

REC 명목가치 하락으로 인한 양적 통제장치로서의 RPS 왜곡[†]

유종민*·이재석**

요약 : 2012년부터 재생에너지 확대 정책을 위한 주요 정책 수단으로서 채택하고 있는 신재생 에너지 공급의무화 제도(RPS)는 발전원별 경쟁을 유도함과 동시에 정부의 재정부담을 줄일 수 있다는 명백한 장점을 가지고 있지만, 높은 가중치 및 국가 공급인증서(REC) 남용 등으로 양적 통제정책으로서의 정책 왜곡을 초래하였다. 이는, REC 인플레이션과 그에 상응하는 MWh 단위의 실질 신재생에너지발전 실적 하락으로 이어졌고, 그 결과 RPS 기간 전체 신재생 의무 이행량의 27.8%가 실제로는 충족되지 못했음을 본고에서 최초로 밝힌다. 뿐만 아니라 현재의 REC 가치왜곡은 인접제도라고 할 수 있는 RE100과 온실가스 배출권거래제와의 상호호환이 불가능해지게 하는 문제도 초래한다.

주제어 : 신재생에너지 공급의무화 제도, 가중치, 신재생에너지 공급인증서(REC), 인플레이션, 배출권거래제, RE100

JEL 분류 : Q28, Q58

접수일(2021년 10월 8일), 수정일(2021년 12월 5일), 게재확정일(2021년 12월 8일)

[†] 본 논문의 심사를 해주신 익명의 심사자분들께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 더불어 많은 조언과 도움을 주신 에너지경제연구원 조상민 박사, 에너지공단 김강원 팀장, 홍익대학교 경제연구원 연구원 고희명 및 이강찬씨에게 감사의 말씀을 올립니다. 이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단 (NRF-2021S1A5A2A01060703)의 지원을 받아 연구하게 되었습니다.

* 홍익대학교 경제학부 부교수 제1저자(e-mail: yucono@hongik.ac.kr)

** 에너지경제연구원 부연구위원, 교신저자(e-mail: leejs@keei.re.kr)

REC Distortion as a Quantitative Control Policy due to REC Depreciation

Jongmin Yu* and Jaeseok Lee**

ABSTRACT : Renewable Portfolio Standards (RPS), one of the most commonly adopted regulation for renewable energy expansion since 2012, has the obvious advantage of inducing competition in power generation source and alleviating the government's financial burden. However, the abuse of credit multipliers and the use of national Renewable Energy Credits (RECs) have resulted in the distortion of RPS as a quantitative control policy. Just as no face value 10 years ago can hold its real value, this paper highlights for the first time that 27.8% of total renewable obligations over the total RPS period were not actually met due to REC inflation and the consequent decline in the value of renewable energy generation. In addition, the distortion of face/real value of REC causes problems in interoperability with other government policies such as RE100 and Emission Trading System.

Keywords : Renewable portfolio standard (RPS), Credit multipliers, Renewable energy certificate (REC), Inflation, Emission trading system (ETS), RE100

Received: October 8, 2021. Revised: December 5, 2021. Accepted: December 8, 2021.

* Associate Professor, Department of Economics, Hongik University, First author(e-mail: yucono@hongik.ac.kr)

** Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Corresponding author(e-mail: leejs@keei.re.kr)

1. 서론

1995년 캘리포니아(California)주에서 처음 적용된 신재생에너지 공급의무화 제도(Renewable Portfolio Standards, RPS)는 이후 많은 국가 및 지역에서 신재생에너지 보급 확대를 위한 주요 정책으로서 널리 적용되고 있다. RPS 제도는 공급의무자를 대상으로 총발전량의 의무비율 이상만큼 신재생에너지를 이용해서 공급하도록 의무화하는 제도로서, 시장 매커니즘을 활용하여 신재생에너지원별 기술경쟁을 유도하고, 이를 통한 보급가격 하락과 보급 확대를 목표로 한다. RPS 제도하에서는, 정부가 의무량을 부여하기 때문에 공급 규모에 대한 관리와 예측이 용이하고, 공급의무자들에게 비용절감에 대한 유인을 제공하여 비용을 낮출 수 있으며, 정부의 직접적인 보조금 지원이 없기 때문에 신재생에너지 보급 확대를 위한 정부의 직접적인 재정부담이 없다는 장점을 가진다.

RPS 제도는 전력공급자를 대상으로 차별화되지 않은 단일 목표만 있을 경우, 경제적으로 소수의 대규모 재생에너지원을 통해서만 목표가 달성 될 수 있다(Lips, 2018). 하지만 정책입안자들은 소수의 에너지원에 치우치지 않고, 다양한 에너지믹스를 구성하기 위해 특정 기술 및 에너지원에 대해 별도할당(carve-outs)방식과 가중치(credit multiplier) 방식을 일반적으로 적용한다. 별도할당방식은 별도 에너지원 및 기술에 대해 별도의 할당량을 부여하는 방식을 의미하고 가중치방식은 특정 에너지원 및 기술로 생산된 전력에 대해 1개 이상 혹은 이하의 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, REC)를 부여하는 방식이다. 일반적으로 가중치는 상대적으로 얼마만큼의 경제적 지원이 필요한지에 따라 가중치 정도를 결정하여 부여하는 구조로서, 해당 에너지원에 대한 추가적인 사업성을 고려하여 차별적인 효과를 목표로 한다.

우리나라는 2012년 RPS 도입 이후 2016년부터 태양광과 비태양광 통합 운영을 시작하면서 발생한 에너지원별, 유형별 REC 가격 격차에 대한 상대가격 조정을 목적으로 재생에너지원별 특정 가중치를 부여하고 있다. 특히, 생산성이 낮아 경제성을 확보하지 못한 신재생에너지원에 대해 경제성을 확보해 주거나 혹은 전원 구성에 대한 특정 목적을 달성하기 위해 주된 정책적 수단으로서 사용하고 있다. 하지만 최근 가중치와 관련된 이슈들이 증가하면서 가중치를 통한 전원 간의 상대적 가치 조정에만 몰두한 나머지 전체 공급인증서 총량통제에 실패하여 거시적인 제도 목적 달성이 실패하고 있는 것이 아닌

가하는 의문이 제기된다. 이것은 가중치로 인해서 1MWh 발전량에 대해 1REC 이상 혹은 그 이하의 보상이 주어지면서 RPS 제도에서 전제하고 있는 1MWh=1REC 전제가 무너지고, 전력량으로 환산한 전체 RPS 의무량과 전체 공급의무자들의 총 구매 REC량이 불일치할 수 있는 문제에 대한 고민이 필요하다는 것을 의미한다.

재생에너지 발전사업자에게 발급되는 REC는 전력거래량에 가중치를 곱한 수치로 산정된다. 예를 들면, 1.5 가중치를 부여하고 있는 신재생에너지원을 이용하여 100MWh만큼의 전력거래량이 발생하였다면, 150REC가 발급된다. 하지만 여기서 가중치의 에너지원간 상대가치 조정 효과만을 고려할 경우 신재생에너지 보급 총량 확대라는 RPS 제도의 원래 목적을 왜곡할 수 있다. 예컨대 100MWh 신재생에너지에 대해 1.0을 초과하는 평균 가중치가 적용될 경우 의무이행사들은 사실 100MWh에 못 미치는 신재생에너지 발전만으로도 100REC를 생산해내서 의무실적으로 제출할 수 있기 때문이다. 최근에는 소규모 태양광, 주민참여형 사업 등 고가중치 사업이 증가하면서 평균 REC가 1.0을 초과하는 상황이 매년 더 증가하고 있는 실정이다. 이에 더해 REC 공급과다로 인한 REC 가격이 하락하고 있어 REC 가중치가 경제성 확보를 하지 못한 재생에너지 발전사업자들에 대한 경제적 보상이라는 REC 가중치의 본래 목적이 희석되고 있는 것으로 보인다.

국내 RPS 가중치는 2012년 제도 시행 이후, 최근 개정을 포함하여 총 3번(2014, 2018, 2021)에 걸쳐 개정되었다. 가중치 제도는 에너지원별 상이한 기술경제성의 차이를 보완하여 다양한 재생에너지원 보급을 촉진시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 실제 우리 정부는 가중치 제도를 활용하여 초기 미성숙했던 태양광 시장을 활성화시킬 수 있었다. 하지만 현행 REC 가중치 체계는 사업자들의 수익 예측 불확실성을 초래하여, REC 가중치가 재생에너지 사업 추진 저해요소로 작용할 수 있다. 또한, 새로운 재생에너지 기술들이 도입되고, 재생에너지원의 종류가 다양해짐에 따라 해당 에너지원 및 기술에 대한 가중치 체계가 점차 복잡해지고 있는데, 이는 재생에너지 시장 혼란을 가중시킬 수 있다.¹⁾ 무엇보다 이런 REC 평균 가중치의 상향 및 범위 확대는 1MWh=1REC 전제를 더 빠르게 무너뜨리게 될 것이고, 이는 가치가 부풀려진 REC로 인해 현재 RPS 제도에서의 재생

1) 3차 개정(2021)에서는 연안해상풍력(2.0), 연료전지 부생수소 및 에너지효율 65% 기준(각각 +0.1, +0.2), 발전차액지원제도 전환설비(-0.2)에 대한 가중치 신설

에너지 의무실적이 실제 신재생에너지 발전량을 나타내는 MWh 단위의 공급의무 이행 실적과 비교하여 과대평가된 결과일 수 있음을 시사한다.

이러한 현상에 대해 RPS 사업을 주관하고 있는 산업통상자원부도 이미 인지를 하고 있는 것으로 생각된다. 산업통상자원부가 공고하고 있는 연도별 “RPS 공급의무자별 의무량” 자료를 살펴보면, 2019년까지의 의무량은 1MWh 기준으로 의무공급량을 산정하여 1MWh=1REC 기준에 해당하는 REC를 발급한 것으로 보여진다. 하지만 최근 산업통상자원부는 2020년 4월 고시 개정으로 기존 1REC를 1MWh로 간주한 규정을 삭제하였고, 과거 3년간의 신규발행 REC 대비 의무량의 비율을 적용한 “1.16(=최근 3년간 발행된 누적 REC 량 / 최근 3년간 발행된 공급인증서 전체 발급량에 대한 발전량)” 수치를 발전량에 적용하여 REC 의무량을 산정하였다.²⁾ 그러나 이런 의무량에 보정계수를 추가하여 의무량을 산정하는 방식과 보정계수 수치의 적절성에 대한 논의는 아직 이루어지지 않은 상황이다.

