

전통 제조업 부활의 Key, 스마트 유연생산

김영훈 수석연구원, 철강연구센터 (golyong@posri.re.kr)

목차

1. 제조업의 미래와 유연생산체계
2. 화학산업 설비 모듈화
 - 유럽연합 F3 팩토리 사업
3. 기계산업 디지털 도제시스템
 - 독일 APPsist 사업
4. 시사점

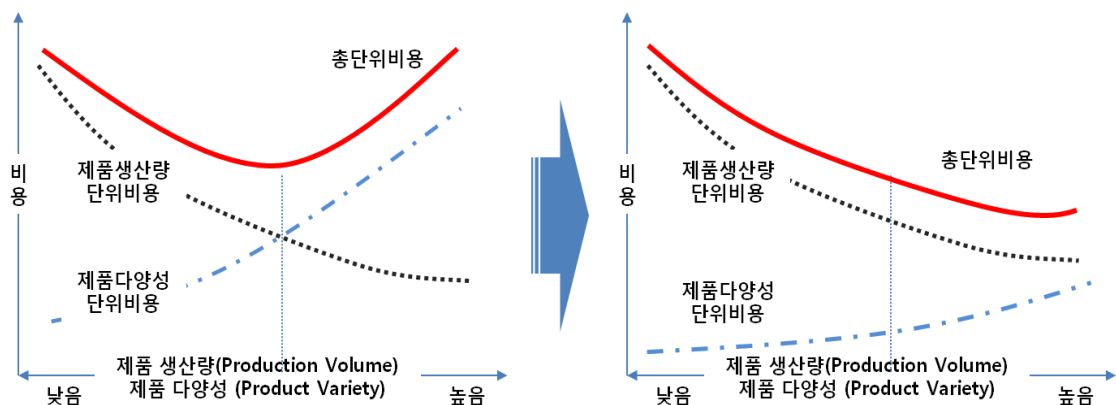
Executive Summary

- 미래 제조업의 트렌드가 개별 소비자 맞춤 생산까지 확대되면서 유연생산체계(Flexible Manufacturing)에 대한 관심도 급부상
 - 유연생산체계란 다품종 소량 생산에 적합한 유연성을 갖는 제조시스템
- 자동차 산업 등은 고객니즈 다변화에 대응하기 위해 오랫동안 유연생산을 확대. 최근에는 대량생산·고정설비로 대변되는 화학·기계 등 전통 제조산업에서도 생존차원에서 도입을 검토
 - 산업인터넷, 다기능 로봇, 빅데이터 기술 등으로 부품 식별능력 향상, 공정 신속 변환 및 셋업비용이 크게 절감되면서 스마트 유연생산체제 확산
- 유럽에서 추진 중인 전통제조업 스마트 유연생산의 대표사례로 'F3 (Flexible-Fast-Future) 팩토리'와 '디지털 도제(APPsist)' 사업을 들 수 있음
- 'F3 팩토리'는 화학산업에서 설비를 모듈화하고 고객니즈에 맞춰 레고블럭 조립하듯이 생산라인을 구축한다는 스마트팩토리 사업
 - 화학산업의 주도권이 아시아로 넘어갈 것이라는 위기의식에서 출발
 - 프로세스 산업에서 생산설비는 대량생산에 적합하고 고정된다는 고정관념을 깨고 설비모듈화 개념을 도입. 2009년부터 생산유연성이 강화된 7개의 모듈화 연속공정(Continuous Modular Production) 테스트베드를 가동
- '디지털 도제'는 기계분야 숙련공 노하우를 디지털화하고 플랫폼을 구축, 작업자 니즈에 맞춰 모듈단위로 서비스하려는 독일의 제조혁신 사업
 - 독일의 핵심생산인구 비중이 급감하면서 제조경쟁력의 핵심요소였던 도제(Apprentice) 시스템에도 근본적 변화가 필요하다는 노사정 공감대에서 시작
 - 다양한 직무변화에도 미숙련 근로자가 유연하게 대처할 수 있는 시스템 구축이 목표이며, 2014년부터 대중소기업에 특화된 3개의 테스트베드를 가동
- 유럽사례의 시사점은 노사정이 대량생산 한계, 생산인구 감소 등의 현실을 공감하고 스마트 유연생산 관점에서 제조혁신을 모색하고 있다는 것
- 우리나라 제조업은 중국과 독일 사이에서 넛크래커(Nut Cracker) 상황에 있으며, 근본적 해결을 위해서는 대량생산 중심의 사고방식을 탈피하고 스마트 유연생산에 대한 마스터플랜 수립 필요
 - 독일은 스마트 유연생산의 수요를 자국 내에 확산함과 동시에 관련 기술과 설비를 수출하기 위해 공급산업을 육성하는 이원화 전략을 추진
 - 중국은 현재 대량생산 시장에서 절대적인 경쟁우위에 있지만, 유연생산 체계를 계속 확대할 것으로 예상

