

기계 기술 정책

| 제1권 제2호(2022) |

TECHNOLOGY POLICY
MECHANICAL ENGINEERING

| 논문 |

- 01 EU탄소배출규제의 전환에 따른 탈탄소화기술규제 평가체계의 구축
- 02 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 중견기업의 기술진화 기계산업 사례를 중심으로
- 03 특허 분석을 통한 중국 드론 기업의 혁신 전략 연구 DJI사를 중심으로
- 04 과학기반형과 기술융합형 특성 관점에서 바라본 ASML사의 반도체 노광공정 혁신 사례 연구

기계 기술 정책

CONTENTS | **목차**

제1권 제2호(2022)

| 논문 |

- EU탄소배출규제의 전환에 따른 탈탄소화기술규제평가체계의 구축 1
김성화
- 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 중견기업의 기술진화 25
기계산업 사례를 중심으로
곽기호
- 특허 분석을 통한 중국 드론 기업의 혁신 전략 연구 51
DJI社를 중심으로
김혜주
- 과학기반형과 기술융합형 특성 관점에서 바라본 ASML社의 반도체
노광공정 혁신 사례 연구 75
최희수

EU탄소배출규제의 전환에 따른 탈탄소화기술규제평가체계의 구축

김성화

대법원 사법정책연구원 조사위원, 법학박사

TECHNOLOGY POLICY
MECHANICAL ENGINEERING

EU탄소배출규제의 전환에 따른 탈탄소화기술규제평가체계의 구축

김성화*

- 초 록 -

EU위원회는 2020년 3월에 새로운 산업전략과 단일시장정책을 발표하였으며, 2021년 7월에 「EU탄소국경조정규칙」에 관한 법안을 공표하였다. 이러한 EU산업정책은 기후위기에 대한 기존의 경제체계와 사회적 인식을 변화시키는 것을 목적으로 하고 있다. EU산업규제의 전환은 국제적으로 상당한 영향을 미침으로써 우리나라에서도 탈탄소화기술을 위한 규제 조치를 체계적으로 구축할 필요가 있다. 이를 위해서는 무엇보다 탈탄소국경세의 도입으로 영향을 받을 수 있는 제품 관련 제도의 동향과 영향평가에 관하여 규제영향분석(RIA)을 통한 구체적인 검토가 필요하다. 그러므로 이 글에서는 EU탄소배출권거래제도의 주요 내용을 살펴본 후 국내의 탈탄소화기술을 구축 및 발전시키기 위해 필요한 사회적 과제로서 규제영향분석(RIA), 탄소배출규제의 비용과 편익, 온실가스의 사회적 비용 등에 대하여 체계적으로 검토하였다.

주 제 어 EU탄소국경조정제도, EU배출권거래규제, 탄소중립, 탄소누출, 신항기술, 규제영향분석

논문접수일 2022년 9월 30일 수정논문 제출일 2022년 11월 21일 게재확정일 2022년 11월 30일

* 대법원 사법정책연구원 조사위원, 법학박사, kimsunghwa@scourt.go.kr

I. 머리말

EU위원회는 2020년 3월 4일 EU환경정책에 근거하여 2050년까지의 기후중립(climate neutrality)의 목표를 법제화하는 규칙으로서 「EU기후법안」(European Climate Law)¹⁾을 제시하였다. 이 법안은 2030년까지 기후중립을 목표로 하여 온실가스 순배출량을 40%까지 감축하는 것에 대한 재검토안이었고, 포괄적 영향평가를 근거하여 감축의 폭을 50% 내지 55%까지 확대하는 것을 목표로 하였다. 이에 따라 EU위원회는 2020년 9월 17일에 수정된 「EU규칙안」에서 2030년까지 기후중립의 목표에 대하여 온실가스 순배출량을 1990년과 비교하여 감축의 폭을 적어도 55%로 확대한다는 조항을 추가하는 방안을 공표하였다. 같은 해 12월 11일 EU의회와 EU이사회는 2030년까지의 기후중립의 목표에 대한 방안을 채택할 것을 합의하였다.²⁾ 그 후 EU의회는 2021년 6월 24일 「EU기후법안」을 채택하였고, EU이사회는 같은 달 28일 이를 채택하였다. 이는 2021년 6월 30일 제정되었고, 7월 1일부터 시행되었다.³⁾

이러한 EU의 입법적 조치는 탈탄소화 사회로의 전환에 대한 시대적 요청에 따른 것으로 미국이나 아시아 등에 비해 신속한 대응으로 볼 수 있다. 이에 따라 향후 다양한 탈탄소화 기술이 사회경제적으로 실현되고 있으며, 점차 탈탄소화를 목적으로 한 규제 조치들이 마련될 예정이다. 이러한 국제적 동향에 근거하여 과학기술과 사회 및 정책 사이에 존재하는 차이를 좁히고, 이를 보완함으로써 탈탄소화기술규제조치에 관한 논의를 지속적으로 검토할 필요가 있다. 해당 기술규제에는 다양한 규제체계 및 접근방식이 포함되어 있다. 국내에서 규제 조치를 구축할 때는 필요한 규제영향분석(Regulatory Impact Analysis: RIA)을 통하여 실시하는 것이 적절하며, 탄소배출억제에 관한 규제에 대해서는 그 적용 범위와 할인율 등의 쟁점이 있지만, 1톤의 배출감소 비용이 효과적인 지표가 될 수 있으므로 이를 함께 검토할 필요가 있다. 그러므로 이하에서는 EU의 탄소국경세에 관한 논의를 살펴본 후에 우리나라의 탈탄소화 기술을 위한 규제평가로서 규제영향분석(RIA)을 살펴보고, 탄소배출규제의 비용과 편익 및 온실가스의 사회적 비용 등을 검토하고자 한다.

1) Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999.

2) European Council(2020), "European Council meeting(2020. 12. 10-11) Conclusions," p. 5.

3) 김성화(2022), "EU탄소국경세도의 제도적 특징과 WTO협정의 정합성", 「무역규제연구」 64, p. 99.

II. EU산업정책의 전환에 따른 탄소배출규제

1. 순환경제체계로의 전환

1) 새로운 산업전략의 추진

EU위원회는 2020년 3월 10일 EU 환경정책과 디지털전략을 실현하기 위하여 정책적인 규제로서 「新산업전략」(New Industrial Strategy for Europe)을 공표하였고, EU의 역내 및 국제적으로 순환경제의 전환을 통한 경제현대화를 위하여 「순환경제행동계획」(New Circular Economy Action Plan)을 채택하였다. 여기서 순환경제행동계획은 EU의 경제를 향후 환경정책과 디지털정책에 적합할 수 있는 시스템으로 개선하고, 환경정책을 준수하면서도 시장경쟁력을 강화함으로써 새로운 소비체계를 구축하는 것이다. 그리고 이 계획은 EU의 규정에서 재활용이 가능한 제품을 명시적으로 규율하고, 소비자 등의 권리를 강화하며, 산업부문에 새로운 자원 지원정책을 마련하고, 폐기물을 배출하는 방식으로 전환함으로써 직선형 경제에서 순환경제로의 전환을 추진하였다.⁴⁾

2) 논의의 배경

이를 추진하게 된 배경은 EU이사회(European Council)가 2019년 6월 ‘전략적 과제 지침(2019-2024)’을 채택하고, EU위원회(European Commission)가 같은 해 12월에 향후 5년 동안 실시할 6개 우선과제를 결정하였기 때문이다. 그중 환경정책에서 EU는 온실가스의 순배출량을 2050년까지 감소하는 것을 명문화하였고, 탄소중립(carbon neutrality)을 위하여 친환경적 신재생에너지산업의 기반을 구축하는 정책과 투자계획을 제시함으로써 지구온난화에 따른 기후중립에 관한 새로운 대응방안 등을 마련하였다.⁵⁾ 기후변화에 관한 환경문제를 중요한 정책과제로써 채택함에 따라 EU의 경제모델을 지속가능한 발전의 형태로 전환할 뿐 아니라, 국제사회에서 EU가 중요한 역할을 담당하고, 시민사회와 협력 활동으로 새로운 산업부문에 다양한 개인과 기업 등이 참여하는 것을 목표로 하고 있다.

4) European Commission(2020), “Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers.”

5) European Commission(2019), “The European Green Deal”, COM(2019) 640 final, pp. 2, 7.

2. EU탄소국경조정제도의 명문화

1) EU기후법의 제정

EU위원회는 2021년 6월 30일 온실가스의 순배출량을 2030년까지 적어도 55%까지 감축하고, 2050년까지 온실가스의 순배출량을 제로화하는 것을 목표로 하는 「EU기후법」을 명문화하였다.⁶⁾

2) Fit for 55의 공표

EU위원회는 EU기후법의 세부적 목표를 규율하기 위하여 2021년 7월 14일에 EU탄소감축입법안인 「Fit for 55」를 공표하였다. EU위원회는 철강과 시멘트 등의 5개 품목에 대하여 2025년까지 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM)를 우선하여 적용하고, 그 이후 탄소세를 점차적으로 확대하여 이를 부채상환에 활용할 계획이다.⁷⁾ 이 입법안은 CBAM의 적용범위 및 운용방식을 규정하고 있다. 운용방식은 다양한 선택사항으로서 탄소세 및 탄소관세 중 수입업자가 EU배출권거래규제(Emission Trading Scheme: ETS)의 가격과 관련된 EU탄소국경조정제도의 배출권을 구매한 후에 이를 제출하는 방식을 채택하였다. 이는 제도의 설계에 따라서 보호무역으로 의제되면서 다른 국가와의 보복적인 대응방안이 될 우려가 있다. 따라서 EU위원회는 다양한 검토를 통하여 무역을 제한하지 않는 구조가 될 필요가 있다고 한다.

3) 탄소국경제도의 도입

(1) 배경

종래 ETS에 대한 순배출량의 무상할당조치⁸⁾가 탄소배출대책으로 효과적이면서 EU 대내외에서 더욱 친환경적 생산을 위한 투자를 촉진하는 유인책이 되지 않았기 때문에 그 개선방안으로 CBAM이 논의되었다(COM(2021) 550 final, p. 12). 특히 EU위원회는 Fit for 55를 공표한

6) Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999.

7) European Council, "Fit for 55", 2021. 7. 14.

8) 배출권 거래제는 친환경 설비투자 등 내부적인 저감을 통하여 배출량을 줄여 할당된 배출량보다 실제 배출량이 적은 경우 잉여배출권은 배출권 거래시장에 공급하고 배출허용량을 초과한 배출 주체는 초과배출량에 대하여 배출권을 시장에서 구매할 수 있는 제도이다. 주로 배출허용량은 매년 정부로부터 할당받고 배출허용량은 무상할당과 유상할당으로 분류하여 각 배출 주체에게 할당된다. 무상할당은 배출권 거래 도입에 따른 기업의 경제적인 영향을 줄이기 위하여 배출허용량을 무상으로 할당하는 제도이다. 철강, 화학, 반도체 등 무역집약도가 높고 배출권 거래제 이행에 따라 생산비용 발생도가 높은 업종은 배출허용량을 무상으로 할당한다.

2021년 7월 14일 CBAM에 관한 규칙안도 공표하였다(COM(2021) 564 final). CBAM은 종래 ETS에 대한 배출권의 시장가격 등을 고려한다는 점에서 ETS와 연관되는 제도로서 이는 탄소배출에 관한 대응방안으로서 기존 ETS제도의 배출범위에 대한 무상할당조치를 대체하는 것으로 볼 수 있다.

(2) 개념

EU위원회는 2021년 7월 14일 CBAM을 규율하면서 특정된 수입품을 수입업자에게 온실가스의 순배출량을 신고하도록 의무화하고 있으며, 이에 따른 CBAM의 증서를 구입하여 납부하도록 요구하고 있다. EU에서는 해당 수입품과 역내 생산품의 기후변화 대책비용 등을 동등하게 적용함으로써 국내외의 산업경쟁 조건을 공평하게 하고, 국제적으로 온실가스의 순배출량의 감축 및 EU의 산업경쟁력의 유지를 양립하고자 하였다. 특히 탄소국경세는 온실가스의 순배출량의 규제가 낮은 국가에서 높은 국가에 수출하는 경우에 적용되며, 이는 상품 및 서비스를 수출할 때 적용받는 무역관세로서 탄소이동에 관세를 부여하는 정책을 말한다. 제품을 생산하는 과정에서 배출된 탄소량을 검토 및 판단하여 수입품에 비용을 부여하는 것으로서 기존의 관세 이외에 추가로 지급하는 사실상의 관세라고 볼 수 있다. 또한 CBAM는 고탄소수입품에 추가관세의 비용을 부과하는 제도나 그 관세를 말하며, 해당 배출량에 따라 수입품에 부과되는 추가적 부과금이다. 국가별로 온실가스규제에는 실질적 차이가 있으며, 이를 이용하여 탄소배출규제가 높은 국가로부터 낮은 국가로 이전하는 탄소누출에 관한 대응방안이 마련될 필요가 있다.

(3) 법적 근거

「EU의 기능에 관한 조약」(TFEU) 제20장에서는 EU환경정책에 대하여 규정하고 있다(제191조 내지 제193조). 특히 EU기능조약 제192조는 입법절차에 대하여 규율하고 있으며, CBAM에 관한 규칙안은 EU기능조약 제192조 제1항을 법적 근거로 하고 있다.⁹⁾ EU탄소국경조정규칙안에 따르면, 수입업자 또는 그 대리인에게 온실가스 순배출량에 근거하여 해당 제도의 대상이 되는 수입품에 대하여 탄소국경조정증서를 수입국으로부터 구입하고,¹⁰⁾ 각 해마다 수입한 제품

9) EU탄소국경조정규칙안이 제안하는 탄소국경조정제도는 종래의 탄소배출권거래제도의 무상할당에 따른 탄소배출대체를 대체하고, EU 역내의 온실가스의 배출감축이 EU의 역외 배출량의 증가에 따라 상쇄되는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다(European Commission(2021), "Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism," COM(2021) 564 final, pp. 1, 3).

10) EU는 수입업자에게 수입상품에 대한 정보를 제공하도록 의무화하고, 해당 상품에 내재된 탄소배출량만큼 탄소국경조정증서(CBAM certificate)를 매입 및 제출하도록 의무화하고 있다(이천기·박지현·박혜리(2021), "EU 탄소국경조정 메커니즘에 대한 통상법적 분석 및 우리 산업에의 시사점", 「KIEP」, 21(15), p. 3).

의 수량과 그에 따른 온실가스의 순배출량을 신고한다. 그 후 탄소국경조정증서를 관할기관에 제공하는 것을 의무화하는 제도이다. 대상 수입품으로는 시멘트, 비료, 전력, 철강, 알루미늄 등이다. CBAM은 수입품의 가격추가방식에 해당하는 탄소배출규제정책이다. 탄소국경조정증서의 가격은 기존 ETS의 경매가격에 따라 결정된다.

(4) 단계적 도입

CBAM은 향후 단계적으로 도입될 것이다. 2023년부터 2025년까지는 이행단계로서 분기별로 수입에 관한 보고가 부과되지만, 탄소국경조정증서는 의무적으로 납부하여야 하고, 2026년에는 정식적으로 도입될 것이다. 그 이후에는 CBAM에 의한 세입은 EU 자체의 재원으로 EU예산에 편입된다. EU규칙은 EU회원국의 국내법에 우선하며, 각 회원국의 정부에 직접 적용되는 법적 효력을 가지기 때문에 EU탄소국경조정에 관한 규칙안이 시행하게 되면, CBAM은 EU의 역내 전체에 통일적으로 적용될 것이다. Fit for 55 중 하나인 ETS를 강화 및 확대하는 정책에는 대상이 되는 산업의 확대나 배출상한 인하 이외에 배출범위의 무상할당의 감축이 포함되어 있다. EU탄소배출권거래지침의 개정안은 CBAM의 대상이 되는 제품 제조시설에 대한 무상할당을 CBAM이 정식적으로 도입되는 2026년부터 2036년까지 10년간 단계적으로 감소할 것이라고 한다.¹¹⁾ 또한 ETS에서 배출범위의 무상할당에 따라서 탄소국경조정증서의 납부 의무가 조정된다(EU탄소국경조정규칙안 제31조). 그러므로 무상할당의 단계적인 감축과 함께 탄소누출대책이 CBAM으로 이행하게 된다.

(5) 도입 시 고려사항

CBAM은 탄소배출에 대한 대책이지만 해당 생산 품목의 수입을 제한하는 측면이나 다른 나라에 기후변화 대응을 강화시키는 압력으로 의제될 수 있다. 또한, CBAM은 무역마찰을 초래하거나 기후변화 대응의 국제적 공조를 위태롭게 할 수 있다. 다각적 자유무역을 추진하는 세계무역기구(WTO)의 이념 및 WTO 협정과의 정합성, 기후변화에 관한 협약¹²⁾에 따른 기후변화대책의 국제적인 체계와의 조화 등의 관점에서 국제사회의 이해를 얻거나 향후 정비될 세부적인 규정 등을 포함하여 공평성이나 실효성 있는 운영을 실현하는 등 CBAM의 도입에 관한 과제는 상당히 많다.

11) Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757, COM(2021) 551 final, pp. 18, 30.

12) 여기에는 국제연합기분협약(United Nations Framework Convention on Climate Change) 및 파리기후변화협약(Paris Climate Change Accord) 등이 있다.

3. EU탄소배출규제의 적정성 검토

1) 온실가스의 순배출량의 산출과 검증

EU위원회는 향후 CBAM의 구체적인 설계를 추진하고, 운영체제 등을 체계적으로 정비하여야 한다. 이는 온실가스의 순배출량 산출이나 원산국에서 지급 결제 부담의 공제에 대한 집행규정(implementing acts)의 정비나 검증을 포함한 실시체제를 준비하는 것을 의미한다. CBAM의 시행 이후에 이행 기간 중 EU탄소국경조정규칙안의 규정에 근거하여 제도 운용상의 필요한 재검토에 관한 보고서를 작성하여야 한다. 또한 본격적으로 도입될 때는 EU 역내 산업계의 반대가 있는 ETS에서 순배출범위의 무상할당조치의 단계적 감축에 대응하게 된다.

CBAM의 대상이 되는 수입품의 온실가스 순배출량은 실질적인 배출량을 원칙으로 하고, 만일 적절한 결정을 할 수 없는 때에는 기준치를 근거하여 산출된다. 어느 것이든 산출에 관한 세부적 내용은 EU위원회가 집행규정에서 규율하고 있고, 신고된 온실가스의 순배출량은 각각의 회원국이 인정한 기관에서 검증한다(EU탄소국경조정규칙안 제7조 및 제8조). 제품별 온실가스 순배출량에 관한 산출과 검증은 CBAM을 기준으로 하여 명확하고 공평하여야 한다. 이는 내국민대우나 최혜국대우의 관점에서 WTO 협정과의 정합성이 관계된다. 만일 사무의 부담이 지나치게 되면, CBAM을 안정적으로 운용하는 것이 곤란하게 되고, 무역상대국으로부터 무역의 기술적 장벽이라고 비판받을 우려가 있다. 그러므로 WTO시장접근위원회에서는 국제적으로 신뢰할 수 있는 온실가스의 순배출량의 산출 방법 및 검증 방법의 확립이나 CBAM의 정확성과 실시가능성의 균형의 확보에 대하여 관계국의 협력에 따라 국제적인 규칙의 형성이 필요하다고 주장한다. 이에 따라 EU위원회는 수입품의 온실가스 순배출량의 산출에 대하여 국제사회로부터 인정되는 집행규정을 적절하게 정비하고, 필요하고 충분한 검증을 요구하고 있다.¹³⁾

2) 원산국에서 지급결제의 부담의 공제

CBAM에서는 탄소국경조정증서의 납부의무에 대하여 원산국에서 지급한 탄소세 등의 공제를 신청할 수 있다. 여기서 공제의 계산방법은 EU위원회가 집행규정으로 규율한다(EU탄소국경조정규칙안 제9조). 원산국에서 지급결제의 부담에 온실가스 순배출량에 직접적으로 연동하는 탄소세나 순배출량의 거래가 포함되는 것이 예상되는 한편, 온실가스의 순배출량에 직접적으로 연동하지는 않는다. 다만 그 감축이나 저감에 효과가 있는 간접적 부담(예컨대, 각종 에너지과세,

13) USTR(2021), "U.S.-EU Trade and Technology Council Inaugural Joint Statement."

발전차액지원제도(Feed-in Tariffs) 부과금 및 각종 배출규제 등이 포함되는지 여부가 아직까지 명확하지 않다. 지급결제의 부담공제는 EU 역내제품과 수입제품에 대한 탄소가격제를 동일하게 하기 위한 조치로서 온실가스의 순배출량의 산출과 검증과 마찬가지로 그 내용은 내국민대우와 최혜국대우의 관점에서 WTO 협정과의 정합성이 관련되어 있다.

WTO시장접근위원회는 직접·간접적으로 지급결제의 부담을 고려하는 방향으로 검토되고 있으며, 미국에서는 CBAM에 대하여 탄소가격제를 비롯하여 각국 기후정책이 온실가스 순배출량의 감축을 달성하는 것에 초점을 맞추는 것이 중요하다고 판단하고 있다.¹⁴⁾ 원래 ETS에 대한 참가나 연동하는 ETS를 갖는 국가 등으로부터 수입된 제품에 대하여는 CBAM은 적용되지 않는다(EU탄소국경조정규칙안 제2조 제3항). 또한, 높은 탄소중립의 목표를 갖는 국가에 대하여 협정을 체결함으로써 적용하지 않는 것으로 의제할 수 있다는 대응방안이 마련되어 있다(COM(2021) 564 final, p. 22). 이러한 대응조치와 원산국에서 지급결제 부담의 계산방법의 정합성도 검토과제가 될 수 있다. 그러므로 EU위원회는 원산국에서 지급결제 부담의 계산방법에 대하여 국제사회가 받아들일 수 있는 집행규정을 정비할 필요가 있다.

3) 산출대상의 확장과 제도운영의 균형

EU위원회는 이행기간이 종료되는 2025년까지 온실가스 순배출량에 대한 산출대상의 확장과 제도운영에 대한 평가를 포함한 보고서를 EU의회 및 EU이사회에 각각 제출하여야 한다. 탄소배출을 방지하는 관점에서 온실가스의 순배출량 산출의 대상을 제조공정의 사용 연료에 의한 직접 배출로 한정하지 않고, 제조에 이용하는 전력 발전 등에 의한 간접배출과 수송 시의 연료사용 등에 따른 공급망과 관련된 배출에도 포함하는 것이 적당하다(COM(2021) 564 final, pp. 17, 22). 예컨대, 시멘트, 비료, 철강, 알루미늄 및 전력 이외의 제품을 해당 제도의 대상에 추가하는 검토도 필요하다. 다만 온실가스의 순배출량의 산출 대상 확장이나 엄격한 제도의 운용은 사회경제적으로 더 큰 부담을 초래하는 것이고, 이에 대응하는 EU 역내 제도의 개정이 필요하게 되면, EU 역내 산업의 부담도 증대할 수밖에 없다. 그러므로 해당 제도의 개정을 검토할 때는 온실가스의 순배출량의 감소효과의 향상 및 부담 증대와의 균형을 감안할 필요가 있으며, 그 내용에 대하여는 국내외 관계자의 이해를 구하는 것이 중요한 과제가 될 것이다.

14) U.S. Department of the Treasury(2021), "Remarks from Secretary of the Treasury Janet L. Yellen at the G20 Finance Ministers and Central Bank Governors Meeting's High Level Symposium on International Tax."

4) EU ETS의 배출범위의 무상할당조치의 감축

탄소배출대책을 CBAM으로 이행하기 위하여 CBAM이 정식적으로 도입되는 2026년 이후에 10년 동안은 ETS의 배출범위 무상할당 조치가 단계적으로 감축되거나 저감될 것으로 예상된다. 다만, 배출범위의 무상할당조치의 감축에는 비판도 있다. 예를 들면, EU철강협회(European Steel Association: EUROFER)는 의견공모 절차(public comment)에서 무역상대국의 제조자가 그 생산의 일부인 EU의 대상 수출에 대하여 CBAM의 비용을 부담하는 한편, EU 역내 제조자가 수출품을 포함한 생산의 전체에 대하여 온실가스의 순배출량의 감축 비용을 부담한다는 점을 지적하였다. 이는 CBAM의 도입과 관련하여 무상할당의 감축이 산업경쟁 조건의 형평성에 어긋난다는 것이다.¹⁵⁾

역내산업의 온실가스 순배출량 감축의 유인을 강화하고(COM(2021) 564 final, pp. 17, 22), ETS에 따른 세입의 증가를 환경지원정책에 충당할 수 있다는 의미에서 ETS의 배출범위의 무상할당 조치 삭감은 유익하다. 한편, 산업경쟁력 유지의 관점에서 효과가 부분적으로 되는 것은 부정할 수 없다. 역내 산업계는 ETS도 배출범위의 무상할당 조치의 삭감에 따른 부담증가가 산업경쟁력의 저하 및 온실가스 순배출량 삭감의 투자에 대한 침체가 될 것이다. EU탄소국경조정규칙안의 EU의회와 EU이사회에서의 채택을 위하여 관계자의 이해를 얻는 것이 중요하다.

Ⅲ. 탈탄소화기술규제평가체계의 구축

2020년 이후 EU를 비롯하여 국제적으로 탈탄소화가 중요한 의제로서 논의되고 있으며, 지속 가능한 발전목표(Sustainable Development Goals: SDGs) 및 ESG 등으로 인하여 모든 국가나 조직에서 탈탄소화기술에 대한 체계적인 논의가 이루어지고 있다. 이러한 탈탄소화기술은 신흥기술(Emerging Technology)¹⁶⁾으로써 혁신적인 신규성(radical novelty), 상대적으로 빠른 성장 속도, 일관성과 지속성, 현저한 영향력, 불확실성 및 모호성이라는 특징을 가진다. 이러한 신흥기술은 일반적으로 상대적으로 빠르게 성장하는 기술로서 일정한 정도 일관성을 가지고

15) EUROFER(2020), "Public consultation on carbon border adjustment(CBA): EUROFER's contribution on carbon border adjustment", pp. 1-4.

16) 신흥기술(Emerging Technology)은 실용화가 기대되는 개발상의 기술로서 바이오기술, 나노기술, 인공지능기술, 핀테크기술 등을 의미한다(윤혜선(2017), "신흥기술(emerging technologies)의 규제에 대한 몇 가지 고찰", 「경제규제와 법」, 10(1), pp. 9-10).

장기간 존속하고, 이해관계자의 구성이나 제도, 이해관계자와 제도 사이의 상호작용 등을 변화 시킴으로써 산업체계에 상당한 영향을 끼칠 수 있다.

그러므로 국제적으로 급격하게 논의되고 있는 이러한 탈탄소화기술을 국내 산업체계에 적절하게 수용하기 위하여는 무엇보다 안전성이나 보안 및 윤리적·법적·사회적 과제(Ethical, Legal and Social Issues: ELSI) 등에 대한 체계적인 검토가 필요하다. 예컨대, 친환경기술이 안전하거나 건강에 유익하다는 보장이 없음에도 불구하고, 건강, 환경 및 안전이라는 측면에서 상호 독립적 속성을 쉽게 연관시킬 수 있는데, 이는 무리한 해석이 될 수 있다. 따라서 탈탄소화기술이 국내에서 제도적으로나 정책적으로 추진되기 위하여 행정규제나 정책의 측면에서 논의되고 있는 규제영향분석(RIA)이나 탄소배출규제의 비용과 편익이나 온실가스 효과의 사회적 비용 등을 살펴볼 필요가 있다. 이하에서는 탈탄소화기술이 국내에 제도적으로나 정책적으로 도입하기 위하여 행정규제나 정책의 측면에서 검토하고자 한다. 따라서 탈탄소화기술이 신기술로서 검토되어야 할 논의(산업안전위생 등에 미치는 영향이나 국제적 차원에서의 논의될 수 있는 리스크와 거버넌스 문제)는 추후 검토하고자 한다. 그러므로 탈탄소화를 목적으로 한 규제의 초점에서 국제적으로 발생하는 실무상의 과제를 살펴보기 위하여 종래 미국에서의 탄소배출규제에 관한 사례를 중심으로 논의하고자 한다.

1. 규제영향분석(RIA)

1) 탈탄소화기술의 변수

탈탄소화기술은 양자기술과 AI기술 등과 같이 기술 자체의 특성에 따라 정의되는 것이 아니라, 달성된 목표에 따라 정의되는 것이기 때문에 해당 기술 자체를 탈탄소인지 정의하는 것이 쉽지 않다. 에너지에는 직접적인 에너지원인 1차 에너지와 1차 에너지에서 제조되는 2차 에너지가 있다. 전기나 수소는 후자에 포함된다. 전기나 수소를 사용할 경우에는 이산화탄소를 배출하지 않기 때문에 탈탄소화기술의 대표적인 것으로 보는 경우가 있지만, 이러한 2차 에너지기술이 실제로 탈탄소화기술인지를 확인하기 위하여 라이프사이클(Life Cycle) 전체의 탄소 배출량을 조사하여 필요한 정보를 얻는 것이 중요하다. 즉 원료가 되는 1차 에너지가 무엇이며, 어떻게 소비지역까지 운반되는지와 같은 정보를 얻는 것이 필수적이다. 이처럼 기술이 구현되는 문맥이나 어떠한 기술로 대체하느냐에 따라 탈탄소화의 정도는 크게 달라진다.

해당 기술이 탈탄소화인지 아닌지 혹은 탈탄소화의 정도가 어느 정도인지 전과정평가(Life

Cycle Assessment: LCA)를 적용해야 평가할 수 있다. 또한 탈탄소화기술은 표면적으로는 탄소 배출량이라는 하나의 변수로만 정의되어 있지만, 다른 변수에 대해서는 어디까지 고려하여야 할 것인지 명확하지 않다. 원재료의 채굴이나 수송에 있어서 안전성, 제조나 재활용의 현장에서 근로의 안전이나 위생, 유해화학물질의 배출, 탄소 배출량 이외에 고려하여야 할 변수가 상당히 많다는 것을 반드시 기억해야 한다. 이러한 변수들과 탈탄소화 사이에 위험의 균형이 존재한다면, 탈탄소화에 대한 단순한 의견은 의사결정에 유효하지 않을 수 있다.

2) 탈탄소화기술의 정책적 규제

탈탄소화를 정책적으로 규제하는 경우에는 해당 규제의 내용이나 강도가 적절한지 여부 등을 객관적으로 판단하는 기준이 필요하다. 이를 위한 규제 틀이 규제영향분석(RIA)이며, 해당 규제를 준수하기 위하여 필요한 비용으로 상정되는 효과나 편익 등을 사전에 가능한 한 정량적으로 나타내는 것이다. 증거에 근거한 정책결정(Evidence-Based Policy Making: EBPM)의 관점에서 주요국에서 규제나 정책의 의사결정에 활용되고 있다.

그러므로 국내의 탈탄소화 기술개발과 혁신의 촉진 등을 위하여 연구개발이나 사회경제적 상황에 대하여 금전적인 인센티브를 제공하는 것뿐 아니라, 대기 중의 탄소배출에 대하여 규제조치를 도입하는 것이 필요할 것이다. 특히 규제를 도입하는 경우에 이용할 수 있는 탈탄소화기술이 참조되는 동시에 규제의 도입 자체가 탈탄소화기술의 연구개발을 촉진하는 측면도 기대할 수 있다. 예를 들면, 발전소에서의 CO₂ 배출계수, 자동차나 건물의 연비 등을 규제하려는 경우에 규제의 내용이나 강도가 사회 전체적으로 적절한지의 여부는 규제를 채택하기 전에 실시되는 규제영향분석(RIA)에 의하여 판단될 수 있다.

