

# 시스템다이내믹스를 이용한 신재생에너지 정책 비교에 관한 연구

- 발전차액지원제도와 의무할당제도를 중심으로 -

## A Comparative Study on Renewable Energy Policies using System Dynamics Modelling

- Focusing on Feed-In Tariff(FIT) and Renewable Portfolio Standards(RPS) policies-

이동성\* · 문태훈\*\*

Lee, Dong-Sung · Moon, Tae-Hoon

### Abstract

With increasing concerns on climate change in recent years, interests in renewable energy have been increasing rapidly. Together with this increased interests, debate on policy choice between the FIT and the RPS has been widely spreading out so far without conclusive agreement yet. Under this circumstances, this paper aims to find better policy alternative that could promote renewable energy production more effectively. For this purpose, this study used system dynamics modelling approach to compare the amount of renewable energy produced under the FIT and the RPS policy. Energy model comparing the FIT and the RPS policy was built for analysis. The model simulation result shows that the FIT policy produce about 7.2 times more renewable energy than the RPS on national scale. However, when the model was applied to each region, better policy was different from region to region. FIT was better in some regions while RPS performed better in other regions and in remaining regions, FIT was better but RPS was also acceptable. With this study results, it was argued that to maximize renewable energy production, energy policy need to be customized to each region with consideration of regional characteristics.

키 워 드 · 신재생에너지, 신재생에너지 정책, 신재생에너지 발전량, 발전차액지원제도, 의무공급제도  
Keywords · Renewabel Energy, Renewable Energy Policy, Renewable Energy Generation, FIT, RPS

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

2000년대 이후 지구온난화가 가속화되면서 전 세계적으로 기후변화에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 기후변화에 대한 관심과 함께 석유, 석탄,

천연가스, 원자력 등 기존 전통적 에너지원의 고갈 및 피크오일 문제 등으로 신재생에너지에 대한 중요성이 강조되고 있고, 전 세계적으로 신재생에너지의 공급 비중을 높이려는 노력을 시도하고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 신재생에너지의 성장 비중은 국가별로 상이하다<sup>1)</sup>.

\* Chung-Ang University(baby8803@cau.ac.kr)

\*\* Chung-Ang University(Corresponding author: sapphire@cau.ac.kr)

기존 연구들에서는 이러한 신재생에너지 성장 비중의 차이가 발생하는 중요 원인중의 하나가 신재생에너지의 정책수단 때문이라고 설명한다. 즉, 신재생에너지 확대를 위해 가장 많이 시행하고 있는 발전차액지원제도(FIT, Feed-In Tariff), 신재생에너지 의무할당제도(RPS, Renewable Portfolio Standards) 등 신재생에너지 정책수단에 따라 신재생에너지 공급 확대가 결정된다는 것이다.

하지만 어떠한 정책이 우위에 있다고 종합적인 결론을 내리기는 매우 힘든 상황이다. 일부 학자들은 발전차액지원제도가 정부지원으로 신재생에너지의 수익성과 안전성을 확보할 수 있고, 이를 통해 투자를 이끌어 신재생에너지 발전량 및 중소기업 사업발전에 유리한 사업 환경을 조성할 수 있기 때문에 의무할당제도보다 유리하다고 주장한다(Lipp, 2007; Rickerson et al, 2007; Toke, 2007; Wood et al, 2011; 최인호, 2011). 그러나 이러한 주장과 달리, 의무할당제도가 발전차액지원제도보다 정부의 지원이 필요 없고, 시장경쟁을 유도한다는 점에서 유리하다고 주장하는 학자들도 다수 존재한다(김태은, 2009; 권태형, 2012; 김현제, 2009). 또 한편으로는 두 제도를 병행하는 것이 효과적이라는 연구들도 있다. 최현경(2013)과 안혜영(2010)은 두 정책수단 모두 각각 장단점을 가지고 있어 한 제도를 고집하는 것보다 두 제도를 병행하는 것이 바람직하다고 주장한다.

우리나라의 경우 초기에 발전차액지원제도를 시행하여 기존의 에너지원인 화석원료나 원자력보다 단가가 높은 신재생에너지 투자를 지원해주었고, 이를 통해 신재생에너지 보급과 초기 신재생에너지 시장을 형성하였다. 하지만 최근 급격한 발전소 건설 붐이 발생하면서 예산제약 등 발전차액지원제도의 문제점이 노출되어 2012년부터 의무할당제도로 전환하였다.

