .....	16
가. 텍스트 마이닝(Text Mining) .....	16
나. 워드클라우드(Wordcloud) .....	17
다. 토픽 모델링(Topic Modeling) .....	17
<b>3. 전자산업 산업생태계 재해현황 분석</b> .....	19
3.1 방법 .....	19
3.2 결과 .....	19
<b>4. 텍스트 마이닝을 통한 중대재해 분석</b> .....	24
4.1 방법 .....	24
4.2 결과 .....	25

5. 결 론 .....	34
5.1 연구결과 요약 .....	34
5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향 .....	36
참고문헌 .....	38
Abstract .....	40

## 표 목 차

<표 2-1> 산업재해 특성 분석항목 .....	6
<표 2-2> 2019년 산업재해 발생현황 .....	8
<표 2-3> 2018년 전국사업체조사 .....	10
<표 2-4> 반도체, 디스플레이, 이차전지산업 전략 .....	10
<표 2-5> 산업생태계 분석과 기존 분석방법의 비교 .....	15
<표 3-1> 전자산업 산업생태계 사업장 63,339개소에 대한 최근 10년간 재해현황 ..	19
<표 3-2> 전체 산업 사업장 2,680,874개소에 대한 최근 10년간 재해현황 .....	20
<표 3-3> 제조업 사업장 386,119개소에 대한 최근 10년간 재해현황 .....	20
<표 3-4> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 재해현황 .....	22
<표 3-5> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 직업성 암 발생현황 .....	23
<표 4-1> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 연도·공정별 현황 .....	24
<표 4-2> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 연도·발생형태별 현황 .....	25
<표 4-3> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 주요 단어 및 빈도수 .....	26
<표 4-4> 중대재해조사 보고서(건설 분야) 32건에 대한 주요 단어 및 빈도수 .....	27
<표 4-5> 중대재해조사 보고서(건설 외) 109건에 대한 주요 단어 및 빈도수 .....	29
<표 4-6> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 단어(빈도수 높은 순) .....	30
<표 4-7> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 외 단어(건설, 빈도수 높은 순) .....	31
<표 4-8> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 외 단어(건설 외, 빈도수 높은 순) .....	31
<표 4-9> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 토픽 모델링 분석결과 주요 단어 ..	33



## 그림 목 차

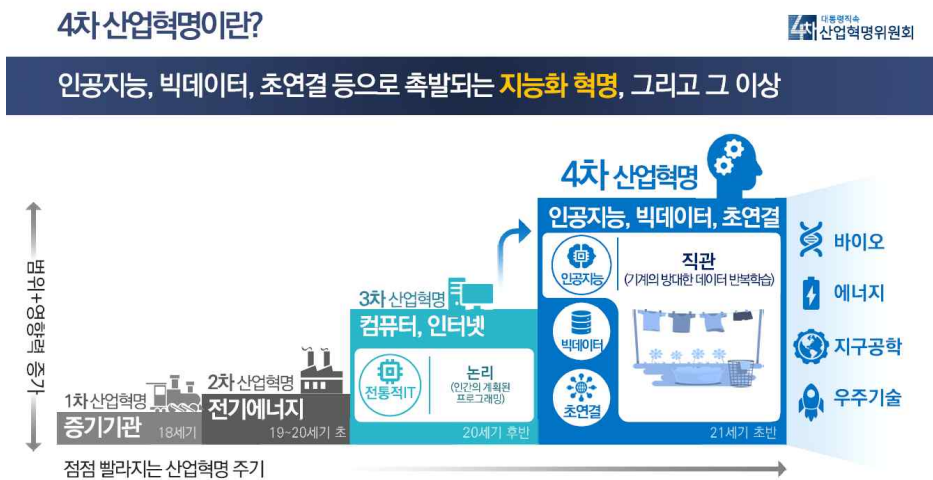
<그림 1-1> 4차 산업혁명의 개념 .....	1
<그림 2-1> 산업생태계의 분석프레임과 주요 구성요인 .....	13
<그림 2-2> 산업생태계의 혁신궤도와 이중고리 .....	14
<그림 3-1> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 직업성 암 발생현황 .....	23
<그림 4-1> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 워드클라우드 .....	26
<그림 4-2> 중대재해조사 보고서(건설 분야) 32건에 대한 워드클라우드 .....	28
<그림 4-3> 중대재해조사 보고서(건설 외) 109건에 대한 워드클라우드 .....	29

# 1. 서론

## 1.1 연구 배경 및 필요성

### 가. 연구 배경

4차 산업혁명은 인공지능에 의해 자동화와 연결성이 극대화되는 단계를 나타내는 용어로 2016년 다보스 포럼의 의제인 “4차 산업혁명의 이해(Mastering the Fourth Industrial Revolution)”에서 처음 사용되었다. 다보스 포럼은 클라우스 슈밥(Klaus Schwab) 회장이 정치·경제·사회적 문제의 해결을 위해 1971년부터 스위스 다보스에서 매년 개최하는 국제포럼으로 각국의 정치·경제 지도자들 및 유력인사들의 의견 공유의 장으로 활용되고 있다.(김진하, 2016, 수정인용) 이 국제포럼에서 전문가들은 기계의 발명으로 인한 자동화로 촉발된 1차 산업혁명, 대량생산으로 발전된 2차 산업혁명, 전자기기 및 인터넷의 발명으로 세계를 연결한 3차 산업혁명 등과 같이 4차 산업혁명으로 인해 경제·사회적으로 큰 변화를 가져올 것으로 전망하고 있다. 우리나라에서도 4차 산업혁명으로 인한 변화에 정부차원에서 대응하기 위해 “4차 산업혁명위원회의 설치 및 운영에 관한 규정”에 따라 2017년 10월 4차 산업혁명위원회를 설립하였다. 위원회는 4차 산업혁명에 대한 종합적인 국가전략, 4차 산업혁명 관련 각 부처별 실행계획과 주요 정책, 4차 산업혁명의 근간이 되는 과학기술 발전 지원, 인공지능·ICT 등 핵심기술 확보 및 기술 혁신형 연구개발 성과창출 강화에 관한 사항, 전 산업의 지능화 추진을 통한 신산업·신서비스 육성에 관한 사항 등을 심의·조정하는 대통령 직속 조직으로 4차 산업혁명에 대한 개념을 <그림 1-1>과 같이 제시하고 있다.(대통령직속 4차 산업혁명위원회, 2018)



<그림 1-1> 4차 산업혁명의 개념, 대통령직속 4차 산업혁명위원회

4차 산업혁명 기술은 ICT(Information Communication Technology), 인공지능(Artificial Intelligence), 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 등이 대표적이라 할 수 있으며, 적용 사례로는 구글의 딥마인드가 개발한 인공지능 바둑 프로그램인 알파고, 자율주행 기술이 적용된 무인자동차, 드론 등이 있다. 그동안 상상해오던 이론들을 반도체 등 하드웨어의 급격한 발전에 따라 실현하고 있는 것이다. 즉, 반도체 제조업 등 전자산업의 발전이 인간의 다양한 상상과 각종 연구와 맞물려 4차 산업혁명이 폭발적으로 일어나도록 만든 도화선이 되었다. 전 세계적으로도 관련 기술뿐만 아니라 하드웨어 기반의 전자산업 자체에도 큰 관심을 가지고 있으며, 미래를 이끌어 가는 국제적 경쟁력을 가지는 핵심기술이라 할 수 있다.

우리나라는 전자산업이 국내 산업여건에 적합한 성장산업으로 크게 부각되며, 1969년에 전자공업진흥법을 제정·공포하고 한국과학기술연구소 등을 진흥기관으로 지정하며 국가 정책적으로 전자산업을 육성하였다. 이를 기반으로 지속적인 발전을 하였고, 미국의 IT분야 리서치 기업인 가트너에서 발표한 2017년 전 세계 상위 10개 반도체 공급업체 매출 순위에 따르면 우리나라는 삼성전자와 SK하이닉스가 전 세계 반도체 공급업체 매출 1, 3위를 달성하는 등 국제적인 선도 기업을 배출하였고, (산업연구원, 2017, 수정인용) 산업통상자원부 보도자료에 따르면 2018년 반도체, 디스플레이, 휴대폰 등 전자산업 품목이 우리나라 전체 수출액의 33.2%를 차지하는 등 국가 핵심 산업으로 경제발전의 중추역할을 하고 있다.

하지만 전자산업의 급격한 발전 이면에는 2005년 노말렉산 중독으로 인한 작업근로자 다발성 신경장애, 2007년 반도체 제조라인 종사 근로자 백혈병 발병으로 인한 사망, 2015년 메탄올 중독으로 인한 근로자 실명, 2015년, 2018년 등 지속적으로 발생하는 유지보수 작업 중 질식으로 인한 근로자 사망 등 다양하고 심각한 안전보건 문제들이 있었다. 하지만 국가 핵심 산업이라는 위상과 경제발전 우선 정책 등 우리가 전부 알지 못하는 다양한 이유로 산업재해 예방을 위한 적극적인 대응을 하지 못했고, 산업재해에 대한 사회적 관심도 사고가 난 그 당시 잠깐 뿐이었다.

현재는 시민사회의 지속적인 발전으로 인해 현재 산업재해는 개인적 뿐만 아니라 국가적으로 대응해야 한다는 문화가 정착되고 있고 정부와 기업에서도 산업재해 예방의 중요성을 강조하는 등 국가적으로 중요한 이슈가 되었다. 특히, 반도체 노동자의 건강과 인권지킴이(반올림)라는 시민단체가 삼성전자와 10년간의 다툼 끝에 2018년 11월 중재안에 합의하게 되면서 산업재해 피해자들에 대한 보상이 이루어지는 등 전자산업의 산업안전보건 관리에 대한 국민적 관심도가 높아지고 있는 상황이다.

## 나. 연구 필요성

산업재해는 발생하면 근로자 개인의 생명뿐만 아니라 그 가족들의 생계마저 위협하기 때문에 사후 대책도 중요하지만 사전에 예방하는 것이 매우 중요하다. 고용노동부가 2019년 발행한 산업재해 현황분석에 따르면 2018년 산업재해로 인한 경제적 손실추정액은 25조원에 달하는 등 산업재해로 인해 엄청난 금액이 손실되었음을 알 수 있다. 정부에서는 2018년 대통령 신년사를 통해 국민 안전을 정부의 핵심 국정 목표로 삼아 체계적으로 관리하여, 2022년까지 산업안전 분야의 사망사고 절반 줄이기를 목표로 국민생명 지키기를 집중 추진하는 등 정책적으로 추진하고 있으며, 최근 기업에서도 산업재해 예방을 위한 인프라 구축을 지원하는 등 산업재해로 인한 손실액을 줄임으로써 궁극적으로 기업의 매출 증대와 대외 이미지 향상을 꾀하고 있다.

이러한 사회적 환경에서 2012년 구미의 화학물질 제조·도매업체에서 전자산업으로 주로 납품하는 원료인 불산 8톤이 누출되어 5명이 사망하고 18명이 부상당하는 등 인명피해뿐만 아니라 농작물 고사, 가축피해, 차량 및 건물부식 등 주민과 생활에 피해를 주는 사고가 발생하였다. 2013년에는 경기도 화성의 반도체 제조업 공장의 생산라인에서 불산이 누출되는 사고가 또 발생하였다. 해당 사업장은 전자산업 분야(반도체 제조)에서도 세계적인 기업이었으나 불산이 액체 상태로 누출되고 있는 것을 발견하고도 소방당국 등에 신고하지 않았으며, 직원들에게도 대피는커녕 해당 사실을 알리지도 않는 등 전자산업 사업장의 자체적인 산업안전보건 관리체계의 미비를 여실히 보여주었다. 이렇듯 전자산업에서는 산업안전보건과 관련하여 사회적 이슈가 되는 사건들이 지속적으로 발생하고 있으나 반도체·디스플레이 산업 등 전자산업은 우리나라, 대만 등 일부 국가를 중심으로 분포되어 있는 등 산업 특성상 국제적으로도 관련 연구가 많지 않아 산업안전보건 관리를 위해 전자산업에 대한 연구가 필요하다.

특히 전자산업은 하나의 생산품에 수많은 기술이 적용되고 다양한 부품들이 들어가는 등 다양하고 복잡한 원·하청 관계를 가진다. 2016년 근로자에게 취급 물질에 대한 정보제공을 하지 않고 적절한 보호구를 지급하지 않아 발생한 메탄올 실명 사고를 일으킨 사업장 또한 휴대폰 부품을 만들어 납품하는 회사로 산업안전보건 관리의 미비로 인한 위험은 반도체·디스플레이 제조업 등 원청 회사에만 해당되는 것이 아니라 원료나 부품을 제조·납품하거나, 설비·장비의 유지보수를 수행하는 등 협력사에도 그 위험이 해당된다. 특히 대형 원청 회사의 경우에는 최근 사회적 분위기와 기업 이미지 향상 등을 고려하여 산업안전보건 분야에 많은 투자를 통해 관리하고 있으나 협력사의 경우에는 그러지 못해 재해가 발생하는 경우가 많다. 따라서 산업안전보건 관리 향상을 위해서는 산업생태계의 개념을 적용한 연구가 필요하다.