1. 제조업의 미래와 유연생산체계

- 최근 고객니즈 다변화, 산업별 공급과잉 심화로 다품종 소량 생산의 필요성도 증가, 이에 따라 유연생산에 대한 관심도 급부상
 - 유연생산체계(Flexible Manufacturing System)란 다품종 중/소량 생산에 적합한 유연성을 갖는 제조 시스템을 의미
 - 동일한 기계설비가 복수작업 수행, 이질적인 원료 및 부품소재 취급 용이, 고장 등 우발적인 상황에 신속 대처, 수요변화에 맞춰 작업시간·작업경로·직무내용 변경 용이 등이 핵심내용
 - 일반적으로 생산제품의 종류가 다양해질수록 단위원가가 상승하기 때문에 유연생산체계를 적극 수용하기 어려웠지만, 관련기술이 동시다발적으로 발전하면서 스마트 유연생산체계에 대한 기대 급증
 - 산업인터넷, 다기능 로봇, 3D 프린팅, 빅데이터 기술 등으로 부품식별능력 향상, 공정 신속변환 및 셋업비용 절감 등에서 획기적인 효과 가능

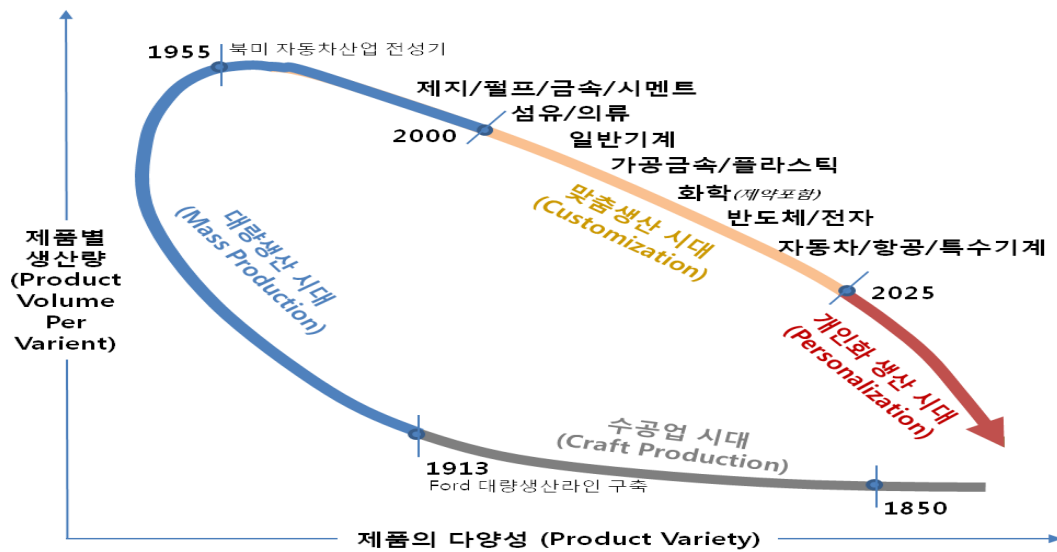
〈생산제품 다양성과 총단위비용 간 상관관계〉



- 현재 제조업은 수공업과 대량생산을 거쳐 맞춤생산 시대에 들어섰고 미래는 개인맞춤 제조에서도 수익을 창출할 수 있는 시대가 도래
 - 선진국을 중심으로 개인고객 니즈까지 생산에 반영(Personalization)해야 개도국의 대량생산 기업들과 경쟁할 수 있다는 위기의식이 확산
 - 독일 아디다스사는 3D 프린팅, 다기능 로봇을 활용하여 소도시 안스바흐(Ansbach) 주민을 대상으로 개인맞춤 운동화 500켤레를 시범 제작¹

¹ 독일 인더스트리 4.0 (Industry 4.0)의 세부사업인 '스피트팩토리(Speed Factory)' 과제를 통해 지원

〈제조업 패러다임의 변화 및 산업별 현재 위치〉



자료: Yoram Koren(2010), Florian Guldner(2015)

