

# 오픈퀄리티 품질성과지표(QSC)의 중요도 분석 연구

송호준\* · 김민규\* · 신완선\*\*†

\* 성균관대학교 산업공학과

\*\* 성균관대학교 시스템경영공학과

## A Study on the Relative Importance of Quality Scorecard(QSC) for Open Quality

Song, Ho Jun\* · Kim, Min Gyu\* · Shin, Wan Seon\*\*†

\* College of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

\*\* College of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this study is to study the relative weights of Quality Scorecard (QSC) which was developed for a new quality concept, called Open Quality, in the era of Industry 4.0. Open Quality aims to ensure quality responsibility by accurately measuring the quality level and sharing the quality data with stakeholders.

**Methods:** To analyze the importance of QSC, a survey study was conducted based on 10 types of industry. The relative weights of QSC measures are investigated by both the industry types and the organizational life cycle. Further, the relative importance of QSC was analyzed according to the organization's lifecycle. By dividing the aspects with respect to the result data, application method for QSC is further provided.

**Results:** The result indicates that there are significant differences among Korean companies in terms of the level of Industry revolution stages. Among ten industry types, manufacturing and finance sectors show the highest importance of QSC. QSC measures are also considered more importance in growth stage of the maturity cycle than generator and decline stages.

**Conclusion:** When QSC is adopted for Open Quality, its relative weights must be considered to cope with the unique characteristics of industrial types. Besides, QSC's contribution may vary according to the level of maturity of the target company.

**Key Words:** Quality Scorecard(QSC), Open Quality, Industry 4.0, Quality Responsibility, Cost of Quality

● Received 2 February 2021, 1st revised 1 March 2021, accepted 11 March 2021

† Corresponding Author(wsshin@skku.edu)

© 2021, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ 본 논문은 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행된 연구임(2019R1A2B5B01005788).

# 1. 서론

4차 산업혁명의 등장으로 인해 제조 산업의 환경이 급격하게 변화하면서 품질경영의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 산업 내부적으로는 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing), 빅데이터(Big Data) 그리고 모바일 컴퓨팅(Mobile Computing)과 같은 신기술이 등장함에 따라 전통적인 제조 환경에서 자동화 기반의 가상 물리 제조시스템으로 발전하고 있다 (Andreja Rojko 2017). 외부적으로 산업 4.0의 신기술은 제조기업 이해관계자의 상호작용 방식에 변화를 일으키고 있다. 소셜 네트워킹 시스템(SNS)과 같은 새로운 플랫폼은 소비자 간의 빠른 정보의 공유를 촉진시켜 품질문제의 인지와 공유 속도가 더욱 빨라져 기업에 미치는 영향력 또한 급증하고 있다.

산업 4.0은 이해관계자 요구의 다각화 및 기대 수준 향상으로 이어지는 한편 안전, 보안 및 환경적 요인에 있어서 소비자는 품질의 완벽한 수준을 요구하고 있다(이상복, 2017). 품질 수준이 제조사가 아닌 소비자에 의해 결정된다는 것을 의미한다. 제품의 물리적 사양을 넘어 품질의 완벽성을 요구하는 산업 4.0 시대에 품질관리는 기업의 전략 목표 및 정책에 고려해야 할 필수 요소가 되었다(Foidl, H. et al., 2015). 이러한 변화에 맞추어 새로운 품질경영 방법론에 관한 연구가 진행되어왔고, 품질혁신 전략이 지속적으로 등장하고 있다. Shin, W. S. & Park, H.(2016)은 한국의 품질전략을 분석하기 위해 정부 차원의 품질 정책을 강점과 약점에 따라 검토하였고 다섯 가지 전략 과제를 도출하여 중장기 차원의 품질혁신 방향성을 제시하였다. Park, S. H et al. (2017)은 품질과 가치의 특성 변천을 제시하며 새로운 품질경영의 필요성을 강조하였으며, 산업 4.0 시대에 대두되는 기술을 기반으로 양방향 품질경영(Multi-way flow of QM)을 제안하였다. 정혜란 외(2020)는 스마트 공장의 성숙도 수준에 따른 품질개선 기법을 제시하였으며 주요 기업에 관한 사례를 기반으로 타당성을 검증하였다. 이외에도 Sader, S. A. et al.(2019)은 산업 4.0의 요구사항을 분석하여 확장된 형태의 전사적 품질경영 모델을 제안하였으나, 명확하게 규명된 품질에 대한 정의와 방법론을 제시하지 못한다는 점에서 공통적인 한계를 지니고 있다.

본 연구에서는 산업 4.0 시대의 새로운 품질 개념으로 제시된 오픈퀄리티(Open Quality, OQ)의 핵심요소 중의 한 가지인 품질성과척도에 대한 가중치를 집중 분석한다. 오픈퀄리티의 척도로서 Shin, W. S. et al.(2018)에서 제시된 품질성과지표(Quality Scorecard, QSC)의 상대적 중요도를 고용노동부의 10대 산업분류에 따라 분석하여 오픈퀄리티 실현 방향성을 제시하고자 한다. 2장에서는 산업 4.0에 대두되고 있는 주요 품질 개념과 함께 품질성과지표(QSC)를 소개한다. 3장에서는 새로운 품질 개념인 오픈퀄리티를 제안하고 이를 구성하는 3대 핵심 요소를 제시한다. 4장에서는 오픈퀄리티의 실질적인 활용을 위한 10대 산업 기반, 품질성과지표의 설문조사 데이터 분석 결과를 제시한다. 마지막 5장에서는 본 연구의 의의와 향후 연구 주제에 대해 설명한다.

## 2. 이론적 배경 및 선행연구

### 2.1 산업 4.0 품질 개념의 연구 동향

최근 4차 산업혁명의 발달에 발맞춰 품질경영 및 혁신을 위한 방법론에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 우선, 개념적인 접근으로 Foidl, H. et al.(2015)은 산업 4.0의 세 가지 핵심 요소(수직, 수평 및 종단간의 통합)를 제시하며 품질경영의 중요성을 강조하였고, DIN ISO 9000의 8단계의 품질경영시스템을 검토하였다. Zaidin, N. H. et

al.(2018)은 문헌조사를 통해 이를 보다 구체화하였으며 전략, 운영 그리고 환경/인적자원의 관점에서 결과를 도출하였다. Lee, S. M. et al.(2019)은 예측 및 유지보수 관점의 품질경영에 대한 사례연구를 진행하였으며 기술적 요구 사항, 운영 프로세스, 그리고 성취 목표로 이어지는 시스템을 제안하였다. 하석광 외(2019)는 산업 4.0 시대의 전통적인 품질경영의 중요성을 강조하며 품질경영 활동이 혁신문화에 미치는 영향력을 조절변수와 함께 분석하여 품질 활동 효과를 극대화하기 위한 방향성을 제시하였다.

Sader, S. A. et al.(2017)은 전사적 품질경영(Total Quality Management, TQM)의 관점에서 산업 4.0의 품질경영을 분석하였는데, 정성적인 요소와 정량적인 요소를 통합하였으며 TQM의 효과성을 측정하기 위한 지표를 개발하였다. 지표는 총 7가지 요소로 구성되며 구체적인 정의 또한 함께 제시하였다. 더 나아가 Sader, S. et al.(2019)에서 ISO 9001:2015의 TQM을 기반으로 지표를 24개로 세분화하였다. 그러나, 개념적인 측면에서 이루어진 다양한 연구에도 불구하고, 여전히 산업 4.0 환경에서 널리 적용할 수 있는 정립된 개념 혹은 시스템은 부재하다. 또한 다양한 지표 혹은 핵심 요인들이 도출되었으나, 명확한 측정 및 관리 방안이 제시되지 못해 제조 산업에서의 활용에 한계가 있다.

산업 4.0의 새로운 개념으로는 품질 보증(Quality Assurance, QA)과 책임품질(Quality Responsibility, QR)이 등장하였다. Illes, B. et al.(2017)은 스마트 공장의 품질보증 실현을 위해 품질 도구를 품질 설계, 품질 보증, 품질 관리 그리고 품질 개선으로 분류하여 정의하였고 품질 데이터의 측정을 강조하였다. 또한 단순한 측정에서 나아가 데이터 분석을 통한 품질 오류의 선제적 대응의 가능성을 언급하며 측정을 위한 데이터를 설비, 기술적 자원 및 인적자원의 관점에서 분석하였다. Feng, S. C. et al.(2017)은 데이터의 측정을 지식의 창출로 확장하였으며 개념적 설계, 구체적 설계, 공정 계획, 자원적 속성, 생산 그리고 검수 과정에 따른 지식 창출 프레임워크를 도출하였다. 같은 맥락에서 조철희 외(2019)는 품질 보증 및 관리를 위해 표준화를 통한 품질기록을 강조하였으며, 사례연구를 통해 기록 관리표준 기반 통합경영시스템의 효용성을 분석하였다.

