

REC 개정과 의무공급량이 국내 태양광 설비량에 미치는 영향 분석

백훈¹, 김태성^{2*}

¹금오공과대학교 컨설팅학과 박사과정, ²금오공과대학교 산업공학부 교수

Analysis of the Effect on Domestic PV Capacity under the REC Revision and Mandatory Supply

Hun Beak¹, Taesung Kim^{2*}

¹Ph. D. Candidate, Department of Consulting, Kumoh National Institute of Technology

²Professor, School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요약 현재 국내 신재생에너지 보급 정책은 RPS(Renewable Portfolio Standard; 공급의무화제도)이다. 대용량 발전 사업자는 신재생 의무공급량을 직접 생산하거나 REC(Renewable Energy Certificates; 공급인증서) 구매를 통해서 확보한다. 정부는 신재생 에너지원의 경제적, 사회적 가치를 평가하여 각 에너지원에 가중치를 매기는 REC 가중치를 여러 차례 개정했으며 의무공급 비율도 점차 증가하도록 개정했다. 본 연구는 정부의 정책이 관련 산업에 미치는 영향을 확인하는 데 도움이 된다. 태양광발전에 관한 REC 가중치 개정과 신재생 의무공급량이 태양광 설비량에 미치는 영향을 분석하기 위해 태양광 설비량을 종속변수로 시계열 분석과 의무공급량에 대한 회귀분석을 수행하였다. 결과적으로 REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 태양광 설비량 증가에 유의미한 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

주제어 : 신재생에너지, RPS, 공급인증서, 태양광 설비량, 시계열분석, 회귀분석

Abstract Currently, the RPS(Renewable Portfolio Standard) is the policy which supplies new and renewable energy. Power generation companies with large capacity should produce renewable energy or secure through the purchase of REC (Renewable Energy Certificates) as mandatory. The government has revised the REC weight several times, which weights each energy source by evaluating the economic and social value of renewable energy sources, and revised the mandatory supply ratio to gradually increase. This study helps to find the impact of policies on related industries. In this study, time-series analysis and regression analysis on the capacity of PV(Photovoltaics) facilities as a dependent variable were performed to analyze the effect of the revision of the REC weight for photovoltaic power generation and the amount of mandatory supply for renewable energy. As a result, it was statistically assessed that the revision of the REC weight and the increase in the mandatory supply has a significant effect on the increase in the amount of PV facilities.

Key Words : Renewable energy, RPS, REC, PV capacity, Time series analysis, Regression analysis

*This study is the result of research conducted by the professor's research year at Kumoh National Institute of Technology.

*Corresponding Author : Taesung Kim(tkim@kumoh.ac.kr)

Received March 10, 2021

Accepted June 20, 2021

Revised April 5, 2021

Published June 28, 2021

1. 서론

정부 정책은 한 산업 부문에 있어 외부 영향요인으로 작용하며, Grover, Goslar(1993)는 이러한 외부 압력이 기업의 불확실성 요인으로 작용한다고 하였다[1]. 김다운(2017)은 정부가 에너지원의 개발과 이용에 대해 다양한 정책수단을 통해 영향을 가하고, 신재생에너지 부문에서는 개발과 활성화 도모를 위해 적극적으로 개입한다고 말했다[2]. 「신에너지 및 재생에너지 개발 보급 촉진법」에 따르면 신재생에너지 보급은 에너지원의 다양화와 에너지의 안정적 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 목표로 한다. 현재 신재생에너지 보급을 위한 대표적인 정책으로 신재생에너지 산업에 가장 큰 영향력을 미치는 것은 RPS(Renewable Portfolio Standard; 공급의무화제도)이다. 2011년 정부는 신재생에너지 산업 지원을 위해 FIT(Feed-in Tariff; 발전차액지원제도)를 폐지하고, 2012년부터 RPS 제도를 시행하였다. RPS는 500MW 이상의 발전사업자가 일정 비율 이상을 의무적으로 신재생 에너지원으로 발전하게 하는 제도이다. 발전사업자는 직접 신재생에너지발전을 하거나, REC(Renewable Energy Certificates; 공급인증서)를 구매해 신재생에너지 사용 사실을 증명해야 한다. 정부는 의무공급량 비율을 점차 늘리도록 해왔으며, 신재생에너지 산업은 제도의 뒷받침으로 빠른 기술 개발과 확산 및 보급될 것으로 기대되었다.

REC 가중치 책정은 신재생 에너지원의 경제적, 사회적 가치를 평가하여 각 에너지원에 가중치를 매기는 것으로 시장정책 제도인 RPS 제도의 핵심이다. 한국에너지공단 신·재생에너지센터는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제12조의9」 규정에 따라 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」을 정하여 신재생에너지원별 REC 가중치를 부여하고 있다. 태양광은 다른 에너지원보다 더 세부적인 REC 가중치 등급이 책정되어 있다. 2012년 기준 4개 등급으로 나뉜 태양광 REC 가중치는 점차 세분되어 2018년 기준 10개의 등급을 갖게 되었다.

REC 가중치는 「신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」이 5년의 (삭제) 주기와 10년의 계획 기간을 갖고 수립되는 것과 달리 평균적으로 약 10개월마다 개정되고 있다. RPS 제도가 시작된 2012년부터 2018년까지 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」 내 태양광 REC 가중치 내용 개정은 총 7번 이루어졌다. 본 연구는 이와 같은 의무공급량 증가와 REC 가중치 개정

이 태양광 설비량 증가에 미친 영향을 알아보고자 한다. 개정 부분이 크지 않더라도 정책 내용의 변경은 태양광 산업 내 이해관계자들에게 영향을 미치게 되기 때문에 설비량 증가를 통해 그 영향을 파악할 수 있을 거라 추측된다.

태양광 설비량을 중심으로 REC 가중치 개정과 의무공급량 증가의 영향을 시계열분석과 회귀분석을 통해 파악하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 RPS의 효과성에 대한 선행연구

RPS 제도가 신재생에너지 분야의 주요 정책수단으로 위치해 영향요인으로 작용하고 있다는 것은 여러 논문을 통해 검토되었다. 홍정만(2011)은 정책수단인 FIT나 RPS의 존재 여부 자체가 정책 요인으로 작용한다고 하였으며[3], 허성운 외(2016)는 의무비율할당제도, 탄소배출제도 등과 함께 RPS를 신재생에너지 발전의 주요 정책 요인으로 꼽았다[4].