규제영향분석(RIA)은 1980년대 초 미국에서 제도화된 이후에 OECD 회원국에서 다양한 형태로 제도화되었다. 미국에서는 1981년부터 건강, 안전, 환경 등과 같은 이른바 ‘사회적 규제’에 대하여 규제영향분석(RIA)을 의무적으로 실시하였다. 그 근거가 된 것은 대통령령 제12291호로서 1993년에 공포된 대통령령 제12866호로 대체되었고, 현재도 해당 규정이 계속 적용되고 있다.¹⁷⁾ 그중에 “각 행정기관은 의도하는 규제의 비용과 편익을 모두 평가하고, 일부 비용과 편익은 수량화가 어렵다는 것을 인식하면서 의도하는 규제의 편익이 그 비용을 정당화하는 취지의 합리적인 결정에 근거하여서만 규제를 제안하거나 채택하여야 한다”는 규정이 있다(Section

17) Executive Order 12866 of September 30, 1993, Regulatory Planning and Review, Federal Register, Vol. 58 No. 190, October 4, 1993, pp. 51735-51744.

1. (a)). 특히 국가 경제에 미치는 영향이 1억 달러 이상으로 예상되는 규제는 중요한 규제로서 상세한 비용과 편익의 견적이 요구된다(Section 3. (f)(1)).

규제영향분석(RIA)은 규제가 가져오는 긍정적 영향과 부정적 영향을 체계적으로 분석함으로써 보다 전문적 의사결정(informed decision)을 실시하기 위한 것으로 활용되고 있다. 우리나라의 규제영향분석제도는 1998년부터 도입되면서 규제체계를 갖추고 있으며, 신설 및 강화되는 규제에 적용되어 운영되고 있다. 우리나라의 규제영향분석제도는 비교적 다른 나라에 비해 제도적으로 잘 구축되었다는 평가를 받고 있으며, 우리나라의 규제정책이나 규제개혁에 중요한 역할을 해 온 것으로 평가된다. 규제정책과정에서 규제영향분석(RIA)의 기능은 우선 정책결정자와 입법자가 규제의 사회경제적·환경적 편익과 비용을 이해할 수 있도록 한다. 따라서 목적을 달성할 수 없는 규제와 편익을 상당히 초과하는 부정적 영향을 가진 규제의 도입을 피할 수 있도록 한다. 규제영향분석은 규제정책을 고안하는 데에 있어 다양한 대안을 식별할 수 있도록 하며, 규제의 편익을 최대화할 수 있도록 한다. 또한, 이해관계자와의 협의라는 측면에서 규제영향분석은 정책과정에서 의사소통을 향상시키고 투명성과 접근성을 증가시켜 준다는 의의가 있다.¹⁸⁾

3) 탄소배출규제에 관한 규제영향분석

탄소배출규제도 규제영향분석의 대상이 된다. 탈탄소화기술의 사회현황을 대상으로 하는 규제영향분석에서 규제준수 비용은 중요한 변수이다. 유해한 대기오염물질 등의 경우에는 사람에게 대한 노출의 크기가 위험의 크기에 수반되므로 사람들이 얼마나 해당 물질을 섭취하고 있는지를 견적하는 노출평가가 무엇보다 필수적이다. 이와 달리 탄소는 지구상 어디에서 배출하더라도 그 영향(탄소배출을 감축하면 효과로 볼 수 있다) 등은 동일하다고 고려해도 무방하다.

따라서 계산이 비교적 용이한 탄소 1톤의 배출을 감소하기 위하여 필요한 비용을 이용하여 가격이 적은 대응방안부터 순차적으로 도입할 필요가 있다. 이론상으로는 해당 대응방안이 가장 효율적인 온난화 대책이 될 수 있다. 이러한 1톤 배출감소비용은 경제학에서 한계 배출감소비용이라고 하며, 탄소배출감소를 추진함으로써 점차 확대하여 실시하고 있다. 정책을 추진함에 있어서는 어디까지 대책을 어디까지 추진해야 할 것인지에 대한 선 굵기가 필요하다. 그 선 굵기는 1톤의 탄소배출을 감소함으로써 얻을 수 있는 편익의 크기이다.

이를 살펴보기 위하여 최근 미국에서의 규제안이 공표된 탄소배출규제의 규제영향분석을

18) 최성락·이혜영(2020), “규제영향분석서 비용편익분석 부문의 실태에 관한 연구”, 「규제연구」, 29(1), pp. 5-6.

중심으로 논점을 정리할 필요가 있다. 신흥기술(emerging technologies)인 탈탄소화기술을 사회경제적으로 구현할 때 기존 규제가 장벽이 될 수 있기 때문에 규제의 완화가 필요할 수 있다. 이러한 신흥기술은 혁신적 신규성, 상대적으로 신속한 성장 속도, 일관성과 지속성, 현저한 영향력, 불확실성과 모호성이라는 특징을 공유한다. 신흥기술의 이러한 특징과 개별 신흥기술의 특수성, 기술융합 현상의 가속화 현상, 사회적·구조적·법적 현실은 기술혁신과 규제의 관계에 대한 성찰을 오늘날 더 강하게 요청하는 것으로 이해된다.¹⁹⁾

한편, 해당 규제 자체가 존재하지 않는 것이 탈탄소화기술의 적절한 이용에 방해가 될 수도 있고, 규제의 확충이 필요할 수도 있다. 이러한 양쪽의 측면들을 명확하게 분석할 수 있도록 규제영향분석을 비롯한 규제관리체계를 명확하게 검토할 필요가 있을 것이다.

2. 탄소배출규제의 비용과 편익

탄소는 온난화 계수가 CO₂보다 커서 전체적으로도 CO₂ 다음으로 지구온난화에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 조 바이든(Joe Biden) 미국 대통령은 취임 직후인 2021년 대통령령 제13990호로 「기후위기에 대처하기 위하여 공중위생과 환경을 보호하고 과학을 회복하는 것에 관한 대통령령」을 공포하였다. 이는 도널드 트럼프(Donald Trump) 정부에 도입된 모든 조치를 해당 대통령령 제1절에 정의된 환경정의(environmental justice)와의 정합성 관점에서 심사하여 문제가 있으면 정지나 개정 및 폐지를 검토할 것을 요청하였다.²⁰⁾

미국은 2021년 9월에 국제적으로 탄소배출량을 2030년까지 최소 30% 감축하는 것을 목표로 한다고 발표하였고, 영국의 글래스고에서 개최된 유엔기후변화협약 제26회 당사국총회(COP 26)에서 많은 국가가 이에 동참하였다.²¹⁾ 2021년 11월에 미국은 석유산업과 천연가스산업으로부터 탄소배출량을 억제하기 위하여 환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA)에 의한 탄소 배출규제안을 발표하였다.²²⁾ 이는 EU에서의 논의와 상당히 유사한 내용을

19) 윤혜선(2017), 앞의 논문, p. 7.

20) Executive Order 13990 of January 20, 2021, Protecting Public Health and the Environment and Restoring Science To Tackle the Climate Crisis, Federal Register, vol. 86 No. 14, January 25, 2021, pp. 7037-7043.

21) Patrick Wintour(2021), "Biden unveils pledge to slash global methane emissions by 30%," Guardian. <<http://www.theguardian.com/environment/2021/nov/02/joe-biden-plan-cut-global-methane-emissions-30-percent>>.

22) U. S. Environmental Protection Agency(2021), "EPA Proposes New Source Performance Standards Updates, Emissions Guidelines to Reduce Methane and Other Harmful Pollution from the Oil and Natural Gas Industry." <<http://www.epa.gov/controlling-air-pollution-oil-and-natural-gas-industry/epa-proposes-new-source-performance>>.

내포하고 있다.

미국 환경보호청(EPA)은 주정부가 기존의 탄소배출원에 대하여 시행해야 하는 모델규제정책을 규정한 「탄소배출가이드라인」을 제안하였다. 대기청정법(Clean Air Act)에서는 연방정부가 신규 탄소배출원을 직접적으로 규제할 수 있지만, 주정부에는 환경보호청(EPA)이 설정하는 최저기준에 따라서 기존의 탄소배출원을 규제할 권한이 부여되어 있다. 또한, 해당 규제에서는 연방정부가 제시한 새로운 최저기준의 대상이 되는 기존 시설들을 어떻게 규제할 것인지에 대하여 주정부가 어느 정도의 유연성을 갖도록 하였다. 하지만 주정부는 그 계획을 환경보호청(EPA)에 제출하여 승인을 얻어야 한다는 형식이기 때문에 이는 실질적으로는 연방정부의 규제를 준수하도록 한 것이라고 볼 수 있다.

해당 탄소배출원에 대한 규제안의 공표와 동시에 규제영향분석도 공표되어 비용과 편익 추계의 결과는 다음의 표와 같다. 특히 편익에 대해서는 세대를 초월한 영향인 것을 고려하여 장래에 발생할 비용이나 편익을 현재가치로써 환산하기 위한 할인율을 통상의 3%와 7%의 2종류가 아니라,²³⁾ 2.5%, 3%, 5% 및 3%의 95%의 가격의 4종류가 채택되어 있다. 여기서 3%의 수치가 대표적인 수치로 기재되고 있다.

한편, 규제준수 비용은 평소대로 3%와 7% 두 가지의 할인율로 계산되었다. 차감준수비용(순 준수비용)은 천연가스의 회수에서 얻는 수익을 준수비용에서 차감한 가격이 된다. 또한, 기후변화대응의 편익(기후편익)에서 이를 차감한 가격이 순편익(Net Benefits)이라고 한다. 결과는 할인된 현재가치(Present Value: PV)와 1년당 가치(Equivalent Annualized Value: EAV)의 두 가지로 나타났다. 기후변동대책의 편익(기후편익)을 계산할 경우의 단가이다. 탄소 1톤을 배출 감축하는 것과의 금전적인 가치는 탄소의 사회적 비용(SC-CH₄)이라고 한다.

〈표 1〉 탄소배출규제에 따른 편익과 비용의 추계(2023년 내지 2035년)

(단위: %, \$)

구분	3%의 할인율			
	PV	EAV	PV	EAV
기후편익	\$ 55,000	\$ 5,200	\$ 55,000	\$ 5,200

23) U. S. Office of Management and Budget(2003), Circular, A-4 “Regulatory Analysis.”
 〈http://obamawhitehouse.archives.gov/omb/circulars_a004_a-4/〉.

구분	3%의 할인율		7%의 할인율	
	PV	EAV	PV	EAV
순준수비용	\$ 7,200	\$ 680	\$ 6,300	\$ 760
준수비용	\$ 13,000	\$ 1,200	\$ 10,000	\$ 1,200
천연가스 회수에 따른 수익	\$ 5,500	\$ 520	\$ 3,900	\$ 470
순편익	\$ 48,000	\$ 4,500	\$ 49,000	\$ 4,500
정량화 및 금전가치화가 되지 않은 편익	<ul style="list-style-type: none"> • 메탄배출감소에 따른 오존상태 편익 • VOC 배출감소에 따른 PM 2.5 및 오존상태 편익 • HAP 배출감소에 따른 HAP상태 편익 • 시계의 개선에 따른 편익 • 식물에 대한 영향의 감소 			

자료: U. S. Environmental Protection Agency(2021), Regulatory Impact Analysis for the Proposed Standards of Performance for New, Reconstructed, and Modified Sources and Emissions Guidelines for Existing Sources: Oil and Natural Gas Sector Climate Review, EPA-452/R-21-003, pp. 1-13.

3. 온실효과가스의 사회적 비용

기후변화대책 중에서 경감 대책은 편익의 수혜자가 국제적인 것에 반해, 비용의 담당자가 국내가 된다는 비대칭성이 있다. 따라서 규제영향분석에서 채택하고 있는 비용편익분석의 범위가 항상 문제가 된다. 탄소배출대책의 편익은 통상 탄소배출 감소 톤수에 탄소배출 1톤 감소의 금전적인 가치를 곱함으로써 요구된다. 미국에서는 규제영향분석에서 정부 부처 간의 횡단적으로 이용할 수 있는 ‘탄소 배출 1톤 감소의 금전 가치’의 공식가치를 결정하기 위하여 정부 내에서 2009년에 정부 부처 실무단(Interagency Working Group: IWG)이 마련되었다. 또한, 2010년에 탄소의 사회적 비용(SC-CO₂)이 주요 3개의 통합평가모델에서 산출된 값의 평균값으로 공표되었고, 이는 2013년 해당 값이 갱신되었다.

이산화탄소 이외의 온실가스에 대하여 2016년에는 메탄의 사회적 비용(SC-CH₄)과 아산화질소의 사회적 비용(SC-N₂O)이 동일한 방법으로 산출되었다. 다만 트럼프 대통령은 2017년에 취임 직후 공포한 대통령령 제13783호에서 정부 부처 실무단(IWG)을 폐지한 후에 지구온난화 대책의 편익 추계 범위를 미국 내로 한정하였고, 할인율을 평소의 3%와 7%로 환원하는 형태로 SC-CO₂ 값을 변경하였다.²⁴⁾ 그 결과 SC-CO₂ 공식수치는 이전보다 한 자릿수 작아졌고, 기후

변화대책의 편익도 대략 한 자릿수 적게 잡게 되었다. 종래 버락 오바마 행정부에서 도입된 석탄 화력발전소의 CO₂배출규제가 트럼프 행정부에서 폐지되었지만, 양측 모두 규제영향분석을 이용하여 비용을 편익이 정당화한다고 주장하게 된 결과가 나왔다. 즉 오바마 행정부에서는 규제 도입의 편익이 트럼프 행정부에서는 규제 폐지의 편익이 비용을 상회한다는 비용편익분석 결과가 나타난 것이다. 2021년 1월에 바이든 대통령은 대통령령 제13990호를 공포함으로써 기존의 대통령령 제13783호를 폐지하면서 정부 부처 실무단을 회복하고, 최근의 논의를 이용함으로써 CO₂를 비롯한 온실가스의 사회적 비용의 공식수치를 갱신할 것을 요구하였다. 각종의 온실가스의 사회적 비용계산에 있어서 그 범위가 다시 국제적으로 확대되고 있으며, 할인율도 이전의 4종류로 환원되었다. 사회적 비용의 잠정치는 대통령령에 따라 2016년 수치에 근거하여 2021년 2월에 공표되었고, 규제평가분석에도 채택되었다.

IV. 맺음말

2020년 이후 EU는 ETS 등의 도입으로 환경정책과 산업정책전략을 동시에 발전하는 전략을 구축하고 있다. 종래 직선형 경제에서 순환경제로의 전환을 추진하기 위한 정책을 실시함으로써 국제사회나 EU 역내 합의의 형성이라는 법적 혹은 정치적 과제를 비롯하여 온실가스의 순배출량 산출 등의 상세한 제도의 설계와 체계적 운영이라는 기술적 과제를 구축하고 있다. 특히 CBAM은 대상 제품의 확대나 공급망 전체로의 확장이 검토과제이며, 미국에서도 CBAM의 도입의 법안이 제출되면서 탄소배출규제에 대한 논의가 국제적으로 점차 확대되고 있다. 따라서 세계무역에 있어서 탄소배출규제의 영향이 점차 커질 가능성에 유의할 필요가 있다.

2050년까지 기후중립을 목표로 하는 우리나라도 EU와 마찬가지로 기후변화대책에서 자국의 주장과 국제사회 연계를 조화시키고, 기후중립과 경제성장을 양립하려는 정책을 추진하고 있다. CBAM을 포함한 탄소가격제는 기후중립실현을 위한 정책적인 과제의 하나로 규정되어 있으며, 정부 내에서 대응방침을 수립하고 있다. CBAM에 대한 기본적인 견해는 EU환경정책에 정리되어 있고, 협의 등을 통하여 주요 탄소배출국이 그 능력에 따른 배출의 감소에 대응하도록 국제사회를 촉구하는 것이 일반적이다. 따라서 탄소국경조정조치에 대하여 그 도입 자체가 목적

24) Executive Order 13783 of March 28, 2017, Protecting Energy Independence and Economic Growth, Federal Register, vol. 82 No. 61, March 31, 2017, pp. 16093-16097.

이 되어야 하는 것이 아니라, 국제적인 무역에서의 악영향을 피하면서 세계 각국이 실효성 있는 기후변화대책을 추진하려는 유인이 되어야 할 것이다. 전략적 대응의 구체적인 방안으로서 탄소 배출량의 계측 및 평가 방법의 국제규칙을 형성하고, 동일한 체계를 구축하고 있는 국가와 연계 하는 것이 필요하다고 본다.²⁵⁾

그러므로 이 글에서는 탈탄소화기술과 탈탄소화를 목적으로 한 규제 조치의 도입이 진행될 것을 전망하고, 신기술과 사회 및 정책 사이의 격차 부분들을 중심으로 검토하였다. 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 탈탄소화기술을 국내 산업체계에 적절하게 수용하기 위하여 무엇보다 안전성이나 보안 및 윤리적·법적·사회적 과제(ELSI) 등에 대한 체계적인 검토가 필요하다. 따라서 탈탄소화기술이 국내에서 제도적으로나 정책적으로 추진되기 위하여 행정규제나 정책 등의 측면에서 논의되고 있는 규제영향분석(RIA)을 통하여 해당 규제를 준수하기 위하여 필요한 비용으로 상정되는 효과나 편익 등을 사전에 가능한 한 정량적으로 검토할 필요가 있다. 증거에 근거한 정책결정(EBPM)의 관점에서 주요국에서는 행정규제나 정책의 의사결정에 활용되고 있다. 이러한 규제영향분석은 규제정책을 고안하는 데에 있어서 다양한 대안을 식별할 수 있도록 하며, 규제의 편익을 최대화할 수 있도록 한다. 그리고 이해관계자와의 협의라는 측면에서 규제영향분석은 정책과정에서 의사소통을 확대하고 투명성과 접근성 등을 증가시켜 준다는 의미를 가진다. 신기술은 혁신적 신규성, 상대적으로 신속한 성장 속도, 일관성과 지속성, 현저한 영향력, 불확실성과 모호성이라는 특징을 공유하기 때문에 불확실한 변수를 줄이고, 다양한 측면의 규제영향분석을 실시함으로써 체계적인 행정규제 및 정책들을 도입할 수 있을 것이다.

둘째, 미국에서의 규제안이 공표된 탄소배출규제의 규제영향분석을 중심으로 논점들을 정리할 필요가 있다. EU뿐 아니라, 미국도 2021년 9월에 국제적으로 탄소배출량을 2030년까지 최소 30% 감축하는 것을 목표로 한다고 발표하였고, 영국의 글래스고에서 개최된 유엔기후변화협약 제26회 당사국총회(COP 26)에서 많은 국가가 이에 동참하고 있다. 특히 미국 환경보호청(EPA)은 주정부가 기존의 탄소배출원에 대하여 시행해야 하는 모델규제정책을 규정한 탄소배출가이드라인을 제안하였으며, 주정부에도 실질적으로 참여를 요구하고 있다. 이를 근간으로 해당 탄소배출원에 대한 규제안의 공표와 동시에 규제영향분석도 공표되어 비용과 편익추계의 결과를 도출하였다. 트럼프 행정부를 제외하고, 미국에서는 정부 부처 실무단을 추진하고 있는

25) 김성화(2022), 앞의 논문, p. 121.

며, 비용계산에 있어서 할인율 등의 수치가 종전대로 환원되고 있다.

셋째, 기후변화대책 중에서 경감대책은 편익의 수혜자가 국제적인 것에 반해, 비용의 담당자가 국내가 된다는 비대칭성이 있다. 따라서 규제영향분석에서 채택하고 있는 비용편익분석의 범위가 항상 문제가 될 수 있다. 미국에서는 최근 논의를 이용함으로써 CO₂를 비롯한 온실가스의 사회적 비용의 공식수치를 갱신할 것을 요구하였다. 각종 온실가스의 사회적 비용계산에 있어서 그 범위가 다시 국제적으로 확대되고 있으며, 할인율도 이전의 4종류로 환원되었다. 사회적 비용의 잠정치는 대통령령에 따라 2016년 수치에 근거하여 2021년 2월에 공표되었고, 규제평가분석에도 채택되었다.

신흥기술인 탈탄소화기술은 일반적으로 상대적으로 빠르게 성장하는 기술로서 일정한 정도 일관성을 가지고 장기간 존속하고, 이해관계자의 구성이나 제도, 이해관계자와 제도의 상호작용 등을 변화시킴으로써 산업체계에 상당한 영향을 끼칠 수 있다. 그러므로 탈탄소화기술과 사회 혹은 탈탄소화기술과 정책 사이의 간극을 좁히고, 그 간극을 보완하기 위한 다양한 분석방법을 고려할 필요가 있다. 규제조치를 이용할 경우에는 규제영향평가를 활용하여야 할 것이다. 탄소배출의 억제를 대상으로 하는 규제에 대하여는 1톤 배출감소비용이 효과적인 지표가 될 수 있고, 그 효과의 범위나 할인율 가격 등에 대한 쟁점이 있는 것을 고려하여야 할 것이다. EU를 비롯하여 미국 등의 주요국에서 탈탄소화규제나 정책이 확대됨에 따라 이에 대한 우리 정부의 대응이 시급한 실정이다. 무엇보다 이러한 제도를 구축하고 운영하기 위하여 신흥기술의 도입과 활용에 관한 규제의 설계, 도입, 집행, 평가, 개정 및 폐지 등 규제 단계에서 적절한 민주적 절차와 이해관계자의 참여를 통하여 각각의 의사결정에 대한 절차적 정당성을 확보하여야 할 것이다. 신흥기술의 규제는 궁극적으로 선택의 문제이고 타협의 산물이다. 기술혁신이라는 중요한 공익이 기본권 보호 등 다른 동등하게 중요한 가치들과 충돌하는 경우에 이를 조정하는 과정에서 합리적인 이유와 명백한 증거가 없는 한 신흥기술을 차별하지 않기 위하여 객관적인 규제평가분석체계가 구축되어야 할 것이다.²⁶⁾

26) 윤혜선(2017), 앞의 논문, pp. 18-19.

참고문헌

- 김성화(2022), “EU탄소국경조정제도의 제도적 특징과 WTO협정의 정합성”, 「무역구제연구」, 64.
- 윤혜선(2017), “신흥기술(emerging technologies)의 규제에 대한 몇 가지 고찰”, 「경제규제와 법」, 10(1).
- 이천기·박지현·박혜리(2021), “EU 탄소국경조정 메커니즘에 대한통상법적 분석 및 우리 산업에의 시사점”, 「KIEP」, 21(15).
- 최성락·이혜영(2020), “규제영향분석서 비용편익분석 부문의 실태에 관한 연구”, 「규제연구」, 29(1).
- Council of the EU(2021), “Council adopts European climate law.”
- European Commission(2019A), “The European Green Deal”, COM(2019) 640 final.
- European Commission(2019B), “The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people’s health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind.”
- European Commission(2020A), “A New Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe”, COM(2020) 98 final.
- European Commission(2020B), “Amended proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law),” COM(2020) 563 final.
- European Commission(2020C), “Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers.”
- European Commission(2020D), “Committing to climate-neutrality by 2050: Commission proposes European Climate Law and consults on the European Climate Pact.”
- European Commission(2020E), “Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law),” COM(2020) 80 final.
- European Commission(2020F), “State of the Union: Commission raises climate ambition and proposes 55% cut in emissions by 2030.”
- European Commission(2021A), “Fit for 55: delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality,” COM(2021) 550 final.
- European Commission(2021B), “Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757,” COM(2021) 551 final.
- European Commission(2021C), “Proposal for a Regulation of the European Parliament and of

the Council establishing a carbon border adjustment mechanism,” COM(2021) 564 final.
European Council(2020), “European Council meeting(10 and 11 December 2020)- Conclusions.”
European Council(2021), “Fit for 55.”
European Parliament(2021), “EU Climate Law: MEPs confirm deal on climate neutrality by 2050.”
EUROFER(2020), “Public consultation on carbon border adjustment(CBA): EUROFER’s contribution on carbon border adjustment.”
USTR(2021), “U.S.-EU Trade and Technology Council Inaugural Joint Statement.”
U.S. Department of the Treasury(2021), “Remarks from Secretary of the Treasury Janet L. Yellen at the G20 Finance Ministers and Central Bank Governors Meeting’s High Level Symposium on International Tax.”

EU Carbon Regulation and Evaluation of Decarbonization Technology Regulation

Kim, Sung-Hwa

- Abstract -

The EU Commission announced a new industrial strategy and single market policy in March 2020, and a bill on the EU Carbon Border Adjustment Rule in July 2021. These EU industrial policies aim to change the existing economic system and social perception of the climate crisis. The transition of EU industrial regulations, has a significant impact internationally, so it is necessary to systematically establish regulatory measures for decarbonization technology in Korea. To this end, above all, a detailed review through Regulatory Impact Analysis (RIA) is needed on trends and impact assessments of product-related systems that may be affected by the introduction of a de-carbon border tax. Therefore, after examining the main contents of the EU carbon emission trading system, regulatory impact analysis (RIA), carbon emission regulations, and social costs of greenhouse gases were systematically reviewed as necessary social tasks for building and developing domestic decarbonization technology.

Key words EU Carbon Border Adjustment Mechanism, EU Emissions Trading Scheme, carbon neutrality, carbon leakage, Emerging Technologies, Regulatory Impact Analysis

| 논문 |

아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 중견기업의 기술진화

기계산업 사례를 중심으로

곽 기 호

부경대학교 기술경영전문대학원 부교수

TECHNOLOGY POLICY
MECHANICAL ENGINEERING

아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 중견기업의 기술진화

- 기계산업 사례를 중심으로 -

곽기호*

- 초 록 -

우리나라 기계산업은 기술 및 시장 개발에 필요한 자원이 부족한 상태에서 시작하였기에 독자적으로 창업한 기업 중 소수만 글로벌 경쟁력을 확보하는 데 성공하였다. 이에 따라 선택적 사례연구 및 이론적 프레임워크에 기반하여 기업의 성장 과정을 이해하기 위한 시도가 필요하다. 이에 따라 본 연구에서는 제품 아키텍처 포지셔닝 전략론에 근거하여 기계분야 중견기업의 기술진화 사례를 역사적으로 고찰하고 시사점을 도출하고자 한다. 플라스틱 사출성형기 분야 A 기업에 대한 사례연구 결과, 해당 기업은 시장 지식 중 경쟁사 지식 획득으로 확인된 '내부 모듈라-외부 모듈라'를 시작으로 비교적 낮은 수준의 기술 내재화를 통한 고객화 달성과 같은 '내부 인테그랄-외부 인테그랄', 고객 지식 획득을 통한 고객화 능력 제고를 의미하는 '내부 모듈라-외부 인테그랄'을 거쳐 최종적으로 높은 수준의 기술 내재화를 통해 독자성을 가진 대량 고객화 능력을 확보한 기업(내부 인테그랄-외부 모듈라)으로 진화 중임을 확인하였다. 본 연구는 아키텍처 포지셔닝 전략의 관점에서 우리나라 기계산업 내 중견기업의 기술진화를 종단적으로 살펴보았다는 점에서 그 의미가 있다.

주 제 어 제품 아키텍처, 아키텍처 포지셔닝 전략, 중견기업, 기계산업, 시장 지식

논문접수일 2022년 10월 14일 수정논문 제출일 2022년 11월 15일 게재확정일 2022년 11월 25일

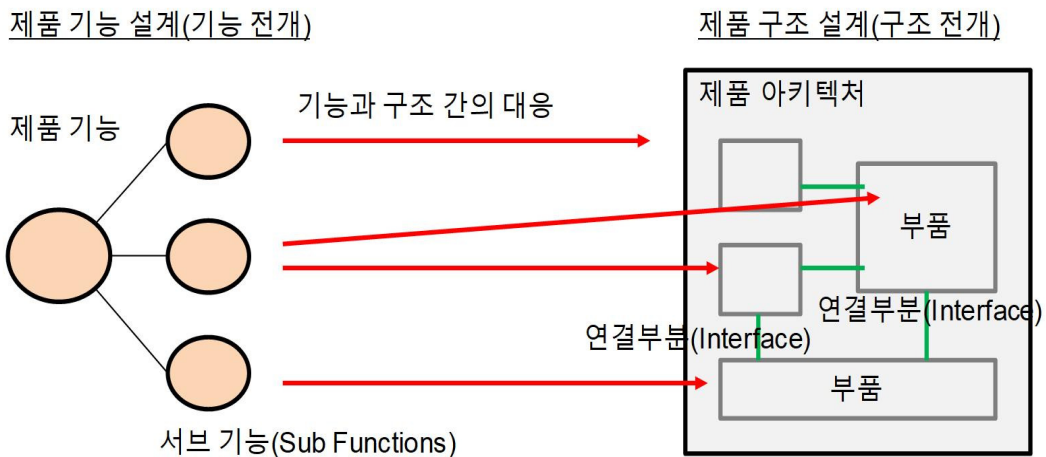
* 부경대학교 기술경영전문대학원 부교수, cloudnine@pknu.ac.kr

I. 서론

1. 제품 아키텍처 개념과 유형

제품 아키텍처(Product Architecture)는 제품의 기능적 요소의 배열(Arrangement), 기능적 요소와 제품 내 물리적 부품 사이의 대응 관계(Mapping), 그리고 물리적 부품 간 상호의존성(Interdependence)이 발생하는 인터페이스(Interface)의 사양(Specification)을 결정하는 제품 설계 계획(Scheme)으로 정의할 수 있다(Ulrich, 1995; 藤本隆宏 외, 2001; 이광호 외, 2007). 이는 아래 [그림 1]과 같이 하나의 제품은 다양한 세부 기능을 구현하기 위해 각 부품에 특정 세부 기능을 배분하며, 부품 간의 연결 부분, 즉 인터페이스에 대한 설계 규칙을 갖는 특유의 아키텍처를 갖는다고 볼 수 있다(藤本隆宏 외, 2001). 특히 인터페이스는 제품 기능 수행을 위해 필요한 부품 간 상호작용(Interaction)과 관련한 설계 규칙이자 기술적 사양으로 정의할 수 있는데(Chen and Liu, 2005; Sosa et al., 2003), 그 유형은 에너지 교환(열, 전기 등), 재료 교환(기체, 유체), 정보 교환(신호 및 제어), 구조적 교환(부하), 기하학적 매칭(Geometric Matching, 정렬, 조립 등)으로 구분할 수 있다(Chen and Liu, 2005; Sosa et al., 2003).

[그림 1] 제품 아키텍처의 개념 이해

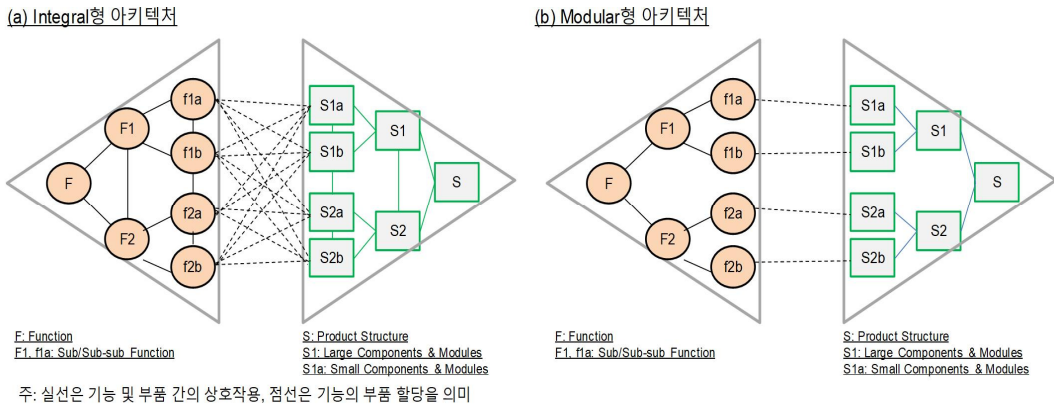


자료: 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一(2001)

이러한 제품 아키텍처는 기능과 부품 간의 대응 관계의 복잡성 정도와 인터페이스의 표준화 정도에 따라 모듈라형(Modular)과 인테그랄형(Integral)으로 구분 가능하다(Ulrich, 1995).