Park, S. H. et al.(2017)은 4차 산업혁명 시대의 품질 목표로 책임품질을 제시하고 품질전략으로 오픈퀄리티를 처음 제시하였다. 또한, Park, S. H. et al.(2019)에서는 책임품질의 특성 도출을 위해 경영품질 (Management Quality), 책임품질, 공감된 가치 창출(Creating Shared Value, CSV), 사회적 가치, 오픈 데이터를 ISO 26000 척도를 기반으로 통합하였고 사회적책임(Social Responsibility) 모델을 개발하였다. 이들은 산업 4.0 시대에 새롭게 등장하는 품질 차원을 도출하고 분석하였다는 점에서 의의가 있으나, 통합적인 모델 혹은 구체적인 요소들을 도출하지 못하였다는 점에서 한계가 있다.

지능화를 핵심으로 하는 산업 4.0 시대의 품질의 차원은 크게 정밀한 측정과 품질 오류의 원인 분석을 통한 책임 품질의 실현으로 요약할 수 있다. 특히, 전통적인 제조 산업에서 정성적으로 평가되거나 측정의 주관성으로 인해 부수적으로 여겨졌던 품질 요소도 산업 4.0의 시대에는 중요성이 커지고 있다(Sun, H. et al., 2017; Roller, M. R., 2019). Shin, W. S. et al.(2018)은 보다 체계적인 품질 수준의 측정을 위해 기존에 대두되었던 정량적 지표에 정성적인 항목을 반영하여 통합적인 품질성과지표(QSC)를 개발하였다.

Shin, W. S. et al.(2019)은 산업 4.0 시대의 품질혁신 방법론으로 오픈퀄리티를 제안하였으며 측정성, 추적성 및 연결성을 3대 요소로 제시하였다. 또한, 책임품질의 실현을 통한 품질 신뢰의 확보를 위해 품질 블록체인 모델을 개발하였고 시스템을 둘러싼 이해관계자를 정의하여 품질혁신의 환경을 분석하였다. 오픈퀄리티는 3대 요소를 통해 품질 지표를 토대로 수준을 측정하고, 각 활동을 추적하며 내/외부 자원의 빠른 연결을 통해 품질 무결점을 추구하는데 이는 센서링(sensoring), 네트워킹(networking) 및 혁신(innovation)으로 요약할 수 있다.

## 2.2 품질성과지표(Quality Scorecard, QSC)

Kaplan and Norton(1992)에 의해 개발된 균형성과지표(Balanced Scorecard, BSC)는 기업의 목표 달성을 위해 활용되는 가장 대표적인 성과관리 시스템으로 재무, 고객, 내부프로세스 그리고 학습과 성장의 4가지 관점으로 구성되어있다. BSC는 전통적인 재무적 관점의 경영에서 벗어나 재무적인 요소를 도출하여 관리한다는 점에서 의의가 있다. 그러나 여전히 정량적인 관점에 치중하고 있으며, 정성적인 요소 또한 조직의 결과물에 초점을 맞추고 있어 근본적인 원인을 추적하는데 한계가 있다(Shin, W. S. et al., 2018).

Dahlggaard et al.(1992)은 품질비용(Cost of Quality) 관점에서 품질경영 시스템을 지원할 수 있는 새로운 성과지표인 COQF(Cost of Quality Framework)를 개발하였다. COQF는 내부비용, 외부비용, 가시적 비용 및 비가시적 비용으로 구성되며 제조 및 서비스 산업의 차별적인 특성을 고려하여 품질비용의 항목을 구분하였다.

Shin, W. S. et al.(2018)은 COQF를 기반으로 품질비용을 예방비용(Prevention Cost), 평가비용(Appraisal Cost) 그리고 결과비용(Final Result)의 세 가지 차원으로 분류하였는데, 부정적인 요인뿐만 아니라 수익과 같은 긍정적인 요인을 반영하여 포괄적인 품질관리가 가능케 하였다. QSC를 통해 측정하고자하는 지표를 도출하기 위해 말콤 볼드리지 모델(Malcolm Baldrige Excellence Model)과 Johnson(1995), Campanella(1999), Wood(2013), ISO 9001, ISO 9004, BS 6143 및 AS 2561와 같은 지표들을 분석하였다.

최종 개발된 QSC는 지표의 정밀도에 따라 S-QSC(Simple-QSC), G-QSC(General-QSC), 그리고 D-QSC(Detailed-QSC)로 분류하였으며 각각 15개, 30개 그리고 60개의 항목으로 구성되어있다. Shin, W. S. et al.(2018)에 수록된 QSC가 <Table 1A~C>에 참고로 다시 소개되어 있다. S-QSC에서 D-QSC로 갈수록 측정을 위한 항목이 세분화된다는 점에서 기업의 규모나 환경에 따라 차별적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 특정 제품이나 서비스의 성과만을 측정하는 결과론적인 관점에서 벗어나 조직의 품질활동을 주기적으로 측정하여 지속 가능한 품질혁신을 지원하기 위해 QSC Wheel을 제안하였다. QSC Wheel은 혁신 및 품질에 기여하는 환경의 내외부 요인에 대한 선제적인 대응을 점검한다는 점에서 의의가 있다. 특히 QSC는 결과 위주의 전통적인 지표 관점을 예방과 평가 관점으로 확장하여 품질비용의 체계적인 관리를 추구하였다. 품질 계획, 마케팅 조사 및 리더십과 같은 정성적인 항목에 대한 정량적인 측정 방법론을 제공하고 있다. 품질에 관여하는 이해관계자와 요구사항이 증가하는 환경에서 관리자는 고객만족을 위해 고려해야 하는 품질 차원이 더욱 증가하는 미래 시장을 감안하면 QSC는 다양한 관점에 대응할 수 있는 품질 측정 및 관리 수단이 될 것이다.

**Table 1A.** List of QSC Prevention Measures (Shin, W. S. et al. 2018)

PAF	S-QSC	G-QSC	D-QSC
Prevention Measures	P.1.1 Supplier Quality Assurance	P.1.1.1 Supplier's Quality Plan	P.1.1.1.1 Purchase Order Review
			P.1.1.1.2 Supplier's Quality Plan
		P.1.1.2 Supplier Evaluation	P.1.1.2.1 Supplier Evaluation
	P.1.2 Product/Service Development	P.1.2.1 Design Preview	P.1.2.1.1 Design Quality Preview
			P.1.2.2 Product/Service Design Test
		P.1.2.2.2 Product Field Test	
	P.1.3 Operation (Manufacturing or Service) Quality Assurance	P.1.3.1 Operational Quality and Support Plan	P.1.3.1.1 Operation Quality Plan
			P.1.3.1.2 Safety Prevention
			P.1.3.1.3 Contamination Prevention
		P.1.3.2 Operational Process Management	P.1.3.2.1 QC Expense
			P.1.3.2.2 SPC Expense
			P.1.3.2.3 QP Planning
	P.1.3.2.4 Quality Analysis Expense	P.1.3.2.5 Quality Education/Taining	
		P.1.3.2.6 Quality Improvement	
		P.1.4 Risk Assurance	P.1.4.1 Liability Plan
P.1.4.2 Insurance	P.1.4.1.2 Insurance		
P.1.5 Customer/Market Need Analysis	P.1.5.1 Contract and Document Review	P.1.5.1.1 Contract/Document Review	
		P.1.5.2 Customer/Market Survey	
	P.1.5.2.1 Marketing Survey		
P.1.5.2.2 Customers Survey			