이에 본 연구에서는 국내 RPS 제도하에서의 REC 가중치 체계 이슈와 REC의 실제가치를 분석하였고, 국가 신재생에너지 보급 목표 및 탄소중립 목표 달성을 위한 실질적인 이행실적에 대해 고찰하였다. 먼저, RPS 기간 전체에 대한 신재생에너지 총발전량과 REC 총발행량 및 실 가중치를 적용한 REC의 상대가치 변화를 분석하였다. 그리고 연도별 이행연기량, 국가 REC 투입 등을 각 연도별 실제 유통되는 REC를 추산하여, 연도별 REC 가치를 재추정하고, 결과를 기반으로 실제 국가 RPS 목표 달성치 왜곡분을 추정하였다. 마지막으로, 이런 REC 가치 왜곡으로 인해 발생할 수 있는 문제점에 대해 논하였고 정책적 시사점을 서술하였다. 이 연구는 국내 RPS 제도 하에서의 국내 REC 가중치 체계의 근본적인 문제점에 대해 짚어보고 REC 수급자료를 활용한 REC 실제가치 분석결과를 바탕으로, 국가 신재생에너지 보급 목표 및 탄소중립 목표 달성을 위한 실질적인 이행실적에 대한 고찰을 한 최초의 연구로서, 국가 온실가스 감축 목표를 효율적으로 달성하기 위한 제도 개선 근거와 방향성을 제시한다는 데에서 큰 의의를 가진다고 할 수 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성되었다. 먼저 2장에서는 RPS 정책 및 가중치 체계를 적용하거나 적용했던 해외 주요국 및 국내 정책 동향을 살펴보고, 3장에서는 기존의 RPS 제

2) 공급인증서 기준 의무공급량(REC)=[의무공급량(MWh)×2개월/12개월×1]+[의무공급량(MWh)×10개월/12개월×1.16]

도 관련 기존연구들에 대한 개관 및 기존연구와의 차별성을 설명하였다. 4장에서는 REC 가치 추정을 위해 사용된 분석 방법에 대해 논하고, 5장에서는 REC 실질가치를 추정하여 보여주고, REC 가치 왜곡으로 인한 영향 및 해결방안을 정리하였다. 마지막으로 6장에서는 분석 결과들을 정리하였다.

II. 정책 동향

2019년 기준 전 세계 34개 국가³⁾가 RPS를 채택하고 있는 것으로 나타나지만⁴⁾ 국가별로 RPS를 시행하는 방식이나 요건 등은 상이하다. 먼저, 미국은 주정부 차원에서 RPS 목표를 수립하고 전력공급량의 특정 비율 이상을 신재생에너지로 생산한 전력을 공급하도록 하고 있다. 전체 51개 주 중에서 30개 주와 워싱턴 D.C에서 RPS를 시행하고 있는 것으로 나타나는데, 각 주별 의무비율은 각 주마다 상이하다(Shields, 2021). 예를 들면, 2007년부터 RPS를 채택하고 있는 미네소타(Minnesota)주는 신재생에너지 의무비율을 2025년까지 26.5%로 수립하고 있다. 캘리포니아(California)주도 RPS를 채택하고 있는데 청정에너지 비율을 2024년까지 44%, 2030년까지 60%. 그리고 2045년까지 100%로 상향하는 것을 목표로 하고 있는 것으로 나타나 RPS를 채택하고 있는 주별 목표의 정도는 상이한 것을 볼 수 있다.

영국은 재생에너지 보급 확대 정책으로서, 2002년부터 2017년까지 전력판매사업자(Electricity suppliers)⁵⁾를 대상으로 매년 증가하는 일정량의 전력을 신재생에너지를 사용하여 공급하도록 의무화하는 재생에너지 공급의무제도(Renewable Obligation, RO)를 시행하였다. RO하에서, 전력판매사업자들은 재생에너지 의무이행 증명서(Renewables Obligation Certificates, ROCs) 확보, 부담금(buy-out price) 납부, 혹은 ROCs 확보 및 부담금 납부를 병행하는 방법으로 의무를 이행할 수 있도록 하였다(양의석 외 2017).

호주도 대표적인 RPS 채택국으로서, 2009년에 국가 전체 발전에서 신재생에너지 비

3) 가나, 그리스, 나이지리아, 남아프리카, 노르웨이, 루마니아, 리투아니아, 말레이시아, 미국, 베트남, 벨기에, 벨라루스, 볼리비아, 세네갈, 스리랑카, 스웨덴, 아랍에미레이트, 아르헨티나, 알바니아, 영국, 이스라엘, 인도, 인도네시아, 중국, 칠레, 캐나다, 키르기즈스탄, 팔라우, 페루, 포르투갈, 폴란드, 필리핀, 한국, 호주

4) REN21(2009~2020) Global Status Report

5) 6대 메이저 기업 : British Gas, Scottish Power, Npower, E.ON, EDF Energy, SSE

중을 20% 달성한다는 신재생에너지 목표(Renewable Energy Target, RET)법안을 통과시켰다. 분석에 따르면 2020년에는 전체 발전량의 신재생에너지 비중이 23.5%에 달하여, 신재생에너지 비중 목표는 조기달성한 것으로 나타난다.⁶⁾ 호주 정부는 2020년 이후의 재생에너지 목표를 따로 제시하지 않고 있는 상황이다. 하지만 일부 주들은 정부의 재생에너지 목표보다 더 강력한 재생에너지 비중 확대 목표를 가지고 있는데, 빅토리아(Victoria)와 노던 테리토리(Northern Territory)주는 2030년까지 재생에너지 전력비중 50%, 남호주(South Australia)주는 2025년까지 재생에너지 전력 비중 75% 목표를 가지고 있는 것으로 나타나, 향후 호주의 재생에너지 비중은 확대될 것으로 전망된다(Atholia et al. 2020).

우리나라도 2002년부터 시행해 오던 발전차액지원제도(Feed in Tariff, FIT)를 종료하고, 2012년부터 RPS 제도를 시행하고 있다. 우리 정부는 초기 RPS 도입을 통해 에너지원간 경쟁을 통해 합리적으로 가격이 결정되도록 하여 신재생에너지 보급 확대와 이를 통한 산업경쟁력 강화, 일자리 창출도 기대하였다. RPS 제도 하에서 공급의무자는 신재생에너지 설비를 설치하여 에너지를 생산하거나, 신재생에너지 발전사업자들로부터 REC를 구매하는 방법으로 공급의무량을 채울 수 있다. 우리나라의 경우, RPS 공급의무자(이하 공급의무자)는 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령(신재생에너지법 시행령)’ 제18조의3(신·재생에너지 공급의무자)에서 50만kW 이상의 발전설비(신·재생에너지 설비는 제외)를 보유한 자, 한국수자원공사, 그리고 한국지역난방공사로 정의되어 있다. 2021년 기준 국내 공급의무자는 총 23개사로 그룹I로 분류되고 있는 한국수력원자력, 한국남동발전, 한국중부발전, 한국서부발전, 한국남부발전, 한국동서발전 이상 6개 한전 자회사와 그룹II로 분류되는 한국수자원공사, 한국지역난방공사, SK E&S, GS EPS, GS파워, 포스코에너지, 씨지앤올촌전력, 평택에너지서비스, 대륜발전, 에스파워, 포천파워, 동두천드림파워, 파주에너지서비스, GS동해전력, 포천민자발전, 신평태발전, 나라에너지서비스 이상 17개 발전사가 있다.⁷⁾

정부는 신재생에너지 확대 기조에 따라 공급의무자에게 부여하는 RPS 공급의무량(이하 의무량)을 매년 증가시키고 있는데 의무량은 RPS를 처음 도입한 2012년 6,420

6) CarbonBrief 홈페이지(검색일: 2021.08.01.)

7) 산업통상자원부(2021a)

MWh(2.0%)에서 2020년 31,401 MWh(7.0%)으로 약 500% 증가하였다. <표 1>은 연도별 의무량 변화 추이를 보여주고 있다. 특히, 그룹 I에 부여되는 의무량은 2020년 기준 전체 의무량의 80.16%의 비중을 차지하고 있다.⁸⁾ 그렇기 때문에 그룹 I로 구분된 공급의무자들은 국가 RPS 목표 달성에 주요한 역할을 하고 있다고 할 수 있을 것이다. <그림 1>은 최근 5개년도(2016~2020) 동안의 그룹 I에 속한 공급의무자들의 의무량을 보여주고 있는데, 연도별 의무이행비율이 높아지면서, 공급의무자의 의무량도 빠르게 증가하고 있는 모습을 보여준다.

<표 1> 연도별 RPS 의무량

해당연도	의무비율 ⁹⁾	의무량	
	%	GWh	천REC
2012	2.0	6,420	좌동
2013	2.5	9,210	좌동
2014	3.0	11,577	좌동
2015	3.0	12,375	좌동
2016	3.5	15,081	좌동
2017	4.0	17,039	좌동
2018	5.0	21,999	좌동
2019	6.0	26,966	좌동
2020	7.0	31,401	35,588
2021	9.0	38,927	47,102

출처: 한국에너지공단 홈페이지(검색일: 2021.11.15.)

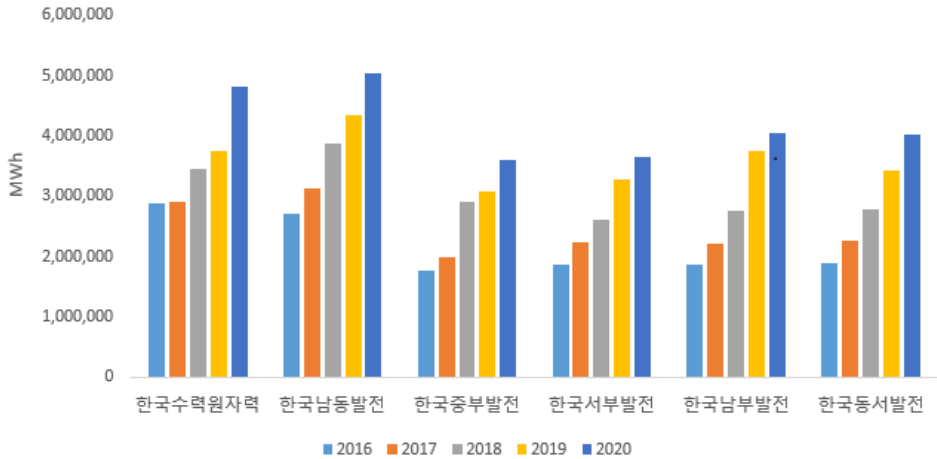
RPS를 적용하고 있거나 적용했던 국가들 중 일부는 가중치 개념을 적용하고 있거나, 적용을 했었다. 먼저, 미국 일부 주는 RPS제도 내에 1개 이상의 가중치를 적용하고 있는 것으로 나타난다<그림 2>.¹⁰⁾ 애리조나(Arizona)주에서는 태양광발전예 대해 2배의 가중치를 부여했고 콜로라도(Colorado), 델라웨어(Delaware), 메릴랜드(Maryland), 미시

8) 산업통상자원부(2020)

9) 의무비율: 기준발전량(원전, 화석연료 기반) 대비 비율

10) Arizona, Colorado, Delaware, Maine, Maryland(expired), Massachusetts, Michigan, Nevada, New Mexico, North Carolina, Oregon, Texas, Washington, and District of Columbia(expired)

