[Research Paper]

광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계에 관한 연구

이원주 · 문광민^{*†}

대덕대학교 군사학부 조교수, *충남대학교 행정학부 부교수

A Study of the Relationship between Volunteer Fire Brigade Management and the Efficiency of the Fire Administrations of Metropolitan Governments

Wonjoo Lee · Kwang-Min Moon^{*†}

Assistant Professor, Division of Military Science, Daeduk University,

*Associate Professor, School of Public Administration, Chungnam National University

(Received May 6, 2021; Revised May 24, 2021; Accepted May 26, 2021)

요 약

본 연구는 의용소방대의 운용과 소방행정 효율성의 관계를 분석하려는 목적으로 수행되었다. 이를 위해 2011년부터 2018년까지 16개 광역자치단체의 소방행정 효율성을 자료포락분석으로 측정하고, 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계를 토빗회귀모형으로 분석하였다. 자료포락분석에 의한 광역자치단체의 소방행정 평균 효율성은 규모수익불변 기술 효율성이 $82.78 \pm 18.12\%$ 로, 규모수익가변 기술 효율성(순수 기술 효율성)이 $89.31 \pm 12.46\%$ 로, 규모 효율성이 $91.72 \pm 10.56\%$ 로 나타났다. 측정된 소방행정의 효율성과 의용소방대 운용의 관계에서 의용소방대의 인력 비율, 예산 비율, 그리고 법령의 시행은 소방행정의 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 더하여 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 때 의용소방대 법령 시행은 유의미한 정(+)의 조절효과를 보이는 것으로 나타났다. 연구결과를 종합하면, 의용소방대는 광역자치단체의 소방행정 효율성에 긍정적 영향을 미친다는 것을 시사하고 있었다.

ABSTRACT

This study sought to analyze the relationship between the operation of volunteer fire brigades and the efficiency of fire-fighting administrations. To this end, the efficiency of the fire-fighting administrations of 16 metropolitan and provincial governments in South Korea were measured using data envelopment analysis (DEA) from 2011 to 2018. In addition, the relationship between the operation efficiency of the volunteer fire brigade and the fire administration was analyzed using a Tobit regression model. DEA found that the technical efficiency based on constant returns to scale was $82.78 \pm 18.12\%$, the technical efficiency based on variable returns to scale was $89.31 \pm 12.46\%$, and the efficiency of the scale was $91.72 \pm 10.56\%$. Tobit regression analysis found the ratio of volunteer fire brigade personnel, the budget ratio of the volunteer fire brigade, and the enforcement of the Act on the Establishment and Operation of Volunteer Fire Brigades to have significant positive effects on the pure technical efficiency of local governments. In addition, when the ratio of volunteer fire brigade personnel or ratio of budget had a positive effect on the efficiency of fire administration, the enforcement of the volunteer fire brigade statute exerted a positive adjustment effect. This study thus shows that volunteer fire brigades have a positive impact on the efficiency of the fire-fighting administrations of metropolitan and provincial governments.

Keywords : Efficiency of fire-fighting administration, Civilian fire-fighting assistant, Volunteer fire brigade, Data envelopment analysis, Tobit regression analysis

*본 논문은 제1저자 이원주의 박사학위논문의 축약본입니다.

[†] Corresponding Author, TEL: +82-42-821-5846, FAX: +82-42-821-8905, E-Mail: mkm95@cnu.ac.kr

© 2021 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

한국전쟁 이후 우리나라는 산업화와 도시화를 거쳐 지식 정보화 사회로 발전하면서 주거환경 및 생활환경이 급격하게 변화되었다⁽¹⁾. 건축물은 고층화가 되었고, 인구 밀집도가 증가하였다. 이로 인해 화재를 포함한 각종 안전사고는 대형화, 복잡화, 전문화로 변화되었으며, 과거와 비교하여 예측하기 어려운 안전사고가 발생하기 시작하였다⁽²⁾.

화재를 포함한 각종 안전사고가 발생하였을 때, 소방행정조직은 사고 현장에서 국민의 생명과 재산을 보호하는 업무를 수행한다⁽³⁻⁶⁾. 예측하기 어려운 재난사고를 안정적으로 대응하기 위해서는 정규 소방인력이 많을수록 좋을 것이다. 다시 말해, 가외성을 반영한 정규 소방인력이 항상 확보되어 있다면, 예측하기 어려운 안전사고를 안정적으로 대응할 수 있을 것이다. 하지만 정부의 자원은 한정되어 있어, 충분한 규모의 정규 소방인력을 항상 보유할 수 없는 것이 현실이다. 제한된 자원으로 조직을 효율적으로 운영하고 예측하지 못하는 재난사고를 대비하기 위해, 소방행정조직은 민간소방보조인력의 도입과 활용이 필요하게 되었다. 이러한 배경으로 「소방기본법」(법률 제11690호)⁽⁷⁾ 일부와 시·도의 조례로 위임된 의용소방대에 관한 규정을 「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」(법률 제12344호)⁽⁸⁾로 2014년 1월 28일 제정하게 된다. 법령제정 이후, 지역 민간소방인력을 의용소방대로 편성하여 운영할 수 있게 되었으며, 소방공무원으로 이루어진 정규 소방대의 활동을 보조하기 위한 주요 정책 수단으로 활용되었다(행정안전부령 제170호)⁽⁹⁾.

국내 학계에서는 다수의 학자가 의용소방대를 민간전문봉사단체로 해석하고, 의용소방대의 운영실태, 리더십, 직무만족도, 조직문화 등을 연구 주제로 다루어 왔다⁽¹⁰⁻¹⁸⁾. 이에 대해 일부 학자는 소방관계 법령에 근거하여 의용소방대를 행정말단조직으로 해석해야 하고⁽¹⁹⁻²⁰⁾, 의용소방대에 관한 연구가 학계에서 다루어질 때는 조직의 정체성을 고려하고 연구가 수행되어야 한다고 제안하고 있다. 의용소방대의 학술적 개념이 민간자원봉사조직이든 행정말단조직이든 관계없이 선행연구에서는 의용소방대 자체의 활성화 또는 효율화에 대한 논의를 집중적으로 다루고 있다. 의용소방대의 현실태를 기술하고 발전방안을 제시한다는 점에서 학술적 의미가 있지만, 소방보조인력의 운용과 소방행정의 효율성과 관계를 실증적으로 논의하고 있지 않다는 한계가 있다.

의용소방대의 도입 배경과 목적은 민간소방인력을 소방보조인력으로 활용하여 효율적인 소방행정의 실현 그리고 예측하지 못하는 재난사고의 대응이다. 그렇다면 넓게는 ‘소방보조인력의 운용과 소방행정의 효율성 관계’ 좁게는 ‘민간소방인력의 운용과 소방행정 효율성의 관계’에 대한 실증적 연구의 필요성이 제기될 수 있다. 특히, 광역자치단체의 규모에 의한 비효율성이 제거된 순수 기술 효율성과

민간소방보조인력의 관계에 관한 실증 연구의 필요성이 제기될 수 있다. 이러한 이유로 본 연구는 한국적 맥락에서 광역자치단체의 민간소방보조인력으로 구분되는 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성에 대한 관계를 실증적으로 분석하고자 한다.

2. 이론적 논의

2.1 소방행정의 개념과 범위

소방행정의 개념을 한마디로 정의하기란 사실상 어려운 일이다. 행정학을 바탕으로 소방행정을 정의한다면 「소방기본법」(법률 제16770호)⁽²¹⁾에 의해 ‘화재를 예방·경계하거나 진압하고 화재, 재난, 재해 그 밖의 위급한 상황에서 구조·구급활동 등을 통하여 국민의 생명·신체 및 재산을 보호함으로써 공동의 안녕질서 유지와 복리증진에 이바지하는 공익 조직의 행정’으로 정의할 수 있다.

소방행정에 대한 범위는 소방업무의 변천, 재난관리 생애주기와 연계 등으로 논의할 수 있다^(22,23). 재난관리 생애주기를 이용하여 소방행정을 구분하면 예방소방행정, 대비소방행정, 대응소방행정, 복구소방행정으로 구분할 수 있다^(5,6,23,24).

재난관리에서 예방(mitigation) 활동은 미래에 발생할 가능성 있는 재난을 사전에 예방하고, 재난발생 가능성을 감소시키며, 발생 가능한 재난의 피해를 최소화하기 위한 활동을 의미한다. 소방행정과 연계하면, 예방소방행정으로는 건축허가동의, 소방대상물(특정소방대상물, 다중이용업소, 위험물 제조소, 고층건축물 등)의 현황 분석, 대형화재취약대상 분석, 소방특별조사 등이 있다.

재난관리에서 대비(preparedness) 활동은 예방활동에도 불구하고 재난 발생 확률이 높아진 경우, 재난 발생 후 효과적으로 재난에 대응할 수 있도록 사전에 대응활동을 위한 메커니즘을 구성하는 등 운영적인 준비장치를 갖추는 활동을 의미한다. 소방행정과 연계하면, 대비소방행정으로는 소방교육 및 훈련, 소방체험관 운영 등이 있다.

재난관리에서 대응(response) 활동은 재해가 발생하고 나서 대응활동을 통하여 재해로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하고, 재난의 확산을 방지하며, 순조롭게 복구가 이루어질 수 있도록 활동을 의미한다^(5,6,23,24). 소방행정과 연계하면, 대응소방행정으로는 화재진압, 구조·구난, 의료환자 보호 및 후송, 긴급구조통제단 설치 및 운영 등이 있다.