먼저 모듈라형은 기능과 부품 간 대응 관계가 단순하면서 부품 간 인터페이스가 단순 (de-coupled, simple) 하거나 표준화(standardized) 되어 있는 경우로 조합형 아키텍처라고도 부른다. 반면 인테그랄형은 기능적 요소와 물리적 부품 간 대응 관계가 복잡하거나 부품 간 인터페이스가 복잡(coupled, complex)해서 표준화되어 있지 않은 경우(not standardized)로 통합형, 미세조정형, 조율형 아키텍처라고도 부른다. 여기에 Shibata et al.(2005)은 인터페이스 표준화를 특정 기업 내에서만 표준화된 경우와 사용자를 포함한 산업 전반에 널리 공유될 정도로 표준화된 경우로 나누고, 이에 따라 모듈라형 아키텍처를 개방형(Open)과 폐쇄형(Closed)으로 나누었다.¹⁾ 이는 [그림 2]와 <표 1>을 통해 보다 쉽게 이해할 수 있다.

[그림 2] 제품 아키텍처의 유형



자료: Takeishi and Fujimoto(2001)

<표 1> 설계 방식의 유형과 개방 정도에 따른 제품 아키텍처 유형

		부품 설계 간 상호 의존도	
		Integral(미세조정형)	Modular(모듈라형)
기업 경계 초월 여부	Closed (사내 표준 한정)	Closed Integral 승용차, 오토바이, 경박단소형 가전제품, 게임 소프트웨어, 항공기, 펌웨어	Closed Modular 공작기계, Lego, 메인프레임 컴퓨터, Package Software (소스코드 비공개)
	Open (업계 표준)		Open Modular PC, Package Software (소스코드 공개), 자전거, 인터넷, 상용차(트럭), LCD TV 등

자료: Shibata et al.(2005), 고기영 외(2009) 등 참고하여 저자 작성

1) 통합형 아키텍처는 정의 상 인터페이스가 표준화되어 있지 않기 때문에 폐쇄형(Closed)만 존재함.

이처럼 인터페이스 표준화 정도와 부품 간 대응 관계 복잡성 정도에 따른 제품 아키텍처 유형 분류는 상당히 직관적이다. 그러나 이러한 유형 분류의 기준이 되는 ‘정도(Degree)’는 상대적 특성임을 유의할 필요가 있다. 즉 다시 말해 존재하는 모든 제품의 아키텍처 유형은 [그림 1]에서 제시한 극단적 인테그랄형 아키텍처(모든 기능과 모든 부품이 대응)와 극단적 모듈라형 아키텍처(기능과 부품이 1:1 대응)의 사이에 존재한다(Fixson and Park, 2008). 이에 따라 동일 제품군 내에서도 특정 제품의 아키텍처는 다른 제품과의 상대적 비교를 통해 이해할 수 있다(Campagnolo and Camuffo, 2010). Baldwin and Clark(2000)에서는 모듈을 구성 부품 간 강력하게 상호 연결되어 있으나, 다른 개체의 구성 부품과는 상대적으로 약하게 연결된 하나의 독립된 유닛으로 정의하고, 이와 같은 모듈로의 분화가 심화 현상을 아키텍처의 모듈화(Modularization)로 인식하였다(김기찬, 2003).

2. 아키텍처 포지셔닝 전략

아키텍처 포지셔닝 전략(Architecture Positioning Strategy)은 앞서 살펴본 제품 아키텍처에 대한 이해에 제품의 계층적 특성(Hierarchy)을 반영한 개념으로 부품(공급사)과 완제품(고객사)의 아키텍처 유형에 따라 4가지 포지셔닝으로 분류할 수 있다(Fujimoto, 2002). 4가지 포지셔닝은 아래 <표 2>와 같이 기존의 모듈라형·인테그랄형 분류에 부품을 내부(Inside), 완제품을 외부(Outside)로 인식함으로써 가능한데, 먼저 (1) 내부 인테그랄 - 외부 인테그랄(Integral Inside-Integral Outside)은 부품(내부) 아키텍처가 인테그랄형이고 부품을 사용하는 고객 완제품(외부)도 인테그랄형인 경우로 해당 부품이 특정 전방 산업의 완제품에서만 사용하기 위해 특별히 설계된 경우가 많다. 이러한 경우 고객에 대한 철저한 맞춤 대응 전략이 경쟁 우위로 작용할 수 있으나 양산 효과의 미흡, 가격 설정 권한의 한계로 인해 낮은 수익성에 직면할 수 있다(고기영 외, 2009).

두 번째로 (2) 내부 인테그랄-외부 모듈라(Integral Inside-Modular Outside)는 부품의 아키텍처는 인테그랄형이나 상위 완제품의 아키텍처는 모듈라형인 경우로, 완제품을 구성하는 타 기업의 타 부품과의 인터페이스가 표준화되어 있어 다양한 전방 기업에 판매가 가능한 장점이 있다. 다시 말해 부품의 아키텍처가 인테그랄형이라는 관점에서 첫 번째 포지셔닝과 동일하나 규모의 경제 효과, 공급사 교섭력 등에 큰 차이가 있어 높은 수익률을 올릴 수 있다(고기영 외, 2009). 따라서 본 포지셔닝은 부품 공급사 입장에서 ‘독자성이 있는 범용품’을 추구하는 형태로 이해할 수 있다.

세 번째 포지셔닝인 (3) 내부 모듈라-외부 인테그랄(Modular Inside-Integral Outside)은 부품 자체는 모듈라형으로 설계·개발되었으나 이를 부품으로 사용하는 고객의 완제품은 인테그랄형인 경우이다. 사내 또는 업계 표준 부품을 활용하나, 완제품 조립 단계에서 고객화(Customized)를 통해 경쟁 기업에 비해 원가 우위와 차별화를 달성하고자 하는 포지셔닝으로 GE·롤스로이스의 항공기 엔진(항공사 별 니즈 대응), 주문 생산형 공작기계 및 반도체·디스플레이 장비, IT 분야의 SI(System Integration) 등이 주요 사례라 하겠다. 본 포지셔닝은 부품 공급사 입장에서 소수의 대규모 수요처 확보 및 그들과 장기 및 긴밀한 거래 관계 유지 시 지속적 성장이 가능한 분야라 하겠다(Kwak et al., 2018).

마지막 포지셔닝인 (4) 내부 모듈라-외부 모듈라는 부품과 완제품 모두 모듈형 아키텍처를 갖는 경우로 부품 공급사 관점에서 공용·표준 부품 생산과 다양한 전방 산업으로의 판매를 통한 이중의 양산 효과를 획득하는 것이 핵심이다. 그렇지 않으면 가격 경쟁력이 치열하기 때문에 이익을 회수하기 힘들다. 대표적인 사례가 PC와 스마트폰 애플리케이션이다. 특히 PC는 CPU, 하드디스크 메모리, 모니터, 키보드 및 마우스 등의 부품이 기능적으로 거의 완전히 독립적이며, 각 구성 요소 간 인터페이스는 비교적 단순하다는 특징이 있다(고기영 외, 2009).

〈표 2〉 아키텍처 포지셔닝 유형별 주요 특징

		고객 제품의 아키텍처	
		Integral(미세조정형)	Modular(모듈라형)
자사 제품 아키텍처	Integral (미세조정형)	(1) Integral Inside-Integral Outside <ul style="list-style-type: none"> • “보다 철저한 맞춤 대응 전략” • 해당 제품 또는 부품이 특정 전방산업의 제품이나 시스템에 사용하기 위해 특별히 설계된 부품 • 고객에 대한 철저한 맞춤 대응 전략을 경쟁우위로 활용 • 특정 상위 시스템에만 사용되는 특수 부품이라서 양산 효과가 충분히 발휘되지 못하고 가격설정 권한에 한계가 있음(낮은 수익성, 이윤이 박한 편, 거래 관계 종속) • 기술 축적, 생산 역량 확보에 따른 타 산업으로의 기술 Spin-off 기대 가능 • M&A를 통한 제품 다각화, 성장 추구 필요 • Ex) 시마노의 자동차용 냉간단조 부품(자동차 부품), 산업용 임베디드 SW 	(2) Integral Inside-Modular Outside <ul style="list-style-type: none"> • “독자적인 범용품 전략” • 특정 수요 기업에 종속되지 않고 다양한 전방 산업의 범용/표준 부품으로 판매 • 양산 효과, 가격 설정에 대한 권한 등으로 높은 수익률 달성 • 독자성이 있는 범용품 추구: 가격 경쟁을 피하고 타사가 모방할 수 없는 제품 차별화 <ul style="list-style-type: none"> - 표준부품 개발에 성공 시, 과감하고 신속한 대규모 투자를 통한 비용우위 확보가 중요 • 범용/표준 부품 개발의 기초는 (1) Integral Inside-Integral Outside 영역에서 고객 요구에 맞춤 대응하는 과정에서 생성 • Ex) 시마노 자전거 기어, 인텔 MPU, 무라타 제작소의 세라믹 콘덴서 • 후발주자 추격이 어려운 분야

		고객 제품의 아키텍처	
		Integral(미세조정형)	Modular(모듈라형)
Modular (모듈라형)	(3) Modular Inside-Integral Outside	<ul style="list-style-type: none"> • “모듈라형 맞춤 대응 전략” • Customized 제품을 경쟁 업체에 비해 싸게 공급, 고객 니즈에 부응 • Customization 능력이 핵심: 대규모 수요처 확보 및 장기 및 긴밀한 거래 관계 유지 시 지속적 성장 가능 • Ex) GE, 롤스로이스의 제트 엔진, 키엔스의 계측기기, 주문 생산형 공작기계, 반도체/디스플레이 장비 	(4) Modular Inside-Modular Outside
		<ul style="list-style-type: none"> • “대량생산을 통한 저비용 전략” • 공용·표준 부품 생산과 다양한 전방 산업에 판매를 통한 이중의 양산 효과 획득 • 대량 생산에 의한 원가 경쟁력이 핵심 경쟁 우위로 작용: 압도적인 저비용 구조를 가지고 있지 않으면 높은 수익을 확보할 수 없다는 문제 노정 • Ex) 범용 PC, 범용기계 등 	

자료: 고기영 외(2009), 광기호, 김갑수(2012) 등 참고하여 저자 작성

전술한 바와 같이 아키텍처 포지셔닝 전략의 핵심은 부품 공급사의 입장에서 어떠한 포지셔닝이 높은 수익성을 달성할 수 있는지를 이해하고 해당 포지셔닝이 현재 사업을 영위하고 있는 산업에서 적용할 수 있는지 이해하는 데에 있다. 다시 말해 고객 및 전방 제품의 아키텍처에 대한 대응 능력에 따라 기업의 성과가 달라질 수 있음을 인식하고, 수익성 극대화를 위한 기술 역량, 조직 능력의 구축, 그리고 비즈니스 모델의 전환이 필요함을 제시하는 개념이다. 동시에 완제품 생산기업 관점에서는 경쟁사의 아키텍처 포지셔닝 전략을 파악하고, 자사의 아키텍처 포지셔닝 전략이 시장 지배력을 강화하는데 효과적인지 판단하는데 중요한 시사점을 얻을 수 있다. 관련하여 광기호(2019)에서는 승용차 아키텍처의 모듈화를 주장하고 완성차 업체와 부품(모듈) 업체 모두 ‘내부 모듈라-외부 인테그랄’과 ‘내부 인테그랄-외부 모듈라’ 포지셔닝 전략을 병행 추진하는 것이 로컬 및 글로벌 가치사슬상 협상력을 강화하고 수익성을 제고하는데 중요함을 강조한 바 있다.

3. 연구목적 및 방법

본 연구는 앞서 살펴본 제품 아키텍처 포지셔닝 전략을 활용하여 플라스틱 사출성형기 분야 글로벌 중견기업으로 성장한 국내 기업의 기술진화 과정을 역사적으로 고찰하고 시사점을 도출하는데 있다. 국내 기계산업은 자본과 기술이 부족한 상태에서 출발, 기술 추격 과정을 거쳐 오늘날 세계 6위의 생산국으로 성장하였다(광기호, 2017). 이러한 점에서 기술 추격 과정에서 부족한 자원을 어떻게 극복하였는지를 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 이해하기 위한 시도는

의의가 크다 하겠다.

이를 위해 본 연구는 1985년 창업 이후 연평균 매출 2,000억 원의 중견기업으로 거듭난 국내 플라스틱 사출성형기 분야 선도기업인 A社에 대한 사례연구를 수행하였다. A社는 2001년 500만불 수출의 탑 수상을 시작으로 2006년 6월 유가증권시장 상장, 2011년 World Class 300기업 선정, 2017년 1억불 수출의 탑 수상, 세계 10위권의 매출을 달성하는 등 매우 빠른 성장을 달성하며 업종 내 대표기업이자 시장 점유율 1위 기업으로 자리매김하였다. 이러한 A社의 성장은 점진적 혁신, 낮은 기술적 기회로 인해 후발주자 추격이 어려운 기계산업의 특성을 고려하였을 때, 기존 이론으로 설명이 어려운 독특한 사례(Unusual)로 볼 수 있다(곽기호, 2017; Kwak et al., 2018). 따라서 A社의 성장을 종단적(Longitudinal)으로 고찰하는 본 사례연구는 기계 분야 우수 중견기업의 전형을 선택함으로써 대표성(Common)을 확보했고, 동시에 그간 이론적 접근이 어려웠던 기술진화 현상(Revelatory)을 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 새로이 설명(Critical)한다는 점에서 의의를 찾을 수 있다(Yin, 2014).

본 연구에 활용된 자료는 A社의 대표이사 및 중간관리자 2인, 연구 담당 임원 2인에 대한 인터뷰(1차 자료)와 A社 관련 신문 기사, 산업·시장 보고서, 증권사 기업 분석 리포트 등의 2차 자료를 망라한다. 이와 같은 삼각측정법(Data Triangulation)의 활용은 A社 관련 실증의 연쇄(Chain of Evidence)를 구축함으로써 본 연구의 개념 타당성(Construct Validity)과 신뢰성(Reliability)을 높이는 데 기여하였다(Yin, 2014). 더불어 창업 후 현재에 이르는 약 40년에 걸친 기간에서 관련 자료를 수집, 분석하였다는 점에서 본 연구는 내적 타당성(Internal Validity) 확보에도 많은 노력을 기울였다.

II. 플라스틱 사출성형기 산업 동향과 제품 아키텍처

1. 플라스틱 사출성형기 산업 동향

플라스틱 사출 성형기(이하 플라스틱 사출기)는 용융상태(가소화)의 플라스틱 수지에 사출압력을 가해 폐쇄된 금형(Mould)에 고속으로 유입시킨 다음 이를 냉각, 고화시켜 원하는 플라스틱 제품을 만드는 기계이다. 다양한 플라스틱 제품을 제조하기 때문에 전방산업 또한 전기전자, 통신, 문구완구, 자동차, 의료기기, 생활용품 등으로 매우 다양하다. 세계 플라스틱 사출기 시장

규모는 2018년 150.2억 달러에서 연평균 2.9% 성장하여 2023년에는 173.3억 달러에 이를 것으로 전망된 바 있다(표 3). 구동 방식²⁾에 따라서는 2018년 현재 유압식이 약 53%, 전동식이 28%, 하이브리드식이 약 19%의 점유율을 기록하고 있다. 2010년대 초 당시 정밀 성형 및 환경 규제 강화에 따라 전동식의 비중이 2020년대 절반 이상으로 확대될 것으로 예상하였으나, 현재는 그에 미치지 못한다. 한편 국내 시장규모는 2022년 현재 약 8,000억원 이다(뉴스투데이, 2022).

〈표 3〉 글로벌 플라스틱 사출성형기 시장 규모 추이(조 원)

	2000	2010	2015	2018	2023(F)
시장 규모	4.5	12.9	15.3	16.8	21.6

주: 2023년 환율은 달러당 1,250원으로 가정하여 산출

자료: 연구개발특구진흥재단(2020), 한국투자증권(2015) 자료 참고하여 재구성

지역별 시장 규모는 중국이 전 세계 시장의 약 40%를 차지하며 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 최대 수출·생산 국가는 독일이다. 독일을 비롯한 스위스, 오스트리아, 이태리 등의 서유럽 국가가 유압식 사출기에서 기술 경쟁력 우위를 보이는 가운데 일본의 경우 전동식 사출기에 높은 경쟁력을 보유하고 있으며, 중국의 경우 자국 시장의 수요를 바탕으로 저장성의 타이저우(台州), 닝보(寧波), 광둥성의 순더(順德) 지역에 사출기 제조업이 집적되어 있다. 주요 업체로는 중국의 Haitian과 Chen Hsong, L.K Group이 있으며, 유럽지역은 오스트리아의 Engel, 독일의 Battenfeld, Arburg, Krauss-Maffei, Desma, Ferromatik Milacron, 스위스의 Nestal Maschinen, 이태리의 Negri Bossi, Presma 등이 유명하다. 일본의 경우 CNC 생산 업체로 유명한 Fanuc과 Sumitomo-Demag, JSW(일본제강소), Toshiba, Mitsubishi, Ube, MEIKI 등에서 전전동식 제품을 위주로 생산하고 있다. 북미지역은 캐나다의 Husky가 패트병 프리폼 사출 성형기에서 지배적인 위치를 차지하고 있다.

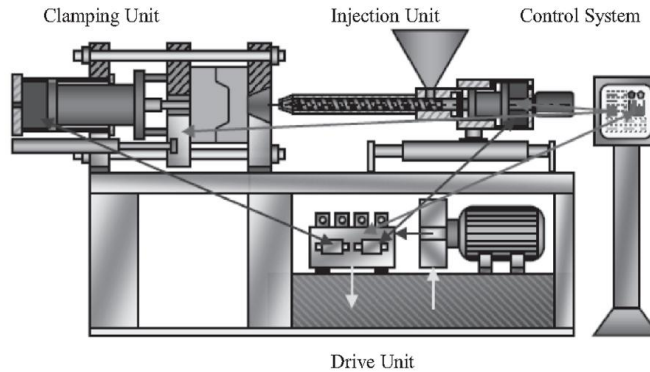
2. 플라스틱 사출성형기 구성과 아키텍처

플라스틱 사출기는 형체 기구부(Clamping Unit), 사출 기구부(Injection Unit), 구동부(Driving Unit), 제어부(System Controller Unit)으로 구성된다(Johannaber, 2008). 먼저

2) 사출기 구동을 위해 유압 모터와 유압 펌프를 사용하는 유압식, AC 서보 모터를 사용하는 전동식, 필요한 동작에 따라 AC 서보 모터와 유압 모터·유압 펌프를 함께 사용하는 하이브리드 방식으로 구분됨.

(1) 형체기구부는 사출 성형 시 금형을 닫고(형폐) 수지의 냉각·고화 시 금형을 열어(형개) 성형품을 취출하는 역할을 한다. (2) 사출기구부는 펠릿(Pellet) 형태의 수지 재료를 저장하는 호퍼와 플라스틱 수지를 가소화(용융화)하는 가열 실린더, 계량·혼련 등을 통해 성형을 쉽게 하거나 수지의 역류를 방지하는 사출 스크류, 금형 안으로 용융 수지를 주입하고 금형에 주입된 플라스틱 수지의 고화를 위해 고압 조건을 유지하는 사출 실린더 등으로 구성되어 있다. (3) 구동부는 사출 기구부와 형체 기구부의 동작을 구현하는 AC 서보 모터, 유압 모터, 유압 서보 밸브, 유압 펌프, 센서, 배관 기자재 등을 포함한다. (4) 마지막으로 제어부는 구동부의 작동 제어를 통해 사출 온도·압력·사출 속도·스크류 속도 및 위치·유압 위치 등의 공정 변수를 제어하는 역할을 한다. 이와 같은 플라스틱 사출성형기의 물리적 구성은 [그림 3]과 같다.

[그림 3] 플라스틱 사출성형기 구성



자료: Johannaber(2008) 참고하여 재구성

Ⅲ. 사례기업의 성장과 아키텍처 포지셔닝 전략

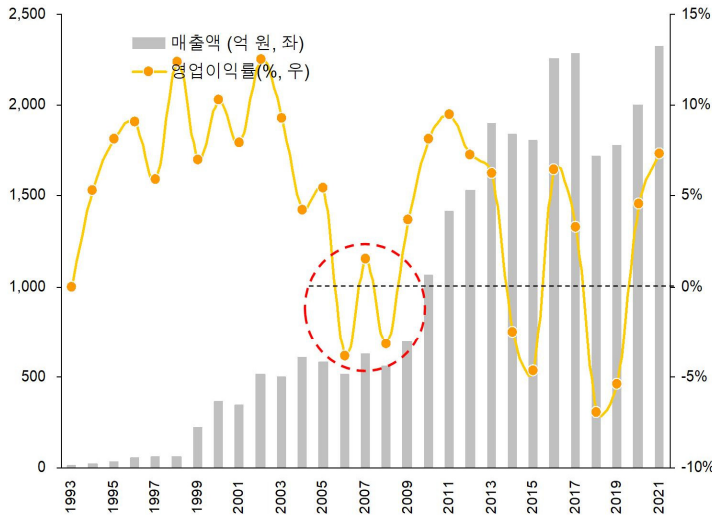
1. 사례기업 소개

국내 토종 플라스틱 사출 성형기 제조기업인 A社は 1985년 4월에 설립되었다. A社は 회사 설립 후 10여 년 동안 소형 사출성형기를 월 1~2대 생산하는 연 매출 50억 원의 소기업에 머물러 있었으나 1998년 휴대폰 케이스 사출기 개발에 성공하며 매출이 급성장, 2000년 300억 원을 돌파하였으며(교보증권, 2001), 이를 바탕으로 2001년 7월 코스닥 시장에 상장하게 된다. 이를 바탕으로 A社は 자동차와 문구·완구, 음식료품 용기, 화장품, 전기전자 등 다양한 전방산업으로

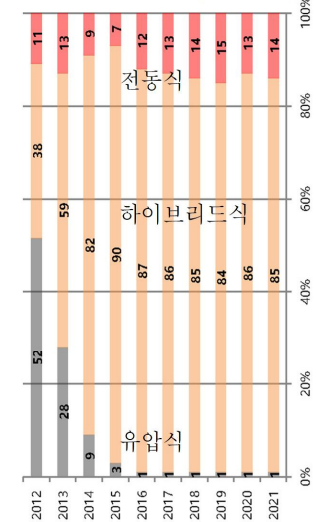
의 진출에 성공하였으며 2004년 9월에는 중국 저장성 닝보에 연간 500대 생산 규모의 공장을 완공, 글로벌 사출기 시장의 40%를 차지하는 중국 시장 공략에 박차를 가하였다. 2002년 500억 원을 돌파한 매출은 2010년 휴대폰, 자동차 등 주요 매출처의 경기 회복과 시장 내 경쟁 강도의 변화, 중국·동남아 등 해외 수출 확대에 힘입어 1,000억 원을 돌파하였으며, 2016년에는 매출 2,000억 원을 돌파하였다. 2021년 현재 매출액 2,324억, 영업이익 170억을 기록하였으며(그림 4), 제품 유형별 매출 비중은 유압식, 전동식, 하이브리드(절전식) 각각 1%, 14%, 85% 수준이다. 2012년 이후 유압식 수요를 하이브리드 식으로 전환시킨 점이 주목할만 하다(그림 4). 현재 A社の 추정 국내 시장점유율은 약 30% 내외로 1위를 유지하고 있다.

[그림 4] A社 매출과 영업이익률, 제품 유형별 매출 비중 추이(억원, %)

1. 매출과 영업이익률



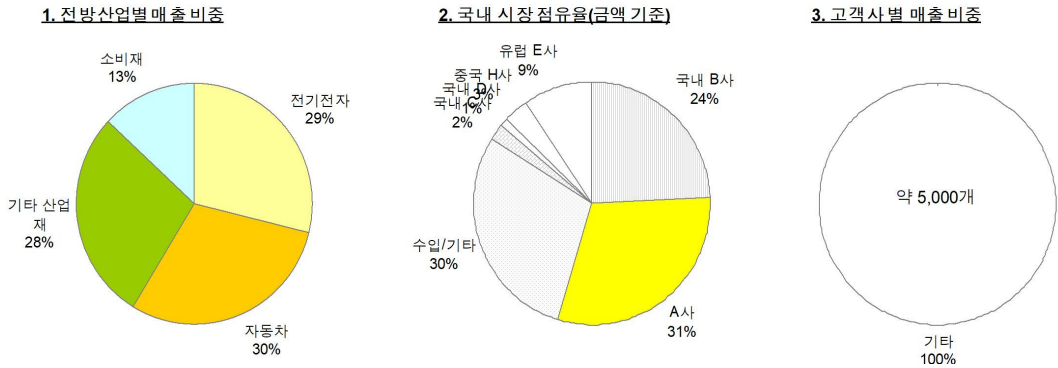
2. 유형별 매출 비중(금액기준)



자료: A社 연도별 사업보고서 및 2022년 연차보고서 참고하여 재구성

또한 특이한 점은 주요 전방산업이 전기전자, 자동차, 소비재 등으로 균집화되어 있음에도 불구하고, 뚜렷한 핵심 고객 없이 고객사 수가 무려 5,000개에 이른다는 점이다(그림 5). 이는 A社の 경우 독립 중소 및 중견기업으로 성장하면서 상기 전방산업의 다양한 중소기업을 상대로 매출을 달성하였음을 시사한다.

[그림 5] A社 전방산업 매출 비중, 국내시장 점유율, 고객사별 매출비중(2021년)



자료: A社 연도별 사업보고서 및 2022년 연차보고서 참고하여 재구성

2. 사례기업의 성장 고찰을 통한 아키텍처 포지셔닝 전략 이해

1) 창업-1990년대 말: 비정형적 경로(Non-formal Channel)을 통한 기술 획득과 형태 기구부·사출 기구부의 개선

창업 후 10여 년 동안의 A社의 기술 획득은 A/S 전담팀인 ‘S 클럽’과 같은 비정형적 채널(Non-formal Channel)³⁾을 통하여 각 유닛을 구성하는 부품에 대한 기술적 지식 획득과 유닛의 개선 및 이를 바탕으로 한 유닛 간 통합(Integration) 능력 제고를 통해 모바일폰 케이스 전용 사출기와 초소형 제품 생산이 가능한 고성능·소형 사출성형기의 개발을 달성한 것으로 요약할 수 있다. 먼저 1996년 7월에 설치한 ‘S 클럽’은 회원사가 등록된 기계에 대해 매일 정기적인 점검과 유지보수 서비스를 제공하는 것으로 A社 제품 뿐 아니라 회원사가 보유한 경쟁사 제품에까지 서비스를 제공하는 것이 특징이라 하겠다. A社가 경쟁사 제품에까지 서비스를 제공할 수 있었던 것은 1997년 외환위기로 인해 10여 개에 이르는 경쟁사가 도산하면서 이들 제품을 사용하는 기업들에 대한 서비스 공백의 기회를 놓치지 않았기 때문이다. 경쟁사 제품에 대한 서비스 제공은 중소기업의 관점에서 많은 비용과 인력 투입이 필요하지만 A社는 이를 사출기에 대한 지식 및 기술 획득의 유용한 채널로 활용하였고, 나아가 고객의 니즈에 대한 면밀한 검토를 통해 신제품 개발의 단서를 얻을 수 있었다. 이는 서비스를 통한 학습(Learning by Servicing)의 형태로 이해할 수 있다.

3) 후발기업의 기술 획득 채널은 금전적 계약에 기반한 기술이전과 같은 정형적 채널(Formal Channel)과 외국 제품의 모방, 기술자 교육 파견과 같은 비정형적(non-Formal Channel)로 구분할 수 있다(Lee et al., 1988).

실제로 ‘S 클럽’을 통한 경쟁사 제품 서비스 제공은 사출 압력·속도 증대, 성형 제품의 초박형화, 전기 소비 절감, 성형 재현성 개선 등의 기술을 획득하는 데 이바지하였으며, 이는 각 유닛의 개선과 통합을 통한 기존 모델의 개량과 모바일폰 케이스 전용 사출기 개발 및 소형 부품의 제작이 가능한 고성능·소형 사출성형기의 신규 개발로도 이어졌다. 특히 당시의 신제품 개발은 형체 기구부와 사출 기구부를 중심으로 이루어졌다. 이와 같은 지속적인 개량 제품 개발은 사출기의 기술적 향상, 국내 휴대폰 생산의 급격한 증가 및 2004년 1월 휴대전화 번호 이동성 제도 시행과 그 궤를 같이하면서 A社の 매출의 가파른 성장에 크게 기여하였다. 1998년 연 60억 원에 불과하던 A社の 매출액은 2004년 605억 원으로 10배 가까이 성장하였다.

2) 2000년대 초중반: 정형적 경로(Formal Channel)를 통한 전동식 구동 기술 확보와 형체 기구부 기술의 진화

2000년대 초중반의 A社の 기술 획득은 선진기업의 전동식 구동 기술의 도입(정형적 채널을 통한 기술 획득) 및 형체력 기술의 진화를 통한 중대형 사출기술(형체력 기준)의 확보로 이해할 수 있다. 2000년 A社は 디지털 제어가 가능한 6대의 AC 서보 모터 방식의 구동을 통해 기존 유압식 대비 위치 정밀도 제고, 사출성형 공정 사이클(그림 5 참고)의 고속화, 전력 소비 절감이 가능한 전전동식 사출기 개발에 성공하였다. 전전동식 사출기는 2003년부터 판매되었으며, 매출에서의 비중은 2003년 0.4%에서 2005년 6.1%⁴⁾, 2021년 15% 수준(그림 4 참고)을 점유하고 있다.

형체 기술 분야에서는 먼저 직압식 ‘Two Platen’ 방식의 개발을 통해 기존의 토글식에 국한된 제품 라인업을 형체력 450톤 이상의 대형 사출기로 확대하였다. 직압식 중 Two Platen 방식은 정밀한 형개·형폐에 의한 정밀 성형이 가능하며 컴팩트한 디자인을 통해 기계 설치 면적 최소화가 가능하며, 토글식 대비 작동유 소비량이 절감되는 등 유지보수 비용이 절감된다는 장점이 있다. 직압식 Two Platen 방식의 사출기는 2004년부터 판매되기 시작하였으며 현재 형체력의 범위는 500~3,300톤에 이른다.

직압식 형체 기술의 확보는 2색 사출기 개발로도 이어졌다. 2색 사출기는 2개의 형체 실린더를 활용하여 색상과 재질이 다른 2가지 플라스틱 수지를 순차적으로 사출해 제품을 성형하는 것이 특징으로 똑같은 휴대폰 케이스를 성형하더라도 디자인의 우수성을 통해 2004년 출시 당시

4) 2021년 12월 현재 A社は 특허 등록 20건, 실용신안 3건, 상표권 1건 등의 지식재산권 보유.

기존 제품 대비 2배가량 높은 가격을 책정할 수 있었다.

이러한 구동 기술과 형체 기술 확보는 1999년 4월 설립한 부설 연구소를 중심으로 이루어졌다. 부설 연구소는 일본 등 해외 선진기업과의 기술 제휴를 통해 전동식 사출기, 직압식 Two Platen 대형 사출기, 2색 사출기 개발에 성공하였으며, 2002년 안전인증서 S 마크(한국산업안전공단) 획득, 2004년 ISO-9001 품질 인증 획득(BSI, 영국)과 함께 2002년 이후 활발한 특허 공개 및 등록 활동을 보이고 있다. R&D 투자와 연구 인력 증가 또한 가파른 증가세를 보였는데, 2002년 당시 14명의 연구 인력은 2010년 40명을 거쳐 2016년 75명으로 충원되었으며(한국경제, 2016), R&D 투자는 1999년 176.8백만 원에서 2004년 446.8백만 원으로 증가하였다(표 4).

