

Research Paper

서울시 태양광 보급 정책의 적정보조금 산정에 관한 연구 - 수용자적 입장에서의 재무성 분석을 중심으로 -

염성찬* · 이응균**

고려대학교 과학기술학협동과정 박사과정*, 고려대학교 행정학과 부교수**

A financial feasibility study of the Mini-Solar Penal Subsidy Program in Seoul

Sungchan Yeom* · Eungkyoon Lee**

Ph. D. Candidate, Program in Science & Technology Studies, Korea University*

Associate Professor, Department of Public Administration, Korea University**

요약 : 재생에너지 보급 및 활성화의 가장 큰 걸림돌은 경제성이라고 할 수 있다. 하지만 공급자적 측면에서 바라보는 경제성과 수용자적 측면에서 바라보는 경제성에는 차이가 존재한다. 이러한 문제의식을 바탕으로 본 연구는 최근 서울시에서 추진하고 있는 미니태양광 지원 사업을 신재생에너지 수용성과 사회적 형평성에 기초하여 경제성·재무성 분석을 통한 적정보조금 규모를 도출하고자 하였다. 분석결과 미니태양광 지원 사업은 전력소비가 많은 가구에 도입 될 때 높은 경제적 효과를 확인할 수 있었으며, 에너지 저소비 계층에게는 가격적으로 부담이 되는 결과를 확인하였다. 구체적으로 월평균 전력을 401kWh ~ 500 kWh 규모로 사용하는 가구는 약 5 년이면 투자자금이 회수되는 것으로 분석 되었지만, 월평균 201 kWh ~ 300kWh, 301kWh ~ 400kWh 전력소비 계층은 약 8년~9년, 그리고 101kWh ~ 200kWh의 소규모 전력을 사용하는 계층은 약 12 년이 지나야 설치금액 회수가 가능한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 미니태양광 지원사업이 현재와 같은 단일 보조금 지급 방식이 아닌 가구별 평균 전력소비량에 따라 차등 지급 하는 방향으로 수정되어야 더 나은 효과를 기대할 수 있을 것이라는 점을 의미한다. 본 연구는 이와 같은 차등보조금 지급 방안이 도입될 때 신재생에너지 정책이 가지는 소득 역진적 효과를 줄이고 사회적 형평성 실현에 기여 할 수 있을 것이라는 점을 제안한다.

주요어 : 재생에너지, 보조금, 사회적 형평성, 수용성, 재무성 분석

Abstract : A major barrier to the spread and vitalization of renewable energy lies in its economic infeasibility. And yet, there is a disparity in estimating the economic feasibility between supply and demand sides. Taking this into account, we calculate an appropriate level of mini-solar panel subsidies provided by the Seoul metropolitan government. More pointedly, this research investigates the receptivity and social equity of the subsidy program based on the analysis of the program's financial feasibility. The results show that the subsidies can have anticipated effects for

the heavy electricity consumption group but not for the low electricity consumption group. Specifically, estimated pay-back periods for groups of 401kWh ~ 500kWh (per month) users, 201 kWh ~ 400kWh users and 101kWh ~ 200kWh were approximately 5years, 8 ~ 9 years and 12 years, respectively. This implies that differential scales of the subsidies can better contribute to reducing regressive difference between the groups and meeting the goal of social equity in regards to energy justice.

Keywords : Renewable Energy, Subsidies, Social equity, receptivity, Financial feasibility

I. 서론

우리나라는 기후변화와 에너지 위기에 대응하기 위하여 2010년 「저탄소녹색성장기본법」을 수립하였고 이를 바탕으로 에너지 수요 감축과 신재생에너지 보급 관련 정책들을 적극적으로 추진하고 있다. 그 중 서울시의 「원전 하나 줄이기 종합대책(12.05)」은 온실가스 감축 실효성에 대해서 긍정적으로 평가 받고 있는 정책 중 하나라고 할 수 있다. 현재 '미니태양광 보급 지원 사업'은 서울시의 「기후변화 대응에 관한 조례」를 바탕으로 추진되고 있고, 2014년 8,000 가구 보급 후 2015년부터 매년 1만 가구씩 확대 할 계획을 가지고 있다. 그래서 신재생에너지 보급 확대 측면에서 중요한 의미를 가지고 있는 사업이다. 하지만, 적극적인 보급 확대 정책에도 불구하고 '미니태양광 지원 사업'은 보조금 지급 수혜대상으로 '가구'의 입장에서 여전히 약 50%에 가까운 설비투자가 "경제적인 수익을 창출할 수 있는가?"와 같은 의문이 존재하고 있다.

신재생에너지 설비에 대한 설치단가 부담은 공급자 측면에서 시장 형성을 어렵게 만드는 주요 원인이 되고, 수요자 측면에서는 가격부담으로 인한 구매 기피현상을 일으킨다(Bjorn A. Sanden, 2005). 미니태양광 보급 지원 사업은 이러한 설치비의 부담감을 줄이고 가정 부문에 보급을 확대하기 위하여 태양광 패널 1개의 설치비용에 대한 보조금을 지원하고 있다. 보급을 위해 사용되고 있는 태양광 패널은 아파트 베란다에 설치되어 일조량의 영향에 따라 다르지만, 월 생산량은 15kWh ~ 20kWh(250W * 2.7h * 30일) 규모의 소규모 전력을 생산 할 수 있는 수준이다. 생산 된 전력은 전량 가정 부문에서 자가소비

를 하도록 되어 있고, 가정에서는 설비도입을 통해 기존에 부담하고 있는 전기요금을 절감하는 경제적 수익을 만들 수 있다. 이러한 혜택이 있지만, 해당 사업 추진 후 서울시는 미니태양광을 설치하고자 하는 수요자로부터 경제적 효과에 대한 문의가 끊이지 않고 있는 상황이다. 즉, 절반에 가까운 설치비 보조금을 지원 받을 수 있지만, 가구에서 얻을 수 있는 경제적인 수익 및 효과에 대해 여전히 의문을 표현하고 있는 것이다.

미니태양광 지원 사업은 소규모의 신재생에너지를 아파트 가구단위에 적용·활용 가능하게 하였다는 아이디어 측면에서 실용적 차별성이 있다는 긍정적인 평가를 받고 있다. 그런데, 지난 2014년 사업추진 당시 긍정적 전망과 평가에도 불구하고 실제로는 2014년 5월부터 ~ 11월까지 6개월 동안 본래 달성목표 대비 약 10%(637가구)에도 못 미치는 부진한 실적을 보여, 8,000가구 도입이라는 목표달성 가능여부가 문제시 된 바 있다. 여기서 사업 관계자들은 설치를 위한 지정학적 조건(일조량, 설치방향)과 낮은 베란다 구조물, 상대적으로 낮은 전기요금 단가 등이 문제 발생의 주요 원인이라고 해명하였다. 하지만, 이러한 문제들은 공급자 측면에서만 바라본 문제라고 할 수 있고, 수요자 측면에서 설치지원 요청을 하지 않거나 설치를 철회하는 원인은 간과하고 있는 것이다. 현재의 전력요금과 비교하여 설치 후에 발생하는 경제적 수익과 사회적 편익을 수용하는 것은 전적으로 개인 가구에서 부담해야 하는 문제이기 때문이다. 따라서 본 연구는 그동안 간과해 오고 있는 수용자적 입장에서의 초기 설치비용에 대한 부담을 근본적으로 해결해야 하는 원인이라고 제시하고, 전력사용 계층을 구분하여 경제적 효과를 분석하고자 한다.