RPS 제도의 효과성에 관해 연구한 논문들은 다음과 같다. 김태은(2011)은 FIT와 RPS 제도의 채택 여부를 비교하여 각 제도가 재생에너지 부문의 성장에 미치는 영향을 분석하였다[5]. 해당 연구는 통합 모형에서 FIT나 RPS의 채택과 재생에너지 부문 성장 간에 통계적으로 유의미한 관계를 찾지 못했다. 즉, 재생에너지 성장의 영향요인으로 정책 수단 이외에 다양한 요인을 고려해야 함을 알 수 있다. 김다운 외(2014)는 OECD 회원국을 분석 대상으로 하여 FIT와 RPS가 전체 에너지 공급량 중 재생에너지 공급량의 비중에 어떤 영향을 주는지를 비교 분석하였다[6]. 연구 결과로 FIT와 RPS가 재생에너지 공급량 비중에 긍정적인 영향을 준 것으로 나타났다. 앞선 김태은(2011)의 연구 결과와 김다운 외(2014)의 연구 결과는 상반된다. 이는 분석 대상으로 삼는 국가 범위와 정책 수단 외 변수의 영향에 따라 정책 수단(FIT와 RPS)의 효과성이 달라진다는 것을 뜻한다.

이희선, 안세용(2011)은 FIT와 RPS를 장단점을 중심으로 하여 비교하고, 이를 토대로 각각의 제도가 재생에너지 시장에 미치는 영향이 다르다고 주장하였다[7]. 이동성, 문태훈(2015)은 시스템다이나믹스 모델을 이용하여 FIT와 RPS를 비교하였고, 국가 특성에 적합한 정책수단의 조합을 통해 정책 효율성을 높여야 한다고 말했다[8].

국내 논문에서 RPS의 효과성과 그 영향을 연구한 논문은 많았으나, 대부분이 이미 폐지된 FIT와의 비교를 통해 효율적인 정책 수단 혼합을 주장하거나 RPS 자체의 효과성을 분석하고 있다. 이에 본 연구에서는 RPS 제도의 핵심인 의무공급량과 REC 가치치의 변동에 의한 효과성을 파악하고자 한다.

국내에서 김준영 외(2016)가 RPS의 효과성을 국내 신재생에너지 발전량을 이용하여 시계열분석을 하였다[9]. 분석 결과, RPS가 신재생에너지 발전량 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났지만, RPS의 시행 여부만 고려하여 분석했다는 한계가 있다. 해당 논문은 태양광이 RPS 제도로부터 긍정적인 영향을 받는 이유로 태양광 부문에 별도 의무량이 할당되고 있다고 말한다. 또, SMP(System Marginal Price; 평균계통한계가격)와 전력사용량 역시 태양광 발전량과 양의 상관관계가 있는 것을 확인했다. 해당 연구에서 RPS 시행 여부만을 독립변수로 설정된 이유는 RPS 제도가 2012년부터 시행되었기 때문에 연구가 진행될 당시에 참고할만한 충분한 자료가 없었던 것으로 추측된다.

정예림(2020)은 RPS 제도의 실행이 국내 신재생에너지 보급 확대에 미치는 영향에 주목하였다[10]. 16개 광역자치단체의 10년간 신재생에너지 발전량, 설비량 자료를 바탕으로 실증분석을 했고, RPS 제도가 신재생에너지 발전량, 설비량에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인했다. 이 연구를 통해 국내 정책 환경과 집행 체계에서 RPS제도가 유의미한 정책요소로 작용하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 기존 연구와 달리 국내 자료를 바탕으로 진행하였다는 데 의의가 있으나, 신재생 에너지원별 분석은 진행되지 않았다.

본 연구는 RPS 제도의 의무공급량에 관한 세부적인 연구가 필요한 시점에 도달하였다는 판단하에 진행하고 자 한다. 또한, RPS 제도의 정책 영향 분석에 있어 대부분 발전량을 기준으로 연구하였지만 태양광 발전은 날씨에 따라 변할 수 있기 때문에 정책에 의한 영향을 발전량 보다는 설비량으로 나타내는 것이 타당하다고 판단된다. 이에 본 연구는 태양광 설비량을 기준으로 하여 태양광 산업에 대하여 RPS 제도가 미치는 영향에 대해 연구해보자 한다. 2012년부터 2018년까지의 REC 개정 내용과 분기별 태양광 설비량 자료를 이용하면 보다 세부적인 REC 개정 및 의무공급량 개정의 효과를 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

선우석호(2016)는 REC 가격변동이 태양광 투자에 미치는 영향에 대해 시계열분석을 진행했다[11]. REC 시

장에서의 가격변동은 투자자 관점에서 위험 요인으로 작용할 수도 있다. 때문에 설비량에 영향을 미칠 수도 있다는 것이다. 해당 논문은 결과에서 REC 가격의 변동이 투자자들의 시장 참여를 위축시키는 것으로 보았다. 본 논문에서는 REC 가격 대신, 정책 개정으로 인한 변동이 어떤 영향을 미치는지 예측하고자 한다.

본 연구에서는 의무공급량을 독립변수로 설정했다. 이는 이수진, 윤순진(2011)의 연구를 통해 검증한 RPS 제도 내에서의 의무공급량의 중요성 때문이다[12]. 해당 논문은 신재생에너지가 이론적 기대에 따라 실현될 수 있는지와 그 목표를 달성할 수 있는지를 예측하는 조건을 연구했다. 목표 달성을 위해서는 의무공급량 달성이 중요하게 작용했으며, 이를 통해 RPS 제도의 핵심이 의무공급량 달성이라는 것을 증명했다. 따라서 의무공급량을 독립변수에 설정하는 것은 RPS 제도의 효과성을 입증하기에 적절하리라 판단했다.

2.2 시계열분석

본 연구는 정부의 정책 설계 및 수정에 따라 태양광 산업 부문이 받는 영향의 유무를 알기 위해 시계열분석을 이용하였다. 시계열분석은 단일 분석 대상에 대한 여러 시점에서 자료를 수집하여 변수 간의 인과적 관계를 추론하고 검증하는 설계 방법이다.

이소담(2016)은 시계열분석이 시간의 흐름에 따른 변화를 보이는 현상을 일정한 시간 간격으로 관찰하여 구축한 자료이며, 결과적으로 시계열 데이터의 구조를 분석하는 방법이라고 설명한다[13]. 시계열분석의 자료는 과거의 값과 현재, 미래의 값이 관련되어 있다는 전제하에 분석된다. 즉, 과거 시간의 흐름에 따라 정리된 자료와 이를 분석한 결과를 통해 미래의 모습을 예측하는 데 사용할 수 있다. 시계열분석에서 시간 단위는 월, 분기, 년 등으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 분기별 자료를 수집하였다.