## 1.2 연구 목적

본 연구는 전자산업에서 발생하는 산업재해를 예방하고, 근로자들의 생명과 건강을 지키기 위한 맞춤형 안전보건 관리방안 개발 등 산업안전보건 인프라 구축에 기여하기 위한 기초자료로 전자산업을 산업생태계 이론을 접목하여 산업안전보건 분야에서의 관리방안 마련을 위해 산업을 효과적으로 정의 및 분류하고 재해현황을 분석하였다. 이러한 연구를 통해 핵심 위험요인을 도출하여 전자산업의 안전보건 분야 발전을 비롯한 관련 인프라 구축을 도모하여 종사하는 근로자들의 생명을 보호함으로써 산업안전보건 분야의 발전에 기여하고 국가 핵심 산업으로의 위상을 더욱더 굳건하게 하고자 한다.

## 1.3 연구의 의의

전자산업은 사전적 의미로는 전자의 운동 특성을 응용한 기계나 기구 또는 그 부품이나 재료를 제조하는 산업을 통칭한다. 일반적으로 반도체, 디스플레이, 휴대폰, 가전제품을 포함한 전자제품 등을 제조하는 산업을 말하며, 넓은 의미로 보면 전자제품을 제조하는 산업 외에도 전자제품을 판매하거나 유통, 설치 등 관련 서비스를 제공하는 산업 또한 전자산업의 큰 범주에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 특히 전자산업은 다른 일반적인 산업들과는 달리 항상 명확하고 일관되게 정의되지 않는 특징이 있고, 다양한 산업이 복합적으로 구성하고 있으며 최근 4차 산업혁명 등으로 인해 다른 산업에도 영향을 미치는 중요한 산업이다. 그리고 반도체 산업, 디스플레이 산업 등 구성의 일부분만으로도 산업을 이루는 집단을 모아 전자산업이라는 광범위한 용어로 나타내고 있다.

이로 인해 전자산업에 관한 연구 또는 조사의 목적 등에 따라 그 정의와 해당하는 범위에 차이가 있다. 산업통상자원부 등 정부기관이나 한국전자정보통신산업진흥회 등 전자산업과 관련된 유관기관에서 전자산업의 발전을 위해 추진하는 실태조사 등에서도 각 기관의 업무와 연구 또는 조사의 목적에 따라 전자산업의 범위를 새롭게 정의·분류하여 활용하고 있다. 따라서 안전보건 증진을 위한 본 연구에서도 그 목적에 맞게 전자산업에 대한 새로운 정의·분류가 필요하다. 이에 따라 본 연구에서는 국가핵심 산업인 전자산업을 산업안전보건 분야에 활용하기 위해 산업생태계 개념을 적용하여 정의·분류하고, 반도체 제조업, 디스플레이 제조업 등 전자산업의 대표적인 사업장뿐만 아니라, 관련 협력사 등 산업생태계에 해당하는 사업장을 대상으로 산업안전보건 핵심 위험요인을 도출하고자 한 것에 의의를 둘 수 있다.

## 1.4 논문의 구성

본 연구의 구성은 총 6장으로 구성된다. 제1장은 4차 산업혁명 시대 기술 발전의 핵심 산업인 전자산업 산업안전보건에 대한 연구의 배경 및 필요성, 목적에 대한 서론으로 구성하였고, 제2장은 전자산업과 산업생태계에 대한 문헌조사를 통해 산업안전보건 분야에서의 전자산업 산업생태계를 정의·분류하고 분석기법에 대한 문헌조사로 구성하였다. 제3장은 최근 10년간('10년~'19년) 전자산업 산업생태계에서 발생한 산업재해 현황을 분석하기 위한 방법과 결과로 구성하였으며, 제4장은 최근 10년('10년~'19년)간 전자산업 산업생태계에서 발생한 중대재해조사 보고서에 대한 분석 방법과 결과로 구성하였다. 마지막으로 제5장은 연구결과에 대한 결론으로 구성하였다.

## 2. 문헌 조사

### 2.1 국내 산업재해 현황

#### 가. 산업재해

“산업재해”는 산업안전보건법 제2조(정의) 제1호에서 노무를 제공하는 자가 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것이라 정의하고 있으며, 한국산업안전보건공단의 KOSHA GUIDE G-83-2016, 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」에 따라 크게 업무상사고 재해자와 업무상질병 재해자로 분류하고 있다. 업무상사고 재해자는 산업재해가 우발적으로 발생한 경우가 해당하며, 예를 들어 떨어짐·넘어짐 등의 사고 또는 평상시 수행하던 작업과 다른 일시적인 중량물 취급 등의 작업, 일시적인 신체반작용 등의 동작·행위로 급격하게 발병하거나 설비사고로 누출되어 감염, 일시적 작업수행 오류로 급성중독·손상을 입은 경우 등이 해당한다. 업무상질병 재해자는 일정한 시간이 경과하여 발생하는 경우가 해당하며, 예를 들어 평상시 수행하던 작업과 동일한 작업의 반복·누적, 세균, 바이러스가 함유된 물체 등의 취급과정에서 감염, 잠복기를 거쳐 발병되거나 정상적인 작업 중 화학적·물리적 인자에 장시간 노출되어 만성중독·손상을 입은 경우 등이 해당한다. 이러한 사고, 질병 등의 산업재해를 예방하기 위해서는 발생하는 원인에 대한 정확한 분석이 필요하다. 분석의 기초자료로는 <표 2-1>과 같은 산업재해의 특성에 대해 기록되어 있는 자료의 활용이 필요하다.

<표 2-1> 산업재해 특성 분석항목

특성	분석항목
사업장	사업자등록번호, 산재관리번호, 사업장명, 소재지, 산업(업종), 규모(근로자수), 행정구역, 사업장형태, 공사종류, 공사금액, 공사기간, 공정율
재해자	국적, 성별, 연령, 직업, 고용형태, 근무형태, 동종업무 근속기간(입사근속기간)
재해발생	재해발생일시 및 시점, 재해종류, 피해현황(인적, 물적, 조업정지), 안전방호조치, 안전방호조치여부, 개인보호조치, 개인보호조치여부, 작업형태, 발생형태, 기인물(기해물), 작업지역공정 및 내용(평소수행 재해당시수행 재해유발), 불안정한 상태 및 행동, 추락장소, 추락높이, 감전전압, 점화원, 상병종류, 상병부위, 근로손실일

## 나. 중대재해

“중대재해”는 산업안전보건법 제2조(정의) 제2호에서 산업재해 중 사망 등 재해 정도가 심하거나 다수의 재해자가 발생한 경우로서 고용노동부령으로 정하는 재해라고 정의하고 있다. 이 중 고용노동부령은 동법 시행규칙 제3조(중대재해의 범위)에서 ① 사망자가 1명 이상 발생한 재해, ② 3개월 이상의 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 재해, ③ 부상자 또는 직업성 질병자가 동시에 10명 이상 발생한 재해로 정하고 있다. 이러한 중대재해는 한국산업안전보건공단의 「재해 등의 기술적 원인조사 업무처리지침」에 따라 위험물질의 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업자 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 산업안전보건법 제44조에 따른 중대산업사고, 언론보도 등으로 대중에게 관심이 크게 확산되어 사회적 물의를 야기한 사고, 동일한 사업장에서 동시에 2명 이상 사망하거나 3명 이상 사상(사망 반드시 포함)하는 중요사고, 동일한 사업장에서 동시에 3명 이상 사망하거나 5명 이상 사상(사망 반드시 포함)하는 중대사고 등으로 구분할 수 있다.

중대재해가 발생했을 때 한국산업안전보건공단에서는 동 지침에 따라 기계·기구 등에 의한 끼임, 전기에 의한 감전, 화재, 폭발·파열, 건설현장의 본 구조물, 가설구조물 또는 지반의 무너짐, 유해물질의 취급 또는 밀폐공간 작업에 의한 중독, 산소결핍·질식, 중대산업사고, 그 밖에 고용노동부장관 또는 지방고용노동관서의 장이 조사를 요청한 재해에 대해 조사반을 편성·운영하여 재해발생 경위, 발생원인 및 예방대책 등을 조사하여 유사한 공정을 보유한 사업장에 알려주는 등 재해예방 조치를 수행하고 있다.

## 다. 발생현황

고용노동부의 2019년 산업재해 발생현황 자료에 따르면 2019년 우리나라의 전체 산업재해자수는 109,242명으로 전년 동기 대비 6,937명(6.8%) 증가하였으며, 업무상 사고 재해자는 94,047명으로 전년 동기 대비 3,215명(3.5%) 증가하였고, 업무상질병 재해자는 15,195명으로 전년 동기 대비 3,722명(32.4%) 증가하였으나, 산업재해로 인한 사망자는 전체 2,020명으로 전년 동기 대비 122명(5.7%) 감소하였고, 업무상사고 사망자수는 855명으로 전년 동기 대비 116명(11.9%), 업무상질병사망자수는 1,165명으로 전년 동기 대비 6명(0.5%) 감소하였다.(고용노동부, 2020) <표 2-2>



<표 2-2> 2019년 산업재해 발생현황, 고용노동부

특성	'19.12월	'18.12월	증감	증감률
사업장수	2,680,874	2,654,107	26,767	1.0
근로자수	18,725,160	19,073,438	△348,278	△1.8
<b>재해자수</b>	<b>109,242</b>	<b>102,305</b>	<b>6,937</b>	<b>6.8</b>
<b>사망자수</b>	<b>2,020</b>	<b>2,142</b>	<b>△122</b>	<b>△5.7</b>
사고재해자수	94,047	90,832	3,215	3.5
사고부상자수	92,932	89,588	3,344	3.7
업무상사고사망자수	855	971	△116	△11.9
그외사고사망자수	260	273	△13	△4.8
질병재해자수	15,195	11,473	3,722	32.4
질병이환자수	14,030	10,302	3,728	36.2
질병사망자수	1,165	1,171	△6	△0.5

※ 사망자수에는 사업장외교통사고(운수업, 음식숙박업은 포함), 체육행사, 폭력행위, 사고발생일로부터 1년경과 사고사망자 제외

주요 업종의 재해발생 현황을 보면 제조업에서는 재해자 1,897명, 사망자 20명이 증가하였다. 세부적으로는 사고부상자 730명, 질병이환자 1,140명, 질병사망자가 31명이 증가하였고, 업무상사고사망자가 11명 감소하였다. 발생형태별로는 작업관련질병(1,060명), 신체에 과도한 부담을 주는 작업(607명), 요통(400명), 부딪힘(285명) 등이 증가하였고, 끼임(120명), 이상온도접촉(29명), 소음성난청(23명) 등이 전년 동기 대비 감소하였다. 건설업에서는 재해자 475명, 사망자 53명이 감소하였다. 세부적으로는 질병이환자 709명, 질병사망자 4명이 증가하였고, 사고부상자 1,116명, 업무상 사고사망자 57명이 감소하였다. 발생형태별로는 작업관련질병(574명), 직업병(87명), 신체에과도한부담을주는작업(435명), 요통(119명) 등이 증가하였고, 떨어짐(626명), 물체에맞음(222명) 등이 전년 동기대비 감소하였다.(고용노동부, 2020)

## 2.2 전자산업 산업생태계

전자산업 산업생태계란 전자산업을 산업생태계의 개념에 접목하여, 해당하는 사업장을 중심으로 그 사업장과 연결되어 있는 모든 사업장을 통칭하는 용어라 할 수 있다. 즉, A라는 전자산업 사업장에 재료를 납품하는 B라는 사업장이 있다면, B는 전자산업 산업생태계에 해당한다고 볼 수 있다.

산업재해는 단순히 그 사업장에 소속되어있는 근로자뿐만 아니라 해당 사업장의

작업공정이나 그 산업에서 실시하는 작업 또는 그 사업장과 연관된 모든 유해·위험에 노출되는 사람을 파악하고 예방하는 것이 중요하다. 최근 사회적 문제로 거론되는 위험의 외주화를 막기 위해서도 산업재해예방을 위한 산업생태계 개념의 접목은 필요하고 중요하다. 특히, 대표적인 반도체 기업에 재료납품, 유지보수 등 직·간접적으로 연관되어 있는 협력업체가 수백·수천개소가 있을 정도로 전자산업은 복잡하고 다양한 기술이 복잡하게 얽혀있는 특성으로 인해 대부분 거대한 산업생태계를 형성하고 있다. 그리고 그에 따라 유해·위험 또한 다양한 분야에서 근로자에게 노출되고 있다.

## 가. 전자산업의 정의와 개념

1969년 제정·공포되어 현재의 산업발전법의 모태가 된 전자공업진흥법에서는 전자공업을 “전자관·반도체소자, 기타 이와 유사한 부품을 사용하여 전자의 운동과 특성을 응용하는 기계·기구를 제조하는 사업”으로 정의하였다.(한국학중앙연구원, 1995) 일반적으로 전자산업은 반도체, 디스플레이, 휴대폰, 가전제품 등을 생산하는 제조업을 통칭하는 용어이나, 그 범위가 점차 확장되어 최근 일부 기관의 보고서에서는 소프트웨어 개발 등 IT업계 종사자 등 전자부품을 주로 취급하는 업종도 전자산업에 해당하는 것으로 보고 있다.