본 연구의 연구목적을 위해 일반가구 전력사용 계층을 크게 4개(① 101kWh ~ 200kWh, ② 201kWh ~ 300kWh, ③ 301kWh ~ 400kWh, ④ 401kWh ~ 500kWh)의 월평균 전력사용 계층으로 구분하였다. 태양광 설비를 도입하면, 전력다소비 가구일수록 전기요금 절감액이 커져 보조금 지급에 따른 소득의 역진적 효과가 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 효과를 실증분석 하고자 한 것이다.

본 연구와 같이 전력사용 계층별 구분을 통해 가구 부문에서의 경제성과 재무성을 분석하는 연구는 현재 일괄적으로 지급하고 있는 보조금 규모에 대하여, 수용자적 입장을 고려한 차등적 보조금 지급이라는 정책 대안을 제시 할 수 있다는 점에서 중요한 분석적 함의를 가진다. 그리고 신재생에너지 보급 및 확대와 관련 된 산업 활성화 방안을 제안 할 수 있다는 점에서 중요한 정책적 시사점을 제공한다.

II. 선행연구

1. 신재생에너지 수용성과 사회적 형평성

우리나라 전력요금체계는 1973년 석유파동을 계기로 전기절약과 서민층 보호를 위해 도입 된 이래 현재 6단계 누진제를 적용하고 있다. 즉, 단일 요금 체계가 아닌 구간별 요금체계(Block pricing)로 사용량에 따라 요금을 적용하는 것이다. 누진제를 추진하는 목적은 크게 두 가지로 전기사용에 대한 과소비를 억제와 저소득층에 대한 간접적 보조지원으로 구분할 수 있다(유정숙 · 임소영, 2012). 여기서 간접적 보조가 의미하는 바는 일반적으로 저소득층이 고소득층에 비해 전력 소비량이 낮기 때문에 전력사용량에 따른 전력요금 단가의 차등 적용을 통해 얻게 되는 이득을 의미한다. 반대로, 단일요금 체계를 적용하면 소득과 사용량에 관계없이 모든 계층의 전력사용 단위가격 같아지기 때문에 공공요금의 소득재분배 효과가 없어지게 된다(유정숙 · 임소영, 2012, Severin B. 2012). 그런데 신재생에너지는 이러한 누진제 요금제도의 효과에 있어서 설치비 문제만 해결하면, 단일요금 체계와 같이 누진제의 역할을 상쇄

시키고 전력사용량이 많은 계층이 오히려 큰 혜택을 받게 되는 역진적 구조를 가져오게 된다. 결국 에너지를 과소비하는 계층이 보다 큰 혜택을 받게 되고, 에너지를 저소비하는 계층은 상대적으로 피해를 입게 되는 ‘사회적 형평성(Social Equity)’의 문제를 불러일으키게 된다. 즉, 공공부문에서 다루어야 할 가장 중요한 가치인 사회적 형평성의 가치가 낮아질 수 있다는 것이다.

사회적 형평성에 대한 논의는 에너지 위기와 기후변화 대응 관점과 함께 사회학적 · 복지행정 측면에서 최근 활발하게 논의되고 있는 주제이다. 사회적 형평성은 주로 환경 정의(Environmental justice)와 함께 다루어지고 있으며, 분배적 실현을 강조하는 측면에서 논의된다. 분배적 실현은 사회구성원 간에 환경편익과 부담을 도덕적으로 정당하게 할당하는 것을 말하며, 절차적 · 실질적 · 승인적인 부분까지도 포함한다(박재목, 2006; 진상현, 2011). 그래서 환경편익에 있어서 분배적 정의에 대한 개념이 논의될 경우 신재생에너지 부문에 대한 보조금 지원이 사회적 형평성 논란의 대상이 될 수도 있는 것이다.

우리나라의 전기요금 누진제도는 대만(5단계, 누진배율 1.9배), 일본(3단계, 누진배율 1.4배), 미국(2단계, 누진배율 1.1배), 호주(2단계, 1.1배)와 비교하여 최대 11배 이상 차이가 난다. 게다가 주택용 누진제는 산업용이나 일반용 요금단가 보다 높아 사회적 형평성에 대한 문제가 끊임없이 제기되고 있다. 이러한 논란은 최근에 원자력 발전에 대한 위험과 기후변화 대응에 따른 신재생에너지 확대와 함께 에너지 전환 측면에서 보다 강조되고 있는 부분이다. 국가 온실가스 감축 역량 향상과 미래시장 창출이라는 효과를 기대하기 위해서 신재생에너지 산업부문의 기술개발은 정부의 재원투자과 보조금 지원이 필수적이다. 그래서 관련 산업 투자자들은 신재생에너지 발전설비의 높은 발전단가 문제를 해결하고 시장형성 및 자립을 위한 정책적 · 제도적 지원을 꾸준히 요구하고 있다. 하지만, 전기요금 누진제도와 관련된 논란과 비교하여 전력사용 계층 간에 발생할 수 있는 형평성 문제는 크게 고려하고 있지 않는 것이 사실이다.

분배적 정의와 절차적 정의의 실현을 고민하는 것

은 신재생에너지 정책이 가져올 효과에 대해 긍정적·부정적 효과를 예측하고 대중적 수용성을 확보하기 위한 가장 중요한 수단이라고 할 수 있다. 그래서 서울시의 신재생에너지 보조금 지원 정책도 일반 가구 입장에서 신재생에너지 수용성과 보급 필요성에 대한 인지도를 확대하는 방향으로 나가는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 서울시 미니태양광 보급 정책과 관련하여 경제성·재무성 평가를 통해 대중적 수용성을 확보할 수 있는 방안을 제시하고, 사업자 측면에서 편익으로 온실가스 감축 효과를 분석하고자 한다.

2. 신재생에너지 경제성 분석 관련 선행연구

신재생에너지 보급과 관련된 정책의 수립 및 집행은 공학적 논의와 사회과학적 배경이 함께 통합적으로 고려되어야 한다. 하지만, 경제성 분석 측면에서 이와 관련 된 학계와 산업계, 기타 공공기관들의 연구들은 대부분 공학적 배경을 바탕으로 연구되어 오고 있으며, 사회과학적 배경을 바탕으로 한 연구는 여전히 미흡한 편이다. 대부분의 연구가 발전사업자 입장에서 전력판매 용도로 활용하는 것을 가정하고 설비도입을 통한 경제적 효과만을 분석하고 있기 때문이다.

경제성 또는 재무성을 분석·평가하는 방법은 비용편익분석(B/C, Benefit/Cost analysis), 순현재가치법(NPV, Net Present Value), 내부수익율법(IRR, Internal Rate of Return), 자본회수기간법(PP, Payback Period) 등이 있다. 비용편익 분석은 총 투자비용과 총 편익을 계산하는 방법으로 비용의 현재 가치와 편익의 현재가치를 비교하는 방법이고, 순현재가치법은 최초 투자부터 사업이 끝나는 기간까지 연도별 순편익을 계산하여 현재가치로 환산하는 방법이다. 내부수익률은 사업기간 동안 발생할 미래의 현금수익을 현재의 가치로 환산하여 합한 값이 투자지출과 같아지도록 할인하는 이자율을 말하고, 마지막으로 자본회수기간법은 초기 투자비용을 언제 회수할 수 있는가를 측정하는 평가방법이다. 이러한 평가를 위해 선행연구들은 태양광 발전의 경제성 분

석을 위한 주요 요인들로 총투자금(원/kW 설비용량), SMP(원/kWh 생산량), REC(원/kWh 생산량), FIT(원/kWh 생산량), 기준발전시간(시간/일), 효율감소율(%/년), 고정비(%), 임대료(원), 타인자본 이자율(%/년), 사회적 할인율(%), 감가상각비 등을 다루고 있다.

