

An Empirical Analysis on ISO 9001:2015 Transition Audits

Dong Joon Park* · Min Yoon* · Byung Hwan Kang** · Ho Gyun Kim***[†]

*Department of Statistics, Pukyong National University

**LRQA, Korea Ltd.

***Department of Production Information Technology Engineering, Dong-Eui University

ISO 9001:2015 전환심사의 실증적 분석

박동준* · 윤민* · 강병환** · 김호균***[†]

*부경대학교 통계학과

**LRQA, Korea Ltd.

***동의대학교 생산정보기술공학과

The International Organization for Standardization (ISO) published ISO 9001 Quality Management System (QMS)-Requirements in 1987 and has revised four times since then. ISO 9001:2015 is the latest edition. This latest edition has two most noticeable changes. The first major change of new edition focuses on performance with an emphasis on Risk-Based Thinking (RBT) to enhance the process approach. The new edition consists of ten clauses whose first three clauses are largely same as older edition but risks are clearly stated and stressed in last seven clauses, emphasizing on Plan-Do-Check-Act cycle at all levels in the organization. The second major change is that the new edition has the same overall structure as other ISO management system standards known as High Level Structure (HLS) with Annex SL. The companies obtained the certificate of new ISO 9001:2015 QMS by September 15, 2018 in order to maintain as an ISO QMS registered firm. In this article we collected transition audit data from more than 100 companies that registered ISO 9001:2015 QMS for recent three years. We performed a statistical analysis to disclose the relationships between the characteristics of companies and the minor nonconformities found in ISO 9001:2015 requirements during transition audit processes. We also aim to interpret the findings and deduce the implications of the statistical results.

Keywords : ISO 9001:2015, Quality Management System, Empirical Analysis, Minor Nonconformity, Risk-Based Thinking

1. 서론

기업경쟁력의 원천은 고객만족에 있으며 제품 또는 서비스의 품질은 고객만족의 중요 요소 중 하나이다. 기업

은 제품 또는 서비스가 고객들의 품질 요구사항을 충족하는 것을 확신시키기 위하여 체계적인 품질보증 활동을 하고 있다. 품질보증 활동의 객관성과 효율성을 높이기 위해 제 3자의 객관적인 평가가 필요하게 되었고 품질경영시스템(QMS : Quality Management System) 인증제도가 도입 확산되었다. 기업에서는 기업의 특성에 따라 품질경영시스템 뿐만 아니라 환경경영시스템(EMS : Environmental Management System)과 안전 보건 경영시스템

Received 28 August 2018; Finally Revised 21 November 2018;
Accepted 22 November 2018

[†] Corresponding Author : hgkim@deu.ac.kr

(OHSAS : Occupational Health and Safety Management System) 등 다양한 경영시스템의 인증 획득을 위해 노력하고 있다[12, 13].

국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)에서는 1987년에 최초로 품질경영시스템 ISO 9000시리즈를 제정하였으며, 변화하는 시장요구에 대응할 수 있도록 약 5년마다 규격의 적절성을 검토해왔다. 이후 ISO 9000 패밀리(현재는 시리즈 대신 사용됨)는 1994년, 2000년, 2008년, 2015년에 네 차례 개정되었다[5, 10, 14]. ISO 9001: 2015 규격은 리스크(risk) 파악 및 기업 내·외부 경영환경을 고려한 위기관리 프로세스 구축과 운영 개선 및 조직, 인적자원들의 지식 공유·관리가 핵심 요구사항이다. 3년간의 유예기간을 거쳐 2018년 9월 이후부터는 이전 ISO 9001:2008을 더 이상 사용할 수 없게 되었다. 이전 규격과 ISO 9001:2015 규격의 적용 일정을 <Figure 1>에 정리하였다.

현재까지 ISO 9001:2015 개정규격을 소개하거나[5, 10, 12, 14], 전환 인증을 위한 대응 방안을 제안한 연구[13]는 있지만, ISO 9001:2015 개정규격의 전환심사 결과에 대한 기업 특성들의 실증적 연구는 전무한 실정이다. 본 논문에서는 지난 유예기간인 3년 동안 전환심사를 통하여 수집된 심사보고서를 분석하여 기업의 특성인 규모와 업종에 따른 ISO 9001:2015 전환심사의 부적합 사항의 자료를 통계적으로 분석하고, 기업 특성과의 관련성과 시사점을 밝히고자 한다. 본 연구의 결과는 품질경영실무자 및 연구자가 다음과 같이 활용할 수 있을 것으로 기대한다 :

- ISO 9001:2015 개정규격의 핵심 요구사항인 리스크 파악 및 위기관리 프로세스 등에 대한 중요성의 이해 증진
- 기업의 규모와 업종에 따라 관리가 어려운 개정규격의 요구사항들의 발견
- 정기적인 내부감사와 사후관리에서 자기평가의 측도로 활용
- ISO 9001:2015 개정규격의 효율적인 실행·관리 유지 및 개선

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 ISO 9001 개정규격 별 실증연구와 관련된 문헌들을 정리하였다. 제 3장에서는 ISO 9001:2015 개정 규격의 큰 변화는 무엇인지 그 특징과 내용에 대하여 간략하게 서술하였다. 제 4장에서는 최근 3년간 ISO 9001:2015 신규 규격으로 전환심사를 받은 약 130여 개 업체의 분포와 전환심사에서 발견된 각 요구사항별 경부적합 수에 대한 통계적 분석을 통하여 업체별 특성의 비교와 함께 분석결과에 대한 시사점을 요약한다. 제 5장에서는 결론을 맺고 추후 연구방향을 제시한다.

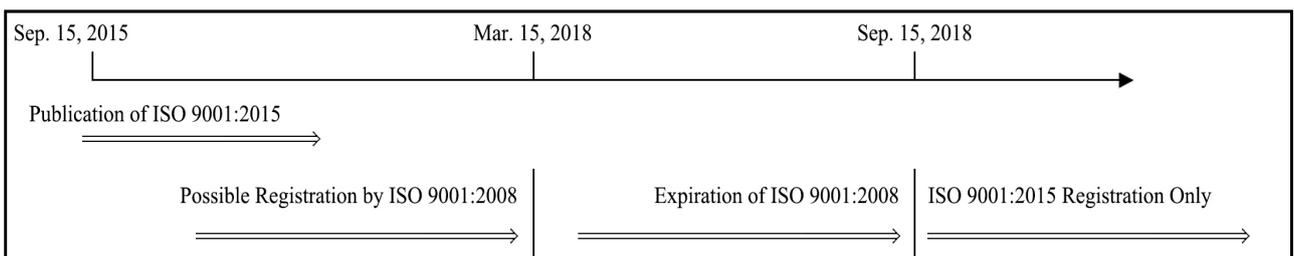
2. 문헌 연구

ISO 9001 품질경영시스템의 도입과 운용에 관한 국내외 연구문헌들에 의하면 조직이 속한 나라, 도입한 조직의 고유문화, 조직 최고경영자의 리더십에 따라 품질경영시스템의 효과는 다양하게 나타나지만 시스템을 도입함에 따라 조직에서 발생하는 장단점은 <Table 1>과 같이 요약할 수 있다[13]. 이제 ISO 9000 품질경영시스템이 제정된 이래 개정규격 별로 인증효과와 성과에 대한 실증연구와 관련된 문헌들을 살펴본다.