통계청 통계교육원(2016)은 실측된 자료를 통해 이를 발생시킨 확률과정의 확률적 구조를 시계열모형으로 표현하고 특정화하여 그 결과를 분석하거나 예측하는 것을 시계열분석이라고 칭한다[14]. 대표적으로 시계열모형은 자기회귀모형(Auto Regressive Model; AR모형), 이동평균모형(Moving Average Model; MA모형), 자기회귀이동평균모형(Auto Regressive Moving Average Model; ARMA모형)이 있다.

기광도(2007)에 따르면 시계열 자료는 연속적인 관찰 값 간에 독립적인 관계보다 관찰 값 간의 자기상관의 경

향이 강하다는 특성이 있다[15]. 따라서 시계열 자료 분석에서 자료 간의 자기상관 속성을 고려하여 자기회귀누적이동평균모형(Auto Regressive Integrated Moving Average Model; ARIMA모형)을 사용한다. 최나리(2012)에 따르면 ARIMA모형은 시계열 자료의 동태적 움직임을 안정적 시계열로 모형화한다[16].

ARIMA모형의 자기속성을 고려할 때는 자기상관계수(ACF: Auto Correlation Function)와 부분자기상관계수(PCAF: Partial Auto Correlation Function)를 살펴본다. 통계청 통계교육원(2016)의 자료에 따르면 자기상관계수는 현재 시계열 자료(z_t)와 시차(k)만큼 떨어진 시계열 자료(z_{t-k}) 간의 선형관계 정도를 나타내는 상관관계수이다[14]. 부분자기상관이란 현재 시계열 자료(z_t)와 특정 시차(k)만큼 떨어진 시계열 자료(z_{t-k}) 사이의 자기계열들의 영향을 제거하고 난 후, z_t 와 z_{t-k} 의 선형관계 정도를 말한다.

시계열 자료에 계절적 움직임, 평균이나 분산의 변화로 인해 불안정한 시계열이 있으면 안정화를 위해 차분을 한다. 시계열 자료에서 장기간으로 지속적인 변동을 지닌 추세를 제거하거나 계절성을 지닐 때 계절 차분을 통해 계절성을 제거하여 안정 시계열로 만드는 것이다. 여기서 일반 ARIMA 모형이나 계절성을 변동요인으로 포함하여 차분하는 계절자기회귀이동평균모형(Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average Model; SARIMA 모형)을 선택한다.

시계열의 변동요인은 크게 규칙과 불규칙 요인으로 나뉜다. 규칙변동에는 순환성과 계절성이 있고, 불규칙변동은 태풍, 파업 등과 같은 원인에 의해 발생한다. 월별이나 분기별로 수집된 시계열 자료에서는 계절성이 나타날 가능성이 크다. 계절 요인은 매년 반복적으로 나타나기 때문에 월별 자료를 수집하였을 때는 전월 간의 연속적인 관계뿐만 아니라 전년도 동월 간의 계절 관계도 살펴보아야 한다. 여기서 계절성을 제거하기 위해 계절 차분 과정을 거친다. 본 연구의 시계열 자료들은 분기별 자료이지만, 종속변수가 태양광 설비량이기 때문에 계절성을 띠지 않는다고 생각하여 계절 차분을 하는 SARIMA 대신 ARIMA 모형을 선택하여 자기상관 속성을 고려하였다.

2.3 회귀분석

회귀분석모형은 주어진 시점에서 여러 개체를 대상으로 인과관계에 있는 변수들에 대한 자료들에 대해서 분

석하는 기법이다. 여러 시점에서 인과관계에 놓인 두 개 이상의 시계열 변수에 대한 자료들을 사용하는 것이다.

이원우, 장인홍(2018)에 따르면 시계열분석은 어느 시계열자료에 추세가 있을 경우, 시간이라는 변수(t)를 시계열자료 Y_t 에 회귀시키는 것을 말한다[17]. 그러나 시계열자료 Y_t 가 다른 시계열자료 X_t 로 설명될 수 있을 경우(X_t 를 설명변수라고 한다), 회귀모형을 사용하여 시계열자료 Y_t 에 대한 예측을 할 수 있다.

이경진, 송명규(2020)는 2014년부터 2019년까지 전국도서관 통계 시계열 자료를 활용해 공공도서관 이용자수의 영향요인을 회귀분석했다[18]. 이 연구는 Durbin-Watson지수로 잔차들의 독립성을 판단했다. Durbin-Watson지수가 1에서 3 이내, 2에 가까운 값이면 자기상관이 없고 독립적이라고 간주하였다.

2.4 태양광 REC 등급 개정

본 연구에서는 2011년부터 2018년 6월까지 발표 및 개정된 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」을 참고하여 개정 동향을 분석하였다. 규칙의 개정 내용과 표는 한국에너지공단 신재생에너지센터의 자료를 참고하여 작성하였다.

태양광은 2012년부터 2015년까지 별도 의무공급량이 주어졌다. 태양광 발전은 일반 신재생에너지와의 경제성 차이가 크기 때문인데, 2015년 이후에는 신재생 에너지원들과 통합하여 운영되고 있다.

태양광은 다른 신재생 에너지원과 비교했을 때 더 다양한 REC 가중치 등급 체계를 갖추게 되었다. RPS 제도가 처음 시행될 때 태양광 에너지는 발전소의 위치, 크기, 형태에 따라 세부적으로 유형이 나뉘었다. 반면, 다른 신재생에너지들은 2, 3개 정도의 세부기준이나 설치 장소에 따라 2, 3개의 REC 가중치 등급이 책정되었다.

Table 1. REC Weight Factors for PV

REC	Target Energy & Standard		
	Installation Type	Land Category	Capacity Base
0.7	not using existing building structures	5 categories of land (paddy, field, orchard, ranch, forest)	
1		Other 23 land categories	Over 30kW
1.2			Under 30kW
1.5	using existing building structures		

정부는 2011년 7월 18일에 2012년 1월 1일부터 시행될 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」

을 발표하였다. 해당 규칙에서는 태양광 에너지의 공급 인증서 가중치를 4개 등급으로 나누고 크게 '기존 시설물을 이용하지 않는 경우'와 '기존 시설물을 이용하는 경우'로 나누어 등급을 부여하였다. Table 1은 2011년 7월 발표된 태양광의 REC 등급이다.