김태호·윤성이(2012)는 시설원예농가의 신재생에너지 적용 가능성을 평가하면서 태양광발전시설의 설치의 전·후 비교를 통한 경제성 분석을 진행하고 탄소저감 효과를 분석하였다. 분석결과 시설원예농가에 태양광 450kW 발전설비를 도입하고, 생산된 전기를 전량 판매 할 때 자본회수기간(PP)이 4.1년으로 수익성이 높게 나타났다. 그렇지만 자가소비를 목적으로 하지 않기 때문에 온실가스 감축효과는 크지 않은 것으로 평가하였다. 김광원·서윤규·홍선화(2014)는 그린홈 100 만호 보급사업의 태양광 설비 지원을 받는 11가구를 대상으로 설치 후 1년간 데이터를 모니터링하고, 경제적 편익의 순현재가치(NPV)와 비용편익(B/C)을 분석하였다. 여기서 편익은 전체 전력사용량의 전기요금에 대한 태양광에너지 발전량의 차이로 생긴 전기요금의 차이를 계산하였으며, 경제성 평가의 주요변수로 사회적 할인율(5.5%), 내구연한(25년), 초기투자비용, 보조금, 자기부담비용을 고려하였다. 그 결과 11개 가구 중 8개 가구에서 B/C ratio 1 이상의 결과 값을 얻었다. 그 외 김민준(2014)은 신재생에너지 보급·확대 방안 마련을 위해 지열을 활용한 히트펌프 설비가 건물 냉방부하 시스템에 적용 되었을 때 발생하는 에너지 절감액을 경제적 효과로 제시하면서 투자에 대한 실효성을 검증하였다. 최경식(2014)은 풍력 및 바이오디젤 발전원이 신재생에너지의무할당제도(RPS: Renewable Portfolio Standard)에 따라 기존 화력발전의 공급량을 대체할 경우를 가정하여 경제성 분석을 하였다. 한편, 서울시를 대상으로 한 연구로는 김운수·김정아(2012, 2013)의 연구가 유일하며, 여기서는 3 kW 이상의 설비용량 규모에 대한 태양광 설비의 도입에 대한 경제성을 분석하였다.

전술한 바와 같이 선행연구들은 공학적 배경을 바탕으로 설치의 효율성을 강조하거나, 정부보조금을

바탕으로 설치된 설비들의 전력판매 비용에 대한 회수율을 중요시하는 형태로 진행하였다. 편익의 추정 은 대부분 에너지 절감에 대한 경제적 편익만을 고려 하여 재무성 분석의 실시 결과를 제시하고 있다. 그리고 사회적 편익을 분석하는데 있어서 전력생산이 자가소비 목적으로 사용될 경우 온실가스 감축과 같은 사회적 편익은 크지 않다는 점을 살펴볼 수 있었는데, 이는 자가소비를 목적으로 하는 미니태양광 보급 사업의 경제성 평가에도 시사점을 제공한다. 한편, 경제성 분석의 이론을 논의하는 과정에서도 수송자적 입장에서의 보조금의 가치를 평가하거나 역진적 지원제도에 대한 문제점, 사회적 형평성 등을 경제성 분석과 연계하여 접근하는 연구는 찾을 수 없었는데, 이와 같은 논의가 미흡한 이유는 여전히 신재생에너지에 대한 사회적 수용성이 낮고 경제성에 대한 확신이 부족하여, 가구 단위에서는 환경적 효과 또는 사회적 형평성을 담보 할 수 없다는데서 이유를 찾을 수 있을 것이다. 연구대상에서도 설치용량 250W 이하의 태양광 설비 설치에 대한 경제성 분석을 학술적으로 접근한 연구는 부재한 것을 살펴볼 수 있었는데, 본 연구는 이런 측면에서 선행연구들과 차별화되고 학술적 중요성을 가진다고 할 수 있다.

III. 연구방법 및 변수설정

1. 미니태양광 경제성 분석과 재무성 분석

경제성 분석은 한정된 자원의 효율적 활용에 목적이 있으며, 일반적으로 국가 전체적인 입장에서 당해 시설사업의 사회적 편익과 사회적 비용을 추정하여 사회적 투자에 대한 효율성을 평가하는 방법을 말한다(고춘수, 2014). 경제적 효율성 및 타당성을 평가하는 기법으로는 비용편익(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익율(IRR), 자본 회수기간(PP) 분석이 있으며 이를 바탕으로 종합적인 판단을 진행한다. 한편, 재무성 분석은 사업성 분석, 수익성 분석과 동일한 의미를 가지며, 사업시행자가 자신의 입장에서 경제적 자산을 효율적으로 활용하여 부(wealth)의 극대화를 추구하기 위한 것에 그 목적이 있다. 즉, 자신이 가지

고 있는 경제적 자산을 활용하여 장비·설비를 도입하고 일정기간 동안 서비스를 제공한 다음 그 대가로 통행료, 입장료, 사용료 등의 요금을 징수함으로써 일정의 이익 내지 이윤을 추구하는데 활용하는 분석을 말한다(고춘수, 2014). 경제성 분석과 재무성 분석의 기법은 기본적으로 동일하지만, 재무성 분석은 경제성 분석에서와 같이 편익(Benefits)을 적용하는 것이 아닌 수익(Revenues)을 적용하여 분석하는데 그 차이가 있다.

태양광 발전설비의 설치에 전력을 판매하는 발전사업자 지원 대상사업과 자가소비를 목적으로 하는 사업으로 구분할 수 있다. 미니태양광 패널은 소규모 전력생산 설비를 통해 자가소비 할 수 있는 전력을 생산하는 수단이고 경제성 측면에서 판매를 목적으로 하는 태양광 발전사업과 비교하여 높은 경제적 기대효과를 가지기는 어렵다. 그래서 선행연구들이 발전사업자 입장에서 경제성 분석을 위해 다루었던 발전차액지원제도(FIT: Fit In Tariff)에 의한 수익 또는 신재생에너지 공급인증서 거래가격 판매수익(REC: Renewable Energy Certificate) 변수는 제외해야 한다.

본 연구에서 다루고자 하는 분석은 설비수명 기간 내에서 발생하는 전력생산량을 통한 수익과 총비용에 대한 비용편익(B/C) 분석이다. 이 경우 순현재가치(NPV)에 기초하여 분석하는 것이 적합하며, 고정조건으로 내구연한과 유지관리비, 감소효율, 평균발전가능시간/일, 사회적 할인율 등이 고려되어야 한다. 그리고 변동조건으로 초기투자비용과 보조금 규모 등을 주요변수로 다루어야 한다.

분석 툴(tool)로는 RETScreen을 활용하였다. RETScreen은 캐나다 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory) 연구소에서 개발하였으며, 태양광, 소수력, 풍력 발전 등의 신재생에너지 발전과 관련된 분석을 효과적으로 할 수 있다. 프로그램은 미국 NASA와 연계하여 서울의 일조량 등의 지리적 정보를 제공하고 있으며, 분석에 활용이 가능하다. 국내에서는 이의준(2011), 강성민 외(2014) 등의 연구에서 경제성 분석 및 온실가스 감축효과 분석에 활용되었다.