<Table 1> Pros and Cons for ISO 9001 QMS Implementation

Pros	Cons
<ul style="list-style-type: none"> • Customer satisfaction • Market share increase • Consistency of processes • Traceability to failure • Motivation to people for ISO 9001 standards 	<ul style="list-style-type: none"> • Consistent products rather than good products • Bureaucratic and lack of creativity • Excessive documentation

Gotzamani and Theodorakioglou[4]는 품질경영시스템의 첫 번째 개정규격인 ISO 9001:1994 인증을 획득한 기업의 성과개선 연구로 84개 그리스 기업체에게 1차 설문 조사와 3년 뒤 2차 설문조사를 통한 종단면 연구에서 품질



<Figure 1> ISO 9001:2015 Update Time Schedule

업무가 인증 획득 후 계속적으로 개선되는 것이 아니고, 단지 품질업무 개선을 위한 시작일 뿐이라고 강조하였다. 인증획득으로 인하여 품질경영시스템에서 가장 많이 개선된 업무들을 다음과 같이 열거하였다 :

- 공정관리와 제품설계(product design)
- 품질자료들의 감시(monitoring)와 활용
- 품질공정의 개선과 및 고객 불만 해소
- 직원훈련, 교육 및 격려(encouragement)

그러나 인증을 획득하였음에도 불구하고 부진한 업무들은 다음과 같았다 :

- 공급자와의 상호관계와 협조(mutual relation and cooperation with suppliers)
- 리더십과 인적자원(human resource)관리

그들은 ISO 9001 인증획득으로 인한 기업의 실질적인 이점은 기업 고유의 강점을 활용하여 품질경영의 효율성을 높여려는 노력에 달려 있음을 강조하였다.

Kartha[11]에서는 ISO 9001:2000과 QS9000, ISO/TS 16949 (자동차산업용 품질경영시스템), 볼드리지상의 구성요소들의 이론적 비교연구 후, 각 시스템을 도입한 미국 기업들의 설문조사 연구결과를 인용하여 ISO 9001:2000 인증을 획득한 업체들은 업종의 형태에 따라 품질경영에서 약간의 개선이 있거나 큰 변화가 없는 등의 다양한 결과를 보이지만 공통적으로 품질과 관련하여 개선된 점을 다음과 같이 열거하였다 :

- 품질관련 문서화(documentation)의 개선
- 직원들의 품질의식(quality awareness)고취
- 고객 요구(customer demand)의 증가

인증획득으로 인한 내부의 이점은 다음과 같다 :

- 생산성의 개선(productivity improvement)
- 시장의 이점(market benefits)
- 재정적(financial) 성과개선

인증획득으로 인한 외부의 이점은 다음과 같다 :

- 품질개선(quality improvement)
- 경쟁적 이점(competitive advantage)

앞의 외국기업 들에 대한 ISO 9001:1994와 ISO 9001:2000의 인증 효과에 대한 연구자들의 결과를 종합하면 인증에 대한 가장 큰 이점은 TQM의 기초가 되어 세계 경쟁 속에서 경쟁력을 구비할 수 있고 궁극적으로 인증기업의 지속가능한 경영(sustainable management)을 달성

할 수 있다는 것이다. 이러한 이점을 기업 내부의 운용측면에서 세분해 보면 다음과 같다 :

- 세계적인 경영흐름에 맞춘 리스크의 관리강화
- 품질관련 공정을 문서화하고 공정과 일치하는 품질 결과의 획득
- 자원의 효율적인 사용과 PDCA 사이클을 활용한 품질경영시스템의 지속적인 개선

인증 획득으로 인한 기업의 외부로부터 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다 :

- 고객의 요구를 만족시키고 기업의 신뢰도와 충성도의 향상
- 기업의 위상을 증가시켜 시장 점유율 및 기업이윤의 증가

Park et al.[17]은 한국의 37개 조선기자재업체의 설문 조사와 함께 품질경영 담당자들의 인터뷰를 통한 ISO 9000: 2000의 사업적 가치에 관한 연구에서 규모가 작은 기업보다는 큰 기업이, 오너가 운영하는 기업보다는 전문경영인이 운영하는 기업이, 고객의 요구 보다는 기업 내부의 자발적 동기에 의해서 인증을 획득한 기업이 ISO 9000:2000의 23개 요구사항 가운데 더 많은 요구사항에 훨씬 더 잘 일치하여 기업의 품질경영시스템을 운용한다는 것을 확인하였다.

그리스 100여 개 중소 서비스기업의 품질 관리자에게 설문조사를 통한 ISO 9001:2008 인증효과와 기업의 업무성과에 대한 관련성 연구[18]에서는 ISO 9001:2008의 인증획득은 업무의 운용측면에서 볼 때 지속적인 서비스의 품질개선, 고객요구의 만족도 향상, 서비스의 품질 향상 및 효율성 증가에 현저한 기여를 했음을 확인하였다. 일반적으로 미국 기업에서는 ISO 9001 품질경영시스템의 도입은 유럽기업 만큼 흔하지 않지만 ISO 9001 인증을 받은 미국 물류산업의 연구[3]에서 ISO 인증기업은 직접적인 시장압력으로 인증을 받기보다는 품질경영의 전반적인 체계와 더 높은 품질성숙도를 갖출 목적으로 인증획득을 원하고, ISO 인증을 받지 않은 기업보다는 인증 기업들이 공급자 관계를 더 선호하는 것으로 나타났다. 북미의 다양한 업종에 재직하고 있는 47명의 품질관리자들의 설문조사를 통한 ISO 품질경영시스템의 내재화(internalization)화에 관한 연구[2]에서 시스템의 가장 중요한 4가지 과정은 문서화, 공정개선, 교육, 감사임을 확인하였고, 외부 고객의 요구가 있지만 기존 품질경영시스템의 체계가 미비한 기업들이 ISO 품질경영시스템의 도입 시 실제로 운용성효과가 가장 잘 개선되는

것을 보였다. 그리고 ISO 9000 도입을 위한 내부의 동기가 내재화 과정과 운영성과에 이어지지 않을 수도 있다는 점을 확인하였다. 한편, 국내의 ISO 9001: 2008 실증연구[16]에서는 인증 받은 조선업 협력업체들의 품질관리자들을 대상으로 한 품질경영시스템 요구사항의 적합도에 대한 설문자료 분석에서 ISO 9001:2008 규격과 잘 일치하지 않는 경부적합 수를 분석한 결과, 6.2 인적자원, 7.5 생산 및 서비스공급, 8.4 자료의 분석, 6.3 기반구조, 8.5 개선과 관련된 요구사항들이 전체 경부적합 수의 40%를 차지하였고, 업종을 조선, 기계 및 소재로 나누었을 때 소재업종에서 가장 많은 경부적합 수가 나타났다.