2013년에 들어서자 정부는 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」을 개정하였다. 개정 과정에서 태양광의 REC 등급은 4개로 유지되었으나, '기존 시설물을 이용하는 경우'에 세부 내용(유지의 수면에 부유하여 설치하는 경우)을 추가하여 수상 태양광의 REC를 명시한다. Table 2는 2013년에 발표되고 해당 연도 1월 4일부터 시행된 태양광의 REC 내용이다.

Table 2. 1st Revision

REC	Target Energy & Standard		
	Installation Type	Land Category	Capacity Base
0.7	not using existing building structures	5 categories of land (paddy, field, orchard, ranch, forest)	Over 30kW
1			Under 30kW
1.2		Other 23 land categories	Under 30kW
1.5	① using existing building structures		
	② floating type on the water		

2014년, 정부는 '건축물 등 기존 시설물을 이용하지 않는 경우'에 해당하는 태양광 시설 중 '기타 23개 지목' 유형에 해당하는 용량 기준을 '100kW 이상'과 '100kW 미만'으로 조정하였다. 등급과 REC 가중치에는 변함이 없었으며, 이는 2014년 2월부터 시행되었다. 개정 내용은 다음 Table 3과 같다.

Table 3. 2nd Revision

REC	Target Energy & Standard		
	Installation Type	Land Category	Capacity Base
0.7	not using existing building structures	5 categories of land (paddy, field, orchard, ranch, forest)	Over 100kW
1			Under 100kW
1.2		Other 23 land categories	Under 100kW
1.5	① using existing building structures		
	② floating type on the water		

2015년에 들어서자 태양광의 REC 가중치 등급에 변화가 생겼다. 기존에 4개 등급으로 나뉘던 가중치는 6개로 나뉘었으며, '용량 기준'을 '세부기준'으로 바꾸고 기존 시설들을 이용하지 않는 기타 23개 지목에만 적용하던 세부기준(용량 기준)을 '건축물 등 기존 시설들을 이

용하는 경우'에도 적용하기 시작했다. 또, 지목유형을 삭제하여 설치유형을 세부적으로 나누었다. 2015년의 태양광 REC 가중치 등급은 Table 4와 같다.

Table 4. 3rd Revision

REC	Target Energy & Standard	
	Installation Type	Detailed Standard
1.2	installing on the building lot	Under 100kW
1		Over 100kW
0.7		Over 3,000kW
1.5	using existing building structures	Under 3,000kW
1		Over 3,000kW
1.5	floating type on the water	

2016년에는 정부가 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」을 10월에 개정한다. 6개로 나뉜 태양광 REC 가중치 등급은 1개가 더 추가되는데, 이는 '자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우' 적용하는 가중치이다. 2016년 10월에 발표되고 개정 시행된 태양광 REC 가중치 등급은 Table 5와 같다.

Table 5. 4th Revision

REC	Target Energy & Standard	
	Installation Type	Detailed Standard
1.2	installing on the building lot	Under 100kW
1		Over 100kW
0.7		Over 3,000kW
1.5	using existing building structures	Under 3,000kW
1		Over 3,000kW
1.5	floating type on the water	
1	electricity transaction through private power generation facility	

2016년에 개정된 태양광 REC 가중치는 2017년 1월에 1개의 세부 등급이 추가된다. 이는 ESS(Energy Storage System) 설비(태양광 설비 연계)에 적용하는 가중치로, 무려 5의 가중치를 부여한다. 2017년에 시행된 태양광 REC 가중치 등급은 Table 6과 같다.

2018년에 개정 시행되는 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」은 2017년 말에 발표되었다. 개정 내용은 2017년 개정 시 추가되었던 'ESS 설비'의 세부기준이었는데, '16년, '17년'이었던 세부기준을 '16년, '17년, '18년 (6월 30일까지)'로 수정하였다.

Table 6. 5th Revision

REC	Target Energy & Standard	
	Installation Type	Detailed Standard
1.2	installing on the building lot	Under 100kW
1		Over 100kW
0.7		Over 3,000kW
1.5	using existing building structures	Under 3,000kW
1		Over 3,000kW
1.5	floating type on the water	
1	electricity transaction through private power generation facility	
5	ESS (With PV)	2016, 2017

이후, 2018년 6월에 정부는 ‘임야에 설치하는 경우’를 따로 책정하여 REC 가중치 등급을 추가하고, ‘ESS 설비’의 세부기준을 추가하여 총 10개의 태양광 REC 가중치 등급을 마련한다. ‘ESS 설비’는 기존의 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」에서 2018년 6월 30일까지의 기한을 두었기 때문에 2018년 6월 개정에서 `19년과 `20년까지의 기한을 추가하였다. 이 REC 가중치 등급 개정은 Table 7과 같다.

Table 7. 7th Revision

REC	Target Energy & Standard	
	Installation Type	Detailed Standard
1.2	installing on the building lot	Under 100kW
1		Over 100kW
0.7		Over 3,000kW
0.7	installing on the forest	
1.5	using existing building structures	Under 3,000kW
1		Over 3,000kW
1.5	floating type on the water	
1	electricity transaction through private power generation facility	
5	ESS (With PV)	2018, 2019
4		2020

태양광의 REC 가중치는 2012년부터 2018년까지 첫 시행공고 이후 총 일곱 차례 수정되었다. 이를 Table 8로 정리하였다.

REC 가중치 제도의 시행 후, 1차 개정에서는 가중치 적용 세부 유형을 추가했다. 2차 개정은 특정 지목유형의 용량 기준을 조정했다. 3차 개정 때는 기존의 설치유형을 세분화하고 용량 기준을 조정했고, 4차에서도 자가용 발전설비로 전력을 거래하는 경우를 위한 유형을 추가했다. 5차 개정 때에는 가장 높은 가중치 5를 부여하는

유형을 추가, 6차 개정에서는 ESS 설비 적용 기간을 연장했다. 마지막 7차 개정에서는 설치유형의 세분화, ESS 설비 적용 기간을 연장했다. 결과적으로 2018년까지 이루어진 REC 등급 개정은 모두 양의 영향을 끼칠 것이다.

