

스마트공장 정책 성과 분석

: 혁신활동 및 협업 성과를 중심으로

KBIZ중소기업연구소 김은하 연구위원

<목차>

요 약	1
1. 서론	4
2. 분석 방법	6
1) 선행 연구	6
2) 분석 방법론	7
3) 사용 데이터	9
3. 분석 결과	12
1) 도입 및 미도입 기업의 혁신 및 경영 성과 지표 비교	12
2) 스마트공장 도입이 경영성과에 미치는 영향 분석	14
3) 혁신활동의 주체에 따른 경영성과 효과성 비교 분석	17
4) 스마트공장 도입이 혁신 성과에 미치는 영향	20
5. 결론	23
참고문헌	24

< 요약 >

□ 연구 배경

- 최근의 급격한 경영환경 변화에 직면한 기업들은 생존을 위한 혁신 경쟁 중이나 중소기업의 경우 내부 자원, 역량 등의 열위로 혁신이 지연
- 연구 목적 : 대기업의 핵심 혁신역량의 전파와 제조업 스마트화를 위해 추진 중인 본회의 대중소 상생형 스마트공장 사업 참여 기업의 경영 성과 분석 및 정책방향 제안

□ 분석 개요

- 대상 기업 : 상생형 스마트공장 도입기업 302개사 및 유사 매출액 규모·동일 업종의 스마트공장 미도입기업 304개사
- 데이터 : 606개社를 대상으로 한 혁신활동 실태조사* 결과 및 재무·국민연금 가입·R&D 투자 등의 정보를 결합한 패널 데이터 *수행 : '21년 12월, 한국평가데이터

□ 주요 연구 결과

- (1) 스마트공장 도입 기업은 미도입 기업보다 더 많은 혁신 활동 수행
 - 도입 기업은 생산량 증가, 새로운 생산·물류 방식 도입 등의 공정개선 및 데이터 기반 의사결정, 3정5S 등 현장개선 성과가 높음
 - (2) 스마트공장 도입은 매출액, 고용 및 R&D 투자를 증가시킴
 - 도입 전후 비교 시 미도입 기업 대비 도입기업의 매출액은 23.7%, 고용은 26.0%, R&D 투자는 36.8% 성장
 - (3) 대기업과 협업해 혁신활동*을 하는 기업의 경영성과가 자체 혁신활동을 한 기업보다 더 높게 나타남
 - * 기술 지원, 현장 노하우 전수, 컨설팅 등을 통한 공정개선·현장 환경개선
- 성공적인 중소제조기업의 디지털 전환을 위해 지속적인 스마트공장 확대와 대기업과의 상생 협력을 통한 혁신활동 추진 노력 요구

□ 주요 분석 결과

① 도입 기업과 미도입 기업의 도입 전후 혁신성과 비교

표 도입기업과 미도입 기업의 2017년 대비 2020년 혁신성과 비교

도입전 대비 혁신성과 ⁽¹⁾	도입기업		미도입기업	
	평균	표준편차	평균	표준편차
1일 생산량 증가	3.65 ***	0.94	3.35	0.76
공정시간 (리드타임) 감소	3.71 ***	0.92	3.36	0.73
납기 단축 및 기한 준수	3.73 ***	0.93	3.55	0.79
제조현장 데이터 활용한 의사결정	3.64 ***	0.93	3.32	0.76
3정5S 등 현장 환경 개선	3.84 ***	0.88	3.64	0.75
작업장 내 교육 훈련 등	3.63	0.87	3.58	0.77
새로운 생산방식 도입·개선	3.56 ***	0.96	3.29	0.71
새로운 물류 시스템 도입	3.47 ***	0.96	3.05	0.67
새로운 제품 출시	3.36 ***	1.00	3.10	0.68
새로운 판로 개척·확대	3.34 ***	0.98	3.08	0.70

(1) 혁신활동 수행 정도의 변화는 이전 대비 변화를 5점 척도 (전혀 개선되지 않음, 개선되지 않음, 보통, 개선됨, 매우 개선됨)으로 측정, 스마트공장 도입 기업은 도입 전 (2017년 혹은 2018년)과 2020년의 수준을 비교, 스마트공장 미도입기업은 2017년과 2020년 수준을 비교.

(2) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 스마트공장 도입기업과 미도입기업의 평균차이(mean difference)가 통계적으로 유의하다는 t-test 결과를 의미

② 스마트공장 도입에 따른 경영성과 분석

○ 분석 모형 : 이중차분법 분석

- 패널 선형: 경영성과_{it} = α + β스마트공장도입_{it} + δX_{it} + u_i + ν_t + ε, t = 1, 2 (전/후)

- 이중차분모형: Δ경영성과_i = βΔ스마트공장도입_i + δΔX_i + Δε_i

○ 경영성과에 영향을 미치는 변수(Xi) : 업력, 1인당 인건비, 피보험자 수, 자본금, 영업이익, 기업규모, 산업, 지역, 벤처기업 여부 등

표 스마트공장 도입에 따른 경영성과

	(1) 로그 매출액	(2) 로그 피보험자 수	(3) 로그 R&D투자액
스마트공장 도입효과	0.213***	0.231***	0.313*

주 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

주 2)

유형별 t	t=1	t=2
미도입기업	2017	2020
2018년 도입기업 (n=201)	2017	2020
2019년 도입기업 (n=101)	2018	2020