한국민족문화대백과에 따르면 우리나라의 전자산업은 1882년 체신사업을 관장하는 우정사가 설립되면서 비롯되었다고 밝히고 있다. 이 후 꾸준한 발전을 거듭하다 1960년대 중반 이후 저렴한 노동력을 겨냥한 외국 기업의 국내진출이 활발히 진행되며, 전자산업의 발전 기반이 성숙해졌고, 1969년 전자공업진흥법을 제정·공포하고 한국과학기술연구소 등을 진흥기관으로 지정하며, 국가적으로 전자산업의 전략적으로 육성하였다. 이 후 1976년에는 수출액이 10억 달러를 넘어섰고, 1980년대 정부는 전자산업을 성장주도 산업으로 선정하여 구조고도화를 위한 여건조성을 위해 설비 및 연구개발투자를 촉진하고, 해외 전문 인력을 적극 유치함과 아울러 국내 기술인력 양성을 위한 전문교육기관 설립을 추진하는 등 적극적인 지원정책을 시행하였다. 그 결과 1994년 세계 최초로 256M Dram을 개발하는 등 국제적인 경쟁력을 가지게 되었다.(주대영, 2012, 수정인용)

전자산업은 연구개발비가 많이 소요되는 두뇌 집약적인 산업이며, 석유화학·정밀기계공업·우주·항공·통신·의료 등 파급효과가 매우 크다. 또한 기술의 발전이 급격히 빠르며, 기술과 노동이 복합적으로 집약되어 있는 고부가가치 산업이다. 그렇기 때문에 전자산업은 그 범위가 넓고 해당하는 업종이 명확하지 않다. 각종 기관의 보고서와 다수의 연구에서는 흔히 한국표준산업분류 기준 중 중분류 26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), 27(의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업),

28(전기장비 제조업)의 업종에 해당하는 사업장을 전자산업이라고 명명하고 있으며, 일부 자료에서는 세세분류로도 구분하고 있다. 통계청 국가통계포털에서 공개되어 있는 전국사업체조사의 시도·산업별 사업체수, 종사자수 및 매출액 결과에 의하면 2018년 전자산업은 사업장 50,149개소로 전체의 1.22%, 종사자수 792,800명으로 전체의 3.57%로 규모로는 매우 적지만 매출액은 483조로 전체의 8%를 차지할 정도로 고부가가치 산업이라 할 수 있다.<표 2-3>

<표 2-3> 2018년 전국사업체조사, 통계청

구분	사업체수(개)	종사자수(명)	매출액(백만원)
<b>전체</b>	<b>4,103,172</b> (100%)	<b>22,234,776</b> (100%)	<b>6,033,068,539</b> (100%)
<b>전자산업(26, 27, 28)</b>	<b>50,149</b> (1.22%)	<b>792,800</b> (3.57%)	<b>483,712,847</b> (8.02%)
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	13,791	402,294	335,898,292
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	13,315	128,078	40,726,371
전기장비 제조업	23,043	262,428	107,088,184

최근 IoT 등 미래 기술을 활용한 스마트 홈, IoT 가전 등이 일상생활에 접목되며, 전자산업에 대한 위상을 더욱더 높아지고 있는 실정이다. 특히, 반도체는 이러한 기술을 구현하는데 있어 핵심적인 재료이며, 전 세계적에서도 전자산업에 대한 관심도는 매우 높은 수준이다. 산업통상자원부에서는 2019 뿌리산업백서에서 <표 2-4>와 같이 전자산업을 자동차산업 등과 함께 수요산업으로 분류하여 산업현황 및 미래전망 등을 파악하고 있다. 해당 자료에 따르면 반도체, 디스플레이, 이차전자산업을 주요 전자산업에 해당하는 것으로 분류하고 있으며, 산업통상자원부 산하기관인 산업기술진흥원(KIAT)에 따르면 한국표준산업분류표에 따라 중분류 26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), 27(의료, 정밀, 광학기기, 및 시계 제조업), 28(전기장비 제조업)이 전자산업에 해당한다고 분류하고 있다.(산업통상자원부, 2019)

<표 2-4> 반도체, 디스플레이, 이차전자산업 전략, 산업통상자원부

구분	선제적 대규모 투자	기술 확보	기술보호·실증기반
반도체	대중소 상생 클러스트 (민간 120조원)	초저전력·AI 반도체	국가핵심기술 추가지정 해외 M&A 신고의무화
디스플레이	OLED 전환 투자 (민간 19조원)	Post-OLED	천안 Test Bed 구축
이차전지	차세대배터리 펀드 (1천억원)	3대 핵심기술 (전고체, Li-S, Li-금속)	이차전지 전문인력 (750명)

고용노동부의 산하기관인 한국고용정보원에서 발간한 2019년 한국직업전망에서는 전자공학기술자를 전자산업에 종사하는 직종으로 소개하고 있으며, 기술자는 방송 및 통신 시스템, 위성위치추적시스템(GPS)과 같은 전자 장비를 설계·개발하고, 전자 기기에 사용되는 최소 구성요소 제품에서부터 전자기기시스템과 같은 완제품을 생산하는 산업 분야에서 일하면서 전자소재 부품의 개발·생산 및 조립단계부터 최종 전자시스템의 연구·개발 및 생산·검사 등의 업무를 수행한다고 정의하고 있으며, 최근 가전제품을 비롯한 전자제품이 복합적인 기능을 가지고 점점 첨단화되고 있어 통신공학기술자, 전기공학기술자들과 함께 협력하여 일할 때가 많고, 넓은 의미에서는 통신공학기술자도 전자공학기술자에 포함된다고 설명하고 있다. 또한 한국고용정보원과 한국산업기술원이 공동으로 작성하여 발간한 2019 하반기 주요 업종 일자리 전망에 따르면 전자산업은 전자, 전기, 제어, 정보기술과 관련된 지식을 바탕으로 기획기술, 개발기술, 생산기술, 영업기술을 적용하여 휴대폰, 반도체, 디스플레이 패널, 컴퓨터, TV, 대형가전, 이차전지, 센서 등 고객과 시장의 요구에 맞는 제품 및 기술을 구현·보급하는 산업이라 정의하고 있다.(고용정보원, 2019)

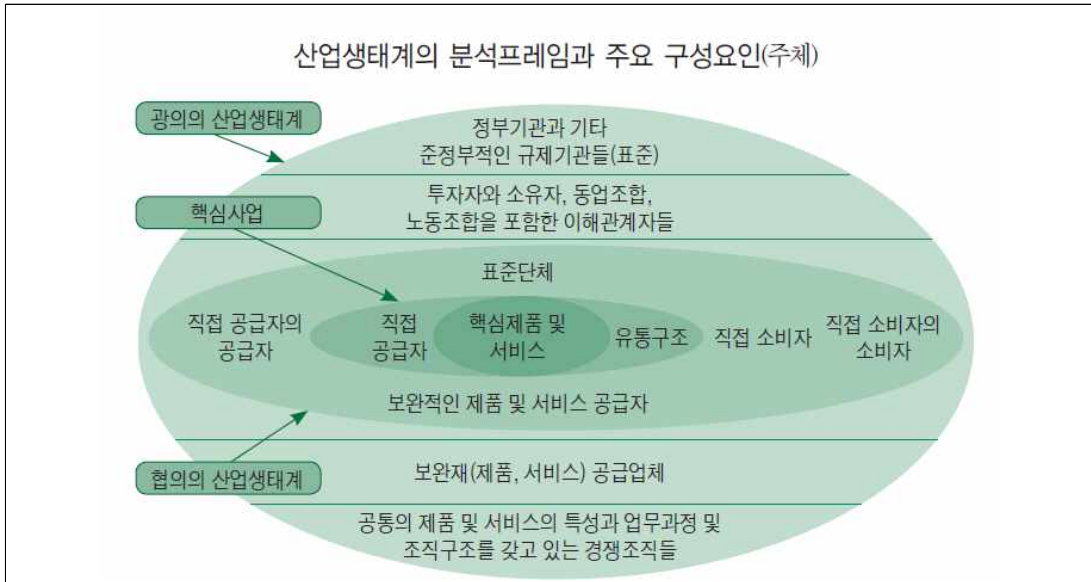
과학기술정보통신부에서는 매년 ICT 실태조사의 조사 대상에 전자산업을 포함하여 실시하고 있다. 이 조사는 한국표준산업분류 기준에 따라 반도체 부품업, 컴퓨터 기기업, 전기장비업 등이 포함된 정보통신방송기기업, 통신서비스업, 방송서비스업 등이 포함된 정보통신 방송서비스업, 소프트웨어 개발, 컴퓨터 프로그래밍 등이 포함된 소프트웨어 및 디지털콘텐츠 개발·제작업 등으로 구분하여 조사를 실시하고 있다.(과학기술정보통신부, 2018) 한국전자정보통신산업진흥회(KEA)가 대표기관으로 구성된 전자산업 인적자원개발위원회에서는 2018년 전자산업 인력현황분석 보고서를 발간하였다. 이 보고서에 따르면 전자산업을 사전적 정의로 “라디오, 텔레비전, 스테레오(음악 재생 장치), 컴퓨터, 반도체, 트랜지스터, 집적회로 등의 기기를 설계, 개발, 생산, 판매하는 산업”이라 정의하고, 전자의 운동을 정보로 이용하는 기술을 핵심으로 하는 산업으로 전자의 운동을 에너지로 이용하는 기술을 중심으로 성립된 전기산업과 구분하고 있다. 아울러 최근 융합(Convergence) 트렌드에 의하여 타 산업과의 경계가 허물어지면서 전자산업 개념에 포괄되었던 전통적 영역을 넘어 확장됨에 따라 그 개념 정의가 모호해졌다고 밝히며, 제품군 관점에서 반도체 등 전자 부품에서 가전기기, 통신기기, 의료기기, 로봇 등 전자응용기기에 이르기까지 광범위한 제품군이 해당되며, 인력 관점에서 전자공학 기술자, 연구원, 소프트웨어 개발자 등 연구개발직과 전자제품 조립원 등 기능직에 이르기까지 광범위한 직업군이 해당된다고 설명하고 있다. 또한 국내 전자산업은 전자부품, 전자제품, 서비스 영역으로 구성되어 타 산업과 밀접한 연계를 보이고 있으며, 기술, 자본, 노동이 복합적으로 집약된 산업으로 매출액 대비 R&D 비중이 높고 제조 공정에 노동력이 많이

투입되는 복합 집약적 산업, 대외 수출 비중이 높고 지속적인 무역 수지 흑자를 유지하는 수출지향 산업, 자원투입 대비 산출량이 높은 산업으로 기술 의존도가 높고 고부가가치 산업, 상위 10%에 해당하는 기업이 전체 매출의 90%를 차지하는 대기업 의존도가 높은 구조를 특징으로 가지고 있다고 밝혔다.(전자산업 인적자원개발위원회, 2018) 이에 따라 인적자원개발위원회에서는 한국표준산업분류표에 따라 26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), 27(의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업), 28(전기장비 제조업), 29(기타 기계 및 장비 제조업)의 일부가 전자산업에 해당된다고 판단하고 있으며, 이는 과학기술정보통신부에서 방송통신발전기본법에 따라 사용하는 ICT통합분류의 정보통신방송기기업과 거의 동일하다.

## 나. 산업생태계(Industrial ecosystem)의 정의와 개념

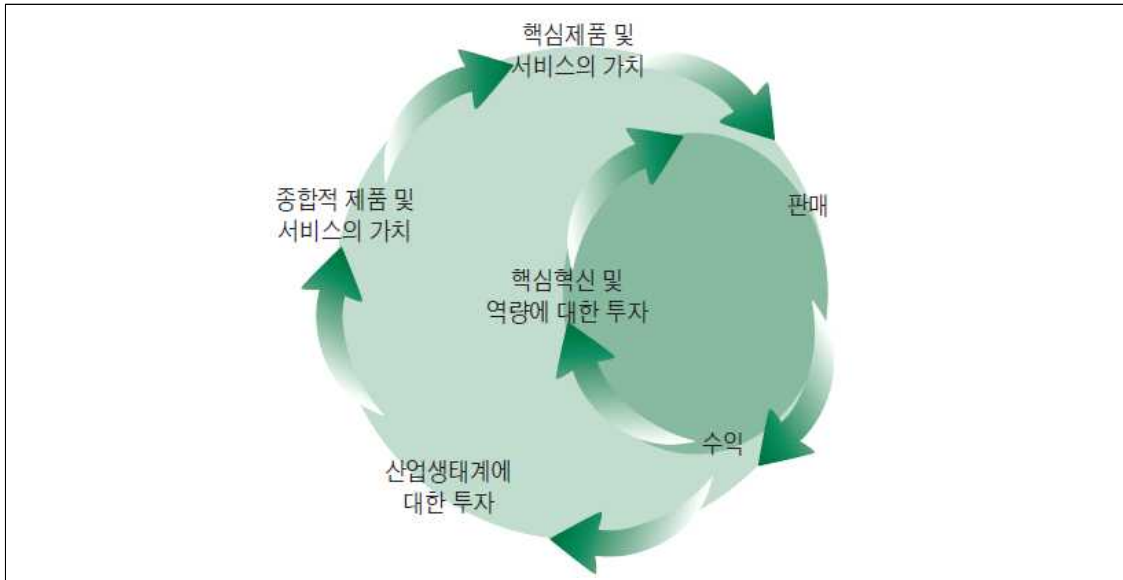
생태계(Ecosystem)란 1930년 로이 클라팸이라는 학자가 환경 전반의 유기체와 생물들의 연관성에 대해 연구하기 시작하며 처음 사용하였으며, 영국의 생태학자인 아서 탄스리가 로이 클라팸의 연구 결과를 정제·발표하며 현재의 생태계에 대한 개념이 정립되었다. 생태계란 살아있는 유기체 간의 상호작용이 이루어지는 체계이며 자연환경에 있는 모든 생물이 그물처럼 연계되어 있다는 개념이다. 즉, 같은 공간에 살면서 서로 의존하는 유기체 집단이 완전히 독립된 체계를 이루면 이를 “생태계”라고 할 수 있다.