□ 자동차·전자산업 등은 고객 니즈 다변화에 대응하기 위해 오랫동안 유연생산을 강화, 최근에는 대량생산·고정설비로 대변되는 화학·기계 등 전통 제조산업에서도 생존차원에서 도입을 검토

○ 유럽의 화학·기계산업에서는 개도국에 대한 경쟁우위 지속과 생산인구 감소 한계 극복 등을 위해 스마트 유연생산 도입 및 업계 확산 검토

- 'F3(Flexible·Fast·Future) 팩토리' 및 '디지털 도제(APPsist)' 사업

2. 화학산업 설비 모듈화: 유럽연합 F3 팩토리 사업

□ 유럽 화학산업은 기존 대량생산 방식을 고수할 경우 아시아 기업과의 경쟁에서 뒤쳐질 수 밖에 없음을 직시

○ 2030년까지 글로벌 시장은 연평균 3% 이상 성장하는 반면 유럽의 시장지배력은 15%까지 추락한다는 전망 확산 (AT Kearny, 2012)

- 반면 아시아 기업은 Top10 기업 중 절반 이상을 차지하는 등 시장을 지배

□ 2009년부터 유럽의 25개 화학/제약기업들이 중/소량 맞춤·유연생산에 최적화된 스마트팩토리 구축을 위해 'F3 팩토리 컨소시엄'을 구성

○ 7차 EU 프레임워크 사업을 통해 7개 테스트베드에 총 4,800만 유로가 지원되었고, 일부 성공과제는 2020년까지 예산 추가 지원

<F3 팩토리 사업의 7대 테스트베드 개요>

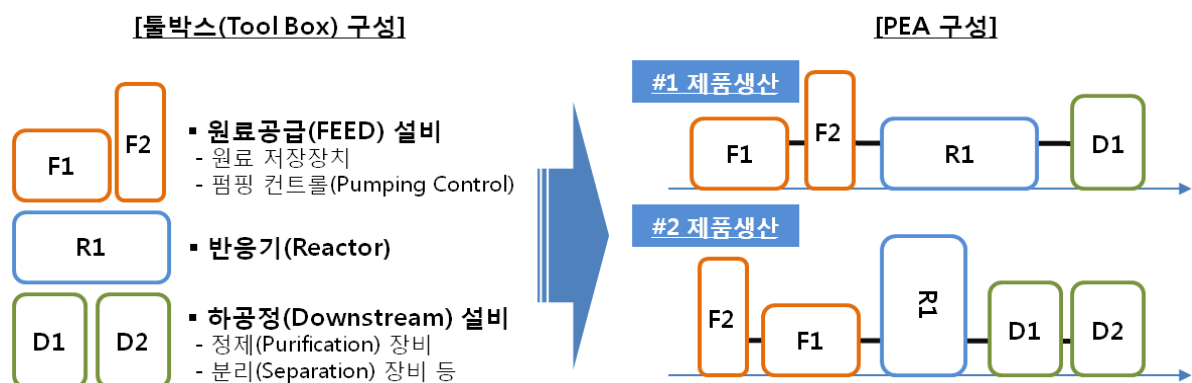
[주관기관]	[과제설명]
	▪ 분권화 생산 및 에너지 재활용 테스트 (글리세롤로부터 아크릴 제품 생산)
	▪ 로컬시장 맞춤형 최적생산 제품 테스트 (계면활성제 생산)
	▪ 신제품 제작에 새로운 생산경로 적용 (특수폴리머 생산)
	▪ 모듈러 생산방식 및 유연생산 기술 테스트 (무용매 폴리머 생산)
	▪ 상공정 통합(Integration) 테스트 (화학중간체 및 정제(fine)화학제품 생산)
	▪ 배치생산방식에서 모듈러 연속공정으로 전환 (활성원료 및 중간체 생산)
	▪ 모듈러 연속공정을 위한 백본 인프라 테스트 (중간체 생산)