현재까지는 발전차액지원제도에서 의무할당제도

로 정책이 변화되면서 발전 설비 용량과 사업자 수의 급격한 증가 등 엄청난 성과를 이뤘다. 하지만 시간이 흐를수록 의무 공급량 설정에 따른 투자 제약이 발생하고 시장 경쟁률 상승으로 인해 발전소가 감소하는 등 여러 문제들이 발생하고 있다. 최현경(2009)에 의하면, 일본의 경우 우리나라와 마찬가지로 2000년대 초, 발전차액지원제도를 폐지하고 의무할당제도를 시행하였다. 의무할당제도 시행 초기에는 태양광 부문(설비용량 기준)에서 세계 1위를 하는 등 엄청난 성과를 거뒀지만 시간이 지날수록 생산량이 하락하는 등 문제가 발생하여 결국 2009년에 발전차액지원제도로의 회귀를 선언하였다. 두 정책간의 우열을 판단하기 힘든 또 다른 이유는 국가별로 발전차액지원제도와 의무할당제도의 내용이 서로 상이하여 일률적으로 특정 정책이 우위에 있다고 하기 힘들기 때문이다. 이러한 상황에서 우리나라에서는 어느 신재생에너지정책이 신재생에너지 확산에 더 유리한지 구체적으로 분석하여 판단할 필요가 있다. 이런 맥락하에 본 연구는 시스템다이내믹스 모델링을 이용하여 발전차액지원제도와 의무할당제도의 신재생에너지 발전량의 추이를 시뮬레이션을 통해 비교해 보고, 두 정책수단을 어떻게 우리나라에 적용시키는 것이 장기적 관점에서 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있는 방법인지 모색해 보고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구의 범위

공간적 범위는 신재생에너지정책은 중앙정부의 정책이기 때문에 전국으로 설정 하였다. 또한 전국을 광역자치단체별로 분류하여 지역별정책분석을 실시하였다.

연구의 시간적 범위는 2008년부터 2022년까지로 설정하였다. 시간적 범위를 2008년부터로 한 것은

데이터의 구득가능성을 고려한 것이고 2022년까지로 한 것은 의무할당제도계획이 2022년까지로 되어 있기 때문이었다. 모델 구축에는 신재생에너지 정책에 따른 신재생에너지 발전량을 비교·분석하기 위해 통계청에서 2008년부터 2012년도까지의 시계열 자료를 이용하였으며, 신재생에너지 고용창출효과 및 경제 성장 정도, CO<sub>2</sub> 배출량 정도를 파악하기 위하여 에너지관리공단에서 2008년부터 2012년도까지의 시계열 자료를 이용하였다. 2013년부터 2022년까지는 시뮬레이션된 데이터를 이용하여 양제도하의 신재생에너지 발전량 추이를 비교하였다.

## 2) 연구의 방법

본 연구의 방법은 먼저, 문헌연구를 통해 신재생에너지 정책인 발전차액지원제도와 의무할당제도의 흐름을 살펴보았다. 즉, 국내·외 선행연구를 바탕으로 두 정책수단이 어떠한 원리에 의해 작동하는지 인과관계를 파악하여 시스템 사고로 분석하고, 이를 통해 현재 신재생에너지 정책의 성과와 문제점을 검토하였다.

두 번째로, 시스템다이내믹스<sup>2)</sup> 모델링을 통해 발전차액지원제도와 의무할당제도 제도하에서의 신재생에너지 발전량을 비교하였다.

세 번째로, 시스템다이내믹스 모델을 이용한 지역별 시뮬레이션을 통하여 지역별로 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있는 최적의 정책을 모색하고 정책적 시사점을 도출하였다.

## 3. 선행연구 검토

발전차액지원제도와 의무할당제도에 대한 선행연구는 앞서 언급한 기존연구 뿐만 아니라 시스템다이내믹스 기법을 이용한 연구도 축적되고 있다.

