

교정 및 측정능력(CMC)이 한국의 무역에 미치는 영향에 관한 실증분석

박주근* · 한성** · 박종선***

<목 차>

- I. 서론
- II. CMC와 무역기술장벽(TBT)의 관계
- III. 기존연구 검토 및 분석모형
- IV. 실증분석 결과 및 모형설정 오류점검
- V. 결론 및 시사점

국문초록 : 1995년 WTO 체제가 출범한 이후 전통적인 무역장벽 이외에 기술규정, 표준 및 적합성평가절차 등과 같은 비관세 기술장벽이 국가 간 교역의 중요한 이슈로 대두되었다. 본 연구는 무역기술장벽의 제거에 필요한 기술기반을 마련하기 위하여 국가측정표준기관(NMIs) 간에 체결된 국제도량형위원회 상호인정협정(CIPM MRA)의 이행이 한국의 교역에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 분석하였다. 국가측정표준의 동등성에 관한 자료인 CMC를 대용변수(proxy)로 중력모형을 활용하여 실증분석한 결과, CMC는 한국의 교역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 소득이 높은 국가의 CMC가 낮은 국가에 비하여 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 우리나라와 같이 무역의존도가 높은 국가의 경우, 공공재로 인식되고 있는 국가측정표준의 확립과 향상을 위하여 지속적인 자원투입을 하는 것이 경제성장에 중요한 역할을 할 수 있다는 점을 시사한다.

주제어 : 무역기술장벽, CIPM MRA, CMC, 중력모형

* 한국표준과학연구원 책임연구원, 교신저자 (jkpark@kriss.re.kr)

** 한국표준과학연구원 선임연구원 (seonghan@kriss.re.kr)

*** 한국표준과학연구원 책임연구원 (jspark@kriss.re.kr)

A Empirical Study about the Impact of the Calibration and Measurement Capability(CMC) on Korean Trade

Jookeun Park · Seong Han · Jongseon Park

Abstract : With the advent of the WTO system in 1995, non-tariff barriers including technical barriers to trade(TBT) has become one of the important issues in world trade order. The purpose of this study is to analyse an impact of the calibration and measurement capabilities(CMC), the degree of equivalence of national measurement standards which is maintained by NMIs to provide governments with a technical foundation for wider agreements related to international trade. The results of the analysis using the gravity model with the proxy of the CMC shows that the CMC has a positive impact on Korean trade. Particularly, it was estimated that the CMC registered by high-income economies has more impact on Korean trade than those by low income economies. This implies that the countries highly dependent upon foreign trade like Korea need to have much more interest in the investment into measurement standards and science which is generally considered to be a public goods.

Key Words : Technical barriers to trade, CIPM MRA, CMC, Gravity model

I. 서론

GATT 체제하에서 복수국간 협정으로 출발한 무역기술장벽협정(Agreement on Technical Barriers to Trade)¹⁾은 1995년 WTO의 출범과 함께 모든 회원국이 준수 의무를 갖는 다자간 무역협정으로 발효되었다. 이러한 변화는 표준, 기술규정, 적합성평가절차와 같은 비관세 기술장벽이 세계적인 무역자유화에 장애가 되고 있음을 반증하는 것이기도 하다. TBT협정은 각국에서 제정하여 운용하고 있는 표준, 기술규정 및 적합성평가절차가 국가 간 교역에서 불필요한 장애가 되지 않도록 회원국이 취하여야 할 조치를 규정하고 있다. 이와 같은 조치의 핵심은 조화와 투명성의 원칙에 기초하고 있는바, 이는 회원국이 국제표준에 기초하여 표준이나 기술규정 및 적합성평가절차를 마련하여야 하며, 국제표준에서 일탈하거나 인간·동식물의 생명과 건강 등의 합법적 목적을 달성하기 위해서 필요한 예외적인 경우에는 관련 기술규정이나 표준을 적용하기 전에 다른 회원국들이 인지하고 수용할 수 있도록 공개해야 한다는 것을 의미한다.

TBT협정의 이행과 국가 간 무역기술장벽 관련협정의 체결에 필요한 과학기술 기반을 제공하기 위하여 각국의 국가측정표준기관(national metrology institutes, NMIs)²⁾은 지난 1999년 국제도량형위원회(International Committee of Weights and Measures, CIPM)가 마련한 ‘국가측정표준과 국가측정표준기관이 발행한 측정 및 교정성적서의 상호 인정(Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes)’³⁾협정을 체결한 바 있다. CIPM MRA는 국가측정표준과 측정/교정성적서의 상호 인정을 위한 이행방안으로 동 협정서에 참여하는 NMIs에 대하여 (i) 국가측정표준에 대한 상호비교 실시와 (ii) 국제표준에 부합하는 품질시스템을 확립하도록 요구하고 있는데, 이는 각국의 NMIs가 확립하여 유지하고 있는 교정 및 측정능력(calibration and measurement capabilities, CMC)의 국제적 선언에 필요한 사전 요건이기도 하다.

1) 이하 ‘TBT협정’이라 한다.

2) 선진국을 포함한 세계의 거의 모든 나라는 산업발전과 국민의 삶의 질 향상에 필요한 기술기반을 마련하기 위하여 국가측정표준을 확립하고 보급하는 역할을 담당하는 과학기술 연구기관을 두고 있는데, 이를 국가측정표준기관(NMIs)이라 한다. 우리나라의 경우에는 한국표준과학연구원 이 이에 해당한다.

3) 이하 ‘CIPM MRA’라 한다. 2017년 1월 현재 98개국 102개의 NMIs와 IAEA를 포함하여 4개의 국제기구가 CIPM MRA에 서명하였으며, 협정서 이행을 위한 다양한 활동에 참여하고 있다.

일정한 형식의 틀에 맞추어 자료의 형태로 생산되는 CMC는 국제도량형국(International Bureau of Weights and Measures, BIPM)⁴⁾에서 관리하고 있는 DB(BIPM KCDB)에 등재되며, 국가측정표준의 상호비교와 품질시스템의 점검 결과에 기초하여 보완 및 개정이 되고 있다. 따라서 CMC는 NMIs가 발행한 측정 및 교정성적서의 상호인정을 통하여 무역기술장벽을 완화하는데 기여할 뿐만 아니라, 각국의 표준, 기술규정 및 적합성평가절차에 관한 국제적인 수용성을 과학기술적으로 뒷받침하는 매우 중요한 역할을 하기도 한다.⁵⁾

하지만 CMC가 국가 간 무역기술장벽을 제거하는데 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 국내·외의 실증연구는 지금까지 수행된 바가 없다. 물론, 행정문서로서의 표준이나 기술규정이 무역에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서는 비교적 다양한 연구가 이루어진 바 있으나, CIPM MRA의 이행을 위하여 측정과학기술 분야에서 추진되고 있는 CMC를 대상으로 분석한 실증연구는 찾을 수 없다.

이러한 배경을 토대로 본 연구는 CIPM MRA의 이행을 위하여 BIPM KCDB에 CMC를 등재한 57개국을 대상⁶⁾으로, 이들 국가의 CMC가 한국무역에 어떠한 영향을 미치는 지에 대하여 중력모형을 활용하여 검증하고자 하는 것을 목적으로 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 I 장은 서론으로 연구를 수행하게 된 배경과 연구의 필요성 및 연구목적을 서술하였다. 제 II 장에서는 CMC의 개념과 의의를 살펴보고 CMC가 무역기술장벽과 어떠한 관계에 있는지에 대하여 설명하였다. 제 III 장에서는 표준, 기술규정 및 적합성평가절차 등 무역기술장벽의 핵심요소가 국가교역에 미치는 영향과 측정과학기술 분야의 경제적 효과에 관한 기존연구를 검토하였다. 또한, 연구모형을 제시하고 분석자료의 출처에 대하여 설명하였으며, 분석 대상이 되는 자료에 대한 개괄적인 분석 결과도 제시하였다. 제 IV 장은 본 연구의 핵심이 되는 부분으로, CMC가 한국무역에 미치는 영향에 대하여 실증 분석한 연구결과를 제시하였다. 아울러 실증분석을 위하여 활용한 연구모형의 오류를 점검하였다. 마지막으로 제 V 장에서는 연구의 결과를 요약하고 시사점 및 본 연구의 한계에 대하여 기술하였다.

4) BIPM은 세계적인 측정체계의 구현 및 개선과 측정표준에 관한 연구활동을 국제적으로 조정하는 국제기구이며, 이에 관한 의사결정을 수행하는 CIPM의 사무국 역할을 담당하고 있다.