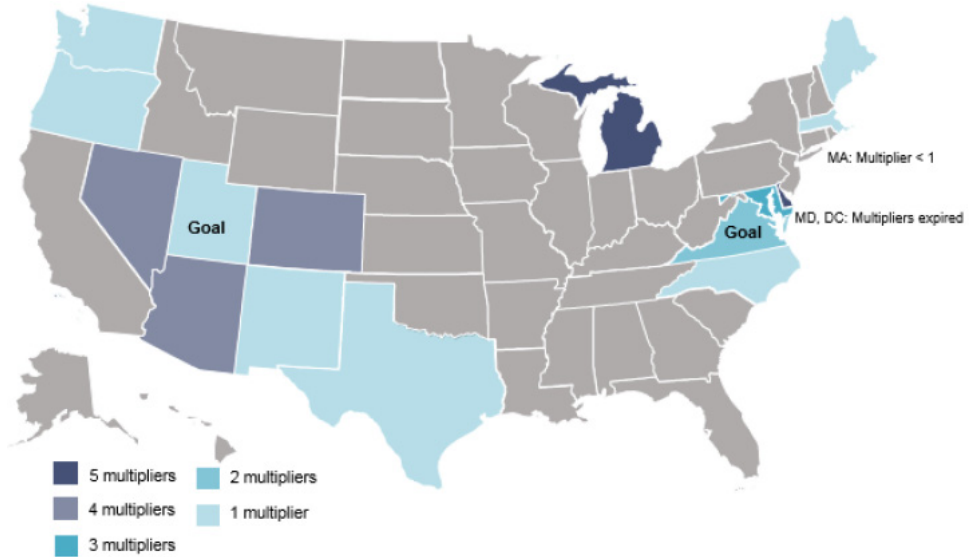
〈그림 1〉 최근 5년(2016~2020) 공급의무자(그룹) 의무량



출처: 산업통상자원부(2016~2020) 자료를 바탕으로 저자 작성

간(Michigan), 워싱턴주(Washington)주의 RPS제도에서도 가중치를 부여하고 있으며 0.7~3.5 범위 내에서 각 주별로 상이한 수치가 적용되었다<표 2>. 대표 주별 가중치를 살펴보면, 델라웨어(Delaware)주는 주 내에서 최소 50%의 장비가 제조되는 태양광과 풍력 시스템, 혹은 주 근로자가 75%이상인 인력이 설치한 태양광, 풍력 시스템에 추가 1.1가중치를 제공한다. 그리고 주 내에 설치되는 2012년 12월까지의 풍력에 대해 1.5가중치를 부여했고, 2017년 5월까지 설치한 주 내의 해상풍력에 대해 3.5의 가중치를 부여했다. 노스 캐롤라이나주(North Carolina)에서는 클린필드 재생에너지 실증공원(cleanfields renewable energy demonstration park)에 위치한 첫 20MW 바이오매스 설비에서 생산된 REC에 대해 3.0가중치를 부여하였다(PJM-EIS, 2021). 그리고 메인(Maine)주는 지역 사회에 태양광 보급 확대를 위해서 커뮤니티 에너지프로젝트 승인 법안을 통과하면서 동시에 이에 대한 가중치도 채택했다. 현지 소유자가 최소 51%의 지분을 소유하고, 설비용량이 10MW 이하인 인증된 커뮤니티 기반 재생가능 에너지 프로젝트에 대해서는 투자자소유 송배전 유틸리티 중 하나와 장기계약하거나 1.5가중치를 부여받을 수 있는 옵션이 제공된다.

〈그림 2〉 미국 주별 REC 가중치 적용



출처: Lips(2018)

〈표 2〉 미국 내 주별 REC 가중치 적용 사례

주(State)	가중치(Multiplier Value)
애리조나(Arizona)	1.1-1.5
콜로라도(Colorado)	1.25-3.0
워싱턴D.C.(District of Columbia)	1.1-1.2
델라웨어(Delaware)	1.1-3.5
마인(Maine)	1.5
메릴랜드(Maryland)	1.1-2.0
메사추세츠(Massachusetts)	0.5-0.95
미시건(Michigan)	1.1-3.0
네바다(Nevada)	0.7-2.4
뉴멕시코(New Mexico)	3.0
노스캐롤라이나(North Carolina)	3.0
오레곤(Oregon)	2.0
텍사스(Texas)	2.0
워싱턴(Washington)	2.0

출처: Lips(2018)¹¹⁾

11) 100kW 이하의(Residential and multi-apartment buildings) 소규모 태양광 : FIT 100kW~750kW(Commercial)

그리고 영국의 경우, RO제도 도입할 당시에는 모든 전원에 대해 1MWh=1REC로 전원별 단일 가중치를 적용하였다. 하지만 이후 상대적으로 기술발전 속도가 느린 에너지원의 보급 속도 저하와 그에 따른 의무 불이행 위험 등의 문제를 해결하기 위해, 전원별 기술경제성을 기준으로 에너지원별 부여하는 가중치를 차등화하면서, 가중치 개념을 적용하였다(Ofgem, 2018). RO제도 하에서 RO band에 따라 ROC를 차등발급하였는데, 16/17년 기준으로 태양광(Solar PV)은 1.2~1.4ROC/MWh, 육상풍력(Onshore Wind) 0.9 ROC/MWh, 해상풍력(Offshore Wind) 1.8 ROC/MWh, 수력(hydro) 0.7 ROC/MWh 등 수준이었다<표 3>.

〈표 3〉 영국 RO band

Band	2013이전 용량	2013/14	2014/15 용량	2015/16 용량	2016이후 용량
가스화/열분해(Advanced gasification / pyrolysis)	2	2	2	1.9	1.8
혐기성소화 (Anaerobic Digestion, AD)	2	2	2	1.9	1.8
CHP활용 폐기물에너지(Energy from waste with CHP)	1	1	1	1	1
지열(Geothermal)	2	2	2	1.9	1.8
지압(Geopressure)	1	1	1	1	1
수력(Hydro)	1	0.7(1 ROS)	0.7(1 ROS)	0.7(1 ROS)	0.7(1 ROS)
매립지가스(Landfill gas)	0.25	0	0	0	0
매립지가스 - 폐쇄형(Landfill gas - closed landfill gas)	New band	0.2	0.2	0.2	0.12
매립지가스 - 열회수(Landfill gas heat recovery)	New band	0.1	0.1	0.1	0.1
자가발전(Microgeneration<= 50kW DNC)	2	2	2	1.9	1.8
육상풍력(Onshore wind)	1	0.9	0.9	0.9	0.9
해상풍력(Offshore wind)	2	2	2	1.9	1.8
해상풍력(Offshore wind - demonstration turbines(ROS))	New band	New band	2.5	2.5	2.5

rooftop) 중규모 태양광 : FiP

〈표 3〉 영국 RO band(계속)

Band	2013이전 용량	2013/14	2014/15 용량	2015/16 용량	2016이후 용량
해상풍력-부유식(Offshore wind - floating turbines(ROS))	New band	New band	3.5	3.5	3.5
기타(Other)	1	1	1	1	1
하수 가스(Sewage gas)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
태양광(Solar PV)	2		Retired		
건축물 태양광 (Solar PV-building mounted)	New band	1.7	1.6	1.5	1.4
부지 태양광(Solar PV-ground mounted)	New band	1.6	1.4	1.3	1.2
가스화/열분해(Standard gasfication / pyrolysis)	1	2	2	1.9	1.8
조력 (Tidal barrage<1GW DNC)	2	2	2	1.9	1.8
조력(Tidal lagoon-<1GW DNC)	2	2	2	1.9	1.8
조류(Tidal stream)	2	2	2	2	2
파력(Wave)	2	2	2	2	2
조류(Tidal stream - enhanced(ROS))	3	3	3	3	3

출처: Ofgem(2018)

독일의 경우에는 RPS를 채택하고 있지는 않고 경매제도를 활용하고 있는데, 재생에너지 경매제도 내에서 경매 가격상한제를 채택하는 방법을 적용하고 있다. 독일은 재생에너지 보급 확대를 위해 재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG)¹²⁾을 근간으로 하고 있다. 특히, 2016년 개정된 EEG 2017에서는 기존의 재생에너지 보급 지원 정책인 Feed in Act를 경매입찰제도로 대체하는 내용을 담고 있다. 이 경매입찰제도 하에서 한도상한가격(Disclosed Ceiling Price)을 재생에너지원별로 상이하게 적용하고 있는데, 2021년 기준 일반부지 태양광 5.9cents/kWh, 지붕 태양광 9.0cents/kWh으로 나타났다으며 육상풍력은 2021년 6.0cents/kWh으로 고정하고, 2022년부터 2%감소할 것으로 나타났다(European Commission. 2021).

12) EEG는 독일 재생에너지 지원을 위한 법적 근거 형성

정리해보면, RPS를 시행하고 있고 가중치를 적용하고 있거나 적용했던 주요국들은 그들의 가중치 체계하에서 에너지원별 가중치 차등을 거의 두지 않거나 가중치 차등폭을 점차 줄여나가는 정책을 시행하고 있는 것을 볼 수 있다. 미국의 경우, RPS를 시행하고 있는 주는 대부분 기본적으로 1.0의 가중치를 적용하고 있으며 추가 가중치는 주로 지역 내 생산 제품이나 지역 내 설치 발전소, 혹은 지역 주민 참여 프로젝트를 대상으로 부여하는 형태로 이루어지고 있기 때문에 미국 내 가중치의 주목적은 재생에너지 원간 포트폴리오 구성이 아닌 주내 경제활성화를 고려한 재생에너지 도입 비용의 최소화가 목적인 것을 확인할 수 있다. 그리고 영국 또한 재생에너지가 가격경쟁력을 확보해 나감에 따라 ROC 차등발급 수치를 태양광의 경우 2013년부터 2017년까지 1.6~1.7ROC/MWh에서 1.2~1.4ROC/MWh으로 감소시켰고, 해상풍력(Offshore Wind)은 2.0 ROC/MWh에서 1.8 ROC/MWh으로 감소시킨 것을 볼 수 있다(Ofgem, 2018). 나아가, 영국은 RO하에서 복잡한 가중치 체계 및 전력판매가격과 ROC가격 변동으로 인한 불확실성 문제를 겪으면서 2014년 차액정산계약제도(Contract for Difference, CfD)를 처음 도입하였고, 이후 영국정부는 2017년 4월부터 5MW이상의 모든 신규 기술에 대해 RO를 종료¹³⁾하고, ROC 및 ROC 가중치를 통한 지원을 중단하였다. 그리고 호주의 경우, 2011년부터 RET제도를 도입하고 있으며 대규모 설비와 소규모 설비에 대해 각각 LRET(Large-scale Renewable Energy Target), SRES(Small-scale Renewable Energy Target)를 적용하여 신재생에너지 의무를 적용하고 있으나, 2011년 6월까지 소형 태양광을 대상으로 5의 가중치를 부여하였으나 이후 계속 감소시켜 나갔고 2014년 이후로는 가중치를 부여하지 않고 있다.¹⁴⁾

우리나라의 경우에도 균등화 발전비용(Levelized Cost of Electricity, LCOE)에 기반한 경제성과 정책성을 종합적으로 고려한다는 명목으로 재생에너지원별 특정 가중치를 부여하고 있다. 국내 RPS 시장 초기에는 태양광과 비태양광 시장을 분리하여 운영하였으나, 2016년부터 태양광 별도 의무량을 폐지하면서 태양광과 비태양광 시장을 통합하였다. 그에 따라, 의무량, 현물시장, 정산 등도 태양광과 비태양광을 구분하지 않고 통합 운영되기 시작했다. 태양광과 비태양광 통합운영 체제하에서, 태양광의 급격한 비용하

13) IEA - Contract for Difference(CfD)(검색일: 2021.11.04.)