**Table 1B.** List of QSC Appraisal Measures (Shin, W. S. et al. 2018)

PAF	S-QSC	G-QSC	D-QSC	
Appraisal Measures	A.2.1 Supplier and Product Evaluation	A.2.1.1 Supplier Product Evaluation	A.2.1.1.1 Raw Materials Inspection	
			A.2.1.1.2 Supplier's Product Qualification	
		A.1.1.2 Supplier Product Evaluation Support	A.2.1.2.1 Inspection Equipment	
	A.2.2 Operational System Evaluation	A.2.2.1 In-product Evaluation (Inspection)	A.2.2.1 In-product Evaluation (Inspection)	A.2.2.1.1 Special Test (Manufacturing)
				A.2.2.1.2 Laboratory Support
		A.2.2.2 Operational System Evaluation	A.2.2.2 Operational System Evaluation	A.2.2.2.1 System Pretest & Inspection
				A.2.2.2.2 Process Management Measure
				A.2.2.2.3 Test Equipment
				A.2.2.2.4 Internal Audit
				A.2.2.2.5 Financial Effects Evaluation
	A.2.2.3 Product Assurance	A.2.2.3.1 External Product Assurance		
	A.2.3 Product and Field Evaluation	A.2.3.1 Product Evaluation	A.2.3.1 Product Evaluation	A.2.3.1.1 Product Evaluation
				A.2.3.1.2 Inventory Check
		A.2.3.2 Field(Plant) Evaluation	A.2.3.2.1 Field Evaluation	
A.2.4 Customer/Market Analysis	A.2.4.1 Customer Satisfaction/Market Analysis	A.2.4.1.2 Customer Satisfaction Survey		

**Table 1C.** List of QSC Final Result Measures (Shin, W. S. et al. 2018)

PAF	S-QSC	G-QSC	D-QSC
Final Result Measures	FR.3.1 Leadership Results	FR.3.1.1 Strategy Results	FR.3.1.1.1 Strategy Success Rate
			FR.3.1.1.2 Action Plan Success Rate
	FR.3.2 HR Results	FR.3.1.2 CSR Results	FR.3.1.2.1 Penalties
		FR.3.2.1 HRM Results	FR.3.2.1.1 No. of Suggestions
	FR.3.2.1.2 No. of Problem Solving		
	FR.3.2 HR Results	FR.3.2.2 HRD Results	FR.3.2.2.1 No. of Programs
			FR.3.2.2.2 Training Success Rate
			FR.3.2.2.3 Training Plan Execution Rate
	FR.3.3 Operational Results	FR.3.3.1 Work System Operational Results	FR.3.3.1.1 Cycle Time
			FR.3.3.1.2 Unit Production Cost
			FR.3.3.1.3 Inventory Level
			FR.3.3.1.4 Inventory Turnover Rate
		FR.3.3.2 Key Works Operational Results	FR.3.3.2.1 Rework/Repair Cost
			FR.3.3.2.2 Retest/Reinspection Cost
	FR.3.4 Product/Service Results	FR.3.4.1 Product/Service Results	FR.3.4.1.1 Design Corrections
			FR.3.4.1.2 Design Change Rework
	FR.3.5 CS Results	FR.3.4.2 Product/Service A/S	FR.3.4.2.1 Recall
		FR.3.5.1 CSI	FR.3.5.1.1 Customer Complaints
	FR.3.5.2 CS Awareness		FR.3.5.2.1 New Customers
	FR.3.6 Financial & Market Results	FR.3.6.1 Financial Results	FR.3.6.1.1 ROC
FR.3.6.1.2 Revenue			
FR.3.6.1.3 Revenue Increase			
FR.3.6.1.4 Net Profit			
FR.3.6.2 Market Results		FR.3.6.2.1 Market Share	

### 3. 오픈퀄리티(Open Quality, OQ)

Park, S. H. et al.(2017)에서 언급한 오픈퀄리티의 핵심은 제품 및 서비스의 생산부터 출하까지의 일련의 과정에 관여하는 모든 품질 요소를 투명하게 관리하여 소비자의 급변하는 요구사항을 정확하게 충족시키는데 있다. 그들은 품질경영의 양방향성을 강조하였으며 가치 창출을 위해 빅데이터, 인공지능 및 사물인터넷과 같은 새로운 기술의 활용을 제시하였다. 제품 및 서비스를 둘러싼 이해관계자가 다각화되고, 소비자의 요구사항이 증가하며 품질에 관여하는 차원이 증가하는 산업 4.0 시대에 품질에 대한 책임과 신뢰의 중요성의 커지고 있는데(Bela I. et al., 2017; Banerjee, S. et al., 2017), 이는 스마트 센서, 빅데이터와 같은 신기술의 발달과 더불어 품질 데이터의 정확한 측정과 분석을 통한 유연한 품질관리로 이어진다(Crnjac, M. et al., 2017; Akter and Wamba, 2016). 데이터의 힘은 그 어느 때보다 커지고 있고 소비자를 포함한 품질의 이해관계자는 품질의 객관성을 통한 신뢰의 확보를 요구하고 있다.

본 연구에서는 산업 4.0의 유연한 품질관리의 실현을 위해 새로운 품질개념인 오픈퀄리티(Open Quality) 방법론을 제안한다. 오픈퀄리티는 “투명성을 기반으로 실시간 데이터 측정, 품질 활동의 명확한 추적 및 내외부 자원의 연결을 통한 품질의 향상을 추구하는 통합적인 품질혁신 방법론”이다. 오픈퀄리티의 핵심은 투명성을 통해 모든 이해관계자와의 연결을 추구하고 그들의 요구사항을 반영하며 명확한 품질 수준의 측정과 공유를 통해 다양한 소비자 집단의 요구사항을 정확하게 반영하는데 있다. 오픈퀄리티는 크게 측정성(Measurability), 추적성(Traceability) 그리고 연결성(Connectivity)으로 구성되어 있으며 모든 조직에서 품질혁신에 활용할 수 있는 방법론이다(Figure 1을 참고하기 바람).

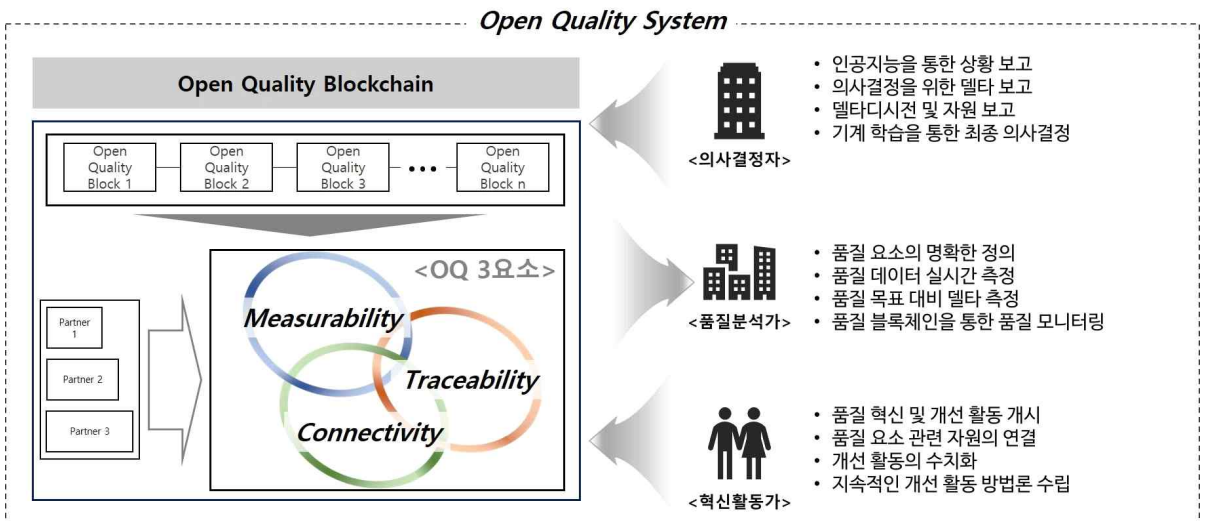


Figure 1. Open Quality Conceptual Framework

측정성(Measurability)은 산업 4.0 시대의 모든 품질 활동의 근간이 되는데 단순한 품질의 정확한 측정 행위뿐만 아니라 넘어 품질 데이터의 지속적인 분석을 통한 관리까지 포함된다. 스마트 센서와 같은 지능형 설비의 등장으로 제조 산업은 품질의 특성을 더 정확하게 측정하여 관리할 수 있게 되었고 이는 더욱 정교한 품질 관리로 이어진다.