자료: www. f3factory.com

□ 프로세스 산업은 대량생산에 적합하고 생산설비는 고정된다는 고정관념을 깨고 모듈화 방식을 도입, 총 3단계로 구성된 유연한 연속공정 (Continuous Modular Production) 시스템을 개발

- [1단계: PEA(Process Equipment Assembly)] 3가지 유형으로 설비를 표준화하고 레고블럭을 조립하듯 제품별로 특화된 생산라인 설계
 - 설비는 (1)원료공급(Feed), (2)화학반응기(Reactor), (3)정제·분리 등 하공정(Downstream)의 3가지 유형으로 구성되며 툴박스(Tool Box)에 저장
 - 툴박스에서 주문제품을 제작하기 위한 맞춤형 설비조합(PEA)을 디자인

<F3 팩토리 1단계: PEA 디자인>

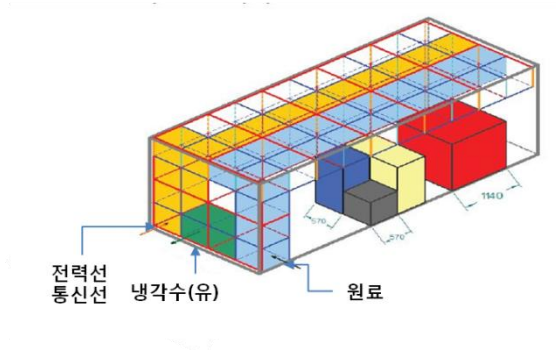


자료: www. f3factory.com

- [2단계: PEC(Process Equipment Container)] 공장 간 PEA 이설이 용이하도록 표준 컨테이너 규격(ISO 1C H8*W8*L19ft)에 맞춰 표준화
 - PEC를 160개의 셀(4*4*10)로 구분하고 통신선, 냉각수 및 연료공급선 등에 고정된 공간을 우선 할당하고 남은 공간에 PEA를 유연하게 배치

- 컨소시엄은 설비크기를 컨테이너 규격에 맞추기 위해 소형 화학반응기 개발 (Miniaturization), 하공정 설비 통합(Integration) 연구에 집중