Kim et al.[13]은 ISO 9001:2008과 ISO 9001:2015 규격의 비교를 위한 Gap 분석을 실시하고, 설문조사를 통한 ISO 9001:2008 인증을 획득한 제조기업과 ISO 9001:2015 규격과의 관련성 연구에서 기업의 성과분석지표의 개수와 품질담당자의 경력이 인증획득에 통계적으로 유의미한 관련이 있음을 확인하였다. 특히, 연매출액이 높을수록, 품질담당자 경력이 많을수록, 기업의 성과분석지표의 수가 많을수록 ISO 9001:2015 규격의 서술한 내용들과 운용중인 기업의 품질경영시스템의 적합성이 매우 높아서 전환심사에서 어려움이 적음을 보였다. Kim et al.[12]은 ISO 9001:2015 규격에 도입된 리스크 기반사고의 접근 방법에 대한 이론적 연구에서 리스크 기반사고의 개념과 관리를 위한 실질적인 품질경영시스템의 도입 방법을 구체적으로 제시하였다. 리스크 기반사고는 단지 바람직하지 않은 결과를 예방하는 것이 아니라 품질경영시스템의 설계와 운용의 시작부터 끝까지 통합적으로 리스크를 식별하고 관리하여야 함을 강조하였다. 그리고 ISO 9001:2015 개정 규격을 도입하려는 기업들이 실제로 활용가능 하도록 발생 가능한 주요 리스크를 구체적으로 열거한 다음, 리스크의 심각도, 리스크 발생 가능성의 등급, 리스크 수준의 결정, 리스크 대처 방안 등 기업 맞춤형 리스크 관리 전개방법을 제시하였다.

지금까지 ISO 9001:2008 규격까지 개정규격 별 인증 효과와 성과에 대한 실증연구와 ISO 9001:2015 규격에 대한 Gap 분석 등 이론 연구만 이루어 졌고 품질경영담당자들이 경험한 실증적 연구는 아직까지 본격적으로 되지 않았다. 이에 따라 본 연구에서는 2018년 9월까지 인증을 획득한 업체들의 전환심사보고서를 분석하여 기업의 규모와 업종과 ISO 9001:2015 전환심사의 부적합 사항의 자료를 분석하여 시사점을 정리하고자 한다.

3. ISO 9001:2015 개정규격

2018년 9월 15일부터 요구되는 ISO 9001:2015 규격의 주요 변화는 다음 두 가지로 요약할 수 있다 :

- 하이 레벨 구조인 Annex SL에 따른 상위구조(HLS : high level structure)의 형식
- 리스크 기반 사고(RBT : risk-based thinking)의 도입

첫 번째 특징으로 상위구조 형식이란 모든 ISO 표준(ISO family of standards)을 하이 레벨 구조인 Annex SL에 따라 상위구조를 갖춘다는 의미이다. 즉, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 등의 복수 인증을 훨씬 쉽게 할 수 있도록 공통의 전문용어를 사용하고 전문용어들의 정의를 수록하였다[1, 6, 10, 14]. 이에 따라 ISO 9001:2015 규격에도 기본적인 상위구조를 갖추었으며 모두 10개의 절(Clause, 또는 주요부문 Major Section)로 구성하였다. 즉, ISO 9001:2015 규격의 구조는 일반 사항인 1. 적용범위, 2. 인용표준, 3. 용어와 정의를 제외한, ISO 9001:2008의 5개 절을 ISO 9001:2015에서는 7개 절로 확대시키고 구체화하였다. 각 절 아래에 요구사항(Requirement), 세부요구사항(Specific Requirement)의 구조로 되어 있고, 요구사항 또는 세부 요구사항의 제목 아래 품질경영시스템을 운용할 때 준수해야 할 구체적인 내용들이 서술되어있다. <Figure 2>에 ISO 9001:2015 개정규격의 전체 구조와 각 요구사항의 첫 문장을 제시하였다.

주목할 만한 변화는 두 번째 특징으로 개정규격의 요구사항들이 리스크 기반 사고(RBT)의 개념에 기초를 두고 있다. 리스크 관리(risk management)는 이미 많이 언급되어왔으며 대표적인 ISO 표준으로는 의료기기의 리스크 관리 시스템인 ISO 14971(Medical devices-application of risk management to medical devices)과 전사적 차원의 리스크 관리 시스템(Risk Management)인 ISO 31000 등이 사용되고 있다[7, 8, 9].

그러나 품질경영시스템에는 리스크의 개념이 2015년 규격에 처음으로 도입되었다. Kim et al.[12]은 4. 조직상황부터 10. 개선까지 리스크가 명시된 ISO 9001:2015 요구사항을 품질경영시스템에 적용하기 위하여 리스크 기반 사고의 6단계로서 리스크의 식별, 이해, 처리계획, 실행, 확인, 개선의 절차를 추천하였다. 그리고 이들 6단계에 따라 조직에서 리스크 관리의 전개과정과 책임 및 권한을 정하고 체계적인 관리를 위한 구체적인 맞춤형 리스크의 관리 절차를 제안하였다.

ISO 9001:2015 Quality Management Systems-Requirements	
Contents	
Foreword	
Introduction	
1. Scope	<-----> Clause or Major Section
2. Normative references	
3. Terms and definitions	
4. Context of the organization	<-----> Clause or Major Section
4.1 Understanding the organization and its context	<-----> Requirement
The organization shall determine external and internal issues that are relevant to its purpose and its strategic direction and that affect its ability to achieve the intended result(s) of its quality management system.	
...	
5. Leadership	
5.1 Leadership and commitment	
5.1.1 General	<-----> Specific Requirement
Top management shall demonstrate leadership and commitment with respect to the quality management by :	
a) taking accountability for the effectiveness of the quality management system;	
...	
6. Planning	
6.1 Actions to address risks and opportunities	
6.1.1	When planning for the quality management system, the organization shall consider the issues referred to in 4.1 and the requirements referred to in 4.2 and determine the risks and opportunities that need to be addressed to :
...	
7. Support	
7.1 Resources	
7.1.1 General	
The organization shall determine and provide the resources needed for the establishment, implementation, maintenance and continual improvement of the quality management system.	
...	
8. Operation	
8.1 Operational planning and control	
The organization shall plan, implement, and control the process(see 4.4) needed to meet the requirements for the provision of products and services, and to implement the actions determined in Clause 6, by :	
a) determining the requirements for the products and services;	
...	
9. Performance evaluation	
9.1 Monitoring, measurement, analysis, and evaluation	
9.1.1 General	
The organization shall determine : a) what needs to be monitored and measured;	
...	
10. Improvement	
10.1 General	
The organization shall determine and select opportunities for improvement and implement any necessary actions to meet customers requirements and enhance customer satisfaction.	