산업생태계는 생태계의 개념을 산업에 접목시킨 것으로 1985년 산업의 가치 창출 구조와 경쟁전략 등을 다룬 마이클 포터의 가치사슬(Value chain) 이론에서 시작되었다. 이 후 산업생태계의 개념은 J. F. Moore의 비즈니스 생태계, Iansiti의 IT산업 생태계의 구조와 성과측정, Fransman의 ICT산업생태계의 생태계계층모형을 통해 분석되어 정립되었다.(박석지, 박덕규, 2016) 산업생태계는 “기업경영세계의 생물체인 상호작용하는 조직과 개인들을 토대로한 경제적 공동체”라고 정의하였다.(미래창조과학부, 2016, 수정인용) 즉 특정 산업의 제품 또는 서비스를 생산하는 기업들뿐만 아니라 소재 및 부품을 공급하는 공급자와 완제품을 제공받는 수요자, 경쟁자, 투자자, 관련 정부기관 등 산업 환경 내의 모든 이해관계자들이 생태계의 유기체들처럼 긴밀하게 연결되어 상호작용하는 시스템을 산업생태계라 정의하였다.(김영수, 박재곤, 정은미, 2012, 수정인용)<그림 2-1>



<그림 2-1> 산업생태계의 분석프레임과 주요 구성요인, 산업연구원

즉, 산업생태계는 특정 제품 및 서비스를 생산하는 주요 기업들이 중심이 되어 공급자와 수요자, 경쟁자 등의 업체들과 정부기관 등 관련 사업의 모든 이해관계자를 아우르는 개념이다.(Iansiti & Levien, 2004) 산업연구원에서는 산업생태계를 상호작용하는 조직과 기업을 토대로 한 경제적 공동체로 볼 수 있고 주요 주체는 공급자, 주요 생산자, 경쟁자, 투자자, 수요자로 구성되며, 관련 정부기관, 협회, 표준단체 등을 포함하여 충족되지 않은 고객의 욕구, 개발되거나 이용되지 않은 기술들, 잠재적인 규제 철폐, 뛰어난 투자자들, 기타 아직 개발되지 않은 다른 많은 자원들로 특징지을 수 있는 사업 가능성의 공간인 기회환경을 구성하게 된다고 설명하였다.(김영수, 박재곤, 정은미, 2012) Iansiti는 참여자들에게 지속적인 성장 기회를 제공하고, 소비자에게 제공하는 가치를 증가시키는 생태계를 건강한 생태계라고 정의하였고, 생산성(Productivity), 강건성(Robustness), 혁신성(Innovation), 신시장 창출 능력(Niche creation)의 지표들을 통해 산업생태계의 건강성과 경쟁력을 평가하였다.(Iansiti & Levien, 2004) Moore는 혁신적 산업생태계의 발전비전에 대해 참여자들이 서로의 핵심역량을 필요에 따라 탄력적으로 조합하여 스스로 새로운 질서와 패턴을 형성하여 적응방법을 지속적으로 모색하는 것이라 하였다.(Moore, 1996, 2006) 즉, 건강하고 혁신적인 생태계가 되기 위해서는 핵심 제품 및 서비스에 의한 수익이 생태계의 종합적 발전, 인프라 구축 등의 다양한 투자로 이어져 끊임없이 혁신 및 경쟁력을 강화하는 선순환 구조를 형성하여야 한다는 것이다.(김영수, 박재곤, 정은미, 2012)<그림 2-2>



<그림 2-2> 산업생태계의 혁신체도와 이중고리, 산업연구원 재작성

산업연구원에서는 산업생태계가 신기술 개발, 규제 철폐, 고객행동의 변화로 전통적인 산업 패러다임이나 산업계의 구분이 와해되고 기존의 경영 및 산업 모델이 붕괴된다는 관점에 기초하고 있으며, 새로운 성장 동력산업 분야를 찾아내려는 전략은 빠른 속도로 진화·발전하는 산업구조의 변화를 인식해야 한다고 시사하고 있다. 아울러 다양한 지역과 산업영역에 걸쳐 있는 참가자들의 공동체는 새로운 기술혁신을 위해 협동적이면서도 경쟁적으로 네트워크에 편입되어 공동의 가치를 창출하는데 주력하고 있다고 설명하고 있다. 또한 생태계 중심의 산업분석방법은 전통적인 산업분석 틀인 공급사슬(SCM), 수명주기(LCM) 등은 물론이고 기존에 논의되던 클러스터 및 가치 네트워크와도 주요 특성 면에서 차이를 보인다고 밝히고 있다. 예를 들어 기존의 기업 혹은 산업분석은 산업계 혹은 국가와 같은 사업의 범위, 경계를 주어진 것으로 받아들이지만 생태계는 사업간 경계가 주요 문제이긴 하지만 선택이 가능한 것으로 인식하면서 환경의 변화에 능동적인 입장을 취한다는 것이다. 그리고 생태계 내 참여자들 전체로 이루어진 공동체가 모두 주요 주체가 되며, 모든 경제주체를 포함하는 협력과 연계로 확장되며, 주도 기업 혹은 개별 주체가 아니라 산업생태계를 구성하는 네트워크 내부의 제휴세력 및 관계들의 운영 상태에 따라 성과를 평가하게 된다. 또한 산업 혹은 기업 차원에서의 분석에서 경쟁이 주로 제품 간 혹은 기업 간에 이루어지는 것으로 보면서 전체적인 산업발전은 결국 개별 기업의 성장을 주요 목표로 하는 반면, 산업생태계적 관점에서는 생태계 내 기업의 위치뿐만 아니라 생태계 전체의 발전을 주요 목표로 하고 있다는 점에서 차이를 가지고 있다고 설명하고 있다.(김영수, 박재곤, 정은미, 2012, 수정인용)<표 2-5>

<표 2-5> 산업생태계 분석과 기존 분석방법의 비교, 산업연구원

구분	생태계 관점	기존 기업 또는 산업 관점
환경 인식	사업 간 경계가 주요 문제이지만 어느 정도는 선택의 문제로 간주(환경에 능동적인 자세)	산업계 또는 국가와 같은 사업의 경계를 주어진 것으로 받아들임(환경에 수동적인 자세)
주요 주체	끊임없는 혁신을 이끄는 참여자들로 이루어진 공동체가 전략수립의 일차적 단위	산업 또는 기업이 전략수립의 일차적 단위
성과 평가 기준	기업이 자신의 산업생태계를 구성하고 있는 네트워크 내부의 제휴 세력 및 관계들을 어떻게 운영하는가로 결정	기업 내부적으로 얼마나 잘 운영되는가 그리고 평균적으로 그 산업계의 수익성이 얼마나 좋은가로 결정
목표	네트워크 내에서 자사 위치뿐만 아니라 경제적 네트워크 전체의 발전이 주요 관심사	전체적인 산업의 발전보다는 개별 기업의 성장이 주요 관심사
협력 체계	협력은 산업생태계에 참여하고자 하는 모든 경제주체를 포함	참여자들의 협력은 직접적인 공급자 (Supplier)와 고객으로 제한
경쟁 구조	특정 생태계 내부에서의 리더십과 중심을 차지하기 위한 경쟁뿐만 아니라 산업 생태계들 사이에도 경쟁이 이루어짐	경쟁은 주로 제품과 제품 또는 기업과 기업 간에 이루어짐

#### 다. 산업안전보건 분야에서의 전자산업 산업생태계

전자산업 산업생태계를 파악하거나 분석한 보고서나 관련 연구논문은 찾지 못하였다. 다만, 전자산업이 공공의 분류체계에 따른 별도의 업종으로 지정되어 있지 않기 때문에 앞서 나열한 각 기관의 전자산업에 대한 정의 및 분류체계를 산업생태계로 볼 수 있을 것이라 생각한다. 일례로 한국전자정보통신산업진흥회(KEA)에서도 반도체 및 디스플레이 장비 제조업을 전자산업에 포함시키는 등 작은 범위에서나마 산업생태계를 고려하고 있음을 알 수 있다. 따라서 산업생태계의 개념에 전자산업을 접목시킨다면 제품 및 서비스를 생산하는 주요 기업을 중심으로 제품과 서비스를 생산하기 위한 장비를 제작하는 기업, 제품 생산에 필요한 부품을 제작·납품하는 기업, 관련 산업의 진흥이나 규제를 돕는 정부기관, 제품 및 서비스의 표준·특허 등을 담당하는 기관 등이 산업생태계 구성원에 해당될 것이다. 현대사회에서 전자제품은 다양한 분야에 적용되어 실생활에 아주 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 아주 넓은 의미에서 산업생태계를 보면 제품을 운송·판매하는 근로자, 제품 및 서비스를 생산하는 기업에 청소 등 일반적인 관리 업무를 제공하는 근로자, 제품을 사용하거나 서비스를 이용하는 사람들 또한 전자산업 산업생태계에 해당한다고 생각한다. 이처럼 전자산업 산업생태계는 매우 넓은 의미에서 보면 모든 사람이 생태계에 포함될 것으로 생각되나, 본 연구에서는 산업안전보건 분야의 관점에서 산업재



해를 예방하기 위해 좁은 의미의 산업생태계로 접근하여 연구를 진행하였다.

앞선 전자산업에 대한 문헌조사 결과에 따르면 반도체, 디스플레이, 가전제품, 휴대폰 등의 제조업이 전자산업 산업생태계의 중심에 위치한 사업장이라고 할 수 있다. 따라서 산업안전보건 분야에서도 반도체, 디스플레이 제조업 등을 주요 전자산업으로 산업생태계의 중심에 위치하도록 하고, 그에 따라 생태계의 구성을 확장시켜 파악하였다. 이에 따라 본 연구에서는 산재보험에 가입되어 있는 사업장 통계인 한국산업안전보건공단의 산업재해 통계 데이터를 활용하여, 고용노동부고시 제 2019-73호 「사업종류별 산재보험료율」의 산재보험 사업종류예시표의 “224. 전기기계기구·정밀기구·전자제품 제조업”에 해당하는 사업장과 한국표준산업분류 상 중분류 “26. 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업”, “27. 의료, 정밀, 광학기 및 시계 제조업”, “28. 전기장비 제조업”과 “29. 기타 기계 및 장비 제조업” 중 일부(29171. 산업용 내장 및 냉동장비 제조업, 29172. 공기 조화장치 제조업, 29180. 사무용 기계 및 장비 제조업, 29222. 디지털 적층 성형기계 제조업, 29271. 반도체 제조용 기계 제조업, 29272. 디스플레이 제조용 기계 제조업)에 해당하는 사업장 리스트를 각각 추출한 후 매칭작업을 통해 중복된 데이터를 제거하고 전자산업 산업생태계에 해당할 것으로 추정되는 사업장 63,339개소의 데이터를 확보하였다. 전자산업 산업생태계의 중심에 위치할 사업장 파악을 위해 반도체, 디스플레이 제조 사업장 등 주요 전자산업 사업장을 업종을 기반으로 분류하였다. 고용노동부고시에 따른 “224. 전기기계기구·정밀기구·전자제품 제조업” 중 “전자관 또는 반도체소자 제조업”과 한국표준산업분류의 “26111. 메모리용 전자집적회로 제조업”, “26112. 비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업”, “26121. 발광 다이오드 제조업”, “26129. 기타 반도체 소자 제조업”, “26211. 액정 표시장치 제조업”, “26212. 유기 발광 표시장치 제조업”, “26219. 기타 표시장치 제조업”에 해당하는 사업장을 매칭하여 추출한 사업장 10,556개소(근로자 수 612,539명)를 전자산업 산업생태계의 중심부에 위치할 “주요 전자산업”으로 분류하고, 그 외 사업장 52,783개소(근로자 수 623,771명)를 산업생태계 중심 근처에 위치할 “기타 전자산업”이라 명명하였다. 원료나 부품의 제조·납품 등 반도체 제조업, 디스플레이 제조업 등의 협력사 등이 포함되어 있는 기타 전자산업은 주요 전자산업에 비해 비교적 영세한 사업장으로 이루어져 있어 사업장 수는 5배가 더 많으나 전체 근로자 수는 비슷하게 나타났다.

## 2.3 분석 기법

### 가. 텍스트 마이닝(Text Mining)

텍스트 마이닝이란 자연어로 구성된 비정형 텍스트 데이터(Unstructured Text Data)에서 숨겨진 패턴 또는 관계를 추출하여 의미 있고 활용 가치가 높은 정보 또는 지식을 찾아내는 분석 기법으로 자연어처리(Natural Language Processing) 기술을 기반으로 하는 분석기법으로 용어는 광산에서 광석을 캐내는 것에 비유한 것으로 금광석에 극히 미량으로 포함된 금을 여러 단계를 거쳐 추출하듯이 수많은 비정형 텍스트 데이터에서 나에게 가치 있고 유용한 정보를 찾아내는 것을 말한다. 데이터 마이닝(Data Mining)이 수치/범주화된 정형 데이터를 대상으로 미래 상황과 결과를 예측하기 위해 데이터에서 패턴을 찾아내는 분석기법인 반면 텍스트 마이닝은 텍스트로 이루어진 비정형 데이터에서 의미를 정제·범주화하여 의미 있는 지식을 찾아내는 분석기법으로 기존 정보 검색(Information Retrieval)의 단순한 기능을 넘어선 분석기법으로 다양한 분야에서 활용되고 있다.(김현정, 조남옥, 신경식, 2015, 수정인용) 최근 빅데이터라고 불릴 정도로 다양한 분야에서 수많은 데이터가 만들어지고 처리되고 있다. 예를 들어 SNS 중 하나인 페이스북은 하루 평균 25억개의 콘텐츠 공유가 이루어지는 등 어마어마한 양의 데이터가 생성·처리되고 있다. 이러한 환경에서 전문가의 통찰력에 의존하는 기존의 분석기법으로는 한계가 있어 기업들과 정부기관 등 다양한 곳에서는 텍스트 마이닝을 활용한 분석을 적극 도입하고 있다.