주 3) 기초단계 n=267, 중간1단계 n=35

주 4) 로그지수-더미변수 분석결과 해석 시 표 모델 (1) 로그 매출액의 경우 매출액이 21.3% 더 증가가 아닌 $\exp(0.213)=1.237$ 에 따라 23.7%의 증가로 해석하는 것에 유의

③ 대기업과의 협업에 따른 경영성과 * 분석모형은 ②와 동일

표 혁신활동의 매출액, 피보험자수, R&D 투자액 등의 경영성과

	(1) 로그 매출액	(2) 로그 피보험자 수	(3) 로그 R&D투자액
자체 혁신활동	0.121*	0.026	0.00591
대기업과의 혁신활동	0.225***	0.130**	0.273*

주) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

1. 서론

- 기업의 혁신활동은 경쟁우위를 확보해 장기적이고 지속가능한 발전을 위한 중요한 전략
 - 혁신은 R&D 이상의 다양한 활동을 포함하는 개념으로 기관의 변화, 새롭거나 획기적으로 개선된 재화나 서비스, 비즈니스 관행, 마케팅 등을 포함하는 포괄적 개념 (OECD Oslo Manual)
 - 기업은 혁신을 통해 새로운 제품과 서비스에 대한 수요를 창출해 새로운 공급을 만들어 시장을 확장시키고 동일한 조건에서 기존보다 높은 산출량을 통해 추가적인 이익을 얻을 수 있음

- 최근 급격한 경영환경 변화에 직면한 기업들은 생존을 위한 혁신 경쟁 중
 - 4차산업혁명을 필두로 시작된 디지털 트랜스포메이션, 코로나19 이후 비대면 경제의 성장, 러시아-우크라이나 사태로 인한 전세계 경제의 불확실성 증가와 인플레이션, ESG와 탄소 중립 등의 사회적 책임 요구 증가 등으로 기업은 대전환의 시기를 맞이
 - 그러나 중소기업의 경우 내부 자원, 인력, 학습 역량 등의 열위로 인해 새로운 기술 도입이나 혁신 활동이 지연되고 있으며, 이런 문제는 대중소 기업간 생산성 양극화와 같은 사회적 문제를 야기하고 나아가 국가 경쟁력의 위기 의식을 심화시킴

- 정부는 혁신과 새로운 일자리 창출을 위한 중소기업의 역할을 인지하고 인재 양성, 인프라 구축, 혁신의 확산 등을 장려하는 다양한 정책을 추진하고 특히 제조업 스마트화를 통한 패러다임 변화를 위해 적극 노력
 - “스마트공장 보급확산 사업”*은 제조혁신 역량이 부족한 중소기업의 경쟁력 확보를 위한 대표적인 정부 정책
 - * 동 사업은 제조공정에 필요한 자동화 설비, 솔루션의 개발·운영 등 역량을 갖춘 공급기업과 이를 필요로 하는 도입기업이 컨소시엄을 구성하여 추진하는 민간주도형 사업
 - 중소벤처기업부(2019)에 따르면 스마트제조 생산방식 체계로의 전환은 생산성 증대, 원가 절감 등 중소기업 경쟁력 강화에 큰 영향을 끼침
 - * 도입기업은 평균적으로 생산성 30% ↑, 품질 43.5% ↑, 원가 15.9% ↓, 고용 3명 ↑ 등 경쟁력 상승(스마트공장 지원사업 성과 조사분석 연구, '19년 중소벤처기업부)

2. 분석 방법

1) 선행 연구

- 기업의 혁신 능력은 새롭고 가치 있는 제품이나 지식을 창출하는 잠재력이며 (Zheng, Liu, & George, 2010) 특히 중소기업에게 혁신활동은 규모가 크고 더 많은 자원을 가진 기업과 경쟁하기 위한 주요한 자산 (Saunila, 2019)

- 기업의 혁신활동이 경영 성과에 정(正)의 효과를 가진다는 다수의 연구 결과가 보고되어 있음
 - Jin&Choi (2019)의 연구는 제품 혁신은 국내 대기업과 중소기업 모두 노동 생산성과 영업이익 측면에서 양의 효과를 내지만 공정 혁신은 대기업, R&D 협력은 중소기업의 경영 성과에 양의 효과를 내는 것으로 분석
 - 김광두·홍운선 (2011)은 기업의 성장성과 수익성이라는 성과에 혁신활동이 미치는 영향을 분석해 대기업보다 중소기업에서 더 강한 영향을 미치는 것을 확인
 - 특히 하위 10% 기업보다 고성장 기업 및 고수익 기업의 혁신활동은 통계적으로 1% 수준에서 유의미한 결과를 보임
 - 박재민·이중만 (2011)은 기술혁신활동을 내부 및 외부 R&D, 제품·공정·조직·마케팅으로 유형화하고 이 혁신 활동이 연구개발 활동 성과인 특허출원 경향과 매출액을 설명하는데 유의함을 확인
 - 매출액 효과는 대기업과 중기업의 경우 연구소가 설립된 경우, 특히 대기업의 주력제품 평균 수명이 긴 경우 매출액이 증가
 - 기술혁신 활동과 활동의 혁신 성과는 모두 서로 연계되어 있음
 - Prajogo (2006)은 오스트레일리아의 제조업 및 서비스업 기업에 대해 공정 혁신활동이 매출액 증가, 시장 점유율, 수익성 부분의 기업 성과 사이의 양의 상관관계를 확인하였으며 특히 제조업에서 더 강한 관계를 갖는 것을 밝힘