〈F3 팩토리 2단계: PEC 디자인(좌)과 Evonik의 PEC(우)〉

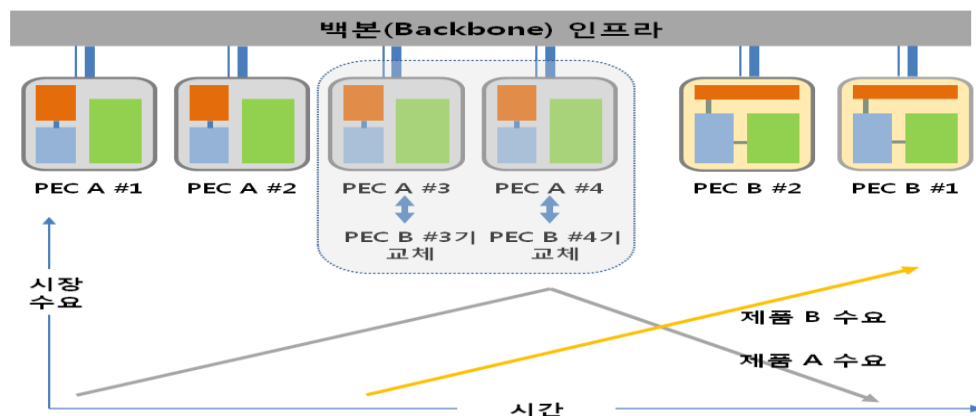


자료: www. f3factory.com

○ [3단계: Plug and Play] 외부환경(수요변화 또는 고장발생 등)에 따라 설비조합(PEC)을 유연하게 조정할 수 있는 백본(Backbone) 개발

- 예를 들면 주력제품 A의 수요가 감소하고 제품 B의 수요가 증가할 경우, PEC B 2기를 컨테이너 트럭 등으로 바로 이동하고 PEC A 2기와 교체
- PEC 교체 시 물리적 셋업을 신속히 하기 위해 PEC와 백본 인프라를 연결하는데 Plug and Play² 방식 도입

〈F3 팩토리 3단계: 백본 인프라와 Plug and Play〉



자료: www. f3factory.com

□ 2013년 사업 중간평가에서 설비투자비 40%, 운영비 20%, 에너지 비용 30% 절감에 성공하며 호평을 받았고 계속 진화 중

² 컴퓨터에 사운드·통신·저장 등 주변장치가 추가될 때 별도의 물리적 설정을 하지 않아도 기기들이 입출력 주소 등을 자동적으로 조절하여 사용하는 기능으로 윈도우 95 운영체제가 발표되면서 확산

3. 기계산업 디지털 도제시스템: 독일 APPsist 사업

□ 수요변동성 확대, 핵심생산인구 감소 등 미래 제조회경 변화에 따라 도제시스템(Apprentice)에도 근본적 변화가 필요하다는 인식 확산

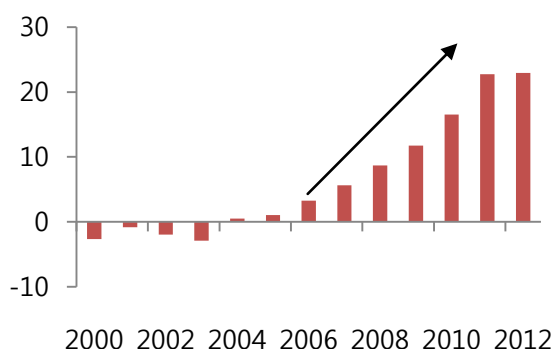
○ 독일의 도제시스템은 제조노하우의 국내 및 세대 간 확산으로 제조경쟁력에 기여, 최근에는 제조서비스 수출 등 신규 수익원으로 부상

- 제품수출에 주력했던 독일정부가 2000년 중반부터 유지보수 등 관련 숙련노하우 수출을 강화, 그 결과 제조서비스 국제수지가 크게 개선

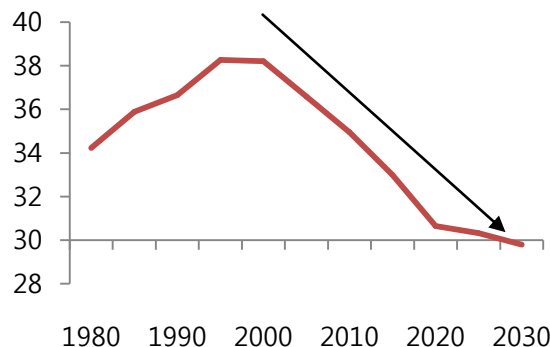
○ 하지만 동시에 핵심생산인구 감소 등 인구구조학적 문제가 심화되면서 인력 파견 중심의 제조서비스 수출모델에 차질 발생