Table 1. CO₂ Emission Estimation Equation

$$Equation) tCO_{2eq} = \sum [MWh \times tGHG(CO_2/CH_4/N_2O)/MWh] \times Global\ Warming\ Potential]$$

* 출처: 환경부 행정규칙 「온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침(환경부고시 제2013-180호)」

Table 2. Subside for Mini-solar panel Installation in Nowon-gu

Division		A	B
Installation	Modules	- capacity: 250 w - size: 1.63 m × 0.98 m × 4 cm	- capacity: 250 w - size: 1.63 m × 0.98 m × 3 cm
	Invertor	- capacity: 250 w - size: 13 cm × 20 cm × 4 cm	- capacity: 250 w - size: 13 cm × 20 cm × 4 cm
	AMI	Adapter SJPM-C16	Adapter SJPM-C16
	Degree	0°	15°
	The average in monthly power generation	Average 15 kWh	Average 20 kWh
The term of guarantee		5 years	5 years
Price and Subside		640,000 won(subside 300,000 won)	816,200 won(subside 300,000 won)

* 출처: 노원구(2014), 아파트 베란다 미니태양광 지원 사업 안내 공문

2. 온실가스 감축량 측정

미니태양광을 통해 생산되는 전력의 온실가스 감축량의 측정은 환경부 온실가스 배출량 산정방법 제 6조 2항에 따라 전기사용량에 따른 온실가스 배출량(tCO_{2eq}) 측정 산식을 활용하였다. 전기소비에 따른 온실가스 배출량의 측정은 공공부문의 에너지소비에 따른 온실가스 배출량(tCO_{2eq}) 산정방식을 따랐으며, 국가고유전력배출계수는 2008년을 기준으로 분석하였다. 그리고 분석대상 전력량은 2014년 추진된 노원구 400세대와 서울시 8,000세대에서 줄일 수 있는 전력량이며, 이를 이산화탄소 배출량으로 변환하여 tCO_{2eq} 단위로 향후 감축할 수 있는 온실가스 배출량을 제시하였다.

Table 1의 온실가스 배출량 측정식의 전력사용량은 법정계량기 등으로 측정된 시설별 전력 사용량을 의미하며, CO₂, CH₄, N₂O의 전력배출계수는 2008년 기준 전력거래소 발표 자료를 기준으로 한다. 지구 온난화 지수는 온실가스가 지구 온난화에 얼마나 영향을 미치는지를 나타내는 지수로 1백년을 기준으로 이산화탄소 1kg의 온난화 효과는 1(CO₂ = 1)로 하며, CH₄는 21, N₂O는 310으로 산정된다.

3. 연구대상설비 제한

서울시는 4인 가족 기준으로 전력소비량에 대한 수

익을 계산하여 미니태양광 지원 사업을 추진하고 있으며, 전체 설비설치의 약 50% 규모의 보조금을 지원하고 있다. 이는 본 연구에서 전력사용 계층을 4개 (① 101kWh ~ 200kWh, ② 201kWh ~ 300kWh, ③ 301kWh ~ 400kWh, ④ 401kWh ~ 500kWh)로 누진세 적용 범위에 따라 계층을 구분한 것과 연계된다. 4인 가족 기준으로 전력생산량과 보조금 지급 기준을 고려하였기 때문에 1인 가구 또는 100kWh 이하의 전력소비량 계층, 그리고 501kWh 이상의 월평균 전력사용 가구는 논의에서 제외하였다.

전력(kW)은 전기를 최대 발생 할 수 있는 용량을 의미하며, 전력량(kWh)은 일정 시간동안 가동하였을 때 발생하는 전기의 총량을 의미한다. 지원설비의 구성은 250 W 규모의 폴리실리콘 계열의 태양광 패널 1 개와 DC-AC 인버터 1개다. 패널은 아파트 베란다 난간에 부착하고, 생산된 전기는 전기 플러그를 통해 연결하여 전량 가정 내에서 소비한다. Table 2에서 살펴보는 바와 같이 미니태양광을 통한 전기의 월 생산량은 15kWh ~ 20kWh(250W * 2.7h * 30일) 규모로 추정하고 있으나, 설치조건과 기후조건, 가동시간에 따라 달라질 수 있다. 그리고 무상하자 보수 기간은 5년이며, 설치가격에 대한 가구 부담금은 A사 모듈 약 34만원, B사 모듈 약 51만원이다. 따라서 수요자 측면에서 무상하자 보수기간을 통해 기

대할 수 있는 투자금액 회수기간을 제품 설치에 대한 경제성 확보 구간이라고 본다면, 일반가구에서 투자한 금액이 5년 내에 회수가 완료되어야 경제성이 있다고 할 수 있다. 즉, 5년 내 투자금액 회수가 가능하다면, 보증기간이 끝난 이후에 A/S와 같은 추가 발생비용에 대한 위험도 줄이고 경제성이 있다고 인식할 수 있을 것이다. 기술적인 측면에서 현재의 태양광 설비는 단결정 또는 다결정 실리콘 태양전지의 전력생산(모듈)효율이 20% 내외이며, 일반 보급용 모듈은 약 15% 정도의 효율을 보인다. 그리고 전력효율이 15% 이상이라고 하더라도 집열판의 설치방향과 각도, 기후, 운영시간에 따라 생산량이 달라지는 문제점이 있다.

4. 변수의 설정

1) 지리학적 변수

태양광 설비의 경제성을 분석할 수 있는 도구로 RETScreen에서 지리학적인 조건을 입력한 내용은 Figure 1과 같다. 서울시는 북위 37.6°, 경도 127°에

위치하고 있으며, 해발 86 m에 위치하고 있다. 여름과 겨울에 평균온도는 -9.6° ~ 30.7°에 이르며, 일조량(kWh/m²/d)은 겨울인 12월에 가장 낮은 1.70 kWh/m²/d를 보이고, 늦봄 초여름인 5월에 4.69 kWh/m²/d로 가장 높은 수치를 보인다.

2) 태양전지 성능

태양전지의 제원은 다결정 실리콘계 태양전지로 에너지변환효율이 15.1%이다. 연평균 변환효율 0.1%의 성능 하락이 예상되며, 평균 25년 수명을 가진다. 생산전력을 DC에서 AC로 변환하는 인버터의 효율은 99%이다. 그리고 전력 부하량은 0.25kW이다. 이렇게 계산할 때 1년에 가정에서 평균적으로 생산될 수 있는 전력량은 0.286MWh 규모로 나타났다.

3) 가정부문 전력소비 조건

가정부문의 전력소비 조건과 에너지 사용에 따른 가격적 체감정도는 본 연구의 연구대상인(① 101kWh ~ 200kWh, ② 201kWh ~ 300kWh, ③ 301kWh ~ 400kWh, ④ 401kWh ~ 500kWh) 4개 전력사용 계

	Unit	Climate data	Project
		location	location
Latitude	'N	37.6	37.6
Longitude	'E	127.0	127.0
Elevation	m	86	86
Heating design temperature	°C	-9.6	
Cooling design temperature	°C	30.7	
Earth temperature amplitude	°C	19.9	

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	-3.4	56.8%	1.94	101.4	2.5	-2.8	663	0
February	-1.1	54.9%	2.76	101.3	2.7	-0.1	535	0
March	4.5	55.6%	3.47	100.9	2.9	5.9	419	0
April	11.8	56.0%	4.38	100.5	3.0	13.8	186	54
May	17.4	63.2%	4.69	100.1	2.6	19.2	19	229
June	21.5	69.1%	4.29	99.7	2.3	23.1	0	345
July	24.6	78.7%	3.25	99.6	2.3	24.5	0	453
August	25.4	76.2%	3.55	99.7	2.2	24.8	0	477
September	20.6	69.4%	3.52	100.3	2.0	20.6	0	318
October	14.3	64.3%	3.03	100.9	2.0	14.4	115	133
November	6.6	61.4%	2.05	101.3	2.4	6.2	342	0
December	-0.4	57.8%	1.70	101.4	2.4	-0.3	570	0
Annual	11.9	63.7%	3.22	100.6	2.4	12.5	2,848	2,010
Measured at	m				10.0	0.0		

Figure 1. Geographical Input Factors

Table 3. the average price of household per month by electricity consumption(unit: won)

Division	The average consumption of household per month			
	100 kWh ~ 200 kWh	200 kWh ~ 300 kWh	300 kWh ~ 400 kWh	400 kWh ~ 500 kWh
price(won)	15,090	33,710	53,330	106,520
1MWh price	99,594	134,840	149,324	234,344

층마다 다를 것이다. 그래서 월평균 150kWh, 250 kWh, 350kWh, 450kWh 사용 전기요금을 단위가격에 대한 변수로 계산하여 설정하였다.