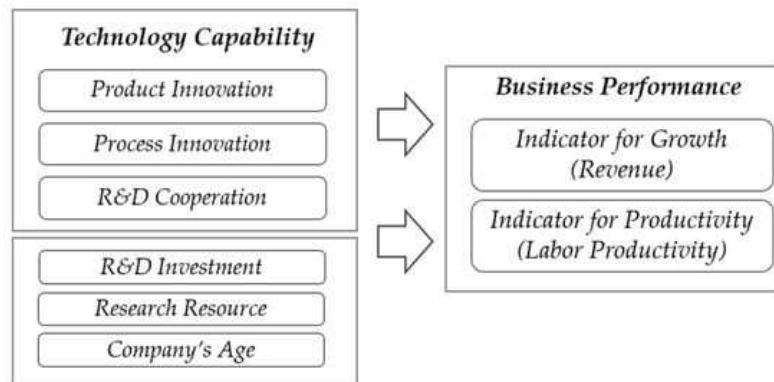
- 다만 이론적 추론과 질적 연구의 결과는 혁신이 기업 성장의 핵심적인 결정 요인임을 시사하지만, 혁신과 기업 성과의 상관관계에 대한 실증 연구 결과는 상반된 결과를 보이거나 통계적으로 유의미하지 않기도 함 (Löfsten, 2014)

2) 분석 방법론

□ 분석 모델

- 혁신 연구분야에서 기업 성과를 연구할 때 가장 많이 사용되는 성과 지표는 매출 증가, 고용 증가 및 이익 (Löfsten, 2014)
- 한 예로 Jin & Choi (2019)는 기술 역량과 기업 성과 간의 영향에 대한 패널 분석 시, 기술 역량은 제품 혁신, 공정 혁신, R&D 협력, R&D 투자, 연구 자원 및 업력을 지표로 사용하고 기업 성과는 성장성 지표로는 순이익, 생산성 지표로는 노동 생산성을 사용

그림 2 Jin & Choi (2019) 연구 모델



- 본 연구는 기업의 스마트공장 도입 여부를 기업이 주요한 혁신 역량으로 보고, 도입 여부가 공정 개선·현장혁신 등에 미치는 영향과 매출, 순이익, 고용 등의 기업 성과에 미치는 영향을 분석
 - 분석 1 : 스마트공장 도입 여부가 경영 성과에 미치는 영향
 - 분석 2 : 스마트공장 도입 여부가 혁신 성과에 미치는 영향

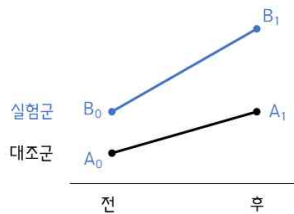
□ 이중차분법 분석 (DID, Difference in Difference)

- 특정 정책 시행 이전과 이후의 처치군 (treatment group)과 대조군 (control group)의 데이터를 사용해 정책 효과를 분석하는데 사용하며, 관측되지 않는 선택편의 (selection bias)를 제거 가능할 수 있음
- 이중차분의 의미
 - $(B2-A2)-(B1-A1)$: 횡단면 (같은 시점에서의 비교)으로 $(B2-A2)$, $(B1-A1)$ 을 비교하기 위해서 이 둘을 빼주면 개체의 차이를 제거

- (B2-B1)-(A2-A1) : 시계열 비교를 할 때 서로 다른 개체의 시간갭을 제거, 시간적 특성을 제거

* 실험군(B)에 가해진 변화에 주는 영향을 분석하기 위해서는 정책시행 전 둘 속성이 유사하고, 시계열 상에서 두 집단이 비슷한 영향을 고르게 받아야 함

- 즉, 두 개의 이중차분이 같은 결과를 보여줌



o 패널 선형회귀모형¹⁾에서의 DID 분석

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + u_i + \nu_t + \epsilon_{it}, t = 1, 2$$

- X_{it} 는 스마트공장을 도입하면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 더미변수

- ν_t 대신 시간 더미변수를 사용하면 다음과 같이 쓸 수 있음

$$y_{it} = \alpha + \beta X + u_i + \delta D_{2t} + \epsilon, t = 1, 2$$

- D_{2t} 는 시점이 t=2이면 1이고, t=1이면 0의 값을 갖는 더미 변수

- 위 식에 1차 차분 적용

$$\Delta y_i = \beta \Delta X_i + u_i + \delta + \Delta \epsilon_i$$

- t=1에서는 실험군과 대조군 모두가 스마트공장을 도입하지 않고, t=2에 실험군만 스마트공장을 도입한다면, 실험군은 $\Delta X_i = 1$, 대조군은 $\Delta X_i = 0$ 로 ΔX_i 가 실험군과 대조군을 구분하는 더미변수

- 따라서 β 의 추정치는 실험군과 대조군의 두 시점간 차이를 각각 계산 후 그 차이를 구한 것

$$\hat{\beta}^{DID} = \overline{\Delta y_i(\text{실험군, 도입기업})} - \overline{\Delta y_i(\text{대조군, 미도입기업})}$$