5) 이와 같은 맥락에서, 예컨대 한·미 FTA에서는 무역기술장벽의 적용범위(Chapter 9, Article 9.2)에 표준, 기술규정, 적합성평가절차뿐만 아니라 측정과학(metrology)을 포함하고 있다. 또한 한·중 FTA(Chapter 6, Article 6.8)와 한·EU FTA(Chapter 4, Article 4.3)에서도 무역기술장벽의 개선을 위한 협력 분야로 측정과학을 포함하고 있다.

6) 분석대상 국가를 포함한 자료에 대하여는 '3.2.2 자료출처 및 분석'에서 자세히 설명하였다.

II. CMC와 무역기술장벽(TBT)의 관계

1. CMC의 개념과 의의

CIPM MRA는 CMC를 “통상적으로 고객에게 제공되는 95 % 신뢰의 수준으로 표현된 최고 수준의 교정 또는 측정능력(the highest level of calibration or measurement normally offered to clients, expressed in terms of a confidence level of 95 %)”⁷⁾으로 정의하고 있다. 이처럼 개념적으로 정의된 CMC는 <그림 1>에서와 같이 측정량, 측정범위, 측정조건, 불확도⁸⁾ 등을 포함하는 문서의 형태로 구체화된다.

Electricity and Magnetism, Republic of Korea, KRISS (Korea Research Institute of Standards and Science) 

Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty							
Quantity	Instrument or Artifact	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?	Uncertainty matrix	NMI service identifier	Comments
DC voltage sources: single values	Standard cell, solid state voltage standard	Null balance, difference measurement	1	10	V	Output voltage	1V, 1.018 V, 10 V	5.5 to 300	nV/V	2	95%	Yes	Mx1.1.1	1.1.1	Approved on 10 November 2014
DC voltage sources: low values	Multifunction calibrator	Comparison with resistively divided voltage	1.00E-05	10	V			0.05 to 10	µV	2	95%	No	Mx1.1.2	1.1.2	Approved on 10 November 2014
DC voltage sources: intermediate values (> 10 V to 1100 V)	Multifunction calibrator	Comparison with resistively divided voltage	10	1000	V			2	µV/V	2	95%	Yes		1.1.3	Approved on 10 November 2014
DC voltage meters: intermediate values	Multimeter, DC voltmeter	Calibrator	0.001	1000	V			1.5 to 700	µV/V	2	95%	Yes	Mx1.2.2	1.2.2	Approved on 10 November 2014
DC voltage ratios: up to 1100 V	Resistive divider	Potentiometry	0.01	1		Maximum input voltage	1 kV	0.2	µV/V	2	95%	Yes		1.3.1	Approved on 10 November 2014

<그림 1> BIPM의 DB에 등재된 CMC 예시 (전기전자 분야)

CMC가 BIPM KCDB⁹⁾에 등재되기 위해서는 관련문서 작성 전에 수행하여야 할 연구 활동에 많은 시간과 노력이 소요될 뿐만 아니라 복잡한 절차를 거쳐야 한다.¹⁰⁾ 예를 들어, 각국의 NMIs는 관련 국가측정표준의 측정값에 대한 동등성 여부를 확인하는 국제비

7) CIPM MRA의 ‘Glossary of terms in the arrangement’

8) 불확도(uncertainty)는 측정과학에서 매우 중요하게 다루어지고 있는 분야이다. 국제측정학용 어집(International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM - JCGM 200:2012)은 불확도를 “사용된 정보를 기초로 하여, 측정량에 대한 측정값의 분산 특성을 나타내는 음이 아닌 파라미터(non-negative parameter characterizing the dispersion of the quantity values being attributed to a measurand, based on the information used)”로 정의하면서 여러 가지 고려해야 할 사항들에 대하여 기술하고 있지만, 본 연구의 목적상 측정값의 분산 정도로 이해해도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

9) BIPM KCDB는 CIPM MRA의 공식적인 부속문서(Appendix C)이다.

10) CMC를 KCDB에 등재하기 위한 절차는 CIPM에서 발행한 문서인 ‘Calibration and Measurement Capabilities in the context of the CIPM MRA (CIPM MRA-D-04)’에 자세히 설명되어 있다.

교를 수행하고 그 결과보고서를 제출하여야 하며, 국제표준인 ISO/IEC 17025¹¹⁾에 부합하는 품질시스템을 확립하여 유지하고 있다는 사실을 증빙하여야 한다. 각국이 보유한 최고 수준의 측정능력이 CMC를 통해 국제적으로 공개선언된다는 의미에서 본다면 많은 시간과 노력을 통한 검증의 필요성이 인정되지만, 최근에는 이와 같은 문제를 해결하고 CMC 등재절차를 보다 더 효율적으로 개선하기 위하여 CIPM을 중심으로 NMIs 간에 활발한 논의가 이루어지고 있다.

CMC는 국가 간 교역에서 요구되는 제품의 성능이나 특성에 대한 측정값의 신뢰성을 보장할 수 있는 과학기술적인 근거로 활용된다. 따라서 CMC와 같이 공인된 교정 및 측정능력을 확보하지 못한 국가에서 생산된 제품은 품질측정 결과를 신뢰할 수 있는 과학기술적인 근거가 빈약하기 때문에 국제적으로 수용되는데 한계가 있다. 특히, 제품의 성능과 특성을 결정하는데 중요한 역할을 하는 적합성평가절차¹²⁾는 측정능력에 대한 신뢰성에 기초하는데, 이러한 이유에서 WTO는 측정과학(metrology)을 적합성평가절차를 확립하는데 필요한 기술적 선행요건으로 보고 있다.¹³⁾

한편, 의료, 환경, 보건 등의 분야에서 정부가 규제와 관련한 기술규정을 마련하는데 있어서도 CMC는 중요한 역할을 한다. 왜냐하면 측정과학기술에 기초하지 않은 정부의 규제가 국가 간 교역에 적용되는 경우에 피해당사국은 이를 무역기술장벽으로 인식할 수 있기 때문이다. 이러한 관점에서 국제무역에 직·간접적으로 영향을 미치는 위생 및 검역조치에 대하여 적용되고 있는 과학적 근거주의에 기초한 WTO의 위생검역협정(Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures)에도 CIPM MRA가 충분한 기여를 할 수 있는 것으로 보고 있다.¹⁴⁾

11) ISO/IEC 17025(General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)는 시험 및 교정기관이 갖추어야 할 능력에 관한 일반적인 요구사항을 기술하고 있는 국제지침서이다.

12) 적합성평가절차는 기술규정이나 표준의 관련 요구조건을 충족시키는지 여부를 결정하기 위하여 직·간접적으로 사용되는 절차를 의미하며, 시험, 검사, 평가, 검정, 인정, 인증 등에 관한 절차를 말한다.

13) WTO (2012), *World Trade Report 2012, Trade and public policies: A closer look at non-tariff measures in the 21st century*, World Trade Organization.

14) BIPM (2007), *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, Bureau International des Poids et Mesures. WTO의 상품무역에 관한 13개 다자간 협정 중 위생검역협정도 TBT협정 이외에 무역기술장벽을 다루고 있는 협정의 하나이다.

2. CMC와 TBT의 관계

앞서 언급한 바와 같이, TBT협정은 표준, 기술규정, 적합성평가절차가 국제무역에 필요한 장벽으로 작용하지 않도록 회원국이 적절한 조치를 취할 것을 요구하고 있다. WTO는 이러한 요구사항의 이행방법으로 조화, 투명성 및 적합성평가 결과의 상호인정을 제시하고 있는바, 조화의 원칙은 국제표준에 기초하여 자국의 표준, 기술규정, 적합성평가절차를 채택하도록 하는 것이다. 또한 회원국이 국제표준의 준비와 채택에 참여하도록 권고하고 있으며, 국제표준에 기초한 경우에는 다른 회원국의 표준, 기술규정 및 적합성평가절차를 수용하도록 하고 있다.