재난관리에서 복구(recovery) 활동은 재난 상황이 어느 정도 안정된 후 취하는 활동단계로 재난으로 인한 피해를 이전 상태로 회복시키는 활동을 의미한다. 소방행정과 연계하면, 복구소방행정으로는 급수·배수 지원, 제설 지원, 이재민 지원 등이 있다.

2.2 소방력과 의용소방대의 개념

소방력의 개념을 한마디로 정의하는 것은 어려운 일이

다. 「소방기본법」(법률 제16770호)⁽²¹⁾을 바탕으로 소방력을 정의한다면 ‘소방기관이 소방업무를 수행하는 데에 필요한 인력과 장비 등’으로 정의할 수 있다. 다수의 학자는 법령에 따라 소방력의 요소에 소방인력과 소방장비를 포함시킨다. 하지만 법령에 명시된 ‘등’에 대해서는 학자마다 해석하는 관점이 달라 다양한 요소를 소방력에 포함시킨다. Yang 등⁽²⁵⁾은 소방력을 ‘소방활동에 수행하는 데 필요한 인력과 장비 및 소화용수’로 정의하고 있다. Kim⁽²⁶⁾은 소방력을 ‘화재·구조·구급 등의 상황에 대응하여 효과적인 소방업무 수행을 위해 필요한 시설, 인력, 장비’로 정의하고 있다. Korea Industrial Development Institute⁽²⁷⁾은 소방력을 ‘소방예산, 소방서, 119안전센터, 소방공무원, 소방 대응장비, 구조대 등’으로 정의하고 있다. 이처럼 넓은 의미에서 소방력이란 효과적으로 재난에 대응하기 위해 역량을 갖춘 인적 자원과 활동을 위한 모든 물적 자원 및 지원 요소도 소방력의 범위에 포함될 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 소방력을 ‘소방기관이 소방업무를 수행하는 데에 필요한 인력, 장비, 예산 등’으로 정의하고 사용하였다. 이 정의를 사용하면 소방행정은 소방력 배치에서부터 시작된다는 설명할 수 있다.

의용소방대를 「소방기본법」(법률 제16770호)⁽²¹⁾과 「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」(법률 제14809호)⁽²⁸⁾에 이용하여 정의하면 ‘화재진압, 구조·구급 등의 소방업무를 체계적으로 보조하기 위한 소방대’로 정의가 가능하다. 의용소방대는 「소방기본법」(법률 제16770호)⁽²¹⁾ 제37조와 「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」(법률 제14809호)⁽²⁸⁾ 제2조에 근거해 소방본부장 또는 소방서장의 업무를 보조하기 위하여 특별시, 광역시, 시, 읍, 면에 그 지역 주민 가운데 희망하는 자로 구성한다. 「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」(법률 제14809호)⁽²⁸⁾ 제7조에서 명시하는 의용소방대의 임무는 화재의 경계와 진압업무의 보조, 구조·구급업무의 보조, 화재 등 재난이 발생하였을 때 대피 및 구조업무의 보조, 화재예방업무의 보조, 그 밖에 총리령으로 정하는 사항이다.

2.3 소방행정의 효율성 개념

공공부문에서의 효율성을 정의하는 것이 어려운 일이다. 학자들은 다양한 견해를 갖고 효율성을 정의하여 사용하였다. 효율성의 개념에는 기본적으로 투입과 산출의 원리가 포함되어 있다⁽²⁹⁻³²⁾. 경제학적 관점에서 효율성이란 ‘한 사람의 후생을 감소시키지 않고는 다른 사람의 후생을 증대시키는 것이 불가능한 상태’로 정의할 수 있으며, 이를 파레토 최적성(pareto efficiency)이라 한다^(33,34).

행정학적 관점에서 효율성에 대한 개념은 1970년 이후 경제학, 경영학 등에서 사용하는 생산성의 개념을 차용하면서 활용되기 시작했다⁽³⁵⁾. 그러나 행정학에서 생산성에 대한 정의는 학자마다 견해가 달라 다양한 의미로 정의되어 사용되어왔다. 이는 공공영역에서 생산성을 정의하는

것이 어려워서 발생하는 현상이었다. 이 때문에 본 논문에서는 선행연구의 연구결과를 종합하여, 정부의 효율성을 ‘정부조직이 행정목표를 달성하기 위해 투입물과 산출물의 비율’로 정의하고, 이를 바탕으로 소방행정의 효율성을 ‘소방행정조직이 소방행정목표를 달성하기 위해 투입물과 산출물의 비율’로 정의하고 사용하였다. 이는 능률성과 효과성을 모두 고려한 개념으로 생산성으로 표현될 수도 있다. 전통적으로 효율성의 개념은 능률성과 같은 의미로 사용되었으나 현대 공공행정부문은 생산성을 단순히 투입에 대한 산출이라는 측면에서만 파악할 수 없어, 산출이 행정목표나 사회적 기대수준의 충족 여부까지 효율성에 포함시켰다.

2.4 선행연구 검토

2.4.1 소방행정의 효율성에 대한 선행연구 검토

국내에서 소방행정의 효율성을 연구주제로 다룬 선행연구는 극소수이며, 모두 자료포락분석 방법을 사용하고 있다.

Kim과 Lee⁽³⁶⁾는 소방력(인력, 장비, 예산)의 효율적 배분에 대한 기초자료를 제공하기 위해 광역자치단체 소방본부 16개의 효율성을 분석하였다. 효율성 분석을 위해 2006년부터 2009년까지의 데이터를 사용하였다. 투입요소는 소방인력, 소방예산, 소방장비를 사용하였으며, 산출요소는 화재피해경감액과 구조 건수를 사용하였다. 분석모형은 Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) 모형을 사용하였다.

Cho⁽³⁷⁾는 일선 소방서의 소방력의 적정 배분방안을 제시하기 위해 경남 소재 소방서 18개의 효율성을 분석하였다. 효율성 분석을 위해 2006년부터 2009년까지의 데이터를 사용하였다. 투입요소는 소방인력, 소방예산, 소방장비를 사용하였으며, 산출요소는 화재출동건수, 구조건수, 구급건수, 소방검사대상물수를 사용하였다. 분석모형은 CCR모형과 모형과 Banker, Charnes and Cooper (BCC) 모형을 사용하였다. 더하여 소방예산(예산구조)가 소방효율성에 미치는 영향도 분석하였다.

Namgung과 Ha⁽³⁸⁾도 일선 소방서의 소방력의 적정 배분방안을 제시하기 위해 경기도에 있는 소방서 25개의 효율성을 분석하였다. 효율성 분석을 위해 1999년의 데이터를 사용하였다. 투입요소는 인력, 소방파출소수, 구급차수, 소방예산을 사용하였으며, 산출요소는 화재출동건수, 구급건수, 화재인명피해를 사용하였다. 분석은 CCR모형을 사용하였다.

2.4.2 의용소방대에 대한 선행연구 검토

의용소방대에 대한 선행연구는 질적연구방법과 양적연구방법으로 나눌 수 있다. 질적연구방법을 기반으로 하는 선행연구는 다음과 같다. Lee 등⁽¹⁰⁾, Byun 등⁽¹²⁾, Han 등⁽³⁹⁾, Kim과 Lee⁽¹³⁾, Woo⁽¹⁵⁾은 소방청 간행물과 참고문헌을 활용하여 우리나라 의용소방대의 운영실태를 고찰하고 활성화방안을 제시하였다. Yang 등⁽¹¹⁾, Choi와 Choi⁽⁴⁰⁾, Kim과

Lee⁽¹⁴⁾은 일본, 미국 등의 해외 의용소방대의 운영실태를 분석하고 이를 이 기반으로 우리나라 의용소방대의 활성화 방안을 제시하였다.

양적연구방법을 기반으로 하는 선행연구는 다음과 같다. Lim⁽¹⁸⁾은 대전·충남 의용소방대원을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 관리 및 교육·훈련, 소방공무원 관계, 봉사대상자 관계, 동료관계, 사회적 인정, 참여 동기, 참여 만족이 의용소방대원의 봉사활동 지속성에 미치는 영향을 분석하였다. Lee 등⁽¹⁶⁾은 세종시 의용소방대원을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 집단문화, 발전문화, 위계문화, 합리문화가 의용소방대원의 활동만족도에 미치는 영향을 분석하였다. Kim 등⁽⁴¹⁾도 세종시 의용소방대원을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 참여동기, 대인관계, 인정 및 보상이 의용소방대원의 활동만족도에 미치는 영향을 분석하였다. Lim 등⁽¹⁷⁾은 의용소방대 경진대회 참석자들을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 재난에 대한 인식정도, 만족도 및 자원봉사활동 지속성을 분석하였다. Shin⁽⁴²⁾은 미국 오클라호마주 의용소방대원을 대상으로 설문조사를 시행하고, 변혁적 리더십, 거래적 리더십, 방임형 리더십이 조직성과에 미치는 영향을 분석하였다. Woo 등⁽⁴³⁾은 강원도 의용소방대원을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 신뢰, 네트워크, 호혜성, 참여, 규범이 사회적 자본 형성에 미치는 영향을 분석하였다. Baek 등⁽⁴⁴⁾은 근접성이 불리한 대학기숙사에 대해 화재모의실험을 실시하고, 학생 의용소방대 도입을 제안하였다.