## 나. 워드클라우드(Wordcloud)

워드클라우드(Wordcloud)는 태그 클라우드(Tag cloud)라고도 하며, 데이터에서 얻어진 태그(단어)들을 분석하여 중요도나 인기도 등을 고려하여 시각적으로 늘어놓아 표시하는 방식을 말한다. 마치 구름의 형태로 데이터에서 추출한 단어 들을 색상과 굵기의 차이를 두어 나열하는 방식으로 표현하기 때문에 클라우드(Cloud)라는 용어를 사용하고 있다. 워드클라우드(Wordcloud)는 텍스트 마이닝 기법으로 추출·정제한 자료들을 우선순위에 따라 즉각적으로 확인할 수 있도록 시각화 하여 보고서 또는 자료를 보는 사람에게 별도로 설명하지 않아도 어떤 단어가 중요한지를 알 수 있게 해주는 표현방법이다.

## 다. 토픽 모델링(Topic Modeling)

토픽 모델링(Topic Modeling)은 기존의 자료, 문서의 텍스트에서 잠재되어 있는 주제를 찾아내고 각 주제들이 어떻게 연결되었는지(Blei, 2012) 시계열적으로 어떻게 변화해 가는지를 분석하는 방법(강범일, 송민, 조화순, 2013)으로 기존의 키워드 네트워크 분석

만으로는 찾아낼 수 없었던 의미를 탐색하는 기법으로 텍스트의 키워드만으로 텍스트 모델링을 한 것은 자료 해석의 적합도가 높고 효율적일 수 있지만 (Provost&Fawcett, 2013), 문서의 복잡성을 고려하여 텍스트 정보를 효율적으로 이용해야한다. 이를 고려하여 분석하는 것이 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 토픽 모델링 이다.(Blei, 2012) (한혜영, 2019, 수정인용)

LDA 토픽 모델링은 가장 많이 사용하고 있는 기법으로 키워드 간의 유사성을 조건부 확률분포로 계산하여 주제를 추론하는 것으로 여러 수준의 구조적 조건, 즉 문단 또는 문장과 같은 조건을 선택하여 다양한 클러스터링이 가능하다. 잠재적인 주제(Topic)들이 무작위로 되어 있는 문서를 대상으로 주제의 특성이 텍스트에 분포해 있는 키워드의 패턴을 통해 추론되는 것이다. (한혜영, 2019)

### 3. 전자산업 산업생태계 재해현황 분석

#### 3.1 방법

앞서 문헌조사 등을 통해 정의·분류한 전자산업 산업생태계 사업장 63,339개소를 대상으로 한국산업안전보건공단의 산업재해 통계 DB를 통해 최근 10년간('10~'19년) 발생한 산업재해 발생현황을 추출·분석하였다. 재해발생의 특이점이나 핵심 위험요인 도출을 위해 동 기간의 전체 산업과 제조업의 재해발생 현황과 비교·분석하였다.

#### 3.2 결과

전자산업 산업생태계 사업장 63,339개소에 대한 최근 10년간('10년~'19년) 재해현황은 <표 3-1>과 같고, 전체 산업('19년 12월 기준 사업장 수 2,680,874개소)의 재해현황은 <표 3-2>, 제조업('19년 12월 기준 사업장 수 386,119개소)의 재해현황은 <표 3-3>과 같다.

<표 3-1> 전자산업 산업생태계 사업장 63,339개소에 대한 최근 10년간 재해현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
재해자수	17,259	1,685	1,654	1,713	1,684	1,720	1,613	1,571	1,699	1,858	2,062	
사망자수	292	34	12	40	25	18	26	27	30	35	45	
사고재해	15,314	1,508	1,489	1,525	1,510	1,543	1,447	1,426	1,511	1,628	1,727	
사고사망	96	13	6	19	7	8	5	10	5	12	11	
질병재해	1,945	177	165	188	174	177	166	145	188	230	335	
	뇌심	271	29	13	36	22	21	23	22	38	26	41
	근골	1,464	130	144	140	137	150	129	112	125	169	228
	직업성암	72	1	-	1	2	2	5	5	7	14	35
	기타	138	17	8	11	13	4	9	6	18	21	31
질병사망	196	21	6	21	18	10	21	17	25	23	34	
	뇌심	131	17	3	18	13	8	11	12	20	11	18
	직업성암	31	1	-	-	2	1	5	4	1	5	12
	기타	34	3	3	3	3	1	5	1	4	7	4

<표 3-2> 전체 산업 사업장 2,680,874개소에 대한 최근 10년간 재해현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
재해자수	949,106	98,645	93,292	92,256	91,824	90,909	90,129	90,656	89,848	102,305	109,242	
사망자수	19,140	1,931	1,860	1,864	1,929	1,850	1,810	1,777	1,957	2,142	2,020	
사고재해	859,633	90,842	86,045	84,784	84,197	83,231	82,210	82,780	80,665	90,832	94,047	
사고사망	10,173	1,114	1,129	1,134	1,090	992	955	969	964	971	855	
질병재해	89,473	7,803	7,247	7,472	7,627	7,678	7,919	7,876	9,183	11,473	15,195	
	뇌심	7,712	638	526	579	684	676	634	587	778	1,153	1,460
	근골	58,036	5,502	5,077	5,327	5,446	5,174	5,213	4,947	5,195	6,715	9,440
	직업성암	1,121	17	29	60	77	80	98	137	171	214	238
	기타	22,604	1,646	1,615	1,506	1,420	1,748	1,974	2,205	3,042	3,391	4,057
질병사망	8,967	817	731	730	839	858	855	808	993	1,171	1,165	
	뇌심	3,506	354	278	301	348	318	293	300	354	457	503
	직업성암	621	9	18	31	47	49	56	74	96	116	125
	기타	4,840	454	435	398	444	491	506	434	543	598	537

<표 3-3> 제조업 사업장 386,119개소에 대한 최근 10년간 재해현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
재해자수	291,088	34,044	32,260	31,644	29,409	28,633	26,992	26,134	25,321	27,377	29,274	
사망자수	4,706	544	482	542	458	451	425	408	432	472	492	
사고재해	255,726	30,873	29,339	28,367	26,205	25,569	23,924	23,142	21,665	22,958	23,684	
사고사망	2,666	348	324	336	284	259	251	232	209	217	206	
질병재해	35,362	3,171	2,921	3,277	3,204	3,064	3,068	2,992	3,656	4,419	5,590	
	뇌심	2,439	265	211	239	212	227	198	178	237	323	349
	근골	25,460	2,459	2,247	2,488	2,528	2,368	2,329	2,134	2,210	2,836	3,861
	직업성암	511	15	17	41	45	42	40	45	59	82	125
	기타	6,952	432	446	509	419	427	501	635	1,150	1,178	1,255
질병사망	2,040	196	158	206	174	192	174	176	223	255	286	
	뇌심	1,103	136	107	121	97	95	85	83	121	125	133
	직업성암	256	7	10	19	23	27	22	28	25	38	57
	기타	681	53	41	66	54	70	67	65	77	92	96

사고 또는 질병 등 산업재해 발생형태의 비율은 전자산업 산업생태계 사업장과 전체산업, 제조업 등이 유사하게 나타났다. 최근 10년간 전자산업 산업생태계 사업

장은 사고재해자가 15,314명(사망자 96명)으로 전체의 88.7%(32.9%)를 차지하고 질병재해자는 1,945명(사망자 196명)으로 11.3%(67.1%)를 차지하고 있다. 전체산업은 사고재해자가 859,633명(사망자 10,173명)으로 전체의 90.6%(53.2%)를 차지하고 질병재해자는 89,473명(사망자 8,967명)으로 전체의 9.4%(46.8%)를 차지하고 있다. 제조업은 사고재해자가 255,726명(사망자 2,666명)으로 전체의 87.9%(56.7%)를 차지하고 질병재해자는 35,362명(사망자 2,040명)으로 전체의 12.1%(43.3%)를 차지하고 있다. 발생형태별 비율은 거의 유사하지만 전자산업 산업생태계 사업장은 질병사망자보다 사고사망자가 더 많은 전체산업, 제조업 등과 달리 질병사망자 수가 사고사망자보다 2배 이상 많은 특징을 가진다.

전자산업 산업생태계 사업장에서의 질병재해자는 2010년 177명에서 2016년 145명으로 감소추세를 보이다 2017년 188명, 2018년 230명, 2019년 335명으로 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 전체산업의 경우 2010년 7,803명에서 2016년 7,876명으로 비슷한 추세로 나타나던 재해자수가 2017년 9,183명, 2018년 11,473명, 2019년 15,195명으로 증가하고 제조업 전체에서 2010년 3,171명에서 2016년 2,992명으로 감소 추세, 2017년 3,656명, 2018년 4,419명, 2019년 5,590명으로 증가하는 추세와 거의 유사한 것으로 나타났다. 이는 2017년 산업재해보상보험법 시행령의 개정으로 업무상 질병에 대한 입증책임 완화를 위해 작업(노출) 기간, 노출량 등에 대한 인정기준(당연인정기준) 충족 시 반증이 없는 한 인정하고 미충족 시에도 의학적 인과관계가 있으면 인정한다는 추정의 원칙을 도입하였기 때문으로 판단된다.

특히 직업성 암은 전자산업 산업생태계 사업장에서 2017년 재해자 7명, 사망자 1명에서 2019년 재해자 35명, 사망자 12명으로 증가하는 등 수치상으로 재해자는 500%, 사망자는 1,200%가 증가하는 등 급격한 상승을 보여주었다. 특히 전체산업이 2017년 재해자 171명, 사망자 96명에서 2019년 재해자 238명, 사망자 125명으로 수치상으로 재해자는 139%, 사망자는 130% 증가한 것과 제조업이 2017년 재해자 59명, 사망자 25명에서 2019년 125명, 사망자 57명으로 수치상으로는 재해자는 212%, 사망자는 228% 증가한 것으로 나타난 것에 비해 높은 증가율을 보여주었다. 이는 앞서 언급한 추정의 원칙 등 다양한 요인이 있을 것으로 사료되나 2007년 반도체 제조라인 종사 근로자의 백혈병 발병·사망과 관련하여 발족된 반도체 노동자의 건강과 인권 지킴이(반올림)가 2018년에 관련 전자산업 사업장과 중재 합의한 것도 큰 원인 중 하나일 것으로 생각된다. 또한 2019년 12월 기준으로 전자산업 산업생태계 사업장 수는 63,339개소로 제조업(사업장 수 386,119개소)의 16.4%를 차지하고, 전체산업(사업장 수 2,680,874개소)의 2.4%를 차지하고 있는데 비해 직업성 암은 재해자 35명(사망자 12명)으로 제조업 재해자 125명(사망자 57명)의 28.0%(21.1%)를 차지하고, 전체산업 재해자 238명(사망자 125명)의 14.7%(9.6%)를 차지하고 등 전자산업 산업생태계가 산업 규모를 차지하는 비율에 비해 직업성 암이 높은 비율로 발생하

고 있다.

또한 핵심 위험요인과악을 위해 전자산업 산업생태계에서 반도체 제조업 등 주요 전자산업과 부품 제조 등 기타 전자산업을 구분하여 최근 10년간('10년~'19년) 재해 발생현황을 <표 3-4>와 같이 추출하였다. 반도체 제조업 등 주요 전자산업의 최근 10년간 재해자는 3,522명(사망자 121명)으로 전체 재해자 17,259명(사망자 292명)의 20.4%(41.4%)를 차지하고 있으며, 사고재해가 3,007명(사망자 30명)으로 85.4%(24.8%)를 차지하고 질병재해가 515명(사망자 91명)으로 14.6%(75.2%)를 차지하는 것을 알 수 있다. 전자산업 부품제조 등 기타 전자산업의 최근 10년간 재해자는 13,737명(사망자 171명)으로 전체 재해자 17,259명(사망자 292명)의 79.6%(58.6%)를 차지하고 있으며, 사고재해가 12,307명(사망자 66명)으로 89.6%(38.6%)를 차지하고 질병재해가 1,430명(사망자 105명)으로 10.4%(61.4%)를 차지하고 있다. 이에 따라 전자산업 산업생태계 사업장에서 발생한 재해의 종류는 주요 전자산업은 발생한 재해의 85.4%, 기타 전자산업에서는 발생한 재해의 89.6%를 차지하는 등 사고에 의해 대부분의 재해가 발생하였으나, 사망자의 경우 주요 전자산업에서는 발생한 사망자의 75.2%, 기타 전자산업에서는 61.4%가 질병재해로 인한 사망으로 나타났다. 이를 통해 전자산업 산업생태계의 산업재해 예방 및 감소를 위해서는 사고재해에 대한 예방이 필요하지만 사망자수를 줄이기 위해서는 질병재해의 심층 분석을 통한 맞춤형 재해예방 대책이 필요함을 알 수 있다.