더 나아가, 클라우드(Cloud) 및 사물인터넷(Internet of Things) 기술의 발달에 따라 제조 산업은 더욱 많은 양의 데이터를 저장하고 공유할 수 있게 되었으며, 빅데이터 방법론의 발전으로 인해 데이터 분석을 통해 도출할 수 있는 정보의 범위가 더욱 넓어졌다. 제조 산업은 현재의 품질 수준을 넘어 제품 혹은 설비의 건전성을 예측하여 선제적인 예지보전이 가능해졌으며, 소비자의 특성을 보다 구체적으로 분석하고 대응할 수 있게 되었다.

추적성(Traceability)는 책임품질(Quality Responsibility)의 실현을 추구하는 요소로, 품질의 특성에 관여하는 모든 활동을 명확하게 추적하고 품질 오류의 책임을 명확하게 규명하는데 핵심을 둔다. 품질 보증(Quality Assurance)에 대한 요구는 산업 4.0이 등장하면서 더욱 커지고 있는데(Durana, P. et al., 2019), 이는 곧 책임품질로 이어진다. 품질의 이해관계자는 완벽한 수준의 품질을 넘어, 품질의 오류에 대한 빠른 대처와 가시적인 개선을 요구하고 있다. 따라서 제품 및 서비스의 전 주기에 걸쳐 품질 요소에 대응하는 모든 활동 및 자원을 인지하고 관리하여 품질 오류에 대한 책임을 신속하게 규명할 수 있어야 한다.

마지막으로 연결성(Connectivity)은 실질적인 품질 개선에 관여하는 오픈퀄리티 요소로서 품질에 기여할 수 있는 내/외부의 자원에 대한 연결 기능을 나타낸다. 전통적인 제조 환경에서는 품질개선에 위해 주로 내부에서 가용 자원을 유지하는 데에 초점을 맞추었다. 그러나 산업 구조의 변화와 오픈이노베이션(Chesbrough, H. W., 2006)과 같은 새로운 혁신 방법론이 등장으로 인해서 외부 자원의 활용이 중요해졌다. Li, Z. et al.(2018)은 제조 산업이 제조 환경(Standalone Manufacturing)에서 네트워크 제조 환경(Networked Manufacturing)을 거쳐 산업 4.0 시대는 오픈 제조 환경(Open Manufacturing)을 감안하여 제조사 주변의 이해관계자 및 자원을 활용한 지식의 창출을 강조하였다.

오픈퀄리티는 측정성, 추적성, 연결성을 통합 관리하는 시스템에 초점이 맞추어져 있으며 해당 제품이나 서비스의 품질요소의 수준에 이해관계가 있는 당사자들이 시스템의 변화 정보를 인지하고 공유하는 것이 핵심이다. 정보 공유의 실시간 교류와 인터랙션을 위해서 블록체인 활용이 가능하며 지원시스템의 정교성에 의해서 오픈퀄리티 수준 또한 정밀하게 유지될 수 있다.

품질 요소에 대한 정확한 측정은 오픈퀄리티 실현의 근간이 된다. 산업 4.0 시대의 제조 환경의 변수를 고려한 선정이 오픈퀄리티에 결정적으로 영향을 미치는 이유이기도 하다. 본 연구에서는 Shin, W. S. et al.(2018)이 개발한 품질성과지표(QSC)가 오픈퀄리티에 적용되는 경우에 대비하여 산업별 환경을 고려한 상대적 중요도를 설문조사를 통해 분석하고자 한다. QSC는 품질에 관여하는 전사적인 요인을 측정한다는 점에서 모든 조직에 유연하게 활용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 오픈퀄리티를 도입하는 기업이 모든 QSC 성과지표를 반영하기는 현실적으로 어려울 수 있다. 품질 측정 노력이 오픈퀄리티 효과를 초과할 수 있기 때문이다. 따라서 품질성과지표의 가중치를 분석하여 다양한 산업에서 중시해야 할 지표에 대한 우선순위를 제시할 필요가 있다. 여기서는 QSC 품질요소에 대한 상대적인 중요성 분석을 통해 조직의 환경을 반영한 차별적인 품질혁신 방안을 지원하고자 한다.

## 4. 산업 4.0 시대의 QSC 중요도 분석

QSC는 측정 항목을 예방, 평가 및 결과로 분류되며, 항목의 개수에 따라 S-QSC, G-QSC 그리고 D-QSC로 구분된다. 본 연구에서는 한국 고용노동부의 산업 분류 체계에 따른 10개의 산업군에 대한 G-QSC 항목의 상대적인 중요도 도출을 위하여 설문조사를 실시하였다. 총 572명의 응답자가 설문조사에 참여하였으며 응답자 표본의 세부적인 정보는 <Table 2>와 같다. 설문조사 결과의 신뢰성을 확보하기 위해 비교적 응답자의 모집이 어려웠던 농수산업을 제외하고 모두 30명 이상의 응답자를 구성하였다. 응답자 비율은 제조업이 가장 많았으며(29.02%) 교육업

(12.59%), 물류업(11.54%)이 그 뒤를 따랐고 농수산업이 가장 적었다(2.62%).

본 연구에서 시행한 설문조사의 구체적인 목표는 총 세 가지로 분류된다. 먼저, 응답자의 업무 환경을 배경으로 대한민국 기업의 산업혁명 수준을 진단하였으며, 이는 국가기술표준원에서 제시한 정의를 사용하였다. 다음으로, G-QSC에 대한 응답자의 중요도 평가 데이터를 기반으로, 각 항목의 중요도를 10개 산업군 별로 분석하였다. 또한 조직의 수명 주기에 따른 G-QSC의 중요도를 분석하여 G-QSC에 대한 기업의 활용 방안을 구체화하였다.

**Table 2.** Demographic Characteristics of the Respondents

Independent Variables		Male		Female		Total	
		N	%	N	%	N	%
Age	20~29	23	7.12	102	40.96	125	21.85
	30~39	76	23.53	64	25.70	140	24.48
	40~49	109	33.75	40	16.06	149	26.05
	50≤	115	35.60	43	17.27	158	27.62
Total		323	100	248	100	572	100
The size of companies	Large-sized company	62	19.20	32	12.85	94	16.43
	Medium-sized company	88	27.24	48	19.28	136	23.78
	Small-sized company	173	23.56	169	67.87	342	59.79
Total		323	100	249	100	572	100
Industry Sectors	Agriculture-Forestry-Fishing-Mining Industry	9	2.79	6	2.41	15	2.62
	Manufacturing Industry	111	34.37	55	22.09	166	29.02
	Electronic, Gas, Water, Sewage and other Industry	31	9.60	7	2.81	38	6.64
	Construction Industry	25	7.74	19	7.63	44	7.69
	Wholesale, Transportation, Hotel Industry	29	8.89	37	14.86	66	11.54
	Telecommunication & Information Service	21	6.50	16	6.43	37	6.47
	Finance and Insurance, Real Estate Industry	20	6.19	10	4.02	30	5.24
	Scientific and Technical Service	36	11.15	27	10.84	63	11.01
	Public Administration	12	3.72	29	11.65	41	7.17
	Educational Service, Art-leisure Activities Industry	29	8.98	43	17.27	72	12.59
Total		323	100	249	100	572	100

#### 4.1 한국 기업의 4차 산업혁명 대응 수준

본 연구에서는 설문조사를 통해 먼저 응답자의 종사 기업에 대한 산업 4.0 도입 수준을 분석하기 위해 업무 환경 수준 및 제조-서비스 시스템 수준을 두 가지 질문을 통해 조사하였다. 업무 환경은 “대부분 수작업(1점)”, “모두 기계에 의존함(2점)”, “자동화 및 컴퓨팅 기술 도입(3점)”, “컴퓨팅 기술 및 기계 의사결정 도입(4점)” 그리고 “모두 기계 의사결정 기반(5점)”의 척도를 통해 평가하였다. 이는 곧 응답자의 업무 환경이 산업 4.0의 특징에 부합하는 정도를 평가하기 위함이다. 제조 및 서비스 시스템의 수준 평가를 위해서는 산업 1.0부터 산업 4.0까지의 특성을 제시하고 본인의 기업이 부합하는 수준을 선택하도록 하였다. 이를 위한 척도는 국가기술표준원에서 정의한 산업 수준을 참고하였으며 세부 분류는 다음과 같다.