<Figure 2> ISO 9001:2015 QMS Requirements Structure

4. 업체 특성과 요구사항들의 관련성

4.1 심사 자료의 수집

인증기관에서는 인증 대상 업체가 운용하는 품질경영 시스템이 ISO 9001:2015 개정 규격의 요구사항에 따라 제대로 구축되어 있는지 실행·관리 유지 상태를 심사한다. 본 연구에서는 영국의 인증기관인 Lloyd's Register Quality Assurance Limited(LRQA)의 심사관들이 최근 2015년 9월 15일 이후 2018년 1월까지 개정규격으로 전환 심사한 135개의 업체의 심사보고서를 수집하여 분석하였다[15]. 심사에서

발견되는 부적합은 경부적합과 중부적합으로 분류한다 :

- 경부적합(minor nonconformity) : ISO 9001: 2015 규격의 요구사항에 따라 기업의 품질경영시스템이 구축되어 실행되고 있지만 시스템에 정해진 요구사항과 일치되지 않는 방법으로 관리되고 있거나 일부 실행 관리가 누락된 경우에 발생하는 부적합이다.
- 중부적합(major nonconformity) : ISO 9001: 2015 규격의 요구사항에 따라 시스템이 구축되지 않았거나, 구축되어 있으나 실행·관리되지 않는 사항으로서 중부적합이 발견되면 품질경영시스템의 인증등록이 취소되는 매우 심각한 부적합이다.

ISO 9001:2008 인증을 획득한 업체들은 품질경영시스템을 이미 운용하고 있고, 전환심사는 2015년 개정규격에 새로 추가된 사항이나 개정된 사항에 대한 심사이며 개정규격획득을 위한 기업체들이 서류심사에서 미비한 사항들이 미리 보완되므로 인증이 취소되는 중부적합이 현장심사에서 발생할 가능성은 매우 낮다. 따라서 본 연구에서는 업체 별 경부적합 수와 함께 전환심사의 종류, 인증업체의 규모, 업종에 따른 통계적 관련성을 분석하여 품질경영시스템의 실행·관리 유지 상태의 시사점을 찾고자 한다.

4.2 심사 자료의 분포

수집한 심사 자료를 전환심사의 종류, 기업의 규모(연 매출액) 및 업종별 분포를 살펴본다. 총 135개 업체 자료를 수집하였으나 전환심사의 종류 중 표본의 수가 작은 신규 인증심사 업체 3개와 연매출액이 확인되지 않은 7개 업체를 제외한 125개 업체를 최종 표본으로 분석한다.

4.2.1 심사종류에 의한 분포

LRQA에서 실시한 전환심사들은 다음의 네 가지로 분류할 수 있다 :

- 사후관리 전환심사(Follow-up transition audit) : ISO 9001:2008 사후 심사를 하면서 동시에 ISO 9001:2015 규격으로 전환하여 심사
- 재인증 전환심사(Re-certification transition audit) : ISO 9001:2008 재인증 심사를 하면서 동시에 ISO 9001:2015 규격으로 전환하여 심사
- 별도 전환심사(Separate transition audit) : 이전 규격과 별도로 ISO 9001:2015 규격으로 전환하여 심사
- 신규 인증심사(New registration audit) : 최초로 ISO 9001:2015 규격으로 심사.

제 4.4절에서 업체 특성과 ISO 9001:2015 개정 규격의 심사에서 발견된 경부적합 수와의 관련성을 찾기 위하여

업체 수가 작은 신규 인증심사(3개)를 제외한 나머지를 <Table 2>에 정리하였다.

4.2.2 연매출액으로 분류한 기업 규모의 분포

업체의 규모는 연매출액, 근로자의 수 등으로 구분할 수 있으나 본 연구에서는 연매출액으로 구분하였다. 연매출액을 홈페이지에서 확인하였으나 정확하게 나타나지 않은 7개 업체를 제외하였다. 연매출액에 따른 규모별 분류에 대한 관련 법령은 다음과 같다. 중소기업법 제 2조 2항과 중소기업법 시행령의 “주된 업종별 평균매출액 등의 중소기업 규모 기준”에 의하면 중기업과 소기업을 구분하는 3년간 연평균 매출액의 경계선이 세분된 업종에 따라 유사하지만 부분적으로 다르게 나타난다[20]. 중견기업은 중견기업 성장촉진 및 경쟁력강화에 관한 특별조치법 제2조 1항에서 상세히 규정하고 있으나 대기업은 공정거래 위원회에서 매년 4월 상호 출자제한 기업집단을 지정하여 자산 10조원 이상의 기업을 대규모 기업으로 정하고 있다[19].

관련 법령에 따라 본 논문에서는 최근 3년 평균 연매출액이 120억 이하인 경우를 소기업, 1,500억 이하인 경우를 중기업, 10조 이하인 경우를 중견기업, 그 이상은 대기업 분류기준으로 정하고, 125개 업체를 소, 중, 중견, 대기업으로 나누었다. 소기업이 38개, 중기업이 38개, 중견기업이 39개, 대기업이 10개로 분포하며 <Table 2>에 정리하였다.

4.2.3 기업의 업종에 의한 분포

전환인증 업체들의 업종을 기계/금속중공업(Machine/Metal Heavy Industry), 건설/토목(Construction/Civil Engineering), 전기/전자(Electric/Electronic industry), 화학/에너지(Chemistry/Energy), 식품/음료/서비스(Food/Beverage/Service)의 크게 5개 범주로 나누었다. 기계/금속중공업이 55개, 건설/토목이 24개, 전기/전자가 10개, 화학/에너지가 16개, 식품/음료/서비스가 20개로 분포하며 <Table 2>에 정리하였다.

<Table 2> Classification of Companies in Sample

Type of Categories					
Types of Audits	n*(%)	Company Size (Annual Sales)	n*(%)	Types of Companies	n*(%)
Follow-up Transition Audit	33(26%)	Small Size Company	38(30%)	Machine/Metal Heavy Industry	55(44%)
		Medium Size Company	38(30%)	Construction/Civil Engineering	24(19%)
Re-certification Transition Audit	28(22%)	Mid size Company	39(31%)	Electric/Electronic	10(8%)
		Large Size Company	10(8%)	Chemistry/Energy	16(13%)
Separate Transition Audit	64(51%)			Food/Beverage/Service	20(16%)

Note) n* means the number of companies in sample.