14) Solaronline 홈페이지(검색일: 2021.11.11.)

락으로 인한 빠른 경제성 확보는 에너지원별, 유형별 REC 가격을 상이하게 만들었고, REC 가중치를 적용하여 신재생에너지원별/유형별 상대가격을 조정하고 있다.

2021년 7월 신재생에너지 공급인증서 가중치가 정부 개편안으로 제시되었고, 2022년부터 향후 3년간 개정된 가중치가 적용된다.¹⁵⁾ 주요 변경 내용을 살펴보면, 일반부지에 설치하는 3MW 초과 대규모 태양광의 경우 현행 0.7에서 개정 후 0.8로 0.1 증가하였고, 해상풍력의 경우 2.0에서 개정 후 2.5로 0.5 증가하였으며, 연계거리에 이어 수심에 대한 가중치도 추가되었다. 이는 태양광과 해상풍력 보급을 확대하고자 하는 정부의 의지를 보여준다. <표 4>는 ‘신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침(2019.10. 시행)’ 제7조(공급인증서 가중치)에서 제시하고 있는 국내에서 적용되고 있는 에너지원별 부여되는 가중치 현황이다.

<표 4> 국내 에너지원별 가중치

대분류	소분류	현행	개정 후	비고	
태양광	일반부지	소규모(100kW 미만)	1.2	1.2	
		중규모(100kW~3MW)	1	1	
		대규모(3MW 초과)	0.7	0.8	
	건축물 등	소규모(100kW 미만)	1.5	1.5	
		중규모(100kW~3MW)			
	기존시설물 활용	대규모(3MW 초과)	1	1	
		소규모(100kW 미만)	1.5	1.6	유예기간설정
		중규모(100kW~3MW)		1.4	
	수상태양광	대규모(3MW 초과)		1.2	유예기간설정
		임야	0.7	0.5	
자가용		1	1		
풍력	육상	1	1.2		
	해상(법률상 바다 및 바닷가 중 수심이 존재)	2	2.5		
	연안해상 (해상풍력 中 간석지 또는 방조제 내측)	-	2	신설	

15) 산업통상자원부(2021b)

〈표 4〉 국내 에너지원별 가중치(계속)

대분류	소분류	현행	개정 후	비고	
풍력	수심 5m, 연계거리 5km 증가 시마다	-	+0.4(복합)		
	수심 20m 초과, 연계거리 5km 초과인 해상풍력 및 연안해상풍력에 적용				
연료 전지	연료전지	2	1.9	유예기간설정	
	부생수소 사용 시	-	+0.1	신설	
	에너지효율 65% 이상 시(전기+열효율)	-	+0.2	신설	
바이오 에너지	목재펠릿/목재칩 전소	0.5	0.5		
	목재펠릿/목재칩 혼소	-	-		
	미이용 산림바이오매스 전소	2	2		
	미이용 산림바이오매스 혼소	1.5	1.5		
	Bio-SRF 전소	0.25	0.25		
	기타 바이오에너지	1	1		
	가축분뇨 고체연료, 하수슬러지 고형화 연료, 바이오중유				
	매립지가스				
	바이오가스	1	1		
흑액	0.25	0.25			
폐기물	폐기물에너지 전소 (생활폐기물 등 재생가능폐기물)	0.25	0.25		
해양 에너지	조력(방조제 무)	고정형	2	1.75	유예기간설정
		변동형	1.0~2.5	1.0~2.5	
	조력(방조제 유)	1	1		
	조류	2	2		
	발전차액지원제도 전환설비	-	-0.2	신설	
	수력	1	1.5		
	지열	1.0~2.5	1.0~2.5		
	수열(온배수열)	1.5	0	유예기간설정	
	석탄 IGCC	0.25	0		

출처: 산업통상자원부(2021b)

Ⅲ. 기존연구

RPS 제도 관련 연구는 2012년 RPS 제도가 국내에 도입되기 이전부터 수행되어 왔다. 특히, RPS 제도 도입 이전의 연구들은 주로 해외의 RPS 시장에 대한 사례조사와 국내 도입 방안 관련 연구가 수행되었다(부경진 외, 2005; 김수덕·문춘걸, 2005). 국내 RPS 도입 이후부터는 국내외 RPS 제도 도입에 따른 파급효과, 그리고 개선방향에 대한 연구가 주로 수행되었다(김준영 외, 2016; 임형우·조하현, 2017; Lee and Seo, 2019). 이후, RPS 제도를 운영하면서 REC 가중치 제도가 신재생에너지 사업 경제성과 직결되면서 REC 가중치에 대한 이슈가 관심을 받게 되면서, REC 가중치의 적정성에 대한 연구도 활발히 수행되었다(백민규 외, 2018; 이성우 외, 2018; 남영식·이재형, 2020, 백훈·김태성, 2021). 백민규 외(2018)와 이성우 외(2018)는 태양광연계ESS의 경제성 평가를 활용한 최적 용량을 산정하는 연구를 수행하였는데 경제성 분석 시 ESS에 적용되는 가중치를 고려하였다. 백민규 외(2018)는 ESS 가중치 5.0을 적용한 100kW 태양광연계ESS에 대한 B/C ratio 및 순현재가치법(Net Present Value, NPV)를 활용한 경제성 분석을 수행하였고, 배터리 단가 및 REC 가격 변동성에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 이성우 외(2018)는 ESS에 적용되는 가중치에 대한 시나리오 분석을 통해 제주도 지역 재생에너지 발전사업자의 수익 극대화를 위한 ESS 최적 용량을 추정하였다. 두 분석 모두 가중치가 신재생 발전기의 경제성에 중요한 요소로 작용하는 것을 보였다. 남영식·이재형(2020)은 실물옵션 방법론을 활용하여 현물시장에서의 태양광 발전사업자의 합리적 거래 방식을 도출하였는데, 연구 결과, 가중치를 고려한 REC 가격 불확실성을 고려할 경우에는 현물시장거래, 그렇지 않을 경우에는 고정가격거래 방식이 합리적인 것으로 나타났다. 그리고 백훈·김태성(2021)은 REC 가중치 개정 시점을 적용한 시계열 분석 및 회귀분석을 통해서, 재생에너지 의무량 증가와 함께 REC 가중치 개정이 태양광 설비 증가에 유의미한 영향을 미치는 것을 보였다.

RPS 제도는 배출권거래제도, RE100 등과 함께 온실가스 배출을 저감하기 위한 정책이라는 공통적인 목표를 가지고 있다. 이런 이유로 RPS 제도와 인접제도 간의 연계에 대한 연구가 활발히 진행되었다(박호정, 2012; Yu and Kim, 2021; 유종민, 2021). 박호정(2012)은 실물옵션모형을 이용하여 배출권과 REC 가격 불확실성 하에서의 화력발전 투

자에서의 의사결정에 대해 분석하였다. Yu and Kim(2021)는 RPS와 ETS는 다른 목적의 정책이지만 상쇄배출권에 의한 연계를 전제하여 부분 균형모형을 통해서 시장 균형을 도출하고, 각기 다른 정책수단이 각 매커니즘에 서로 어떤 영향을 미치는지에 대해 분석하였다. 그리고 유종민(2021)은 RPS 제도하에서 목표 이행을 위한 신재생에너지 증가에 따른 ETS 제도의 온실가스 감소 효과 동시 달성에 대한 두 제도의 의무이행 실정 인정 가능 여부에 대한 법제도적 측면에서 해석하였다. 최근에는 기업들의 재생에너지 참여 및 환경적 책임에 대한 이슈가 증가하면서 RE100과의 연계연구도 이루어지고 있는데(이재형, 2020; 이재우·김승완, 2020), 이재형(2020)은 실물옵션모형으로 배출권거래제도와 녹색요금제 연계를 위한 기업들의 전략행동을 분석하였고, 이재우·김승완(2020)은 기업들의 다양한 재생에너지 전력조달 방법에 대한 시나리오 시뮬레이션 분석으로 기업 측면에서의 경제적 대안을 도출하였다.

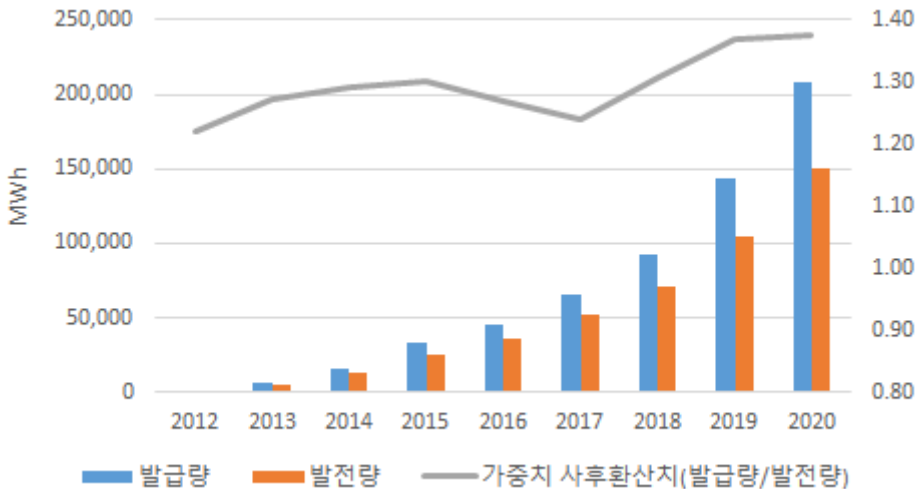
기존에 수행되었던 대부분의 연구는 RPS 제도 관련 파급효과, 배출권거래제도와 연계, REC 가중치 및 가격 불확실성에 따른 경제성 분석과 같이 RPS 제도 자체의 분석에 그치고 있다. 하지만 이런 RPS 제도 자체에 대한 분석은 $1MWh=1REC$ 라는 전제가 정상적으로 작동하고 있을 때를 가정하고 있다. 기존의 연구들에서도 이미 RPS 제도의 경제성 및 파급효과 분석에서 가중치의 중요성을 가정하고 있으나, 가중치로 인한 REC의 실질가치에 대해서는 충분히 고려되지 않은 것으로 보인다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 국내 RPS 제도 내에서 적용되고 있는 REC 가중치와 REC 실질가치라는 RPS 제도 자체에 대한 분석을 시행하였다. 그렇기에 이번 연구는 기존의 RPS 제도 기반 연구 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 기초연구가 될 것으로 생각된다. 특히, 최근까지 국내외 RPS 제도가 가정하고 있는 가중치 본질에 대한 연구는 아직까지 추진되지 않은 것으로 파악되어, 기존의 연구들과 차별성을 가지고 있다. 그리고 이번 연구에서의 REC 실질가치 분석결과는 국가 신재생에너지 보급 목표를 실제 달성했는지의 여부를 판단할 수 있을 것으로 기대되고, 이는 향후 국가 신재생에너지 정책 개선 시 보다 실질적인 방향성을 제시할 수 있을 것으로 여겨진다. 온실가스 감축안 상향에 따른 국가 온실가스 저감이 중요해지면서 활발히 진행되고 있는 타제도와의 연계 방안에 대한 이슈도 다루고 있기 때문에, 본 연구는 국가 에너지 정책 분야 연구에서 가지는 중요성은 매우 크다고 할 수 있을 것이다.