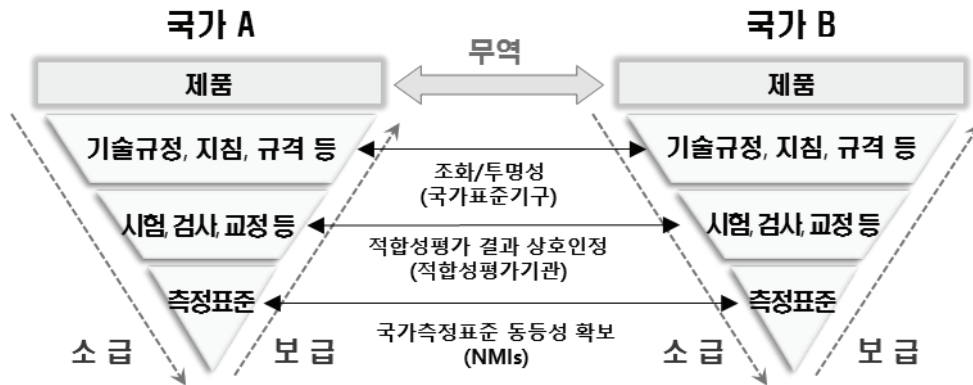
한편, 관련 국제표준이 존재하지 않거나 국제표준의 기술적 내용과 일치하지 않는 표준, 기술규정, 적합성평가절차를 채택하는 회원국은 이를 관련제품과 함께 사전에 WTO 사무국을 통하여 각 회원국에게 통보하여야 하는데, 이러한 통보요건은 각국이 무역과 관련된 기술장벽에 대하여 투명성을 확보하도록 하기 위한 조치이다. 또한 다른 회원국의 적합성평가절차가 자국과 다르다 할지라도 그 결과가 기술규정과 표준에 부합하는 경우에는 이를 수용하도록 요구하고 있다.¹⁵⁾ 다만 적합성평가 결과의 상호인정을 위해서는 시험, 검사, 인정, 인증 등을 수행하는 기관이 적절하고 지속적인 기술능력을 갖추고 있는지에 대해 검증하여야 하므로, 이에 관한 회원국 간 협의의 필요성을 강조하고 있다.

시험이나 검사 등을 수행하는 적합성평가기관의 기술능력에 대한 입증은 해당기관이 국제표준기구에서 발표한 관련지침이나 권고사항을 적절히 준수하고 있는지에 대한 확인을 통하여 가능한데, 이들 기관이 보유한 측정기기와 관련해서는 ISO/IEC 17025에 따라 국가측정표준을 통하여 측정소급성(metrological traceability)¹⁶⁾을 확보하여야 한다. 측정소급성이란 산업체 전반에 사용되는 측정기기는 국가에서 공인한 교정기관을 통하여 교정을 받아야 하며, 공인교정기관이 산업체에 교정서비스를 제공하기 위하여 보유한 표준기급의 측정기기는 국가측정표준기관을 통하여 교정을 받아야 하는 것을 의미한다. 따라서 측정소급성은 국가적인 교정체계를 필요로 하며, 대부분의 국가는 산업체, 공인교정기관, 국가측정표준기관으로 이어지는 국가교정체계를 구축하여 운영하고 있다.

15) TBT협정 Article 6

16) VIM은 측정소급성(metrological traceability)을 “문서화된 끊어지지 않은 교정의 사슬을 통하여 기준과 관련되도록 하는 측정결과 특성(property of a measurement result whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations)”로 정의하고 있다.

측정소급성을 확보하기 위한 국가교정체계의 운영은 궁극적으로 산업체에서 수행하는 측정결과의 신뢰성을 보장하기 위한 것이다. 왜냐하면 수출국 제품의 특성이나 품질에 대한 측정결과를 신뢰할 수 없다면 수입국은 자국의 적합성평가기관에서 수행한 측정결과를 중복으로 요구할 수밖에 없게 되고, 이는 국제교역 시 명백한 기술장벽으로 작용하기 때문이다. 이때 적합성평가 결과에 영향을 미치는 측정의 신뢰성은 각국에서 최고의 측정능력을 갖는 NMIs가 선언한 CMC에 상당부분 의존한다. 즉, CMC는 한 국가에서 수행할 수 있는 최고 수준의 측정능력에 관한 데이터로서, 산업체에서 수행하는 측정결과의 신뢰성을 담보할 수 있는 과학기술적 기반을 제공하기 때문에 무역기술장벽을 제거하는데 기여한다.



<그림 2> CMC와 TBT의 관계

Ⅲ. 기존연구 검토 및 분석모형

1. 기존연구 검토

해외에서는 표준, 기술규정 및 적합성평가절차로 대표되는 무역기술장벽이 국가 간 교역에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 실증연구가 지금까지 비교적 여러 차례 수행된 바 있다. 예컨대 이 분야의 선도적인 실증분석이라 할 수 있는 Swann, P., P. Temple and M. Shurmer(1996)는 영국의 무역데이터를 활용하여 비가격경쟁이익과 가격경쟁불

이익의 관점에서 표준의 조화가 무역에 미치는 영향을 연구하였으며, Thilmany, D. and C. Barrett(1997)은 부분균형모형에 입각하여 식품분야에서 규제가 무역에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 Moenius, J.(2004)는 제품과 공정에 적용되는 국가고유표준에 대한 무역장벽효과를 분석한 바 있다. 이외에도 Otsuki, T., J. Wilson and M. Sewadeh (2001), Essaji, A.(2006) 등이 관련 실증연구를 수행한 바 있지만 이들의 연구는 행정문서로서의 표준이나 기술규정 건수를 실증분석의 대상으로 한 것이다.

과학기술 분야의 관점에서 무역기술장벽에 미치는 영향을 분석한 해외의 논문도 일부 찾아볼 수 있다. 예를 들어 Blind, K.(2001), Beges, G., J. Drnovsek and L. Pendrill (2010), Usuda, T. and A. Henson(2012) 등이 있다. Blind, K.(2001)는 Swann, P., P. Temple and M. Shurmer(1996)의 초기 연구를 보다 진전시켜 측정 및 시험제품의 분야에서 혁신으로 상징되는 특허와 기술표준이 스위스와 독일, 프랑스 및 영국과의 양자무역에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 회귀분석하였다. 1980년~1995년 간의 패널데이터를 활용하여 공급자, 산업내 무역, 수요자의 관점에서 무역에 미치는 영향을 분석한 결과, 특허와 표준스톡(standards stocks)은 3국에 대한 스위스의 수출에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 누적된 국제표준은 스위스의 수입과 무역을 촉진하는데 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석되었다. 또한 국가고유의 표준조차도 산업내 무역을 촉진하는 효과를 갖는 것으로 나타났다.

한편 Beges, G., J. Drnovsek and L. Pendrill(2010)는 CMC의 측정불확도를 활용하여 어떻게 경제적인 의사결정을 할 것인지에 대하여 분석하였다. 이들은 높은 정밀도의 CMC를 유지하고 향상시키기 위해 소요되는 비용과 낮은 수준의 CMC로 인한 제품의 품질저하로 소비자가 입을 수 있는 피해비용을 동시에 고려하여, 최적의 목표 측정불확도(target measurement uncertainty)를 설정하는 것이 적합성평가 분야에서 경제적 의사결정을 하는데 기여할 수 있음을 제시하였다. 이 연구는 과학기술 차원의 CMC를 활용한 경제적 의사결정을 분석한 논문이라는 측면에서 중요한 의미를 가지고 있으나, 국제교역과 관련한 측정표준의 역할을 다룬 논문과는 성격이 다르다고 할 수 있다.

마지막으로 Usuda, T. and A. Henson(2012)은 분포함수에 기초하여 측정표준의 동등성(equivalence)이 갖는 경제적 효과를 정량적으로 추정하였다. 이들의 연구는 공공재(public goods) 성격의 측정표준이 경제적으로 어떠한 영향을 갖는지에 대하여 거시적으로 분석한 기존연구의 관점에 대한 비판적 접근에서 출발한다. 이에 대한 대안으로 제품의 품질이 갖는 분포곡선에서, 수출입 당사국 간에 측정표준의 차이로 인해 품질기준에 적합한 제품이 통관거절로 인해 발생하는 손실 또는 품질기준에 적합하지 않은 제품을

수출하지 못함으로써 발생하는 손실에 대한 경제적 가치를 산출하는 방법을 채택하고 있다. 이 방법에 기초하여 일본이 수출하는 분석저울을 사례로 경제적 효과를 분석한 결과, 상대 수입국과 측정표준의 차이가 0.5 mg인 경우 약 20억원(197백만엔)의 경제적 손실이 발생하지만 오차가 2 µg로 줄어들면 약 1,300만원(1.30백만엔)으로 경제적 손실이 감소한다고 추정하였다. 아울러 잘못된 측정결과로 인해 발생할 수 있는 공급자와 수요자의 경제적 손실도 추정하였는데, 백금을 수입하는 일본의 경우 측정오차가 0.50 mg인 경우 약 27억원(USD228,600)의 손실이 발생하고 측정오차가 0.05 mg로 줄어들면 약 300만원(USD2,500)으로 손실이 감소한다고 예측하였다.