Table 8. Revision of REC Weight Factors

Classification	Duration
Enforcement	2012.1 ~ 2012.12
1 st Revision	2013.1 ~ 2014.1
2 nd Revision	2014.2 ~ 2015.2
3 rd Revision	2015.3 ~ 2016.9
4 th Revision	2016.10 ~ 2016.12
5 th Revision	2017.1 ~ 2017.12
6 th Revision	2018.1 ~ 2018.5
7 th Revision	2018.6 ~ 2019.12

2.5 의무공급량

의무공급량은 REC의 수요를 결정하는 요소라고 말할 수 있다. 의무공급량은 RPS 제도에서 발전사업자들이 신재생에너지를 의무적으로 발전하게 해야 하는 에너지의 양이다. 즉, 의무공급량이 많게 책정될수록 신재생에너지 발전사업자는 REC 발급량이 늘 것으로 예측한다. 의무공급량을 계산하는 식은 다음과 같다.

※의무공급량 계산

공급의무자의 총발전량 × 의무비율

(공급의무자의 총발전량에서 신재생에너지발전량은 제외하고 계산)

의무공급량 계산 시 적용되는 연도별 의무비율은 Table 9와 같다.

Table 9. Mandatory Supply Rates of Renewable Energy

Year	Mandatory Rate
2012	2.0
2013	2.5
2014	3.0
2015	3.0
2016	3.5
2017	4.0
2018	5.0
2019	6.0

3. 연구 방법 및 절차

3.1 분석 자료

본 연구의 분석 자료는 산업통상자원부 산하 한국에너지공단 신재생에너지센터의 신재생에너지 보급통계 자료를 사용하였다. 분석 대상 기간인 2012년부터 2019년 동안의 월별 태양광 설비량의 통계 자료와 REC 의무공급량의 자료를 추출하였다. REC 개정 사항은 한국에너지공단 신재생에너지센터의 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」 개정 게시자료를 수집하였다.

3.2 변수 설정

3.2.1 종속변수

RPS 제도는 전체 에너지 공급량 중 신재생에너지 공급량의 비율을 높이는 데에 목표를 두고 있다. 정부는 매년 전체 에너지 공급량 대비 신재생에너지 공급량 비율 목표를 설정하고 있으며, RPS는 이에 도달하기 위한 수단으로 작용한다. RPS 제도의 효과성을 파악하기 위해 태양광 설비량을 종속변수로 설정한다. 태양광 설비량(MW)은 전력통계정보 시스템의 월별 발전설비 데이터를 이용하여 분기별로 설비량 평균값을 적용하였다. 본 연구에서는 김다운(2017)에 따라 신재생에너지 정책과 실제 발전의 인과관계, 그리고 설비의 설치에 걸리는 시간을 고려하여 1년의 시차를 관찰한다[2]. 이때, REC 가중치 개정이 연 1회 정도의 빈도에 그치는 것을 참고하여 분기별 값으로 환산하였다.

3.2.2 독립변수

태양광 설비량에 미치는 영향요인으로 신재생에너지 의무공급량을 회귀분석에서 독립변수로 설정한다. RPS 제도가 시행된 2012년 1월부터 2019년 12월까지의 의무공급량 월별 데이터를 분기별 평균값을 정리하였다. 의무공급량은 각 발전회사의 발전량에 의해 결정되기 때문에 독립적인 변수라고 가설을 세운다. 의무공급량 증가는 신재생에너지 설비 증가를 목적으로 하기 때문이다.

3.3 가설

REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 태양광 설비량에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 가정하였다. 우선, REC 가중치 개정의 영향을 시계열 자료를 통해 분석하고, 그 시차를 확인한 뒤 회귀분석을 통해 의무공급량 증가의 영향을 확인한다. 본 연구의 가설은 다음과 같다.

가설 1: REC 가중치 개정은 태양광 설비량을 증가시킬 것이다.

가설 2: 의무공급량의 증가는 태양광 설비량을 증가시킬 것이다.

3.4 연구 절차

RPS 제도가 시행된 2012년 1월부터 2019년 12월까지의 분기별 시계열 자료를 분석하여 RPS 가중치 개정의 영향을 받는지를 파악하였다. 이후 의무공급량 증가를 독립변수로 설정한 회귀분석을 통해 독립변수의 영향을 파악하였다.

시계열분석에서 종속변수를 태양광 설비량으로 설정하여 분석하였다. SPSS V25 프로그램을 통해 시계열 자료의 적정 모델이 ARIAM(0,1,0), (0,0,0)임을 찾았고, 그래프는 Fig. 1과 같다.

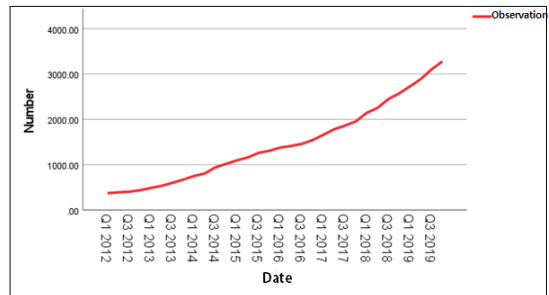


Fig. 1. Time Serial Plot of Quarterly PV Capacity(MW)

위 시계열 그래프에서 계절변동은 없지만, 추세가 있음을 알 수 있다. 첫 번째 차분을 진행한 그래프는 Fig. 2와 같다.

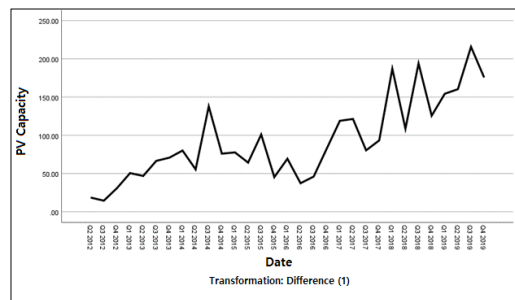


Fig. 2. Time Serial Plot of the 1st Differencing

그래프에는 추세가 나타나고 있지만, 2014년 3분기, 2018년 1분기, 2018년 3분기, 2019년 3분기에 비교적 급속한 성장세를 보인다. 이는 추세를 제거했을 때, 기울기로 확인할 수 있다. 추세를 1번 더 차분하여 제거하고

정상임을 나타낼 수 있다. Fig. 3은 두 번의 차분을 거쳐 추세를 제거한 그래프이다.