- β 의 추정량이 DID 추정량

o 본 연구에서는 스마트공장 도입 전 매출액과 업종이 유사한 기업을 대조군으로 선정, 스마트공장의 도입이 혁신 성과에 미치는 영향을 분석

1) DID 추정에 관해서는 민인식·최필선 (2012). STATA 패널데이터 분석 내용을 참고

3) 사용 데이터

분석 대상 기업 샘플링

○ 스마트공장 도입 기업

- 본 연구의 스마트공장 도입 기업 성과는 모두 「상생형 스마트공장 사업」²⁾에 참여한 중소·중견 기업을 대상으로 함
- 도입 시기별로 2018년도 도입기업 505개, 2019년도 도입기업 566개, 총 1,071개
- 이 중 재무정보가 없거나 중복된 기업을 제외한 824개가 분석 대상
- 도입기업의 최종 표본의 분포는 아래와 같음

표 1 도입기업 최종 샘플 분포

도입 시기	유형	5억 미만	5억~10억	10억~20억	20억~40억	40억~60억	60억~80억	80억~100억	100억~200억	200억~1000억	1000억 이상	총합계
18년	1	5	5	6	17	14	11	4	27	44	16	149
	2	15	17	43	49	33	17	12	22	21	-	229
19년	1	2	7	19	20	28	14	6	25	31	7	159
	2	34	37	54	72	44	22	11	13	-	-	287
총합계		56	66	122	158	119	64	3	87	96	23	824

* 매출액 구간은 스마트공장 도입 전인 2017년을 기준

* 유형1 (중기업 이상 대상) : ① 공장운영시스템, ② 제조(간이) 자동화, ③ 공정시뮬레이션 ④ 초정밀금형 등의 도입 솔루션

* 유형2 (소기업 대상) : ① ICT연계 제조 간이 자동화, ② 간이 생산시스템(MES등 포함), ③환경안전시스템 등의 도입솔루션

○ 스마트공장 도입 기업 중 설문응답기업 302개사 대상으로 분석

○ 스마트공장 미도입 기업

- 1차 139,245개 : 한국산업단지공단인 팩토리온 기준, 공장 보유 기업 추출
- 2차 114,564개 : 스마트공장 지원 수혜 기업 및 자체 도입 기업 (24,681개)를 제외
- 3차 108,340개 : 스마트공장 도입기업과 동일 업종만 추출 (6,224개 제외)
- 4차 29,155개 : 도입기업의 2017년 매출액 규모가 동일한 기업 추출

2) 중소기업중앙회와 삼성전자, 중소벤처기업부는 2018년부터 「대중소 상생형 스마트공장 지원사업」을 통해 유사 스마트공장 도입 사업이 지원할 수 없는 대기업의 제조 노하우 전수 및 현장 혁신 활동 등을 제공

- 5차 2,553개 : 도입기업의 업종과 2017년 매출 규모에 맞춰 3배수 추출

표 2 미도입기업 업종 및 매출액 규모별 분포

유형	5억 미만	5억~10억	10억~20억	20억~40억	40억~60억	60억~80억	80억~100억	100억~200억	200억~1000억	1000억 이상	총합계
총합계	169	84	200	385	480	360	200	100	275	300	2,553

* 매출액 구간은 2017년을 기준

○ 스마트공장 미도입 기업 중 설문응답기업 304개사 대상으로 분석

□ 설문응답기업 특성

표 3 응답기업 특성

구분		도입기업		미도입기업	
		사례수(개)	비율(%)	사례수(개)	비율(%)
전체		(302)	100.0	(304)	100.0
2017년 매출액	5억 미만	(24)	8.2	(20)	6.6
	5억~10억 미만	(19)	6.5	(36)	11.8
	10억~20억 미만	(31)	10.6	(60)	19.7
	20억~40억 미만	(49)	16.7	(53)	17.4
	40억~60억 미만	(36)	12.3	(23)	7.6
	60억~80억 미만	(27)	9.2	(12)	3.9
	80억~100억 미만	(11)	3.8	(32)	10.5
	100억~200억 미만	(37)	12.6	(36)	11.8
	200억~1,000억 미만	(58)	19.8	(8)	2.6
	1,000억 이상	(1)	0.3	(24)	7.9

□ 혁신성과 관련 설문조사 항목

표 4 기업 별 조사 내용

구분	조사 항목	
도입기업	스마트공장 도입 전후 효과분석	- 생산요소, 공정개선, 현장혁신, 기업혁신 도입 전후 비교
	도입 전후 혁신활동 여부	- 스마트공장 도입전과 현재의 혁신활동 여부
미도입기업	2017년 대비 현재 경영 개선 비교	- 생산요소, 공정개선, 현장혁신, 기업혁신 경영 개선 비교
	2017년 대비 현재 혁신활동 여부	- 2017년 대비 현재의 혁신활동 여부

□ 기업 경영 성과 측정을 위한 정량 데이터

○ 도입 및 미도입 기업 관련 정량 데이터

표 5 기업 정량 성과 분석 사용 데이터

구분	분석 시 사용 데이터
기업일반	기업공개, 기업규모, 기업유형, 도로명주소, 사업자번호, 설립형태, 업종코드 10차 등
고용정보	17~20년 기준 국민연금가입자수
인증정보	벤처인증, 이노비즈인증, 메인비즈인증, NET/NEP인증
R&D관련	기업부설연구소/전담부서 유무, 특허등록 건수, 특허출원 건수, 실용신안 등록 건수, 실용신안 출원 건수
재무관련	17~20년 매출액, 자산총계, 부채총계, 자본금, 연구개발비, 당기제품제조원가 등