- 2025년부터 핵심생산인구 비중은 지금껏 경험하지 못한 30% 이하 전망

〈독일 제조서비스 국제수지(십억 달러)〉



〈독일 핵심생산인구 비중(%)〉



자료: World Bank, OECD 주: 제조서비스는 유지보수, 기술로열티 수지 포함, 핵심생산인구는 25~49세

□ 2014년부터 독일정부는 제조혁신 대책사업(인더스트리 4.0)의 일환으로 도제 시스템을 디지털화하는 APPsist 사업을 추진

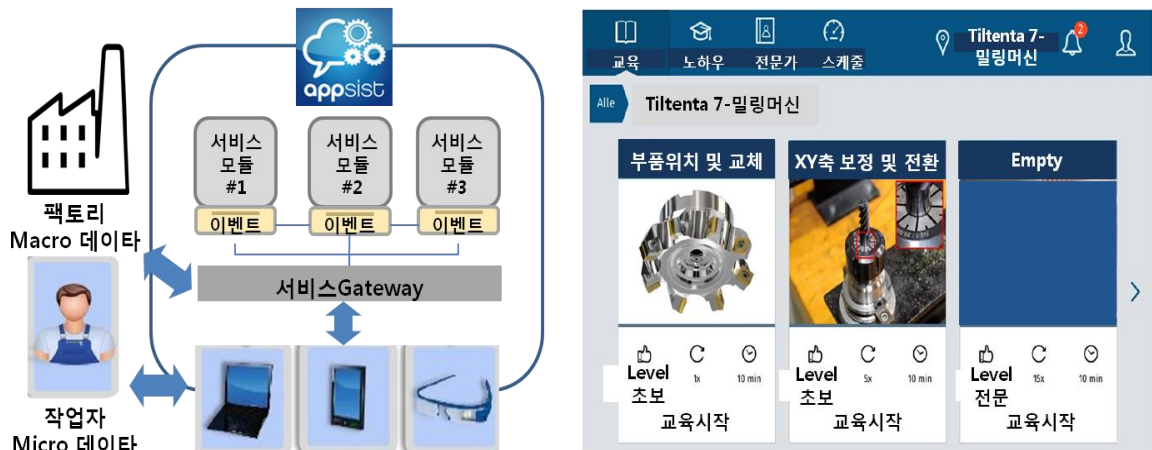
○ 현장 노하우를 팩토리 Macro 정보와 결합하여 클라우드 서버에 저장, 직무 변경에도 미숙련 근로자가 유연하게 대처하는 서비스 플랫폼 구축

- 설비 유지보수 및 고장 대처 매뉴얼, 시운전 교육 및 Trouble Shooting 등 다양한 노하우를 3D 서비스 등으로 사용자 친화적으로 모듈화

○ 대·중·소기업 별로 특화된 총 3개의 테스트베드를 가동

- 5축 드릴머신 설치·사용(자동차 부품 소기업), 설비이상·불량감지(자동차 부품 중기업), 용접설비 예방보수·고장대처(자동차 조립 대기업) 관련 시뮬레이션