4.3 경부적합 수의 분포

심사 시 발견된 경부적합 수를 2015년 규격의 7개절인 조직상황, 리더십, 기획, 지원, 운용, 성과평가, 개선에 따라 분류한 후, 각 절의 경부적합수의 총합을 125개 업체로 나누어 각 절별로 업체별 경부적합 수의 기술통계량을 <Table 3>에 정리하였다.

<Table 3>에서 Mean, Std. Dev., Min, Med, Max는 각 절에서 발견된 경부적합 수의 평균, 표준편차, 최소값, 중앙값, 최대값을 의미한다. 경부적합 수가 가장 많이 나타난 절은 4. 조직상황으로 평균이 0.768개, 표준편차가 0.824개이다. 다음으로 많은 절은 9. 성과평가로 평균 0.560개, 표준편차 0.807개로 나타났으며, 그 다음으로는 6. 기획에서 많이 분포하였다. 반면에 10. 개선은 평균 0.024개, 표준편차 0.154개로 경부적합 수가 가장 작게 나타났다.

4. 조직상황에서 경부적합 수가 가장 많은 이유는 4. 조직상황은 ‘조직 및 조직 상황 이해’, ‘이해관계자의 니즈 및 기대 이해’, 및 ‘품질경영시스템의 적용범위 결정’의 요구사항을 포함한다. <Figure 2>에서 보듯이 조직의 목적 및 전략적 방향과 관련이 있고 품질경영시스템의 의도된 결과를 달성하기 위한 조직의 역량에 영향을 주는 내·외부 이슈와 이해관계자의 니즈와 기대사항들을 파악하며 중요도를 평가하고 결정해야 하는데 조직에서는 이 부분을 도입하여 적용하는데 가장 어려움이 많은 것으로 판단된다. 다음으로 경부적합이 많은 9. 성과평가에서는 4. 조직상황에서 파악된 조직의 내·외부 이슈와 이해관계자의 니즈와 기대사항들에 대한 변경 검토와 리스크 및 기회를 다루기 위하여 취해진 조치에 대한 효과성을 평가하는 부분에서 경부적합 수가 많이 발생하는 것으로 판단된다.

이 부분은 ISO 9001:2008의 실증연구[16]에서 가장 많은 경부적합이 발생한 요구사항인 8.4 자료의 분석이 ISO

<Table 3> The Descriptive Statistics of Minor Nonconformities for Major Section

Major Section	Mean	Std. Dev.	Min	Med	Max
4. Context of the organization	0.768	0.824	0	1	3
5. Leadership	0.032	0.177	0	0	1
6. Planning	0.552	0.588	0	1	2
7. Support	0.312	0.545	0	0	2
8. Operation	0.096	0.296	0	0	1
9. Performance evaluation	0.560	0.807	0	0	3
10. Improvement	0.024	0.154	0	0	1
Total	2.344	1.823	0	2	8

9001:2015 개정 규격에서는 9. 성과평가에 속하고 전환심사에서도 여전히 경부적합이 많이 발생하므로 지속적인 관리가 필요하다고 판단된다. 그리고 6. 기획은 리스크가 가장 많이 언급된 부분이며 4. 조직상황에서 파악된 조직의 내·외부 이슈와 이해관계자의 니즈와 기대사항들과 연계된 리스크 파악이 취약하고, 리스크 및 기회를 다루기 위한 조치의 방안 수립과 실행에 조직은 어려움이 있어 경부적합이 많이 발생하였다.

4.4 경부적합 수의 유의성 비교

제 4.2절과 제 4.3절에서는 전체 자료의 구성을 파악하기 위한 125개 업체를 심사의 종류, 기업규모, 기업업종에 따라 분류하고 분포를 확인하였으며, 개정규격의 7개절에 따라 전체 경부적합수의 기술통계량의 값을 분석하고, 그 계산 값들의 원인과 2008년 규격의 실증연구와의 유사점과 시사점을 살펴보았다. 여기에서는 구체적인 분석을 위하여 전환심사에서 발견된 각 요구사항별 경부적합 수와 업체별 특성(심사종류, 기업규모, 기업업종)과의 관련성 분석에 적합한 분산분석을 위하여 질적 자료인 업체별 특성을 요인으로 하고 계량자료인 경부적합 수를 반응값으로 취급한다. 그리고 요인의 수가 3개 미만인 경우에는 t-검정을 통하여 경부적합 수가 업체별 특성에 따라 유의한 차이가 있는지 확인하고 그 의미와 시사점을 찾는다.

4.4.1 심사종류에 따른 유의성 비교

4.2.1절에서 신규 인증심사를 제외한 세 가지 심사종류(사후관리 전환심사, 재인증 전환심사, 별도 전환심사)에 따라 ISO 9001:2015 규격의 7개 절인 조직상황, 리더십, 기획, 지원, 운용, 성과평가, 개선에서 발견된 경부적합 수가 유의한 차이를 보이는 것을 찾기 위하여 변동의 요인을 심사종류, 반응값들을 경부적합 수로 놓고 일원분산분석을 실행한 결과, <Table 4>의 분산분석표를 구하였다. 분산분석을 실시하기 전 분산의 동질성의 검정결과 Levene 검정통계량의 p-value는 0.145로 각 요인의 분산은 동일하였고 Shapiro-Wilk 검정통계량의 p-value가 0.223으로 정규성을 만족하였다.

표로부터 p-value가 0.095이므로 유의수준 5% 이하에서는 유의한 차이를 보기 어렵지만 10%의 적용 시 세 가지 심사형태에 따라 어느 정도의 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 집단 간의 유의한 차이를 보이므로 요인들 간의 관측값의 수가 다른 경우에 적용 가능한 Fisher의 최소 유의차(LSD; least significant difference)검정을 통하여 어느 요인간의 차이가 있는지 쌍별비교를 통한 사후비교(posteriori nonorthogonal contrast)를 하였다.