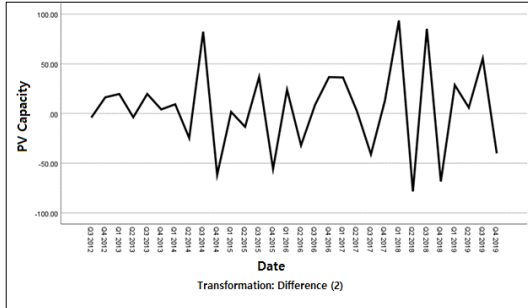


Fig. 3. Time Serial Plot of the 2nd Differencing

Fig. 2에서 급속한 성장세를 보인 시기와 Fig. 3에서 높은 양수를 기록하는 시기가 동일함을 알 수 있다. 가파른 기울기는 급격한 설비량 증가세를 뜻한다. 4번의 가파른 기울기를 확인하여 REC 가중치 개정의 영향이 5분기 뒤에 효과를 보이는 것으로 나타났다.

이후, 해당 분석에서 자기상관과 부분자기상관을 분석하여 통계 검증을 거쳤다. 자기상관과 부분자기상관 분석 그래프는 Fig. 4, 5와 같다.

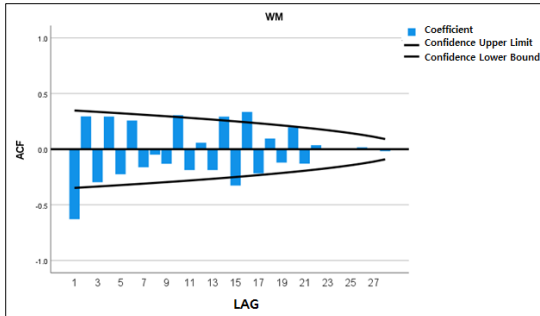


Fig. 4. Autocorrelation Plot

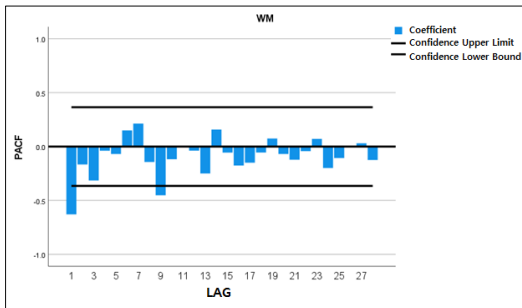


Fig. 5. Partial Autocorrelation Plot

자기상관과 부분자기상관에서 95%의 신뢰구간을 벗어나지 않았고, 이를 통해 해당 시계열모형의 신뢰성을 확인했다.

의무공급량 증가가 태양광 설비량 증가에 미치는 영향은 회귀분석을 통해 분석했다. REC 가중치 개정 시점을 기준으로 5분기 이후에 영향이 나타나는 것에 주목하여 회귀분석에서 종속변수로 사용된 태양광 설비량은 독립변수를 기준, 5분기 이후 값을 설정하였다. 회귀분석에 사용한 데이터는 Table 10과 같다.

Table 10. Regression Analysis Input Data

Quarter	Mandatory Supply (MWh)	Quarter	PV Capacity (MW)
Q1 2012	570055.9	Q2 2013	531.8
Q2 2012	491966.8	Q3 2013	598.37
Q3 2012	526628.7	Q4 2013	669.1
Q4 2012	554020.8	Q1 2014	749.17
Q1 2013	743000.7	Q2 2014	804.6
Q2 2013	707348.7	Q3 2014	942.4
Q3 2013	735308.9	Q4 2014	1018.4
Q4 2013	739619.8	Q1 2015	1096.03
Q1 2014	914441.7	Q2 2015	1160.33
Q2 2014	816499.6	Q3 2015	1261.33
Q3 2014	895196.5	Q4 2015	1306.67
Q4 2014	919613.2	Q1 2016	1376
Q1 2015	972418.8	Q2 2016	1413.33
Q2 2015	875592.4	Q3 2016	1459.33
Q3 2015	937785.1	Q4 2016	1542
Q4 2015	928405.2	Q1 2017	1661
Q1 2016	1176537	Q2 2017	1782.33
Q2 2016	1029729	Q3 2017	1862.67
Q3 2016	1177397	Q4 2017	1956
Q4 2016	1179819	Q1 2018	2143
Q1 2017	1396336	Q2 2018	2251.67
Q2 2017	1232192	Q3 2018	2445.67
Q3 2017	1417773	Q4 2018	2571.33
Q4 2017	1373216	Q1 2019	2725.67
Q1 2018	1835345	Q2 2019	2886
Q2 2018	1565988	Q3 2019	3101.67
Q3 2018	1808142	Q4 2019	3277.33

2012년부터 2019년까지의 의무공급량 증가를 독립변수로, 5분기 이후의 태양광 설비량을 종속변수로 설정,

SPSS 프로그램을 이용하여 회귀분석을 하였다. 모형 요약은 Table 11, 12, 그래프는 Fig. 6과 같다.

Table 11. Summary of Model

(Dependent Variable: PV Capacity)

<i>R</i>	.970 ^a
<i>R</i> ²	.941
Adjusted R Square	.938
Estimated Value's Standard Error	197.57686
Durbin-Watson	2.875

(a. Predictors: (Constant), Mandatory Supply)

Table 12. ANOVA

(Dependent Variable: PV Capacity)

	Regression	Residual	Total
Square	15446799.39	975915.367	16422714.75
Degree of Freedom	1	25	26
Mean Square	15446799.39	39036.615	
F	395.700		
Significance Probability	<.001 ^b		

(b. Predictors: (Constant), Mandatory Supply)

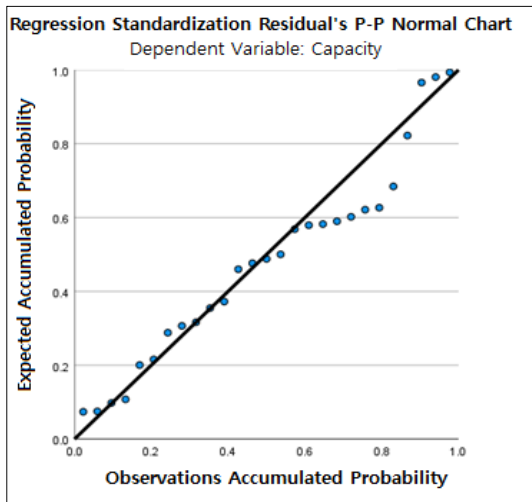


Fig. 6. Regression Standardization Residual's P-P Normal Chart

의무공급량 증가는 태양광 설비량 증가에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 의무공급량 증가는 Durbin-Watson 지수가 2.875로 나타났으며, 자기상관이 적어 예측 모델로서의 신뢰성 또한 높게 나타났다.

상관계수 *R*은 -1부터 1까지의 값을 갖게 된다. 백병선, 문장렬(2010)은 상관계수 *R*을 다음과 같이 해석한다[19].