IV. RPS 실적왜곡 분석

1. REC 수급 동향 및 사후 가중치

본 연구에서는 신재생에너지 보급에 따른 REC 수급 자료를 활용하여 REC 가치를 추정하고자 한다. 이를 위해서 RPS 제도가 시작된 2012년부터 2020년까지의 연도별 REC 발급량과 발전량(MWh) 자료를 활용하였다.¹⁶⁾ <그림 3-4>는 국가 신재생에너지 보급 확대를 주도하고 있는 태양광과 풍력의 발전량(MWh)과 REC 발급량(MWh 기준)을 각각 보여준다. 가로축은 해당연도를 나타내고, 세로축 중 좌측의 수치는 REC 발전량 및 발급량을 나타내고, 우측의 수치는 각 연도별 발전량(MWh) 대비 발급량으로 산정한 발전량 대비 REC의 상대가치로서 이를 가중치의 사후환산치로 명명한다. 일반 가중치는 실제 REC 가 발급되기 전에 정책적으로 1MWh당 발급되는 REC 개수를 의미하는데 먼저 태양광의 경우 노지/임야/건축물 등 사업 방식에 따라 가중치가 다르고 실제 발전 용

<그림 3> 태양광 REC 발급량 및 발전량

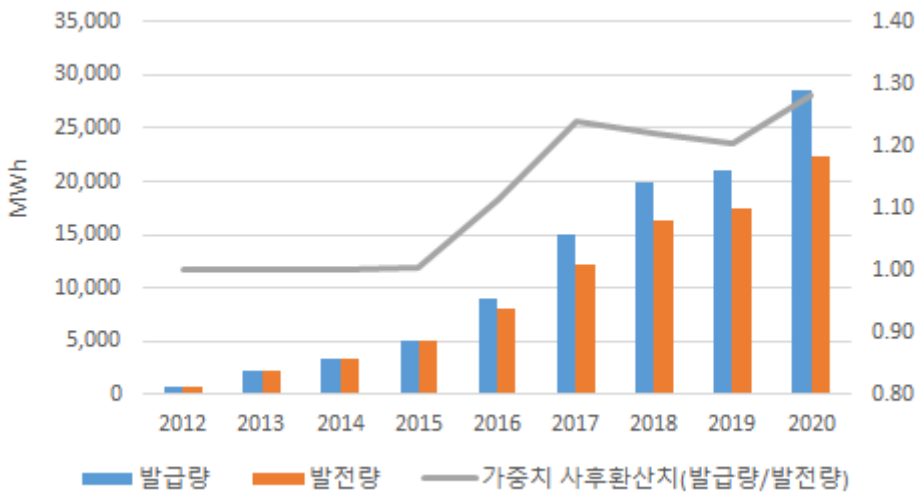


출처: 한국에너지공단 자료를 바탕으로 저자 작성

16) 출처: 한국에너지공단 자료(20년 12월말 기준 공공데이터 개방용 통계데이터(발급현황))

량에 따라 실 적용 가중치도 다르다. 그렇기 때문에 태양광 전반에 적용된 가중치를 알기 위해서 해당년도 총 발행 REC량을 총 발전량으로 나누어 사후적으로 환산한 가중치를 계산하였다. 태양광의 발전량 대비 REC 상대가치, 즉 가중치의 사후환산치는 RPS가 시작된 2012년부터 계속 1.0 보다 높게 나타난다<그림 3>. 하지만 풍력의 경우에는 가중치가 1.0인 육상풍력에 의존했던 2015년까지 발전량 대비 REC 상대가치가 1.0으로 유지되다가 2016년부터 연계거리에 따라 1.0보다 큰 복합가중치의 적용을 받는 해상풍력의 영향, ESS 등의 영향으로 발전량 대비 풍력발전의 REC 상대가치가 1.0보다 낮아지기 시작(환산가중치 > 1.0)한 것으로 보인다<그림 4>.

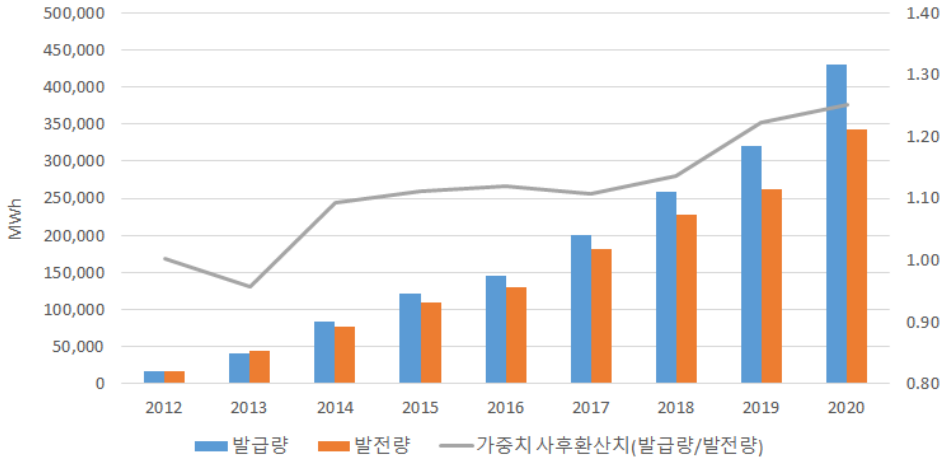
<그림 4> 풍력 REC 발급량 및 발전량



출처: 한국에너지공단 자료를 바탕으로 저자 작성

<그림 5>는 신재생에너지 전체의 신규 발급에 대해 환산한 가중치 값으로서, 마찬가지로 RPS 제도 초기에 매매된 국가 REC 등이나 전년도 잉여량 등이 반영되지 않은 순수한 해당년도 가중치 값을 의미한다. 2018년 REC 발급을 늘리는 방향으로 가중치 개정 이후 급격하게 증가하는 양상을 보이는데 ESS 도입 등이 주 원인이다.

〈그림 5〉 REC 신규발급에 대한 가중치 사후환산치



출처: 한국에너지공단 자료를 바탕으로 저자 작성

2. REC 가치 추정

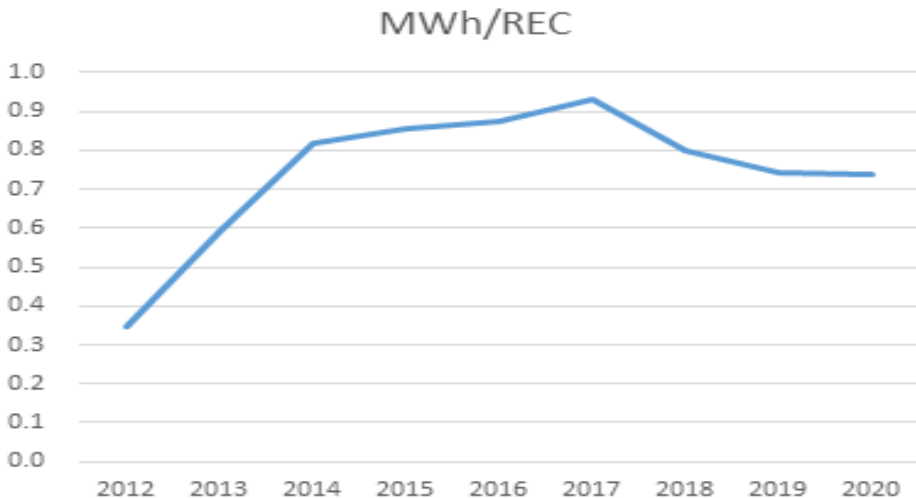
실제 REC 가치가 1MWh=1REC 전제와 부합하는지, 부합하지 않다면 얼마만큼의 차이가 나타나는지를 환산하기 위해서는 해당년도의 신규발급 REC와 발전량만으로는 충분하지 않다. 만약 RPS 내에서 1MWh=1REC의 전제가 제대로 작동하였다면, 당해년도 이행실적으로 활용되지 않을 경우 아무런 경제적 이득이 없고 오히려 손해가 발생하기 때문에 시장에서 퇴출되거나 차년도로 이행이 연기되는 REC가 없거나 이행이 연기되더라도 그 양은 미미하였을 것이다. 하지만 실제 국내 RPS 시장에서는 가중치로 인해서 차년도 이행연기량을 고려한 시장에서 실제 유통되는 REC 유통량과 이행연기량이 고려하지 않고 단지 당해년도의 REC 발급 개수만을 고려한 REC 발급량 사이에는 상당한 차이가 발생하였다. 그리고 RPS 도입 이후 고가중치 적용을 받는 신재생에너지 사업이 증가하고 있는데, 그에 따라 신재생에너지원에 평균적으로 1.0보다 높은 가중치에 대한 수요가 커지게 되었다. 그 결과 발전량 대비 실제 REC에 대한 가치가 더 높아지게 되면서, 1MWh=1REC의 전제는 점차 더 크게 왜곡되어 왔다. 여기서, REC 가치는 MWh로 환산한 1REC의 가치를 의미하는 것으로, 1REC 가치가 1MWh보다 높아지게 된다는 것은 발전사들의 의무이행을 위해 필요한 REC 수가 적어진다는 것을 의미한다. 1MWh 대

비 REC의 상대적 가치 상승은 의무이행을 위한 신재생에너지 설비로부터의 직접 발전량 대비 REC가 과소 이용하게 된다. 이것은 발행되는 REC보다 의무이행용으로 제출되는 REC 수를 줄여 시장에서 유통되는 REC가 누적되게 하고, REC 공급과잉 현상을 초래하게 된다. 즉, 고가중치 사업의 증가로 인한 REC 유통량 증가는 의무이행사들이 의무발전량(MWh)보다 상대적으로 적은 가치의 REC를 구매/제출해서 의무를 이행하는 것을 가능하게 해 줄 수 있다. 그 결과, 의무이행사들의 신재생에너지 발전의무량 목표 달성은 과대평가되어 왔다고 평가할 수 있다.

$$REC\text{유통량}_t = \text{당해년도}REC\text{총공급량}_t + (REC\text{유통량}_{t-1} - REC\text{제출량}_{t-1}) \quad (1)$$

이를 바꾸어 말하면 1REC가 대표하는 1MWh의 값이 작아지는 것으로, 의무이행 측면에서는 REC가 더욱 가치 있어지지만, REC개수를 기준으로 의무이행을 하면 MWh 기준으로는 RPS 제도에서 의도한 만큼의 신재생에너지 발전량 목표가 달성되지 않는다는 것이다. <그림 6>은 특정년도 기간에 REC를 제출하기 전에 유통량을 실제 발전량

<그림 6> 1REC에 대응하는 신재생에너지 발전량 가치



출처: 한국에너지공단 자료를 바탕으로 저자 작성

에 대입시켜 IREC가 내포한 MWh값을 표현한다. 즉, $\frac{MWh}{IREC}(t) = \frac{REC_{유통량_t}}{\text{신재생발전량}_t}$ 등식이 성립함을 의미한다.