산업 1.0: 공장 생산 시스템, 기초적인 서비스 제공

산업 2.0: 대량 생산 시스템, 구조적인 사후 서비스(A/S) 제공

산업 3.0: 정보화 - 자동화, 효율적인 지식 서비스 제공

산업 4.0: 초연결 - 초지능 및 지능형 서비스 제공

설문조사 결과, 각 산업 수준의 혼재가 나타난 제조업(J1)을 제외하고 모든 산업군이 대체로 산업 3.0의 수준을 보였다. 특히 과학기술(J6), 금융 및 부동산업(J7), 정보통신업(J8), 교육 및 여가(J9) 그리고 공공부문(J10)에서는 대부분 산업 3.0의 수준을 보이는 것으로 나타났다. 가장 중요한 점은 업무 환경이 산업 4.0의 수준에 이른다는 답변이 있었다는 점인데, 이는 곧 대한민국이 기술혁신을 기반으로 점차 산업 3.0에서 산업 4.0으로 발전을 시사한다. 특히 물류업(J5)과 공공부문(J10)에서 본인의 업무 환경이 산업 4.0에 해당한다고 답한 응답자가 가장 많았다.

특이한 점은, 제조업(J1)의 가장 주된 산업혁명 대응 수준이 산업 1.0에 머무르고 있다는 것인데, 두 번째로 많은 대응 수준은 산업 2.0이다. 그러나 작지 않은 정도의 산업 4.0 수준을 보였다는 점에서 4차 산업혁명을 주도하는 소수의 대기업 위주로 구성되는 한국의 제조 산업을 반영한다고 해석할 수 있다. 다시 말하면 4차 산업혁명의 바람이 불어오는 현재, 제조업에서는 산업 4.0의 환경에 선제 대응을 보이지 못하고 있음을 시사한다.

기업의 4차 산업혁명 대응 수준과 업무 환경 수준은 회귀분석 결과, 피어슨 계수가 0.4650으로 나타났다(Figure 3). 이는 기업의 작업 환경 수준이 높아질수록 4차 산업혁명에 더 효과적으로 대응하고 있음을 의미한다. 대표적으로 금융업(J7), 교육업(J9) 및 공공서비스업(J10)은 업무 환경 수준과 산업혁명 대응 수준이 거의 일치하여 정비례 관계를 보였다. 특히 과학 기술 서비스업(J6)은 유일하게 업무 환경 수준이 자동화 및 컴퓨팅 기술 도입의 수준(3.0270)을 보였는데, 이는 기술에 매우 민감하여 새로운 환경의 적응이 빠르다는 산업의 특성을 반영하고 있다. 반면, 건설업(J2)의 경우 유일하게 산업 1.0의 수준(1.7530)으로 4차 산업혁명에 대해 낮은 대응력을 보이고 있으나, 업무 환경의 측면에서는 그보다 조금 더 높은 수준(2.6265)의 점수를 보였다.

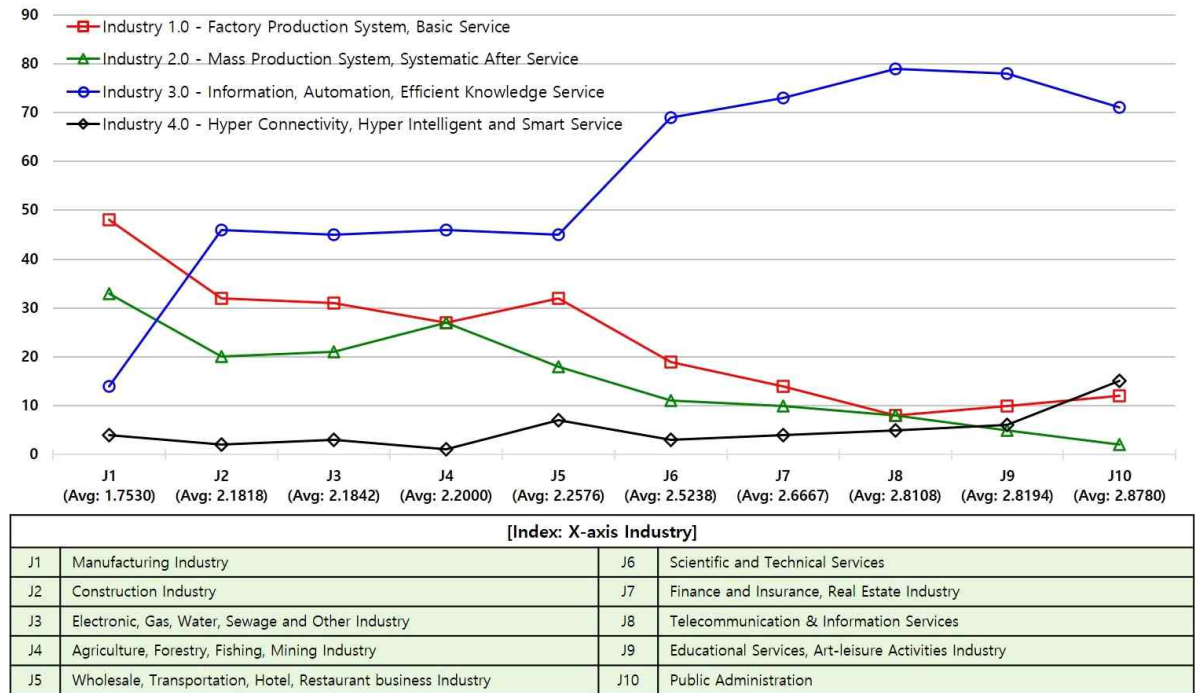


Figure 2. Level of Korean Companies' Industrial Revolution



Figure 3. Comparative Positions of Korean Companies' Industrial Revolution

### 4.2 10대 산업별 QSC 항목 중요도 분석

산업 4.0의 발전 과정에 있어 QSC 평가 항목의 타당성을 평가하기 위해, 10대 산업에 대한 예방, 평가 및 결과 항목에 대한 중요성의 평균값을 산업 4.0 수준에 따른 오름차순으로 분석하였다. 전 산업에 대한 QSC의 중요도는

6.7423으로 나타났으며, 이를 기준으로 결과 항목(평균 대비 1.01배)이 가장 높은 중요도를 보였으며, 평가(평균 대비 1.00배)와 예방(평균 대비 0.98배) 항목이 그 뒤를 따랐다(Figure 4). 물류업(J5), 금융업(J7) 그리고 교육 및 여가(J9)는 평가 항목과 결과 항목을 비슷한 수준의 중요도로 평가하였는데, 이는 정확한 의사결정과 최종 결과에 초점을 맞추고 있다고 해석할 수 있다. 교육업(J9)은 예방 항목에 대한 중요도를 낮게 평가하였는데, 이는 단기적 결과에 초점을 맞추는 조직의 환경을 반영한 것으로 보인다. 반면에 제조업(J1)과 금융업(J7)은 예방 항목에 대한 중요도를 매우 높게 평가하였다.

본 연구의 결과에서 가장 주목할만한 문제는 지표의 중요성이 산업혁명 수준이 아니라 품질 수준에 대한 산업의 명확한 필요성 여부에 달려있다는 것이다. QSC의 전반적인 중요도는 제조업(J1)과 금융업(J7)에서 가장 높게 드러났는데, 이 두 산업은 제품 및 서비스의 품질이 매우 중요하다. 반면, 전기 수도업(J3), 물류업(J5) 그리고 교육 및 여가(J9)는 QSC에 대해 비교적 낮은 수준의 중요도를 보였는데 구체적으로 제조업(J1)은 교육 및 여가(J9)에 비해 QSC에 대해 약 1.07배 더 높은 중요도를 보였다. 이는 품질 및 품질 수준 관리의 개념이 경영에 내재하여 있어 QSC에 대한 별도의 관리에 초점을 맞추지 않는 것으로 보인다. 따라서, 이러한 산업에 대한 정성적 성과지표를 도입할 때, 성과 측정 및 피드백 항목을 보다 구체적으로 제시할 필요가 있다.