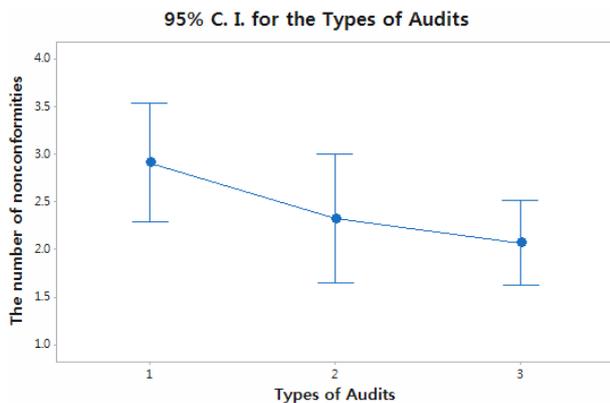
<Table 4> ANOVA Table for Types of Audits

Source of Variation	D.F.	SS	MS	F-value	p-value
Types of Audits	2	15.62	7.812	2.40	0.095
Residual	122	396.58	3.251		
Total	124	412.21			

<Table 5>와 <Figure 3>에 그룹화 한 결과와 심사종류에 따른 경부적합 수 평균에 대한 95% 신뢰구간의 값을 나타냈다. 여기서 1은 사후 관리 전환심사(Follow-up transition audit)로서 경부적합 수가 가장 많은 A그룹에 속하고, 3은 별도 전환심사(Separate transition audit)로서 가장 작은 B그룹에 속한다. 2는 재인증 전환심사(Re-certification transition audit)로서 양쪽 그룹 A와 B에 모두 속하였다. 경부적합 수의 평균이 각각 2.91개, 2.06개, 2.32개로서 현저한 차이는 아니지만 사후관리 또는 재인증을 통하여 전환심사를 인증 받는 기업보다는 별도의 전환심사를 받는 기업의 경부적합 수가 유의하게 작은 것으로 나타났다. 이것은 별도 전환심사를 받는 기업들의 최고경영자가 품질경영시스템에 관심이 높고 신규 규격의 도입을 위하여 교육·훈련 계획을 철저히 수립·시행하며 변경 전·후 규격검토에 의한 사전 준비를 잘하고

<Table 5> The 95% Confidence Intervals of the Minor Non-conformities for Types of Audits and Fisher's Pairwise Comparisons

Types of Audits	N	Mean	Std. Dev.	95% C.I.	Groups
1(Follow-up Transition Audit)	33	2.91	2.26	[2.29; 3.53]	A
2(Re-certification Transition Audit)	28	2.32	2.32	[1.65; 2.94]	A, B
3(Separate Transition Audit)	64	2.06	2.06	[1.62; 2.51]	B



<Figure 3> 95% Confidence Intervals for the Types of Audits

있는 것으로 판단된다.

추가적으로 2015년 규격의 7개 절 각각에서 발견된 경부적합 수가 심사형태에 따른 유의한 차이가 있는지 일원 분산분석을 실행한 결과, 4. 조직상황과 9. 성과평가만 ANOVA의 p-value가 각각 0.082, 0.096으로 어느 정도 유의하고 <Figure 3>과 유사한 경부적합 수의 수준을 보였고 나머지 절은 유의하지 않게 나타났다. 이 결과는 이미 개정규격으로 인증획득을 하였을지라도 향후 업체가 자체적으로 실행하는 내부 심사와 외부 심사자가 실행하는 사후관리심사에서 4. 조직상황과 9. 성과평가에 대해서는 품질경영시스템 관리자가 새로운 전환심사를 받는다는 자세로 심사에 대비해야 함을 함의하는 것으로 생각된다.

4.4.2 기업규모에 따른 유의성 비교

4.2.2에서 분류한 소, 중, 중견, 대기업에 따른 개정규격의 7개절에서 발견된 경부적합 수가 유의한 차이가 있는지 일원분산분석을 실행하였다. 이때 분산의 동질성과 자료들의 정규성은 모두 만족되었다. 분산분석의 결과 <Table 6>의 분산분석표에서 p-value가 0.027로서 유의수준 5%를 사용할 때 기업규모에 따른 경부적합 수는 기업 규모에 따라 현저하게 유의한 차이를 보인다. Fisher의 최소 유의차 검정과 쌍별 비교로 그룹화 한 결과와 기업 규모에 따른 경부적합 수 평균의 95% 신뢰구간의 값과 그림을 각각 <Table 7>과 <Figure 4>에 나타냈다.

<Table 7>과 <Figure 4>의 1, 2, 3, 4는 각각 소, 중, 중견, 대기업을 의미한다. 기업의 규모가 클수록 경부적합 수는 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 쌍별비교에서 소기업의 경부적합 수는 평균이 2.95개로서 가장 많이 나타나는 그룹 A에 속하고 중견기업과 대기업의 경부적합 수는 각각 1.92개와 1.40개로서 작게 나타나는 그룹 B에 속하며 중기업은 양쪽 모든 그룹에 속한다.

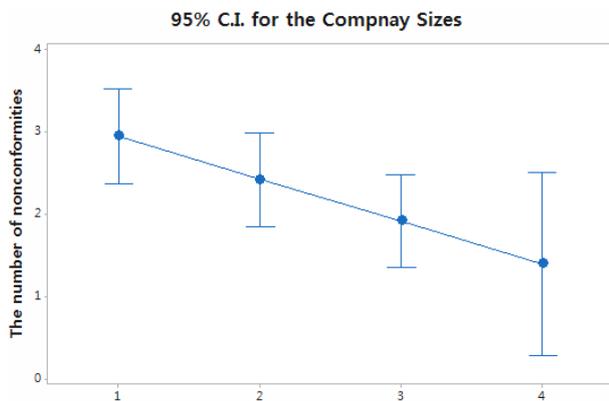
추가적으로 개정규격의 7개 절 각각에서 발견된 경부적합 수가 기업규모에 따른 유의한 차이가 있는지 일원 분산분석을 실행한 결과, 4. 조직상황, 5. 리더십, 6. 기획, 7. 지원에서 ANOVA의 p-value가 각각 0.081, 0.081, 0.048, 0.005로 유의하게 나타났고 <Figure 4>와 같은 경향을 보였다. 나머지 8. 운용, 9. 성과평가, 10. 개선에 대해서는 ANOVA의 p-value가 10%보다 커서 경부적합 수에 유의한 차이가 없었다.

<Table 6> ANOVA Table for Company Sizes

Source of Variation	D.F.	SS	MS	F-value	p-value
Company Size	3	29.88	9.960	3.15	0.027
Residual	121	382.33	3.160		
Total	124	412.21			

<Table 7> The 95% Confidence Intervals of the Minor Nonconformities for Company Sizes and Fisher's Pairwise Comparisons

Company Size	N	Mean	Std. Dev.	95% C.I.	Groups
1 (Small Size Company)	38	2.95	2.05	[2.38; 3.52]	A
2 (Medium Size Company)	38	2.42	1.67	[1.85; 2.99]	A, B
3 (Mid size Company)	39	1.92	1.68	[1.36; 2.49]	B
4 (Large Size Company)	10	1.40	1.35	[0.29; 2.51]	B



<Figure 4> 95% Confidence Intervals for the Company Sizes

위의 분산분석 결과를 종합하면 연매출액이 클수록, 즉 기업의 규모가 클수록 경부적합이 적게 발생하였다. 이는 품질경영시스템을 도입하여 운용하는데 있어서 필요한 인적과 물적 자원을 충분히 활용하며, 직원들에게 개정 규격에서 명시된 각 절과 요구사항에 대한 철저한 교육과 훈련이 이루어져 조직 내 원활한 의사소통의 결과, 품질경영시스템의 내재화(internalization)가 잘 이루어져 경부적합이 적게 발생한 것으로 판단된다.