〈표 4〉 A社 부설 연구소의 연도별 R&D 수행 규모(1999~2005)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
R&D 규모(백만원)	176.8	346.8	311.6	393.4	391.7	446.8	386
R&D 집약도	0.08%	0.96%	0.90%	0.77%	0.78%	0.74%	0.66%

자료: A社 연도별 사업보고서

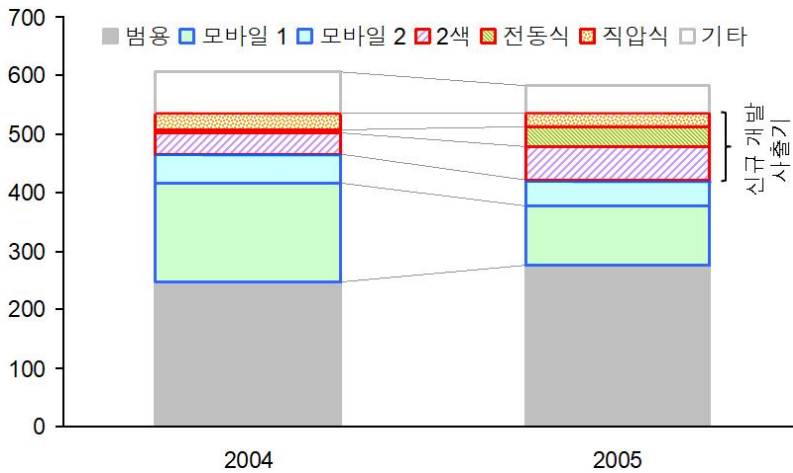
이와 같은 구동 기술과 형체 기술의 진화는 A社 매출 구조의 다변화에 크게 기여하였다. 2003년까지의 매출 급성장은 범용 및 모바일폰 용 등 특정 모델에 집중되어 있었으나 2005년에는 전전동식 모델, 직압식 Two Platen 모델, 2색 사출기의 매출이 크게 증가하면서 제품 라인업의 다양화 및 전방 산업 고객군의 확장을 달성할 수 있었다(그림 6). 이는 A社の 경기 변동 시의 대응 능력 확보에도 큰 영향을 미쳤다. 구체적으로 2004년~2005년 당시 A社は 휴대폰 케이스 성형용 사출기의 매출 감소를 경험하였으나 다양한 모델출시를 통해 매출 감소 문제를 최소화할 수 있었다. 2005년 당시 전동식 모델, Two Platen 모델, 2색 사출기의 매출 비중은 19.6%에 달하였다(그림 6).

이와 같은 제품 라인 다양화에 힘입어 2005년 A社は 전기전자, 모바일폰, 문구완구, 자동차, 의료기기, 생활용품 등 다양한 전방 산업에 걸쳐 국내에 약 4,000개의 고객사를 확보하였으며), 41개국에 대한 수출에 성공하였다. 요약컨대 2000년대 초중반 A社の 기술 획득은 정형적 경로를 통한 기술 획득과 형체 기구부 기술 역량 축적을 통한 제품 라인 다양화와 전방산업 고객 확장에 따른 니즈 대응 능력, 즉 유닛 간의 조정 및 통합으로 정리할 수 있을 것이다. 특히 기술

5) 앞서 설명한 바와 같이 2021년 현재 A社の 고객사 수는 5,000여 개에 이른다.

도입과 부설 연구소 설립과 같은 정형적 경로를 통한 기술 획득은 ‘창업 ~ 1990년대 말’에 비해 각 유닛에 대한 깊은 이해가 가능하게 했으며 유닛 간의 통합 또한 보다 세밀한 수준에서 이루어졌음을 시사한다.

[그림 6] 2004-2005년 A社 매출에서의 신규 개발 사출기 비중 변화



자료: A社 신규 상장 명세서, 2006년 5월 24일 참고하여 작성

3) 2000년대 후반-현재: 사출 기구부의 모듈화와 기술교육원 설립을 통한 고객 맞춤형 역량 강화

앞서 살펴본 바와 같이 2000년대 중반 A社는 제품 라인의 다양화와 유닛 간 섬세한 미세조정을 통한 고객 니즈 대응 능력 확보에는 성공하였으나 2004년 이후 매출 성장 정체 지속과 효율적인 고객맞춤화 달성의 어려움에 봉착하면서 수익성 악화에 직면하게 된다. 실제로 A社의 영업이익률은 1995년~2003년 사이 연평균 9.2%에 달했으나 2004년 절반 이하(4.2%), 2006년에는 마이너스 영업이익률(-3.9%)을 기록하였으며, 2007년 흑자 전환에도 불구하고 2008년에는 글로벌 금융위기가 더해지며 다시 마이너스 영업이익률(-3.2%)을 기록하는 등 2004년~2009년의 영업이익률은 1.3%에 불과하였다.

이에 대한 타개책으로 A社는 구성 부품의 표준화와 이를 통한 유닛의 모듈화, 그리고 분업 체제 완성을 통한 조립 생산성 개선을 추진하였다. 사출 기구부를 중심으로 모듈화를 추진, 형체 기구부와와의 인터페이스의 표준화를 달성하였으며, 이를 바탕으로 기존 고객의 다양한 요구 조건에 보다 효율적으로 대응코자 하였다. 이는 A社의 전동식 사출기 모델의 형체력과 사출 스크류의

크기, 사출 압력, 사출 속도 간의 다양한 조합을 제시한 아래의 <그림 7>에서도 확인할 수 있는데, 이와 같은 사출 기구부의 모듈화를 통한 형체 기구부와의 원활한 조합은 특정 고객에 대한 철저한 맞춤 대응 전략을 넘어 기존 고객군에서 추가 수요 확보 및 장기간에 걸친 긴밀한 거래 관계 구축의 강력한 원천이 되었다고 이해할 수 있다. 실제로 사출 기구부와 형체 기구부 간의 인터페이스 표준화는 A社の 조립 생산성 개선(조립 시간 단축)에도 긍정적인 영향을 미쳤다. 이는 당시 일관 생산라인이 구축되지 못했음을 고려할 때, 유닛의 모듈화를 통한 유닛 간 통합이 훨씬 짧은 시간에 완료되었기에 가능했다고 볼 수 있다.

[그림 7] A社 사출기의 모듈화

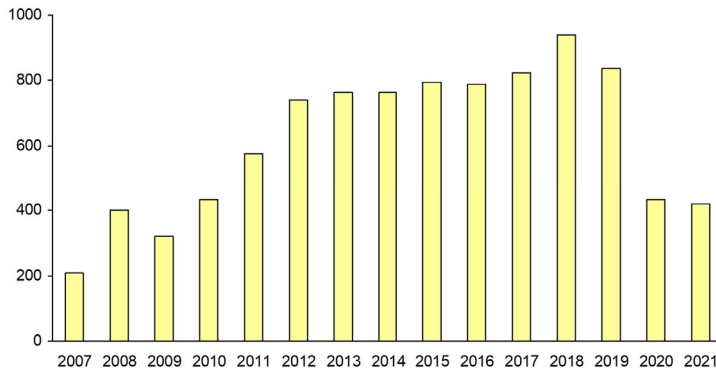
형체장치	사출장치	스크류(mm)	사출압력(Kg/cm2)	사출속도(mm/s)	
				표준	고속
TE30	IE0.2	Ø14	2600	500	1000
		Ø16	2580		
		Ø18	2039		
TE50	IE0.7	Ø18	2800	500	1000
		Ø20	2643		
		Ø22	2184		
		Ø25	1691		
TE110	IE1.5	Ø22	3330	400	800
		Ø25	2579		
		Ø28	2056		
		Ø32	1574		
TE150	IE3	Ø28	3397	250	500
		Ø32	2601		
		Ø36	2055		
		Ø40	1655		
TE200	IE4	Ø32	3148	200	400
		Ø36	2488		
		Ø40	2015		
		Ø45	1592		
TE250	IE7.8	Ø45	2552	150	300
		Ø50	2067		
		Ø55	1708		
TE300	IE10	Ø50	2443	150	300
		Ø55	2019		
		Ø60	1697		
		Ø60	2303		
TE350	IE15	Ø65	1962	150	-
		Ø70	1692		
		Ø65	2389		
TE450	IE23	Ø70	2060	150	-
		Ø70	2060		
		Ø80	1577		

자료: A社 내부자료, '기종 별 사출 성형기의 특징'

이와 같은 A社の 고객 맞춤화 역량의 축적은 2007년 1월 설립한 기술 교육원을 통해 더욱 가속화되었다. 플라스틱 산업 신규 기술 인력 양성, 재직 근로자 능력 개발 지원, 고객사 및 협력업체 상생협력 발전을 목적으로 설립된 기술교육원은 2021년까지 누적 9,000명이 넘는 교육 수료생을 배출하고 있다(그림 8). 실제로 A社 기술교육원은 고객사(회원사) 현장에서 발생하는 니즈를 신속히 파악하여 이를 반영한 제품 개발에 크게 기여하였으며, 부설 연구소 소속 과장급

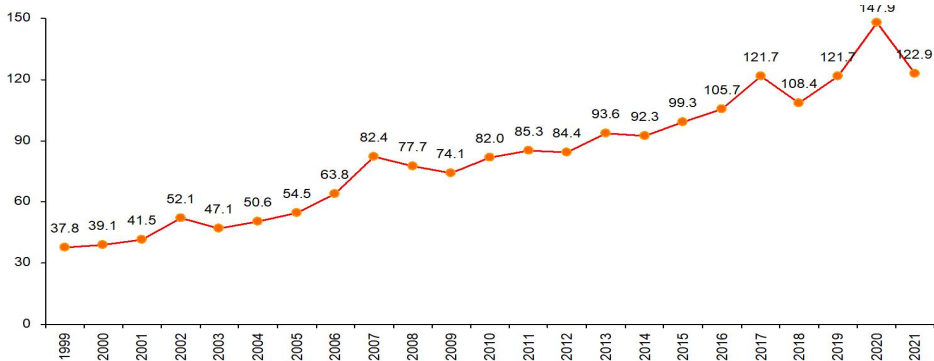
이상 직원이 겸임 강사로 근무하면서 가르치면서 배우는(Learning by Teaching) 형태의 기술 획득을 실현할 수 있었다. 특히 기술교육원 회원사에는 중소기업 뿐 아니라 삼성전자(2007년~), 삼성전기(2012년~), 현대모비스(2012년~), LG전자(2008년~), SK케미칼(2011년~) 등 대기업 계열사가 합류하면서 이들을 신규 고객으로 확보하는데 성공하였다. 이들은 A社에게 대규모 수요처로서 장기 및 긴밀한 거래 관계 유지 시 지속 성장이 가능한 발판을 마련해주었으며, A社의 제품 판매 단가 상승 및 수익성 개선에도 기여하였다. 이는 아래 [그림 9]와 같은 A社의 판매 단가 상승 추이에서 확인할 수 있다. 2007년 사상 처음으로 8,000만원 대를 돌파한 제품 평균 판매 단가는 2016년 1억원을 돌파하며 지속 상승세를 달성하였다. 반면 고객사 수는 소폭 증가하는데 그쳤다. 이는 결국 A社가 기존 고객 및 대형 고객을 대상으로 반복 거래를 통해 운영상의 효율성을 달성하고 있음을 시사하는 바이다.

[그림 8] A社 기술교육원 수료생 추이(명)



자료: A社 기술교육원 홈페이지 자료 참고하여 작성

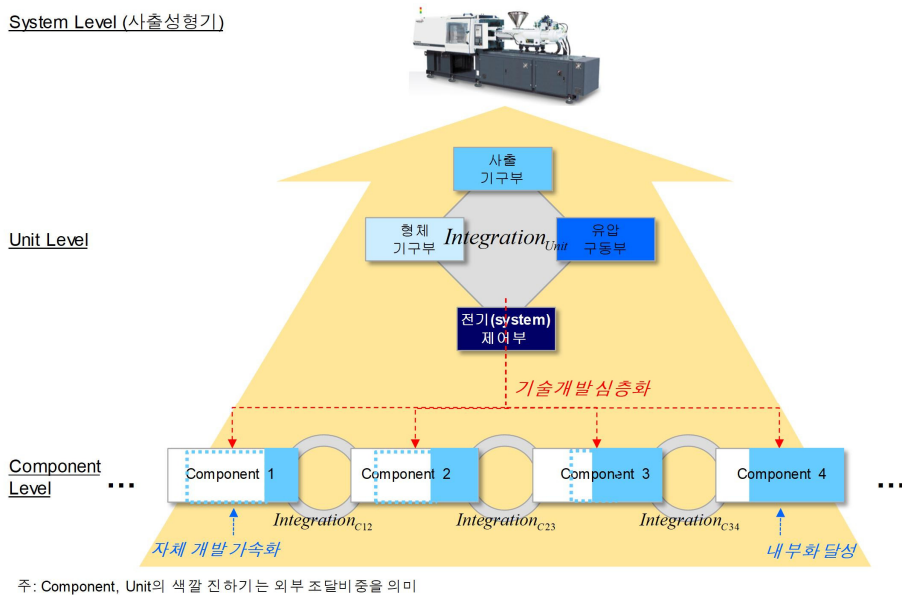
[그림 9] A社 생산 사출기의 평균 판매단가 추이(백만원)



자료: A社 사업보고서, 한국투자증권(2015), 한국투자증권(2017) 참고하여 작성

이러한 성장세를 기반으로 A社は 다양한 전방산업에 적합한 사출성형기 개발에 박차를 가할 수 있게 되었다. 2007년에는 생산성 향상을 위해 3중 금형을 적용해 2개의 면에서 성형품을 동시 생산할 수 있는 스택 & 텐덤몰드 사출 성형기와 예비성형품을 금형에 끼워서 내부로 공기를 밀어 넣어 부풀게 한 다음 냉각 고화시켜 성형품을 제작하는 증공접합 이중 사출 성형기를 출시하였으며, 대형 기종(형체력 기준)에 적용되는 Two Platen 형체기구부의 핵심 부품인 하프너트의 설계 기술, 하프너트 Locking 위치 제어를 위한 장치 기술 등 형체 기구부를 중심으로 한 부품 기술 경쟁력 제고에도 성공하였다. 2009년에는 통신기기, 자동차, OA 부품 성형에 적합한 수직형 사출 성형기를 출시한 바 있다. 그 결과 A社の 경영 실적도 크게 개선되었다. 특히 2011년 매출 1,415억 원에 영업이익 135억 원(영업이익률 9.5%)을 달성하며 2000년대 초반의 영업이익 수준을 회복할 수 있었다(그림 4).

[그림 10] A社 기술개발 심층화 모식도



오늘날 A社の 전략은 사업장 이전을 통한 생산 용량 증설, 이를 통한 규모의 경제 효과 창출과 유닛 별 구성 부품의 내부화(Internalization)을 통한 독자성을 보유한 범용 제품 개발에 있다. 먼저 생산 용량 증설 및 규모의 경제 효과 창출을 위해 2014년 10월 기존 공장 부지의 10배, 생산 용량은 최대 3배까지 증설 가능한 새로운 공장을 확보하였다. 이는 Engel(오스트리아), Haitian(중국), Toshiba(일본), Sumitomo-Demag(일본) 등의 선진기업의 M&A 및 확장에

대응, 글로벌 히든 챔피언으로의 도약을 준비하기 위함으로 이해할 수 있다. 이를 위해 A社は 2011년-2022년 사이 총 2,544억원을 투자하여 토지매입, 건축, 설비 이전·구매 등을 진행하였다. 이를 통해 A社は 대형 고객에 대한 대응 능력을 제고하였다.

이와 함께 기술개발 심층화는 자체 개발과 기술 도입을 병행하는 형태로 이루어지고 있다. 구동부의 경우 2010년 말 유럽의 엔지니어링 기업의 기술 도입을 통해 형체 위치 제어 정밀도 및 수지 흐름의 고응답성의 관점에서 기존 구동부 대비 5~7배 뛰어난 유닛의 개발에 성공하였다. 이후 2015년 오스트리아에 연구법인을 설립, 초절전과, 고속화, 정밀도 개선 등의 기술 혁신을 달성하고 있다(산업일보, 2019; 한국경제, 2016). 사출 기구부 또한 사출 스크류의 가소화 능력을 높이고, 다양한 수지에 대한 대응 능력 강화 개선을 위한 연구개발 활동을 지속 수행하고 있으며, 2000년대 후반 이미 핵심 부품 개발에 성공한 형체 기구부에서도 사출기의 콤팩트화, 내구성 강화, 사출 정밀도 개선을 위한 주물 정밀 가공에 힘쓰고 있다. 이러한 기술 내부화 진전은 위 [그림 10]과 같이 이해할 수 있다.

A社の 부설연구소 조직 또한 기술 개발 심층화에 적합한 구조로 변화하고 있다. 특히 2011년 이후에는 부설연구소 조직을 개발(Development)에서 설계(Design)로 전환하고 R&D 투자 규모도 지속 확대하고 있다. 특히 2010년 이후 2021년 현재까지 누적 500억 원 이상을 R&D에 투자하고 있으며, 연평균 R&D 집약도는 2.5%를 기록하고 있다.

〈표 5〉 A社 부설 연구소의 연도별 R&D 수행 규모(2010~2021)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
R&D 규모(억원)	11.6	14.0	20.1	28.2	34.5	58.3	53.5	57.6	70.0	74.5	59.4	67.0
R&D 집약도	1.0%	0.9%	1.3%	1.5%	1.9%	3.2%	2.4%	2.5%	4.1%	4.2%	3.0%	2.9%

자료: A社 연도별 사업보고서

4) 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 사례기업의 기술진화

A社の 기술진화 과정을 <표 2>의 아키텍처 포지셔닝 전략 사분면 별 특징의 관점에서 바라보면 아래의 [그림 11]과 같이 요약할 수 있다. 먼저 A社は 창업 후 약 10여 년 동안 경쟁사 제품 A/S와 같은 비정형적 기술 획득 경로를 활용, 기술 역량을 축적하였다(Learning By Servicing). 이 경우, 시장에 널리 알려진 경쟁사 제품 지식을 흡수, 개량한다는 점에서 ‘내부

모듈라-외부 모듈라' 포지셔닝으로 이해할 수 있다. 이후 2000년대 초중반 A社は 기술 이전과 같은 정형적 경로를 통해 비교적 낮은 수준의 기술을 획득하고 개발 중심의 연구소를 운영하였다(연평균 3-5억원 내외의 R&D 투자). 이때 A社は 제품 모델 및 고객군 다변화에는 성공하지만 기업 당 다수의 제품을 판매하지는 못하는 상황에 놓이면서 양산 효과 저하, 수익성 감소의 어려움에 직면하게 된다. 이는 '내부 인테그랄-외부 인테그랄' 포지셔닝으로 이해할 수 있다.

그러나 A社は 2000년대 후반 구성 부품의 표준화, 유닛의 모듈화를 통해 고객화 역량을 제고하였다. 특히 기술교육원 운영을 통한 고객사 보유 지식을 제품 개발에 활용하면서 고객화 역량을 배가하였다. 또한 대기업과 같은 대형 고객을 신규 유치하면서 제품 가격 상승 및 수익성 개선에 성공하였다. 이는 '내부 모듈라-외부 인테그랄' 포지셔닝으로 판단된다. 현재 A社は 정형적 경로로 기술을 획득하면서 동시에 대규모 R&D 투자(연평균 50억원 이상)와 설계 중심의 연구소 운영을 통해 기술적 독성을 보유한 사출성형기 기업으로 성장을 도모하고 있다. 이는 '내부 인테그랄-외부 모듈라' 포지셔닝으로의 이동을 통해 글로벌 중견기업으로의 도약을 모색하는 바라 하겠다.

[그림 11] 아키텍처 포지셔닝 전략 관점에서 바라본 A社の 기술진화

		사출성형기의 아키텍처	
		Integral(미세조정형)	Modular(모듈형)
구성 유닛의 아키텍처	Integral	(1) Integral Inside-Integral Outside 2) 2000년대 초중반 <ul style="list-style-type: none"> 정형적 경로 기술 획득 기술 내부화(낮은 수준) 연구소: 개발 중심, 3-5억원 내외 R&D 투자 제품 모델 및 고객군 다변화 고객화(Customization), 하지만 낮은 수익성 	(2) Integral Inside-Modular Outside 3)-② 2000년대 후반-현재 (진행 중) <ul style="list-style-type: none"> 정형적 경로 기술 획득 기술 내부화(높은 수준) 규모의 경제 효과 창출을 위한 공장 이전, 설비투자(2,544억원) 연구소: 설계 중심, 2015년 이후 50억원 이상 R&D 투자
	Modular	(3) Modular Inside-Integral Outside 3)-① 2000년대 후반-현재 <ul style="list-style-type: none"> 구성 부품 표준화, 유닛의 모듈화 고객화(Customization) 역량 강화 고객 지식 획득(시장 지식 2): "Learning by Teaching" 대형 고객 신규 유치, 장기적이고 긴밀한 관계 제품 판매 단가 상승 및 수익성 개선 	(4) Modular Inside-Modular Outside 1) 창업-1990년대 말 <ul style="list-style-type: none"> 비정형적 경로 기술 획득 경쟁사 지식 획득(시장 지식 1): "Learning by Servicing"

IV. 결론

본 연구는 아키텍처 포지셔닝 전략의 관점에서 우리나라 기계산업 내 중견기업의 기술 역량 축적 과정을 종단적으로 살펴보았다는 점에서 분석적 일반화(Analytic Generalization)를 달성하였다(Yin, 2014). 또한 본 연구는 그간 디지털 카메라(伊藤宗彦, 2004), 승용차(곽기호, 2019), 조선(백서인 외, 2018)에 그쳤던 아키텍처 포지셔닝 전략 관련 실증 연구의 범위를 기계산업으로도 확장한 점에서 학문적 기여를 찾을 수 있다. 본 연구를 계기로 다양한 기업 사례가 발굴되어 기술진화를 체계적으로 이해하기 위한 시도가 이루어지기를 기대한다.

또한, 본 연구 결과는 후발기업과 선발기업 간 기술진화 경로의 차이를 이론적으로 이해하는데 중요한 시사점을 제공한다. 일본 등 선발주자를 중심으로 한 기존 논의에서는 뛰어난 기술·생산 역량이 수익성을 보장하지 못함을 지적하고 ‘내부 인테그랄-외부 인테그랄’에서 ‘내부 인테그랄-외부 모듈라’ 또는 ‘내부 모듈라-외부 인테그랄’로의 포지셔닝 이동이 중요함을 강조하였다(고기영 외, 2009). 그러나 본 연구에서는 자원과 기술이 부족한 후발기업의 경우 시장 지식의 모방에 기반한 ‘내부 모듈라-외부 모듈라’에서 시작하여 ‘내부 인테그랄-외부 인테그랄’, ‘내부 인테그랄-외부 모듈라’를 거쳐 ‘내부 모듈라-외부 인테그랄’로 이동함을 확인하고 있다. 결국 이는 Kim(1997)의 연구에 이어 아키텍처 포지셔닝 전략 개념이 후발기업과 선발기업의 기술혁신 패턴 차이를 이해하는데 중요한 분석적 프레임워크가 될 수 있음을 의미한다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 기업의 어떠한 역량이 아키텍처 포지셔닝 전략 상에서의 진화(이동)에 중요한 역할을 하였는지에 대한 논의는 이루어지지 못했다. 기술진화에 필요한 내부 조직 역량 개발, 대학·공공연 등 외부 역량의 활용 관점에서 더욱 구체적인 논의가 보완될 필요가 있다. 또한, 본 연구는 앞서 살펴본 바와 같이 단일 사례연구의 정당성을 충족하였음에도 불구하고, 연구결과의 일반화를 의미하는 외적 타당성에 한계를 갖는다. 추후 동일 산업 내 다양한 사례기업 발굴을 통해 아키텍처 포지셔닝 이동 궤적을 비교하고 이를 유형화하는 시도가 필요하다. 동시에 동일 이동 궤적일 경우, 이동 속도(기술 진화 속도)를 비교하고, 차이가 발생하는 이유를 탐색하는 것도 의미 있는 시도라 판단된다.

참고문헌

- 고기영, 이형오, 이창표(2009), 모노즈쿠리 경영학, 한일산업기술협력재단, 서울:대림인쇄
- 곽기호, 김갑수(2012), 아키텍처 관점에서 바라본 한국 공작기계산업의 발전과 CNC 개발 사례, 기술경영경제 학회 동계학술대회
- 곽기호(2017). 우리나라 일반기계산업의 성장사 연구. 경영사연구, 32(3), 25-52.
- 곽기호(2019). 자동차 아키텍처의 모듈화: 승용차 사례를 중심으로. 기술혁신연구, 27(2), 37-71.
- 교보증권(2001), 우진플라임 분석 리포트
- 김기찬(2003), “자동차산업에 있어서 모듈형 부품개발과 그 효과에 대한 실증적 연구”, 「상품학연구」, 제30호, 113-140.
- 뉴스투데이(2022). “우진플라임, 2018년 이후 성장흐름을 유지하고 있다”, 2022년 7월 26일.
- 백서인, 이성민, & 이덕희. (2018). 한·중 조선 산업의 제품 아키텍처와 조직역량에 관한 연구. 기술혁신연구, 26(2), 69-93.
- 연구개발특구진흥재단(2020). “사출성형기 시장”, 2020년 2월.
- 이광호·김종선·배용호·송종국·임채윤·서병선(2007), 「산업혁신역량 강화를 위한 기업 간 협력방안」, 과학 기술정책연구원.
- 한국투자증권(2015). 우진플라임.
- 한국투자증권(2017). 우진플라임.
- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). Design rules: The power of modularity (Vol. 1). MIT press.
- Campagnolo, D., & Camuffo, A. (2010). The concept of modularity in management studies: A literature review. International Journal of Management Reviews, 12(3), 259-283.
- Chen, K. M., & Liu, R. J. (2005). Interface strategies in modular product innovation. Technovation, 25(7), 771-782.
- Fixson, S. K., & Park, J.-K. (2008). The power of integrality: Linkages between product architecture, innovation, and industry structure. Research Policy, 37(8), 1296-1316.
- Fujimoto, T. (2002). Architecture, capability, and competitiveness of firms and industries. In: Paper Presented at the Fifth Conference at the Saint-Gobain Centre for Economic Research, Paris, France, November 7-8.
- Johannaber, F., 2008. Injection Molding Machines: A User's Guide, 4th ed. Hanser Gardner, Cincinnati, OH.
- Kwak, K., Kim, W., & Kim, K. (2018). Latecomer firms' combination of strategies in a specialized suppliers sector: A comparative case study of the Korean plastic injection molding machine industry. Technological Forecasting and Social Change, 133(April), 190-205.
- Shibata, T., Yano, M., & Kodama, F. (2005). Empirical analysis of evolution of product architecture. Research Policy, 34(1), 13-31.

- Sosa, M. E., Eppinger, S. D., & Rowles, C. M. (2003). Identifying Modular and Integrative Systems and Their Impact on Design Team Interactions. *Journal of Mechanical Design*, 125(2), 240-252.
- Takeishi, A. and Fujimoto, T.(2001), “Modularization in the Auto Industry: Interlinked Multiple Hierarchies of Product, Production and Supplier Systems”, *International Journal of Automotive Technology and Management*, 1(4), 379-396
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), 419-440.
- Yin, R.K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*, 5th ed. Sage, London.
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一 (2001), 「ビジネスアーキテクチャ」, 有斐閣.
- 伊藤宗彦(2004), デジタルカメラの製品システム構造の変遷, discussion Paper Series No. J55

Middle-market Enterprise Growth and Architectural Positioning Strategy

– The case of Korean Machinery and Equipment Industry –

Kwak Kiho

– Abstract –

Due to the initial resource-poor status, such as lacking technology and market access, few local firms in the Korean machinery and equipment industry succeeded in growing as middle-market firms. Accordingly, it is necessary to understand the growth trajectory of those firms relying on the related analytical framework and the inductive approach from the perspective of technological evolution. Relying on the architectural positioning strategy framework, we explored a local firm (Firm A) technological growth trajectory in the industry. We found that Firm A initiated its trajectory ‘Modular Inside-Modular Outside’ position by acquiring and assimilating competitors’ knowledge from the market (market knowledge 1). Then, it moved to the ‘Integral Inside-Integral Outside’ position based on the internalization of low-level technology and corresponding customization capability. Later, it moved toward the ‘Modular Inside-Integral Outside’ position by absorbing customers’ knowledge from the market (market knowledge 2). Lastly, it is currently moving to the ‘Integral Inside-Modular Outside’ position by generating its technological innovations that secured originality and mass customization capability. We advanced a more fine-grained view on middle-market firm growth in the machinery industry by shedding new light on the implication of architectural positioning strategy.

Key words

Product architecture; Architectural positioning strategy; Middle market Enterprise; Machinery and equipment industry; Market knowledge

| 논문 |

특허 분석을 통한 중국 드론 기업의 혁신 전략 연구

DJI社를 중심으로

김혜주

KAIST 기술경영전문대학원 석사, 한국전자통신연구원

TECHNOLOGY POLICY
MECHANICAL ENGINEERING

특허 분석을 통한 중국 드론 기업의 혁신 전략 연구

- DJI社를 중심으로 -

김혜주*

- 초 록 -

기술 발전과 사회 수요 변화로 인해 드론(Drone) 시장이 가파르게 성장하고 있으며, 드론의 활용 범위도 빠르게 확대되고 있다. 민간 드론산업에서는 중국의 DJI(大疆创新)社가 선도하여 전 세계 시장의 70%를 점유하고 있다. 이는 중국기업이 첨단산업에서 시장을 선점한 독특한 사례이며, 이러한 배경에서 민간 드론산업과 중국 DJI에 대한 연구의 필요성을 찾을 수 있다.

본 연구에서는 DJI 기술의 실증적 분석과 혁신 전략의 이해를 위해 특허 연구 방법을 사용했다. DJI가 출원한 특허데이터를 기반으로 기술을 분석하고, 인용 특허를 활용한 네트워크 분석을 통해 DJI사의 혁신전략을 연구하고자 했다. DJI가 출원한 특허분석을 통해 DJI가 드론기술을 활용한 고부가가치 분야로 R&D를 강화하고 있음을 알 수 있었다. DJI의 드론기술은 선행 항공우주기술과 연계하여 발전하는 응용·개량기술의 성격을 가지며, 현재 미국, 일본 기업의 선행기술을 많이 인용하고 있었으나, 일부 기술에서는 DJI 자체적인 기술개발 성과를 확인할 수 있었다.

본 연구는 비상장사인 DJI사의 행보를 이해하기 위한 실증데이터 기반 연구이며, 이를 토대로 향후 드론 연구의 활성화에 기여할 것으로 기대한다.

주 제 어 DJI, 드론, 특허, 기술혁신, 네트워크 분석

논문접수일 2022년 9월 14일 수정논문 제출일 2022년 11월 25일 게재확정일 2022년 12월 2일

* KAIST 기술경영전문대학원 석사, 한국전자통신연구원, hjkim0512@etri.re.kr

I. 서론

드론산업은 사회·경제에 영향을 크게 미치는 활용성이 높은 산업이며, 향후 첨단 ICT 서비스와 융합하여 고부가가치를 창출할 것으로 보인다. 각국에서는 미래 시장에서의 주도권 확보를 위해 핵심산업으로 드론산업을 육성하고 있다. 국내에서도 2019년 특별법인 「드론활용 촉진 및 기반조성에 관한 법률」을 제정하여 드론산업의 육성 근거를 마련했고, 혁신성장을 위한 핵심사업으로 한국형 K-드론 시스템 구축에 집중하고 있다(“대한민국 정책브리핑”, 2020. 3. 4.).

4차 산업혁명 분야는 글로벌 미국기업이 선도하는 경우가 많으나 상업용 드론산업은 중국의 DJI社가 선도하고 있다. 여전히 중국기업이 후발주자로 인식되고 있는 타제조업 분야와 달리, DJI는 첨단산업을 선도하는 데 성공을 거두었다는 점에서 주목할만하다(박준기, 서봉교, 오철, 2017). DJI는 중국 제조업의 추격(catch-up) 전략을 이해하는 데 의미있는 시사점을 제공한다.

드론은 국가의 기술 수준과 산업 역량을 종합적으로 구현하는 분야이다. 기반 산업과 연계하여 기계, 자동차, IT 등 타 분야와 연관성이 높은 특징이 있다(김선영, 전정환, 2019). 첨단 융합 산업에서 선두 지위에 있는 기업은 산업 네트워크에서 다양한 혁신 주체들과 근접한 관계를 맺는다. 따라서 드론 분야의 주요 특허출원 주체이자 핵심기술을 보유하고 글로벌 시장의 선두 지위에 있는 기업을 분석하는 것은 해당 산업 전반을 이해하는 데 도움이 될 것이라 추론할 수 있다.