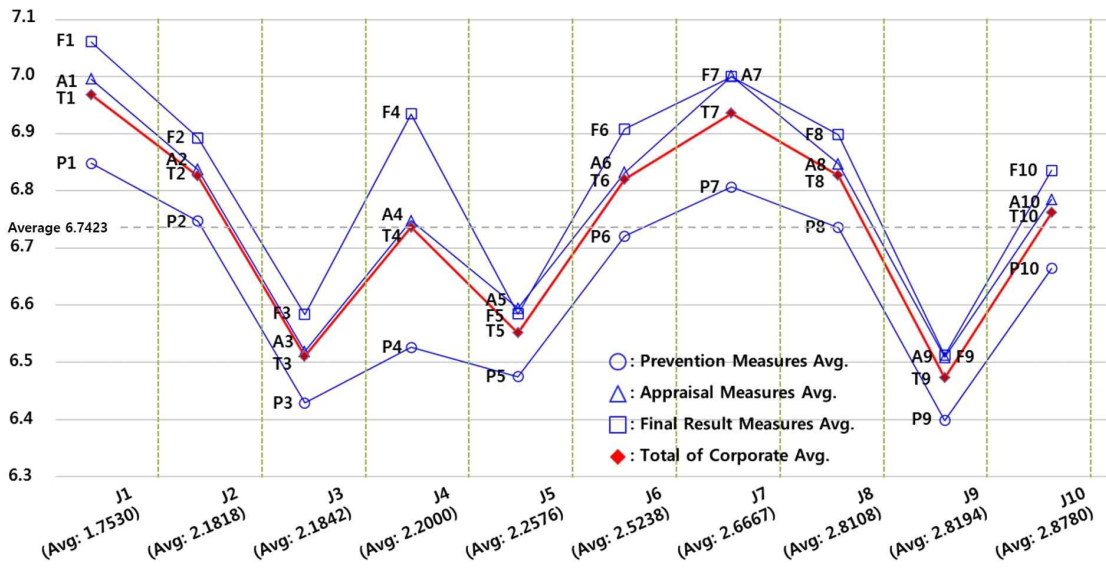


Figure 4. Importance of QSC Measures Classified by Industrial Sectors

### 4.3 조직의 수명 주기에 따른 QSC의 중요도 분석

Figures 5~7은 전 산업에 있어 조직의 수명 주기(도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기)에 따른 QSC 항목의 중요도 평가 결과 및 상대적 중요도 분석 결과를 나타낸다. QSC를 통해 조직의 모든 차원을 관리하는 것이 이상적이지만, 조직의 환경에 따라 각 항목에 대해 우선순위를 부여하여 전략적인 품질관리 방법론으로 활용할 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 조직의 수명 수기에 따라 정성적인 성과지표를 차별적으로 활용하는 방안을 분석하였다.

전반적으로 전 주기에 있어, 성장기와 성숙기에 QSC에 대한 중요도가 도입기 및 쇠퇴기에 비해 높게 평가되었다. 보다 구체적으로, 예방 항목의 경우, 계약 및 서류관리(P9)와 고객/시장 조사(P10)이 가장 높은 상대적 중요도를 보

였으며, 계약 및 서류관리의 경우 쇠퇴기에 그 중요성이 더욱 커졌다. 보험(P8)의 경우 도입기에는 상대적 중요도가 0.0972로 비교적 낮게 평가되었으나, 쇠퇴기에 들어서며 그 중요도가 급격하게 증가함(0.1007)을 알 수 있었다. 반면에 디자인 검토(P3)는 도입기에 세 번째로 높은 상대적 중요도(0.1007)를 보였으나, 쇠퇴기에 접어들며 점차 그 중요도가 감소하였다. 운영 프로세스 관리(P6)은 전 주기에 걸쳐 비슷한 중간 정도의 중요도로 평가되었다.

평가 항목(Appraisal)의 경우 도입기에는 8개 항목에 대한 상대적인 중요도가 큰 차이를 보였으나, 쇠퇴기에 접어들며 비교적 비슷한 수준의 상대적 중요도를 보였다. 소비자 만족 및 시장 조사(A8)는 전 주기에 있어서 가장 중요하게 평가됐지만, 공급자 제품 평가 지원(A2)은 전 주기에 걸쳐 그 중요도가 가장 낮게 나타났다. 제품 보증(A5)은 조직의 도입기에서 0.1238로 비교적 낮게 평가되었으나, 그 중요도가 점차 증가하여 쇠퇴기에는 0.1259의 상대적 중요도를 보였다. 반면에 공급자 제품 평가(A1)는 각 주기에 따라 그 상대적 중요도가 감소하였다.

마지막으로 결과 항목(Final Result)은 도입기와 성장기에서 12개 항목의 상대적 중요도가 매우 비슷한 수준을 보였으나, 쇠퇴기로 접어들며 뚜렷한 중요도의 차이를 보임을 알 수 있었다. 특히 재무적 결과(R11)는 도입기에 평균 이하의 중요도(0.0831)를 보였으나, 급격한 중요도의 상승을 보이며 쇠퇴기에는 0.0862로 가장 높게 나타났다. 이는 조직이 쇠퇴기로 접어들며 제품 및 서비스의 재무적 성과가 매우 중요해짐을 시사한다. 전략 결과(R1)는 반대로 쇠퇴기에 들어서며 그 중요도가 감소하여 가장 낮게 평가되었다.

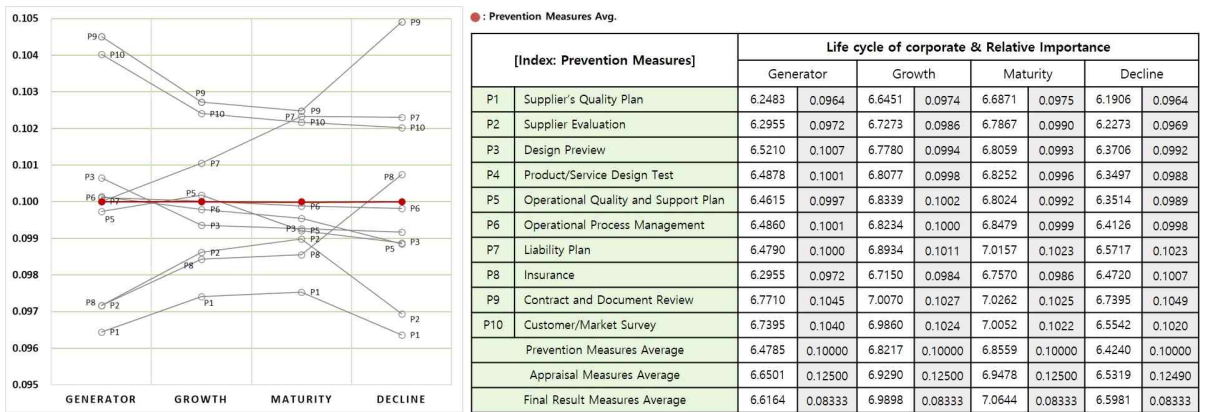


Figure 5. Importance of Prevention Measures Classified by Organizational Lifecycle

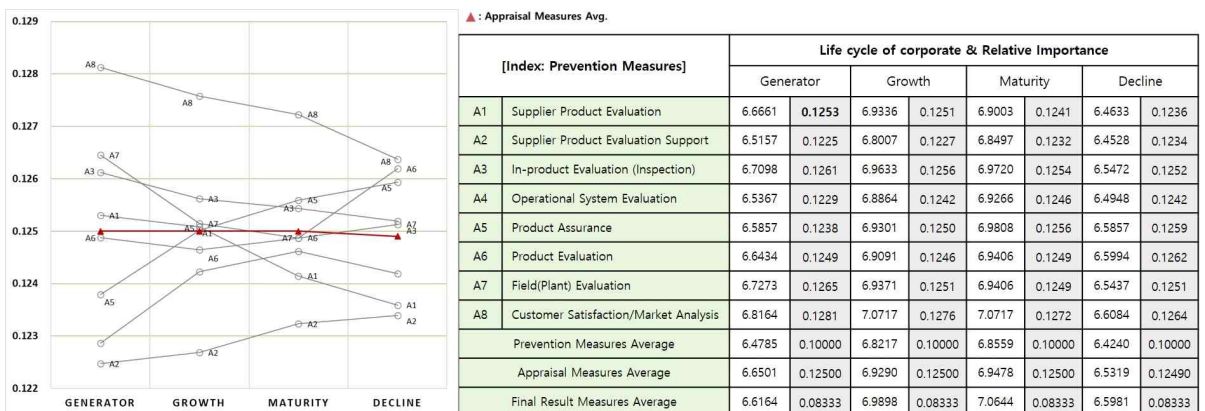


Figure 6. Importance of Appraisal Measures Classified by Organizational Lifecycle