IREC에 대응되는 신재생에너지 발전량 가치는 제도를 처음 도입했던 2012년에는 매우 낮은 값을 보이고 있는데 이는 RPS제도 도입 초기에 시장의 REC가격 안정을 위해 투입된 국가 REC¹⁷⁾로 인해 기존 REC의 가치가 크게 희석된 탓이다. 이후 RPS 제도 자체로 인한 신재생에너지 발전량 비중이 늘어나면서 IREC에 대응되는 신재생에너지 발전량 가치는 꾸준히 1.0으로 향해 회복하고 있었으나, RPS 제도 도입 이후 ESS, 지붕형 태양광, 해상풍력 등 고가중치 사업이 증가함에 따라 REC가 과도하게 발급되었다. 이로 인해서, 가중치에 따른 REC 가치 변화를 고려하지 못한 의무량을 과소공급하게 되었고, 시장에는 REC 잉여량이 누적되었다. 그로 인해 최근에는 IREC에 대응되는 신재생에너지 발전량 가치 역시 하락추세로 접어들었다.

<표 4>에서 볼 수 있듯이, 전원별 혹은 사업방식별로 다양한 가중치가 존재하기 때문에 사업방식에 따른 실제 발전량과 발급량을 기준으로 가중평균하여 RPS 제도 전체 측면에서의 가중치를 계산할 수도 있으나, 단순하게 해당년도의 전체 RPS 제도 하에서의 신재생에너지 발전량으로 해당년도 REC 발급량을 나누면 가중치의 사후환산치를 <그림 5>와 같이 구할 수 있다. <그림 6>에서의 IREC에 대응되는 신재생에너지 발전량 가치의 역수라는 해석도 가능하지만 <그림 6>에서의 REC는 시중에서 유통되고 있는 REC 총량을 고려하고 있기 때문에 이전 시점에서 이월되는 값이 반영된다는 점에서 차이가 있다.

신재생에너지 보급정책의 일환으로서 특정 전원 및 사업방식에 대해 추가적인 지원을 하는 것은 충분한 명분이 있다. 하지만 문제는 발전차액제도처럼 보상으로 끝나는 것이 아니라, 엄격한 총량통제를 준수해야 하는 RPS의 경우 신재생에너지 발전의 목표라고 할 수 있는 매해 의무량 자체가 1MWh=1IREC을 전제로 하여 특정 발전량 목표를 단

17) 발전차액제도 하에서는 국가의 보조금으로 생산된 신재생에너지 발전 실적의 소유권은 국가에 속한다하여, 이를 이용해 추가적인 신재생에너지 발전 없이 REC를 발급한 것을 의미한다. 2012년 이후 RPS 제도 초기인 2015년까지 가격안정을 위해 시장개입 물량으로 사용하거나, 최근 RE100 이행을 위한 녹색프리미엄 물량으로 사용하는 등 FIT 실적을 RPS 혹은 RE100 제도 이행에서도 재활용한다하여 실적의 추가성(additionality) 논란이 있다. 본고에서도 RPS 의무량을 과거 FIT 실적으로 채우고 있어 REC 가치에 영향을 주었음에 주목한다.

위만 REC로 바뀌서 공고하다는 데에 있다. 다시 말해서, 정부의 IREC에 대응되는 신재생에너지 발전량 가치는 <그림 6>에서 보듯이 계속 변하는데 $1MWh=1REC$ 를 전제로 한 정책을 계속 추진해 왔던 것이다. 최근 2020년 의무량 공지에서 MWh 의무량과 별도로 REC 의무량을 공고한 점에서 비춰봤을 때, 당국에서도 최근에서야 본 연구에서 지적하고 있는 REC 인플레이션에 대한 문제를 인식한 것으로 보인다.

국가 REC의 투입 및 1.0 이상의 높은 가중치 부여로 인한 REC 인플레이션으로 인해 $1MWh=1REC$ 등가원칙이 깨짐으로 인한 가장 큰 문제는, 신재생에너지 발전 목표와 이행실적이 하향 왜곡되었다는 점이다. 국가 REC의 경우 국가가 직접 신재생에너지사업자(REC 공급자) 역할을 하는 것과 같다. 일반 발전사업자들은 신재생에너지 사업을 본인들이 직접하고, 정부는 보조금을 이용해서 신재생에너지 사업을 외주로 준다는 것만 다를 뿐이다. 그렇기 때문에 사업의 주체가 누구든지 발급량과 발전량 매칭(가중치 이슈)에는 영향을 미치지 않는다고 평가 가능하다. 그러나 국가 REC 공급이 멈춘 2015년 이후가 그렇듯, 기존의 FIT와 명확히 구분하는 입장에선, 국가 REC는 발전량과 분리된 발급량만의 공급이라고도 해석 가능하다. REC가 3년의 유효기간이 있다고 해도 의무 이행자들은 이른바 REC 돌려막기도 가능하므로 일단 REC가 한 번 공급되고 나면, 계속 REC 수급에 영향을 미치게 된다. 따라서 FIT발전량을 임의로 국가 REC라는 명목으로 RPS로 산입시킬 수 없다고 판단할 수 있다. 특히 세금으로 조성된 전력산업기반기금으로 구매된 신재생에너지 실적을 국가 REC로 RPS 목표치 하향 및 이행실적 부풀리기에 사용한 것이므로 전력기금의 수혜자가 목표하향으로 인한 특정 기업군(의무이행사)이 된다는 측면이 있고, 국가 REC의 공급단가 수준에 따라, 세금으로 의무이행사를 지원해주는 셈이다. 어찌되었든, 가격지불을 막론하고 FIT물량을 국가 REC로 RPS 시장에 투입한 것은 FIT와 RPS라는 이질적인 두 제도를 정책적 개입으로 임의로 섞은 것으로서, 비록 2015년 이후 중단되었으나 향후에도 제도 간의 신재생에너지 실적 중복(double-counting)에 대한 불확실성 상존, 그에 따른 REC 가격 및 RPS 목표치 불확실성을 야기한다. 따라서 2012년 이후 RPS 제도가 본래 의도했던 발전량보다 실제 RPS 의무이행에 공식적으로 사용된 REC 발급량이 적을 수밖에 없다. 이를 실적왜곡치라 명명하고 추정하는 방식은 해당년도의 REC 예상 잉여량(= 제출 전 REC 유통량 - 의무이행량)에 의해 결정된다고 할 수 있다.

$$\text{올해 예상 잉여량} = \text{REC 총공급량} + \text{지난기에서 이월된 잉여량} - \text{공단의무량}^{18)} \quad (2)$$

$$\text{지난기 실현 잉여량} = \text{지난기 REC 총공급량} - \text{지난기 실제제출량} \quad (3)$$

두 가지 실적왜곡치 산정 기준은 REC 전체 유통시장, 즉 해당년도 REC 예상잉여량이 양수값인지 여부에 의해 결정된다.

첫 번째 방식은 만약 시장 전체적으로 REC 가 부족한 상황인 경우 발급되는 REC는 모두 의무이행에 쓰일 것이라는 가정¹⁹⁾이 가능하고 따라서 해당년도 실적왜곡치는 단순하게 해당년도에 공고되는 의무이행량과 생산되는 신재생발전량 전량의 차이라고 할 수 있다. 이때 사용되는 의무이행량은 한국에너지공단 공고 의무이행량이다. 산업부 공고 의무이행량은 지난 년도에서 충족하지 못한 이월된 의무이행량을 더하지 않고 공고 하기 때문에, 실제 해당 년도에 의무이행사에 부담되는 순수한 각 해당년도의 미이행량은 한국에너지공단 공고 의무이행량과의 차에서 도출할 수 있다. 시장의 REC 잉여량이 음수인 경우, 절대적으로 REC가 부족한 경우 실적왜곡치는 의미있는 양의 값을 가진다. 그러나 REC 인플레이션이 진행되어 전반적으로 REC가 넘쳐나 잉여량이 양수가 되면 의무이행사가 실제 의무이행(REC 제출)에 사용하는 발전량은 당해년도 발전량의 일부에 지나지 않기 때문에 실적왜곡치가 음수(즉 RPS 목표초과)로 보이게 되어 다른 산정 방식이 필요하다.

$$\text{실적왜곡치}_t(\text{기준1}) = \text{의무량}(MWh)_t - \text{신재생발전량}(MWh)_t \quad (4)$$

두 번째 방식은 REC 유통량이 해당년도 의무이행량을 넘어서 잉여량이 발생하는 경우에 적용할 수 있다. 2016년 이후 REC 발급량(공급)이 의무이행량(수요)을 뛰어넘어 매년 누적 REC 유통량이 쌓여 이월되는데, 이때부터 발급되는 REC 는 해당년도에 의무

18) 산업부가 공고하는 각 연도별 의무량은 지난 연도에 충족하지 못한 의무이행 연기량을 포함하고 있지 않기 때문에, 본고에서는 의무이행 연기량까지 포함하여 연도별 의무량을 산출하고 있는 한국에너지공단 의무량을 사용하였음. 신재생에너지 의무량, 국가REC, RPA 전환량, REC 제출량, 발급량, 발전량 등의 자료들은 모두 정보공개 청구 등을 통해 한국에너지공단 자료를 활용함.

19) 시장에서 매각하지 못한채 3년까지 자발적 이월 가능하나 대부분의 신재생에너지 사업자들의 부채비율이 높아 현금유입과 이자비용 흐름을 최대한 매칭시키려는 경향이 강하다는 점에서, 비자발적인 REC 미판매량은 0이라고 할 수 있다.

이행사에 팔려 제출된다는 보장이 없고 잉여량은 차후년도 이후이행실적으로 사용될 수 있기 때문에 REC발급 근거로서의 신재생에너지 발전이 있었다 하더라도 의무이행량에 포함되지 않는 셈이 된다. 예를 들면, 올해 30MWh 생산으로 45REC가 발급(가중치 1.5)되었고, 당해년도 의무이행량이 30MWh라고 가정할 경우, 의무이행을 위해 30REC만이 사용될 것이고 나머지 15REC는 다음 년도 이후에나 사용 가능하다. 이때 올해의 RPS 이행실적에 사용된 REC는 30REC이지만, 이행실적은 제출된 30REC가 되는데, 이를 MWh 기준으로 환산할 경우, 전체 REC 발급량에서 차지하는 비율을 고려한 20MWh(=30MWh × (30/45))가 된다. 즉 해당년도에 30REC 납부를 강제하였다고 해도 실질적으로 목표했던 신재생에너지 발전 실적왜곡치는 10MWh가 된다. 이는 곧 실제 1REC의 가치가 1MWh에서 벗어나기 때문에 발생하는 현상이다. 즉, 시장의 REC 잉여량이 양수인 경우에 해당되는 방법은

$$\begin{aligned} & \text{실적왜곡치}_t(\text{기준2}) \\ &= \frac{\text{유통량}(REC)_t - \text{실제제출량}(REC)_t}{\text{의무량}(MWh)_t} \times \text{당해 신재생발전량}(MWh)_t \quad (5) \end{aligned}$$

두 경우가 중첩되지 않으므로 실제 목표 미달값을 추정함에 있어서 두 가지 기준을 비교하여 큰 값을 아래 식과 같이 정의해 계산할 수 있다.