<표 3-4> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 재해현황

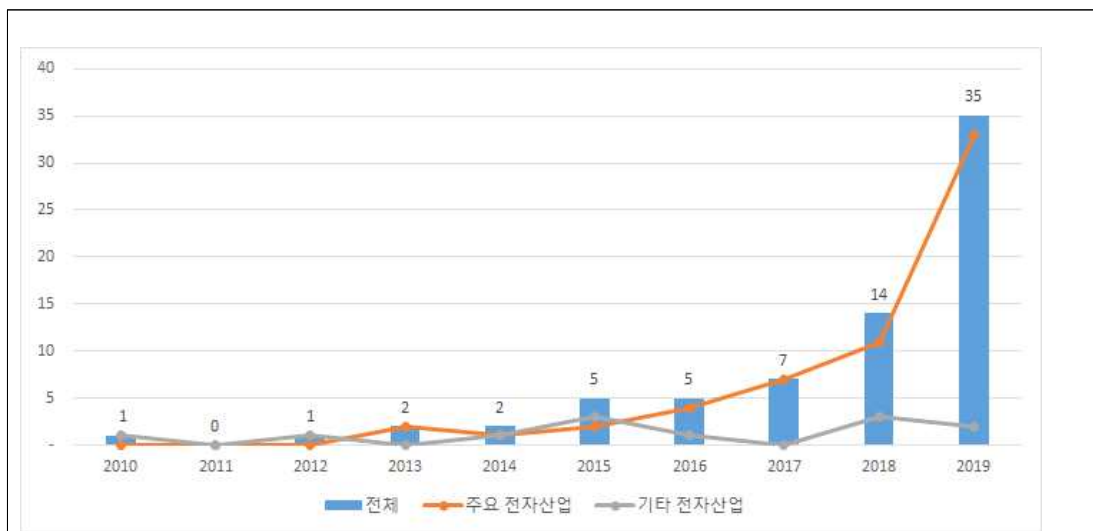
구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
총 재해자수	17,259	1,685	1,654	1,713	1,684	1,720	1,613	1,571	1,699	1,858	2,062
총 사망자수	292	34	12	40	25	18	26	27	30	35	45
주요 전자산업 재해자수	3,522	335	341	361	385	323	318	306	334	382	437
주요 전자산업 사망자수	121	19	3	13	9	7	8	11	13	20	18
사고 재해	3,007	277	308	312	348	278	281	277	279	311	336
사고 사망	30	5	1	4	1	3	1	4	2	7	2
질병 재해	515	58	33	49	37	45	37	29	55	71	101
질병 사망	91	14	2	9	8	4	7	7	11	13	16
기타 전자산업 재해자수	13,737	1,350	1,313	1,352	1,299	1,397	1,295	1,265	1,365	1,476	1,625
기타 전자산업 사망자수	171	15	9	27	16	11	18	16	17	15	27
사고 재해	12,307	1,231	1,181	1,213	1,162	1,265	1,166	1,149	1,232	1,317	1,391
사고 사망	66	8	5	15	6	5	4	6	3	5	9
질병 재해	1,430	119	132	139	137	132	129	116	133	159	234
질병 사망	105	7	4	12	10	6	14	10	14	10	18

특히 타 산업에 비해 급격한 증가를 보인 직업성 암의 경우에는 최근 10년간 총 72명의 재해자(사망자 31명)가 발생하였고 주요 전자산업에서 60명(사망자 26명)으로 83.3%(83.9%)가 발생하였고 기타 전자산업에서 12명(사망자 5명)으로 16.7%(16.1%)가 발생하는 등 반도체 제조업 등 주요 전자산업에서 대부분의 직업성 암이 발생하고 있음을 알 수 있다. <표 3-5>

특히 주요 전자산업에서 직업성 암은 <그림 3-1>과 같이 추정의 원칙이 적용된 2017년부터 급격한 상승을 보여주고 있다.

<표 3-5> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 직업성 암 발생현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
재해자수	72	1	-	1	2	2	5	5	7	14	35
사망자수	31	1	-	-	2	1	5	4	1	5	12
주요 전자산업	60	-	-	-	2	1	2	4	7	11	33
이환자	34	-	-	-	-	-	-	-	6	6	22
사망자	26	-	-	-	2	1	2	4	1	5	11
기타 전자산업	12	1	-	1	-	1	3	1	-	3	2
이환자	7	-	-	1	-	1	-	1	-	3	1
사망자	5	1	-	-	-	-	3	-	-	-	1



<그림 3-1> 최근 10년간 주요 및 기타 전자산업 직업성 암 발생현황 그래프



## 4. 텍스트 마이닝을 통한 중대재해 분석

### 4.1 방법

최근 10년간('10년~'19년) 발생한 8,836건의 중대재해조사 데이터의 재해개요를 전자산업과 연관된 키워드(전자, 반도체, 디스플레이, 웨이퍼, 테크 등)로 검색하고, 사업장의 홈페이지 검색 등을 통해 생산품, 제조품 등을 확인하여 전자산업 산업생태계 사업장에서 발생한 것으로 추정되는 84건의 중대재해조사 데이터를 1차로 추출하였다. 또한 전체 중대재해조사 데이터의 사업장 정보를 앞서 분류한 전자산업 산업생태계 사업장 정보와 매칭하여 89건의 중대재해를 2차로 추출하였고, 1, 2차 추출한 데이터의 매칭을 통해 전자산업 산업생태계 사업장에서 발생한 중대재해조사 보고서 141건을 최종적으로 분류하였다. 이 중 반도체 Fab 신축 공사 등 전자산업 산업생태계 사업장의 건설공사 중 발생한 중대재해조사 보고서가 32건이며, 그 외 작업 중 발생한 중대재해조사 보고서가 109건으로 나타났으며, 연도별로는 건설공사에 대한 중대재해조사 보고서는 매년 2~6건, 그 외 작업에 대한 중대재해조사 보고서는 매년 10~15건 수준으로 큰 변동 폭 없이 나타났다.<표 4-1>

<표 4-1> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 연도·공정별 현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
총계	141	16	15	15	13	13	8	17	12	15	17
건설공사 등	32	4	5	2	2	2	4	6	2	3	2
그 외 작업	109	12	10	13	11	11	4	11	10	12	15

분류한 중대재해조사 보고서 141건은 전부 사고재해와 관련된 중대재해조사 보고서로 질병과 관련된 중대재해조사 보고서는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 발생 형태별 분류를 통해 주로 떨어짐, 끼임, 화재·폭발, 깔림, 감전, 부딪힘 등이 주 발생 형태인 것으로 나타났으며, 화학물질 중독, 질식, 넘어짐, 이상온도 등으로 인한 중대재해조사 보고서도 나타났다.<표 4-2>

<표 4-2> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 연도·발생형태별 현황

구분	합계	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>총계</b>	<b>141</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>17</b>
끼임	28	4	5	3	4	4	-	1	2	2	3
떨어짐	45	5	2	1	5	2	2	11	3	8	6
넘어짐	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
깔림	13	-	2	2	1	-	3	-	2	-	3
부딪힘	12	4	1	1	-	-	1	-	1	3	1
감전	13	2	2	3	-	2	1	-	1	1	1
화재·폭발	14	-	1	3	-	3	-	4	2	-	1
근골	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
화학물질 중독	5	-	-	1	1	1	-	1	-	-	1
질식	3	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-
이상온도	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
기타	3	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-
분류불능	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

분류한 중대재해조사 보고서 141건에 대해 핵심 위험요인을 확인하기 위해 텍스트 마이닝(Text Mining) 기법을 활용하여 분석을 실시하였고 정확한 분석을 위해 재해, 재해, 지역명칭 등 일반적인 단어를 제외시킨 후 단어들의 사용 빈도를 시각적으로 용이하게 확인하기 위하여 워드클라우드(Wordcloud)로 표현하였다. 또한 토픽 모델링(Topic modeling) 기법을 통한 LDA분석을 통해 중대재해조사 보고서에서 추출한 텍스트를 주제별로 분류하여 분석하였다.

## 4.2 결과

중대재해조사 보고서 141건에 대해 텍스트 마이닝을 통해 <표 4-3>과 같이 분석하였다. 2글자 이상의 단어가 총 12,281개가 사용된 것으로 나타났으나, 작업, 재해, 지역명 등과 같이 일반적이고 범용적인 단어들을 제거한 후 설치, 설비, 운반 등 10,219개의 단어를 추출하였다. 추출한 단어의 사용 빈도는 설치, 설비, 판넬, 내부, 운반 등이 가장 많이 나타났으며. 시각적으로 확인하기 위해 <그림 4-1>과 같이 워드클라우드를 활용하여 나타내었다.

<표 4-3> 중대재해조사보고서 141건에 대한 주요 단어 및 빈도수

단어	설치	설비	내부	운반	판넬	공사	추락
빈도수	1,417	836	592	542	510	468	440
단어	지게차	바닥	전기	방지	이동	배관	착용
빈도수	401	362	360	315	313	312	312
단어	과정	운전	기계	이송	사고	중량	상부
빈도수	299	291	290	280	279	275	261
단어	정지	작동	구조	이상	고소	밸브	장치
빈도수	248	247	244	236	235	228	220
단어	연결	조작	화재	점검	차단	컨베이어	소재
빈도수	217	214	214	213	210	209	207
단어	공급	교대	전선	누출	농도	고정	전원
빈도수	200	200	195	189	187	182	177
단어	탱크	가동	부착	외부	라인	폭발	가스
빈도수	175	173	173	173	171	171	170
단어	해체	시작	완료	적재	청소	리프트	제거
빈도수	167	161	161	156	155	154	154
단어	장비	지붕	패널	측정	사다리	투입	물질
빈도수	153	153	153	152	151	151	150
단어	산소	용접	교체	펌프	조립	보호구	...
빈도수	149	147	144	141	139	135	...



<그림 4-1> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 워드클라우드

세부적인 분석을 위해 중대재해조사 보고서를 전자산업 산업생태계 사업장의 건설공사와 관련된 32건과 그 외 작업과 관련된 109건으로 구분하여 분석하였다. 건설공사와 관련된 32건의 중대재해조사 보고서에 대해 분석한 결과 <표 4-4>와 같이 2글자 이상이 단어가 총 2,028개 사용된 것으로 나타났다. 특히 설치, 공사, 판넬(=패널), 전기, 추락, 고소, 설비, 배관, 해체, 방류, 철골, 사다리, 운반, 발판, 난간, 감전 등이 높은 빈도수로 나타났으며, <그림 4-2>와 같이 워드클라우드를 활용하여 시각적으로 표현하였다.

<표 4-4> 중대재해조사보고서(건설 분야) 32건에 대한 주요 단어 및 빈도수

단어	설치	공사	판넬	추락	고소	전기	패널
빈도수	545	360	221	193	171	153	131
단어	배관	설비	내부	해체	바닥	착용	방지
빈도수	122	121	105	93	88	87	80
단어	소방	방류	철골	부착	운반	상부	고정
빈도수	80	79	79	77	75	72	71
단어	발판	사다리	이동	자재	과정	전압	연결
빈도수	71	71	69	69	68	66	63
단어	완료	배전반	구조	샌드	지붕	기계	난간
빈도수	63	61	59	59	59	58	57
단어	장비	감전	볼트	사고	기동	전원	체결
빈도수	57	56	56	55	54	52	52
단어	탑승	비계	외부	구간	적재	발주	유도
빈도수	52	49	47	45	44	43	43
단어	교대	전선	조립	소재	이상	전도	공중
빈도수	41	41	41	40	39	39	38
단어	소장	접촉	충전	정전	구조물	보수	단부
빈도수	37	37	37	36	35	35	34
단어	시공	하중	개구부	거치대	교육	점검	...
빈도수	34	34	33	33	33	33	...



<그림 4-2> 중대재해조사 보고서(건설 분야) 32건에 대한 워드클라우드

전자산업 산업생태계 사업장의 건설공사 외 작업과 관련된 109건의 중대재해조사 보고서에 대해 분석한 결과 <표 4-5>와 같이 2글자 이상의 단어가 총 8,543개 사용된 것으로 나타났다. 특히 작업 시 사용하는 기계·기구 등과 관련된 설치, 설비, 내부, 운반, 지게차, 운전, 기계, 판넬(=패널), 바닥, 정지, 컨베이어 등이 높은 빈도수로 나타났으며, <그림 4-3>과 같이 워드클라우드를 활용하여 시각적으로 표현하였다.

<표 4-5> 중대재해조사 보고서(건설 외) 109건에 대한 주요 단어 및 빈도수

단어	설치	설비	내부	운반	지게차	판넬	운전
빈도수	872	715	487	467	388	289	277
단어	바닥	이소	추락	중량	이동	정지	방지
빈도수	274	265	247	246	244	240	235
단어	기계	과정	작동	밸브	착용	사고	컨베이어
빈도수	232	231	227	226	225	224	208
단어	전기	화재	장치	조작	이상	배관	누출
빈도수	207	207	200	200	197	190	189
단어	상부	차단	구조	농도	점검	공급	탱크
빈도수	189	187	185	184	180	178	174
단어	폭발	가스	소재	가동	교대	리프트	연결
빈도수	171	169	167	162	159	156	154
단어	전선	물질	교체	라인	자동	산소	펌프
빈도수	154	149	142	142	142	140	140
단어	용접	청소	시작	제거	증기	공기	외부
빈도수	138	134	133	133	131	130	126
단어	전원	투입	건조	측정	시험	팔레트	프레스
빈도수	125	124	122	122	116	116	116
단어	질소	점화	로봇	온도	적재	고정	...
빈도수	115	113	112	112	112	111	...