기존에도 특허를 통해 첨단기술과 융합산업을 분석한 연구가 존재한다. 배진우(2016)는 무인항공분야 핵심기술에 대하여 국가별, 세부 기술별, 출원인별 특허 동향을 분석했다. 김선영, 전정환(2019)은 무인항공 분야의 국제특허분류(IPC)를 사용하여 중심성과 네트워크 시각화 분석을 실시했다. 박찬기는 무인항공분야 특허데이터를 도출하고 네트워크 분석 방법을 통해 어떤 분야에서 기술융합이 발생하고 파급되는지 분석했다. 무인항공분야 외의 연구로 최병철 외(2015)는 특허데이터와 선행특허간의 인용관계에 대한 네트워크를 도출하여 기술의 지식 확산 경로를 분석했다. 이민정 외(2016)는 미국 특허청에 등록된 특허를 중심으로 특허 인용 네트워크를 분석하여 유사한 기술의 군집을 분석했다.

다만 이러한 연구들은 산업에 대한 거시적 설명을 하는 경우가 많고 하나의 기업을 통찰하여 기술경영 전략을 효과적으로 밝힌 연구는 찾기 어려웠다. 또한, 네트워크 분석 방법을 활용하는 과정에서 주로 특허정보를 노드로 중심성(Centrality) 분석을 수행하여 영향력이 높거나 매개자 역할을 하는 특허를 분석한 경우가 많은데, 이 경우 노드의 숫자가 증가하면서 네트워크 복잡성이 높아지기 때문에 해석이 난해해지는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 2-mode 네트워크

방법론을 활용, 특허정보를 병합 및 가공하여 IPC와 인용특허의 출원인 사이의 직접적인 상호작용을 도출했다. 이를 통해 특허 네트워크 분석의 복잡성을 감소시키고 특허출원 주체 간 기술지식의 흐름을 분석하기 위한 유용한 틀을 제시했다는 데 의의가 있다.

II. 선행연구

1. 상업용 드론 산업과 DJI

글로벌 드론 시장은 연평균 13.8%로 성장하여 2025년까지 47.2조원(약 428억 달러)를 창출할 것으로 전망되며, 그중 상업용 드론 시장은 연평균 성장률 15%로 44.7조원(약 405억 달러) 이상을 창출할 것이라고 예상된다(Drone Industry Insights, 2021). 상업용 드론 시장은 하드웨어, 소프트웨어, 서비스의 3개 영역으로 구분할 수 있는데 2025년까지 서비스 부문은 314억 달러 이상을 창출할 것으로 예상되며 가장 빠르게 성장하고 있다(Drone Industry Insights, 2021).

2000년대 초까지만 해도 대다수 드론이 군용에 집중되어 있었다. 그러나 4차 산업혁명 기술 부상에 따른 융합기술 수요 증가로 이제 농수산업, 물류·운송, 미디어, 사회기반시설 등 상업용 드론의 성장세가 우월하다. 이러한 상업용 드론산업의 성장 배경에는 글로벌 대기업인 아마존, DHL 등이 드론을 상업적으로 도입하겠다고 선언한 것과 관련이 깊다. 특히 DJI(大疆创新), 이항즈닝(億航智能) 등 중국 드론업체가 상업용 드론 수출을 본격화하자, 세계 상업용 드론산업 경쟁체제가 구축되어 급성장세를 이루게 되었다(박종국, 2021). 글로벌 드론 특허 현황을 보면 DJI, 아마존, 구글 등 드론 관련 주요 글로벌 기업들의 본격적인 활동이 시작된 2014년 전년 대비 97.7% 증가율을 달성했다(항공안전기술원, 2021).

군용 무인기의 경우 미국, 이스라엘 등의 전통적인 항공기 제작 기업이 강세를 보이지만(황인, 이창하, 임강희, 2016), 상업용 드론 시장에서는 중국이 가장 빠르게 성장하고 있다(박준기, 서봉교, 오철, 2017). 중국 드론기업은 1960년대 드론 개발을 시작한 후발주자로, 2010년까지만 하더라도 별다른 성과를 내지 못한 채 한국보다 기술적 열위 상태였다. 그러나 2014년부터 2018년까지 중국 상업용 드론기업의 연평균 매출증가율이 150%를 기록하며 성장했고, 2016년에는 중국 드론기업인 DJI의 세계시장 점유율이 70%에 이를 정도로 선두 위치로 올라섰다(박종국, 2021).

드론시장 조사업체 DRONII에 따르면 2019년 미국 드론 시장 점유율에서 DJI가 차지하는 비율은 무려 76.8%에 달하며, 2위인 인텔은 4%에 그쳤다. DJI의 시가총액은 30조 190억원(1600억위안)을 넘어설 것으로 추산된다(The JoongAang 국제, 2022). 그뿐 아니라 전 세계 상업용 드론의 표준기술은 상당수가 DJI가 개발한 기술이며, 드론 관련 특허를 가장 많이 보유한 것으로도 알려져 있다(박준기, 서봉교, 오철, 2017).¹⁾

DJI는 영상촬영 드론에 특화된 비행제어 기술, 방진기술, 카메라 기술 등 핵심 기술의 자체개발에 성공했으며, 최근 모션 인식 등의 차세대 드론 기술개발에도 적극적으로 투자하고 있다(백서인, 손은정, 김지은, 2019). 밸류체인 구조를 살펴보면, DJI는 드론산업의 업스트림(원자재, 부품생산 제조), 미들스트림(시스템 모듈, 주변 시설과 드론 완제품의 연구 개발과 제조), 다운스트림(각종 서비스)에 이르기까지 거의 전 분야에서 확장하고 있다(艾瑞咨询(2016)). 개방형 개발환경을 구축하여 개발자들을 끌어들이고, 오픈소스 기반 SDK를 통하여 산업별 기능을 개발할 수 있도록 지원하여 DJI의 드론이 플랫폼으로서의 역할을 수행하고 있다(박종국, 2021).

DJI가 출시한 제품을 기반으로 기업의 기술발전을 <표 1>과 같이 이해할 수 있다. DJI는 최초의 완제품 드론인 Phantom의 출시를 시작으로 하여 드론을 소비자들이 직접 조종하고 영상 촬영할 수 있는 대중의 영역으로 확장했다. 2014년 11월 항공촬영 신제품 Inspire를 출시해 글로벌 상업용 드론시장의 50%를 확보하고, 2017년 5월 최초로 손바닥 크기의 미니형 드론 Spark를, 2018년 1월 Mavic Air를 출시하면서 영상촬영 시장을 독점하게 된다(백서인, 손은정, 김지은, 2019). 영상촬영 전문가를 위한 Phantom 상위버전, 산업용으로 개발된 Matrice 시리즈와 농업용 Agras 시리즈 등 점차 택배용 드론, 유인용 드론택시, 농수산업 관리 외, 지도 제작, 지질 탐사, 보안 및 감시 등 임무 수행용 드론을 개발하는 추세다(박종국, 2021).

<표 1> DJI 주요 제품

구분	특징	대표모델(출시연도)
소비자용	<ul style="list-style-type: none"> 위성항법시스템을 내재한 최초의 소비자용 완제품 드론 출시, 비행의 안정성 및 정확성 제고를 위한 핵심기술 개발, 초보자도 쉽게 조작하여 항공촬영이 가능 사용자 친화적 드론으로 가볍고 휴대가 간편, 사용하기 쉬운 제어 기능으로 드론의 대중시장 보급 확대 	Phantom1, Phantom2 Vision(2013), Spark(2017), Mavic Air(2018)
산업용	<ul style="list-style-type: none"> 전문적인 항공 촬영, 산업용으로 확장이 가능한 개발용 드론, 점차 항공측량 및 수색구조, 농업 등 전문적 임무수행을 위한 영역으로 확장 	Agras MG-1(2015), Inspire2(2016), Matrice200(2017)

1) 드론 특허 출원 기업 순위(2020년): 1위 DJI, 2위 아마존, 3위 IBM(WIPS 공식블로그, 2020.3.16.)

구분	특징	대표모델(출시연도)
임무탑재체	<ul style="list-style-type: none"> 전문촬영을 위한 자체 브랜드의 카메라와 하드웨어 영상 안정화 장치(핸드헬드 짐벌) 등 개발 다각화 	ZenmuseX5(2015), Osmo mobile(2016), Ronin-SC(2019)

첨단산업에서 중국 기업은 후발주자로서 선진국에서 일정 수준 이상 성장한 산업을 추격하는 입장으로 이해되어왔다(곽기호, 백서인, 2017). 반면 드론은 비교적 새롭게 형성된 산업으로 중국 기업이 드론산업에서 시장을 장악한 것은 매우 중요한 사례이다(박준기, 서봉교, 오철, 2017). 2015년 당시 DJI 매출의 70%는 아시아 밖의 지역에서 일어났고, 2017년 해외매출액의 비중은 전체 매출의 80%를 차지했다(Shao, 2015; 오광진, 2018). 민간용 드론시장이 탄생한 후 10년도 채 지나지 않아 중국기업이 드론산업을 장악하며 중국이 드론산업의 선두국가로 올라선 것이다. DJI가 중국기업으로서 Made in China의 인식을 바꾸고, 시장지배자가 되었다는 점은 매우 주목할 만한 현상이다(송재두, 2018).

2. 기술혁신과 특허 네트워크 분석

Greenhalgh와 Rogers에 의하면 기술혁신(innovation)이란 제품(product) 또는 공정(process)에 기존에 존재하지 않았던 새로운 아이디어 또는 기술을 적용하여 시장구조를 새롭게 재편하는 것으로, 기업의 측면에서는 새로운 가치(value)를 선도하고 이를 증가시키는 것을 의미한다. 산업구조의 고도화와 기업의 R&D 투자성과에 대한 인식의 변화로 인하여 기술혁신은 기업 경쟁력과 지속가능한 성장의 핵심요소로 중요하게 인식되고 있다(송종국, 2003).

이러한 기술혁신을 반영하는 대표적인 지표로 특허가 있다. 특허는 어떠한 발명에 대해 부여하는 독점적인 권리이며(Ernst, 2003), 연구개발의 특성 및 성과에 관련한 정량적 연구를 수행할 수 있는 거의 유일한 자료이다. 실질적으로 모든 분야의 혁신활동을 명확히 설명할 수 있고 장기간 축적되는 특성을 지닌다(Griliches, 1990).

기술혁신이 성공적으로 달성되어 효율적으로 순환되기 위해서는 특허창출과 활용의 단계가 필요하기 때문에(심미량 외, 2013) 기술혁신과 기업의 특징을 분석하는데 특허자료를 토대로 하는 것은 매우 유의미하다. 특허가 혁신의 지표로 사용될 수 있음에 대해서는 많은 학자들에 의해 연구되어 왔다(Brouwer and Kleinknecht, 1989; Griliches, 1990; Archibugi and Pianta, 1996; Arundel and Kobla, 1998).

한편 기술과 산업의 복잡성이 높은 하이테크 산업에서 기업이 기술혁신을 끌어내고 확산하기 위해서는 혁신 주체들 간의 상호작용이 필요하다. 기업은 더 많은 경제주체와 유기적으로 상호작용하는 경향을 보인다. 기업은 보유한 유·무형의 자원을 활용하여 제품이나 서비스에 통합함으로써 가치를 창출한다. 이에 대량의 정보를 활용하여 기술 및 산업의 연계구조에 대한 거시적인 시각을 제시하는 연구들이 많다. 이러한 관점에서 네트워크 분석(Network analysis)은 특정 주체의 독립적 성격에 집중하기보다 주체 간에 형성된 일정한 관계의 성격을 구조적으로 살펴보기에 적합한 방법론이다.

네트워크 관점에서 특허분석에 많이 활용되는 방법 중 특허인용 분석(patent citation analysis)이 있다. 특허인용 분석에서 행위의 주체인 노드는 특허이며, 특허 간 기술지식의 흐름을 의미하는 링크는 특허 간의 인용 관계를 나타낸다. 노드와 링크의 관계를 순차적으로 분석하고, 이들의 상관관계를 도식화함으로써 기술의 파급효과를 추적하고, 기술의 성숙 곡선을 추정할 수 있다. 기술지식의 관점에서 기업들의 지식연계, 상대적 위상, 그리고 그 변화에 대한 시사점을 발견할 수 있다(조용래, 김의석, 2014). 이러한 특성을 활용하여 인용특허를 기반으로 핵심기술을 파악하고, 기술발전에 대한 동향을 분석하는 연구가 활성화되는 추세이다(Huang and Chen, 2003; Lee, D. H et al., 2012). Benson and Magee(2016)는 특허의 인용이 많은 기술영역에서 기술 진보가 빠르게 나타나는 것을 발견했다. Harhoff et al.(2003)는 특허가 인용한 특허(母특허)에 관한 후방인용(backward citations)과 특허가치 사이에 정(+의 상관관계가 존재한다는 것을 밝혔다.

Ⅲ. 연구방법

무인항공 기술은 배터리 기술, 무인 항법 시스템, 회로 및 모터 기술, 재료, 하드웨어 설계 및 제작 기술, 통신 기술 등 다양한 기술이 접목된 분야이다(서강원·최석철, 2012). 다양한 기술이 융합되어 사용되기 때문에 기술들을 개별적으로 분석할 필요성이 있다(김선영, 전정환, 2019). 특허는 기업의 혁신전략을 실증적으로 설명할 수 있는 도구이다. 민간 드론 분야 선두기업인 DJI의 특허를 분석하는 것은 기업 자체에 대한 전략적 행위뿐만 아니라 드론기술의 속성에 대한 통찰력을 제시할 것이다.

이에 본 연구에서는 DJI의 특허 지표 중 인용정보를 분석하여 기업 전략을 추론하고자 한다.

본 연구는 'DJI의 드론 세부 기술별로 인용특허 정보의 양상이 상이할 것이다'라는 가설을 세우고 이를 검증하여 DJI의 전략적 행위를 알아본다. 특허분석에는 빈도분석, 점유율 분석, 시계열 분석, 인용 분석, 권리 분석 등 다양한 형태의 분석이 있는데(박용태(2006)) 특허 인용정보는 기업의 개방형 혁신전략을 추정하는 것이 가능하기에 특히 중점적인 방법으로 활용했다.

1. 데이터 수집

특허검색사이트 Keywert와 Wisdomain을 활용하여 DJI가 출원한 특허를 수집했다. "DJI" 혹은 "SHENZHEN DAJIANG"이 포함된 출원인을 기준으로 하여 2004년부터 2020년 5월까지 등록되었거나 등록 예정인 특허를 대상으로 했다. DJI의 미국, 중국, 일본, 한국, 유럽 특허를 수집했으며 이 결과 총 1,163건의 특허정보가 분석 대상이 되었다.

DJI의 특허는 2014년을 기점으로 그 숫자가 급증하는 양상을 보였는데 이는 DJI의 첫 일체형 드론이 출시된 2013년 이후이다(2013. 1. Phantom1 출시). 국가별 특허출원 수는 중국이 39%로 가장 많고, 미국이 29% 일본 26% 유럽이 5% 가량이다. 초기에는 자국(중국) 출원이 다수이나, DJI가 본격적으로 제품을 내놓은 시기인 2014년 이후 미국 특허가 빠르게 증가했다.

DJI가 출원한 특허를 메인 IPC로(IPC 4자리) 분류하고 빈도수가 많은 순서로 정렬해 보았고 그 결과는 <표 2>와 같다. IPC 기반의 분석에 따르면 DJI의 특허는 기본적으로 비행분야(B64), 통신분야(H04), 제어조정 분야(G05), 전자사진 분야(G03), 기계요소 분야(F16)에 집중되어 있음을 확인할 수 있다.

<표 2> IPC별 특허 현황(상위 5개)

순위	IPC코드	내용	빈도수	비율
1	B64C	• 비행기; 헬리콥터	152개	13.1%
2	H04N	• 화상통신	148개	12.7%
3	G05D	• 비전기적 변량의 제어 또는 조정계	135개	11.6%
4	B64D	• 항공기의 장비; 비행복; 패러슈트; 동력 장치 또는 추진전달 기구의 설비 또는 장치	86개	7.4%
	G03B	• 사진을 촬영하기 위하여 또는 사진을 투영하여 직시하기 위한 장치 또는 배치	86개	7.4%
5	F16M	• 엔진, 기계 장치에서의 프레임, 스탠드 또는 지지대	47개	4%

B64는 ‘항공기; 비행; 우주공학’ 기술로 경항공기, 비행기, 헬리콥터 등에 대한 기술을 포함한다. B64에서 출원한 특허가 22%에 달했는데, DJI의 드론기술이 비행체의 경량화와 배터리의 지속성, 속도·조종 등 항공비행 기술과 상당히 유사하기 때문으로 볼 수 있다. H04는 ‘전기통신 기술’로 방송통신, 무선통신 네트워크를 포함하며, G05는 ‘제어;조정’으로 무선험행 시스템의 주파수를 조정하는 조정계를 포함하고 있다. G03은 전파사진 등 사진 관련 기술의 특허이며, F16로 구분된 특허는 드론을 지지하는 장비에 관한 특허이다.

2. 특허 분석 방법

수집된 특허 데이터를 3가지 방식으로 분석했다. 첫째, 개별 특허의 명세서를 참고하여 드론의 세부기능별로 특허를 분류하고(①파워, ②비행체(플랫폼), ③비행제어, ④전자통신, ⑤임무장비 등), 이를 통해 연도별 출원 경향과 점유율을 살펴보았다.

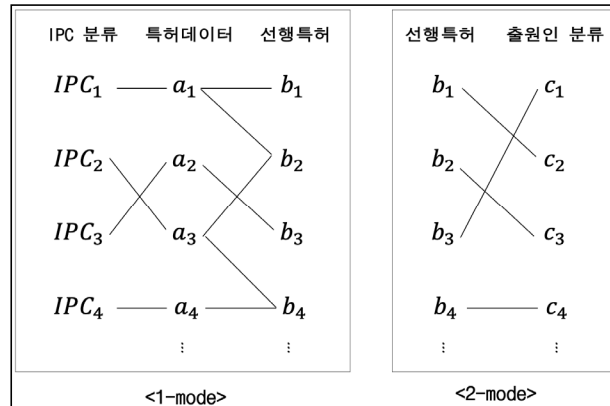
둘째, 특허 인용정보를 분석했다. DJI의 특허가 인용한 약 2만건의 선행특허를 4가지 발명자 및 국가별로 분류하고(①기업(미국, 중국, 일본, 유럽, 한국, 기타), ②대학(미국, 중국, 기타), ③공공연구소 및 정부기관, ④개인) 각각의 빈도수를 보았다. 이를 통해 DJI가 인용한 특허의 주요 출원인을 파악했다.

셋째, 특허기술과 선행특허 출원 주체와의 2-mode 네트워크 분석을 수행했다. 네트워크 분석기법은 분석대상의 형태에 따라 1-mode 네트워크, 2-mode 네트워크로 구분된다. 1-mode 네트워크 분석은 동일성질의 개체가 n 개 존재할 때, 이들 개체간의 관계를 분석하는 것으로, 개체들을 $n \times n$ 의 행렬로 구성하고 개체 간의 연관 관계를 분석한다. 2-mode 네트워크 분석은 네트워크 내에 서로 다른 성질의 개체가 2개 존재할 때, 이들 개체간의 관계를 분석하는 것이다. 즉, A개체가 n 개의 요소, B개체가 m 개의 요소를 포함하고 있을 때 요소들을 $n \times m$ 의 행렬로 구성하여 이들 간의 연관 관계를 분석하는 것이다(이광민, 홍재범, 2016). DJI 특허기술의 IPC 중분류 코드와 인용특허의 출원인 분류 데이터를 노드로 하여 이원 네트워크를 구성, 시각화했다. 이를 통해 DJI가 드론 기술개발을 위해 인용한 특허의 성격과 선행특허의 출원 주체를 확인했다.

2-모드 네트워크 분석 방법은 다음과 같다. 분석하고자 하는 특허데이터와 선행특허의 매트릭스를 구성한다(1-mode). 특허데이터 정보에서 IPC를 분류하여 1차 노드(node)인 IPC를 추출한다. 다음으로 선행특허와 출원인 간의 매트릭스를 구성하고(2-mode) 2차 노드인 출원

인 분류 정보를 추출했다. 이 과정을 통해 변환한 매트릭스는 IPC로 구분된 특허기술과 선행특허의 출원 주체와의 대응 관계를 보여준다.

[그림 1] 2-mode 네트워크 도식화



앞서 설명한 DJI 특허기술과 선행특허 출원 주체와의 상관관계를 직관적으로 이해하기 위해 네트워크 분석 결과를 시각화했고, 데이터의 분류와 시각화를 위해서는 R 프로그램을 활용했다.

IV. 분석결과

1. 기술별 분석

DJI의 보유 특허 현황을 기술별로 의미있게 살펴보기 위해 특허법률사무소의 자료(DJI가 미국에 출원한 드론 관련 특허 172건을 검토한 후 기술분류표 도출, 2017.4.25. 기준)를 참고하여 기술을 분류했다. 특허전문 조사기관인 IP타깃이 발간한 ‘드론 대해부’ 보고서에 따르면 DJI의 특허를 <표 3>과 같이 분류할 수 있다.

<표 3> DJI 보유특허 기술분류

대분류	기술 분류	기술 내용
무인기본체	파워	• 배터리지어, 배터리구성
	비행체(플랫폼)	• 바디, 랜딩기어, 프로펠러, 추진체(모터)
	비행제어	• 비행플랜(예: 경로설정), 비행제어(예: 떨림방지)

대분류	기술 분류	기술 내용
	전자통신	• 소음제어, 통합프로세서
	임무장비	• 센서, 카메라(촬영), 짐벌, 분사장치(스모그 생성장치/스프레이 장치), 촬영 데이터 저장
기타		• 지상지원장비(조종기, 도킹스테이션), 서비스(관광, 정찰 등)

무인기본체의 5개 주요 기술(①파워, ②비행체(플랫폼), ③비행제어, ④전자통신, ⑤임무장비)별 연도별 출원 경향을 살펴보았다. 분석 결과, 임무장비 기술과 관련된 특허가 약 38.3%로 가장 많았으며, 비행제어(23.9%), 비행체(플랫폼)(23.4%), 파워(7.5%), 전자통신(4.8%) 특허 순으로 빈도수가 높았다.

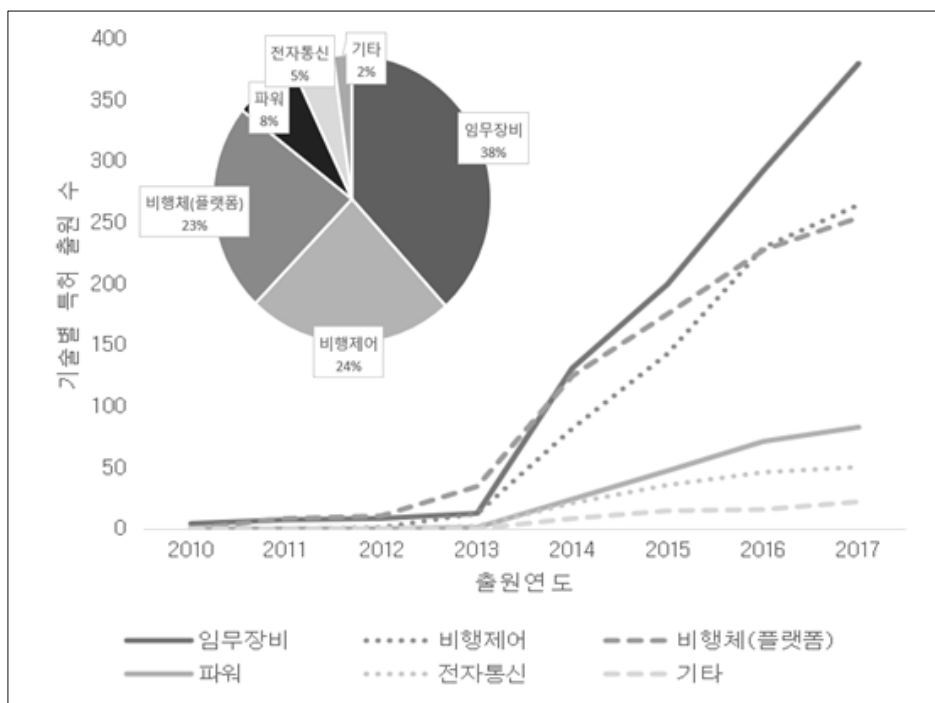
기술별 특허출원 누적건수를 보면 [그림 2]와 같이 2013년까지 비행체(플랫폼) 관련 하드웨어 구성에 대한 출원이 많았고, DJI의 특허 출원 건수가 급격히 증가하기 시작한 2014년 이후로는 임무장비기술이 가장 높은 비중을 차지했다. 비행제어 기술은 꾸준한 증가세를 보였다. DJI가 매년 업그레이드 버전의 제품을 출시하면서 비행안전시스템(Flight Automony 2.0), 홈 귀환(RTH), 지능형 비행기술, 제자리비행 등 고도화된 비행제어 시스템을 개발하고 있음을 알 수 있다.

임무장비기술은 센서, 카메라(촬영), 짐벌, 분사장치, 데이터 저장 장치 등 드론을 활용한 서비스에 접목할 수 있는 기술인데, 임무장비로 분류하지 않은 기술도 촬영을 위한 장애물 감지 및 회피, 장거리 통신, 지능형 비행모드 및 배터리 기술 등 카메라 촬영 임무 수행을 위한 기술에 초점이 맞추어져 있다.

임무장비로 분류된 특허의 내용면을 들여다보면 살펴보면 카메라, 짐벌 등 촬영기술에 대한 특허의 비중이 높다. 2015년 이후로 순수 이미지처리 및 데이터 저장기술 등 소프트웨어 기술이 다수 출원되었다. 분사장치 등 농업용 임무장비에 관한 기술 출원도 증가하며, 조종기 등 지상지원장비 기술 특허도 비중이 커지는 추세다. 소수이지만 드론을 활용한 가상 관광(Virtual Sightseeing) 등 서비스에 관한 특허도 있었다.

임무장비 기술 특허수 증가는 DJI의 Matrice 시리즈로 대표되는 산업용 드론과 카메라 안정화 장치(Osmo), 고성능 카메라(Zenmuse) 같은 임무탑재체 개발 성과물을 잘 설명한다. DJI가 드론을 기반으로 한 서비스/산업 분야로의 영역 확대를 위해 정교한 비행제어 시스템과 임무장비, 임무 장비 제어 시스템을 활발히 개발 중임을 추론할 수 있다.

[그림 2] DJI 기술별 특허 비율 및 출원 건수(누적)



2. 특허 인용 분석

다음으로 DJI 특허의 인용 관계를 분석했다. DJI의 특허는 피인용건수에 비해 인용건수가 많다. 피인용 문헌수는 약 5천건, 인용문헌수는 약 2만건으로 인용 문헌수가 4배가량 많다.

이러한 인용, 피인용 특허 비중은 DJI의 기술이 원천기술의 성격보다는 선행기술과 연계하여 응용/개량적으로 개발된 기술의 성격이 강하다는 것을 의미한다. DJI가 인용한 특허는 항공기 제작 관련 기술의 비중이 높다. 소형 드론은 선행기술인 항공기 및 군용 무인기의 항법, 제어 및 하드웨어 설계, 제작기술을 기반으로 하기 때문이다. 특허 인용 문헌수, 피인용 문헌수의 비교 결과는 DJI의 드론 개발에 기존의 항공우주 분야의 원천기술이 기반이 되었다는 사실을 뒷받침한다. 다시 말해 DJI의 특허는 항공우주 분야의 원천기술에서 범위가 확장된 응용/개량 기술의 성격을 가진다.

〈표 4〉 기술성숙도별 특허 수(비중)

분류별 특허 비중		피인용(Forward Citation)	
		Low	High
인용 (Backward Citation)	High	응용/개량 기술	경쟁기/성숙 단계
	Low	미성숙 단계/변방 기술	원천 기술

(백서인, 손은정, 김지은. (2019). STEPI Insight, (235), 1-45)

다음으로, DJI가 인용한 약 2만건의 특허를 출원인별 분류했다. 출원인 분류 기준은 ①기업, ②개인, ③대학, ④공공연구소 및 정부기관 등 4가지이다. 빈도수가 높은 기업은 국가별로도 구분했다. 결과는 〈표 5〉와 같다.

출원인 식별이 불가능한 건수를 제외하고 총 18,638건을 분석한 결과 기업 특허를 인용한 경우가 72.3%로 가장 많았고, 개인특허 인용 17.4%, 대학특허 인용 7.5%, 공공연구소특허 인용이 2.8%를 차지하고 있었다. 미국 기업 특허 인용이 1/3 이상으로 가장 많았다. DJI 특허 1,100여건이 미국 기업 특허 4,900건 가량을 인용했다. DJI의 특허 1건당 평균 4개의 미국 기술을 인용했다는 뜻이다. 일본 기업의 특허 인용 비중도 3,000건 이상으로 매우 높았다.

〈표 5〉 출원 주체별 특허 인용건수

출원주체	기업	개인	대학	공공연구소 및 정부기관	합계
인용건수(%)	13,484건 (72.3%)	3,242건 (17.4%)	1,394건 (7.5%)	518건 (2.8%)	18,638건 (100%)

국가별 분류	미국기업	중국기업	일본기업	유럽기업	한국기업	기타국가	기업 합계
인용건수(%)	4,983건 (37%)	3,695건 (27.4%)	3,059건 (22.7%)	1,064건 (7.9%)	265건 (2%)	418건 (3%)	13,484건 (100%)

인용 대상이 기업인 특허를 살펴보면, Honeywell, Boeing 같은 미국 항공우주 관련 기업과 글로벌 통신 기업의 특허가 많았으며, Canon 같은 일본 광학기기 관련 기업의 카메라 및 이미지 처리 기술에 대한 인용이 많았다. DJI의 기술 축적에 있어 해외기업의 선행기술이 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다. 2013년 이후로 중국기업 인용 건수가 증가하는데, 이 중에서도

DJI 자사 인용 문헌 수가 높았다. DJI가 자사의 특허를 인용한 문헌 수가 전체 중국 기업 특허 인용 건수의 40% 이상이었다.

다음은 기술별로 어떤 주체의 특허를 인용하는지 알아보았다. 도출 결과는 세부 기술별로 핵심적 역할을 수행하는 혁신 주체에 대한 정보를 제공한다. 피인용 상위 기관들은 정보의 확산, 네트워크 구축에 있어 다른 기관보다 DJI에 미친 영향력이 큼을 알 수 있다.

〈표 6〉 기술별 인용주체(상위 10개)

IPC(빈도수)	내용	1순위	2순위	3순위
B64(257)	항공기; 비행 등	미국기업(1411)	개인(1152)	중국기업(1092)
H04(192)	전기통신기술	일본기업(707)	미국기업(607)	중국기업(569)
G05(153)	제어; 조정	미국기업(729)	중국기업(361)	개인(350)
G01(89)	측정; 시험	미국기업(777)	중국기업(366)	일본기업(301)
G03(86)	전자사진 등	일본기업(384)	중국기업(313)	개인(276)
G06(82)	전산; 계산 등	미국기업(418)	일본기업(266)	개인(180)
F16(59)	기계요소 또는 단위 등	중국기업(158)	개인(97)	미국기업(51)
H02(48)	전력의 발전, 변환 등	중국기업(238)	미국기업(164)	일본기업(149)
G02(45)	광학	일본기업(171)	중국기업(33)	개인(11)
H01(35)	기본적 전기소자	일본기업(66)	중국기업(56)	미국기업(39)

* 중국기업은 DJI 자사 포함

3. 2-mode 네트워크 분석

기술과 인용특허 출원주체간 관계, 기술지식의 흐름을 분석하기 위해 인용특허 네트워크 분석을 수행했다. 해당 네트워크 분석은 노드를 2개 그룹으로 나누어 수행했다. 본 연구에서 정의한 1차 노드는 IPC 코드를 통해 분석한 기술내용이고, 2차 노드는 DJI가 인용한 특허의 출원주체이다. ①미국 기업, ②DJI를 제외한 중국기업, ③일본 기업, ④유럽 기업, ⑤한국 기업, ⑥DJI 자사, ⑦개인출원 ⑧미국 대학, ⑨중국 대학, ⑩공공연구소 및 정부기관 특허, 이상 10개의 출원주체로 나눠 분석해보았다. 링크는 IPC에 해당하는 기술 분야와 인용특허의 출원 주체간 연계라고 설명할 수 있다. 특허데이터를 활용한 네트워크 시각화맵을 도출하여 DJI 특허 기술이 어떤 유형의 혁신 주체와 연계되어 있는지 시각적으로 확인했다. 노드의 크기가 클수록 해당 노드의 발생빈도가 높다는 것을 의미하며, 링크의 굵기가 굵을수록 노드 간 연관성이 강하다는 것을 나타낸다.