Table 3에 제시된 금액은 기본요금과 전력량 사용요금, 부가가치세 그리고 전력산업기반기금을 포함한 가격변수이다. 즉, 전력사용 계층별 평균 전력요금(kWh)을 기준으로 1MWh의 전력을 사용하였을 때 나타날 수 있는 금액을 제시한 값이다.

4) 연료가격상승률, 인플레이션, 사회적 할인율 변수

연료가격상승률은 미니태양광 지원 사업 추진 시점을 기준으로 2014년 4월 기준 전기수도가스의 물가동향을 고려하여, 4.2%를 고려하였다. 인플레이션 비율은 2014년 4월 기준으로 3.8%를 고려하였다. 사회적 할인율은 일반적으로 공공사업에 적용하는 할인율을 의미하며, 현재에 투입비용에 대한 미래의 가치를 현재가치로 환산해 주는 값이다. 사회적 할인율의 적용은 국가별로 부문별로 다양하게 사용하고 있다. 미국은 공공부문의 사회적 할인율을 7.0%, 독일은 3.0% 그리고 일본은 4.0%를 적용하고 있다(이춘근·임규채, 2009). 여기서는 KDI(2007)에서 권고하고 있는 공공부문에 대한 사회적 할인율 5.5%보다 낮은 5.0%를 적용하였다. 왜냐하면, KDI의 권고 기준이 2007년 제시된 이후 추가적으로 제안된 기준이 없고, 국가별·연구자별로 다양한 기준을 활용하고 있기 때문이다. 그리고 시간의 흐름에 따라 사회적 할인율이 점차 낮아지는 추세를 고려하였기 때문이다.

5) 가구부담금 및 정부보조금 변수

서울시와 노원구를 기준으로 가정부문의 미니태양광 설치에 현재 가구별 전력사용량에 상관없이 일괄적으로 30 만원을 보조금으로 지급하게 되어 있다. 그래서 개별 가구는 설치가격 64 만원 중 34 만원의

초기 설치부담 비용이 든다. 한편, 소규모의 발전설비이기 때문에 유지관리비와 인건비는 계산하지 않았다.

6) 시설유지기간

현재 태양전지의 수명은 대략 25년 ~ 30년으로 예측하고 있다. 본 연구에서는 미니태양광 지원 사업에서 제시하고 있는 태양전지 수명 25년을 기준으로 Cash flows를 산출하고, 연구결과에서는 핵심이 되는 IRR, NPV, Payback, B/C Ratio 만 제시하고자 한다.

IV. 분석결과

1. 설비투자 재무성 분석결과

본 연구에서 설비투자 재무성 분석결과는 투자원금의 회수기간(PP)을 먼저 살펴보고자 한다. 회수기간 분석결과는 Table 4과 같다. 101kWh ~ 200kWh는 11.9년, 201kWh ~ 300kWh는 8.8년, 301kWh ~ 400kWh는 7.9년으로 태양전지 설비 보증기간인 5년 내에 가구에서 체감할 수 있는 경제적 수익은 부족한 것으로 나타났다. 하지만, 401kWh ~ 500kWh 전력소비 계층의 경우 회수기간이 5.1년으로 경제적 수익이 상대적으로 높은 것으로 확인되었다. 이 같은 결과는 전력사용량이 많은 계층이 전력사용량이 적은 계층보다 높은 혜택을 받게 되는 것을 의미한다.

Table 5은 태양전지 수명 25년 기준 전력사용 계층별 Cash flows를 분석한 연구결과이다. 먼저, 월평균 사용 전력량 101kWh ~ 200kWh 계층의 IRR은 6.8, NPV는 62,124원, Payback 기간은 11.9년, B/C Ratio는 1.10로 나타났다. 다음으로 201kWh ~ 300 kWh 계층의 IRR은 10.4, Payback 기간은 8.8년,

Table 4. Result of the Payback period analysis(unit: year, won)

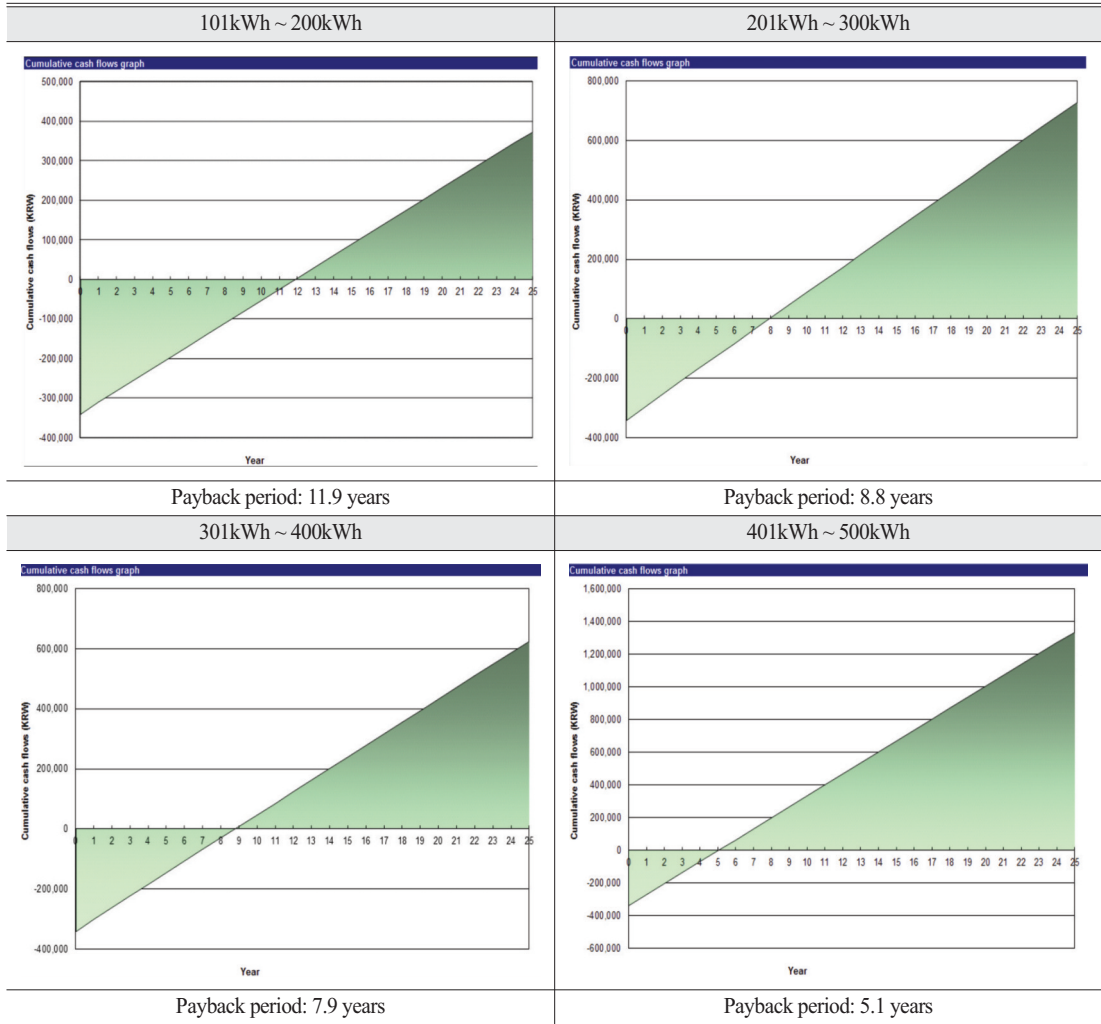


Table 5. Result of cost-benefit analysis of the mini solar panel program(unit: won)