$$\text{실적왜곡치}_t = \text{MAX} [\text{실적왜곡치}_t(\text{기준1}), \text{실적왜곡치}_t(\text{기준2})] \quad (6)$$

2012년 RPS 제도를 도입한 이후 추가적인 국가REC 투입으로 인해 RPS 하에서의 실질 발전량과 목표와의 괴리가 컸으나, 이후 높은 REC 가격 등에 유인되어 많은 신재생에너지 사업자들이 시장에 진입하면서 2015년도 이후 의무이행량에 버금가는 실제 발전량이 달성되고 있다. 그러나 해당년도 실제 발전량이 의무량을 초과하여 (기준 1) 값이 음수값이 되면서 2017년부터는 실제 발전량 전량이 RPS 의무이행량으로 제출되지 못하는 경우가 발생한다<그림 7>. 따라서 (기준 2)에 의한 목표미달량이 양수로 바뀌며 제출되는 REC 값에 해당되는 MWh 발전량과 의무이행량으로서의 발전량 격차가 누적된다. 특히 원별 사업자들의 민원 등으로 가중치가 높게 유지되면서 1REC에 해당되는

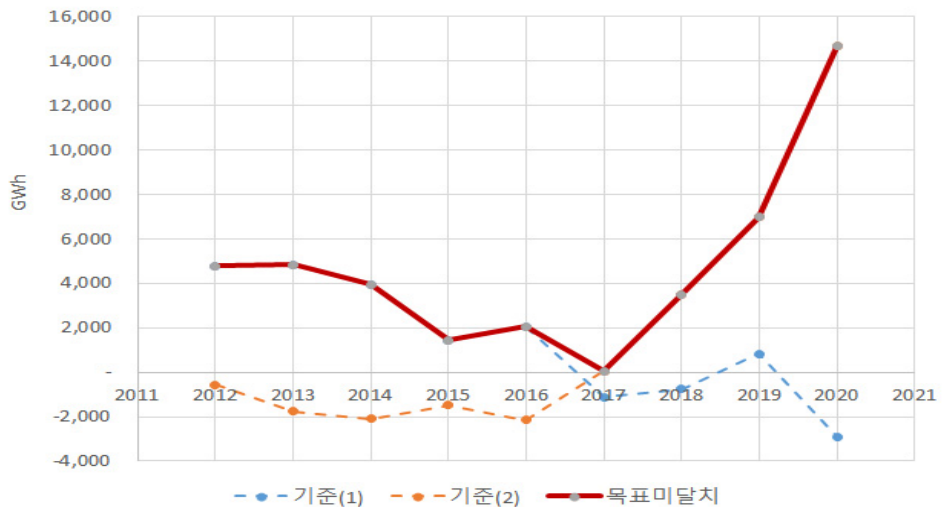
MWh 값이 <그림 6>처럼 지속 하락하고, 매년 의무이행에 사용되지 못한 REC 유통량이 지속적으로 누적되면서 매해 신규 발생되는 REC에 대응되는 MWh값을 추가로 희석시키고 있는 상황이다.

V. 실적 왜곡 영향 및 해결방안

1. REC 개수 채우기가 목표가 된 발전의무화

그간 이러한 문제가 개선되지 않고 계속 방치된 데에는 1REC의 가치가 반드시 1MWh와 대응되어야 하는지에 대해 학계 및 정책 당국에서도 필요성을 크게 느끼지 못한 측면이 있는 것으로 보여진다. 그러나 공급인증서의 제출 당시 발전 의무이행 기여분이 변한다는 것은 RPS 제도가 당초 의도했던 신재생에너지 비중을 지킬 수 없게 만든다는 데서 심각성이 있다고 앞 장에서 설명하였다. <그림 7>의 2012~2020년간 매년 실적 왜곡치를 적분 개념으로 누적치를 산정해보면 대략 3,800 GWh로서 RPS 기간 전체 의무량의 자그마치 27.8%에 달한다. 문제는 대부분의 목표미달 발전량이 명시적인 불이

<그림 7> 2012~2020 연도별 REC 실적왜곡치



출처: 한국에너지공단 자료를 바탕으로 저자 작성

행으로 인식되지 못하고 유사 제도 실적의 불투명한 재할용 및 발전 실적 증명서의 실질적인 공급의무 이행 기여도 가치(1개의 인증서(1REC)에 대응하는 신재생에너지 발전량)가 떨어졌음에도 액면 가치가 유지(REC 인플레이션)된 것으로 마치 제도의 성공적 수행처럼 인식되어 왔다는 데 있다.

물론 RPS 제도 도입 이후 현재까지(2012~2021) 모든 기간 동안 REC 기준 의무이행량은 명목상으로 모두 충족되었으며 RPS 도입 초기(2012~2014)에 일부 불이행으로 과징금이 부과되어 면제된 경우를 제외하고는 표면상으로 제도는 의무이행목표를 매년 성공적으로 달성하면서 순항하고 있는 듯 보인다. 또한 물론 해당년도의 실제 신재생발전량이 의무량과 비슷한 수준으로 따라갔으니 정책목표를 달성한 것이 아니냐는 해석도 가능하지만 미체출되어 차기 년도로 이월된 REC는 아직 정해지지는 않았으나 미래의 의무량을 잠식하는 용도로 사용될 것이기 때문에 현재 의무량으로 계산되지 않는다는 점에서 MWh 기준 RPS 의무량의 미충족이라고 판단하는 것이 타당하다. 따라서 표면적으로 제도가 잘 운영되고 있음에도 불구하고 이미 RPS 제도는 양적 규제정책으로서의 정체성을 잃고 REC 가격의 불확실성까지 더하고 있음이 분명하다.

2. 인접제도(RE100, 온실가스배출권거래제)와의 부조화

Renewable Energy 100(이하 RE100)은 기업에서 사용하는 전력의 100%를 재생 에너지로 대체하는 자발적인 글로벌 이니셔티브를 말한다. RPS 제도가 기업에 재생에너지로 발전된 전력을 강제한다면, RE100은 기업이 이미지 제고 등의 목적으로 자발적으로 이행여부 및 방식을 공표한다. 한국형 이행방식으로서 녹색프리미엄, REC 구매, 제3자 전력수급계약(Power Purchase Agreement PPA),²⁰⁾ 지분참여, 자체건설 등으로 나뉘어 안내하고 있다(한국에너지공단 홈페이지). 그러나 본고에서 지적하고 있는 1REC=1MWh 가치 괴리에 근거하면 과연 한국형 이행방식이라 공고하고 있는 방식들의 적용 가능 여부에 대해 회의적이다. 현재 RE100 이행 방식으로는 녹색 크레딧(credit) 형태로 공급되고 있는 국가 REC를 구매하거나 일반 REC를 구매하여 RE100 용도로 사용하게끔 하고

20) 일반적으로 PPA는 발전사업자가 생산한 전력을 한전에 판매할 때 이루어지는 전력수급계약을 의미하고, 3자 PPA의 경우, 신재생에너지 발전사업자와 전력소비자간의 전력수급계약으로 한전이 중개 역할을 하는 형태를 의미함.

있는데, 실제 REC에 상응하는 MWh 가치가 RE100 대상으로 선언할 전력값과 일치하지 않을 경우에는 과연 RE100 이행을 인정해 줄 수 있을지가 문제이다. 게다가 RE100에는 활용되어서는 안 될 석탄가스화복합화력발전(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) 등 신에너지 사용으로 생성되는 REC도 섞여 있기 때문에, RE100 대상 REC와 그렇지 않은 REC에 대한 분류도 쉽지 않을 것이다. 또한 PPA 혹은 자가발전에서 가중치 적용하여 신재생에너지 발전사업자로서 REC화하여 매각한 뒤 시중에서 발전량만큼의 REC만을 구매해 사용함으로써 RE100 기업으로 포장하는 과정에서 ‘(가중치-1.0)×발전량’ 만큼의 차액거래가 가능해져서 실질적으로는 PPA 혹은 자가발전이 RE100 이행수단으로서 무의미해지는 경우도 충분히 예상된다. 온실가스 감축 측면이나 실질 신재생에너지 발전 실적측면에서는 차이가 없으나, 순전히 인위적인 가중치 부과대상에 해당되는지 여부에 따라 발생하는 현상으로서 제도적인 모순이라 할 수 있다.

온실가스 배출권거래제도 하에서도 1REC(MWh 단위 기준)에 상응하는 온실가스 가 저장되었다고 하여 1REC를 포기할 경우 대신 외부사업을 통한 배출권을 발급할 수 있다. 즉 재생에너지를 통한 발전으로 REC 혹은 배출권으로 선택적으로 사용할 수 있다. 그러나 REC의 전력환산량 가치가 현재와 같이 비공식적으로 하락할 경우 대체하여 발급받을 수 있는 배출권 개수 계산에 있어서 공식적인 전력배출계수를 사용할 수 있는가의 문제도 발생한다. 예컨대, 이론적으로 전력배출계수가 약 0.466 CO₂ equivalent ton/MWh 를 감안하여 1REC는 약 2.15 ton의 배출권 발급으로 대체 가능하다. 그런데 현재 1REC=1MWh라는 기본 전제를 바탕으로 발급되어 온 인증서의 전력환산량이 <그림 6>과 같이 0.8MWh 이하로 떨어지면, 배출권 역시 1.7개 이하로 발급해줘야 하지만 실무적으로 이러한 공식적인 REC 가치하락이 인정되고 있지 않기 때문에 두 종류의 크레딧 간 가치 비교가 어려워진다. 결과적으로 1REC=1MWh 가치 괴리는 RE100, 온실가스배출권거래제 등 인접제도 간의 관계에도 큰 문제를 가져온다.

3. 장기적 해결 방안

영국의 경우 RO제도를 도입할 당시 1MWh=1REC로 전월별 단일 가중치를 적용하였고 나중에 원별 가중치가 도입되었으나, 재생에너지가 가격경쟁력을 확보해 나감에 따

라, 가중치 수치를 적극적으로 인하하였다. 한국에 적용할 경우 원별 가중치 축소로 인한 업계의 정치적 압력이 클 수 있음을 예상할 수 있다. 미국의 경우 기본적으로 원별 가중치가 존재하지 않고(1.0의 가중치를 부여) 역내 생산 제품이나 발전소, 혹은 지역주민 참여 프로젝트에 매우 작은 가점을 부여하는 형태이기 때문에 RPS 제도 자체의 왜곡 가능성이 낮다.