앞서 확인한 것과 같이 DJI의 특허는 항공기; 비행 기술, 전기통신기술, 제어; 조정기술, 측정기술에 관한 특허가 많았고 미국 기업, 일본기업, 개인출원특허를 주로 인용하고 있었다. 이를 IPC별로 상세하게 살펴보기 위하여 1차 노드인 IPC를 B(처리조작), G(물리학), H(전기), A·E·F(생활필수품·고정구조물·기계공학 등)의 4개 그룹으로 나누어 분석 및 시각화했다. [그림 3], [그림 4], [그림 5], [그림 6]은 각 그룹별 네트워크 시각화 결과이다.

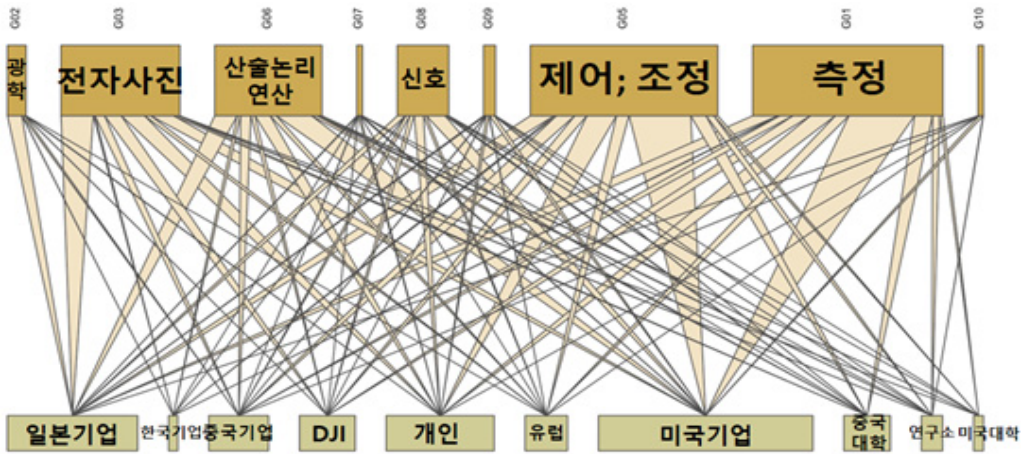
B(처리 조작) 기술 분류에서는 항공기; 비행; 우주공학기술로 분류된 특허가 대다수였다. 해당 특허는 미국기업과의 링크가 가장 굵다. B64(항공기; 비행; 우주공학) 기술은 드론기술에서 가장 많은 빈도수를 보이는 기술로 핵심적인 기술이다. DJI는 드론의 핵심기술에서 미국기업의 선행기술을 가장 많이 인용했다. 이 결과는 미국이 무인항공분야의 원천기술을 보유하며 지식의 확산자 역할을 한다는 것을 의미한다.

[그림 3] 처리조작 기술(IPC: B) 네트워크 시각화



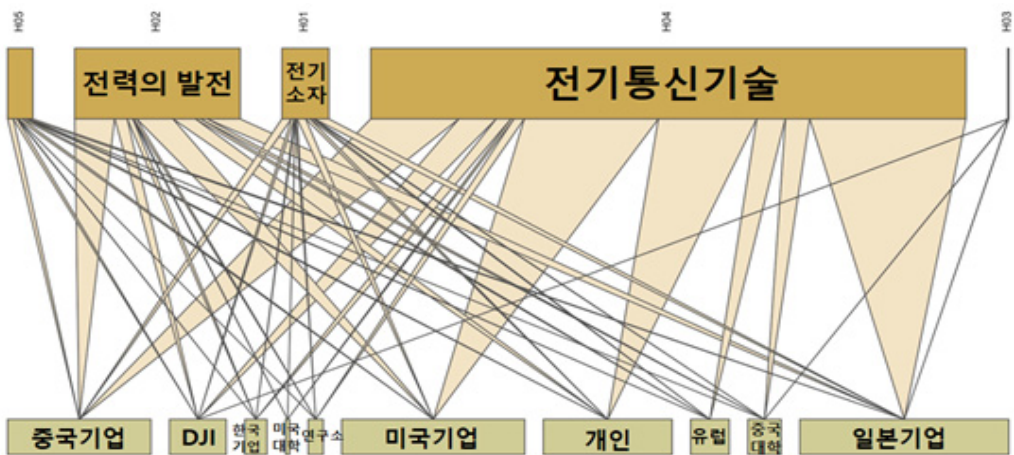
G(물리학) 기술 분류의 네트워크 분석 결과에서는 제어, 조정과 측정기술의 빈도수가 가장 높았다. 해당 기술도 마찬가지로 미국 기업과 연결된 링크의 굵기가 가장 굵어, 미국 기업으로부터 기술지식 수용이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 눈에 띄는 부분은 전자사진기술, 광학기술 부분에서 일본기업과의 연결관계가 가장 강하다는 점이다. 전자사진, 광학 기술은 드론의 항공 촬영기술과 직접적으로 연관된 것으로 일본기업의 기술이 영향을 주었음을 알 수 있다.

[그림 4] 물리학 기술(IPC: G) 네트워크 시각화



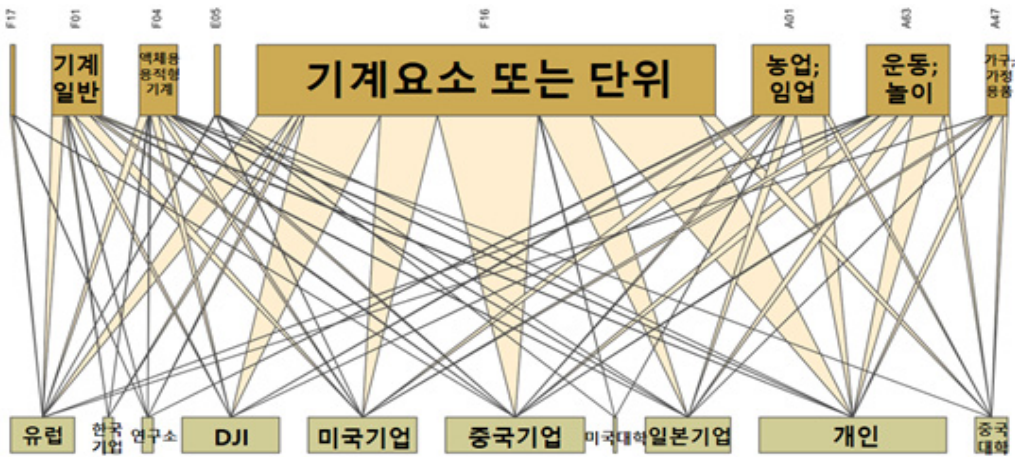
H(전기) 기술 분류에 대한 네트워크 분석 결과 전기통신기술의 빈도수가 가장 많았고 전력의 발전 기술도 다수 보였다. 전기통신기술은 화상통신, 촬영 데이터 통신 관련 기술과 연관되어 있다. 전기통신기술은 일본기업과의 연결관계가 가장 강하며, 미국 기업과의 관계도 강하게 나타났다. 전력 발전(發電)은 드론의 배터리와 관련된 기술인데 해당 기술은 중국기업(DJI 자사 포함) 기술의 인용이 가장 많았다. 드론의 리튬폴리머(LiPo) 배터리 기술에서 중국이 높은 기술력과 경쟁력을 보유하고 있음을 알 수 있다.

[그림 5] 전기 기술(IPC: H) 네트워크 시각화



A·E·F(생활필수품·고정구조물·기계공학 등) 기술로 분류되는 특허의 네트워크 분석 결과를 보면 기계요소 기술 빈도수가 높는데, 이 기술은 드론 안정화를 위한 지지 기구 기술과 카메라 고정장치 기술이 주로 포함되어있다. 있다. 해당 기술에서 중국기업과 DJI 자사 인용이 가장 강하게 나타났다. 자기인용은 혁신의 전유성을 나타내는 지표로 연구자들이 널리 사용하고 있음을 고려할 때(Trajtenberg et al., 2002; Hall et al., 2005), 카메라 안정화 장치 기술이 DJI의 전략적인 기술이며 경쟁사 대비 차별성을 부여하는 기술에 해당할 가능성이 높다. A01(농업;임업)에서 농업 관련 특허를 일부 확인할 수 있는데, 농업용 드론인 Agras 시리즈에 대한 기술개발 결과로 보인다.

[그림 6] 생활필수품·고정구조물·기계공학 기술(IPC: A·E·F) 네트워크 시각화



V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 민간 드론 분야에서 글로벌 1위 기업의 위치에 있는 DJI의 혁신전략에 대해 분석했다. DJI 사례가 중요한 이유는 일반적으로 제조업 후발주자이자, 모듈화된 기술제품의 추격자로서의 장점을 보여왔던 중국기업이 첨단산업에서 퍼스트무버(First Mover)로 혁신에 성공한 사례이기 때문이다.

DJI의 기술혁신을 분석하기 위한 지표로 특허정보를 수집하고 기술 정보 분석과 네트워크 분석을 적용했다. 이를 통해 DJI가 보유한 드론기술과 혁신 주체 간의 상호연계 구조를 규명하였다. DJI의 사례를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 초기에는 비행체(플랫폼) 중심으로 특허출원이 많았으나, 2014년 이후로 임무장비기술 특허 비중이 점차 증가했다. 임무장비로 분류된 특허는 카메라 및 짐벌 등 촬영기술에 대한 특허가 가장 많았고, 이미지처리 및 데이터 저장기술 등 소프트웨어 관련 기술도 다수 발견되었다. 이를 통해 DJI가 드론 제작을 위한 연구개발뿐만 아니라 드론기술을 활용한 촬영 등 확장 적용이 가능한 고부가가치 서비스 분야로의 R&D를 적극적으로 강화하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

둘째, DJI의 드론기술은 피인용 문헌 수에 비해 인용 문헌 수의 비중이 매우 높아 선행기술의 성능을 개선하는 응용/개량기술의 성격이 크다. DJI의 기술혁신에 있어 자국(중국)뿐만 아니라 외부 기술의 역할이 컸으며 핵심 역량 구축에 있어 미국 기업과 일본 기업의 영향이 컸다는 것을 확인할 수 있다.

셋째, 인용특허 네트워크 분석 결과, 드론의 핵심적인 기술이라고 할 수 있는 항공기, 우주공학, 제어기술은 미국기업의 선행기술을 가장 많이 인용했고, 촬영 및 이미지처리 기술은 일본기업의 선행기술을 가장 많이 인용한 것을 알 수 있었다. 배터리 기술과 카메라 고정장치 기술의 경우 자기인용이 강해 중국기업과 DJI사의 자체 기술개발 성과를 확인할 수 있었다.

본 연구결과가 제시하는 함의는 다음과 같다.

DJI는 뛰어난 기술 소화·흡수 역량과 활용 역량을 가지고 있다. DJI가 드론의 핵심적인 기술을 축적하는 과정에서 외부의 선행기술을 인용하며 활발하게 지식을 수용하는 모습을 확인할 수 있었다. 이러한 기술 소화·흡수능력이 DJI사의 기술 역량 확보에 큰 도움이 되었을 것이다. 외부의 적합한 원천기술을 채택하고 흡수, 활용하기 위해서는 DJI 내부의 연구개발 역량 구축이

필연적이다. 외부 지식의 소화·흡수 능력과 자체적인 연구개발 역량이 시너지를 내며 DJI의 기술 클러스터를 확대했으며, 이 과정에서 비약적인 발전을 이루었음을 짐작할 수 있다.

이제 DJI는 기술을 흡수하는 단계에서 성장하여 자체적으로 필요한 기술을 융합하고 혁신을 주도하는 단계로 이행한 것으로 보인다. 종래의 기술추격국이 따르는 기술축적의 경로에서 도약하여 새로운 기술지식을 창조하는 단계로 성장했다. 이는 드론 배터리 기술과 일부 기계요소에서 중국의 기술 국산화와 DJI 원천기술의 축적을 통해 확인할 수 있었다. 그동안 혁신의 관점에서 주목받지 못해왔던 중국기업이 활발하게 원천기술을 개발, 글로벌 표준을 전파하고 있다. 향후 DJI는 하드웨어 제작기업에서 드론 관련 종합 서비스, 플랫폼 사업자로 확장을 시도할 것으로 전망한다.

본 연구는 다음의 한계를 가지며 추가 연구의 필요성을 제시한다. 드론산업은 이종 기술이 결집된 산업으로 산업 전반의 발전 방향을 제시하기 위해서는 분야를 확대하여 거시적 연구를 수행할 필요가 있다. DJI는 전 세계 1위의 드론 제조 기업이나 향후 국내외 드론기업을 분석 대상에 추가하여 연구를 수행한다면 기업의 특허전략과 경쟁력을 더욱 명확히 실증하는 데 기여할 수 있을 것이다. 또한 드론 제조 분야에 국한한 본연구의 한계를 넘어 드론과 관련된 ICT서비스 산업과 해당 산업의 선두 주자 등 확장된 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 국내 드론 산업은 생산기업 대부분이 중소기업으로 중국과 비교했을 때 미약한 수준이다. 본 연구를 통해 한국 드론기업의 국제경쟁력 강화에 기여할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 박종삼, 권승수, 안영엽(2021), 드론산업의 활성화를 위한 정책적 과제, 문화산업연구 제21권 제2호(2021년 6월), pp. 125-134.
- 박준기, 서봉교, 오철. (2017), 첨단산업의 부상과 중국 산업정책의 진화: 중국 드론산업의 사례
- 박종국. (2021), 중국 드론기업의 경쟁력에 미치는 영향에 관한 연구: 정부 및 시장요인을 중심으로
- 서강원, 최석철. (2012). 수출을 고려한 무인항공기 연구개발 활성화 방안. 한국방위산업학회지, 19(1), pp. 124-152.
- 송재두. (2018). 드론시장의 확대와 DJI의 성공요인, 한국융합인문학 제6권 제4호, pp. 55-85
- 이광민, 홍재범. (2016), 기술융합 구조 분석을 위한 사례연구: 2-mode 네트워크분석활용, 기술혁신연구 v.24 no.2, pp. 10-11.
- 최진호, 김희수, 임남규. (2011). 기술예측을 위한 특허 키워드 네트워크 분석. 지능정보연구, 17(4), pp. 227-240.
- 김지수, 변창욱. (2018), 특허 인용 관계를 이용한 지역별 지식 흐름의 측정과 시사점, 산업연구원.
- 조용래, 김의석. (2014). 특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구. 지식재산연구, 9(4), pp.191-221.
- 곽기호, 백서인. (2017). 신흥시장에서의 후발 국가 간의 추격과 추락. 한국기술혁신학회 학술대회, pp. 423-449.
- 백서인, 손은정, 김지은. (2019). 중국 과학기술·신산업 혁신 역량 분석: ① 중국의 드론 굴기와 한국의 대응 전략. STEPI Insight, (235), 1-45.
- 백서인, 손은정, 김지은. (2020). 4차 산업혁명 분야 중국 혁신 기업의 성장요인 분석: 센스타임, 바이트댄스, DJI를 중심으로, 한국기업경영학회[기업경영연구] 제27권 제1호, pp. 75-100.
- 백서인, 박환일, 송치웅, 손은정, 최해욱, 홍성범. (2018). 2018년 중국(중화권) 첨단기술 모니터링 및 DB 구축 사업. 과학기술정책연구원, pp. 176-185.
- 김한국. (2017). 드론 산업의 특허 동향 분석, 한국엔터테인먼트산업학회 학술대회 논문집, pp. 90-93.
- 배진우. (2016). UAV 핵심 기술 특허분석을 통한 기술 및 한국의 경쟁력 분석. 한국통신학회논문지, 41(12), pp. 1868-1875.
- 박찬기. (2017). 특허 인용 네트워크 분석을 통한 무인항공분야 기술융합 전략 연구.
- 김선영, 전정환. (2019). 무인항공 분야 특허기술의 융합동향 분석. 기술혁신학회지, 22(6), pp. 1138-1163.
- 김지수·변창욱. (2018). 특허 인용 관계를 이용한 지역별 지식 흐름의 측정과 시사점. 산업연구원
- 최승욱. 손에 잡히는 특허 Report 드론 대해부
- Ernst, H. (2003), Patent information for strategic technology management, World Patent Information, 25(3), pp. 233-242.
- Jaffe, A. B. & Trajtenberg, M., Patents, citations, and innovations: A window on the knowledge

economy, The MIT Press, 2005.

Huang, M. Chiang, L., & Chen, D., (2003), Constructing a patent citation map using bibliographic coupling: A study of Taiwan's high-tech companies, *Scientometrics*, vol. 58, no. 3, pp. 489-506.

D. Harhoff, F. M. Scherer and K. Vopel (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights.

Lee, D. H., Seo, I. W., Choe, H. C., & Kim, H. D., "Collaboration network patterns and research performance: the case of Korean public research institutions", *Scientometrics*, Vol.91 (2012).

Fobes(2015.1.21) "A Hot Seller in a Hot Market: Meet the World's Most Successful Seller of Drones"

Reuters(2015.4.16.) "China's DJI drones flying high among US companies"

A study on Innovation Strategy of Chinese Drone Firm through Patent Analysis

- Focused on DJI -

Kim Heajoo

- Abstract -

Global drone market has been growing affected by technology development and drone usage has been expanding. In the commercial sector, Chinese drone company 'DJI' is leading the way, accounting for 70% of the global drone market. It is a unique case of a Chinese company preoccupying market in high-tech industry. There is a need for research on this Chinese drone giant DJI in this background.

In this study, patent analysis methods were used to trace DJI's innovation pathways. Empirical results such as patent data and forward citation are used to investigate the firm's innovation strategies. DJI's patent documents show that DJI is strengthening R&D to higher value-added areas using drone technology. DJI's drone has technological characteristics that develops in connection with prior aerospace technology. DJI imported prior technologies of U.S and Japanese companies, but showed DJI's pioneering outcome in some area.

This study laid the foundation for understanding the strategy of DJI, that is not listed on the stock exchange, using empirical data. The findings of the study are expected to contribute to future drone-related research.

Key words DJI, Drone, Patent, Technology Innovation, Network Analysis

| 논문 |

과학기반형과 기술융합형 특성 관점에서 바라본 ASML社의 반도체 노광공정 혁신 사례 연구

최희수

기초과학연구원 제1저자

TECHNOLOGY POLICY
MECHANICAL ENGINEERING

과학기반형과 기술융합형 특성 관점에서 바라본 ASML社의 반도체 노광공정 혁신 사례 연구

최희수*

- 초 록 -

세계 전반에 막강한 영향력을 행사한 코로나바이러스로 인해, 사람들은 대면 대신 전자기기를 통한 비대면 방식으로의 의사소통에 익숙해졌다. 특히 이른바 ‘초연결’ 사회에서 다양한 첨단기기 속 반도체의 가치와 수요는 폭발적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 반도체를 제조하는 장비에 대한 관심도 급증하고 있다. 전 세계 유일의 초미세 노광장비 생산으로 업계를 선도하는 ASML은 꾸준한 연구개발 투자 및 협력사와의 공생 관계를 통해 오랫동안 독보적인 자리에 있다.

본 사례연구에서는 반도체 노광공정 분야의 변방에서 시작한 ASML이, 어떻게 경쟁기업들을 제치고 압도적인 1위가 될 수 있었는지 그 성공 원인을 분석하고자 한다. 특히 산업 분류에 기반하여 혁신 특성을 분석한 ‘Pavitt의 분류’ 이론을 바탕으로, ASML의 과학기반형 특성을 특허인용분석 및 사례분석을 통해 확인했다. 또한 ‘기술융합’ 이론의 측면에서 공동출원인 및 동시분류분석도의 지표를 바탕으로 특허분석을 진행했으며, EUV와 관련한 연구개발 사례를 분석했다. 글로벌 차세대 반도체의 미래를 짊어진 ASML을 집중적으로 조망함으로써, 다양한 반도체 주체가 나아가야 할 전략적 방향을 모색하고 시사점을 고찰하고자 한다.

주 제 어 ASML, 노광장비, 패빗 분류, 기술 융합, 공동출원인, 동시분류분석

논문접수일 2022년 10월 4일 수정논문 제출일 1차: 2022년 11월 25일 2차: 2022년 12월 8일 게재확정일 2022년 12월 9일

* 기초과학연구원(hschoi1217@gmail.com), 제1저자

I. 서론

신종코로나바이러스가 장기간 기승을 부리는 동안 우리 사회 전반에는 많은 지각변동이 발생했다. 전 세계는 이제 대면 생활만큼이나 비대면 생활에 익숙해진 지 오래다. QR코드, 언택트, 웨비나, 메타버스 등의 비대면 상황 기반의 신조어가 일상적으로 쓰이고, 재택근무, 홈쇼핑, 온라인 학습은 어느새 지극히 평범한 일상으로 굳어졌다.

전대미문의 위기 속에서도 일상생활이 가능했던 이유의 중심에는 바로 반도체가 있다. 특히 최근에는 고품질의 정보기술 개발과 함께 자율주행차, 드론, 스마트 워치 등 반도체를 기반으로 한 다양한 제품이 등장하였다. 이제 반도체는 컴퓨터, 통신, 가전 등 다양한 산업 분야에서 폭넓게 쓰이는, 그야말로 우리 일상을 지배하는 필수품으로 자리 잡았다. 반도체가 없다면 우리가 사용하는 전자기기들이 멈추게 되며, 우리의 삶 또한 작동을 멈추게 된다.

이러한 흐름에 따라 반도체 제조 장비 또한 반도체 산업에서 중요한 부분으로 인식되고 있다. 전 세계에서 반도체 제조 장비를 개발하는 기업은 그리 많지 않은데, 그중 칩 메이커 회사들이 줄을 서서 기다리는 유일한 기업이 있다. 바로 ‘슈퍼 울 기업’ ASML이다. 반도체 공정 중 가장 중요한 노광 공정을 담당하며, 독보적인 경쟁력을 지닌 장비 생산으로 절대적 위치를 점한 ASML은 2021년 매출 186억 1,100만 유로(약 25.1조 원), 당기 순이익 58억 8,300만 유로(약 7.9조 원)를 기록했다(그림 1). 이는 전년 대비 매출 약 33% 및 순이익 약 66% 상승한 수준으로, 매출 전망치를 웃도는 수준의 실적 개선이 이루어지고 있다.

[그림 1] ASML의 2021년 총 매출 및 수익

Operating results of 2021 compared to 2020					
Year ended December 31 (€, in millions)	2020	% ¹	2021	% ¹	% Change
Net system sales	10,316.6	73.8	13,652.8	73.4	32.3
Net service and field option sales	3,661.9	26.2	4,958.2	26.6	35.4
Total net sales	13,978.5	100.0	18,611.0	100.0	33.1
Cost of system sales	(5,169.3)	(37.0)	(6,482.9)	(34.8)	25.4
Cost of service and field option sales	(2,012.0)	(14.4)	(2,319.1)	(12.5)	15.3
Total cost of sales	(7,181.3)	(51.4)	(8,802.0)	(47.3)	22.6
Gross profit	6,797.2	48.6	9,809.0	52.7	44.3
Research and development costs	(2,200.8)	(15.7)	(2,547.0)	(13.7)	15.7
Selling, general and administrative costs	(544.9)	(3.9)	(725.6)	(3.9)	33.2
Other income	—	—	213.7	1.1	N/A
Income from operations	4,051.5	29.0	6,750.1	36.3	66.6
Interest and other, net	(34.9)	(0.2)	(44.6)	(0.2)	27.8
Income before income taxes	4,016.6	28.7	6,705.5	36.0	66.9
Income tax expense	(551.5)	(3.9)	(1,021.4)	(5.5)	85.2
Income after income taxes	3,465.1	24.8	5,684.1	30.5	64.0
Profit from equity method investments	88.6	0.6	199.1	1.1	124.7
Net income	3,553.7	25.4	5,883.2	31.6	65.6

1. As a percentage of total net sales.

자료: 2021 ASML Annual Report

그러나 ASML이 처음부터 노광장비 산업의 중심에 위치했던 것은 아니다. NIKON, CANON 등 일본의 오랜 노광장비 기업들이 장기간 글로벌 시장을 선점했기 때문에, 작은 목재 건물에서 태동을 막 시작한 ASML에게 노광공정 업계에의 진입장벽은 높지 않을 수 없었다. 그럼에도 불구하고 ASML은 글로벌 무대에서 세계 반도체 시장을 장악하게 되었는데, 과연 본 기업의 성공담에는 어떠한 요인들이 있었는지 근본적 물음을 지니지 않을 수 없었다.

사실 ASML이 글로벌 노광장비 시장을 제패하기 전까지 업계를 선도했던 NIKON과 CANON은 자체적으로 보유한 광학 및 미세가공 기술로 압도적 우위를 점하였으며, 일본 특유의 폐쇄적인 기업 시스템을 바탕으로 모든 부품을 inhouse 형식으로 조달하고 외부 파트너사와의 협력은 최소화했다고 한다. 그에 비해 ASML은 협력업체와의 공동연구에 투자를 아끼지 않았으며, 핵심 부품인 투영렌즈나 스테이지조차 외부에서 조달하는 방식으로 장비를 제조했다. 이에, 저자는 수직통합으로 제품화하는 방법이 상식처럼 여겨지던 반도체 노광장비 분야에서 ASML만의 독자적인 스타일을 추구하였음에 초점을 맞추어 사례 연구를 진행하고자 한다. 따라서 본 사례 연구의 첫 번째 핵심적 목표는 ‘후발주자인 ASML이 글로벌 1위의 노광장비 제조업체가 되기까지 시도한 전략을 다각도로 분석하는 것’이라 할 수 있겠다.

이와 함께, 기존의 불화아르곤 방식에서 EUV 방식으로의 대대적인 변화를 맞는 중인 반도체 노광공정 산업 환경에서 ASML이 취한 차별 전략 또한 ASML의 성공에 중요한 요소라고 할 수 있다. 큰 변화를 감행하며 새로이 도전한 ASML의 사례를 통해, 반도체 노광공정 시장을 폭넓게 이해할 수 있을 뿐 아니라 기업의 경영 방식이 주는 시사점 또한 깨닫는 좋은 계기를 얻을 것으로 생각한다.

본 사례는 특히 산업 분류를 기반으로 혁신 특성을 분석한 ‘Pavitt의 분류체계’ 이론과, 기술의 병합 현상을 지칭하는 ‘기술융합’ 이론의 관점에서 분석할 것이다. 또한, 자기인용, 공동출원인, 동시분류분석 등의 지표를 바탕으로 한 특허 분석과 다양한 연구개발 사례를 통한 사례분석을 바탕으로 기업의 핵심 성공 요인을 파악할 것이다.

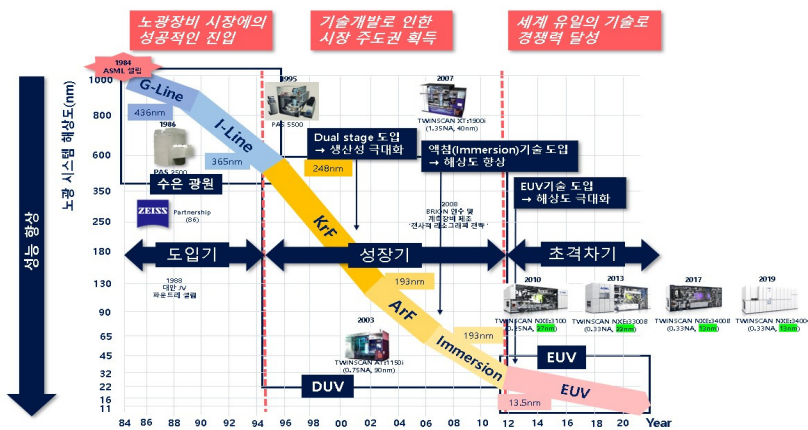
II. 연구대상 소개

1. ASML 소개

ASML은 반도체 제조용 노광공정(Photolithography) 장비를 제조하는 굴지의 글로벌 기업으로, 1984년 전자기기 제조업체인 Philips와 반도체 제조장비 기업인 ASM International (ASMI)의 합작 형태로 설립되었다. 당시 각 업계에서 별다른 두각을 드러내지 못하던 두 회사의 결합이었지만, ASML은 두 회사의 부족한 부분을 보완하며 빠르게 성장하였다. 기술력을 바탕으로 주요 부품업체와 긴밀한 관계를 유지한 덕분에, ASML은 현재까지 삼성전자나 TSMC 등 글로벌 파운드리(반도체 위탁생산) 회사들에 납품하고 있으며, 칩메이커 회사들은 매년 질 좋은 ASML의 장비를 선점하려 애쓰고 있다. 특히 2000년 ASML은 미국의 반도체 기업인 Silicon Valley Group(SVG)를 인수했으며, 2012년에는 노광장비의 주요한 부품인 광원을 제공하는 업체 Cymer를 인수함으로써 사실상 노광 분야를 천하 통일한 독보적 기업으로 자리 잡았다.

큰 성공을 거둔 ASML의 발전사는 ‘미세회로의 정밀도 개선’이라는 과제와 직결되어왔다. 반도체의 회로가 정밀해질수록 처리 속도와 생산성이 향상되기 때문이다. 반도체의 정밀도, 즉 해상도는 파장이 짧은 광원을 사용할 때 극적 개선이 가능하다. 즉, ASML의 발전은 ‘단파장 광원을 찾기 위한 지속적인 디바이스 스케일링 과정’이었다고 할 수 있다. 이러한 ASML의 발전사를 시대별로 제조된 장비 특성에 따라 3단계로 분류했다(그림 2).

[그림 2] ASML의 단계별 역사



자료: Optics for EUV Lithography 재가공 및 내용 추가

첫 번째는 ‘도입기’다. 1984년 설립 이후, ASML은 첫 번째 장비인 PAS 2000 스테퍼를 출시했다. Philips와 ASMI의 투자가 확대되면서 회사는 빠르게 성장하였고, 1986년에는 ASML가 현재 보유한 혁신 기술의 시초가 된 기술들을 이용한 PAS 2500 스테퍼를 출시했다. 같은 해 ASML은 세계적으로 유명한 광학제조업체인 Carl Zeiss와 파트너십을 구축했다. 이는 두 기업 간 긴밀한 관계의 시초였으며, 노광장비의 필수 부품인 렌즈의 혁신적인 발전을 가능케 하였다.

1988년 당시 ASML은 아직 자력이 부족한 중소기업이었으나, 주주인 ASMI는 높은 수준의 투자를 감당할 수 없어 철회하였으며 Philips는 글로벌 전자산업의 악화로 전사적 비용 절감에 나선다. 그럼에도 ASML은 연구개발에 대한 강한 신념을 바탕으로 기술개발에 매진했으며, Philips의 투자를 바탕으로 혁신적인 플랫폼인 PAS 5500을 생산하게 되었다. 기존 대비 획기적인 시간 절감으로 업계 최고의 생산성을 자랑하는 장비를 통해 ASML은 주요 고객을 확보하게 되었고, 1995년 상장을 통해 완전히 독립적인 회사가 되었다. 이때 ASML은 펠트호벤의 R&D 생산시설을 확장함으로써 지속적으로 연구개발에 투자했다.