Nitin R.Joglekar and Eric S. Graber(2008)은 소비자를 위한 태양광 전력 가격이 정부가 지원한

의무할당제도로 인해 영향을 받았는지에 대해 시스템다이내믹스 모델을 이용하였다. 분석결과 평가그리드와 연관 있는 총 가격은 전력 발전과 기반시설 확충, 보조 서비스 등을 포함한다. 태양광 전력의 생산 비용은 시간이 지날수록 감소하였고 건설비용은 생산의 변화로 점점 증가하였다. 또한 Lee-cheng lin and Meng-Ning Cheng(2010)은 시스템다이내믹스 모델을 이용하여 두 정책수단의 신재생에너지 전력 공급 비용과 CO<sub>2</sub> 배출, 환경적 외부비용을 비교 분석하였는데, 시나리오 분석결과 신재생에너지 공급은 전력 생산 비용을 높이는 결과를 가져왔고, 의무할당제(RPS)와 발전차액지원제(FIT)을 비교하였을 때 환경보호 측면에서는 발전차액지원제(FIT)가 더 유리하다고 주장하였다. Alireza Aslani et. al.(2013)은 의무할당제도를 신재생에너지 공급량 및 에너지 의존도에 따라 평가하였다. 분석 결과 2020년까지 핀란드의 에너지 소비 성장은 7%였지만, 에너지 수입은 1%~7%사이였다. 즉, RPS제도를 이용하고 있는 핀란드의 에너지 의존도는 점점 낮아진다는 결과를 도출하였다. 그리고 S. Dindar et. al.(2013)은 의무할당제도로 인해 신재생에너지 투자와 고용 그리고 경제부문에 어떠한 영향을 주는지 시스템다이내믹스를 통해 분석하여 화석연료가 아닌 신재생에너지를 통해 기업을 유지하고, 이를 통해 고용과 국가 경제에 긍정적인 영향을 미친다고 결론을 도출하였다. 이와 마찬가지로 김현실외(2006)는 발전차액지원제도를 통해 신재생에너지가 어느 정도까지 보급될 수 있는지 시스템다이내믹스 모델을 이용하여 분석하였다.

본 연구는 이상 기존연구들과 두가지 점에서 차별성을 갖는다. 우선 시스템다이내믹스 모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 어떠한 정책이 장기적 측면에서 우위에 있는지 비교하였고, 발전차액지원제도와 의무할당제도를 발전량 측면에서 비교하는 것에 한정하지 않고, 지역별 차원에서 신재생에너지 발전

량을 최대화 할 수 있는 정책방안을 모색하였다는 측면에서 기존연구를 보완, 발전시키고 있다.

## II. 신재생에너지 정책내용 비교

### 1. 발전차액지원제도

우리나라에서는 2001년 10월 발전차액지원제도가 도입되었는데, 「신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법」에 따르면, 신재생에너지 투자경제성 확보를 위해 신재생에너지 발전에 의하여 공급한 전기의 전력거래 가격이 지식경제부 장관이 고시한 기준가격보다 낮은 경우, 기준가격과 전력거래와의 차액(발전차액)만큼 지원해주는 제도라고 설명하고 있다.

발전차액지원제도의 장점으로는 정부가 일정기간 동안 가격을 보장해주기 때문에 투자에 대한 불확실성이 낮고, 시장 확대에 유리하다. 특히 이는 중소규모 사업의 발전에 유리하여 넓은 지역에 신재생에너지 전력생산 기업이 분포할 수 있어 지역 제조업 발전을 촉진시킬 수 있다.

하지만 적정 가격 수준을 책정하기 어렵고 가격 수준에 따라 사업자가 민감한 반응을 보인다는 단점을 가지고 있다. 또한 가격 인센티브 제도이기 때문에 정부 재정 부담을 유발하는 문제점을 가지고 있다(권태형, 2012).

### 2. 신재생에너지 의무할당제도

에너지관리공단 신재생에너지센터에 따르면 신재생에너지 의무할당제도는 일정규모 이상의 발전사업자에게 총 발전량 중 일정량 이상을 신재생에너지 전력으로 공급토록 의무화하는 제도이다. 동 제도를 시행하고 있는 국가로는 미국, 영국, 이태리, 스웨덴, 일본 등이 있으며, 우리나라는 2011년 3월

9일 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」을 공포하고 2012년 1월 1일부터 의무할당제도를 시행하였다.

의무할당제도의 장점으로는 신재생에너지 의무공급량을 설정하기 때문에 공급규모를 예측할 수 있고, 시장원리를 적용하기 때문에 비용절감을 유인할 수 있다. 또한 정부가 보조금을 지원하지 않기 때문에 재정부담이 없다.