2.4.3 종합 및 한계

이론적 논의와 선행연구를 종합하면 다음과 같은 의의와 한계가 있다. 자료포락분석을 이용하여 소방행정의 효율성을 측정한 선행연구에서는 투입요소를 소방인력, 소방장비, 소방예산 등 소방력에 관련된 변수를 사용하고 있으며, 산출변수는 화재진압, 구조출동, 구급출동 등 재난관리생애주기에서 대응소방에 관련된 변수를 사용하고 있었다. 이 선행연구들은 소방행정의 효율성을 측정에 있어 거시적 관점을 활용함으로써 미시적 관점에서 바라볼 수 없는 정책적 시사점을 제공해주었다. 더하여 기존에 활용되지 않은 자료포락분석을 사용하여 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 가지는 생산조직이 비모수적 분석법인 효율성을 측정하여 방법론적으로 의의가 있었다. 하지만 효율성 측정에 있어 투입요소의 소방인력을 소방공무원으로 한정하고 소방행정의 산출물을 대응소방행정으로 해석하는 것은 소방행정을 협의적으로 해석하여 전체적인 소방행정의 효율성을 왜곡하는 현상이 발생할 수 있었다. 그러므로 소방행정의 효율성을 측정에 있어 투입변수는 소방보조인력으로 분류되는 민간소방인력(의용소방대)을 고려해야 하며, 산출변수에는 확장된 소방행정의 업무 영역을 반영할 필요가 존재했다.

의용소방대에 대한 선행연구는 다양한 결과를 보여주고

있지만, 의용소방대를 민간전문봉사단체로 해석하고 소방조직의 효율성 향상을 위해 의용소방대의 자체의 활성화 방안을 탐색하는 연구 방향은 모두 동일하였다. 의용소방대의 도입목적이 소방보조인력으로서 민간소방인력을 활용한 효율적인 소방행정의 실현과 예측하지 못한 재난사고 대응이라는 것을 고려하면 ‘소방보조인력과 소방행정의 효율성 관계’ 또는 ‘민간소방인력의 운용과 소방행정 효율성의 관계’에 대한 연구가 필요하지만 이에 관한 연구까지는 나아가지 못하고 있었다. 방법론적으로는 대다수의 경험적 연구는 횡단분석에 초점을 두고 있어 시계열적 영향을 동시에 고려할 수 있는 패널분석 등의 연구가 확장될 필요가 있었다.

이러한 배경과 문제 인식으로 본 연구에서는 소방보조인력으로서 민간소방인력으로 분류되는 의용소방대의 운영과 소방행정 영역의 변화가 반영된 광역자치단체 소방행정의 효율성을 측정하고, 의용소방대의 운영이 소방행정 효율성에 어떠한 관계를 보이는지 실증적으로 분석하려 한다.

3. 연구방법

3.1 분석방법

본 연구에서는 2차 자료를 이용한 양적 연구방법을 사용하였다. 광역자치단체의 소방행정 효율성을 측정하기 위해 자료포락분석(data envelopment analysis)을 사용하였고, CCR 모형과 BCC 모형을 사용하였다. 광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계는 토빗회귀모형(tobit regression model)을 이용하여 분석하였다. 통계분석을 위해서 Efficiency Measurement System, Stata 14.0, Excel 등의 프로그램이 사용되었으며, 기술통계분석, 회귀분석 등의 통계처리방법이 사용되었다.

3.2 자료수집

자료포락분석과 토빗회귀모형에 사용된 자료는 문헌으로 수집된 2차 자료를 사용하였다⁽²²⁾. 소방행정의 효율성을 측정하기 위한 소방인력, 소방장비 등의 자료는 2011년부터 2018년까지 소방청 통계연보를 활용하였다. 다만 소방청 통계연보의 변화로 인해 자료가 일부 없는 의용소방대의 예산 등은 소방청 내부자료를 활용하였다. 시간적 범위를 최근 8년으로 한정된 이유는 연구에 사용되는 일부 자료가 2011년 이후부터 통계적으로 구축되었기 때문이다. 선정된 변인의 조작적 정의를 위해 사용된 인구, 면적 등의 자료는 소방청 통계연보, 통계청 자료 등을 사용하였다.

3.3 연구모형 및 변수선정

Figure 1은 본 논문에서 사용된 연구 흐름을 나타낸 것이다. 소방행정의 효율성을 측정하기 위한 자료포락분석에서 소방인력, 소방장비, 소방예산이 투입변수로 사용되었으며, 화재진압출동, 구급출동, 구조출동, 화재피해경감, 소방교

Figure 1. Schematic diagram of research flow.

육뫓훈련, 소방특별조사가 산출변수로 사용되었다. 토빗회귀분석에서는 의용소방대의 인력 비율, 예산 비율, 의용소방대 법령을 독립변수로 사용되었으며, 자료포락분석에서 측정된 순수 기술 효율성을 종속변수로 사용되었다.

3.3.1 소방행정의 효율성 측정 모형

자료포락분석을 위한 투입변수와 산출변수에 대한 조작적 정의를 Table 1에 나타냈으며, 그에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 투입변수의 선정과 조작적 정의

자료포락분석을 위한 투입변수로 소방인력, 소방장비, 소방예산을 사용하였다.

소방인력은 소방행정조직이 시민에게 안정적인 소방행정서비스를 제공하는 데 필요한 소방공무원과 의용소방대원으로 정의하고 사용하였다.

「소방기본법」(법률 제16770호)⁽²¹⁾ 제2조와 「소방력 기준에 관한 규칙」(행정안전부령 제170호)⁽⁹⁾ 제8조에 의하면 소방인력은 소방공무원, 의용소방대원, 의무소방원으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 소방공무원과 의용소방대원 수를 소방인력으로 사용하였다. 의무소방원 수는 소방공무원 수 그리고 의용소방대원 수와 비교하여 크게 작은 값으로 소방행정의 효율성에 큰 영향을 미치지 않을 것이라 가정하고 소방인력에서 제외시켰다⁽²²⁾.

소방장비는 소방행정조직이 시민에게 안정적인 소방행

정서비스를 제공하는 데 필요한 장비(펌프차 + 물탱크차 + 화학차 + 고가차 + 굴절차 + 조연차 + 조명차 + 배연차 + 무인방수 + 구급차 + 구조차 + 장비운반 + 굴삭기 + 행정차 + 지휘차 + 순찰차 + 진단차 + 체험차 + 화물차 + 오토바이 + 소방헬기 + 소방정 + 기타차)의 총합으로 정의하고 사용하였다. 다만 중앙소방학교, 중앙 119구조본부 소방대용장비 및 충남 임대헬기는 광역자치단체가 평상시 사용하기 어려운 점을 고려하여 소방장비에서 제외했다.

소방예산은 소방행정조직이 시민에게 안정적인 소방행정서비스를 제공하는 데 필요한 재화로 정의하고 사용하였다. 소방예산은 각 항목에 따라 인건비, 기본경비, 정책사업비로 구분할 수 있는데, 본 연구에서 사용하는 소방예산은 이러한 예산들의 전체 총합을 의미하며, 당해 연도 결산금액을 기준으로 사용하였다⁽⁴⁵⁾.

2) 투입변수의 선정과 조작적 정의

자료포락분석을 위한 산출변수로 화재진압출동, 구급출동, 구조출동, 화재피해경감, 소방교육 및 훈련, 소방특별조사를 사용하였다.

화재진압출동은 화재가 발생하였을 때 화재에 의한 피해를 최소화하기 위해 소방대가 출동한 것으로 정의하고 사용하였다. 화재진압출동 건수는 소방대가 시민의 119신고를 받고 출동한 건수로 정의하였다.

구급출동은 응급환자에 대하여 행하는 상담, 응급처치 및 이송 등의 활동을 위한 구급대의 출동으로 정의하고 사용하였다. 구급출동 건수란 구급대가 시민의 119신고를 받

Table 1. Explanation of Variable for Efficiency Analysis of Fire Administration

Factor	Variable name		Definition	Variable operation
Input	Fire manpower		Fire-fighting officer + Volunteer fire fighter	Population / (No. of fire-fighting officer + No. of volunteer fire fighter)
	Fire-fighting equipment		Pumper + Water tank car + High ladder vehicle + Ladder truck + Light and smoke control car + Light car + Smoke control car + Manless water truck + Ambulance + Rescue car + Transportation equipment car + Excavator + Administrative car + Command car + Patrol car + Safety test car + Fire experience car + Truck + Motorcycle + Helicopter + Ship + Other	Fire manpower / Fire-fighting equipment
	Fire service budget		Personnel expenses + Basic expense + Policy project cost	Fire service budget / Population
Output	Preventive fire administration	Special fire investigation	Special fire investigation with annual plan	No. of investigation case / No. of subject to investigation
	Prepared fire administration	Fire safety education and training	Fire safety education and training of related persons of public use facilities and public use facilities	No. of person education / No. of education target
	Response fire administration	Dispatch of fire suppression	No. of dispatch of fire suppression	No. of dispatch of fire suppression / Population
		Dispatch of first-aid	No. of dispatch of first-aid	No. of dispatch of first-aid / population
		Dispatch of rescue	No. of dispatch of rescue	No. of dispatch of rescue / population
		Fire damage mitigation	Property amount of damage mitigation + Movable assets amount of damage mitigation	Amount of fire damage mitigation / Population density

고 출동한 건수로 정의하였다.