Division	The average consumption of household per month			
	101kWh ~ 200 kWh	201kWh ~ 300kWh	301kWh ~ 400 kWh	401kWh ~ 500kWh
IRR	6.8	10.4	11.8	19.5
NPV	62,124 won	204,434 won	262,915 won	606,195 won
Pay Back	11.9 years	8.8 years	7.9 years	5.1 years
B/C Ratio	1.10	1.32	1.41	1.95

B/C Ratio는 1.32, NPV는 204,434원으로 확인되었다. 301kWh ~ 400kWh 계층에서는 IRR 11.8, NPV 262,915원, 회수기간 7.9년, B/C ratio 1.41, NPV 262,915원의 결과를 보인다. 마지막으로 전력사용량이 높은 401kWh ~ 500kWh 계층에서는 IRR이

19.5, NPV 606,195원, Pay Back 5.1년, B/C Ratio 1.95로 나타났다. 이와 같은 분석결과가 의미하는 바는 전력소비가 낮은 계층에게 지급되는 태양전지 설비 보조금의 경제적 효과가 높은 전력량을 사용하는 가구보다 상대적으로 크게 부족하게 나타난다는 결

Table 6. Result of sensitivity analysis in 5 years and Optimal product prices

Division	The average consumption of household per month			
	101kWh ~ 200kWh	201kWh ~ 300kWh	301kWh ~ 400kWh	401kWh ~ 500kWh
Price	640,000 won	640,000 won	640,000 won	640,000 won
Sensitivity analysis in 5years	441,600 won	492,800 won	512,000 won	-
	-31 %	-23.0 %	-20 %	-
Subside	300,000 won	300,000 won	300,000 won	300,000 won
Additional support needed	198,400 won	147,200 won	128,000 won	(Reasonable price)
	↓	↓	↓	↓
Optimal product prices	498,400 won	447,200 won	428,000 won	300,000 won

과로 해석할 수 있다.

2. 보조금 적정규모 분석

경제적 효과의 측정 및 재무성 분석 결과는 서울시의 신재생에너지 보조금의 지급 효과가 사회적 형평성을 고려한 정책이라고 보기 어렵고, 신재생에너지 수용성을 저해 하는 요인으로 작용할 수 있다는 점을 의미한다. 또 이와 같은 결과가 의미하는 바는 신재생에너지 보조금이 누진제도가 가지고 있는 장점으로 저소득 빈곤층의 가격적 보조에 대한 의미를 퇴색시키는 결과를 가져올 수 있다는 점이다.

따라서 본 연구는 사회적 형평성을 가져올 수 있고, 수용성을 높일 수 있는 대안을 제시하고자 현재의 지원 보조금에 대한 적정규모를 도출하고자 하였다. 보조금 적정규모 도출을 위해 재무성 분석에 기초하여 401kWh ~ 500kWh 전력사용가구가 설치투자비용을 회수 할 수 있는 5.1년을 기준으로 민감도(Sensitivity Analysis) 분석을 실시하였다. 일반적으로 민감도 분석은 불확실한 예측변수에 따른 결과의 변화를 관찰하기 위해 사용한다. 본 연구에서는 재무성 분석결과를 응용하여 보증 기간 5 년과 연계될 때 투자 가치가 있다고 가정하였고, 분석결과를 바탕으로 계층별 적정 보조금 지급 규모를 다음과 같이 Table 6에서 제시하였다.

Table 6에서 보는바와 같이 서울시 미니태양광 지원 사업에 대한 가구별 보조금은 30만원으로 일괄 책정되어 있다. 그렇지만 사회적 형평성을 고려하기 위해서는 월평균 전력량 소비 규모가 서로 다른 가구들이 5년 내에 동일한 경제적 효과를 체감할 수 있는 보

조금 규모가 되어야 한다. 즉, 가구부담금 340,000 원과 정부보조금 300,000원이 전력사용 계층 간에도 동등한 현물가치를 지녀야 한다는 것이다. 이런 의미에서 경제적 가치가 상대적으로 약하게 나타나는 월평균 사용 전력량 101kWh ~ 200kWh 계층에서는 보조금이 498,400원(30만원 + 198,400원)으로 조정되어야 할 것이다. 다음으로 201kWh ~ 300kWh 계층은 447,200원(30만원 + 147,200원)이 적정하며, 301kWh ~ 400kWh 계층은 월평균 428,000원(30만원 + 128,000원)이 보조 되는 것이 필요하다. 그리고 월평균 사용 전력량 401kWh ~ 500kWh 계층은 현재와 동일한 300,000원의 보조금 지원규모를 유지하는 것이 필요하다.

3. 온실가스 감축효과 분석결과

가정에 설치된 미니태양광 패널은 1년에 약 0.286 MWh 규모의 전력을 한 가정에 공급하는 것으로 나타났다. 이것은 가구에서 소비되는 화석연료 기반 전력이 신재생에너지 전력으로 대체되는 효과를 의미하는 것이다. 온실가스 감축효과는 사업추진자 입장에서 서울시가 얻을 수 있는 편익에 해당하는 부분이기도 하다. 결과를 제시하는데 있어서는 CO₂ 절감을 금액으로 환산 할 수 있었지만, t 당 2만원~에서 20만원으로 논란이 많은 부분이기 때문에 감축량만 제시하고자 한다.

온실가스 배출계수는 환경부에서 고시하고 있는 국가전력온실가스배출계수(2008년 기준 CO₂, CH₄, N₂O) 값을 활용하여 감축량을 Table 7와 같이 예측하였다. 연구결과 현재 서울시의 미니태양광 지원 사

Table 7. Result of the Total emission reduction through installing mini solar panel in Seoul

Division	MWh/y	Generated electricity	Emission Coefficient		Global Warming Potential	Emission reduction per year(tCO ₂ eq)	Total emission reduction(tCO ₂ eq)
400 households in Nowongu	0.286 MWh/y	114.4 MWh/y	CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0.468	1	53.5	158.2
			CH ₄ (kgCH ₄ /MWh)	0.005	21	12.5	
			N ₂ O(kgN ₂ O/MWh)	0.003	310	92.2	
8,000 households in Seoul	2,288 MWh/y	2,288 MWh/y	CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0.468	1	1070.8	3,164.8
			CH ₄ (kgCH ₄ /MWh)	0.005	21	249.8	
			N ₂ O(kgN ₂ O/MWh)	0.003	310	1844.1	

업은 1년에 3,323tCO₂eq의 온실가스 감축 효과를 나타내는 것으로 확인되었다. 현재 서울시와 노원구의 미니태양광 지원대상은 올해 8,400 가구로 서울시 전체 아파트 주거가구(약 130 만호)의 0.62 %에 해당하는 규모이다. 이들이 2020년 기준 가정 부문에서 온실가스 감축(37백만tCO₂eq)에 기여할 수 있는 감축량은 전체 대비 약 3,323tCO₂eq/y(0.009%)에 해당하는 수치이다.