3. 분석 결과

1) 도입 및 미도입 기업의 혁신 및 경영 성과 지표 비교

○ 기초통계량

표 6 분석 대상 기업의 기초통계량

구분	연도	매출액 (백만원)	부가가치(백만원)	영업손익(백만원)	종사자수 (명)	로그 매출액	로그 부가가치	로그 영업손익
미도입 기업 (n=304)	2017	17930.461	2535.425	847.0158	35.043	8.260	6.943	5.438
	2018	18837.354	2522.27	838.9128	33.996	8.337	6.965	5.408
	2019	18505.319	2545.206	787.1385	34.084	8.400	7.065	5.500
	2020	18825.717	2722.97	884.3628	33.357	8.405	7.058	5.413
도입 기업 (n=302)	2017	19247.25	3648.319	1313.812	60.986	8.845	7.533	5.960
	2018	19695.7	4256.401	1269.059	57.966	8.806	7.584	5.867
	2019	20790.06	4779.676	1405.867	58.094	8.871	7.619	5.877
	2020	20782.27	4696.402	1453.628	57.328	9.018	7.677	5.929
기초 단계 (n=267)	2017	15397.745	3423.912	1085.496	52.541	8.701	7.459	5.825
	2018	16092.539	3997.713	1086.539	50.532	8.662	7.497	5.727
	2019	16867.509	4280.853	1198.795	50.897	8.735	7.519	5.741
	2020	17253.247	4328.628	1244.143	50.084	8.902	7.597	5.818
중간 1단계 (n=35)	2017	48613.486	5401.500	3097.531	111.933	9.943	8.242	7.003
	2018	47182.629	6253.156	2729.219	106.645	9.943	8.349	6.949
	2019	50713.486	8707.906	3049.500	103.750	9.929	8.495	6.939
	2020	47703.657	7477.688	3057.500	103.281	9.850	8.310	6.753

○ 2017년 기준 매출액에서는 유의미한 차이가 존재하지 않음

* 무작위 추출 샘플링 결과가 도입 전후의 매출액 변화를 측정하기에 적절

- 그 외 변수들의 경우 종사자수 (피보험자수 기준), R&D 투자금 등이 유의미한 차이를 보임

○ 스마트공장을 도입한 기업은 미도입 기업에 비해 스마트공장 도입 전 (2017년 기준)에도

더 높은 수준의 혁신 및 경영 성과를 보여줌

* 자체·대기업과의 혁신활동, R&D 활동은 여부에 따라 0과 1로 응답

- 스마트공장을 도입한 기업은 자체적으로 혹은 대기업과 공동으로 미도입 기업에 비해 더 많은 혁신활동을 하고, 더 많이 R&D 투자금을 사용하고, 자체적으로나 외부와의 협력을 통해 공정·제품 개발을 위한 연구개발을 진행

표 7 스마트공장 도입 전 2017년 경영 및 혁신 수준 비교

2017년 성과		도입기업		미도입기업	
		평균	표준편차	평균	표준편차
경영 성 과	매출액 (백만원)	19,247	42,019	17,930	47,619
	종사자 (명)	61.0***	89.3	35.0	64.1
	자산총계 (백만원)	21,745	43,763	15,941	42,932
	부채총계 (백만원)	11,221	21,921	8,895	25,763
	자본금 (백만원)	1,416	3855	1474	6219
	R&D 투자 (백만원)	298***	924	111	372
	제조원가 (백만원)	10,272	24,486	11,304	35,367
	부가가치 (백만원)	3,648**	6,822	2,535	6,264
	영업이익손실 (백만원)	1,314**	2,762	847	2,300
	1인당 인건비 (백만원)	58.1	59.2	46.5	81.8
혁신 활 동	자체적인 혁신활동	0.55***	0.5	0.26	0.44
	대기업과의 혁신활동	0.36***	0.48	0.13	0.33

*, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 스마트공장 도입기업과 미도입기업의 평균차이 (mean difference)가 통계적으로 유의하다는 t-test³⁾ 결과를 의미

3) 두 집단 간의 평균의 차이가 유의미한지 검증하는 통계적 가설 검정법

2) 스마트공장 도입이 경영성과에 미치는 영향 분석

□ 분석 모형

○ 패널 선형 모형 : 경영성과_{it} = $\alpha + \beta$ 스마트공장도입_{it} + $\delta X_{it} + u_i + \nu_t + \epsilon$, $t = 1, 2$

* t=1 : 스마트공장 도입 전, t=2 : 스마트공장 도입 후

○ DID 모형 : Δ 경영성과_i = $\beta \Delta$ 스마트공장도입_i + $\delta \Delta X_i + \Delta \epsilon_i$

□ 변수 설명

○ 경영성과

- 매출액, 부가가치, R&D 투자액, 피보험자 수

○ 스마트공장 도입 : 더미변수

○ Xi : 경영성과 변화에 영향을 미치는 변수

- 업력, 1인당 인건비, 피보험자 수, 자본금, 영업이익 등

- 더미변수 : 기업규모, 산업, 지역, 벤처기업, 이노비즈 기업, 메인비즈기업, NEP 인증, NET 인증 등

□ 분석결과

○ 분석결과 스마트공장 도입은 매출액, 종사자수 (피보험자수), 부가가치 및 R&D 투자액의 증가에 긍정적 영향을 주고 있음

- 스마트공장을 도입한 기업은 미도입기업 대비 매출액은 23.7%, 피보험자수는 26.0%, 부가가치는 38.3%, R&D 투자금은 36.8%만큼 더 성장