두 번째 단계는 ‘성장기’이다. ASML은 이 시기에 해상도 개선을 통해 생산성을 극대화했다. 우선 기존 광원인 수은에서 벗어나, 불화크립톤(KrF) 및 불화아르곤(ArF)을 광원으로 신규 도입했다. 또한, 2001년 이중 단계(다음 웨이퍼가 측정 및 정렬되는 동시에 하나의 웨이퍼를 노출시키는 방식)을 적용한 TWINSCAN XT(ArF 193nm)를 제조하여 동일 시간 대비 약 2배의 생산성을 보였다. 2007년에는 렌즈와 웨이퍼 사이 물 층을 통해 빛을 투사하여 해상도를 높이는 액침(Immersion) 기술이 시도된 TWINSCAN XT:1900i를 도입하여, 난반사 감소로 더 정확한 회로를 구현하였다. 2007년에는 반도체 설계 및 제조 최적화 솔루션의 선두 업체인 BRION을 인수하여, 패턴의 구현 상태 및 공정을 철저히 관리함으로써 정확도를 높였다. 이를 바탕으로 ASML은 칩 제조 중 실시간 측정 및 수정이 가능한 계측시스템인 YieldStar 장비를 개발하였으며, ‘전사적 리소그래피 전략’을 실천할 수 있었다.

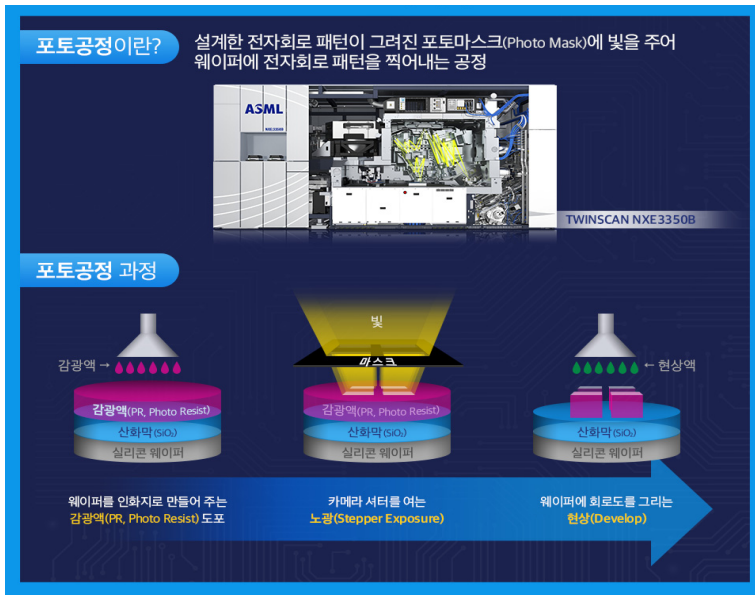
ASML 역사의 마지막 단계는 ‘초격차기’라고 할 수 있다. 극자외선(EUV, Extreme Ultraviolet)이라는 현존하는 가장 짧은 파장(13.5nm)의 빛을 이용하는 노광 기술로, ArF 액시머 레이저광을 이용한 광리소그래피 기술로는 가공이 어려운 20nm 이하의 초미세회로 구현할 수 있었다. 2010년 첫 프로토타입 장비인 TWINSCAN NXE:3100을 TSMC의 연구시설에 출하했고, 2013년에는 EUV개발 가속화를 위해 광원 제조업체 Cymer를 인수했다. 또한, 시간당 125장의 웨이퍼 생산이 가능한 TWINSCAN NXE:3300로 13nm 구현할 수 있으면서 초미세 공정으로 진입, 2016년에는 전자빔 계측도구인 HMI를 인수하며 리소그래피 포트폴리오를 확장했다.

현재 EUV 노광장비를 생산할 수 있는 업체는 전 세계에서 ASML이 유일하기에, ASML을 초미세공정 개발의 승리자로 얘기하기도 한다. ASML은 지금의 위치에 만족하지 않고, 해상도 개선을 하기 위한 혁신적인 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

2. 노광공정

ASML은 반도체 8대 공정 중 생산시간의 60%, 생산비용의 약 35%를 차지할 정도로 중요한 ‘노광공정’을 수행하는 장비를 생산한다. 노광공정이란, 원판 모양의 마스크에 그려진 금속 회로 패턴에 얇고 강력한 빛을 투과시켜 감광막이 형성된 웨이퍼에 전사시키는 기술이다(그림 3).

[그림 3] 노광공정 모식도



자료: ASML Facebook

공정이 미세할수록 동일 면적의 칩에 더 많은 집적회로를 넣을 수 있고, 반도체 칩의 크기 및 전력 소모가 감소하여 에너지 효율 및 반도체 성능이 개선된다. 사회가 고도화될수록 반도체가 처리해야 할 정보의 양이 폭발적으로 늘어가는 현재, 빠르고 거대한 데이터 저장용량을 가진 반도체에 대한 수요 또한 기하급수적으로 증가하고 있다. 따라서 반도체 처리패턴의 미세화가 업계의 막중한 과제이며, 수많은 반도체 업체가 미세공정화에 사활을 걸고 있다. 이러한 이유로

노광공정은 ‘초미세 반도체의 집전지’로 불리기도 한다.

반도체 미세화를 높이는 방법은 곧 해상도와 연관된다. 반도체의 해상도는 레일리의 식으로 구해지는데, 변수 조절에 따라 크고 작은 단위의 패턴 구현이 가능하다.

$$\text{해상도} = k_1 \times \frac{\lambda}{NA} \quad (\text{단, } NA = n \times \sin\theta)$$

해상도는 계수(k_1)를 낮추거나, 파장(wavelength, λ)을 줄이거나, 조리개의 구경(Numerical Aperture, NA)을 높일 때 개선된다. k_1 는 resist, mask 등의 공정요소 및 optical scheme 등의 조명계 조건의 영향성을 포함하는 계수이며, NA값은 광원 주사 시 렌즈에 빛이 들어가는 각도를 말한다. NA값은 렌즈의 반지름과 비례하기에, 렌즈나 조리개의 크기가 커지면 빛의 굴절률이 감소되면서 해상도가 개선된다. 그러나 이 두 가지 변수를 조절하기에는 물리적 한계가 있기에, 노광장비 기업들은 파장이 짧은 광원을 찾는 데 지속적으로 열중해왔다. 즉, 노광장비들은 단파장 광원을 찾기 위한 방향으로 발전되어 왔다고 정리할 수 있다.

[그림 4] 반도체 선폭에 따른 사용 광원 및 ASML 장비 정리

선폭에 따른 사용광원과 ASML 장비

구분	심자외선(DUV)				극자외선(EUV)
	수은광 (I-line)	불화크립톤 (KrF)	불화아르곤 (ArF)	불화아르곤+액 침(ArFi)	극자외선 (EUV)
광원의 파장	365 nm	248 nm	193 nm	38 nm	13.5 nm
ASML 장비	XT:400L	XT:860M XT:1060K	XT:1460K	NXT:1965Ci, ~2000i	NXE:3300B ~3400B
해상도 (Resolution)	350 nm 이하	110 nm 이하	65 nm 이하	38 nm 이하	22 nm 이하
구경(NA)	0.48~0.65	0.50~0.93	0.65~0.93	0.85~1.35	0.33(0.55 개발중)
로직 노드 선폭		90 nm 이상	65 nm ~ 32 nm	7 nm ~ 28 nm	7nm 이하

▶ 광원 파장이 짧아짐 → 공정의 미세화

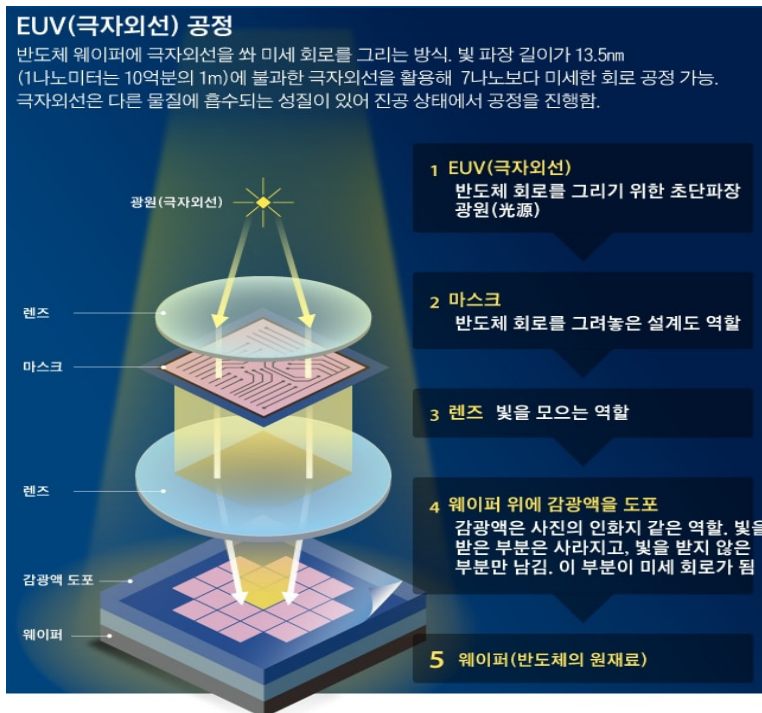
자료: 키움증권 리서치

그림 4와 같이, 최초의 스테퍼는 수은(파장 약 365nm)을 광원으로 했고, 이후 KrF(파장 약 248nm), ArF(파장 약 193nm)을 사용함으로써 회로 선폭을 각각 90nm와 30nm까지 낮췄다. 더 얇은 회로 선폭을 구현하기 위한 액침 공정 및 멀티패터닝 방식으로 인해 DUV에서 선폭은 20nm까지 낮아질 수 있었다.

그러나 업계는 더욱 얇은 미세패턴을 필요로 했으며, 7nm 공정부터는 기존의 방법으로도 더 이상 도달할 수 없게 되었다. ASML은 끈질긴 연구 끝에 2017년 회로 선포이 7nm에 이르는 반도체를 생산할 EUV장비를 세계 최초로 개발함으로써(그림 5), 10nm 이하 초미세공정을 실현하는 독보적인 기업이 되었다.

EUV는 극자외선이라는 매우 짧은 파장의 빛을 이용하기 때문에, 미세패턴을 정확하게 그릴 수 있었다. 또한 더 미세한 선포 구현을 위해 기존 액침 방식에서는 노광과정을 2-4회 반복하는 멀티패터닝의 방법을 사용하고 있었는데, 반복으로 인한 생산성과 정확도가 감소한다는 단점이 있었다. 그러나 EUV 장비의 공정횟수는 상대적으로 감소하여 시간과 원가는 절감하면서도 생산성은 향상시킬 수 있게 되었다. 본격적으로 양산이 시작된 2017년 EUV 노광기의 처리 속도는 시간당 34장(34wph)의 웨이퍼를 처리할 수 있는 정도였으나, 2019년에는 시간당 155장(155wph)을 처리할 수 있을 정도로 발전했으며, 2023년에는 시간당 200장(200wph) 처리가 가능할 것으로 예상하고 있다.

[그림 5] EUV 리소그래피 공정원리



자료: ZUM 뉴스

3. 업계 경쟁상황

시장 연구조사 기관인 인포메이션 네트워크(Information Networks)에 따르면, 2018년 2월 기준 ASML의 시장 점유율은 전체 노광장비 시장의 85.3%를 차지하며, 뒤를 이어 NIKON과 CANON이 각각 10.3%, 4.3%를 차지한다. 먼저 NIKON은 업계 2위지만, 시장 철수 및 대규모 구조조정을 계획한 것으로 알려졌다. 이미 1위인 ASML과의 격차가 너무 크고, 한국과 대만의 반도체 생산기업들을 ASML에게 뺏김으로써 노광장비 분야에서 흑자를 만들지 못했기 때문으로 추측된다. 3위인 CANON 또한 ArF기반의 리소그래피 장비에서부터 확대된 기술격차로 인해, 사실상 EUV기술을 연구하기 어려운 상황이다. 사실 CANON은 천문학적인 비용 투자가 필요한 EUV 대신 노광공정 기법의 하나인 나노 임플란트 리소그래피(Nano Imprint Lithography, NIL) 개발을 추진해왔다. 렌즈를 활용하지 않기에 EUV보다는 저렴하다는 장점이 있지만, 웨이퍼와 스템프(마스크)가 접촉하기에 마모 문제가 지적된다. NIL기술에 대해 2019년 현재까지 유의미한 발표가 없는 상황이라, 업계에서는 사실상 실패했다는 추측도 나오고 있다.

이러한 시장상황에 비해, ASML은 현재 유일하게 EUV장비를 개발해내는 업체이다. 앞으로 ASML의 EUV 주도현상은 지속될 것이며, 점차 EUV 장비 비중이 확대되고 있는바 노광장비 분야의 플레이어는 ASML이 유일하다고 봐도 무방하다.

Ⅲ. 혁신이론 소개

1. 경영이론 설명

1) Pavitt의 분류(Pavitt's Taxonomy)

기업의 경쟁우위 창출을 위한 기술 혁신에는 크게 R&D활동을 통한 기업 내부의 혁신역량을 제고하는 방법과, 외부 지식 및 기술을 받아들이는 방법이 있다. 산업분야에 따라 내부 혁신주체의 의지에 따라 연구개발을 수행하여 기술혁신을 달성할 수 있는 분야가 있는가 하면, 자체 역량보다는 기업 외부의 기술적 진보로부터 혁신 기회를 제공받는 산업분야도 있다.

이처럼 산업분야에 따라 독특한 기술혁신 패턴이 있고, 산업 유형에 따른 혁신패턴의 차이가

기술혁신성과에 영향을 미친다는 Pavitt의 연구를 사례에 도입하고자 한다. Pavitt(1984)은 영국의 2,000개 기업을 대상으로 산업별 혁신과정의 차이 및 패턴을 분석하여 산업 부문을 유형화하고, 각 산업부문에 속하는 기업들이 일정한 혁신패턴을 따르고 있음을 보여주었다. 유형은 다음과 같다(그림 6).

[그림 6] 페빗 분류(Pavitts' Taxonomy)에 따른 산업분야별 특성

산업 유형	주요산업	결정 요인				타 분야 영향력	
		주도기업 (기술 원천)	주요혁신	경쟁 기제	전유체계		
공급자 주도형	전통 산업	글로벌 유통업자	비용절감	가격	비기술적 요소 (상표, 마케팅, 광고)	↓	
생산자 주도형	규모집약형	내구소비재 소재산업	대규모 조립 글로벌 기업	비용절감 (제품설계)	가격	공정기술, 노하우, 기술획득 시차 특히, 동적학습	↓
	전문공급자형	산업기계 정밀기기	설비·개발역량 보유 기업	제품설계	성능	설계 노하우 사용자 지식 생산조합능력 특히	↑
과학기반형	전자 정밀화학	연구·개발역량 보유 기업	비용절감 제품설계	성능	R&D노하우, 특히, 공정기술, 노하우	↑↑	

자료: 융합이 기술혁신패턴에 미치는 영향과 대응전략, 이광호 외 9, 2016

첫째, 공급자지배산업(Supplier-dominated firms)은 주로 산업 외부에 존재하는 기업에 의해 생산되는 자본재나 중간투입재에 걸맞은 공정혁신을 수행한다. 따라서 공정(제품)혁신 내 자체 기여도가 적고 타 분야에 대한 영향력이 낮다고 할 수 있으며, 농업, 주거, 전통제조업에 속하는 기업들이 이 유형에 해당한다. 둘째, 전문공급자형(Specialist equipment suppliers)은 이 산업군에 속하는 기업의 제품을 자본재나 중간투입재로 활용하는 타 산업군의 혁신을 유발하므로, 자신의 혁신을 높은 비중으로 활용하며 타 부문에 대한 영향력도 높다. 또한 제품에 대한 전문적 지식을 보유하고 있으며, 대부분 중소기업이 이 유형에 속한다. 셋째 유형으로는 규모집약형(Scale-intensive firms)이 있으며, 공정 및 제품 모두에서 혁신이 발생한다. 공정 기술을 자체적으로 설계하기에 지식투입의 원천을 자신으로 삼으며, 기계장비 생산을 당사 내에서 수직 통합하는 경향이 있다. 주로 중형재료, 자동차, 내구재 생산 분야가 이 유형의 혁신에 속하며, 타 분야에 대한 영향력은 상대적으로 낮다. 마지막으로 과학기반형(Science-based firms) 유형의 산업에서는 제품 혁신이 활발하게 이루어지며, 이러한 혁신은 타 산업분야에 자본재나 중간재로 활용된다. 즉, 자신의 혁신을 높은 비중으로 활용하는 동시에 타 기업이 이

부문의 기술혁신을 활발하게 사용한다. 따라서 R&D부서를 통한 지속적인 기술혁신이 가장 많이 요구된다. 과학의 진보를 바탕으로 하는 전자, 전기, 화학분야 등 최근 기술을 활용하는 기업들이 이 유형에 속한다.

Pavitt은 이렇게 혁신의 원천(주체) 및 혁신패턴이 산업분야별로 다르다고 보았으며, 한업별 혁신패턴에 대한 다양한 연구는 지금까지도 활발히 이루어지고 있다.

2) 기술 융합(Technology Convergence)

기술 융합(Technology Convergence)은 2개 이상의 기술요소의 결합으로 인해 새로운 특성을 갖는 기술 및 제품이 탄생되는 현상이다. 개별 기술의 속성이 그대로 유지된 채 물리적으로 통합되는 기술 결합과는 비교되는 개념으로, 2개 이상의 기술요소가 화학적 결합을 통해 새로운 특성을 갖게 되며 기존 기술요소의 속성이 상실되는 상태를 의미한다. 기술융합의 결과로 탄생한 제품은 매우 급진적인 혁신을 가져오는 경우가 많은데, ASML의 주제품인 노광장비 또한 반도체기술, 광학기술 및 통신기술 등이 융합된 혁신의 산물이므로 기술융합 현상을 지닌 대표적 제품이라고 할 수 있다.

기술융합 현상에 대한 개념을 최초로 언급한 Stigler(1951)는 ‘integration’이라는 단어를 통해 ‘특정 기능을 수행하기 위해 여러 기술을 종적, 횡적으로 결합하는 현상’이라고 하였다. 비슷한 개념으로 Rosenburg(1963)는 ‘technological convergence(기술수렴)’라는 단어를 사용했으며, ‘다양한 산업이 각자의 기술적 문제를 해결하는 과정에서 일어나는 공동의 기술 혁신 현상’으로 인해 19세기 중반에 기술의 전문화가 급격하게 이루어졌으며, 산업 구조 변화에의 주요한 동기가 되었다고 주장했다. 마지막으로 Kodama(1991)는 학계 최초로 ‘기술융합(technology fusion)’이라는 단어를 사용했으며, 기존의 비슷한 개념들에 비해 조금 더 강한 함의를 주장했다. 기술혁신에는 기존 기술의 돌파(breakthrough)와 여러 기술의 동시다발적 돌파를 통한 융합(fusion)이라는 두 가지 형태가 있는데, 미래에는 정보통신기술의 발달로 인해 디지털 기술 유형을 중심으로 한 다분야의 기술융합 현상이 급속하게 이루어질 것으로 예측했다. 바이오인포매틱스나 메카트로닉스 기술 등 다양한 현대의 새로운 기술들이 바로 그 예가 된다.

3. ASML 사례에의 적용

Pavitt의 분류 이론에 따라 장비제조 기업인 ASML의 사례를 유형화한다면, 산업 분류상 전문 공급자형 유형에 속해야 한다. 실제 노광장비에는 셀 수 없이 많은 부품이 들어가며 개별 부품 모두 엄청나게 정교한 기술력을 요구하기에, ASML은 전통적으로 협력사의 부품 개발 양상에 적극적으로 관여하며 협력업체와 긴밀한 관계를 유지하는 것으로 잘 알려져 있다. 즉, ASML은 자신의 혁신을 높은 비중으로 활용하며 타 부문에 대한 영향력이 높은 점에서 전문공급자형의 특성도 지닌 것이 사실이다.

그러나 ASML은 다음과 같은 이유로 과학기반형의 속성을 지닌다고 볼 여지도 있다. ASML은 당사뿐 아니라 협력사들의 연구개발에도 상당한 지원을 제공한다. ASML의 총수의 중 약 10%가 매년 연구개발에 투자되며, 그중 약 50%는 협력업체의 R&D에 투자되는 것으로 알려져 있다. 이 외에도 ASML은 세계 유수의 반도체 연구기관인 벨기에의 IMEC(Interuniversity Micro Electronic Center), 에인트호번 공대, 아헨공대 등과 함께 다양한 공동연구를 수행한다. 제품을 연구개발하는 과정에서 끊임없이 피드백하고 수정한 끝에 세계 최고의 기술력을 자랑하는 노광장비가 탄생함에 비추어 볼 때, ASML에는 전문공급자형에 속하는 타 장비산업 업체들과는 다른 방식의 혁신을 시도한 모습이 있었다고 할 수 있다.

한편 기술융합의 개념을 바탕으로 ASML을 비추어 볼 때, 당사에는 하나의 완성품을 개발하기 위한 다양한 제품과 기술을 통합할 충분한 역량이 있었다고 할 수 있다. 노광장비는 다양한 산업 분야의 기술과 5,000여개의 부품이 접목된, 그야말로 종합 집약적인 제품이라 할 수 있다. 각 협력사는 각자의 부품에 대한 목표를 달성하고자 노력했으며, ASML은 900여개 협력사를 통해 조달된 각 부품을 취합하여 하나의 완벽한 장비를 만들기 위해 모든 기술 및 제품의 최상의 컨디션을 유지할 수 있도록 종합적으로 관리해야 했다. 양질의 결과를 위한 각 주체의 최선의 노력 끝에 공동의 혁신이 이루어졌고, 이 덕분에 ASML은 세계 유일의, 최고의 노광장비를 개발할 수 있었다. 따라서 ASML의 운영 방식을 살펴봄으로써 기술융합의 현상을 확인할 가능성이 있다고 보았다.

이상과 같은 문제의식에 근거하여, 이하에서는 ASML의 과학기반형 특성 및 기술융합의 특성을 확인하기 위한 특허분석 및 사례분석을 수행한다. 과학기반형 특성을 파악하기 위해서는, 특허분석을 통해 ASML이 연구개발을 통한 혁신을 시도하고 있는지 확인하며 실제 사례를 통해 기술 및 제품혁신을 수행한 방법을 분석한다. 기술융합 특성을 확인하기 위해서는, 역시 특허분

석을 통해 기술 융합을 통한 기술 개발 정도를 확인할 지표를 선정하여 분석할 뿐 아니라 사례 분석을 통해 추가로 검토하고자 한다.

IV. ASML 사례연구

1. Pavitt의 분류에 따른 ASML의 과학기반형 특성 확인

1) 특허인용분석을 통한 ASML의 과학기반형 특성 확인

첫째로, ASML이 가진 과학기반형의 특성을 확인하기 위한 특허 분석을 실시하였다. 특허는 발명에 대한 기술적, 상업적 정보를 포함하는 대표적인 기술자료로서, 기술의 범주 및 인수 현황 등의 일차적 정보만으로도 특허를 소유한 해당 기업의 전략이나 경쟁력뿐 아니라 기술의 사회적 영향력 등을 파악하는 데에도 활용이 가능한 양질의 데이터이다.

본 연구에서는 ASML의 과학기반형 특성을 확인하기 위한 분석방법론으로 특허인용분석을 지정하였다. 특허인용수는 한 특허가 다른 특허에 인용된 횟수를 바탕으로 의미를 도출할 수 있는 지표로, 선행 인용을 많이 활용하거나 후행 인용을 많이 받을수록 해당 기술 분야에서 특허 기술의 중요도 및 가치를 인정받았으며 영향력이 높음을 시사한다. 따라서 ASML의 특허인용수를 통해 해당 산업 분야에서의 특허 기술의 중요도를 파악할 수 있다.

더 나아가 본 연구에서는 자기인용 비율을 산출하였다. 자기인용은 인용된 모특허 대비 자신이 출원한 특허건수로 측정한다. 후속 발명은 동일한 출원인의 과거 아이디어를 반영하므로 혁신의 전유성(appropriation)을 나타내는 지표로 사용되며(Hall et al., 2005), 동기부여, 성과 등을 보여주는 지표로도 활용된다. 특히 Hall은 기업의 무형 자산인 특허의 중요도를 측정하기 위한 지표로 인용 특허를 사용하였는데, 인용 비율이 기업의 시장 가치에 상당한 영향을 미치는 것을 확인하며, 자기인용이 외부인용보다 더 가치가 있음을 확인했다. 박영빈(2017)은 자기인용이 많은 기술은 기업(출원인)이 기존에 연구하던 기술 분야와 관련이 많으며, 미국 반도체 산업에 대한 실증 특허분석을 통해 자기기업기술을 많이 이용한 기술혁신의 파급효과가 크다고 하였다.

본 연구에서는 (주)클라리베이트 사의 Derwent Innovation 특허분석 프로그램을 이용하였다. 2010년부터 2019년의 기간 동안 출원인을 ASML(CYMER, HERMESMICRO 등 인수한

기업 포함)로 지정한 특허데이터 전체를 추출하여 이를 대상으로 하였다. ASML이 특허 출원 시 인용한 특허인 후방인용특허 및 ASML의 특허를 활용해서 출원한 특허들인 전방인용특허의 개수를 각각 세어보고, 그중 ASML 본 출원인이 본 출원인의 특허를 인용한 자기인용횟수를 추가 산정하여 전, 후방인용수 대비 자기인용 개수의 비율을 함께 제시했다.

등록특허 및 패밀리 특허 기준 해당기간 ASML의 특허는 총 4,553개였으며, 후방인용 및 전방인용의 특허 개수는 각각 31,259건과 17,190건으로 조사되었다. 자기인용수는 후방인용 및 전방인용에서 각각 9,348건과 7,553건으로, 자기인용 비율은 후방인용에서는 약 30%, 전방인용에서는 약 44%로 조사되었다.

이를 통해, ASML의 기술은 해당 산업분야에서 영향력이 클 것이라 판단하였다. 기술이 고도화될수록 신규 특허가 기존 특허의 아이디어를 반영한다는 점을 고려하면, 인용이 없는 신규 특허가 출원되기 어려울 것이며 인용에 많이 활용되는 특허일수록 해당 분야에서 상대적 중요도가 높을 가능성이 있기 때문이다. 또한, 자기인용을 통해 기존에 기업에서 소유하던 지식을 많이 사용하기 때문에 지식 습득이 빠르고 불확실성이 적었을 것으로, 기술혁신에 긍정적인 영향을 주었을 것이라 판단했다.

실제로 ASML이 기존에 보유하던 기술을 토대로 끊임없이 연구하고 활용하는 등 기술 개발 노력에 박차를 가했던 점을 감안하면, 노광장비 분야의 전문 지식을 보유했을 가능성이 높다. 즉, ASML은 연구개발을 중시하며 연구개발을 통해 혁신하는, 과학기반형의 특성을 보유하고 있다는 사실을 특허인용분석을 통해 확인할 수 있다.

2) 사례분석을 통한 ASML의 과학기반형 특성 확인

(1) Carl Zeiss와의 EUV mirror 개발 협력사례

ASML의 주요한 특징 중 하나는 핵심 부품별로 특정 납품업체(key supplier)를 선정하여 장기 파트너십을 맺고, 업체와 장기적으로 협력하며 제품을 개발한다는 것이다. 대표적으로 독일의 유명 광학기업인 Carl Zeiss와의 협력 사례를 들 수 있다. Carl Zeiss는 노광장비의 핵심 부품인 렌즈를 납품하는 ASML의 주요 납품업체다. ASML은 1984년부터 Carl Zeiss와 파트너십을 체결한 이후 정밀한 회로 선폭 구현이 가능한 렌즈를 개발하기 위해 지속적으로 협력해왔으며, 30년이 된 지금까지 가장 강력한 전략적 파트너 관계를 유지 중이다.

앞서 노광공정 소개 부분에서 확인한 바와 같이, EUV광원은 기존 DUV 시스템에서 사용하던

불화아르곤(ArF)보다 파장이 훨씬 짧은 만큼 해상도가 개선된다는 장점이 있었다. 즉, 파장을 변경하는 것만으로도 웨이퍼 생산성을 대폭 높일 수 있기에 ASML은 EUV시스템 개발에 박차를 가했다.

그러나 EUV 시스템은 지금까지 사용하던 DUV 시스템과는 전혀 다른 기술 분야였기에, ASML에게는 새로운 도전이었다. 재료의 특성상 EUV 공정을 위해서는 기존과는 다른 연구가 필요했다. 첫째로, EUV광원은 렌즈나 공기 등 물질에 부딪히는 대로 흡수되어 웨이퍼에 최종 전달되는 양이 턱없이 부족하다는 치명적인 단점이 있었다. 또한, 반사 광원을 웨이퍼까지 도달 시키기 위해 수백 와트의 강력한 힘을 가진 플라즈마 형태의 Sn 또는 Xe가 집중적으로 방출되는데, EUV 빛의 복사를 위해서는 빛의 흡수가 큰 렌즈로는 구조가 불가능했다.

이러한 단점들을 해결하기 위해, ASML과 Carl Zeiss는 EUV를 본격적으로 연구하기 시작한 1990년대 초반부터 약 20~25여 년간 협력 연구를 진행했다. 그 결과, 빛이 지나가는 길을 진공 상태로 만들 수 있었고, 렌즈 대신 빛에너지를 덜 흡수하는 거울을 사용하면 된다는 결과를 얻었다. 특히 EUV는 거울에도 흡수되는 성질을 지니기 때문에 이를 최소화하고자 몰리브덴과 실리콘을 층층이 쌓은 다층 박막 거울을 사용하고, 총 두께가 3~4nm인 Mo-Si 다층 박막 거울을 150pm의 크기로 제작할 때 거울의 반사율이 가장 높다는 사실을 알게 되었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 개발된 거울의 표면은 오차가 거의 0에 수렴할 정도로 매끈하고 정교한 것으로 알려져 있다.

[그림 7] 액침 리소그래피용 광학렌즈(왼쪽) 및 EUV용 렌즈(오른쪽)



자료: Carl Zeiss Website

거의 혁명에 가까운 기술력을 만들어 낸 ASML과 Carl Zeiss의 관계는 협력업체 그 이상의 관계라고 할 수 있다. ASML은 파트너로 선정한 협력업체를 소중한 자산으로 생각하고, ‘강한

신뢰'를 바탕으로 한 공급자 네트워크를 구축해 두었다. ASML의 상생 혁신 시스템 및 신뢰의 경영철학을 구축한 피터 베닝크(Wennink) CFO는 인터뷰에서 “우리는 공급업체(supplier)를 단순한 하도급업체가 아닌 진정한 ‘비즈니스 파트너’로서 결혼을 한 것과 같은 매우 끈끈한 신뢰 관계를 맺는다”며 “모든 역량을 총동원해 최고의 기술을 함께 만드는 이 모델을 ‘2사 1업(Two companies, one business)’이라고 부른다고 언급하였다.

또 다른 그의 말에 따르면, ASML은 협력업체에 자사의 역량과 이윤을 “유리알처럼 투명하게” 공개할 뿐 아니라 손익까지도 공유한다고 한다. 상생 모델을 좀 더 구체적으로 살펴보면, 첫째로 ASML은 협력업체의 연구개발에 직접 투자하고 있다. 매년 매출의 약 10%를 R&D에 투자하며, 이 중 최소 50%는 납품업체들의 연구개발에 투자되고 있다. 또한, 협력업체가 충분한 연구개발비를 확보할 수 있도록 부품 단가를 최대한 높게 책정해 주기도 한다. 사실 ASML의 마진율은 업계 최저 수준인 40%대에 그치지만, 정밀한 기술이 필요한 반도체 산업에서는 여러 납품 업체의 경쟁으로 단가를 최소화하기보다는 단일업체라도 최고의 기술력을 갖추도록 조력하는 것이 더 합리적일 수 있다. 이러한 믿음을 바탕으로 ASML은 낮은 마진율에도 불구하고, 협력업체와의 상생을 고려하는 방식을 택했다.

한 번 구축한 공급망은 쉽게 변하지 않는다는 것도 ASML의 큰 특징 중 하나다. ASML은 선정된 핵심 부품업체에 장기 파트너 관계를 보장하기도 한다. 연구개발에 집중할 수 있도록 지원하는 것이다. 대신 내부의 QLTC(Quality·Logistics·Technology·Cost)라는 관리체계를 통해 매해 각 업체를 1~5등급으로 평가함으로써 생산 시스템 및 기술 전반에 대한 품질 관리를 진행한다. 문제가 발견된 공급 업체의 경우 ASML이 적극 개입하여 문제를 개선한다.