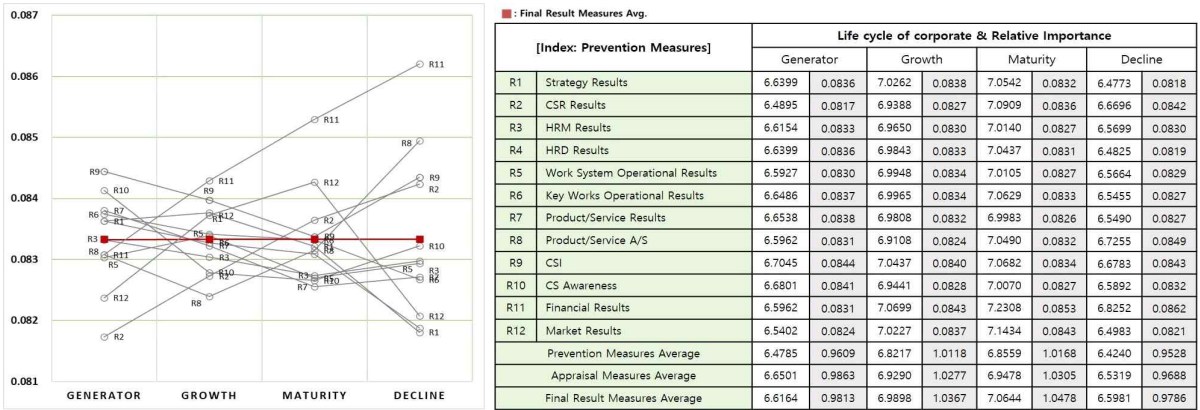


Figure 7. Importance of Final Result Measures Classified by Organizational Lifecycle

### 4.4 QSC 상대적 중요도에 대한 종합적 분석

QSC 중요도 분석 결과, 대체로 제조업과 금융업에서 QSC의 전반적인 상대적 중요도가 높게 평가되었으며, 모든 산업에서 결과 항목을 중요하게 평가되었다. 기업의 수명 주기에 있어서는, 성장기와 성숙기에 QSC의 중요도가 가장 높게 나타났다. 전체적인 산업에 걸쳐서 예방 항목이 다른 두 항목에 비해 상대적 중요도가 현저히 낮게 평가되었다는 점은 눈여겨볼 만하다. 이는 조직의 성과 및 품질을 관리에 있어 예방 항목보다 평가 및 결과 항목에 더욱 초점을 맞춰지고 있음을 시사한다. 그러나 품질비용을 고려했을 때 예방 항목이 조직의 성과에 큰 영향을 미치지 않는다고 볼 수는 없다. 평가 항목에 대해서는 금융업에서 가장 높은 중요도가 나타났는데, 이는 프로젝트 관리에서 점검 및 검토에 대한 중요성이 매우 높게 평가됨을 명시한다.

기업의 수명 주기에 따르면, 도입기와 쇠퇴기가, 그리고 성장기와 성숙기가 QSC에 대해 각각 비슷한 정도의 상대적 중요도를 보였는데, 특히 결과 항목의 중요도가 성숙기에 들어서며 매우 높게 평가되었다. 이는 조직이 성장기로 접어들며 성과를 기대하며, 그 중요성이 성숙기에 가장 커짐을 의미하며 QSC 항목에 대한 조직 자원의 투입의 증대 필요성을 나타낸다. 주목할만한 점은, 결과 항목이 도입기에서 평가 항목에 비해 적은 중요도를 보였다는 점이며, 따라서 조직은 착수 단계에서 결과 항목보다 평가 항목에 더 큰 우선순위를 부여할 필요가 있다. 이러한 결과는 보다 구체적으로 조직의 상황과 현상을 반영하여 QSC의 가중치를 부여함으로써 유연한 품질관리의 방법론을 제공한다.

QSC의 모든 항목을 측정하고 관리하는 것이 이상적이지만, 산업 4.0의 빠르게 변화하는 환경을 고려할 때 지표의 각 항목에 대한 상대적 중요도를 평가하고 차별적으로 관리하는 것이 더욱 효율적이다. 따라서 이는 본 연구의 결과는 QSC의 유연한 활용 방법론 제공한다는 점에서 의미가 있다. 예를 들어, 도입기 및 쇠퇴기의 경우 성장기 및 성숙기보다 QSC에 있어 비교적 낮은 중요도를 보인다. 따라서 조직의 주기에 있어 비교적 높은 상대적 중요도를 보인 항목을 정리하면 <Table 3>과 같다.

<Table 3>에서 볼 수 있듯, 모든 수명 주기에 걸쳐서 결과 항목이 가장 중요하게 나타났는데, 이는 결과 항목에 대한 중요도를 가장 높게 평가했던 연구 결과에 부합한다. 또한, 성장기 및 성숙기에 더 많은 G-QSC 항목이 중요성을 보였는데, 대체로 도입기 및 쇠퇴기에 중요하게 나타난 항목들을 포함하고 있다. 이는 조직의 발달 과정에 있어 기존과는 다른 차원의 환경이 도래하기보다, 성과의 극대화를 위해 관리해야 하는 품질 요소가 추가적으로 등장함을 의미한다. 마지막으로, 평가 항목은 각 주기에 따라 비교적 높은 중요도를 보인 항목이 같았다.

**Table 3.** D-QSC Aspects with Higher Importance According to Organization Life-cycle

D-QSC	도입기 및 쇠퇴기	성장기 및 성숙기
Prevention	P3. Design Preview	P4. Product, Service Design Test
	P7. Liability Plan	P5. Operational Quality and Support Plan
	P9. Contract and Document Review	P6. Operational Process Management
	P10. Customer/Market Analysis	P7. Liability Plan
	-	P9. Contract and Document Review P10. Customer/Market Analysis
Appraisal	A1. Supplier Product Evaluation	A1. Supplier Product Evaluation
	A3. In-product Product Evaluation (Inspection)	A3. In-product Product Evaluation (Inspection)
	A7. Field(Plant) Evaluation	A7. Field(Plant) Evaluation
	A8. CS/Market Analysis	A8. CS/Market Analysis
Final Result	R1. Strategy Results	R1. Strategy Results
	R3. HRM Results	R2. CSR Results
	R4. HRD Results	R3. HRM Results
	R7. Product/Service Results	R6. Key Works Operational Results
	R9. CSI	R7. Product/Service Results
	R10. CS Awareness	R9. CSI
	-	R11. Financial Results R12. Market Results

## 5. 결론

초지능과 초연결을 필두로 하는 산업 4.0은 다양한 기술의 등장으로 인하여 품질의 차원이 빠르게 다각화되고 제품 및 서비스를 둘러싼 이해관계자 또한 급격하게 증가하여 품질경영에 대한 중요성이 그 어느 때보다 크다. 최근 변화된 환경에 대응하기 위해서 측정성, 추적성 및 연결성을 통합하는 오픈퀄리티 개념이 대두되고 있다. 본 연구에서는 측정성의 구체적인 수단으로 개발된 품질성과지표(QSC)의 상대적 가중치 연구에 초점을 맞추고 있다. 품질성과지표(QSC)는 품질 관리를 위한 측정 요소를 품질비용의 관점에서 분류하여 제시하고 있는데, 조직의 환경에 따른 유연한 오픈퀄리티의 실현을 위하여 QSC에 대한 중요도를 설문조사를 통해 분석하였다. 또한 QSC 항목의 중요도를 한국 고용노동부에서 분류한 10대 산업 체계 및 조직의 수명 주기에 따라 각각 분석하여 구체성을 확보하였다.