* 로그지수-더미변수 분석결과 해석 시 아래 표 8 모델(1)의 경우 매출액이 21.3% 더 증가가 아닌 $\exp(0.213)=1.237$ 에 따라 23.7%의 증가 효과로 해석하는 것에 유의

표 8 스마트공장 도입에 따른 경영성과

	(1)	(2)	(3)	(4)
	로그 매출액	로그 피보험자 수	로그 부가가치	로그 R&D투자액
스마트공장 도입효과	0.213***	0.231***	0.324***	0.313*
기초단계	0.167***	0.0737	0.227***	0.126
중간1단계	0.00990	0.0402	-0.0756	0.172
로그1인당임금	0.269***	0.132**	0.363***	-0.161
피보험자수	0.00305***		0.00391***	0.00445***
로그자본금	0.0692***	0.106***	0.00434	0.0723
업력	0.00994***	0.00583*	0.00738**	-0.0146**
기업규모				
규모2	0.610***	0.670***	0.631***	-0.125
규모3	1.472***	1.274***	1.234***	0.531**
규모4	2.012***	2.015***	1.666***	0.917**

주 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

주 2)

유형별 t	t=1	t=2
미도입기업	2017	2020
2018년 도입기업 (n=201)	2017	2020
2019년 도입기업 (n=101)	2018	2020

주 3) 기초단계 n=267, 중간1단계 n=35

주 4) 기업규모 더미 : 1-소상공인, 2-소기업, 3-중기업, 한시성 중소기업, 4-중견기업, 보호대상 중견기업

- 동일한 분석에 대해 스마트공장 도입 시기에 따라 스마트공장 도입 1년 및 2년의 효과를 확인한 결과는 다음과 같음
 - 2018년에 도입한 기업의 1년 및 2년 후 경영성과 분석 결과, 스마트공장 도입은 지속적으로 매출, 고용, 부가가치, R&D 투자 증가에 유의미한 영향
 - 특히 매출액과 부가가치의 경우 스마트공장의 도입으로 인한 경영성과 증가 효과가 시간의 흐름에 따라 강화되었음

표 9 스마트공장 도입 1년 및 2년 후 경영성과

		(1)	(2)	(3)	(4)
		로그 매출액	로그 피보험자 수	로그 부가가치	로그 R&D투자액
도입 후 1년	2018 도입기업	0.175*	0.269***	0.273***	0.577***
	2019 도입기업	0.121	0.138	0.380***	0.346
구축 후 2년		0.214**	0.240***	0.299***	0.457**

주 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

주 2)

구분	구축 후 1년		구축 후 2년	
	t=1	t=2	t=1	t=2
미도입기업 (n=304)	2017/2018	2019/2020	2017	2020
2018년 도입기업 (n=201)	2017	2019	2017	2020
2019년 도입기업 (n=101)	2018	2020	-	-

3) 혁신활동의 주체에 따른 경영성과 효과성 비교 분석

(1) 혁신활동 주체에 따른 경영성과 비교

□ 스마트공장 도입여부와 동일하게 혁신활동에 따른 경영성과 DID 분석을 진행

$$\Delta \text{경영성과}_i = \beta \Delta \text{혁신활동}_i + \delta \Delta X_i + \Delta \epsilon_i$$

- 경영성과에 영향을 미치는 변수는 스마트공장 도입이 경영성과에 미치는 영향 분석과의 비교를 위해 동일한 변수 사용

○ 분석결과

- 자체적인 혁신활동을 한 기업보다 대기업과 협업으로 혁신활동을 한 기업의 경영성과가 매출액, 고용, R&D 투자, 부가가치에서 유의미한 증가를 보이는 것을 확인

표 10 혁신활동의 매출액, 피부험자수, R&D 투자액 등의 경영성과

	(1) 로그 매출액	(2) 로그 피부험자 수	(3) 로그 부가가치	(4) 로그 R&D투자액
자체 혁신활동	0.121*	0.026	0.0835	0.00591
미도입 도입	0.117 0.129	-0.0411 -0.0275	0.00956 0.232**	-0.223 0.108
대기업과의 혁신활동	0.225***	0.130**	0.237***	0.273*
미도입 도입	0.319*** 0.174**	0.0492 0.083	0.231*** 0.249***	0.165 0.439**

주) *,**,***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

(2) 스마트공장 도입과 혁신활동 증가

□ 도입·미도입 기업 간의 혁신활동 주체에 따른 활동 증가율 차이

○ 2017년과 2020년의 ①자체적 혁신활동과 ②대기업과 협업한 혁신활동*의 증가 수준을 비교

* 기술지원, 현장 노하우 전수, 컨설팅 등을 통한 현장 혁신과 공정 혁신 등을 일컬음

- 혁신활동을 하지 않다가 혁신활동을 하게된 기업의 비중을 혁신활동 증가율로 정의하고, 새롭게 혁신활동을 했거나, 지속적으로 혁신을 해온 기업의 비중을 혁신활동 기업 비중이라고 정의했을 때 그 비중은 아래와 같음⁴⁾

표 11 스마트공장 도입에 따른 혁신활동 신규 참여율과 지속 참여율 비교

혁신활동 종류	혁신활동 증가율 (신규)		혁신활동 기업 비중 (지속)	
	도입기업	미도입기업	도입기업	미도입기업
자체 활동	34.1%	39.8%	88.4%	65.5%
대기업과 협업	35.1%	11.2%	64.9%	23.0%