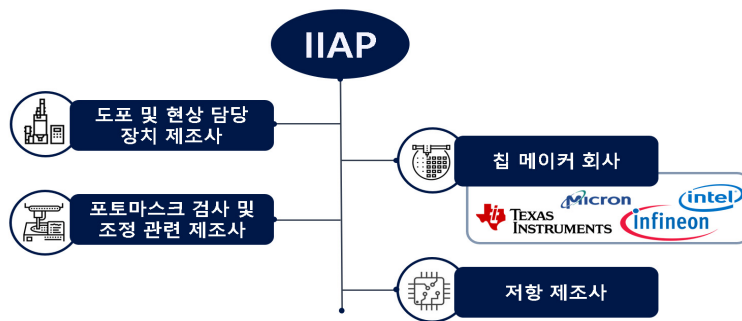
ASML의 성공 요인에는 기술력을 위한 끊임없는 연구개발에의 노력이 있었다. 이러한 개발은 단순히 혼자 일구어낸 것이 아니라, 공급업체와 협력하고 공동으로 노력한 대가였다. 연구개발에 대한 투자가 기업의 핵심 경쟁력이라고 생각하고, 협력을 바탕으로 무수한 연구개발을 시도한 끝에 결국 세계 최고의 기술력을 탄생시켰다고 할 수 있다.

(2) IMEC IIAP 연구개발 사례

ASML은 협력업체뿐만 아니라, 세계 유수의 연구기관들과도 공동연구를 진행하며 기술력을 향상시켰다. 세계 반도체 선도기관인 IMEC(Interuniversity Micro Electronic Center)은 대학 간 협력 연구 및 반도체 관련 교육을 수행하기 위해 정부의 지원으로 설립된 국제 반도체

연구소인데, ASML과 긴밀한 관계를 오랜 기간 유지해오고 있다. IMEC의 여러 가지 프로그램 중 IIAP(International Industrial Affiliation Program)이라는 이름의 프로그램은, 하나의 연구과제에 대해 여러 기업에서 연구비를 공동 부담하며, 각 기업 연구원이 파견되어 국제 기업 간 공동 연구를 수행하도록 한다. 대규모 투자가 필요하지만, 연구성과의 실용화가 보장되지 않는 불확실한 분야의 과제인 경우, 투자 위험성 분산, 지식재산권 공동소유 및 기업 간 인적, 기술적 교류를 통한 정보 수집 가능 등의 장점이 있어 반도체 업계에서는 큰 호응을 얻고 있다.

[그림 8] IIAP 조직 구성도



IIAP의 예시 중 하나로, 2004년부터 진행되었던 ‘193nm 광학 리소그래피 프로젝트’에는 IMEC, ASML, 저항 제조업체, 감광재 도포 및 현상 담당 제조업체, 칩 제조업체, 포토마스크 검사 및 조정 제조업체 등의 기관 소속인 연구원 다수가 함께 참여했다. ASML은 IMEC에 fab을 설치한 후, IIAP에 참여하는 다양한 업체와의 협업을 시도할 수 있었다. 최신 장비의 노광공정 능력을 언제든지 자체적으로 평가하고 개선할 기회가 있다는 점, 시설에 비용을 투자하지 않는다는 점 등에서 매우 큰 장점이 아닐 수 없었다. 칩, 부품 및 재료 제조업체들의 입장에서도 고가의 장비에 공동 부담금만 지급하면 프로그램에 참여할 수 있어, 장비를 구입하지 않고도 필요한 실험을 할 수 있었다. 즉, 프로그램을 함께 수행하는 기업 모두에게 아주 유익한 기회였다. 일례로, 저항 제조업체는 제품 개발 전 베타 장비를 사용하여 특정 저항을 테스트해볼 수 있었으며, 원하는 경우 장비를 독점 사용하여 외부 공개 없이 테스트 결과를 얻을 수도 있었다. 프로그램 소속 연구원을 통해 경쟁사가 수행한 테스트 결과나 특정 제조업체의 피드백도 즉시 받을 수 있었다.

IMEC과의 협력의 결과로, ASML은 2004년 당사 제품인 TWINSCAN AT:1150i 노광 스캐너에서 침지 공법을 사용하면 193nm의 파장을 갖는 노광장비를 통해 45nm 이하의 폭까지

도달할 수 있음을 알게 되었다. 웨이퍼와 렌즈 사이의 공간을 공기로 채웠던 기존 건식 공법에 비해, 액침 방식을 통해 물로 채우면 굴절률이 조정되어 분해능이 개선되는 원리였다. 기존의 건식법에서 얻은 회로 미세도에 비하면 매우 높은 수준의 성과였다. 이후 ASML은 지속적인 연구를 통해 노광장비 성능 및 결합 메커니즘에 대한 침지 관련 처리 효과를 입증했으며, 이 과정에서 관찰된 문제를 극복하여 완성도 있는 액체 침지 프로세스를 개발했다. IIAP를 통해 IMEC은 장비 제공자인 ASML과 참여 기업체 모두가 만족하는 연구환경을 구축할 수 있었고, 기업들 또한 질 높은 연구수준을 달성할 수 있었다.

2. ASML의 기술융합형 특성 확인

1) 특허인용분석을 통한 ASML의 기술융합형 특성 확인

해상도 개선을 목표로 단파장 광원 개발을 위한 지속적인 연구 끝에, ASML은 결국 현존하는 최단파장 광원인 EUV 기술을 개발했다. 그러나, 노광장비 분야의 업계 선두인 ASML에게도 EUV 분야는 전례 없는 새로운 영역이었다. 더욱 심도 있는 연구가 필요했던 ASML은, 공급업체 및 외부 연구기관과 공동 개발한 기술들을 적절히 조합하여 마침내 독보적인 노광장비를 만들어 냈다. ASML을 평가하기 위해서는, EUV라는 새로운 패러다임 속에서 다양한 주체와 공동 개발한 수많은 기술을 어떻게 융합했는지 확인해 볼 필요가 있다.

위와 같은 문제의식에 근거, 본 연구에서도 앞장과 마찬가지로 특허를 이용했다. 기술 융합의 정도를 측정할 수 있는 다양한 방법이 있는데, 현재 가장 대표적으로 사용되는 방법론으로는 특허인용분석, 특허동시분류분석 및 동시단어분석 등이 있다(Fai, Tunzelman, 2011). 본 연구에서는 여러 연구주체 간 기술융합도를 비교분석하기 위한 공동출원인 수 및 동시분류분석도를 사용할 것이다.

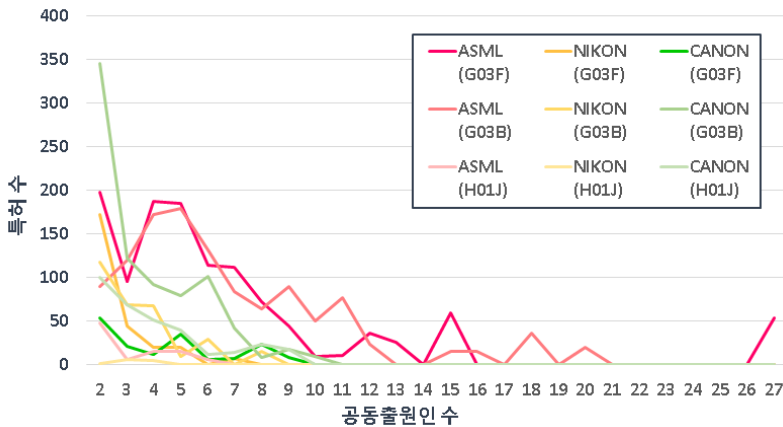
데이터는 ASML 및 경쟁사인 NIKON, CANON의 최근 10년간(2010.01.01.~2019.12.31 기준) 출원특허를 기준, 특허별 서브클래스 비교를 진행하였다. ASML의 기술 융합의 정도를 보기 위해 ASML의 특허들이 가장 많이 포함된 대표 IPC code 서브클래스 카테고리인 G03F, G03B, H01J¹⁾ 계열의 특허들을 대상으로 하였다(code에 대한 설명 각주 참조).

1) G03F: 사진제판법에 의한 요철화 또는 패턴화 표면의 제조, 예. 인쇄용, 반도체장치의 제조과정용; 그것을 위한 재료; 그것을 위한 원료; 그것을 위한 특별히 적합한 장치
 G03B: 사진을 촬영하기 위하여 또는 사진을 투영하여 직사하기 위한 장치 또는 배치; 광파 이외의 파를 사용하는 유사기술을 사용하는 장치 또는 배치; 그것을 위한 부속물
 H01J: 방전관 또는 방전램프

(1) ASML, NIKON, CANON의 공동출원수 비교

공동출원인 수는 다수의 출원인이 특허를 출원할 경우 활용이 가능하다. 공동출원된 특허가 많을수록, 또는 공동출원인이 많을수록 다양한 지식이 융합되었다고 추측할 수 있다. 본 연구에서는 2010년~2019년 동안 ASML, NIKON, CANON의 출원특허 중 2인 이상이 출원한 특허를 기준으로 하였다. 해당 기간 ASML의 공동출원 특허 총 개수는 2,414개였으며, G03F 분야에서 총 264개, G03B 분야에서 1,170개, H01J 분야에서 91개가 공동출원되었다. 같은 기간 NIKON의 공동출원 특허는 총 588개였으며, G03F 분야에서 264개, G03B분야에서 311개, H01J분야에서 13개가 공동출원되었다. 마지막으로 CANON의 공동출원 특허는 총 1,318개였으며, G03F 분야에서 168개, G03B 분야에서 821개, H01J 분야에서 329개가 공동출원되었다.

[그림 9] ASML, NIKON, CANON의 특허 별 공동출원인 수



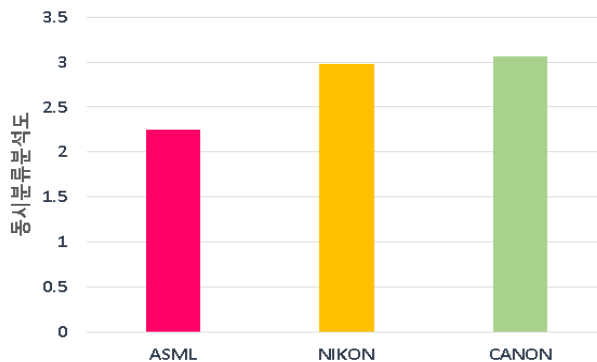
첫째로, 같은 기간 동안 ASML에서 공동출원된 특허수가 전반적으로 많음을 확인할 수 있었다. 같은 출원인 수를 가진 특허의 수가 ASML에서 가장 많았다. 또한 하나의 특허 당 공동출원인 수 역시 ASML의 특허에서 가장 많았다. 특히 NIKON과 CANON의 경우 11명 이상의 공동출원인이 참여한 특허는 전무한 반면, ASML에는 한 특허의 공동출원인이 15명 이상인 경우도 많았다.

과학적 협력 네트워크가 연구개발과 기술능력 형성에 영향을 미친다는 이공래(2004)에 비추어 볼 때, ASML은 다수의 출원인과의 공동연구를 통해 기술을 개발하려는 노력이 상당했다고 할 수 있다. 그러나 동시에 네트워크 자체가 기술능력을 보장해 주는 것은 아니므로, ASML은 새로운 기술지식을 습득, 소화하기 위해 부단한 노력을 기울였을 것이라 생각하며, 그 과정에서 기술융합의 가능성이 많았음을 예측할 수 있다.

(2) ASML, Nikon, CANON의 동시분류분석도(Co-classification analysis) 비교

동시분류분석도는 특허의 서지정보를 활용하여 특정 분야의 연결망 구조를 파악하는 방법으로(Todorov, 1989), 하나의 특허가 두 개 이상의 분류코드에 분류되는 특성을 활용하는 특허분석법이다. 모든 출원특허는 기술분야를 바탕으로 조직된 ‘IPC’라는 특정한 분류방식에 의해 분류되어 있으므로, 설정된 분류를 바탕으로 분류체계 간 구조를 파악할 수 있다(Engelsman and Van Raan, 1991). 다수의 코드에 동시 분류되는 하나의 특허는 곧 다수의 기술영역에 관련됨을 의미하므로, 해당 특허를 통해 기술융합 가능성이 높다고 판단할 수 있다(Tijssen, 1992; Curran and Leker, 2011). 따라서 동시분류분석도는 이종기술 간의 융합 정도를 분석하는 데 활용할 적절한 지표로 쓰인다.

[그림 10] ASML, NIKON, CANON의 동시분류분석도



본 장에서는 역시 ASML의 특허들이 가장 많이 포함된 대표 IPC code 서브클래스 카테고리인 G03F, G03B, H01J 세 개의 IPC code 중 하나를 대표 IPC code(코드 분류 시 가장 먼저 제시된 IPC code)로 하는 특허들을 대상으로 하였으며, 각 특허가 가진 총 IPC code의 개수를 세어 그 평균값을 산출하였다. 계산식은 다음과 같다.

$$CC_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot j}{\sum_{i=1}^n i} \quad (i = \text{해당 특허의 IPC code 개수}, j = \text{해당 IPC code의 특허 개수})$$

ASML에서 G03F, G03B, H01J 서브클래스 중 하나를 대표 IPC code로 하는 특허의 개수는 각각 1,942개, 579개, 1,459개였다. 이를 바탕으로 각 특허가 가진 IPC code 수를 특허 수에 곱하면 차례로 4,360, 1,726, 4,471의 값을 가지므로, 동시분류분석도는 세 기업 각각 2.245, 2.981, 3.064의 값을 갖게 된다. ASML의 값이 상대적으로 크지는 않았지만, 세 기업 모두 2 이상의 지표값을 갖고 있어 기술 융합의 가능성이 높다고 추측할 수 있다.

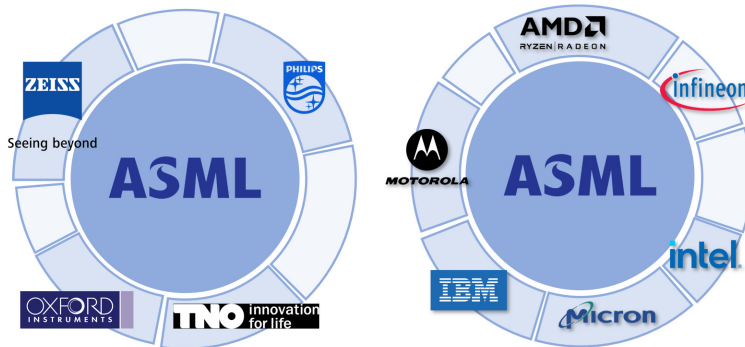
(3) 특허분석 종합

공동출원인 수를 바탕으로 한 특허분석 결과, 공동출원인을 보유한 특허 수 및 한 특허 내 공동출원인 수가 ASML에서 가장 많았다. 동시분류분석에서 지표값은 세 기업 모두 2 이상임을 확인하였다. 결과를 종합하면, ASML은 기술융합 정도가 대체로 큰 기업이며, 협력업체와의 기술교류를 통해 습득된 다방면의 지식을 장비의 통합에 적용하는 과정에서 기술을 적절히 융합하는 노력이 상당하였을 것이라 추측할 수 있다. 이를 통해 ASML은 타 기업에 비해 이중 산업 간 기술의 융합을 다양하게 시도했음을 알 수 있으며, 다학제적인 성향이 큰 기업임을 확인할 수 있다.

2) 사례분석을 통한 ASML의 기술융합형 특성 확인

노광장비를 선도하는 기업인 ASML에게도, EUV 기술은 기존과는 궤를 달리하는 새로운 영역이었다. 기술의 분야도, 특성도 파악하지 못하는 불확실한 상황 속에서도 ASML은 다양한 연구 공동체에 소속하여 신기술을 연구개발함으로써 기술에 대한 경험을 늘려갔다.

[그림 11] ASML이 소속된 두 가지 연구공동체의 조직도



ASML은 크게 두 가지의 연구공동체로부터 EUV기술에 대한 노력을 시작했다. 하나는 유럽의 연구 파트너들과 연구 공동체를 조직하는 것이었다. 연구공동체에 속하는 플레이어는 Philips, Zeiss, IMEC, Oxford Instruments 및 TNO와 같은 글로벌 조직들이었다. 1998년부터 2000년 사이 ASML은 EUV의 잠재 고객을 위한 적절한 해상도를 찾기 위해 EU에서 지원하는 EUCLIDES라는 프로그램에 Zeiss 및 Oxford Instruments와 함께 우선적으로 착수했다. 이 프로그램이 종료된 이후에도 EU는 2001년부터 2004년까지 MEDEA+라는 프로그램을 통해 지원을 지속하였고, 이후에는 More-Moore라는 프로그램으로 이어졌다.

또 하나의 연구공동체는 EUV LLC라고 불리는 대규모 조직이었다. Intel에서 시작한 연구 콘소시엄인 이 EUV LLC는 Motorola, AMD가 함께 참여했고, IBM, Infineon, Micron도 이후 합류하였다. 1997년에 설립된 이 콘소시엄은 국립연구소와 협력하는 미국의 CRADA (Cooperative Research and Development Agreement) 프로그램의 소속으로, 민간 및 공공단체에서 총 약 2억 5천만 달러가 투자되었다. 이 콘소시엄의 가장 획기적인 특성은, 지금까지는 장비생산과정에 참여하지 않았던 칩 메이커 회사들의 투자가 발생했다는 것이다. 이는 고객사였던 칩 메이커 회사들도 연구개발에 관심을 갖고 참여함으로써 기술주도적(technology-push) 관점의 아닌, 수요 견인(demand-pull) 관점의 기술이 가능해진 사례라고 할 수 있다.

두 가지 연구공동체의 사례를 통해, ASML이 신기술에 대한 역량을 배양해 온 과정을 확인하였다. 첫째로 ASML은 특성이 다른 두 가지 이상의 연구공동체에 소속하여, 각 파트너의 역량 및 기술수준 등을 동시에 경험할 좋은 기회를 획득했다. 각각의 조직에서 각 기술에 대한 다른 레벨의, 다른 R&D방식을 접해봄으로써 ASML 또한 위험을 최소화하면서도 최대의 효율을 창출할 유연한 사고를 배울 수 있었던 것이다. 또한 ASML의 입장에서는, 연구공동체에서 파악한 각 기업의 기술에 대한 인상은 이후의 파트너를 선정할 때에도 도움될 만한 매우 좋은 기회였다. 둘째, ASML은 EUV라는 신기술을 접할 기회를 늘림으로써 상대적으로 기술을 빠르게 익힐 수 있기도 했다. 기술에 대한 빠른 이해는 곧 기술에 대한 주체적 판단으로 이어진다. 즉, EUV라는 장비개발에 있어 필요한 기술과 실무적 개발 여부 등의 전략적 판단을 선제적으로 할 수 있게 되었다. 이는 실제 장비 제조 시 필요한 기술만을 잘 선정하여 융합하고, 결국은 경쟁사보다 빠르게 시스템 개발에 성공할 수 있도록 한 ASML의 핵심 역량이었다.

V. 결론

흔히 ‘반도체의 심장’으로 불리는 노광장비 분야에서, 85% 이상의 점유율로 세계 시장을 장악한 ‘슈퍼 올’ 기업 ASML의 성공 DNA에 대한 답변은 국내 반도체 업계에도 시사하는 바가 크다. 대내적으로는 메모리반도체의 지속적인 성장률 하락, 대외적으로는 강대국 간 공급망 경쟁 및 중국의 기술 추격 등의 악조건 속에서 이른바 ‘K-반도체’의 향후 전략에 대해 냉철하게 고민해 볼 시기이기 때문이다.

본 사례연구에서는 수직통합으로 제품화하는 것이 상식이었던 기존의 노광장비 업체들과 달리, 부품 대다수를 아웃소싱하며 업계 1위를 차지할 수 있었던 ASML의 성공 요인을 찾고자 하였다. 첫째로 업계 후발주자였던 ASML이 독자적인 경쟁우위를 쌓은 비결을 찾기 위해 특허분석과 사례분석을 실시했다. 특허분석을 바탕으로 당사의 특허들이 경쟁력있는 기술력을 보유하고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 기존에 보유 중인 기술을 바탕으로 끊임없이 연구개발을 통해 혁신을 시도하였음을 알 수 있었다. 또한 ASML이 협력업체 및 유수의 반도체 기관들과 오랜 기간 공동연구를 진행하며 높은 연구개발 역량을 쌓아왔음을 사례를 통해 확인하였다. 이는 협력사를 진정한 비즈니스 파트너로 여기고 그들과 상생하고자 하는 ASML의 자세를 보여준다는 측면에서도 또한 의미있는 분석이었다. 결국, ASML은 전통적인 내부 통합형 구조를 기반으로 하면서도 끊임없이 연구개발을 진행하는 ‘과학기반형 특성이 강한 기업’이라고 할 수 있었다. 무엇보다도 유관기관과의 협력 관계를 지속할 수 있었던 바탕에는, 고도의 복잡한 제품 특성에도 불구하고 전문 지식과 노하우를 쉽게 활용하도록 조직체계를 내·외부적으로 유연하게 만들었는지 ASML의 노력이 있었다.

두 번째로, 업계의 변화된 패러다임을 맞이한 상황에서 ASML이 취한 차별적 전략을 확인하기 위해 특허분석과 사례분석을 진행했다. 특히, ASML 내부에는 노광장비 제조에 필요한 다분야의 기술이 존재함을 전제하여, 다양한 기술이 하나의 장비로 통합되기 위해 꼭 필요한 ‘기술 융합’이라는 관점에서 특허를 분석하였다. 기술 융합의 정도를 직관적으로 확인하기 위한 공동출원인 수 및 동시분류분석도의 지표를 산정한 결과, ASML은 협력업체 및 타 연구기관과의 연구개발을 통해 습득한 다방면의 기술을 융합할 역량이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 신기술을 익히기 위한 다양한 연구공동체에 소속하며, 경험을 바탕으로 기술에 대한 선제적 판단력이 높아진 ASML의 사례를 확인할 수 있었다. 이러한 경험을 통해 실제 장비 제조 시 필요한 기술을 빠르게 파악할 수 있었고, 이는 곧 기술력 있는 제품의 개발과 함께 ASML이 노광장비 분야에서 일인자로

우뚝 설 수 있게 하였다.

ASML의 사례는 산업 분야를 막론하고 시사하는 바가 크다. 특정 산업 분야에서 전통적으로 통용되던 운영 방식이 암묵적으로 당연하게 받아들여지는 상황에서, 해당 조직의 고유한 방식을 추구하는 것은 기업 입장에서 큰 위험이 따른다. 특히 초기 투자자본이 많고 번복 설계가 극도로 위험한 하이테크 생태계에서는, 전략에 대한 선택과 집중이 곧 기업의 성패를 좌우한다고 할 수 있을 만큼 어려운 의사결정이다. 그럼에도 ASML은 외부 지식을 적극적으로 수용하고 활용함으로써 혁신의 비용은 줄이고 성공 가능성은 높일 수 있었다. 또한, 다양한 기술을 내부로 끌어들이 통합시키는 역량을 쌓은 덕분에, 고도로 복잡하고 정교한 제품도 개발할 수 있었다. 종합하면, 업계 최고의 기술을 보유한 파트너들과의 연구개발을 통해, 그리고 기술개발에의 투자를 멈추지 않은 덕분에 ASML은 세계 최고의 노광장비 기업이 될 수 있었다고 할 수 있다.

본 사례연구의 한계는 다음과 같다. 첫째로 ASML의 연구성과는 특허뿐만 아니라 다수의 논문으로도 확인할 수 있으나, 본 연구에서는 특허분석만을 시도했기에 비특허문헌에 대한 정보나 시사점에 있어서는 제한적일 수밖에 없었다. 또한, 그간 ASML의 기술 융합적 측면을 분석하는 전례는 없었다는 점에서 본 연구가 의의가 있지만, 지표를 두 가지로만 설정했다는 점에서 기술융합의 여부와 정도를 파악하기에 부족한 면이 있다. 향후 네트워크 분석법을 활용해 기술융합의 정도를 보다 깊이 있게 분석하고자 한다. 또한, 기술 융합의 패턴이나 기술 간 상관관계 등을 확인함으로써, 기술 융합의 현황에 대해 더욱 구체적으로 파악할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- JC van Rooy(2010), "Logistical information sharing and collaboration between ASML and its supply chain, Master Thesis, Eindhoven University of Technology", Master Thesis, Eindhoven University of Technology.
- Bram J.M. Arts(2012), "New business development at ASML: Towards a framework for identifying, selecting, and developing new business opportunities", Master Thesis, Eindhoven University of Technology
- Susanne Van Der Velden, Mohammad Nasir Nasiri, Niels G.Noorderhaven and Henk Akkermans(2019), "Incumbent success in the era of ferment: The selection of the next generation of technology", Academy of Management Annual Meeting Proceeding, pp.1-33.
- Sascha Migura(2018), "Optics for EUV Lithography", 2018 EUVL Workshop.
- 이승우. 반도체 노광기술, 극자외선(EUV)으로 뚫는다..국내 기업 특허 출원 봇물.
<http://www.dailysisa.com/news/articleView.html?idxno=41417/>[2020.11.16.]
- 특허청. 10나노의 벽, 극자외선(EUV)으로 뚫는다.
<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156420496>[2020.11.12.]
- 김의겸. ASML 네덜란드 본사에 가보니 우린 이제 EUV로 진화한다.
<http://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=7025>[2007.07.02.]
- 장은지. 차세대 반도체의 미래, EUV 기술혁신에 달려있다.
https://news.skhynix.co.kr/post/euv-technology-innovation?gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsbwI886HzAnYLWBCG3uZP41RcLHMJ32nHk91M7oSWS4n4sUElCCaGLxoCAg4QAvD_BwE[2019.01.02.]
- 오소영. 'EUV 끝판왕' ASML, 로드맵 공개... "2023년 상반기 신제품 인도" <https://www.theguru.co.kr/news/article.html?no=27107>
- MENAISSANCE MAN. 세계 1위 반도체 장비 기업 ASML
<https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=anackne&logNo=110162218690>[2013.03.08.]
- 고병기. ASML, 협력사-연구기관 공유 생태계... 반도체장비 독보적 영역 구축
<https://www.sedaily.com/NewsView/1YXH83GMX0>[2020.01.01.]
- 임성아. 불황을 모르는 네덜란드 기업 ASML
https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsSn=243&pNttSn=113628[2012.04.15.]
- 강경래. [업그레이드 소부장]④네덜란드 ASML... '슈퍼얼' 비결은.
<https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01374326625669536&mediaCodeNo=257>rack=sok>[2020.02.11.]

- 박지성. [한강TECH] 차세대 반도체의 운명을 권 기업, ASML ①
<https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=91207>[2019.07.15.]
- 박지성. [Tech Talk] 노광장비 1등 기업, ASML의 성장 비결은? ②
<https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=91831>[2019.08.29.]
- 홍장표·김은영(2009), 「한국 제조업의 산업별 기술혁신패턴 분석」, 기술혁신연구 17(2), p.27~53.
- 강승규·전주용·박재민(2017), 「기술적 연계구조와 국내 제조업의 유형별 제품혁신 요인 분석」, 산업혁신연구 33(2), p.211~246.
- 이근(2004), 「과학기술의 새로운 패러다임과 경제」, 정보통신정책연구원, p.1~110.
- Keith Pavitt(1984), "Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, 13, pp.343-373.
- Noriko Taji, Tatsuo Enami and Kenji Takahisa(2019), "A systemic innovation in science-based industry: how to manage suppliers by a manufacturer outsourcing all components", *R&D Management Conference 2019*, pp.1-2.
- Francesco Bogliacino and Mario Pianta(2016), "The Pavitt Taxonomy, revisited: patterns of innovation in manufacturing and services", *Economy Politics*, 33, pp.153-180.
- 이공래(2006), 「다분야 기술융합의 이론적 이해와 정책 시사점」, 과학기술정책, p.17~25.
- 최재영·문혜선·조운재·정성균(2014), 「한국의 기술융합 발전 트렌드 및 융합기술개발 결정요인 분석」, 산업연구원, p.1~249.
- 이광호 외 9명(2016), 「융합이 기술혁신패턴에 미치는 영향과 대응전략, 자동차산업과 디스플레이산업을 중심으로」, 정책연구, 과학기술정책연구원, p.1~330.
- 이공래(2004), 「혁신클러스터에서의 다분야 기술융합」, 과학기술정책 14(5), p.44~54.
- George J. Stigler(1951), "The Division of Labor is Limited by the Extent of the market", *Journal of Political Economy*, 59(3), pp.185-193.
- Nathan Rosenberg(1963), "Technological Change in the Machine Tool Industry", *Journal of Economic History*, 23(4), 414-443.
- Fumio Kodama(1992), "Technology Fusion and the New R&D", *Harvard Business Review*, pp.70-78.
- 김경수(2020), 「국제특허분류를 활용한 기술융합 연결망 구조 및 패턴 분석: 해양수산 산업 육성 분야의 특허를 중심으로」, 과학기술정책 3(2), p.159~186.
- 조기환·윤정식·송중호·임진호(2017), 「논문특허 데이터 기반 연구전략 수립 연구, 차세대 반도체 제조공정 사례를 중심으로」, 한국기술혁신학회 추계학술대회, p.821~835.
- Bronwyn H. Hall, Adam Jaffe and Manuel Trajtenberg(2005), "Market Value and Patent Citations", *The RAND Journal of Economics*, 36(1), pp. 16-38.
- Jeonghwan Jeon, Hakyeon Lee and Yongtae Park(2011), "Implementing technology roadmapping with supplier selection for semiconductor manufacturing companies", *Technology Analysis*

& Strategic Management, 23(8), pp. 899-918.

Hiroyuki Chuma and Yaichi Aoshima(2003), “Determinants of Microlithography Industry Leadership: The Possibility of Collaboration and Outsourcing”, Research Institute of Economy, Trade and Industry(RIETI), pp. 1-32.

Hiroyuki Chuma(2006), “Increasing Complexity and Limits of Organization in the Microlithography Industry: Implications for Japanese Science-based Industries”, Research Policy 35, 394-411.

Tatsuo Enami and Noriko Taji(2016), “Management of Product Development on Architecture Evolution-Analyzing the Semiconductor Exposure Tool Industry”, IEEE, pp.1-3.

Case study on the Innovation of ASML's Semiconductor Photolithography Process

– Focused on the Perspective of Pavitt's Taxonomy and Technology Convergence –

Heesu Choi

– Abstract –

Due to the coronavirus, which has had a huge impact across the world, people have become accustomed to non-face-to-face communication through electronic devices. Demand for semiconductors in various high-tech devices are increasing explosively, and accordingly, interest in semiconductor manufacturing equipment is also rapidly increasing. ASML, which leads the photolithography industry by producing the world's only ultra-fine exposure equipment, has been in a unique position for a long time through steady R&D investment and symbiotic relationships with partners.

In this case study, we want to analyze the reasons for the success of ASML, which started at the edge of the semiconductor exposure process field, and how it was able to surpass its competitors and become the overwhelming winner. In particular, based on the theory of 'Pavitt's Taxonomy', which analyzed innovation characteristics based on industry classification, the science-based characteristics of ASML were confirmed through patent citation analysis and case analysis. Additionally, in terms of 'technology convergence' theory, patent analysis was conducted based on the indicators of co-applicants and IPC co-classification analysis, and R&D cases related to EUV were analyzed.

By intensively looking at ASML, which carries the future of global next-generation semiconductors, we intend to explore the strategic direction for various semiconductor players and consider the implications.

Key words ASML, Photolithography, Pavitt's Taxonomy, Technological Convergence, IPC Co-classification analysis

기계기술정책

| 제1권 제2호(2022) |

발행일 2022년 12월
발행처 한국기계연구원
발행인 박상진
문의처 한국기계연구원 전략조정본부 기계기술정책센터
대전광역시 유성구 가정북로 156
T. 042-868-7682

ISSN 2950-9939

기계기술정책

제1권 제2호(2022)