국내에서도 제한적이긴 하지만 일부 표준과 관련한 실증연구가 수행된 바 있다. 이탁·윤기관(2012)는 중력모형을 이용하여 농약잔류허용기준(Maximum Residue Limits)이 농산물 수출에 미치는 영향을 분석하였다. 연구결과, EU, 일본, 미국, 한국 등 농산물 수입국가가 클로르피리포스표준을 10% 감소시키면 마늘, 양파, 시금치의 수출이 각각 6.5%, 7.7%, 15.6% 감소하기 때문에 선진국이 부과하는 식품안전표준이 비관세 장벽으로 작용할 수 있음을 보이고 있다. 또한, 장용준·서정민(2014)는 Arellano-Bond 추정량을 기본모형으로 우리나라 최대 교역국인 미국, EU, 일본, 중국 등 4개국의 패널데이터(1995~2009년)를 사용하여 WTO 사무국에 통보된 표준 및 기술규정 건수가 한국의 수출 및 수입에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대하여 회귀분석하였다. 이들의 연구는 TBT가 단기적으로는 한국의 무역에 부정적인 영향을 미쳤으나 장기적으로는 긍정적인 영향으로 전환되었음을 확인하였다. 또한 산업경쟁력이 높거나 비교우위에 있는 국내 산업의 경우 TBT의 부정적인 효과가 상대적으로 작게 나타났으며, 기계나 운송기기와 같은 기술집약도가 높은 산업의 경우에는 TBT의 부정적인 효과가 다른 산업에 비해 상대적으로 더 큰 것으로 나타났다.

이 외에도 류한열·성열용·김재덕·김혁중(2015)은 FTA TBT가 수출에 미치는 효과에 대하여 중력모형을 통하여 분석하였으며, 이와 함께 제품의 질에 따른 수직적 표준과 제품의 특성에 따른 수평적 표준이 사회후생에 어떠한 영향을 미치는 지에 대하여 연구하였다. 또한, 박주근(2010)은 표준의 투명성 이행조치가 한국무역에 미치는 영향을 분석하였다.

이상에서 살펴본 기존연구에 대해서는 다음의 <표 1>에 요약하였다. 기존의 선행연구는 행정절차의 결과물로서 표준스톡이나 WTO에 통보한 표준, 기술규정 및 적합성평가절차 등에 관한 TBT 통보문이 국제교역에 어떠한 영향을 미치는 지에 대하여 분석한 것이 대부분이다.

CMC나 측정표준의 동등성 등과 같이 과학기술적인 관점에서 접근한 일부 논문의 경우에도 국가 간 측정값의 불일치로 인해 발생할 수 있는 경제적 손실 가치를 미시적인 관점에서 연구하고 있다. 그러나 본 연구는 측정표준 분야에서 과학기술 활동의 연구결과로서 각국의 NMIs가 등재한 CMC가 한국의 무역에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 중력모형을 활용하여 좀 더 거시적인 관점에서 실증분석을 수행하였다는 점에서 기존의 연구와 차별성을 갖는다고 할 수 있다.

<표 1> 표준과 무역기술장벽에 관한 국내·외 주요 선행연구 요약

구분	저자	주요 내용	연구방법
국내	박주근 (2010)	표준의 투명성 이행조치가 한국무역에 미치는 영향 연구	실증분석 (중력모형)
	이탁 외 (2012)	선진국의 식품안전표준(농약잔류허용기준)이 농산물 수출에 미치는 영향 분석	실증분석 (중력모형)
	장용준 외 (2014)	미국, EU, 일본, 중국 등 4개국이 WTO 사무국에 통보한 표준 및 기술규정 건수가 한국의 수출·입에 미치는 영향 연구	Arellano-Bond 회귀분석
	류한얼 외 (2015)	FTA TBT가 수출에 미치는 효과 및 수직적 표준과 수평적 표준이 사회후생 미치는 영향 연구	실증분석 (중력모형)
국외	Swan, et al (1996)	영국과 독일의 표준제정건수 및 일치건수를 활용하여 표준 제정건수(standard stock)의 증가가 제품의 품질향상을 통한 비가격경쟁이익 강화와 무역촉진에 긍정적인 영향을 미치는 지에 대해 연구	실증분석 (중력모형)
	Thilmann, et al (1997)	표준과 같은 규제장벽이 식품과 관련한 국제무역과 경제후생에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 연구	실증분석 (부분균형모형)
	Blind (2001)	특허와 기술표준이 스위스와 독일, 프랑스 및 영국과의 양자 무역에 미치는 영향 연구	실증분석 (회귀분석)
	Moenius (2004)	제품의 공정에 적용되는 국가고유표준의 무역장벽 효과 연구	실증분석 (중력모형)
	Beges, et al (2010)	CMC의 측정불확도가 경제적인 의사결정에 미치는 영향 연구	실증분석 (결정이론)
	Usuda, et al (2012)	공공재 성격의 측정표준에 대한 동등성 확보가 갖는 경제적 효과에 대한 정량 분석	실증분석 (분포함수)

2. 연구모형 및 분석자료

2.1 추정식과 변수설명

실증분석을 위하여 본 연구에서는 이전의 유사한 연구와 같이 아래 (1)식의 중력모형을 이용하였다. Tinbergen, J.(1962)¹⁷⁾이 제안한 바 있는 중력모형은 계량경제 모형의 하나로 국가 간의 교역량이 국가의 경제규모에 비례하고, 일련의 무역행위에서 발생하는 거래비용의 증가로 국가 간 거리에 반비례한다는 기본개념에서 출발한다. 일반적으로 GDP가 국가경제규모를 나타내는 척도로 사용되지만 Linnemann, H.(1966)¹⁸⁾의 확장된 중력모형(augmented gravity model)에서는 인구수나 또는 1인당 GNP를 사용하기도 한다.

$$\ln(T_{ij}) = \alpha + \beta_1 \ln(S_i) + \beta_2 \ln(S_j) + \beta_3 \ln(D_{ij}) + \beta_4 \ln(A_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

T_{ij} : i국과 j국과의 교역규모

S_i : i국의 경제규모

S_j : j국의 경제규모

D_{ij} : i국과 j국간의 거리

A_{ij} : 양국 간 무역에 영향을 미치는 기타 요소

위의 (1)식에서 국가측정표준과 NMIs가 BIPM KCDB에 등재한 CMC 건수를 대응변수(proxy)로 포함하여 다음의 기본식을 도출하였다.

$$\ln(TRADE_{kj}) = \alpha + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

$TRADE_{kj}$: 한국과 j국과의 교역량

POP_j : 상대국 j의 인구수¹⁹⁾

17) Tinbergen, J.(1962), *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*, New York: The Twentieth Century Fund

18) Linnemann, H.(1966), *An Econometric Study of International Trade Flows*, Amsterdam: North-Holland

19) 추후에 자세히 설명하겠지만, 인구수를 경제규모의 척도로 사용한 또 다른 이유는 GDP를 활

$DIST_{kj}$: 한국과 상대국 j간의 거리
 CMC_j : 상대국 j의 KCDB CMC 등재수

각 설명변수의 예상부호는 다음과 같다. 인구수는 상대국의 시장규모를 의미하기 때문에 시장규모가 클수록 교역에 긍정적인 영향을 미칠 것이므로 β_1 은 양수(+)로 추정된다. 이에 반하여 국가 간의 거리는 운송비를 포함한 거래비용을 발생시켜 당사국 간 무역거래에 부정적인 영향을 미칠 것이므로 β_2 의 예상되는 부호는 음수(-)이다. 본 연구의 관심변수인 CMC는 무역기술장벽의 제거를 위한 과학기술적 기반을 제공하므로 β_3 는 양수(+)로 추정된다.

위의 식(2)에서, 우리나라와 FTA 협정을 체결한 국가의 경우에 양국 간 교역량에 중요한 영향을 미칠 것이기 때문에 FTA 관련변수를 더미변수로 추가하여 아래의 (3)식을 도출하였다.

$$\ln(TRADE_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

한국과 FTA 체결 여부를 나타내는 FTA_{kj} 는 더미변수에 해당하므로 2015년 말을 기준으로 발효 중이 FTA가 있는 상대국의 경우 1, 아닐 경우 0의 값을 가진다. FTA는 일반적으로 관세 및 비관세 장벽의 제거를 통한 국가 간 교역의 증대를 위하여 체결되므로 ϕ_1 는 양수(+)로 예상할 수 있다.