- 자체적 혁신 활동이 가장 높게 나타나는 현상은 기존 조사결과에서 보여주듯 중소기업이 R&D 등의 혁신활동을 할 때 외부와의 협업보다 단독 수행을 더 선호하는 것과 일치하는 결과⁵⁾
- 지속적으로 혁신을 추구해온 ‘혁신활동 기업 비중’으로 봤을 때, 도입기업의 혁신활동 수행 정도가 훨씬 높음
 - 도입 기업의 혁신활동에 대한 의지와 참여가 더 높으며 스마트공장 도입도 그러한 혁신활동의 하나로 간주될 수 있음
- 자체적인 혁신활동의 경우 도입기업의 88.4%가 지속적으로 혁신활동을 해왔으며, 혁신활동의 증가율은 미도입기업이 높음
 - 스마트공장을 도입하지 않았더라도 중소기업이 자체적으로 혁신을 위한 노력을 하고 있다는 것은 의의가 있음

혁신활동 종류	도입기업 (N=302)				미도입기업 (N=304)			
	전	후	X	O	전	후	X	O
자체 활동	X		32	103	X		103	121
		O	3	164		O	2	78
	O	X			O	X		
4) 대기업과 협업	X		86	106	X		232	34
		O	20	90		O	2	36
	O	X			O	X		

5) 중소기업중앙회 (2021). 중소기업기술통계조사 보고서에 따르면 기술개발수행 중소기업이 가장 선호하는 지원형태는 중소기업 단독 개발 지원 (53.1%)이며, 다음으로 중소기업-연구기관 공동개발 (30.6%), 중소기업-대학-연구기관 공동개발 (11.2%), 중소기업-대학 공동개발 (5.1%) 순

□ 시사점

- 스마트공장 도입여부와 혁신활동의 형태와 상관없이 혁신활동 자체는 매출액에 긍정적인 영향을 준다는 것이 확인됨
 - 그 중에서도 대기업과의 혁신활동은 1%의 높은 유의수준에서 혁신활동을 하지 않는 기업에 비해 25.2%의 매출 증가를 기대할 수 있음
- 혁신활동 중에서도 대기업과의 혁신활동은 매출액, 고용, 부가가치 및 R&D 투자 등 대부분의 경영성과에 긍정적인 영향을 줌
 - 스마트공장 미도입 기업의 경우 대기업과의 협업을 경험한 기업의 수는 작지만, 자체적인 혁신활동에 비해 대기업과의 협업은 경영성과에 긍정적 영향을 줌
- 유사한 혁신활동을 하더라도 자체적으로 수행하는 것보다 대기업과의 협업이 효과적이지만 상생형 스마트공장을 도입하지 않은 중소기업의 경우 제한적 협업 기회로 인해 협업 비중이 낮은 것이 현실

4) 스마트공장 도입이 혁신 성과에 미치는 영향

(1) 도입기업과 미도입기업의 혁신성과 비교: t-test

- 도입기업과 미도입 기업이 같은 기간 대비 혁신활동 수행 정도의 변화에 대한 응답을 보면 모든 혁신성과에 대해 높은 점수를 보이고 있고, 작업장 내 교육훈련을 제외한 나머지에 대해서 통계적으로 유의미한 변화의 차이가 있었음을 확인

표 12 도입기업과 미도입 기업의 2017년 대비 2020년 혁신성과 비교

2017년/도입전 대비 혁신성과 ⁽¹⁾	도입기업		미도입기업	
	평균	표준편차	평균	표준편차
1일 생산량 증가	3.65 ***	0.94	3.35	0.76
공정시간 (리드타임) 감소	3.71 ***	0.92	3.36	0.73
납기 단축 및 기한 준수	3.73 ***	0.93	3.55	0.79
제조현장 데이터 활용한 의사결정	3.64 ***	0.93	3.32	0.76
3정5S 등 현장 환경개선	3.84 ***	0.88	3.64	0.75
작업장 내 교육 훈련 등	3.63	0.87	3.58	0.77
새로운 생산방식 도입·개선	3.56 ***	0.96	3.29	0.71
새로운 물류 시스템 도입	3.47 ***	0.96	3.05	0.67
새로운 제품 출시	3.36 ***	1.00	3.10	0.68
새로운 판로 개척·확대	3.34 ***	0.98	3.08	0.70

(1) 혁신활동 수행 정도의 변화는 이전 대비 변화를 5점 척도 (전혀 개선되지 않음, 개선되지 않음, 보통, 개선됨, 매우 개선됨)으로 측정, 스마트공장 도입 기업은 도입 전 (2017년 혹은 2018년)과 2020년의 수준을 비교, 스마트공장 미도입기업은 2017년과 2020년 수준을 비교.