<APPsist 사업구조(좌)와 소기업 테스트베드 사례(우)>



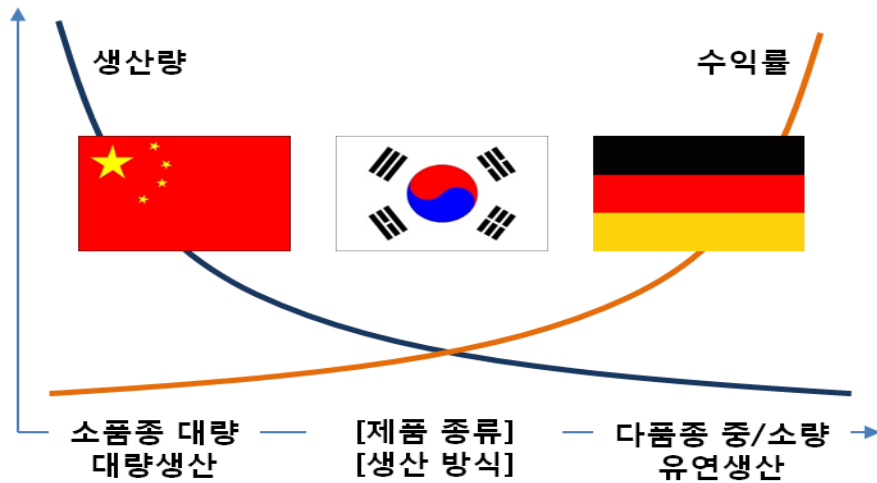
자료: Michael Dietrich (2015) 수정

- 독일 금속노조(IG Metal)가 사업에 적극 참여하면서 디지털화에 따른 노동대체 부작용을 최소화, 사용자 친화적인 디지털 도제시스템 및 기계와 작업자간 대화플랫폼(Dialogue Platform) 구축에 노력
- 스마트 유연생산 도입을 위해서는 노사정 합의가 가장 중요함을 인식했고, 확산에 장기간이 걸릴 지라도 꾸준한 대화를 통해 타협점을 모색하는 중

4. 시사점

- 유럽에서는 노사정이 대량생산방식 한계, 생산인구 감소 등의 현실을 직시하고 스마트 유연생산 관점에서 제조혁신 솔루션을 고민 중
 - 이를 위해 노동과 디지털의 융합을 상호대체보다 보완의 관점에서 접근
- 우리나라 제조업은 중국과 독일 사이에서 넛크래커(Nut Cracker) 상황에 직면
 - 독일은 스마트 유연생산의 수요를 자국 내에 확산함과 동시에 관련 기술과 설비를 수출하기 위해 공급산업을 육성하는 이원화 전략을 추진
 - 중국은 현재 대량생산 시장에서 절대적인 경쟁우위에 있지만, 유연생산 체계를 계속 확대할 것으로 예상
 - 내수시장 선진화로 중국 제조업도 다품종 소량생산으로 전환 가속 예상
 - 2020년 이후 핵심생산인구 비중 감소 등 인구구조학적 문제도 스마트 유연생산 도입을 자극하는 요인

〈스마트 유연생산 도입 측면에서 본 중국·한국·독일의 위상〉



□ 대다수의 전통 제조업체들도 다품종 맞춤생산 환경에 직면, 지속성장을 위해 스마트 유연생산체계 도입을 다방면에서 검토할 필요

- 전통 제조업체들의 경우, 고객제품 니즈는 다양하고 복잡해지고 있지만 글로벌 저성장의 영향으로 주문별 수량은 감소하고 있는 상황
 - 현장 숙련공 자연감소, 설비부하 증가 등의 여파로 다품종 맞춤생산 변화에 대응하지 못하고 품질변동성 확대 등 부작용 우려
- 우리의 성공모델이 대량생산 및 고정 가공경로에 적합하다는 고정관념에서 벗어나 노사정이 유연생산체계 확대의 타당성과 장단점 등을 심도있게 논의하고 공감대를 형성할 필요

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서]

AT Kearney, “Chemical Industry Vision 2030: A European Perspective”, 2012

Florian Guldner, “Market Dynamics Behind Industrie 4.0 and the Industrial Internet of Things”, ARC Advisory Group, 2015

Michael Dietrich, “Assistance- and Knowledge-Services for Smart Production: Results from the APPsist Project”, Center for Learning Technology, 2015

Yoram Koren, “The Global Manufacturing Revolution”, John Wiley & Sons, 2010

[홈페이지]

F3팩토리 (<http://www.f3factory.com>)

APPsist (<http://www.appsist.de>)