-0.1과 +0.1 사이: 거의 무시할 수 있는 선형관계
 ±0.1과 ±0.3 사이: 약한 양적/음적 선형관계
 ±0.3과 ±0.7 사이: 뚜렷한 양적/음적 선형관계
 ±0.7과 ±1.0 사이: 강한 양적/음적 선형관계

상관계수의 절대치 또는 상관계수의 자승 값이 1에 가까울수록 상관관계가 크다. 위 분석에서는 0.970이라는 *R* 값을 통해 태양광 설비량과 의무공급량은 상관관계가 크다는 것을 알 수 있다.

결정계수 *R* 제곱은 0.941로 총변동 중의 설명변동이 차지하는 비율이 94% 정도라는 것을 의미한다. 또한, *p* 값이 0.001 이하로 모형이 99% 이상 확률로 유효함을 보여준다.

그리고 편회계수는 도출된 회귀식의 기울기를 의미한다. 독립변수의 변동량에 대한 종속변수의 변동량을 나타내는 것이다. 즉, 편회계수의 절대값이 크면 종속변수 태양광 설비량에 대한 독립변수 의무공급량의 영향력이 크다는 것을 의미한다.

태양광 설비량이 의무공급량과 강한 양적 선형관계가 있는 것은 의무공급량이 증가할 경우 태양광 설비량 역시 증가하게 된다는 것을 뜻한다. 이는 Table 13을 통해 확인할 수 있다.

Table 13. Coefficients

(Dependent Variable: PV Capacity)

		Constant	Mandatory Supply
Unstandardized Coefficients	B	(-483.286)	.002
	Std. Error	113.859	.000
Standardized Coefficients	Beta		.970
t		-4.245	19.892
Sig.		<.001	<.001

계수를 통해 추정할 수 있는 회귀식은 다음과 같다.

$$Y_i = (-483.286) + 0.002x$$

즉, 의무공급량(*Y_i*)이 1MWh 증가할 때, 설비량(*x*)이 0.002MW만큼 상승한다. 양정훈은 지역별 RPS 태양광 발전시스템의 이용률을 분석해 기존 시설물들의 REC 가

중치 개선 방안을 연구했다[20]. 해당 연구에서 태양광발전의 이용률은 최소 14.09%, 최대 14.92%인 것으로 나타났다. 이를 근거로 하여 태양광 발전의 이용률을 14.09%로 가정하면, 설비공급량 1MW 당 1305.24MWh ($365 \times 24 \times 0.1409 = 1305.24$)를 공급할 수 있다. 이 연구결과와 비교했을 때, 의무공급량만 고려한다면 필요한 설비보다 실제 설비량이 2.6배 정도이다. 이를 구한 식은 다음과 같다.

$$0.002 \div (1 \div 1305.24) \approx 2.6105$$

4. 연구 결과

본 연구를 통해 알 수 있는 점은 다음과 같다.

첫째, REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 태양광 설비량 증가에 유의미한 영향을 미친다.

REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 태양광 설비량 증가에 유의미한 영향을 미친다는 것은 정부의 제도가 태양광 산업에 실제로 영향을 미친다는 것을 뜻한다. 태양광 설비량 증가를 위한 정부의 대표적인 제도로서 REC 가중치 개정과 의무공급량 지속 증가의 효과가 있음을 확인하였다.

둘째, REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 5분기 뒤 영향을 미친다.

시계열 그래프에서 가장 가파른 증가세 추이를 보인 네 개의 시점을 중심으로 분석한 결과, 개정 시점으로부터 약 5분기 뒤에 태양광 설비량의 증가량이 영향을 받는 것으로 나타났다. 해당 네 개 시점(2014년 3분기, 2018년 1분기, 2018년 3분기, 2019년 3분기)에 영향을 준 REC 가중치 개정이 시행된 때는 2013년 1월, 2016년 10월, 2017년 1월, 2018년 1월이다. 이 1차, 4차, 5차, 6차 개정은 태양광 설치유형을 추가했거나 이전 개정에서 추가된 세부 유형의 적용 기한을 연장했다. 이 외 2차(2014년 2월)와 3차(2015년 3월) 개정은 세부 용량의 기준을 조정했거나 기존에 있던 설치유형을 세분화하고 조정했다. 따라서 REC 가중치 개정을 통해 설치유형을 추가하는 경우 태양광 설비량의 증가에 상대적으로 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

의무공급량과 5분기 뒤 설비량을 회귀분석하여 얻은 결과는 의무공급량 1000MWh 증가 당 설비량 2MW 증가 효과를 주었다.

5. 결론

본 연구는 시계열분석과 회귀분석을 통해 REC 가중치 개정과 의무공급량 증가가 태양광 설비량 증가에 미치는 영향을 알아보았다. 분석 결과, REC 가중치 개정과 의무공급량 증가는 태양광 설비량 증가에 유의미하게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

분석 과정에서 시계열 그래프가 추세를 보이는 것을 통해 REC 가중치 개정은 누적되며 양(+)의 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 추세를 제거한 차분 이후 안정적인 그래프를 통해서는 7차례의 REC 가중치 개정 중에서도 상대적으로 큰 영향을 미친 것을 분류할 수 있었다. 종속변수인 태양광 설비량의 증가는 설비 준비 과정을 고려하였을 때, REC 가중치 개정 시점을 기준으로 5분기 뒤 영향을 받는 것으로 보인다.

7차례의 개정 중, 가장 큰 영향을 준 것으로 나타나는 4번의 개정(1차, 4차, 5차, 6차)의 내용은 REC 가중치를 적용할 세부 유형을 추가하거나 적용 기한이 있는 설치 유형의 적용 기한을 늘리는 것이었다. 따라서 새로운 설비 유형으로 REC 가중치를 적용받아 발전이 가능할 때, 발전업자들이 설비를 증축한다는 것을 유추할 수 있다.

결론적으로 정부 정책은 태양광 산업의 영향요인으로 작용하며, REC 가중치 지속적인 개선과 의무공급량의 지속 증가는 태양광 설비량 증가에 양(+)의 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

의무공급량에 의한 설비량증가는 평균 이용률을 고려하여 결정될 것으로 예측하였으나, 실제설비량이 훨씬 많게 나타난 것은 이용률을 낮게 가정하거나 의무 대상이 아닌 기업과 개인이 설치한 태양광설비의 영향이 있을 것으로 해석된다.