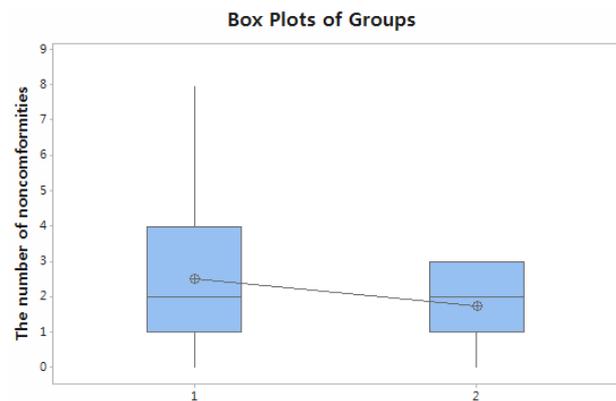
위의 분석결과는 <Table 7>의 별도의 그룹(A)으로 분리되는 연매출액이 120억 이하인 소기업에서는 개정규격의 4. 조직상황, 5. 리더십, 6. 기획, 7. 지원의 경부적합수를 줄이기 위한 CEO의 적극적인 지원과 교육훈련을 통한 품질경영 관리자들의 원활한 업무수행이 필요함을 시사하는 것으로 판단된다.

4.4.3 기업업종에 따른 유의성 비교

4.2.3에서 분류한 기계/금속중공업, 건설/토목, 전기/전자, 화학/에너지, 식품/음료/서비스의 업종에 따른 개정규격에서 발견된 경부적합 수에서 유의한 차이가 있는지 일원분산분석을 실행하였으나 분산분석표의 p-value가 0.448로서 업종에 따른 경부적합 수는 유의한 차이를 보

<Table 8> The Descriptive Statistics of Minor Nonconformities for Types of Companies

Types of Audits	N	Mean	Std. Dev.	Min	Med	Max
1. Machine/Metal Heavy Industry	55	2.51	1.814	0	2	7
2. Construction/Civil Engineering	24	2.50	2.519	0	2	8
3. Electric/Electronic Industry	10	1.80	1.033	0	2	3
4. Chemistry/Energy	16	1.69	1.014	0	2	3
5. Food/Beverage/Service	20	2.50	1.638	0	2	6



<Figure 5> Box Plots for Two Groups

이지 않았다.

<Table 8>은 업종에 따라 각 절에서 발견된 경부적합수의 기술통계량을 나타낸다. 가장 작은 경부적합 수를 보이는 업종은 화학/에너지로서 평균 1.69개, 표준편차 1.014개, 최대 경부적합 수가 3개로서 가장 작은 것을 볼 수 있다. 이와 함께 전기/전자업종도 평균 1.80, 표준편차 1.033, 최대 경부적합 수 3개로서 화학/에너지 다음으로 작다. 그러나 나머지 기계/금속중공업, 건설/토목, 식품/음료/서비스는 평균이 약 2.5개로서 비슷한 것을 확인할 수 있다.

따라서 화학/에너지와 전기/전자를 한 그룹으로 하고, 나머지 업종을 다른 그룹으로 분류하여 두 그룹 사이에 경부적합 수가 유의한 차이가 있는지를 보기 위하여 2 표본 t-검정을 실시하였다.

두 그룹의 등분산 검정통계량인 Levene 통계량의 p-value가 0.001로서 등분산의 가정을 만족하지 못하므로 Satterthwaite 방법으로 계산한 자유도를 활용하여 t-검정 통계량으로 두 그룹의 유의성 검정을 하였고 그 결과 p-value가 0.007로서 화학/에너지와 전기/전자의 그룹이 나머지 업종의 그룹보다 경부적합 수의 평균이 유의하게 작음을 확인할 수 있었다. <Figure 5>는 2 표본 t-검정 결과, 각

그룹의 경부적합 수의 상자그림을 나타낸다. 여기서 1은 기계/금속중공업, 건설/토목, 식품/음료/서비스의 업종을 합한 99개 업체들의 그룹으로서 경부적합 수의 평균값은 2.51개이고, 2는 전기/전자, 화학/에너지를 합한 26개 업체들의 그룹으로서 경부적합 수의 평균값은 1.73개로서 현저한 차이가 있음을 확인하였다.

이것은 화학/에너지와 전기/전자 업종은 기계/금속중공업, 건설/토목, 식품/음료/서비스의 업종과는 차별되게 고도의 기술이 집약된 장치산업으로서 숙련된 작업자의 관리를 통한 매우 체계적이고도 효율성을 요구하는 연속공정의 작업이 진행되므로 개정 규격의 품질경영시스템을 운용할 때 매우 엄격하게 관리하여 경부적합 수가 평균 2개를 넘지 않은 것으로 판단된다. 특히 화학/에너지 업종에서는 품질경영 뿐만이 아니라 기업운영에서 사고가 발생할 기업 내의 인명사고 뿐만 아니라 기업인근의 지역전체에 치명적인 영향을 줄 수 있는 대형 사고로 이어질 수 있기 때문에 일상적으로 품질과 함께 안전관리와 연계된 리스크 관리가 매우 철저하기 이루어지는 것으로 추론할 수 있다.

5. 결 론

품질경영시스템 ISO 9001:2015는 2015년 9월 15일 개정되었고 기업들은 3년간의 유예기간동안 개정규격으로 전환심사를 받았다. 인증기관인 LRQA로부터 2015년 9월 15일 이후 2018년 1월까지 약 28개월간 ISO 9001:2015의 전환심사를 받은 135개 업체들을 대상으로 전환심사 시 발견된 경부적합 수를 수집하였다. 수집한 심사 자료를 전환심사의 종류, 기업의 규모(연매출액) 및 업종별 분포를 알아보았고, 개정 규격의 7개절인 조직상황, 리더십, 기획, 지원, 운용, 성과평가, 개선에서 발견된 경부적합 수의 분포를 정리하였다. 이후 더욱 구체적인 분석을 위하여 심사의 종류, 기업의 규모, 업종에 따라 경부적합 수에 유의한 차이가 있는지 통계적으로 분석하고 그 결과의 시사점을 정리하였다.

우선 전체적인 경부적합 수의 분석결과, 리스크 기반 사고에 근거한 개정 규격에서 가장 많이 경부적합 수가 발견된 절은 4. 조직상황, 9. 성과평가, 6. 기획 순이었다. 특히 이 절들은 리스크가 가장 많이 포함된 절이므로 Kim et al.[12]의 연구에서 제시한 리스크 기반사고의 개념과 관리의 구체적인 도입방안이 개정 규격의 운용·활용에 유용하리라 판단된다.