V. 요약 및 결론

기후변화와 에너지위기를 직면하고 있는 신재생에너지 정책은 경제적 · 사회적 · 환경적 측면에서 그 어느 때 보다도 중요하게 다루어져야 한다. 하지만 그동안 정부의 녹색성장 관련 정책들은 공급자 입장에서 산업육성을 과도하게 강조하였고, 사업시행을 위한 평가에 대한 논의만 중요하게 고려해 왔다. 학계에서도 마찬가지로 신재생에너지 보급과 관련 된 정책의 수립이 공학적 관점에서 단순히 경제원칙의 논리로 계산되었다. 하지만, 본 연구는 이러한 연구들에서 나아가 우리사회가 지속가능한 성장을 위해서 그동안 소외되어 왔던 에너지 관련 분야 정책이 사회적 형평성 측면에서 함께 논의되어야 의미 있는 결과를 가져올 것이라는 점을 주장하고자 한다. 신재생에너지 부문의 경제성 분석은 산업 또는 공공기관들을 중심으로 다양하게 연구되어 왔다. 하지만 대부분의 연구들이 공학적 배경을 바탕으로 연구되어 에너지 평등이나 사회적 형평성 문제는 결여하고 있다. 이와 같은 논의는 신재생에너지 보급 · 확대를 위해서는 더 이상 간과 할 수 없는 문제이기도 하다. 이런 측면에서 본

연구는 공학적, 경제학적 논리에서 접근하던 기존의 학문적 접근방식에서 나아가 사회적 형평성을 다루고 있다는데 학문적인 의미를 가질 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 서울시에서 신재생에너지 보급 사업으로 추진하고 있는 ‘서울시 미니태양광 지원 사업’의 경제성을 분석하여, 에너지 빈곤과 사회적 형평성의 측면에서 정책적 효과를 기대하기 위한 보조금 지급의 적정규모를 도출하는데 있다. 분석결과 미니태양광 지원 사업은 대체로 현재 전력소비가 많은 계층에 있어서 도입이 될 때 높은 경제성이 있음을 확인하였고, 이에 따라 사회적 형평성 측면에서 전력소비가 낮은 계층에 보조금 지급을 확대해야 한다는 결론을 얻었다. 회수기간(PP) 분석결과를 살펴보면, 현재 월평균 사용 전력량 40kWh ~ 500kWh 규모로 사용하는 가구에 미니태양광이 설치 될 경우 약 5년이면, 투자설비 자금이 회수 가능한 것으로 분석되었고, 월평균 사용 전력량 20kWh ~ 300kWh, 301 kWh ~ 400kWh 소비가구는 약 8년 ~ 9년의 시간이 지나야 경제적인 효과를 보이는 것으로 나타났다. 그리고 10kWh ~ 200kWh 의 소규모 전력을 소비하는 가구의 경우 경제적인 이득을 체감하기 위해서는 약 12년이 지나야 하는 것으로 확인하였다. 이와 같은 결과는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 서울시 미니태양광 지원사업의 일괄적 보조금은 가구별 평균 전력소비량에 따라 차등지급해야 더 나은 정책적 효과를 기대 할 수 있을 것이라는 점이다. 구체적으로 월평균 100kWh대 전력을 사용하는 가구에는 498,400원, 200kWh대 전력을 사용 가구에는 447,200원, 300kWh대 사용 가구 428,000원, 400 kWh대는 현재와 같은 300,000원의 규모로 보조금

지원에 차등을 주는 것이다. 이와 같이 한다면, 향후 신재생에너지 공급측면에서 사회적 형평성을 실현하는 의미 있는 제도적 지원 방안이 될 수도 있을 것이다. 두 번째는 향후 미니태양광 설치가구가 확대되어 연도별 누적효과가 발생한다면, 에너지 전환의 실용적 효과도 기대할 수 있을 것이라는 점이다. 본 연구에서는 환경적 기대효과와 관련하여 온실가스 감축효과를 검증하였다. 그 결과 1년에 8,400가구로부터 약 3,323tCO₂eq/y의 감축효과를 예상할 수 있었다. 미니태양광 지원 사업은 현재 공급 모듈과 인버터를 다양화하고 다양한 사업자 선정을 추가로 진행하여 사업의 효과를 높이기 위한 방안을 강구하고 있다. 만약 이러한 적극적인 정책 추진이 타 지역으로 파급되어 이용자가 늘거나, 수출을 위한 성공적인 비즈니스 모델로 자리 잡는다면 정부 입장에서는 더 큰 온실가스 감축 및 경제적 편익을 얻을 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구는 다음과 같은 연구한계를 밝히고 후속연구에 대한 제안을 하고자 한다. 먼저, 분석과 관련된 주요 변수들의 활용에 있어서 전력요금의 변화, 사회적 할인율, 미니태양광 설치주택의 재건축, 주택의 자가 소유여부, 이사의 가능성, 연료가격상승률, 인플레이션과 같은 변수들은 언제나 변화 가능성이 있는 변수들이다. 이렇게 수치의 사회적·시간적·환경적 변동성을 내포하고 있는 변수의 활용과 시점에 대한 기준을 세우는데 있어서 본 연구에서는 연구자의 자의적 판단을 기준으로 하였다. 그래서 최근 국제유가 가격 하락과 같은 환경적 변화에 대한 동적 효과도 고려하지 않았다는 점을 밝히고자 한다. 따라서 향후 이러한 부분을 추가적으로 고려한 연구방법과 후속연구를 기대하고자 한다. 또 우리나라의 공공요금의 상승과 함께 전기요금 공급단가의 변화가 발생한다면, 경제적 효과 및 재무성 분석 결과가 달라질 수 있기 때문에 다양한 환경적·제도적 변화들이 발생하였을 때를 가정한 비교분석 연구의 필요성을 제안하고자 한다.

인용문헌

고춘수. 2014. SCO 개발사업의 타당성조사 분석 및

- 사례, 유진 기술회보, 21: 293-311
- 강성민, 최봉석, 김승진, 문효동, 이정우, 박년배, 전의찬. 2014. RETScreen을 이용한 가로등의 계통연계형 태양광시스템 적용 효과 분석: 서울시 광진구를 중심으로. 한국기후변화학회지, (51): 1-12.
- 김광원, 서윤규, 홍선화. 2014. 태양광발전시스템이 적용된 그린홈의 경제성 평가에 관한 연구 대구시 달성군 사례를 중심으로. 대한건축학회논문집, 30(5): 221-228.
- 김민준. 2014. 신재생에너지를 적용한 대규모 다중복합건물 냉방시스템의 경제성 분석. 서울과학기술대학교 석사학위논문.
- 김운수, 김정아. 2012. 신재생에너지 공급의무화제도 시행에 따른 서울형 햇빛발전지원제도 도입방안 연구. 서울연구원.
- 김태호, 윤성이. 2012. 시설원예농가의 재생에너지 적용가능성 평가: 지열·태양광의 경제성 분석을 중심으로. 한국유기농업학회지 20(3): 361-374.
- 노원구. 2014. 아파트 베란다 미니태양광 지원사업 안내 공문 <http://www.nowon.kr/dong/sub/notice.jsp?&process=view&idx=36702> [2014. 09. 10].
- 동아닷컴. 2014. 9월 산하 SH공사에 협조공문, 자발적 참여대신 강제사업 변질 우려. <http://news.donga.com/List/Society/3/03/20141023/67374768/1> [2014. 10. 23].
- 박재묵. 2006. 환경정의 개념의 한계와 대안적 개념화. 환경사회학연구, 10(2): 75-114.
- 산업통상자원부. 2014. 2014년 신재생에너지보급(주택지원)사업 지원공고. http://www.motie.go.kr/motie/ui/g_search/search.jsp [2014.02.28].
- 서울특별시. 2012. 에너지 수요절감과 신재생에너지 생산 확대를 통한 원전하나줄이기 종합대책.
- 서울특별시. 2014. 2013년 에너지백서.
- 온실가스종합정보센터. 2011. 2020 저탄소 사회구축을 위한 로드맵.