구조출동은 화재, 재난·재해 및 테러, 그 밖의 위급한 상황에서 외부의 도움이 필요한 사람의 생명, 신체 및 재산을 보호하기 위하여 수행하는 모든 활동을 위한 구조대의 출동으로 정의하고 사용하였다. 구조출동 건수란 구급대가 시민의 119신고를 받고 출동한 건수로, 화재가 발생한 건물 내에 수용되어 있던 중 자발적으로 대피한 자를 제외하고, 화재로 인해 사망 또는 부상의 인명피해가 예상되는 자를 소방활동으로 사망자검색, 부상자구출, 인명구조 또는 피난시킨 활동 실적을 산입한 수치로 정의하였다.

화재피해경감액은 화재발생조사 보고서에 의한 자료로 화재로 인해 물적 피해량과 소방대상물이 전소되었을 경우 발생할 수 있는 예상피해액을 합산하여 그 차액을 경감액으로 나타낸 지표로 정의하고 사용하였다.

소방교육 및 훈련은 소방조직이 소방대상물의 관계인 또는 소방대상물에 상시 근무하거나 거주하는 자에게 소화·통보·피난 등의 소방훈련과 소방안전관리상 필요한 교

육으로 정의하고 사용하였다. 이 경우 피난훈련은 소방대 상물에 출입하는 자를 안전한 장소로 대피시키고 유도하는 훈련을 포함했다.

소방특별조사는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」(법률 제17007호)⁽⁴⁶⁾을 바탕으로 소방특별조사를 ‘소방방재청장, 소방본부장 또는 소방서장에게 관할구역에 있는 소방대상물 관계 지역 또는 관계인에 대하여 소방시설 등이 소방관계 법령에 적합하게 설치, 유지 관리되고 있는지 소방대상물에 화재, 재난, 재해 등의 발생 위험이 있는지 등을 확인하기 위하여 연중 계획에 관계 공무원에게 소방안전관리에 관한 소방특별조사를 하게 하는 소방활동 행위’로 정의하고 사용하였다.

3.3.2 의용소방대 운용과 소방행정 효율성의 관계 분석모형

광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계를 분석하기 위한 독립변수는 의용소방대 인력 비율, 의용소방대 예산 비율, 의용소방대 법령 시행 여부를 사용

Table 2. Explanation of Variable for Relationship Analysis between the Management of the Volunteer Fire Brigade and the Pure Technical Efficiency Analysis of Fire Administration in the Metropolitan Government

Factor	Variable name	Definition	Data collection	Variable operation
Independent variable	Ratio of human resource	Ratio of VFF and FFO	2011-2018 Annual report of statistics of fire fighting inside data of fire department	No. of VFF / No. of FFO
	Ratio of budget	Ratio of volunteer fire brigade budget and fire service budget		Budget of volunteer fire brigade / Fire service budget
	Enforcement of statutes	Implementation of the volunteer fire brigade establishment & Operation act	Ministry of government legislation	Dummy variable before 2013 year: 0 after 2014 year: 1
Dependent variable	Efficiency of fire administration	Pure technical efficiency of fire administration	DEA analysis	Pure technical efficiency
Control variable	Population	Population of metropolitan government	Statistical office	
	Area	Population of area		
	Urbanization	Level of urbanization		(No. of industry-No. of 1st industry) / No. of industry
	Obligatory fire brigade	Ratio of OFB and FFO		No. of OFB /No. of FFO

Note) VFF: Volunteer fire fighter, FFO: Fire-fighting officer, OFB: Obligatory fire brigade, DEA: Data envelopment analysis

했으며, 종속변수는 소방행정의 순수 기술 효율성을 사용하였다. 독립변수의 조작적 정의는 Table 2에 나타냈고, 그에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 독립변수의 선정과 조작적 정의

의용소방대 인력 비율은 소방공무원 수 대비 의용소방대원 수의 비율로 정의하고 사용하였다. 의용소방대의 예산 비율은 광역자치단체의 전체 소방예산 대비 의용소방대의 예산 비율로 정의하고 사용하였다. 의용소방대 법령 시행은 의용소방대 관련 법령의 시행으로 정의하고 사용하였다. 여기서 의용소방대 관계 법령은 「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」, 동법 시행령, 동법 시행규칙, 자치단체 법규 등을 의미한다

2) 종속변수의 선정과 조작적 정의

순수 기술 효율성이란 기술효율성을 규모효율성으로 나눈 값을 의미한다⁽²⁹⁻³¹⁾. 자료포락분석을 통해 얻을 수 있는 효율성은 규모수익불변 기술적 효율성(constant returns to scale, CRS), 규모수익가변 기술적 효율성(variable returns to scale, VRS), 규모 효율성(scale efficiency, SE)이 있다. CCR 모형에서의 효율성을 기술 효율성(technical efficiency, TE)이라고 부르며, BCC 모형에서의 효율성을 순수 기술 효율성(pure technical efficiency, PTE)이라고 부른다. 이들은 다음과 같은 관계를 가지고 있다.

$$TE = PTE \times SE$$

순수 기술적 비효율성은 투입요소를 비효율적으로 사용해서 발생하고, 규모 비효율성은 산출수준이 규모수익 불변에서 결정되지 않고 규모수익의 변화에서 균형이 이루어질 때 발생한다. 이 때문에 광역자치단체의 규모로 발생하는 비효율성을 제거하면서 광역자치단체의 의용소방대 운용이 소방행정의 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위해 순수 기술 효율성을 종속변수로 사용하였다.

3) 통제변수의 선정과 조작적 정의

광역자치단체의 의용소방대 운용이 소방행정의 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위한 통제변수로 인구, 면적, 도시화, 의무소방대를 사용하였다. 소방력에 대한 고찰에서, 인구, 면적, 도시화는 기준 소방력 산출과 소방력 배치에 고려되는 변수이다⁽²²⁾. 이 때문에 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계에서 영향을 미칠 가능성이 존재한다.

3.3.3 연구가설

광역자치단체의 의용소방대 운용이 소방행정의 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구가설은 다음과 같다.

가설 1-1. 의용소방대 인력 비율은 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설 1-2. 의용소방대 예산 비율은 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

Figure 2. Summary of efficiency analysis of fire administration in the metropolitan government.

가설 1-3. 의용소방대 법령 시행은 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설 2-1. 의용소방대 인력 비율이 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 때 의용소방대 법령 시행은 정(+)의 조절효과가 있을 것이다.

가설 2-2. 의용소방대 예산 비율이 소방행정의 순수 기술 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 때 「의용소방대 법령 시행은 정(+)의 조절효과가 있을 것이다.

4. 연구결과

4.1 기초통계 및 상관분석

본 연구에서는 2011년부터 2018년까지 광역자치단체 소방본부를 대상으로 소방행정의 효율성을 측정하기 위해 실물단위를 기초로 다투입 다산출 구조의 효율성 분석을 위한 분석기법인 자료포락분석법을 활용하였다. 자료포락분석법은 최적화 방법에 따라 투입 최소화(input minimization) 방식과 산출 최대화(output maximization)로 나눌 수 있다. 투입 최소화 방식은 동일한 산출을 생산하기 위해서 투입을 최소화하는 방법이며, 산출 최대화 방식은 현재의 투입하에서 산출을 최대화하는 방법이다. 자료포락분석법은 규모 방법에 따라 CCR모형과 BCC모형으로도 구분할 수 있다⁽²⁹⁻³¹⁾. CCR 모형은 규모수익불변을 가정하고 있으며, BCC모형은 규모수익변화를 가정하고 있다. 본 연구에서는 소방행정의 효율성을 측정하기 위해 투입 최소화 방식과 BCC모형을 사용하였다. 투입 최소화 방식을 사용한 이유는 소방행정의 효율성 측정을 통해 순수 기술 효율성과 거시적 관점에서

의 소방력 재배치를 동시에 논의할 수 있기 때문이다. 한편, BCC 모형을 사용한 이유는 지방자치단체의 소방조직은 규모에 따른 수익(return to scale)이 가변 된다는 가정을 두고 있다. BCC모형은 CCR모형의 확장된 형태로써 규모수익변동을 가정하는 모형으로, CCR모형과 BCC모형에서 같은 자료를 사용하여 효율성을 분석할 경우 ‘기술적 효율성의 효율 계수 값의 차이’를 통하여 규모의 효율성 유무를 판단할 수 있다. 즉, CCR모형은 규모에 대한 수익불변이라는 가정하에 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 CCR모형에서 가정하고 있는 규모수익불변을 완화하여 규모수익가변이란 가정을 적용하고 볼록성(convexity) 필요조건을 추가하고 있는 BCC모형으로 소방행정서비스의 효율성을 측정하였다.

Table 3은 자료포락분석을 이용한 소방행정의 CRS, VRS, 그리고 SE의 분석결과에 대한 요약결과이다. Figure 2는 Table 3을 막대 그래프로 나타낸 것이다.

Table 3과 Figure 2에서 CRS는 $82.78 \pm 18.12\%$, VRS는 $89.31 \pm 12.46\%$, SE는 $91.72 \pm 10.56\%$ 를 나타냈다. CRS가 100%로 나타나는 의사결정단위(DMU)는 33개(25.78%)이며, VRS가 100%인 DMU는 52개(40.63%)이다. 즉, 규모수익불변에서 나타나는 비효율적인 19개의 DMU는 규모수익가변에서 효율적인 DMU로 나타나면서 규모의 비효율성이 원인인 것으로 드러났다.