본 연구는 의무공급량 증가가 어느 정도 영향을 주는 지 알 수 있지만, REC 가중치 개정이 어느 정도로 영향을 주는 지 정량적 수치로는 분석할 수 없었다. REC 가중치 개정의 내용은 단순 수치가 아니기에 정량화할 수 없어 개정 시점을 기준으로 분석하였기 때문이다. REC 가중치 개정은 결론적으로 유의미한 영향을 미치기는 하나, 이의 내용을 정량적으로 분석하고 비교하기에는 한계가 있다. 따라서 향후 설비량을 극대화하는 방향으로 가중치를 개정하려면 어느 정도 되어야 하는지에 대한 연구가 필요하다. 또, 본 연구에서는 태양광 설비량 증가의 영향요인으로 작용할 수 있는 SMP나 REC 가격 등을 시계열적 종속변수로 적용하지 못했다. 이는 해당 요소들이 복합적인 관계 아래에 상호작용을 할 수 있다는 점

을 분석하지 못한 한계 때문이다. 따라서 향후 SMP, REC 가격과 같은 설비투자자의 영향요인들을 포함하여 분석하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

태양광 설비를 증가시키는 요인으로서의 사업자의 수익성에 관한 부분이 중요한데, 수익성에 영향을 미치는 요소에 대한 연구를 포함시키지 못했다. 그 이유는 시장 가격이 태양광에 의해서 결정되지 않기 때문이다. 그러나, 수익성과 설비 증가 관계에 대한 연구도 필요하다.

REFERENCES

- [1] Grover & M. D. Goslar. (1993). The initiation, adoption, and implementation of telecommunications technologies in US organizations. *Journal of Management Information Systems*, 10(1), 141-163. DOI: 10.1080/07421222.1993.11517994
- [2] D. E. Kim. (2017). An empirical study of policy instruments for renewable energy growth: Focusing on the interaction between policy instruments and government effectiveness. *Korean Public Administration Review*, 51(2), 33-59.
- [3] J. M. Hong. (2011). An AHP Approach for the Importance Weight of Renewable Energy Investment Criterion in the Private Sector. *Korean Energy Economic Review*, 10(1), 115-142.
- [4] S. Y. Huh, M. S. Jo & Y. G. Lee. (2016). Analysis of Priorities of Constructive Factors of New and Renewable Energy Policy in South Korea using Analytic Hierarchical Process. *Korea Innovation Studies*, 11(1), 29-69.
- [5] T. E. Kim. (2011). Determinants of New Renewable Energy Growth: Empirical Testing of the Effectiveness of Feed-in Tariff and Renewable Portfolio Standard Policy. *Korean Public Administration Review*, 45(3), 305-333. UCI: G704-000298.2011.45.3.008
- [6] D. E. Kim, J. W. Park, H. J. Choi & S. C. Yeom. (2014). A Comparative Study of the Determinants of Green Technology Development for Mitigating Climate Change: Focusing on the Renewable Energy. *The Korean Association for Policy Studies Spring Conference*.
- [7] H. S. Lee & S. W. Ahn. (2011). Implementation of RPS and Its influence on the Renewable Energy Promotion. *Environment Forum*, 165, 1-8. UCI: 1410-ECN-0102-2014-500-001763804
- [8] D. S. Lee & T. H. Moon. (2015). A Comparative Study on Renewable Energy Policies using System Dynamics Modelling- Focusing on Feed-in Tariff(FIT) and Renewable Portfolio Standards(RPS) policies. *Journal of Korea Planning Association*, 50(6), 173-187.
- [9] J. Y. Kim, S. B. Kim & S. O. Park. (2016). The Effect of the Renewable Portfolio Standards(RPS) on Electric Power Generation in Korea. *KOREAN SOCIETY AND PUBLIC ADMINISTRATION*, 27(2), 131-160. UCI: 1410-ECN-0101-2017-350-001609601
- [10] Y. L. Jung. (2020). *A Study on Factors Influencing New and Renewable Energy Growth: Focusing on Renewable Portfolio Standard(RPS) Policy*. Seoul National University, Seoul.
- [11] S. H. Sonu. (2016). Effect of the REC Price Volatility on the PV System Installation by Private Participants: Empirical Test on a Korea Case under the RPS System. *New & Renewable Energy*, 12(3), 156-164.
- [12] S. J. Lee & S. J. Yun. (2011). Theory and Practice of Renewable Portfolio Standards: Based on an Analysis of Nations with RPS. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 19(3), 79-111.
- [13] S. D. Lee. (2016). *A Comparative Analysis on the Policy Effect of New & Renewable Energy Supply Program: Focusing on Testing of Porter Hypothesis*. Sungkyunkwan University, Seoul.
- [14] Statistics Korea Statistical Training Institute. (2016). *Analysis and Practical Affairs of Time Series Data*. Seoul : Spastics Training Institute.
- [15] K. D. Ki. (2007). A Time Series Analysis on Relationship of Police and Crime in Korea: 1964-2005. *Korean Police Studies Association*, 6(2), 257-290. UCI: G704-001889.2007.6.2.005
- [16] N. R. Choi. (2012). *Application of time series analysis in suicide research*. Korea University, Seoul.
- [17] W. W. Lee & I. H. Jang. (2018). *Time Series Data Analysis Using SPSS*. Paju : Free Academy.
- [18] K. J. Lee & M. G. Song. (2020). A Time-series Analysis of the Influence Factors on Public Library Patron Numbers. *Journal of the Korean Library and Information Science Society*, 54(4), 195-220.
- [19] B. S. Baek & J. Y. Moon. (2010). The Analysis on the Relation between Real Military Expenditure and Real GDP through Regression Analysis. *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, 36(2), 143-152.
- [20] J. H. Yang. (2018). *A study on the improvement of REC weight of existing facilities through the utilization factor analysis of PV system for RPS*. Doctoral dissertation. Dongguk University, Seoul.

백 훈(Hun Beak)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 원자력공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 건설링학과 박사과정
- 관심분야 : 경영과학, 정책융합

· E-Mail : ds4aaf@hanmail.net

김 태 성(Taesung Kim)

[종신회원]



- 1993년 12월 : New Jersey Institute of Technology(산업공학석사)
- 2000년 12월 : Louisiana State University(산업공학박사)
- 2001년 3월 ~ 2003년 2월 : 삼성SDS 마스터 컨설턴트
- 2003년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교

산업공학부 교수

· 관심분야 : SCM/APS, MES, Smart Factory, Blockchain
· E-Mail : tkim@kumoh.ac.kr