- 온실가스종합정보센터. 2013. 2013 National GHG Inventory Report.
- 유정숙, 임소영. 2012. 공공요금체계의 소득재분배 효과. 조세연구원.
- 윤경준. 2012. 저탄소 녹색성장 정책 다시보기: 비판적 평가 및 전망. 한국정책학회보. 21(2): 33-59.
- 이의준. 2011. 에너지 및 온실가스 저감량 국제 평가 도구 RETScreen 소개. 대한기계학회지. 51(5): 35-39.
- 이춘근, 임규채. 2009. 타당성조사 수행을 위한 기본연구. 대구경북연구원.
- 임의영. 2003. 사회적 형평성의 개념적 심화를 위한 정의론의 비교연구: Rawls에 대한 Nozick, Walzer, Young의 비판적 논의를 중심으로. 한국사회와 행정연구. 14(2): 47-64.
- 임의영. 2008. 신행정학의 공공성: 사회적 형평성을 중심으로. 사회과학연구. 47(2): 135-166.
- 장영준, 김상용, 신윤석, 김광희. 2014. 공공 건축물 지열에너지설비 적용에 따른 경제성 분석. 한국건축시공학회지. 14(5): 423-432.
- 진상현. 2011. 에너지정의(energy justice)의 개념화를 위한 시론적 연구. 환경사회학연구 ECO. 15(1): 123-154.
- 진상현. 2013. 에너지 효율개선 정책의 효과성: 서울시 저소득 가구의 반등효과 분석. 한국정책과학학회보. 17(4): 55-77.
- 최경식. 2014. 신재생에너지 적용에 따른 화력발전 경제성분석. 「환경영향평가」 23(1): 11-17.
- 한화 63시티. 2014. “아파트 베란다 미니태양광 지원사업 안내서”. <http://blog.63realty.co.kr/618> [2014.04.16].
- 관계부처합동. 2014. 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵. 국무회의의 보고(안).
- Bjorn AS. 2005. The economic and institutional rationale of PV subsidies. Solar Energy. 78(2): 137-146.
- Decanio SJ. 1987. The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments. Energy Policy. 26: 441-454.
- Khazzoom DJ. 1987. Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances. Energy Journal. 8: 85-89.
- Severin B. 2011. Regional and Income Distribution Effects of Alternative Retail Electricity Tariffs. Energy Institute at Haas Working Paper #225. U.C. Berkeley. http://ei.haas.berkeley.edu/pdf/working_papers/WP225.pdf
- Severin B. 2012. “The Redistributive Impact of Non-Linear Electricity Pricing”. American Economic Journal: Economic Policy. 4(3): 56-90.
- Bjorn AS. 2005. The economic and institutional rationale of PV subsidies. Solar Energy. 78(2): 137-146.
- Choi KS. 2014. Analysis of Economical efficiency for renewable energy in Steam Power Plant. Journal of Environmental Impact Assessment. 23(1): 11-17.
- Decanio SJ. 1987. The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments. Energy Policy. 26: 441-454.
- DongA.com. 2014. News Title: Request official documents to SH Corporation in September for their corporation, concerning about the participation of the project is compulsory rather than voluntary. <http://news.donga.com/List/Society/3/03/20141023/67374768/1> [2014.10.23].
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2011. Roadmap for the Development

References

- of Low-Carbon society toward 2020. Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2013. National GHG Inventory Report in 2013.
- Han-Wha 63 City. 2014. Announcement of the subsidy program for mini-solar panel on veranda in Apartment. Brochure.
- Jang YJ, Kim SY, Shin YS, Kim GH. 2014. Economic Analysis of Geothermal Energy Facilities Applied to Public Buildings. *Journal of the Korea institute of building construction*. 14(5): 423-432.
- Jin SH. 2011. A Study on Conceptualization of Energy Justice.(ECO)The Korean Journal of Environmental Sociology. 15(1): 123-154.
- Jin SH. 2013. The Effectiveness of Energy Efficiency Improvement Program: An Analysis of Rebound Effect in Seoul's Low-income Household. *The Korean Journal of Policy Studies*. 17(4): 55-77.
- Kang SM, Choi BS, Kim SJ, Mun HD, Lee JW, Park NB, Jeon EC. 2014. A Study on the Application Effect of Central-Grid PV System at a Street lamp using RETScreen: A Case Study of Gwangjin-gu. *Climate Change Research*. 5(1): 1-12.
- Khazzoom DJ. 1987. Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances. *Energy Journal*. 8: 85-89.
- Kim KW, Seo YK, Hong WH. 2014. A Study on the Economic Evaluation of Green Home Applied Photovoltaic System: Focused on Dalseung-Gun of Daegu City in South-Korea. *Architectural Research*. 30(5): 221-228.
- Kim MJ. 2014. Economic Performance Evaluation of Cooling System Provided in Large Multi-use Buildings Using Renewable Energy. Seoul National University of science and technology. Master's Thesis.
- Kim US, Kim JA. 2012. A Preliminary Study on Introducing Solar Power Generation Supporting System with Mandatory RPS Policies. Seoul Development Institute.
- Kim TH, Yoon SY. 2012. Evaluation of Applicability of Renewable Energy in Controlled Horticulture Farms: Centering on Economic Analysis of Geothermal · Solar Powered. *Korean Association of Organic Agriculture*. 20(3): 361-374.
- Ko CS. 2014. NFeasibility Study of SOC Development Projects, Yooshin Engineering Corporation, 21: 293-311
- Lee EJ. 2011. RETScreen for Renewable Energy Feasibility Analysis Tool. *The Korean Society of Mechanical Engineers*. 51(5): 35-39.
- Lee CK, Lim KC. 2009. Basic Research for Feasibility Analysis. Daegu Gyeongbuk Development Institute.
- Lim EY. 2003. A Comparative Study on the Theories of Justice for the Conceptual Development of Social Equity: Rawls, Nozick, Walzer, and Young. *Korean society and public administration*. 14(2): 47-64.
- Lim EY. 2008. Social Equity of New Public Administration and Publicness. *Journal of Social Sciences*. 47(2): 135-166.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2014. Announcement of the subsidy program for Renewable energy to Home. http://www.motie.go.kr/motie/ui/g_search/search.jsp [2014.02.28].
- Nowon-gu Office. 2014. Announcement of the subsidy program for mini-solar panel on veranda in Apartment. <http://www.nowon>.

- kr/dong/sub/notice.jsp?&process=view&id_x=36702 [2014. 09. 10].
- Park JM. 2006. The Concepts of Environmental Justice: Its Limitations and Alternative Conceptualizations. (ECO)The Korean Journal of Environmental Sociology. 10(2): 75-114.
- Relevant Ministries. 2014. Roadmap for the achievement of National GHG Reduction Targets. Cabinet meeting report.
- Seoul Metropolitan Government. 2012. Comprehensive Plan on ‘One Less Nuclear Power Plant’ Through reducing energy demands and expanding the production of new and renewable energy.
- Seoul Metropolitan Government. 2014. New · Renewable energy White paper.
- Severin Borenstein. 2011. Regional and Income Distribution Effects of Alternative Retail Electricity Tariffs. Energy Institute at Haas Working Paper #225. U.C. Berkeley. http://ei.haas.berkeley.edu/pdf/working_papers/WP225.pdf
- Severin Borenstein. 2012. “The Redistributive Impact of Non-Linear Electricity Pricing”. American Economic Journal: Economic Policy. 4(3): 56-90.
- Yoo JS, Lim SY. 2012. Effects of Public Utility Charge system on Income Redistribution. Korea Institute of Public Finance.
- Yoon KJ. 2012. Low Carbon, Green Growth Policy Review: Critical evaluation and perspective. The Korea Association for Policy Studies. 21(2): 33-59.