하지만 단점으로는 발전차액지원제도에 비해 시장가격을 예측할 수 없는 등 리스크가 있기 때문에 PF(project financing)방식의 자금조달이 어렵고, 중소기업의 사업진출은 위축되고 대기업 위주로 참여할 가능성이 높다. 또한 공급비용이 낮은 에너지 선호로 일부 신재생에너지에 편중될 우려가 있고, 공급의무량을 설정해 놓기 때문에 더 발전할 수 있는 에너지원의 경우 제약이 될 수 있다.

## III. 신재생에너지 현황

### 1. 발전차액지원제도의 신재생에너지 현황

#### 1) 정책 현황

우리나라의 경우 2001년부터 2011년까지 발전차액지원제도를 시행하였다. 발전차액지원제도는 가격 인센티브 제도로써 에너지원별 기준가격을 설정하고 기준가격과 시장가격의 차이만큼을 지원해준다. 에너지원별 기준가격은 표1과 같다.

#### 2) 신재생에너지 발전량 현황

발전차액지원제도가 시행된 후 신재생에너지 발전량을 살펴보면 지속적으로 상승하였다. 하지만 신재생에너지 공급비중을 살펴보면 미미하다는 사실을 알 수 있다. 2008년도의 총발전량은 422,355,126MWh 이고 신재생에너지 발전량은 4,227,476MWh이다.

Table 1. FIT base price

Power	Base capacity	Base price(won/kWh)		
		Household use	Business use	
Photovoltaic	Above 3kW	716.40		
Wind	Above 10kW	SMP + CP**	107.66	
Small hydro	Above 3MW	SMP + CP	73.69	
Tidal	Above 50MW	62.81		
Land fill gas	Below 50MW	SMP + CP	~20 MW	65.20
			20-50 MW	61.80
Waste Incineration	Below 20MW	SMP + CP		

\* SMP: System Marginal Price(전력시장가격, 계통한계가격)

\*\* CP: Capacity Payment(일반발전기 용량 요금)

즉, 공급비중은 총발전량의 1.0% 정도로 미미하다. 그리고 2010년도의 경우 신재생에너지 발전량은 5,889,553MWh으로 전년도 대비 71%정도 증가하였지만 공급비중을 살펴보면 총발전량의 1.24%정도로 미미하다.

### 3) 신재생에너지산업 현황

산업통상자원부(2011)에 따르면, 지식경제부는 태양광, 풍력, 바이오, 태양열, 지열, 연료전지 등 6개 신재생에너지원 220여개 제조업체를 전수 조사하였다. 그 결과 2010년을 기준으로 지난 3년간 신재생에너지산업은 기업체수 2.2배, 고용인원 3.6배, 매출액 6.5배, 수출액 5.9배, 민간투자 5배가 증가하였다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 신재생에너지 제조업체 수의 경우 2004년 46개에서 2007년 100개, 2010년 215개로 2004년 대비 4.7배 증가하였고, 2007년 대비 2.2배로 증가하였다. 또한 신재생에너지 고용인원 수를 살펴보면, 2004년에는 826명이었던 반면, 2007년에는 3,691명, 2010년에는 13,380명으로 2004년 대비 16.2배, 2007년 대비 3.6배로 증가하였다. 신재생에너지산업의 매출액은 2004년에는 1,461억 원이었고, 2007년에는 1조2,537억 원,

2010년에는 8조1,282억 원이었다. 이는 2004년 대비 55.7배, 2007년 대비 6.5배의 수치이다. 그리고 수출 현황을 보면, 2004년에는 0.65억불 이었던 것이 2007년에는 7.78억불, 2010년에는 45.8억불로 증가하였고, 2004년 대비 70배, 2007년 대비 5.9배 규모였다. 마지막으로 민간기업의 신재생에너지 R&D 및 공장증설 등에 대한 투자액은 2007년에 7,190억 원에서 2010년 3조 5,580억 원으로 3년간 5배로 증가하였다.