한편, CMC를 등재하기 위해서는 측정과학기술 및 측정표준 연구개발 활동에 많은 예산을 투입하여야 하므로, 선진국의 경우 개도국에 비하여 CMC 등재가 보다 용이할 것으로 예상되어 국가별 경제능력을 더미변수로 추가한 다음의 확장식에 대하여도 분석을 실시하였다.

$$\ln(TRADE_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \phi_2 ADVAN_j + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \beta_4 \ln(CMC_j) \times ADVAN_j + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

β_4 의 예상되는 부호를 통하여 추정할 수 있는 것은 고소득국가의 CMC 등재가 한국

용하는 경우에 발생하는 CMC와의 높은 상관관계(0.69) 때문이다. 이렇게 되면 다중공선성의 문제로 최량선형불편추정량(BLUE)을 유도할 수 없다.

과의 교역에 더 큰 영향을 미치는지 확인할 수 있다는 것이다. 만약 예상한 바와 같이 β_4 가 양(+)의 부호로 추정되면, 이들 국가의 CMC 등제가 소득이 낮은 국가에 비하여 상대적으로 우리나라와의 교역에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 마지막으로 CMC가 수출·입에 각각 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위하여 다음의 (5), (6), (7), (8)식을 각각 도출하였다.

$$\ln(EXP_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

$$\ln(EXP_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \phi_2 ADVAN_j + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \beta_4 \ln(CMC_j) \times ADVAN_j + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

$$\ln(IMP_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

$$\ln(IMP_{kj}) = \alpha + \phi_1 FTA_{kj} + \phi_2 ADVAN_j + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \beta_3 \ln(CMC_j) + \beta_4 \ln(CMC_j) \times ADVAN_j + \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

2.2 자료출처 및 분석

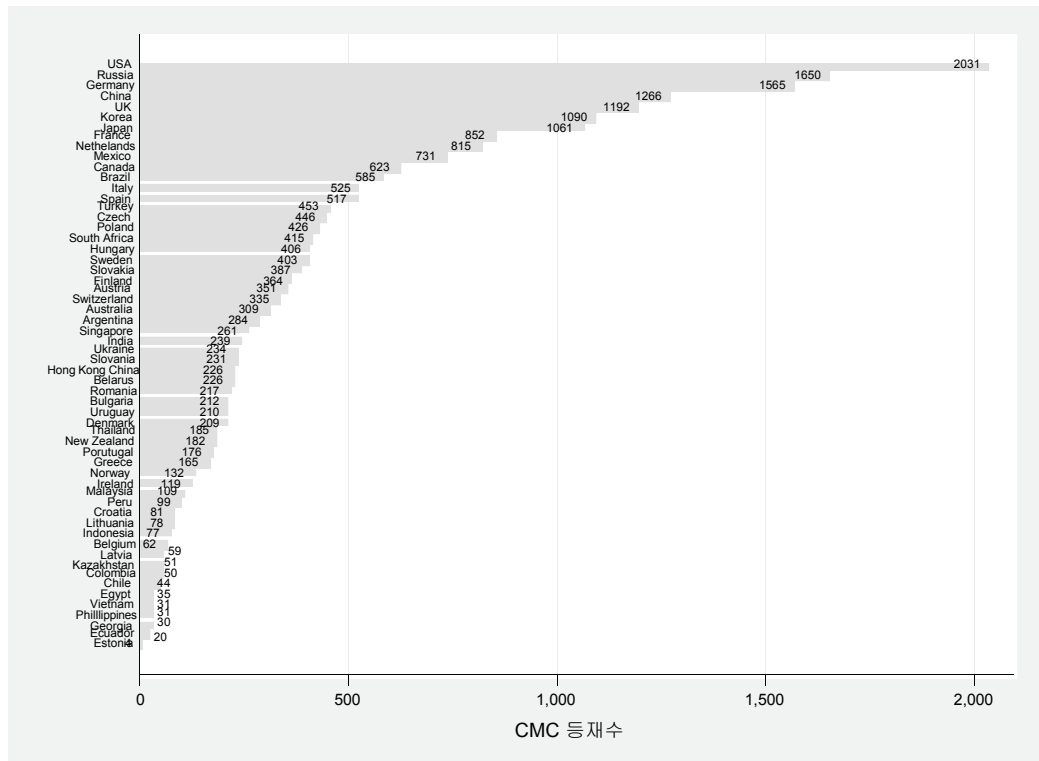
본 연구에서는 BIPM에서 구축하여 운영하고 있는 KCDB(<http://kcdb.bipm.org>)에 CMC를 등제한 총 72개국 중에서 한국을 포함하여 분석에 필요한 데이터 확보가 가능한 58개 국가의 2015년 기준 횡단면자료를 사용하였다.²⁰⁾

분석에 필요한 한국의 국가별 교역규모는 2015년 기준 수출·입액의 합계로 한국무역협회의 국가별 수출입 통계자료(K-stat)를 활용하였으며(<http://stat.kita.net>), 우리나라와 FTA를 체결한 국가에 관한 자료는 산업통상자원부에서 추출하였다(<http://fta.go.kr>). 거리변수는 프랑스 국제경제연구센터(Centre D'etudes Prospectives et D'information Internationales, CEPII)의 자료를 이용하였고(<http://www.cepii.fr>) 경제규모를 나타내는

20) 동태적 분석을 위해서는 패널데이터의 사용이 효과적이거나 KCDB는 CMC 등제 누적수에 관한 데이터를 제공하고 있을 뿐만 아니라, 국가별로 매년 신규로 등제되는 CMC 수가 미미하기 때문에 큰 의미를 갖지 못한다. 또한, 이렇게 누적된 CMC는 매년 국가 간 교역에 동일하게 영향을 발휘할 수 있기 때문에 횡단면자료를 활용하였다.

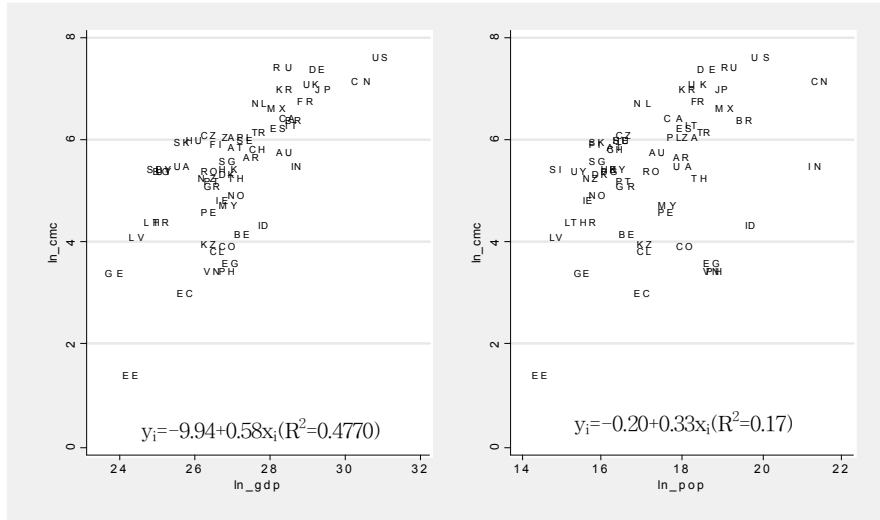
인구수, GDP, 1인당 GNI 등의 데이터는 세계은행의 World Development Indicators(WDI)를 활용하였다(<http://data.worldbank.org>).

2015년 말을 기준으로 분석대상인 58개국이 등록한 CMC는 모두 23,167개에 이른다. 국가별 등재수는 아래의 <그림 3>에 나타내었다.



<그림 3> 국가별 CMC 등재수

국가경제규모와 CMC 등재수를 비교한 결과, CMC의 등재는 GDP와 비교적 높은 상관관계가 있음을 확인할 수 있는데 반해 인구수와는 큰 상관관계를 보이지 않았다.



<그림 4> 국가별 경제규모와 CMC 등재수

변수별 상관관계를 통해서도 이를 확인할 수 있는데, 아래의 표는 설명변수간의 상관 계수를 나타낸 것이다. 앞서 기술한 바와 같이 GDP를 확장된 중력모형에서 활용하고 있는 또 다른 경제규모를 나타내는 변수인 인구수로 대체한 이유는 GDP와 CMC간의 높은 상관계수(0.685)로 인해 발생하는 다중공선성의 문제를 해결하기 위해서이다.