규모수익 측면에서 광역자치단체별 소방행정의 효율성(Figure 3)을 살펴보면, 규모수익불변(CRSe)이 33개(25.78%), 규모수익체증(IRS)이 16개(12.50%), 규모수익체감(DRS)이

Table 3. Results of Efficiency Analysis of Fire Administration in the Metropolitan Government

Efficiency score	CRS efficiency		VRS efficiency		SE efficiency	
	No. of DMU	Ratio (%)	No. of DMU	Ratio (%)	No. of DMU	Ratio (%)
100	33	25.78	52	40.63	33	25.78
Less than 90-100	31	24.22	27	21.09	49	38.28
Less than 80-90	14	10.94	9	7.03	22	22.66
Less than 80-70	14	10.94	29	22.66	16	12.50
Less than 70-60	17	13.28	11	8.59	0	0
Less than 60-70	18	14.06	0	0	0	0
Less than 50-40	0	0	0	0	0	0
Less than 40-30	0	0	0	0	0	0
Less than 30-2	0	0	0	0	1	0.78
Less than 20-10	1	0.78	0	0	0	0
Mean(%)	82.78 ± 18.12		89.31 ± 12.46		91.72 ± 10.56	

Note) CRS: Constant return to scale, VRS: Variable returns-to-scale, SE: Scale efficiency, DMU: Decision making units

Figure 3. Efficiency analysis of fire administration in the metropolitan government by returns to scale.

79개(61.72%)로 나타났다. 규모수익은 모든 투입요소의 단위증가에 따른 산출물의 증가 정도를 반영하는 장기개념이다. CRSe는 모든 투입요소의 단위증가에 따라 산출물도 동일한 비례증가를 가져오는 경우이다. 예를 들면, 소방력을 두 배로 증가시키는 경우 산출물도 두 배로 증가하면 CRSe라는 증거이다. IRS는 모든 투입요소의 단위증가에 따라 산출물의 증가가 비례 이상인 경우이고, 반대로 DRS는 모든 투입요소의 단위증가에 따라 산출물의 증가가 비례보다 작은 경우이다. 그러므로 전체 128개 DMU 중 12.50%에 해당하는 16개의 DMU는 소방력을 증가시킴으로써 규모수익

이 증가할 수 있다. 이에 따라 현재의 생산구조의 투입분이 적정 규모에 비해 적게 이루어지고 있는 과소투자 상태에 있다고 해석할 수 있다.

한편, 규모에 대한 수익이 감소하는 DMU는 투입요소의 증가율보다 산출요소의 증가율이 낮은 것으로 투입요소를 증가시킬수록 생산 활동의 비효율성이 더 커짐을 뜻한다. 이는 해당 DMU의 과잉투자 상태의 생산구조에 있음을 나타낸다. 대부분의 광역자치단체가 규모수익체감을 보인다. 특히, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 대전광역시, 울산광역시는 DRS가 100%로 현재의 생산구조의 투입분이

Figure 4. Mean pure technical efficiency of fire administration in the metropolitan government.

적정 규모에 비교해 과잉투자 상태에 있다고 해석할 수 있다. 소방력을 감소시킴으로써 소방행정의 효율성을 증가시킬 수 있다.

16개 광역자치단체에 대한 순수 기술 효율성에 대해 평균을 살펴보면 Figure 4와 같다. 16개 광역자치단체 중 가장 높은 순수 기술 효율성을 보이는 곳은 제주도(평균 99.08%)였으며, 가장 낮은 효율성을 보이는 곳은 대구광역시(평균 72.05%)였다. 순수 기술 효율성은 규모로 인한 비효율을 제거하고 순수하게 기술적인 효율성만을 보여준다. 즉, 순수 기술 효율성은 생산과정에서 얼마나 효율적으로 투입물을 산출물로 전환하는가를 측정하는 것이다.

4.2 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계

4.2.1 기초통계분석

Table 4와 Figure 5는 소방공무원 수, 의용소방대원 수, 소방예산, 의용소방대 예산, 의용소방대 인력 비율, 의용소방대 예산 비율, 순수 기술 효율성에 관한 기초통계분석 결과이다. 소방공무원 수와 의용소방대원 수의 합은 자료포락분석의 투입변수에 사용되는 소방인력이다. 소방전체예산에는 의용소방대 예산이 포함되어 있다. 의용소방대 인력 비율은 [의용소방대원 수/(의용소방대원 수+소방공무원 수)]이며, 의용소방대 예산 비율은 (의용소방대 예산/소방예산)으로 계산되었다. 이 비율은 광역자치단체 소방본부

의 소방력 운용의 정책에 따라 변화되는 값이다.

Table 4에서 보이는 것과 같이, 소방공무원 수는 $2,606 \pm 276$ 명, 의용소방대원 수는 $5,793 \pm 44$ 명, 소방예산은 $2,281.06 \pm 716.69$ 억원, 의용소방대 예산은 36.84 ± 3.66 억원, 의용소방대 인력 비율은 $64.68 \pm 1.63\%$, 의용소방대 예산 비율은 $1.83 \pm 0.25\%$, 순수 기술 효율성은 $89.31 \pm 3.62\%$ 로 나타났다.

Table 4와 Figure 5에서 보이는 것과 같이, 의용소방대원의 비율은 2011년부터 2018년도까지 지속해서 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다. 그리고 의용소방대 예산 비율은 2011년부터 2013년까지는 감소하다가 2014년도에 증가하고 다시 2018년까지 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다. 2014년 이후부터 의용소방대원 비율과 의용소방대의 예산 비율이 지속해서 감소하는 것은 소방공무원 수와 소방예산이 지속해서 증가했기 때문이다. 다시 말해, 전체 의용소방대원과 예산은 시간에 따라 크게 증가하지 않지만, 소방공무원의 수와 전체예산이 증가하면서 비율이 감소하는 것이다. 완전하게 일치하지는 않지만, 연도에 따른 순수 기술 효율성의 변화도 의용소방대 예산 비율과 비슷한 경향을 보인다.

4.2.2 패널토빗회귀분석

「의용소방대 설치 및 운영에 관한 법률」에 의해서 광역자치단체 소방본부는 소방력 운용의 변화를 주었으며, 이로 인해 소방행정의 효율성에 영향을 미쳤다는 가정을 확

Table 4. Basic Statistics Analysis of Variable in Tobit Regression Model

Year	FFO (persons) (A)	VFF (persons) (B)	Budget of fire service (billion) (C)	Budget of VFB (billion) (D)	Ratio of VFF (%) [B/(A+B)]	Budget ratio of VFB (D/C)	PTE (%)
2011	2,348	5,893	1,747.75	32.16	66.18	2.037	90.86
2012	2,404	5,792	1,723.22	34.31	65.76	1.94	87.06
2013	2,399	5,758	1,691.31	32.79	65.75	1.90	84.34
2014	2,444	5,785	1,733.88	36.48	65.62	2.15	96.84
2015	2,572	5,766	1,954.47	36.78	64.94	1.93	89.11
2016	2,662	5,808	3,248.78	41.32	64.75	1.68	87.73
2017	2,900	5,779	2,915.97	39.15	62.95	1.52	88.93
2018	3,122	5,762	3,233.14	41.71	61.50	1.44	89.61
Mean	2,606 ± 276	5,793 ± 44	2,281.06 ± 716.69	36.84 ± 3.66	64.68 ± 1.63	1.83 ± 0.25	89.31 ± 3.62

Note) FFO: Fire-fighting officer, VFF: Volunteer fire fighter, VFB: Volunteer fire brigade, PTE: Pure technical efficiency

Figure 5. Year-on-year variable of censored regression model.

인하기 위해 패널토빗회귀분석을 실시하였다(Figure 6). 분석에 사용된 모형은 두 가지이다. 하나는 의용소방대원 비율, 의용소방대 예산 비율, 의용소방대 법률이 순수 기술 효율성에 영향을 미치는 영향을 분석하기 위한 토빗회귀모형(Figure 6의 Tobit Model 1)이고, 다른 하나는 의용소방대원 비율과 의용소방대 예산 비율이 순수 기술효율성에 영향을 미칠 때 의용소방대 법률이 조절효과가 있는지 분석하기 위한 토빗회귀모형(Figure 6의 Tobit Model 2와 Tobit Model 3)이다.

일반적으로 종속변수에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위해서는 회귀모형을 사용한다. 그러나 자료포락분석에 의한 순수 기술 효율성 점수는 0과 1사이의 값만을 갖기 때문에 일반적인 통상최소자승법(ordinary least squares, OLS)을 사용하면 회귀계수가 불일치하거나 편의 추정치(inconsistent and biased estimates)를 갖게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 토빗회귀모형을 사용해야 한다^(47,48). 이 모형은 종속변수가 하한보다 작거나 상한보다 크면 관찰되지 않으므로 절단회귀모형(censored regression model)이라고도 불

Figure 6. Tobit regression model.

린다. 최근에는 국내외적으로 자료포락분석의 효율성 관련 영향요인 분석할 때 토빗회귀모형을 적용한 연구들이 보고 되고 있어 활용도가 높아지는 추세이다⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾. 하지만 로지 시틱 회귀분석과 마찬가지로 토빗분석에서는 R^2 를 대신하여 Pseudo R^2 값이 제공된다. 토빗회귀모형은 모형적합성을 논하기 어렵다. 이 때문에 회귀계수 추정치(coefficient estimate)의 유의성을 갖고 연구결과를 해석해야 하는 한계를 지닌다.