<그림 4-3> 중대재해조사 보고서(건설 외) 109건에 대한 워드클라우드

전자산업 산업생태계 사업장의 건설공사와 관련된 중대재해조사 보고서 32건과 그 외 작업과 관련된 중대재해조사 보고서 109건 간에 차이가 있는지 확인하기 위해 추출한 단어의 중복성을 분석하였다. 중복되는 단어는 <표 4-6>과 같이 설치, 설비, 내부, 운반, 지게차, 공사, 판넬(=패널), 운전 등으로 나타났다.

중복 단어를 제외하고 건설공사와 관련된 중대재해조사 보고서 분석결과에서만 나타난 단어는 소방, 방류, 철골, 공중, 소장, 단부, 거치대, 콘크리트 등이었으며, 철골, 콘크리트, 내화피복, 시멘트, 슬라브, 철근 등 건설공사 시 사용하는 자재와 관련된 용어들과 공중, 인출, 신축공사, 개통, 마감, 신축, 실링, 보온, 뽐칠 등 건설공사 작업 종류에 관한 단어가 특징적으로 나타났다. 일반 건설공사와의 특이점으로는 전자산업에서 필수적인 작업공간으로 먼지가 없는 공간인 크린룸이 반복적으로 나타남을 알 수 있었다.<표 4-7>

건설공사 외 작업과 관련된 중대재해조사 보고서 분석결과에서는 밸브, 컨베이어, 탱크, 리프트, 펌프, 프레스, 로봇, 스크러버 등 설비·장비에 대한 단어들과 누출, 폭발, 가스, 물질, 증기, 건조, 질소, 수소, 불산, 반응, 황산, 초순수, 에틸알코올 등 취급하는 화학물질 및 그로 인해 발생하는 재해와 관련된 단어가 주로 나타났다. 이는 전자산업 산업생태계 사업장이 일반적인 제조업 사업장과는 달리 다양한 화학물질을 취급하는 특징을 가지기 때문에 나타나는 결과라고 판단된다.<표 4-8>

<표 4-6> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 단어(빈도수 높은 순)

중복 단어							
설치	설비	내부	운반	지게차	공사	판넬	운전
바닥	이송	추락	중량	이동	정지	방지	기계
과정	작동	착용	사고	전기	화재	장치	조작
이상	배관	상부	차단	구조	농도	점검	공급
고소	소재	가동	교대	부상	연결	전선	당일
교체	라인	자동	산소	용접	청소	시작	제거
패널	공기	산재	외부	전원	투입	측정	적재
고정	크레인	병원	보호구	차량	하역	협착	완료
조립	검사	개방	부착	장비	접촉	회전	지붕
포장	해체	절차	판단	단독	기구	전동	비상

<표 4-7> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 외 단어(건설, 빈도수 높은 순)

중복되지 않는 단어 (건설공사 32건)							
소방	방류	철골	공중	소장	단부	거치대	콘크리트
트리거	인출	물산	내화피복	신축공사	저전압	개동	마감
마감재	침줄	가드	유량계	전력	통신	하우스	곤란
본사	사각	계단실	슬라브	천정	캐노피	파라펫	가설
기계장치	지브	덕트	대일	외출	코너	건고	모멘트
시멘트	철재	나사	누전차단기	마그네틱	벽체	신축	실측
중간	취약	포설	실링	철근	무선송수신기	스탠드	스패너
자원	잔여	조명등	조형물	강관	개로	거치	받침목
이동식틀베계	인부	전기공	접지선	턱끈	대지	보온	뿔칠
사료	아크	양산	외측	크린룸	플렉시블	보온재	비닐

<표 4-8> 중대재해조사 보고서 분석결과 중복 외 단어(건설 외, 빈도수 높은 순)

중복되지 않는 단어 (그 외 작업 109건)							
밸브	컨베이어	누출	탱크	폭발	가스	리프트	물질
펌프	증기	건조	시험	팔레트	프레스	질소	점화
로봇	온도	금형	수소	정비	컨테이너	드럼	불산
압력	액체	벨트	체인	반응	진입	게이트	세척
주차	수리	하강	챔버	센서	파열	혼합	정전기
셔터	권취기	건조실	드럼통	버튼	용해	운행	불화
소화	수동	신호	용로봇	용기	조작반	극판	탈지
황산	스크러버	메인	롤러	발화	방출	용량	초순수
확산	에어	방책	연동	방호장치	망간	배출	슬러지
에틸알코올	피해	보빈	사출성형기	설정	압출	폐설비	프레온

심층적인 분석을 위해 전자산업 산업생태계 중대재해조사 보고서 141건에 대해 R 패키지를 활용하여 토픽 모델링(Topic Modeling) 기법을 적용하기 위해 깁스 샘플링(Gibbs sampling)을 통한 LDA 분석을 실시하였다. 반복 분석을 통한 경험적 방법으로 주제를 8개로 분류하여 주제별 주요 단어를 추출하여 특성을 분석하였다. 주제별 출현 빈도가 높은 단어는 <표 4-9>와 같이 나타났다.

주제1의 주요 단어는 설비, 부상, 과정, 착용, 부착, 투입, 누출, 컨베이어, 완료,



공급, 금형, 장비, 반응, 조작, 소방, 옥상, 펌프, 신호, 낙하 등으로 설비의 취급 또는 유지보수 작업 과정에서 보호구 착용, 화학물질 누출, 원자재의 투입과 컨베이어 등 공급 장비를 신호에 따라 조작하는 등 부상의 원인이 되는 설비와 관련된 작업 등 설비의 취급 및 보수작업 중 발생할 수 있는 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제2의 주요 단어는 운반, 이송, 바닥, 공기, 자동, 증기, 청소, 리프트, 교육, 사고, 상부, 난간, 거리, 보수, 접근, 배전반, 가공, 연결, 크레인, 패널 등으로 리프트, 크레인 등을 활용하여 자재를 운반 또는 이송 시 난간과의 거리유지, 바닥의 청소 및 연결 불량, 안전교육 미비로 인한 작업 중 접근 등 리프트·크레인 등을 활용한 운반·이송 시 사고 등 자재의 운반 및 이송 중 발생할 수 있는 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제3의 주요 단어는 점검, 차단, 이동, 소재, 장치, 작동, 외부, 기계, 파손, 감전, 용접, 포장, 기구, 발판, 가스, 샌드, 상부, 수평, 로봇, 로프 등으로 기계 또는 로봇 등 장치의 파손 등으로 인한 점검, 전기 등 작동을 차단하지 않은 채 외부 용접작업 중 감전 등 점검 미흡 및 오작동으로 인한 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제4의 주요 단어는 배관, 정지, 화재, 구조, 사고, 운전, 프레스, 해체, 산재, 산소, 고정, 적재, 물질, 자재, 시작, 컨베이어, 권취기, 팔레트, 덮개, 공사 등으로 프레스나 컨베이어, 배관의 해체를 위한 산소용접 시 화재가 발생하거나, 공사로 인해 덮개를 덮어놓지 않거나 운전 중 권취기 등 자재, 물질 등의 과다 적재로 인한 사고 등 공사 시 수칙 미준수로 인한 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제5의 주요 단어는 지게차, 판넬, 고소, 이상, 방지, 추락, 라인, 로봇, 설비, 교대, 단독, 탑승, 질소, 순간, 절단, 액체, 비상, 교체, 소화, 감독 등으로 지게차의 단독 탑승, 판넬이나 지붕 등과 관련한 고소작업 중 추락, 설비의 질소라인 등의 교체 시 화재 등 관리 감독의 미흡으로 인해 발생하는 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제6의 주요 단어는 설치, 전기, 차량, 제거, 병원, 당일, 협착, 주차, 준비, 전선, 도장, 창고, 용도, 판단, 파열, 체결, 건조, 볼트, 기둥, 하중 등으로 전기 공급을 위한 전선 설치 또는 제거를 위해 차량 주차 중 창고 등의 충격, 설치물에 체결된 볼트의 파열, 하중을 받치는 기둥의 파열로 인한 협착사고 등 설계 및 자재의 불량 등과 관련한 단어를 나타내고 있다.

주제7의 주요 단어는 내부, 농도, 보호구, 사다리, 전원, 기계, 접촉, 지붕, 연결, 노출, 폭발, 검사, 절연, 조립, 개방, 온도, 수리, 동종, 전동, 시작 등으로 유해물질의 농도가 높은 개방되지 않은 내부에서 작업 중 보호구 미착용, 검사 시 절연 조치 미흡, 사다리를 활용한 지붕 작업, 내부에서 기계 조립을 위한 용접 등으로 인한 폭

발 등 작업환경과 관련된 사고와 관련된 단어를 나타내고 있다.

주제8의 주요 단어는 공사, 전기, 벨브, 조작, 측정, 탱크, 구간, 공급, 추락, 중량, 시험, 불산, 점화, 벨트, 판넬, 정전, 하역, 버튼, 체인, 회전 등으로 공사 시 불산 등 화학물질을 탱크에 공급하는 벨브 구간의 측정 중 추락, 갑작스런 정전으로 인한 전기 조작 불능으로 체인 회전이 급격히 멈춰 벨트에 있는 중량물의 추락 등 작업 중 작업자 또는 중량물의 추락과 관련된 단어를 나타내고 있다.

<표 4-9> 중대재해조사 보고서 141건에 대한 토픽 모델링 분석결과 주요 단어

주제1 (설비 취급 및 유지보수)	주제2 (자재 운반 및 이송)	주제3 (점검 미흡 및 오작동)	주제4 (수칙 미준수)	주제5 (관리감독 미흡)	주제6 (설계 및 자재의 불량)	주제7 (작업환경)	주제8 (작업 중 추락)
설비	운반	점검	배관	지게차	설치	내부	공사
부상	이송	차단	정지	판넬	전기	농도	전기
과정	바닥	이동	화재	고소	차량	보호구	벨브
착용	공기	소재	구조	이상	제거	사다리	조작
부착	자동	장치	사고	방지	병원	전원	측정
투입	증기	작동	운전	추락	당일	기계	탱크
누출	청소	외부	프레스	라인	협착	접촉	구간
컨베이어	리프트	기계	해체	로봇	주차	지붕	공급
완료	교육	파손	산재	설비	준비	연결	추락
공급	사고	감전	산소	교대	전선	노출	중량
금형	상부	용접	고정	단독	도장	폭발	시험
장비	난간	포장	적재	탑승	창고	검사	불산
반응	거리	기구	물질	질소	용도	절연	점화
조작	보수	발판	자재	순간	판단	조립	벨트
소방	접근	가스	시작	절단	파열	개방	판넬
옥상	배전반	샌드	컨베이어	액체	체결	온도	정전
펌프	가공	상부	권취기	비상	건조	수리	하역
신호	연결	수평	팔레트	교체	볼트	동종	버튼
낙하	크레인	로봇	덮개	소화	기동	전동	체인
개인	패널	로프	공사	감독	하중	시작	회전
...	...	...	...	...	...	...	...

## 5. 토의 및 결론

### 5.1 연구결과 요약

본 연구는 국가 핵심 산업이자 4차 산업혁명을 이끌어가는 전자산업의 산업안전보건 증진을 위한 기초연구로 산업생태계 개념을 도입하여 전자산업 산업생태계를 정의·분류하고, 산업안전보건공단의 산업재해 통계DB를 기반으로 텍스트 마이닝(Text mining) 기법 등을 통해 최근 10년간 발생한 산업재해 현황을 분석한 것에 연구의 의의가 있다.

먼저 복잡·다양하고 기술집약적 산업인 전자산업에 대한 개념을 정리하고 현황을 파악하기 위해 관련 기관들의 보고서와 연구논문 등 문헌조사를 실시하였다. 특히 2016년 휴대폰 부품 제조·납품 사업장의 메탄올 중독으로 인한 노동자 실명, 2015년 및 2018년 반도체 제조 사업장 설비 점검 및 유지보수 작업 중 협력사 직원 질식사망 등 전자산업과 관련된 협력사에서 지속적으로 산업재해가 발생하고 협력사에 대한 안전보건관리가 사회적 이슈로 부각되는 등 과거의 재해사례를 통해 근본적으로 산업재해를 예방하고 사각지대를 해소하기 위해서는 산업생태계 개념의 도입이 필요하다고 판단하였다.

전자산업 산업생태계는 반도체, 디스플레이, 휴대폰, 가전제품 등 전자제품 등을 제조하는 사업장뿐만 아니라 원료, 부품, 장비, 설비 등을 제조·납품·관리하는 사업장 및 판매, 유통, 설치하는 등 관련 서비스를 제공하는 사업장 등 전자제품과 연관된 모든 산업이 해당한다. 다양한 산업과 기술이 복합적으로 산업을 구성하고 있어 기관의 업무나 연구의 목적에 따라 그 범위가 유동적으로 변하는 전자산업의 특징에 따라 산업안전보건 증진을 위한 본 연구의 목적에 맞게 전자산업 산업생태계 개념을 적용하여 반도체 제조업, 디스플레이 제조업 등 주요 전자산업 10,556개소와 원료·부품의 제조·납품하는 사업장 등 기타 전자산업 52,783개소로 분류하였고 최근 10년간 발생한 산업재해 분석을 통해 핵심 위험요인을 도출하고자 하였다.