<표 2> 설명변수 간의 상관관계

	$\ln(POP_j)$	$\ln(GDP_j)$	$\ln(DIST_{kj})$	$\ln(CMC_j)$
$\ln(POP_j)$	1.000	-	-	-
$\ln(GDP_j)$	0.782	1.000	-	-
$\ln(DIST_{kj})$	-0.238	-0.166	1.000	-
$\ln(CMC_j)$	0.405	0.685	-0.034	1.000

IV. 실증분석 결과 및 모형설정 오류점검

1. 실증분석 결과

각국의 CMC 등재와 한국무역 간에 어떠한 관계에 있는지 살펴보기 위하여 회귀분석한 결과는 아래의 <표 3>와 같다. 중력모형에서 예상되는 바와 같이 인구수와 거리변수는 각각 양(+)과 음(-)의 부호를 나타내었다. 기본식 (2)의 결과를 보면, CMC는 한국의 무역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 각 설명변수의 계수는 1% 이내에서 통계적 유의성을 보였다. FTA 발효여부를 더미변수로 추가한 확장식 (3)의 경우에도 기본식과 큰 차이를 보이지 않는 계수가 추정되었으며, 각 변수는 예상되는 부호를 나타내었다. 다만 FTA의 계수는 5% 이내에서 통계적으로 유의한 것으로 추정되었다.

마지막으로 소득수준을 더미로 하여 CMC와 교차한 변수인 $\ln(CMC_j) \times ADVAN_j$ 의 회귀계수는 양(+)의 값을 보였으며, 5% 이내의 통계적 유의성을 나타내었다. 이와 같은 결과는 소득이 높은 국가의 CMC가 우리나라의 무역에 더 큰 영향을 미친다고 추정할 수 있는 근거가 된다.

<표 3> CMC 등재수와 한국무역과의 관계

설명변수	회귀식/종속변수	(2)	(3)	(4)
		$\ln(TRADE_{kj})$		
$\ln(POP_j)$		0.578*** (5.45)	0.632*** (6.10)	0.690*** (5.86)
$\ln(DIST_{kj})$		-0.812*** (-3.10)	-0.822*** (-3.30)	-0.807*** (-3.33)
$\ln(CMC_j)$		0.421*** (3.24)	0.391*** (3.14)	-0.757 (-1.47)
FTA_{kj}			0.777** (2.50)	0.781** (2.60)
$ADVAN_j$				-4.561* (-1.86)
$\ln(CMC_j) \times ADVAN_j$				1.144** (2.18)
Constant		10.259*** (3.24)	9.059*** (2.97)	12.568*** (3.30)
R^2		0.63	0.67	0.70
Obs		57		

주: *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함을 의미하며, 괄호안의 수치는 t-value임. 이하 별도의 설명이 없으면 이와 같음.

다음의 <표 4>은 CMC가 한국의 수출·입에 각각 미치는 영향을 추정하기 위하여 실증분석한 결과이다. 확장식 (5)의 결과에서와 같이, 우리나라의 수출에도 여전히 CMC의 계수(0.317)가 5% 이내에서 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 추정되었다. 다만, 수입을 종속변수로 한 (7)식에 회귀계수(0.470)에 비하여 조금 낮게 추정되어 CMC가 우리나라의 수출에 비하여 수입에 조금 더 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다. 더미변수로 사용한 FTA를 포함하여 인구수, 거리변수 등 기타 설명변수는 예측한 바와 같은 부호를 나타내었다.

소득수준을 더미변수로 하여 CMC와 교차하여 추정한 (6)식과 (8)식의 결과에도 한국 무역과의 관계에서와 마찬가지로 소득이 높은 국가의 CMC가 한국의 수출·입에 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그러나 수출을 종속변수로 했을 때 추정계수(1.411)가 5%이내의 통계적 유의성을 나타낸 반면, 수입의 경우에는 통계적인 유의성이 없는 것으로 추정되었다.

<표 4> CMC 등재수와 한국수출·입과의 관계

설명변수	회귀식/종속변수	(5)	(6)	(7)	(8)
		$\ln(EXP_{kj})$		$\ln(IMP_{kj})$	
$\ln(POP_j)$		0.631*** (5.68)	0.699*** (5.62)	0.711*** (5.78)	0.799*** (5.56)
$\ln(DIST_{kj})$		-0.868*** (-3.24)	-0.847*** (-3.32)	-0.667** (-2.25)	-0.672** (-2.27)
$\ln(CMC_j)$		0.317** (2.37)	-1.096** (-2.02)	0.470*** (3.18)	-0.321 (-0.51)
FTA_{kj}		0.702** (2.11)	0.706** (2.23)	0.932** (2.53)	0.951** (2.59)
$ADVAN_j$			-5.667** (-2.19)		-2.455 (-0.82)
$\ln(CMC_j) \times ADVAN_j$			1.411** (2.55)		0.736 (1.15)
Constant		9.314*** (2.84)	13.717*** (3.41)	4.744 (1.31)	6.096 (1.31)
R^2		0.62	0.67	0.63	0.65
Obs		57			

마지막으로 CMC가 산업별로 미치는 영향을 살펴보기 위하여 회귀분석한 결과는 아래의 <표 5>와 같다. 산업별 분석을 위해서는 산업통상자원부에서 제공하는 수출·입 분류체계(MTI)의 1단위 품목분류를 적용하였다.²¹⁾

인구수, 거리 등의 설명변수와 더미변수로 사용한 FTA는 모두 예상한 부호로 추정되었다. 인구수는 모든 계수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났고 더미변수인 FTA와 거리변수는 농수산물 및 광산 분야를 제외하고 모두 통계적으로 유의한 결과를 보였다. 본 연구의 핵심인 CMC의 경우에는 농수산물, 광산 등 1차 산업과 섬유, 철강금속 분야를 제외하고는 한국의 산업별 무역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 다른 분야에 비하여 기술집약도가 높은 산업에 해당하는 화학공업, 기계, 전기전자 분야에서 높은 계수가 추정되었다.

<표 5> CMC와 산업별 한국무역과의 관계

설명변수	농수산물	광산	화학공업	플라스틱	섬유	생활용품	철강금속	기계	전기전자	기타
$\ln(POP_j)$	0.810*** (5.25)	1.511*** (5.82)	0.364* (1.75)	0.636*** (5.78)	0.936*** (8.89)	0.746*** (6.62)	0.903*** (6.15)	0.514*** (4.30)	0.573*** (4.05)	0.561*** (4.23)
$\ln(DIST_{kj})$	-0.339 (-0.91)	-0.335 (-0.53)	-1.122** (-2.24)	-0.879*** (-3.32)	-0.989*** (-3.90)	-1.244*** (-4.58)	-0.792** (-2.24)	-0.536* (-1.86)	-1.493*** (-4.38)	-1.193*** (-3.73)
$\ln(CMC_j)$	0.179 (0.97)	-0.115 (-0.37)	0.796*** (3.18)	0.411*** (3.11)	0.093 (0.73)	0.441*** (3.26)	0.207 (1.17)	0.489*** (3.40)	0.495*** (2.91)	0.613*** (3.85)
FTA_{kj}	0.611 (1.32)	0.004 (0.00)	1.426** (2.28)	0.672** (2.04)	1.357*** (4.30)	1.549*** (4.58)	0.841* (1.91)	0.783** (2.19)	0.807* (1.90)	1.180*** (2.97)
<i>Constant</i>	6.804 (1.49)	-3.848 (-0.50)	18.115*** (2.95)	12.641*** (3.90)	9.503*** (3.06)	11.966*** (3.60)	9.253** (2.14)	13.487*** (3.83)	20.419*** (4.89)	13.138*** (3.36)
R^2	0.46	0.46	0.39	0.65	0.74	0.73	0.58	0.55	0.59	0.62
Obs	57									

2. 모형설정 오류점검

위의 회귀분석 결과가 타당성을 갖기 위해서는 CMC를 대용변수로 채택하여 설정한 모형의 적합성 여부와 추정된 회귀계수의 유의성을 점검하는 것이 필요하다. 이를 위하여 다양한 방법의 오류점검을 실시하였는데, 먼저 설명변수들 간의 다중공선성을 확인하

21) 국제적으로 산업별 품목분류는 HS를 주로 사용하고 있으나, HS 분류와는 별도로 우리나라의 산업통상자원부와 한국무역협회는 산업별 수출입통계를 분석하기 위하여 HS와 연계한 MTI 무역통계 품목분류표를 사용하고 있어 이를 활용하였다. 국가별 측정표준의 동등성에 관한 자료인 CMC가 특정한 세부 산업품목에만 적용되는 것이 아니라 여러 산업에 동시에 적용될 수 있다는 점을 고려하여 1단위 품목을 활용하였는데, 이는 CMC의 산업별 영향력을 직관적으로 판단하는데 도움을 준다.