본 연구에서 자료포락분석을 통해 얻은 소방력 운영의 순수 기술 효율성에 의용소방대가 미치는 영향을 분석하기 위해 토빗모형을 활용하고자 한다. 토빗모형의 독립변인으로는 의용소방대의 인력, 의용소방대의 예산, 의용소방대 법령 시행을 사용하였다.

본 연구에서 사용된 토빗모형은 다음과 같이 설정될 수 있다.

$$y_i^* = \beta'x_i + u_i$$

$$y_i = L_{1i} \text{ if } y_i \leq L_{1i}$$

$$y_i = y_i^* \text{ if } L_{1i} \leq y_i^* < L_{2i}$$

$$y_i = L_{2i} \text{ if } y_i^* \geq L_{2i}$$

여기서 y_i 는 DMU의 순수 기술 효율성 점수, β 는 미지의 모수 벡터, x_i 는 순수 기술 효율성에 영향을 미치는 설명변수, u_i 는 평균이 0, 분산이 σ^2 인 정규분포를 가진 잔차, L_{1i} 와 L_{2i} 는 순수 기술 효율성 점수의 상하한선, y_i^* 는 직접 관찰되지 않은 잠재변수를 의미한다. y_i 는 잠재변수 y_i^* 가 1 미만 또는 1이상의 값인지 여부에 따라 y_i^* 를 결정하는데 사용된다. 1이상의 y_i^* 에 대해서는 1의 값으로 절단된다.

한편, 본 연구에서는 8개 년도에 걸쳐 수집된 패널자료를 사용하므로 이에 적합한 모형을 고려한다. 패널모형을 활용한 분석은 횡단모형을 활용한 분석과는 다르게 다음과 같은 장점이 있다. 먼저 횡단 자료분석은 변수 간의 정적인 관계만 추정이 된다. 반면, 패널모형은 패널 개체를 반복하여 관찰하기 때문에 동적관계를 추정할 수 있다. 패널 개체들의 관찰되지 않는 이질적 특성(unobserved heterogeneity)요인을 모형에서 고려할 수 있으므로 모형설정의 오류도 감소시킬 수 있다⁽⁵²⁾. 더 많은 정보와 변수의 변동성을 제공하므로 효율적인 추정량을 얻을 수 있다. 독립변수를 다양한 형태로 변환하여 추정하기 때문에 다중공선성의 문제를 완화시키는 장점도 있다. 패널토빗모형은 다음과 같은 오차성분 모형이 사용된다.

$$y_i^* = \beta'x_i + u_i + \epsilon, u_i \sim N(0, \sigma_u^2), \epsilon \sim N(0, \sigma_\epsilon^2), i = 1, 2, \dots, n, t = 1, 2, \dots, T$$

여기서 u_i 는 확률변수로서 시간에 따라 변하지 않는 패널의 개체 특성을 나타낸다. 패널개체의 고유 특성(이질성)을 나타내는 u_i 는 고정효과(fixed effects) 또는 확률효과(random effects)로 처리할 수 있다. 고정효과모형과 확률효과모형은 분석에서 각 연도별로 변하지 않는 고유의 특성을 고려한다. 그에 따라 불편추정량을 제공해주는 장점이 있다. 하지만 고정효과와 경우 연도별로 변하지 않는 독립변수는 차분을 통해서 제거되기 때문에 효과를 추정하지 못하는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 확률효과모형을 기반한 패널분석을 활용하였다.

Table 5는 패널토빗분석을 실시한 결과이다. Figure 6의 Tobit Model 1에서 보는 바와 같이, 의용소방대의 인력 비율, 의용소방대의 예산 비율, 의용소방대 법령의 시행은 소방행정의 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 Figure 6의 Tobit Model 2와 Tobit Model 3에서는 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 소방행정의 순수 기술 효율성에 영향을 미칠 때 의용소방대 법령의 시행이 조절효과가 있는 것으로 나타나고 있다. 의용소방대의 도입목적은 민간소방인력을 활용한 효율적인 소방행정의 실현과 예측하지 못하는 재난사고의 대응이었다. Tobit Model의 분석결과로부터, 민간소방인력의 도

Table 5. Relationship between the Management of the Volunteer Fire Brigade and the Pure Technical Efficiency Analysis of Fire Administration in the Metropolitan Government

Factor	Explanation of variable	Tobit Model 1	Tobit Model 2	Tobit Model 3
Ratio of human resource	No. of volunteer fire fighter /No. of volunteer fire fighter	.3468516 (2.20)**	.306154 (1.96)*	.3683732 (2.27)**
Ratio of budget	Budget of volunteer fire brigade /Fire service budget	.0646301 (4.52)***	.065096 (4.53)***	.049378 (3.40)***
Enforcement of statutes	Before 2013 year: 0 After 2014 year: 1	.065354 (3.26)***	-	-
Ratio of human resource ×Enforcement of statutes	-	-	.1055021 (3.32)***	-
Ratio of budget ××Enforcement of statutes	-	-	-	.0326119 (3.05)****
Population	Population of metropolitan government	2.64×10^{-17} (6.81)***	2.48×10^{-8} (6.82)***	2.53×10^{-8} (6.82)***
Area	Population of area	-1.76×10^{-6} (-0.61)	-1.78×10^{-6} (-0.62)	-1.98×10^{-6} (-0.67)
Urbanization	Level of urbanization	-33.46019 (-3.97)**	-33.98261 (-4.00)***	-33.52367 (-3.88)***
Obligatory fire brigade	Ratio of obligatory fire brigade and fire-fighting officer	-.5911302 (-0.93)	-.7553088 (-1.15)	-.8389165 (-1.24)
Constant	-	33.90845 (4.01)***	34.45897 (4.05)***	33.9986 (3.93)***
Wald chi2	-	1.93.91***	191.83***	185.37***
Log-likelihood	-	33.90845	42.512545	41.824994

Note) * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

입과 활용은 소방행정의 효율성에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

패널토빗회귀분석의 결과를 바탕으로 의용소방대의 운용과 소방행정의 효율성 관계를 살펴보면 다음과 같은 논리가 가능하다. Figure 6의 Tobit Model 1의 결과를 살펴보면, 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 증가할 때 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있다. 더하여 의용소방대 법령의 시행으로 소방행정의 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 이는 소방공무원 대비 의용소방대 인력 비율, 예산 비율이 증가할 때 순수 기술 효율성은 높아진다는 것을 의미한다. 그러므로 광역자치단체의 순수 기술 효율성을 향상시키기 위해서는 소방공무원 대비 의용소방대의 인력과 소방전체예산 대비 의용소방대의 예산을 증가시켜야 한다는 시사점을 제공한다.

Figure 6의 Tobit Model 2와 Tobit Model 3의 결과를 살펴보면, 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 소방행정의

순수 기술 효율성에 유의미한 영향을 미칠 때 의용소방대 법령의 시행은 유의미한 정(+)의 조절효과를 미치는 것으로 나타나고 있다. 다시 말해, 의용소방대의 인력 비율 또는 예산 비율이 증가하면서 소방행정의 순수 기술 효율성은 같이 증가하는데, 의용소방대 법령의 시행은 순수기술성의 효과를 증대시키는 것으로 나타나고 있다. 그러므로 소방행정조직이 의용소방대에 관한 법령을 제정 및 시행함으로써 소방행정의 효율성을 향상시키려는 정책은 긍정적 효과가 있었다는 결론을 내릴 수 있다. 소방공무원이 지방직 공무원에서 국가직 공무원으로 신분이 변화되고 나서, 법령의 제정비를 할 때 의용소방대에 대한 법령을 계속 유지해야 한다는 시사점을 제공한다. 토빗회귀모형의 분석결과를 통해 연구가설에 대한 검정결과를 정리하면 Table 6과 같았다.

5. 결론 및 시사점

본 연구는 광역자치단체의 소방보조인력과 소방인력의

Table 6. Results of Research Hypothesis

Hypothesis	Contents	Degree of acceptance and rejection
Hypothesis 1-1	The ratio of human resource of volunteer fire brigade will have a positive impact on the pure technical efficiency of fire administration.	Acceptance
Hypothesis 1-2	The ratio of budget of volunteer fire brigade will have a positive impact on the pure technical efficiency of fire administration.	Acceptance
Hypothesis 1-3	The ratio of enforcement of statutes related volunteer fire brigade will have a positive impact on the pure technical efficiency of fire administration.	Acceptance
Hypothesis 2-1	When the ratio of human resource of volunteer fire brigade have a positive impact on the pure technical efficiency of fire administration, enforcement of statutes related volunteer fire brigade will have a positive regulation effect.	Acceptance
Hypothesis 2-2	When the ratio of budget of volunteer fire brigade have a positive impact on the pure technical efficiency of fire administration, enforcement of statutes related volunteer fire brigade will have a positive regulation effect.	Acceptance

가외성 관계에 관한 관심에서 시작되었다. 이에 소방보조인력으로서 민간소방인력으로 분류되는 의용소방대에 주목하였고, 광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 업무 영역 변화가 반영된 소방행정의 효율성을 측정하고자 하였다. 더하여 민간소방보조인력(의용소방대)의 운용과 광역자치단체의 소방행정 효율성의 관계가 어떠한지 실증적으로 분석하였다.

연구 진행을 위해 2011년부터 2018년까지 16개 광역자치단체의 소방행정 효율성을 자료포락분석으로 측정하였고, 측정된 결과를 이용하여 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성을 토빗회귀분석으로 영향력을 확인하였다.