(2) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 스마트공장 도입기업과 미도입기업의 평균차이(mean difference)가 통계적으로 유의하다는 t-test 결과를 의미

(2) 도입기업과 미도입기업의 혁신성과 비교: 이중차분분석

□ 분석 모형 : DID

○ Δ 혁신성과_i = $\beta\Delta$ 스마트공장 도입_i + $\delta X_i + u_i + \Delta\epsilon_i$

□ 변수 설명

○ 혁신성과

- 스마트공장 도입 기업이 도입 전 대비 2020년, 스마트공장 미도입 기업이 2017년 대비 2020년 혁신 활동 성과의 변화를 5점 척도로 측정

- 혁신활동 종류 :

- ①1일 생산량 증가, ②공정시간 (리드타임) 감소, ③납기 단축 및 기한 준수,
- ④제조현장 데이터 활용한 의사결정, ⑤3정5S 등의 현장 환경 개선, ⑥작업장 내 교육 훈련 등, ⑦새로운 생산방식 도입·개선, ⑧새로운 물류 시스템 도입, ⑨새로운 제품 출시, ⑩새로운 판로 개척·확대

○ 스마트공장 도입 단계_i

- 더미변수, 스마트공장 도입 여부 혹은 스마트공장 도입 단계

○ Xi

- 스마트공장 도입 기업의 경우 도입연도에 따라 2017년 (18년도 도입기업), 2018년 (19년도 도입기업)의 각종 재무정보 사용

- 스마트공장 미도입 기업의 경우 일괄적으로 2017년의 재무정보 사용

- 사용 재무 정보 : 매출액, 부가가치액, R&D 투자액, 1인당 인건비 등

□ 분석 결과

○ 같은 기간 동안 스마트공장을 도입한 기업은 1일 생산량 증가, 공정시간 감소 등을 통해 생산성을 증대하고 납기 단축 등의 효율성 증대

- 도입 여부에 따라 '①1일 생산량 증가'의 경우, 미도입기업에 비해 도입 기업의 혁신 수준이 0.311 높음 (유의 수준 5%)

○ 데이터를 활용한 의사결정, 3정5S와 같은 눈으로 보는 관리가 개선되어 현장 혁신의 성과

도 내고 있음

- 새로운 생산방식이나 물류 시스템을 도입하거나 신제품을 출시하고 판로를 개척하는 등의 성과도 높음

표 13 스마트공장 도입에 따른 혁신 성과 이중차분법 분석 결과

혁신 활동 구분	도입 여부
1일 생산량 증가	0.311**
공정시간 (리드타임) 감소	0.307**
납기 단축 및 기한 준수	0.269*
데이터 활용한 의사결정	0.477***
3정5S등 눈으로 보는 관리	0.245*
작업장 내 교육 훈련 등	0.0563
새로운 생산방식 도입·개선	0.281*
새로운 물류 시스템 도입	0.406***
새로운 제품 출시	0.399**
새로운 판로 개척·확대	0.292*

주 1) 혁신활동 수행 정도의 변화는 이전 대비 변화를 5점 척도 (전혀 개선되지 않음, 개선되지 않음, 보통, 개선됨, 매우 개선됨)으로 측정, 스마트공장 도입 기업은 도입 전 (2017년 혹은 2018년)과 2020년의 수준을 비교, 스마트공장 미도입기업은 2017년과 2020년 수준을 비교.

주 2) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 의미

5. 결론

- 이번 연구는 스마트공장 정책이 중소기업의 디지털전환과 경영성과를 견인하는데 중요한 역할을 하고 있음을 확인
 - 스마트공장 도입은 매출액, 피보험자 수, 부가가치, R&D 투자액 증가와 더불어 1일 생산량 증가, 공정시간 감소, 납기 단축과 같은 공정 개선을 통한 생산성 증가, 3정5S 등의 현장 환경개선, 데이터를 활용한 의사결정과 새로운 생산·물류 방식 도입을 통한 시스템 개선 등 혁신활동에서 더 높은 성과를 보임
- 또한 분석 대상 기업이 참여한 상생형 스마트공장의 경우, 대기업을 통한 멘토링 등의 현장 지도가 대기업과의 협업을 통한 혁신활동을 촉진시켰으며 이는 기업이 자체적으로 수행한 혁신활동보다 더 높은 경영 성과를 보임
 - 대기업을 축적된 제조 현장 노하우가 자연스럽게 중소·중견 기업으로 스피로버 될 수 있는 환경이 조성된다면, 혁신활동의 성과가 더 효율적으로 확산될 것으로 기대
- 중소기업의 디지털전환과 국가 산업경쟁력 강화를 위해 지속적인 스마트공장 도입 정책 추진과 대중소 기업이 협업할 수 있는 업종별·밸류체인별 정책의 확대도 뒷받침되어야 할 것

참고문헌

김광두·홍운선 (2011). 혁신활동이 기업의 경영성과에 미치는 영향. *기술혁신학회지* 제 14권 2호.

김은하·이선표 (2021). 중소기업 제조 데이터 인프라 구축 방안 연구 : 중소기업협동조합의 혁신 네트워크를 중심으로. *대한경영학회지*, 1, 69-92.

박재민·이중만 (2011). 기업의 혁신 활동이 기업성과에 미치는 영향. *한국콘텐츠학회논문지*, 11(3), 339-350.

Löfsten, H. (2014), "Product innovation processes and the trade-off between product innovation performance and business performance", *European Journal of Innovation Management*, Vol. 17 No. 1, pp. 61-84.

Koellinger, P. (2008). The relationship between technology, innovation, and firm performance—Empirical evidence from e-business in Europe. *Research Policy*, 37(8), 1317-1328.

Prajogo, D. I. (2006). The relationship between innovation and business performance—a comparative study between manufacturing and service firms. *Knowledge and process management*, 13(3), 218-225.

Saunila, M. (2020). Innovation capability in SMEs: A systematic review of the literature. *Journal of Innovation & Knowledge*, 5(4), 260-265.

Zheng, Y., Liu, J., & Geroge, G. (2010). The dynamic impact of innovative capability and inter-firm network on firm valuation: A longitudinal study of biotechnology start-ups. *Journal of Business Venturing*, 25, pp. 593-609