기 위하여 VIF(Variance Inflation Factor) 검정을 실시하였다.²²⁾ VIF 검정 시 $1/VIF$ 값이 0.1보다 큰 값으로 추정되면 다중공선성의 문제가 없는 것으로 판단하는데, $1/VIF$ 값은 대응변수로 채택한 CMC를 종속변수로 하여 다른 설명변수로 회귀분석했을 때 계산되는 결정계수(R^2)를 1에서 뺀 값($1-R^2$)과 같다.²³⁾ VIF 검정결과 CMC, 인구수, 거리의 VIF 역수가 각각 0.832, 0.786, 0.939로 계산되어 설명변수가 다중공선성이 없는 것으로 나타났다.

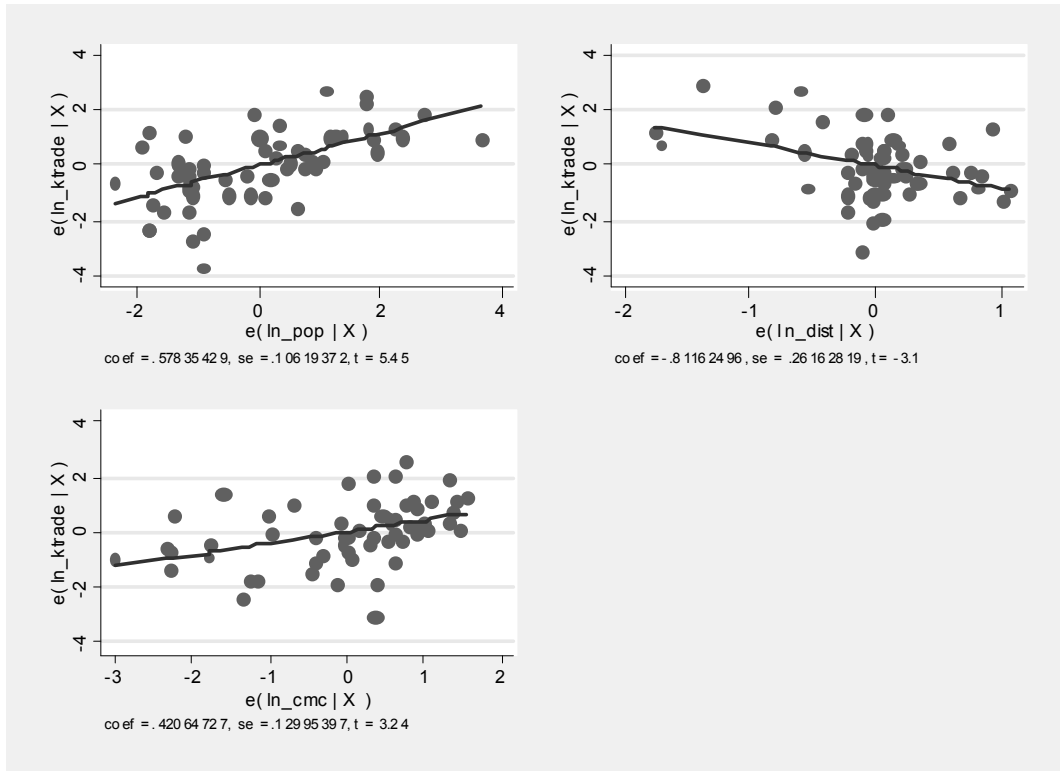
다음으로 추정계수의 유의성을 검정하기 위하여 오차(e_i)가 모든 x 값에 대하여 정규분포를 갖는지 검정하였다.²⁴⁾ F검정통계량을 통하여 확인한 결과, CMC(Prob > F = 0.0021), 인구수(Prob > F = 0.0000), 거리(Prob > F = 0.0031) 모두 1% 유의수준에서 $H_0: \beta=0$ 의 귀무가설이 기각되어 각 설명변수의 계수가 유의한 것으로 나타났다.

아울러 횡단면 자료에서 주로 발생하는 이분산(heteroscedasticity) 여부를 점검하였는데, 고전적 회귀모형은 오차항(e_i)의 평균이 0이고 분산이 모든 관측치에 대하여 σ^2 을 갖는다는 등분산(homoscedasticity)을 가정한다. 우선 직관적인 이분산성 점검을 위하여 아래와 같이 잔차 그래프를 도출하였다.

22) VIF(분산팽창지수)는 최소제곱추정(OLS) 회귀분석에서 다중공선성의 정도를 정량화하기 위해 사용되는 통계기법이다. 이미 변수간의 상관계수를 활용하여 다중공선성의 가능성을 확인하였으나 VIF 검정을 통하여 보다 정확한 다중공선성 여부를 점검하였다.

23) 즉, $\ln(CMC_j) = \alpha + \beta_1 \ln(POP_j) + \beta_2 \ln(DIST_{kj}) + \varepsilon_{ij}$ 를 회귀분석하여 구해진 R^2 값을 1에서 뺀 값이 VIF의 역수와 같다.

24) 이는 회귀분석 시 정규정에 대한 가정, 즉 $e_i | x_i \sim N(0, \sigma^2)$ 을 확인하는 것이다.



<그림 5> 종속변수와 설명변수 간의 잔차그래프

세 개의 설명변수 모두 잔차의 값이 커질수록 종속변수 잔차의 값이 작아지는 경향을 보이고 있어 등분산 가정에 위배되지 않은 것으로 추정되었다.²⁵⁾ 하지만 보다 정형화된 판단을 위하여 Breusch-Pagen 검정과 White 이분산 검정을 실시하였는데, 검정결과 모두 5% 유의수준에서 귀무가설인 ‘등분산성’을 기각할 수 없어 이분산이 없는 것으로 추정되었다.²⁶⁾

마지막으로 모형설정의 오류를 확인하기 위하여 Ramsey REST(Regression Specification

25) 위 잔차그래프의 회귀직선(CMC의 경우)은 $e(\ln_Ktrade | X) = y + y_1 e(\ln_cmc | X) + w$ 이다. 이때 $e(\ln_Ktrade | X)$ 는 $\ln_ktrade = a + a_1 \ln_pop + a_2 \ln_dist + u$ 의 추정잔차(u)에 해당하고 $e(\ln_cmc | X)$ 는 $\ln_cmc = \beta + \beta_1 \ln_pop + \beta_2 \ln_dist + v$ 의 추정잔차(v)이다.

26) Brusch-Pagan(BP) 검정방법은 원래의 회귀모형에서 구해진 설명되지 않은 잔차의 제곱합(sum of squared error)을 종속변수로 회귀분석하여 구한 설명되는 변동(sum of squared regression)을 활용하여 등분산성이 있다는 귀무가설을 검정하는 방법이다. 반면 white 이분산 검정은 원래의 회귀모형에서 구한 잔차의 제곱을 종속변수로 하고 원래 모형의 설명변수, 설명변수의 제곱, 설명변수끼리의 곱 등을 새로운 설명변수로 하여 회귀추정하는 방식을 활용하여 귀무가설을 검정하는 방법이다.

Error Test)을 실시하였다. 이 방법은 다중선형회귀모형 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + e$ 에서 종속변수의 거듭제곱을 설명변수로 포함한 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3y^2 + \beta_4y^3 + \beta_5y^4 + e$ 모형과 설명변수의 거듭제곱을 추가한 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_1^3 + \beta_5x_1^4 + \beta_6x_2^2 + \beta_7x_2^3 + \beta_8x_2^4 + e$ 모형에서 ‘모형설정에 오류가 없다’는 귀무가설을 검정하는 것이다.²⁷⁾ 검정결과 종속변수의 거듭제곱을 설명변수로 포함한 모형에서는 p 값이 0.7370으로 추정되었고 설명변수의 거듭제곱을 추가한 모형에서는 0.3682로 추정되어 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나 모형설정에 오류가 없는 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 CIPM MRA 이행의 결과물로 제시된 국가측정표준의 동등성에 관한 CMC가 국가 간 교역에서 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 실증분석한 것이다. CIPM MRA는 국제무역과 상거래, 규제분야에서 정부를 비롯한 관련 당사자 간의 협약체결을 위한 기술기반을 제공함으로써 무역기술장벽 제거에 기여하고자 마련된 NMIs간의 협정이다. 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 각국의 NMIs는 국가측정표준의 상호비교와 품질시스템 확립 활동에 기초하여 BIPM KCDB에 CMC를 등재하고 있다.