광역자치단체 소방행정의 효율성을 자료포락분석으로 측정한 결과, CRS는 $82.78 \pm 18.12\%$, VRS는 $89.31 \pm 12.46\%$, SE는 $91.72 \pm 10.56\%$ 를 나타내었다. CRS가 100%로 보이는 DMU는 33개(25.78%)로 나타나고 있고, VRS가 100%인 DMU는 52개(40.63%)로 나타나고 있다. CRS에서 나타나는 비효율적인 19개의 DMU는 VRS에서 효율적인 DMU로 나타나면서 규모의 비효율성이 원인인 것으로 드러났다. 규모수의 측면에서 결과를 살펴보면, CRSe가 33개(25.78%), IRS가 16개(12.50%), DRS가 79개(61.72%)로 나타났다. IRS로 나타난 16개 DMU는 소방력을 증가시킴으로써 규모수익을 증가할 수 있다는 시사점을 제공하였다.

소방행정의 효율성은 중도절단된 자료의 형태를 취하고 있어 토빗모형을 사용하였다. 분석결과, 의용소방대의 인력 비율, 의용소방대의 예산 비율, 그리고 의용소방대 법령 시행은 광역자치단체의 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 더하여 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 소방행정의 효율성에 정(+)의 영향을 미칠 때 의용소방대 법령 시행은 정(+)의 조절효과를 보이는 것으로 나타났다. 이 결과 종합하여 소방보조인력의 활용 측면에서 해석하면, 의용소방대라는 민간소방보

조인력은 소방행정의 효율성에 긍정적 영향을 미친다고 해석할 수 있었다.

본 연구의 이론적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 소방보조인력으로서 민간소방인력의 운용(의용소방대의 운용)과 소방행정의 업무 변화가 포함된 광역자치단체의 소방행정의 효율성을 측정하였다. 다수의 선행연구는 소방행정의 효율성을 측정하는 데 소방보조인력의 운용과 소방행정의 업무 변화를 고려하지 않고 있다. 본 연구에서는 소방행정의 현실을 반영하여 소방보조인력으로서 민간소방인력으로 분류되는 의용소방대를 소방인력으로 포함시키고, 소방행정의 업무 변화(예비소방행정, 대비소방행정, 대응소방행정)를 고려하여 광역자치단체의 소방행정 효율성을 논의하였다는 점에서 학술적 의의가 있다.

둘째, 본 연구는 자료포락분석을 사용하여 광역자치단체의 소방행정의 효율성을 측정하였다. 대부분의 선행연구는 소방행정의 효율성을 측정하는 데 비프론티어(non-frontier) 접근방법을 사용하고 있다. 하지만 본 연구에서는 비교 가능한 집단이 없고, 다투입과 다산출의 생산구조를 갖는 소방행정조직을 자료포락분석으로 효율성을 측정하고, 광역자치단체 수준에서의 소방행정 효율성을 논의하여 새로운 접근방법을 사용했다는 점에서 방법론적 의의가 있다.

셋째, 본 연구에서는 광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계를 분석하였다. 의용소방대의 도입 목적은 소방보조인력으로서 민간소방인력을 활용한 효율적인 소방행정의 실현과 예측하지 못하는 재난사고의 대응이었다. 다수의 선행연구는 의용소방대 자체의 활성화 방안을 논의하거나 의용소방대와 소방행정의 효율성을 이론적으로만 연계하여 논의하는데 본 연구는 소방행정의 효율성과 소방행정의 효율성 관계를 실증적으로 분석하였다는 점에서 학술적 의의가 있다.

넷째, 본 연구는 광역자치단체의 의용소방대 운용과 소

방행정의 효율성 관계에서 패널분석을 실시하고 있다. 다수 선행연구는 사례연구나 횡단분석연구를 사용한다. 본 연구에서는 패널분석을 사용하여 시계열적 영향을 동시에 고려하였다는 점에서 방법론적 의의가 있다.

본 연구의 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 의용소방대의 인력 비율, 예산 비율, 의용소방대 법령 시행은 소방행정의 순수 기술 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 광역자치단체의 의용소방대 운용이 소방행정의 효율성에 긍정적 영향력을 미치는 것으로 해석할 수 있다. 그러므로 소방행정조직의 효율성 향상을 위해 소방공무원 조직의 일부 업무를 의용소방대 조직에 새롭게 위임, 위탁, 또는 이관할 수 있다는 가능성을 시사한다.

둘째, 의용소방대 법령 시행은 소방행정의 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 나타내며, 의용소방대 인력 비율 또는 예산 비율이 소방행정의 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미칠 때 의용소방대 법령 시행은 유의미한 정(+)의 조절효과를 보이는 것으로 나타나고 있다. 소방공무원의 국가직화 이후 소방 관련 법령을 재정비 함에 있어, 의용소방대의 법령 개정이 소방행정의 효율성에 강하게 영향을 받을 수 있음을 시사하고 있다.

셋째, 자료포락분석을 이용하여 소방행정의 효율성을 측정한 결과, 규모수익불변이 33개(625.78%), 규모수익체증이 16개(12.50%), 규모수입체감이 79개(61.72%)로 나타났다. 규모수익은 모든 투입요소의 단위증가에 따른 산출물의 증가 정도를 반영하는 장기개념이다. 규모수익체증은 모든 투입요소의 단위증가에 따라 산출물의 증가가 비례 이상인 경우이고, 반대로 규모수익체감은 모든 투입요소의 단위증가에 따른 산출물의 증가가 비례보다 작은 경우이다. 그러므로 소방행정의 효율성 증가를 위해 소방력의 추가 배치, 소방력의 재배치 등이 필요하다는 점을 시사한다.

본 연구에서는 광역자치단체의 소방보조인력으로서 민간소방인력 운영과 소방행정의 업무 변화를 반영한 소방행정의 효율성을 측정하였다는 점, 자료포락분석을 사용하여 광역자치단체의 수준에서 소방행정의 효율성을 논의하였다는 점, 광역자치단체의 민간소방인력 운영과 소방행정의 효율성 관계를 논의하였다는 점, 광역자치단체의 의용소방대 운용과 소방행정의 효율성 관계에서 패널분석을 실시하였다는 점에서 의의가 있다. 하지만 본 연구에서는 다음과 같은 것을 반영하지 못해 발생하는 한계를 갖는다.

첫째, 소방행정의 효율성 측정에서 소방행정의 변천과 업무 영역의 확대 모두 반영하지 못하지 못하였다. 예를 들어, 예방소방행정은 건축허가동의, 소방대상물 현황분석, 소방특별조사 등이 존재하지만 본 연구에서는 통계 자료 확보의 어려움 때문에 소방특별조사만을 예방소방행정의 변수로 사용하였다. 이 때문에 소방특별조사가 예방소방행정을 모두 설명하지 못하는 한계가 발생한다.

둘째, 자료포락분석법에서 발생하는 문제가 있다. 자료

포락분석을 이용하여 효율성 분석을 실시할 경우 효율적 집단, 비효율적 집단으로 구분되고, 비효율적 집단에 대해서만 효율성 순위를 부여할 수 있다. 하지만 효율적 집단에 대해 순위정보를 제공할 수 없기 때문에 효율적 그룹의 의사결정단위도 순위 정보를 제공할 경우 의미 있는 분석이 될 수 있다. 즉, 자료포락분석 결과 효율적 의사결정단위 집단 내에서의 순위정보가 중요한데 일반적인 자료포락분석적으로는 이를 찾아낼 수 없다는 한계가 있다. 더하여 자료포락분석에서는 산출해 주는 효율성은 상대적 효율성일 뿐 절대적 효율성을 나타내지 못하는 한계가 있다.

셋째, 패널자료의 시간적 범위에서 발생하는 연구결과와 신뢰성 문제가 있다. 본 연구에서는 2011년부터 2018년까지 광역자치단체의 소방행정 자료만 사용하고 있다. 연구결과를 일반화시키고 신뢰성을 높이려면 더 넓은 시간적 범위의 자료를 사용해야 한다.

넷째, 의용소방대의 기능과 유사한 기능을 가진 다른 민간행정조직을 통제변수에서 반영하지 못했다는 점이다. 만약 의용소방대의 학술적 개념을 자원봉사조직으로 해석한다면 의용소방대의 기능과 유사한 기능을 가진 다른 민간행정조직도 소방행정의 효율성에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 조직으로는 지역자율방재단, 지역자율방범대, 지역새마을운동회 등이 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부 빅데이터 기반 항공안전관리 보안인증 기술 개발사업의 연구비 지원(21BDAS-C151636-03)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Y.-S. Ko, "Growth of the Korean Economy and Role of Government: Past, Present and Future", Korea Development Institute all Rights Reserved (2008).
2. Y.-C. Choi, "A Study on Types of Disasters Affecting City Safety", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, Vol. 35, No. 6, pp. 93-100 (2019). https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2019.35.6.93
3. C. Park, "An Analysis of the Importance in Fire-Stations' Works and Redesign by Disaster Management Steps", Journal of the Korean Society of Disaster Information, Vol. 10, No. 4, pp. 572-582 (2014). <https://doi.org/10.15683/kosdi.2014.10.4.572>.
4. K. J. Oh, "A Study on Disaster Response Capability of Fire Administration System", Unpublished Ph.D. Thesis, Paichai University (2018).
5. G. S. Jeong, C. S. Cheon, and C. S. Kim, "Introduction to Fire Science", Topamin Publishing, Seoul (2011).