설문조사의 결과, 제조업과 금융업에서 QSC가 가장 높은 중요도를 보였으며, 전 산업에 걸쳐 공통으로 결과 항목이 평가 항목 및 예방 항목에 비해 높은 중요도를 보였다. 반면에 교육업은 QSC의 중요성을 가장 낮게 평가하였는데, 이는 단기적인 의사결정을 추구하는 산업의 특성을 반영하는 것으로 해석된다. 또한 비교적 모든 산업군에서



QSC의 예방, 평가 및 결과 항목을 비슷한 수준으로 평가하였으나 농수산업에서는 세 항목의 중요도 편차가 가장 크게 나타났다. 이는 산업이 예방 항목에 비해 결과 항목의 중요도가 월등히 크다는 것을 의미한다. 조직의 수명 주기에 따른 분석 결과 성장기와 성숙기에서 상대적으로 QSC가 중요하게 작용함을 알 수 있었다. 또한 산업 별 분석 결과와 마찬가지로 결과 항목이 타 항목들에 비해 높은 중요성을 보였다. 결과 항목의 재무적 성과의 경우 도입기에서는 낮은 중요도를 보였으나 성장기에서는 가장 높게 평가되었다.

본 연구의 의의는 크게 세 가지로 정리할 수 있다. 우선, 산업 4.0의 요구사항을 반영하여 유연하고 선제적인 품질 관리가 가능한 오픈퀄리티 품질혁신 방법론을 제시하였다. 이는 궁극적으로 책임품질을 실현하여 소비자의 신뢰를 확보하고 품질 이슈에 대한 신속하고 효율적인 대응을 지원한다. 둘째로, 본 연구에서는 각 산업의 특성에 따라 오픈퀄리티를 실현할 수 있는 차별적인 방법론을 제공하였다. 마지막으로 조직의 수명 주기에 따른 QSC의 중요도를 분석하여 궁극적으로 산업의 특성과 조직의 환경에 따른 우선순위를 반영한 품질혁신 방향성을 제시하였다.

본 연구는 산업 4.0의 품질혁신 방법론으로 오픈퀄리티 개념을 소개하였고 측정성을 위한 QSC를 제공하였으나 추적성 및 연결성으로의 연계를 제시하지 못하였으므로 향후 추적성 및 연결성에 대해서도 구체적인 방법론 제시가 필요하다. 또한, 인공지능을 활용하여 블록체인 관점에서 오픈퀄리티를 분석하여 품질관리 시스템 혹은 프로세스를 지원하는 시스템에 대한 구체적인 실행 연구가 필요하다. 이러한 세부적인 연구결과가 준비되어야만 오픈퀄리티가 제조업을 포함한 전 산업에서 새로운 품질혁신 개념으로 활용될 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- Akter, S., and Wamba, S. F. 2016. Big Data Analytics in E-commerce: A Systematic Review and Agenda for Future Research. *Electronic Markets* 26(2):173-194.
- Banerjee, S. and Wathieu, L. 2017. Corporate Social Responsibility and Product Quality: Complements or Substitutes?. *International Journal of Research in Marketing* 32(3):734-745.
- Campanella, J. (Ed.). ASQ Quality Cost Committee. 1999. *Principles of Quality Costs, Principles, Implementation, and Use* (3rd ed.). Milwaukee, WI: ASQ Quality Press.
- Chesbrough, H. W. 2006. The Era of Open Innovation. *Managing Innovation and Change* 127(3):34-41.
- Cho, C. H., Park, B. H., and Park, J. 2019. Introduction of Management System Case Study on Standardization of Quality Record Management to Improve Quality Performance Rate of SMEs. *J Korean Soc Qual Manag.* 47(4):911-926
- Chong, H. R., Kyoung, H. B., Lee, M. K., Kwon, H. M., and Hong, S. H. 2020. Quality Strategy for Building a Smart Factory in the Fourth Industrial Revolution. *J Korean Soc Qual Manag.* 48(1):87-105.
- Crnjac, M., Veza, I., and Banduka, N. 2017. From Concept to the Introduction of Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management* 8(21):21-30.
- Dahlggaard, J. J., Kristensen, K., and Kanji, G. K. 1992. Quality Costs and Total Quality Management. *Total Quality Management* 3(3):211-222.
- Durana, P., Kral, P., Stehel, V., Lazaroiu, G., and Sroka, W. 2019. Quality Culture of Manufacturing Enterprises: A possible way to adaptation to Industry 4.0. *Social Sciences* 8(4):124.
- Feng, S. C., Bernstein, W. Z., Hedberg, T., and Barnard Feeney, A. 2017. Toward Knowledge Management for Smart Manufacturing. *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 17(3):031016.

- Foidl, H., & Felderer, M. 2015. Research challenges of Industry 4.0 for quality management. In *International Conference on Enterprises Resource Planning Systems*. Springer, Cham 121–137.
- Ha, S. K. and Yoon, B. S. 2019. Effect of Quality Management Activities on the Performance – Mediation Effect of Innovation Culture Moderated by Organizational Mindfulness Support. *J Korean Soc Qual Manag* 47(4):667–685.
- Illes, B., Tamas, P., Dobos, P., and Skapinyecz, R. 2017. New Challenges for Quality Assurance of Manufacturing Processes in Industry 4.0. In *Solid State Phenomena*. Trans Tech Publications Ltd. 261:481–489.
- Johnson, M. A. 1995. The Development of Measures of the Cost of Quality for an Engineering Unit. *International Journal of Quality & Reliability Management* 12(2):86–100.
- Kaplan, R. S. and Norton, D. P. 1992. The Balanced Scorecard and Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review* 71–90.
- Li, Z., Wang, W. M., Liu, G., Liu, L., He, J., and Huang, G. Q. 2018. Toward Open Manufacturing. *Industrial Management & Data Systems* 118(1):303–320.
- Park, S. H., Shin, W. S., & Kim, K. J. 2019. Assessing a Social Responsibility Model for Sustainable Company Growth in the Fourth Industrial Revolution. *International Journal of Quality and Service Sciences* 11(3):334–345.
- Park, S. H., Shin, W. S., Park, Y. H., and Lee, Y. 2017. Building a New Culture for Quality and Innovation in the Era of the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution. *Total Quality Management & Business Excellence* 28(9–10):934–945.
- Ree, Sangbok. 2017. Proposal of Korean Quality Management in the 4th Industrial Revolution. *J Korean Soc Qual Manag.* 45(4):739–760.
- Roller, M. R. 2019. A Quality Approach to Qualitative Content Analysis: Similarities and Differences Compared to Other Qualitative Methods. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* 20(3):1–21.
- Sader, S. S., Husti, I., and Daroczi, M. 2017. Suggested Indicators to Measure the Impact of Industry 4.0 on Total Quality Management. *Industry 4.0* 2(6):298–301.
- Sader, S., Husti, I., and Daroczi, M. 2019. Industry 4.0 as a Key Enabler toward Successful Implementation of Total Quality Management Practices. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(2):131–140.
- Sang M. Lee, Don Hee Lee and Youn Sung Kim. 2019. The Quality Management Ecosystem for Predictive Maintenance in the Industry 4.0 Era. *International Journal of Quality Innovation*. 5(1):1–11.
- Shin, W. S., & Park, H. 2016. Korean Quality—Past Present and Future. *Total Quality Management & Business Excellence*. 27(7–8):703–717.
- Shin, W. S., Dahlgaard, J. J., Dahlgaard–Park, S. M., and Kim, M. G. 2018. A Quality Scorecard for the Era of Industry 4.0. *Total Quality Management & Business Excellence* 29(9–10):959–976.
- Sun, H., Rao, P. K., Kong, Z. J., Deng, X., and Jin, R. 2017. Functional Quantitative and Qualitative Models for Quality Modeling in a Fused Deposition Modelling Process. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 15(1):393–403.
- Wood, D. C. 2013. *Principles of Quality Costs* (4<sup>th</sup> ed.). Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Zaidin, N. H. M., Diah, M. N. M., Yee, P. H., and Sorooshian, S. 2018. Quality Management in Industry 4.0 Era. *Journal of Management and Science* 8(2):82–91.

## 저자소개

- 송호준** 성균관대학교 시스템경영공학과 학사 졸업 및 산업공학과 석사 과정 재학중에 있으며 주요 연구분야는 개방형 품질, 블록체인, 품질혁신 등이다.
- 김민규** 성균관대학교 산업공학과 석사 과정 졸업 및 박사 과정 중에 있으며 품질경영 및 품질 지표에 관한 연구를 활발하게 진행해왔다. 주요 연구분야는 품질경영, 품질성과지표(QSC) 등이다.
- 신완선** 오클라호마대학교 산업공학 박사를 취득하고 현재 성균관대학교 시스템경영공학과 교수로 재직중이다. 2014년 한국품질경영학회 회장을 맡았으며 현재 Asia Network for Quality 학회장을 맡고 있다.