현 상황에서 가장 이상적인 제도 자체의 치유책은 가중치로 인한 REC 인플레이션 및 이전 기간의 유통량까지 감안한 REC 가치 희석 물량을 매해 재산정하여 의무이행량을 계산하는 것이다. 앞서 <표 1>에서 제시된 지금의 단순한 의무이행량 발전량의 특정 비율을 REC 의무 제출량으로 제시하는 것을 넘어서, 2020년도와 같이 발전 의무량과 이미 인플레이션으로 가치가 절하된 REC 단위 기준의 의무량을 분리 공고하는 것이다. 그래서 2020년도에 제시된 REC 의무량은 MWh 의무량에 환산비율 1.16을 곱하고, 2021년에는 1.21의 환산비율을 적용하여 가중치 등으로 인한 가치하락 분을 일부 반영할 수 있도록 개선하였다. 그러나 이러한 정교하지 못한 방식으로는 과거로부터 누적된 목표 미달량을 소급하여 충분히 흡수할 수 없고, 심지어 당해년도에 신규 발급분으로 인한 추가 가치하락도 방지할 수 있을지 보장할 수 없다. <그림 5>에서 볼 수 있듯 2020년의 발전원별 가중평균 값이라고 할 수 있는 사후가중치 값이 1.25가 넘는 상황인데, 정부는 그 보다 낮은 환산비율을 사용하고 있기 때문이다. 즉 RPS가 양적 통제장치로서의 역할을 회복하기 위해서는 공급인증서의 인플레이션 가치 하락을 막아야 하고, 발전사업자들의 정치적 압력에 굴복해 발생한 가중치 남발 혹은 초기에 누적되었던 국가 REC 희석으로 인해 발생한 REC 과잉공급에 따른 신재생에너지 발전량 목표의 실질적인 미달성분을 충분히 흡수할 수 있는 정도의 의무량 추가가 필요하다.

VI. 결론

2012년부터 재생에너지 확대 정책을 위한 주요 정책 수단으로서 채택하고 있는 RPS는 기존 발전차액제도(FIT)와 비교하여, 정부의 직접적인 지원에 의존하기 보다는 에너지 지원 간 경쟁을 유도함과 동시에 정부의 재정부담을 줄일 수 있다는 명백한 장점을 가지고 있는 것은 인정하지 않을 수 없다. 특히 연간 보급 의무비율이 특정되어 있는 상황에

서 단순한 보조금 정책인 FIT로는 특정 신재생에너지 발전 비중 목표 달성 가능 여부가 불확실하기 때문에 양적 통제정책으로서의 RPS가 정책효과의 확실성을 가져와 국가 온실가스 감축 목표와의 사전 연계 측면에서도 유리했음이 사실이다. 실제 제도를 시행한 직후 높은 공급인증서 가격이 많은 사업자들의 투자를 유인하였고 오늘날 높은 신재생에너지 발전 비중을 달성하는 데 일조하였다.

그러나 지난 10여 년간 RPS 제도는 의무이행 부담을 줄여달라는 의무이행사들의 압박과 더 높은 사업성을 추구하는 신재생에너지 사업자들의 요구로 인해 정책 당국은 장기적인 시계 없이 당장의 가시적인 목표 달성에 급급하였고, 양적 통제정책으로서의 정책의 본분을 잃어버린 왜곡된 방식으로 제도를 운영해왔다. 공급인증서가 부족했을 때는 RPS와는 운영방식과 재원의 성격도 다른 FIT 실적을 RPS 목표치 하향을 위해 전용하였다. 이때 시장에 배포된 국가REC 물량은 이월을 통한 대체사용을 통해 현재까지도 인증서 수급 불균형에 지속적인 영향을 끼치고 있다.

또한, 정부는 RPS를 채택하고 있는 해외 주요국들도 거의 활용하지 않거나 활용을 중단한 가중치 제도를 활용하여 공급인증서에 대한 공급정책을 재량적인 발권력으로서 사용하여 인증서의 가치 폭락에 일조하였다. RPS내에서 가중치를 적용하는 방식은 특정 에너지원이나 기술에 대해 별도 할당량을 부여하는 방법보다 유연한 적용이 가능하고, 다수의 에너지원에 동시에 적용이 가능하다는 이점을 가지고 있다. 그러나 현 정부는 사업자들의 가중치 상향에 대한 여러 민원에 순응하여 가중치를 신설 및 상향하였는데, 이런 정부의 정책기조로 인해서 순도가 떨어지는 귀금속과 같이 1MWh라는 액면가치에서 동떨어진 공급인증서의 가치하락(인플레이션)의 가속화는 이미 예정된 수준이었다. 공급인증서가 의미하는 특정 신재생에너지 발전량 변동에 대해 큰 문제의식이 없었기 때문에 지금까지 제도가 큰 변화없이 운영되어 온 것이겠으나, 마치 10년 전 액면가대로 물건을 살 수 없는 것처럼, RPS 제도 본래의 목적인 의무이행량 달성은 REC 인플레이션으로 인해 부풀려진 공급인증서에 가려져 실질적으로는 목표 달성에 실패했다고 판단된다. 제출된 REC 개수 기준으로 MWh를 등가 환산하였기 때문에 국내 RPS 제도는 표면적으로 순항한 듯 보였으나, 본 연구에서 분석한 결과 국가 REC로 인한 목표 하향까지 포함하여 RPS 기간 전체 신재생 의무이행량의 27.8%가 실제로는 충족되지 못했음을 확인하였다.

그뿐만 아니라 REC 가치 왜곡은 인접 제도라고 할 수 있는 RE100과 온실가스 배출권 거래제와의 관계설정이 불가능해지는 문제도 초래하였다. 인증서에 상응하는 전력가치가 하락함으로써 RE100 주요 이행수단 중 하나인 REC 사용이 어려워지거나, 전력가치가 하락하면 온실가스 저감 기여도가 역시 변하기 때문에 배출권거래제에서 전력계수를 사용해 배출권과의 등가 교환이 어려워진다는 점이다.

이러한 제도 운용에서의 고질적인 문제점이 그동안 표면화되지 못한 채 심화되어 온 이유는 다양한 각도에서 평가할 수 있다. 물론 국내 신재생에너지 확대 여건이 녹록하지 않은 상황에서 이런 정책적 개입 없이는 신재생에너지 보급 확대 및 실적 이행이 쉽지 않았을 것이고 공급인증서 가격 상승, 한국전력 적자 및 전기요금 상승의 빌미가 되었을 것이기 때문에 가중치 확대 혹은 국가 REC 투입 과정에서 정책 당국의 깊은 고민이 있었을 것이다. 하지만 본고는 학술적 관점에서 제도의 일관성 및 정책집행의 예측가능성 차원에서 신재생에너지 의무량이라는 양적 목표만을 중심으로 분석하였다. 실제로 신재생에너지 사업자 입장에서도 당장의 높은 가중치가 유리해 보일지라도 결국 인증서 공급 과잉 및 가격 폭락으로 이어지는 상황이 될 수밖에 없기 때문에, 이러한 현 제도운영 방식에 대해 고민할 필요가 있다.

[References]

- 김수덕·문춘걸, “RPS 도입의 경제적 효과”, 『자원환경경제연구』, 제14권 제3호, 2005, pp. 729~751.
- 김준영·박상욱·김성배, “발전사업자에 대한 신재생에너지 의무할당제(RPS)가 국내 신재생에너지 발전량에 미친 영향 분석”, 『서울행정학회』, 제18권, 2016, pp. 178~195.
- 남영식·이재형, “태양광 REC 최적 거래 방식에 관한 연구”, 『자원환경경제연구』, 제29권 제1호, 2020, pp. 91~111.
- 박호정, “실물옵션 모형을 이용한 RPS와 배출권거래제 연계의 신재생에너지 투자효과”, 『자원환경경제연구』, 제21권 제2호, 2012, pp. 301~319.
- 부경진·허은녕·조상민, “신재생에너지발전 의무비율 할당제(RPS) 도입 국제비교 연구”, 『신재생에너지』, 제1권 제3호, 2005, pp. 14~23.

- 백민규·박종배·손성용·신하상·박용기, “태양광 연계형 배터리 에너지 저장장치의 최적용량 산정”, 「전기학회논문지」, 제67권 제1호, 2018, pp. 38~45.
- 백훈·김태성, “REC 개정과 의무공급량이국내 태양광 설비량에 미치는 영향 분석”, 「Journal of the Korea Convergence Society」, 제12권 제6호, 2021, pp. 139~150.
- 산업통상자원부, “신재생에너지 공급의무자별 의무공급량 공고”, 2016~2020.
- 산업통상자원부, “신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침”, 2019.
- 산업통상자원부, “2020년도 공급의무자별 의무공급량 재공고”, 2020.
- 산업통상자원부, “2021년도 신재생에너지 공급의무화제도 공급의무자별 의무공급량 공고”, 2021a.
- 산업통상자원부, “신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침 일부개정(안) 행정예고”, 2021b.
- 양의석 외, “EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황”, 「에너지경제연구원 세계에너지현안인사이드」, 제17권 제11호, 2017, p.25.
- 유종민, “재생에너지 정책과 온실가스 감축분의 배출권 재활용 논쟁”, 「환경정책」, 제29권 제2호, 2021, pp. 79~98.
- 이성우·김형태·신한솔·김태현·김욱, “REC 가중치를 고려한 최적 ESS 용량산정에 관한 연구”, 「전기학회논문지」, 제67권 제8호, 2018, pp. 1009~1018.
- 이재형, “배출권거래제와 녹색요금제 연계의 실물옵션 연구”, 「경제학연구」, 제68권 제2호, 2020, pp. 155~183.
- 이재우·김승완, “전력소비기업의 RE100 이행전략별 비용 분석”, 「NEXT Group Working Paper Series」, 2020, 2021-01.
- 임형우·조하현, “RPS 및 FIT 제도가 신재생에너지 보급에 미치는 효과 분석 - 104개국 패널 토빗분석”, 「에너지경제연구」, 제16권 제2호, 2017, pp. 1~31.
- Atholia, T. D., G. Flannigan, and S. Lai, *Renewable Energy Investment in Australia*, Reserve Bank of Australia, 2020.
- European Commission, *State Aid - Germany EEG 2021*, Brussels, 2021.
- Lee, Y., and I. Seo, “Sustainability of a Policy Instrument: Rethinking the Renewable Portfolio Standard in South Korea,” *Sustainability*, Vol. 11, No. 11, 2019, p.3082.
- Lips, B., “Credit Multipliers in Renewable Portfolio Standards,” *Clean Energy States Alliance*, 2018.
- Ofgem, *Guidance for Generators that receive or would like to receive support under the*

- Renewables Obligation(RO) scheme*, 2018.
- PJM-EIS, *Comparison of Renewable Portfolio Standards (RPS) Programs in PJM States*, 2021.
- REN21, *Global Status Report*, 2009~2020.
- Sach, T., B. Lotz, and F. Blücher, *Auctions for the support of renewable energy in Germany*, AURESII, 2019.
- Shields, L., *States Renewable Portfolio Standards and Goals*, NCSL, 2021.
- Yu, J. and H. Kim, “Internal Carbon Financing with Transferable Offsets from Renewable Portfolio Standard,” *The Energy Journal*, Vol. 42, No. 2, 2021, pp. 31~51.
- 한국에너지공단 홈페이지(검색일: 2021.11.15.).
https://www.knrec.or.kr/business/rps_guide.aspx
- CarbonBrief. The Carbon Brief Profile: Australia(검색일: 2021.08.01.),
<https://www.carbonbrief.org/the-carbon-brief-profile-australia>
- EU – Renewable Energy Directive(검색일: 2021.08.01.),
https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- IEA – Contract for Difference(CfD) (검색일: 2021.11.14.),
<https://www.iea.org/policies/5731-contract-for-difference-cfd>
- Solaronline – Solar rebate information – solar credit scheme facts(검색일: 2021.11.11.),
https://www.solaronline.com.au/solar_rebate_info.htm