전자산업 산업생태계 사업장의 재해현황 분석결과 반도체 제조업, 디스플레이 제조업 등 주요 전자산업 사업장 10,556개소(612,539명)에서는 최근 10년간 3,522명의 재해자가 발생하였으나 전자산업 협력사 등 기타 전자산업 사업장 52,783개소(약 623,771명)에서는 최근 10년간 13,737명의 재해자가 발생하는 등 비슷한 근로자 수에 비해 약 3.9배 더 많은 재해자가 발생하였다. 또한 전자산업 산업생태계 사업장의 산업재해는 전체산업이나 제조업 등과 같이 2010년부터 2016년까지 감소추세를 보이다 추정의 원칙이 도입된 2017년부터 2019년까지 증가추세를 보이고 있다. 특히 전자산업 산업생태계에 해당하는 사업장 수는 전체산업의 2.4%, 제조업의 16.4%

를 차지하고 있으나 직업성 암은 전체산업의 14.7%, 제조업의 28.0%를 차지하는 등 높은 비율을 나타내고 있다. 또한 반도체 제조업 등 주요 전자산업에서는 최근 10년간 재해자의 85.4%가 사고로 인한 재해로 대다수를 차지하고 있으나, 사망자 수는 질병재해자가 68.9%를 차지하고 있고, 원료 및 부품의 제조·납품 등 기타 전자산업 또한 최근 10년간 재해자의 89.6%가 사고로 인한 재해로 대다수를 차지하고 있지만, 사망자 수는 질병재해자가 50.7%를 차지하고 있다.

세부적인 분석을 위해 전자산업 산업생태계 사업장에서 최근 10년간 발생한 중대재해조사 보고서 141건을 추출하였고, 텍스트 마이닝(Text mining) 기법을 활용하여 분석하여 워드클라우드(Word cloud)로 시각화하였다. 건설공사 32건과 그 외 작업 109건으로 구분하여 분석을 실시하였으며, 공통적으로 설치, 설비 등이 높은 빈도수를 보였다. 특히 전자산업 산업생태계 사업장의 건설공사와 관련된 중대재해조사 보고서 32건에 대한 분석결과 추락, 고소, 배관, 바닥, 운반, 고정, 사다리, 철골 등 일반적인 건설공사와 관련된 용어들이 높은 빈도로 나타났다. 낮은 빈도로 전자산업의 특징적인 작업공간인 크린룸이 반복되었으나 재해의 원인 등 특이한 부분은 발견하지 못하였다. 그 외 작업 109건에 대한 분석결과 지게차, 운전, 중량, 이동 등 지게차 등을 활용한 중량물의 운반 등과 관련된 단어들과 컨베이어, 밸브, 탱크, 리프트, 프레스 등 기계·장비·설비에 대한 단어, 배관, 누출, 산소, 화재, 농도, 물질, 건조, 질소, 점화 등 전자산업에서 취급하는 물질과 관련된 단어들이 반복적으로 나타났다. 특히 건설공사와 중복된 단어를 제외하고는 누출, 폭발, 가스, 물질, 증기, 건조, 질소, 수소, 불산, 반응, 황산, 에틸알코올 등 취급하는 화학물질과 관련된 단어들이 주로 나타났으며, 이는 일반 제조업 사업장과는 달리 다양한 화학물질을 취급하는 전자산업의 특징을 나타낸 것으로 판단된다.

좀 더 구체적인 결과를 얻기 위해 전자산업 산업생태계 사업장에서 최근 10년간 발생한 중대재해조사 보고서 141건에 대해 토픽 모델링 기법인 깃스 샘플링을 통한 LDA 분석을 실시하여 8개의 주제별로 연관된 단어를 분류하였다. 분석결과 설비, 부상, 과정, 착용, 부착, 투입, 누출, 원료, 공급, 장비, 반응, 조작, 신호, 등의 단어가 나타나는 등 설비의 취급 및 보수작업과 관련된 단어들이 나타난 주제1이 전자산업 산업생태계에서 가장 주요한 결과라 생각한다. 과거 발생한 불산 누출, 반도체 설비 점검 및 유지보수 작업 중 질식 등 사회적 이슈로 부각되었던 산업재해들은 설비의 취급 및 유지보수 중 발생하였다.

본 연구를 통해 전자산업의 안전보건 증진을 위해서는 산업생태계의 개념을 도입한 전자산업 산업생태계의 정의·분류가 우선되어야 하며, 전체적인 재해를 줄이기 위해서는 사고재해 예방 및 감소의 집중이 필요하나 사망자의 관리를 위해서는 질병재해의 원인분석과 대책마련 등의 필요성이 나타났다. 비록 질병재해와 관련한 중대재해조사 보고서가 존재하지 않아 중대재해조사 보고서 분석결과에서는 일반적

인 사고재해에 대해서만 나타나며 전자산업만의 특징적인 재해현황은 나타나지 않았지만, 다양한 화학물질을 취급하고 있는 특징이 일부 나타났고 장치·설비의 유지 보수 작업 등에 대한 심층 분석 및 관리대책 마련 필요성이 확인되었다.

## 5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 전자산업에 대해 국내외에서 이루어지고 있는 실태조사, 연구결과 등을 기반으로 산업안전보건 분야에서의 전자산업 산업생태계를 정의·분류하였다. 하지만, 관련된 선행연구가 없고 본 연구에서 인용한 주요 논문, 세미나 발표자료, 조사기관 보고서 등은 각 분야별, 연구별 특성에 맞게 설계·조사된 자료로 산업안전보건 분야에서 그 자료를 기반으로 산업생태계를 구성하기에는 한계가 있다. 또한 산재보험에 가입되어 있는 사업장에 대한 자료인 한국산업안전보건공단의 산업재해 예방 통계자료를 기반으로 산업생태계의 현황 파악 및 재해분석을 실시하였기에 산재보험에 가입되어 있지 않은 사업장은 대상에서 제외되었으며, 이러한 사항을 고려하여 구체적으로 확인할 수 있는 공식적인 통계자료가 없는 등 현실적인 어려움이 존재하였다. 또한 업종을 기준으로 산업생태계를 분류하였기에 전자산업 산업생태계 대상 업종에 해당하지만 실제 주력 생산품이나 작업 등은 전자산업 산업생태계에 해당하지 않는 사업장들도 통계에 포함되어 있을 것으로 예상되어 업종으로만 전자산업 산업생태계를 특정하여 확정하기에는 어려움이 있다. 예를 들어 악기제조업의 경우 전자기기로 분류할 수 있는 일렉트로닉 기타, 디지털피아노 등을 제조하는 사업장은 전자산업에 해당될 여지가 있을 것으로 보이지만, 전통적인 방식의 대금, 통기타 등의 제조업은 전자산업에 해당하지 않을 수 있기 때문이다. 따라서 복잡한 원·하청관계를 특징으로 가지는 전자산업에 대해 산업생태계를 업종으로만 분류한 것과 텍스트 마이닝 분석 시 질병재해와 관련한 중대재해조사 보고서가 존재하지 않아 산업재해 비교 분석을 통해 직업성 암의 특징적인 증가를 확인했음에도 불구하고 심층 분석이 이루어지지 못한 부분이 본 연구의 한계점이라 생각한다.

하지만, 본 연구는 전자산업의 안전보건 증진을 위한 기초연구로 전자산업에 산업생태계 개념을 도입하여 산업안전보건 분야에서의 전자산업 산업생태계를 정의·분류하고 텍스트 마이닝 등 통계분석 기법을 통해 산업재해 발생현황을 분석한 것에 연구의 의의가 있다. 향후에는 본 연구를 기초로 업종 외에도 직종, 생산품, 공정, 작업 및 취급 물질 등의 세부적인 데이터를 기반으로 전자산업 산업생태계를 분류할 수 있을거라 기대한다. 또한 주요 전자산업 사업장의 직업성 암 발생 등 질병재해에 대한 심층 분석과 세척, 유지보수 등 협력사에서 수행하는 고위험 작업 및 반도체, 디스플레이, 휴대폰 등 제품군별 심층 분석에 대한 후속연구를 제안하

며, 이를 통해 전자산업 산업생태계 사업장에서 발생하는 산업재해의 원인, 핵심 위험요인, 예방대책 등이 연구결과로 도출되어 전자산업 산업생태계 사업장의 안전보건 증진에 기여하여 노동자의 생명과 건강이 지켜지기를 기대한다.

## 참고문헌

- 강범일, 송민, & 조화순(2013) 토픽 모델링을 이용한 신문 자료의 오피니언 마이닝에 대한 연구. 한국문헌정보학회지, 47(4), 315-334.
- 김영수, 박재곤, 정은미(2012) 산업융합시대의 지역산업생태계 육성방안, 산업연구원 연구보고서 2012-625
- 김진하(2016) 제4차 산업혁명 시대 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, KISTEP R&D Inl(15호)
- 김현정, 조남욱, 신경식(2015) 항공산업 미래유망분야 선정을 위한 텍스트 마이닝 기반의 트렌드 분석, 이화여자대학교
- 박석지, 박덕규(2016) 산업 생태계 분석에 따른 전과 산업 발전 방향, 산업연구원
- 주대영(2012) 반도체 산업의 기초분석, 산업연구원
- 한혜영(2019) 토픽모델링과 키워드 네트워크 분석을 통한 간호사의 이직 관련 연구 동향, 고려대학교 교육대학원
- 고용노동부(2020) 2019 산업재해 발생현황
- 고용정보원(2019) 2019년 하반기 일자리 전망
- 과학기술정보통신부(2018) 2018 ICT 실태조사(2017년 기준)
- 산업통상자원부(2019) 뿌리산업백서
- 대통령직속 4차 산업혁명위원회(2018) 4차 산업혁명위원회 주요성과 및 추진방향
- 미래창조과학부(2016) 생태계 분석 및 발전방안 연구, 방송통신정책연구 15-진흥-072
- 산업연구원(2017) KIET 산업경제, 산업연구원
- 전자산업 인적자원개발위원회(2018) 2018 전자산업 인력현황분석 보고서
- 한국학중앙연구원(1995) 한국민족문화대백과사전(전자공업)
- 한국산업안전보건공단(2010-2019) 산업재해 통계
- 한국산업안전보건공단(2010-2019) 중대재해조사 보고서
- Blei, D. M. (2012) Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
- Iansiti, M. and Levien, R. (2004) *The Keystone advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*, Harvard Business School Press.
- Iansiti, M. and Levien, R. (2004) Strategy as Ecology, *Harvard Business Review*, March

- Moore, James F. (1996) *The Death of Competition: Leadership & Strategy in the Age of Business Ecosystems*. New York, Harper Business.
- Moore, James F. (2006) "Business Ecosystems and the view from the firm", *The Antitrust Bulletin*, Vol. 51, No. 1.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013) *Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. "O'Reilly :Media, Inc".



## ABSTRACT

### Analysis of disaster characteristics in the electronics industry using text mining techniques: focusing on the electronics industrial ecosystem

Jin Hyuck MOON, Department of Safety and Health, University of Ulsan

The electronics industry, which is a core industry leading the fourth industrial revolution such as the development of information communication technology (ICT), generally refers to manufacturing industries such as semiconductors and displays, and various technologies and industries are complexly intertwined. It is a high value-added industry accounting for 33.2% of exports. However, the necessity of safety and health management measures emerged as the need for safety and health management measures such as continuous occupational accidents such as the death of workers on leukemia in 2007, leakage of Gumi hydrofluoric acid in 2012, and death of suffocation during maintenance in 2015 and 2018 has emerged. The electronic industry was classified by introducing the concept of the industrial ecosystem as the basic data for preparation, and an analysis of the occurrence of industrial accidents was conducted to derive key risk factors.

The electronic industry's industrial ecosystem in the field of occupational safety and health was classified through literature surveys such as reports from related agencies such as government ministries, papers at home and abroad, and publications at conferences, and an analysis of the current state of industrial accidents was conducted through the Industrial Accident DB of the Korea Safety and Health Agency. Also, for in-depth analysis, the R package was used to analyze the major disaster investigation report through text mining analysis methods such as word cloud and topic modeling.

As a result of the research, 63,339 places including major electronics industries such as semiconductor manufacturing and other electronics industries such as manufacturing and delivery of raw materials and parts were classified as workplaces in the electronics industry, and industrial accidents occurred in the last 10 years ('10~'19). Through the analysis, it was confirmed that 50-70% of disease deaths were accounted for, and occupational cancer in major electronics industries has increased rapidly over the past three years. Through the text

mining technique, words that are frequently used repeatedly in 141 major disaster investigation reports were expressed in word cloud, and the results related to the risk of disasters caused by handling chemicals were found, and topic modeling analysis was conducted on eight topics to handle facilities. And the result of analysis of risk factors such as the risk of accidents during maintenance.

In this study, only the business type was used when classifying the industrial ecosystem, and there is a limitation in that an in-depth analysis of the disease was not conducted due to the lack of a related major disaster investigation report. The implications were derived that in-depth follow-up studies on high-risk tasks performed by suppliers such as classification, occupational cancer, and other high-risk tasks such as cleaning and maintenance are needed.

Keywords : Electronics industry, Industrial ecosystem, text mining, word cloud,  
topic modeling