6. J. J. Choi, "Introduction to Fire Science", Hyungseul Publishing, Gyeonggi (2006).
7. Korea Ministry of Government Legislation, "Framework Act on Fire-fighting Services", Act No. 11690, 2013.03.23. Amendment by Other Act.
8. Korea Ministry of Government Legislation, "Act on Volunteer Fire Brigade Establishment & Operation", Act No. 12344, 2014.01.28., New Enactment.
9. Korea Ministry of Government Legislation, "Regulations on Fire Fighting Service Standards", Ministry of Public Administration and Security Ordinance No. 170, 2020.03. 13., Partial Amendment.
10. I. Lee, E. Hwang, and D. Choi, "Research on a Plan for Activating Volunteer Department System for Fire Service", Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 19, No. 5, pp. 143-150 (2019). <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2019.19.5.143>.
11. G. G. Yang, J. W. Lee, and J. Park, "A Plan for Effective Disaster Safety Management in the Community: Focused on Volunteer Fire Department", Crisisonomy, Vol. 14, No. 11, pp. 107-121 (2018). <http://doi.org/10.14251/crisisonomy.2018.14.11.107>.
12. S.-S. Byun, S. Cho, and W. R. Shin, "A Study on the Reinforcement of Volunteer Fire Brigade for Improvement of Fire-Fighting Service in Vulnerability Area", Korean Journal of Convergence Science, Vol. 7, No. 3, pp. 168-181 (2018). <https://doi.org/10.24826/KSCS.7.3.14>.
13. H.-D. Kim and S.-Y. Lee, "Study of a Improvement Plans about Efficient Operation of Korean Volunteer Fire Departments", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 95-106 (2017). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.5.095>.
14. H.-D. Kim and S.-Y. Lee, "Study on the Comparative Consideration of the Operative System of the Overseas Volunteer Fire Department ", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 6, pp. 99-106 (2017). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.6.099>.
15. S.-C. Woo, "A Preliminary Study on Vitalization Measures for Volunteer Fire Department Organizations", Fire Science and Engineering, Vol. 29, No. 2, pp. 54-63 (2015). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.2.054>.
16. W. Lee, H. Oh, and K. Lee, "A Study on the Efficient Management of Volunteer Fire Department", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 148-157 (2016). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.4.148>.
17. S. Lim, H. Lee, M. Choi, J. Hwang, M. Kim, and T. Moon, "Impact of Disaster Perception and Satisfaction on the Continuity of Volunteering in Volunteer Fire-fighters", Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 11, No. 2, pp. 191-202 (2015). <https://doi.org/10.15683/kosdi.2015.11.2.191>.
18. C.-H. Lim, "A Study on the Factors Affecting the Continuity of Volunteering in Volunteer Fire Brigade", Korean Journal of Public Safety and Criminal Justice, Vol. 26, No. 1, pp. 169-196 (2017). <https://doi.org/10.21181/KJPC.2017.26.1.169>.
19. W. Lee and S.Y. Kwon, "An Academic Concept Transition of Volunteer Firefighting After Implementation of the Volunteer Fire Brigade Establishment & Operation Act", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 87-94 (2017). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.5.087>.
20. W. Lee, "The Transition of Academic Interpretation of Volunteer Firefighting as the Sub-Administrative Organization in Quasi-Public Organization", Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 4, pp. 95-102 (2018). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2018.32.4.095>.
21. Korea Ministry of Government Legislation, "Framework Act on Fire-fighting Services", Act No. 16770, 2019.12.10., Partial Amendment.
22. W. Lee, "A Study on the Relationship between the Management of the Volunteer Fire Brigade and the Efficiency of Fire Administration in the Metropolitan Government", Unpublished Ph.D. Thesis, Chungnam National University (2021).
23. W. Lee, J. H. Lim, and K. M. Moon, "Effect of Preventive and Prepared Fire Administration on Response Fire Administration", Fire Science and Engineering, Vol. 34, No. 2, pp. 120-130 (2020). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.5d63e027>.
24. H. Lim, "Introduction to Disaster Management", Park Young Sa Publishing, Seoul (2019).
25. K.-G. Yang, S.-I. Ryu, Y.-S. Song, H.-H. Lee, and J.-M. Park, "Introduction to Fire Administration", Dae Young Co. Publishing, Gyeonggi (2016).
26. J.-D. Kim, "A Study on Factors Influencing Fire Service Power: An Analysis of the Fundamental Variable for Fire Service Budget", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 9-19 (2008).
27. Korea Industrial Development Institute, "A Study on Fire Service Deployment Standard in Korea", National Fire Agency, Sejong (2008).
28. Korea Ministry of Government Legislation, "Act on Volunteer Fire Brigade Establishment & Operation", Act No. 14809, 2017.04.18., Partial Amendment.
29. J. B. Lee, "DEA Management Efficiency", Myeong Jin Publishing, Seoul (2013).
30. M. H. Park, "Analysis of Efficiency and Productivity", Korea Studies Information Co., Ltd., Gyeonggi (2008).
31. J.D. Lee, "Theory of Efficiency Analysis: DEA Data Envelopment Analysis", Jipil Midia Publishing(Gyeonggi) (2012).

32. Y.S. Jeon, "Data Envelopment Analysis for Efficiency Evaluation", Inha University Publishing(Incheon) (2002).
33. A. Charnes, W. W. Cooper, B. Golany, L. Seiford and J. Stutz, "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions", *Journal of Econometrics*, Vol. 30, No. 1-2, pp. 91-107 (1985).
34. I. M. Choi, "A Study on the Determinants of Efficiency in Public Organization: Focused on Public Health Centers in Gyeonggi-do", Unpublished Ph. D. Thesis, University of Seoul (2006).
35. T. R. Kim, "Administrative Theory: Focused on History and Theory of Administration", Dae Young Co. Publishing, Gyeonggi (2017).
36. D. H. Kim and D. K. Lee, "Dynamic Efficiency Analysis of Fire Administration Service", *Crisisonomy*, Vol. 9, No. 1, pp. 25-46 (2013).
37. K. Y. Cho, "The Effect of Fire-fighting Budget on Fire Protection Service Efficiency: Focused on Street-Level Fire Stations in Gyeongsangnam-do", Unpublished Ph.D. Thesis, Gyeongsang National University (2011).
38. G. Namgung and H. S. Ha, "Reallocating Input Resources for Public Service through DEA Efficiency Measures: A Case Study of Public Fire Service in Kyonggi Provincial Government", *Korean Review of Organizational Studies*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-24 (2004).
39. S. D. Han, J. H. Lee, and J.-W. Bae, "Specializing Fire Administration Organization Incorporating the Local Contexts: An AHP Analysis for Chungnam Fire Administration", *Crisisonomy*, Vol. 13, No. 7, pp. 119-131 (2017). <https://doi.org/10.14251/crisisonomy.2017.13.7.119>.
40. J. Choi and C. Choi, "The Applications of Volunteer Fire Fighters against Great Disasters and its Implications", *Fire Science and Engineering*, Vol. 32, No. 5, pp. 87-94 (2018). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2018.32.5.087>.
41. S. W. Kim, W. Lee, and C.-S. Lee, "A Study on the Impacting Factors Influencing on the Volunteer Firefighter's Satisfaction in Sejong City Upon their Activities as a Volunteer Firefighter", *Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 1, pp. 96-103 (2016). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.1.096>.
42. Y.-S. Shin, "A Study on the Relationship between Leadership Styles and Organizational Outcome in Oklahoma's Volunteer Fire Department", *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 4, pp. 73-80 (2014). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.4.073>.
43. S.-C. Woo, J. Chae, and G.-B. Go, "A Study on Factors Affecting Formation of Social Capital for Volunteer Fire Brigade", *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 64-70 (2014). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.1.064>.
44. D.-S. Baek and S.-C. Lee, "A Study on Introduction of Student Volunteer Fire Department in Dormitory far from Fire Station", *Fire Science and Engineering*, Vol. 29, No. 3, pp. 65-69 (2015). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.3.065>.
45. W. Lee, J. H. Lim, and K. M. Moon, "Impact of Fire Demand on Fire Service Budget", *Fire Science and Engineering*, Vol. 34, No. 4, pp. 125-134 (2020). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.5d63e027>.
46. Korea Ministry of Government Legislation, "Act on Fire Prevention and Installation, Maintenance, and Safety Control of Fire-Fighting Systems", Act No. 17007, 2020. 02.18, Amendment by Other Act.
47. G. S. Maddala, "A Perspective on the Limited-dependent and Qualitative Variables Models in Accounting Research", *The Accounting Review*, Vol. 66, No. 4, pp. 788-807 (1991).
48. J. McDonald, and R. Moffitt, "The Uses of Tobit Analysis, Review of Economics and Statistics", MIT Press, Vol. 62, No. 2, pp. 318-321 (1980).
49. M.-R. Kim, "Korean Household Expenditure on Private Tutoring: Its Value and Tobit Analysis", *The Journal of Economics and Finance of Education*, Vol. 18, No. 2, pp. 1-25 (2009).
50. N. Sung and S. Hong, "An Empirical Study on the Korean Household Expenditure for Private Tutoring", *Korea Review of Applied Economics*, Vol. 10, No. 3, pp. 183-212 (2008).
51. S. Bradley, G. Johnes, and J. Millington, "The effect of competition on the efficiency of secondary schools in England", *European Journal of Operational Research*, Vol. 135, pp. 545-568 (2001).
52. J. M. Wooldridge, "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data", MIT Press, Cambridge MA. pp. 1-1096. (2002).