심사종류에 따라 어느 정도 유의한 경부적합 수의 차이가 나타났고 별도 전환심사를 받은 기업이 가장 낮은 경부적합 수를 보였다. 따라서 이미 개정규격으로 인증

획득을 하였을지라도 향후 자체적인 내부 심사와 정기적인 외부 심사자의 사후관리심사에서도 4. 조직상황과 9. 성과평가에 대해서는 새로운 전환심사를 받는다는 자세로 심사에 대비해야 함을 시사하는 것으로 판단된다.

기업규모에 따라서는 현저한 경부적합 수의 유의한 차이를 확인하였고 기업규모가 클수록 경부적합 수가 작게 나타났다. 즉, 연매출액이 120억 이하의 소기업은 개정규격 가운데서도 특히, 4. 조직상황, 5. 리더십, 6. 기획, 7. 지원에서 발견되는 경부적합 수를 줄이기 위한 CEO의 적극적인 지원과 교육훈련의 필요성을 시사한다.

기업의 업종에 따라서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 전기/전자와 화학/에너지 업종을 통합한 그룹이 나머지 그룹에 비하여 현저하게 작은 경부적합 수를 보였다. 이는 화학/에너지와 전기/전자 업종은 타 업종과는 달리 대규모이면서 고도의 기술이 집약된 장치산업으로서 숙련된 작업자의 체계적인 연속공정의 작업이 진행되어 개정 규격의 품질경영시스템에서 현저히 경부적합 수가 작게 나타났으므로 타 업종은 이들의 체계적이고 일관성있는 품질경영시스템 유지가 배울 점으로 시사하는 것으로 판단된다.

ISO 9001:2015 인증을 획득한 기업은 앞으로 내부 심사와 정기적인 사후관리를 해야 하고 운용중인 품질경영시스템을 더욱 잘 유지·관리하기 위해서 본 연구에서 분석한 결과와 시사점을 활용하여 다음의 지속적인 노력을 제안한다 :

- 조직 내·외부 이슈의 파악과 파악된 이슈들에 대한 정보를 모니터링하고 검토하여야 한다.
- 리스크 및 기회 조치에 대한 효과성을 평가할 수 있는 정량화된 분석이 요구되고, 이의 적합성 여부가 내부심사를 통해 모니터링 되고, 최고 경영자가 주관하는 경영검토에서 다루어져야 한다.

향후 연구로서는 다양한 인증기관에서 심사한 국내외 업체들의 심사 자료에 인증동기, 최고 경영자 형태(전문경영인 또는 오너경영인), 품질경영부서의 인원 수 또는 경력, 업체에서 관리하는 KPI의 개수 등의 자료를 함께 수집하여 다양한 분석으로 개정규격과 기업특성 변수들의 관련성을 밝히는 연구가 필요하리라고 판단된다.

Acknowledgement

This research was supported by the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science and ICT(NRF-2017R1E1A1A03070473).

References

- [1] British Standard Institution Korea, www.bsigroup.com/ko-KR/ohsas18001.
- [2] Cai, S. and Jun, M., A Qualitative Study of the Internalization of ISO 9000 Standards : The Linkages among Firms' Motivations, Internalization Processes, and Performance, *International Journal of Production Economics*, 2018, Vol. 196, pp. 248-260.
- [3] Dellana, S. and Kros, J., ISO 9001 and Supply Chain Quality in the USA, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2018, Vol. 67, No. 2, pp. 297-317.
- [4] Gotzamani, K.D. and Theodorakioglou, G.D., A Longitudinal Study of the ISO 9000(1994) Series' Contribution towards TQM in Greek Industry, *The TQM Magazine*, 2006, Vol. 18, No. 1, pp. 44-54.
- [5] International Organization for Standardization, www.iso.org/tc176/sc02/public.
- [6] ISO 14001:2015 Environmental Management Systems-Requirements, ISO, 2015.
- [7] ISO 14971:2007 Medical devices-Application of risk management to medical devices, ISO, 2007.
- [8] ISO 31000:2009 Risk Management-Principles and Guidelines, ISO, 2009.
- [9] ISO 31010:2010 Risk Management-Risk Assessment Techniques, ISO, 2010.
- [10] ISO 9001:2015 Quality Management Systems-Requirements, ISO, 2015.
- [11] Kartha, A.F., A Comparison of ISO 9000:2000 Quality System Standards, QS 9000, ISO/TS 16949 and Baldrige Criteria, *The TQM Magazine*, 2004, Vol. 16, No. 5, pp. 331-340.
- [12] Kim, H.G., Kang, B.H., and Park, D.J., A Fundamental Concept of Risk-Based and Risk Management for ISO 9001:2015 Certification, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2017, Vol. 40, No. 3, pp. 30-48.
- [13] Kim, H.G., Kang, B.H., and Park, D.J., Counterplan of Manufacturers in accordance with ISO 9001:2015 Revision Conversion, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2016, Vol. 39, No. 3, pp. 71-82.
- [14] KS Q ISO 9001:2015 Quality Management Systems-Requirements, 2015.
- [15] Lloyd's Register Quality Assurance Ltd., www.lr.org.
- [16] Park, D.J., Kang, B.H., and Kim, H.G., An Empirical Study of ISO 9001:2008 Surveillance Audits : Focused on Subcontractors of Shipbuilding Industry, *Journal of Korea Management Engineers Society*, 2011, Vol. 16, No. 3, pp. 145-158.
- [17] Park, D.J., Kim, H.G., Kang, B.H., and Jung, H.S., Business Values of ISO 9000:2000 to Korean Shipbuilding Machinery Manufacturing Enterprises, *International Journal of Quality and Reliability Management*, 2007, Vol. 24, No. 1, pp. 32-48.
- [18] Psomas, E.L., Pantouvakis, A., and Kafetzopoulos, D.P., The Impact of ISO 9001 Effectiveness on the Performance of Service Companies, *Managing Service Quality*, 2013, Vol. 23, No. 2, pp. 149-164.
- [19] *The Enterprise of Middle Standing Promote Growth and Competitiveness Reinforcement Special Act* No. 14839, 2017.
- [20] *The Minor Enterprise Act* No. 15681 and *The Minor Enterprises Act Enforcement Ordinance* No. 28560, 2018.

ORCID

Dong Joon Park | <http://orcid.org/0000-0003-0554-1378>Min Yoon | <http://orcid.org/0000-0002-6124-9163>Byung Hwan Kang | <http://orcid.org/0000-0002-7423-0015>Ho Gyun Kim | <http://orcid.org/0000-0002-7695-3348>