중력모형을 활용하여 회귀분석한 바에 의하면 CMC가 우리나라의 교역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 이러한 결과는 1% 이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한, 소득수준에 따른 더미변수를 추가하여 CMC와 교차분석한 결과에서는 소득수준이 높은 국가일수록 CMC 등재가 우리나라 무역에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 수출을 종속변수로 하여 추정한 경우에도 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

MTI 품목분류에 따른 산업별 분석에서는 농수산, 광산 등과 같은 1차 산업에서 보다는 화학공업, 기계, 전기전자 등과 같은 기술집약도가 높은 산업에서 CMC가 우리나라의 교역에 더 큰 영향력을 발휘하는 것으로 나타났다.

이러한 연구결과는 우리나라와 같이 무역의존도²⁸⁾가 높은 국가의 경우 NMIs간에 추

27) ‘모형설정에 오류가 없다’는 귀무가설은 종속변수의 거듭제곱을 설명변수로 하는 경우 $H_0: \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$, 설명변수의 거듭제곱을 추가한 모형의 경우 $H_0: \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$ 의 귀무가설을 검정하는 것이다.

진되고 있는 CIPM MRA 이행을 위한 CMC 활동에 적극 참여하는 것이 유익하다는 시사점을 제공하고 있다. 특히, CMC 등재의 확대는 반도체·디스플레이, 자동차·조선·해양플랜트, 정보통신 등과 같은 국가주력산업의 글로벌 경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이다. 이는 앞의 실증분석 결과에서 나타난 바와 같이 CMC가 화학공업, 기계, 전기전자 등과 같이 기술집약도가 높은 산업에서 큰 영향을 주는 것으로 추정된 것을 통해 확인할 수 있다.

또한, 소득수준이 높은 국가의 CMC가 우리나라의 무역에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보아, CMC 등재를 위한 측정과학기술 분야의 활동이 제품의 품질경쟁력을 향상시킴으로써 선진국의 시장확대에 도움을 줄 수 있다는 정책적 시사점을 제공한다. 따라서 국가산업의 경쟁력 향상과 선진국의 시장확대에 중요한 역할을 하는 측정표준에 대한 연구활동에 정부의 지속적인 관심과 자원투입 노력이 필요하다.

한편, 본 연구의 실증분석 모형과 그 결과에 대한 유효성을 제공하기 위하여 다양한 방법의 모형설정 오류점검을 실시하였다. 이러한 오류점검은 고전회귀모형이 갖는 기본가정에 대한 충족여부를 확인하는 작업이기도 하다. 예를 들어, VIF 검정을 통하여 설명변수 간의 다중공선성의 문제가 없는 것을 확인하였으며 추정계수의 유의성 검정과 등분산의 가정을 점검하였다. 또한, 모형설정의 오류를 확인하기 위하여 Ramsey REST도 실시하였다.

본 연구는 측정표준 분야에서 무역기술장벽을 제거하기 위한 노력의 일환으로 추진되고 있는 CMC가 국가 간 교역에 어떠한 영향을 미치는 분석하고 있다는 측면에서 학술적인 의의가 있다고 할 수 있다. 하지만 다음과 같은 한계점은 향후 연구에서 검토되어야 할 사항으로 판단된다.

먼저, 정태적 분석에 따른 한계이다. 이는 횡단면자료의 사용에 따른 문제로, CMC를 국가가 아닌 분야별 분류로 구성하면 매년 신규로 등재된 충분한 양의 CMC 자료를 시계열 형태로 추출할 수 있게 되므로 이를 활용한 동태적 영향 분석이 가능할 것으로 생각된다.

또 다른 한계는 세부적인 산업별 영향에 대한 분석이 어렵다는 점이다. CMC가 길이, 질량 및 관련량, 온도, 광도, 물질량 등과 같이 측정과학기술의 관점에서 분류되어 있기 때문에 HS나 MTI의 세부 품목분류와 맵핑하는데 많은 제약이 있다. 이는 분야별 CMC

28) 통계청에 따르면 우리나라의 무역의존도는 2015년을 기준으로 GDP의 69.93%에 이르는데, 이는 주요 선진국인 미국(21.28%), 일본(30.87%), 중국(36.49%), 프랑스(43.65%) 등에 비하여 월등히 높은 수준이다.

가 동시에 여러 산업품목에 복합적인 영향을 미치는 현실적인 문제와 관련이 있기도 하다. 따라서 CMC 항목별로 세부 산업품목과의 맵핑이 가능하다면 보다 정교한 실증분석이 가능할 수 있을 것이다.

마지막으로 가장 중요한 점은 무역기술장벽과 관련하여 국가 간의 교역에 미치는 영향이 CMC 이외에 다양한 결정요인으로 설명될 수 있다는 것이다. 이와 같은 측면에서 본다면, 본 연구의 실증분석 결과로 제시된 CMC의 추정계수를 교역량에 대한 탄력성의 값으로 수용하는데 무리가 있다. 다만, 측정표준 분야의 연구활동 결과로 제시된 CMC가 무역기술장벽 제거에 긍정적인 기여를 하고 있는지에 대하여 포괄적인 해석을 하는데 그 의미를 갖는 것으로 볼 수 있다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 류한얼·성열용·김재덕·김혁중 (2015), 『FTA 체결을 통한 TBT 규제협력이 무역에 미치는 영향』, 연구보고서 2015-766, 산업연구원.
- 박주근 (2010), “WTO/TBT협정에 따른 표준의 투명성 이행조치가 한국무역에 미치는 영향에 관한 분석”, 『국제통상연구』, 제15권 제4호, pp. 25-57.
- 이탁·윤기관 (2012), “WTO/TBT·SPS 협정 중 식품안전표준이 농산물 수출에 미치는 영향”, 『무역학회지』, 제37권 제1호, pp. 181-201.
- 장용준·서정민 (2014), “무역상 기술장벽(TBT)이 한국의 교역에 미치는 영향”, 『국제통상연구』, 제19권 제1호, pp. 1-33.

(2) 국외문헌

- BIPM (2007), *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*, Bureau International des Poids et Mesures.
- Beges, G., J. Drnovsek and L. Pendrill (2010), “Optimizing Calibration and Measurement Capabilities in Terms of Economics in Conformity Assessment”, *Accreditation and Quality Assurance*, Vol. 15, pp 147-154.
- Blind, K. (2001), “The Impacts of Innovations and Standards on Trade of Measurement and Testing Products: Empirical Results of Switzerland’s Bilateral Trade Flows with Germany, France and the UK”, *Information Economics and Policy*, Vol. 13, pp. 439-460
- Essaji, A. (2006), “Technical Regulations and Specialization in International Trade”, *Journal of International Economics*, Vol. 76, pp. 166-176.
- Linnemann, H. (1966), *An Econometric Study of International Trade Flows*, Amsterdam: North-Holland.
- Moenius, J. (2004), *Information versus Product Adaptation: The Role of Standards in Asia*, Working Paper, Northwestern University.
- Otsuki, T., J. Wilson and M. Sewadeh (2001), “Saving Two in a Billion: Quantifying the Trade Effect of European Food Safety Standards on African Exports”, *Food Policy*, Vol. 26, pp. 495-514.
- Swann, P., P. Temple and M. Shurmer (1996), “Standards and Trade Performance: The UK Experience”, *Economic Journal*, Vol. 106, No. 438, Royal Economic Society, pp. 1297-1313.

- Thilmany, D. and C. Barrett (1997), “Regulatory Barriers in an Integrating World Food Market”, *Review of Agricultural Economics*, Vol. 19, No. 1, pp. 91-107.
- Tinbergen, J. (1962), *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*, New York: The Twentieth Century Fund.
- Usuda, T. and A. Henson (2012), “Economic Impact of Equivalence of Measurement Standards”, *Journal of Measurement Science*, Vol 7, Issue 1, pp. 62-70.
- WTO (2012), World Trade Report 2012, *Trade and Public Policies: A Closer Look at Non-tariff Measures in the 21st Century*, World Trade Organization.

□ 투고일: 2017. 02. 23 / 수정일: 2017. 05. 22 / 게재확정일: 2017. 06. 08