## 2. 의무할당제도하의 신재생에너지 현황

### 1) 정책 현황

우리나라의 경우 2011년 발전차액지원제도를 폐지하고 2012년 1월 1일부터 의무할당제도로 신재생에너지 정책을 전환하였다. 에너지관리공단 신재생에너지센터에 따르면, 설비규모 500MW 이상의 발전사업자인 한국수력원자력, 남동발전, 중부발전, 서부발전, 남부발전, 동서발전, 지역난방공사, 수자원공사, SK E&S, 포스코에너지, GS EPS, MPC 울촌전력 등 13개의 발전회사를 의무공급자로 설정하고 의무공급량을 이행하도록 하고 있다. 연도별 총 의무공급량 수준을 보면, 2012년에는 2%, 2013년에는 2.5% 2014년에는 3% 등으로 점진적으로 의무비율이 높아진다. 또한 태양광의 경우 태양광 산업의 집중육성을 목적으로 태양광 별도 의무량을 설정하였다. 우리나라의 경우 의무공급자는 별도의 의무공급량의 50% 이상을 소규모 발전 사업자로부터 구매하여 충당하여야 한다(산업통상자원부, 2013).

### 2) 신재생에너지 발전량 현황

신재생에너지 발전량은 의무할당제도가 시행된 2012년부터 예측이 가능해졌다. 연도별로 의무공급량이 설정되었기 때문이다. 앞서 언급한대로, 국내 의무할당제도는 13개의 공급의무자를 선정하여 기

준발전량(신재생에너지발전량 제외)에 의무비율을 곱한 양 만큼 신재생에너지로 공급하여야 한다. 발전설비 시설에 경우 의무할당제도가 도입되면서 엄청난 성과를 달성하였다. 정책 시행 1년만에 10년간 건설된 설비 용량의 약 80% 수준의 신규 발전설비가 증설되었다(산업통상자원부, 2013).

### 3) 신재생에너지산업 현황

태양광의 경우 태양광 별도 의무공급량을 설정하여 태양광 산업의 집중육성을 도모하려고 하고 있다. 이와 함께 태양광 공급인증서 판매사업자 선정 제도를 설정하여 소규모 발전사업자들이 태양광 별도 의무공급량 이행지원을 통해 소규모 발전 사업의 활성화를 유도하고 있다. 결과적으로 2011년 하반기 태양광 판매사업자로 448개소가 참여하였던 것이 2013년 하반기에 3,022개소가 참여하는 등 태양광 판매사업 선정 제도의 본 목적인 소규모 사업자 활성화에 어느 정도 그 목적을 달성했다고 할 수 있다. 하지만 이와 함께 경쟁률 또한 높아지고 있다. 즉, 태양광 판매사업에 참여하는 용량이 많아지고 있지만 실제로 선정되는 용량의 증가폭은 적다는 것이다. 2011년 하반기 태양광 판매사업의 경쟁률은 2.7대1이었지만, 2013년 하반기에는 경쟁률이 4.9대1로 증가하였다.

## IV. 신재생에너지 정책 시뮬레이션분석

### 1. 시스템다이내믹스 모델 구축(인과지도)

시스템다이내믹스는 동태적이고 순환적인 인과관계의 시각으로 현상을 이해하고 설명하거나, 이러한 이해에 기초한 컴퓨터모델을 구축하여 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변해나가는지를 컴퓨터상에서 실험해 보는 방법론이자 현상

을 바라보는 시각이며 준거틀이다(문태훈, 2007).

시스템다이내믹스를 이용한 신재생에너지 정책 모델은 태양광, 비태양광, 비신재생에너지 등의 하위시스템으로 구분하고 이들 간의 상호역동적인 관계가 신재생에너지 발전량에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 구축하였다.

기본적으로 신재생에너지는 태양광, 바이오, 풍력, 수력, 연료전지, 해양, 폐기물로 분류한다. 그리고 신재생에너지 정책을 인과지도로 표현하기 위해 태양광 에너지와 비태양광 에너지로 구분하였다.

신재생에너지 정책에 대한 인과지도는 그림1과 같다. 발전차액지원제도에서 기준가격과 전력시장가격의 차이만큼 정부가 지원한다면 이는 신재생에너지 발전 수익으로 나타나고, 신재생에너지에 투자하는 투자자들이 증가하게 된다. 투자자들이 신재생에너지에 투자가 많아지면 신재생에너지의 건설이 증가되고 신재생에너지 발전량은 증가한다. 발전량의 증가는 수요-공급의 법칙에 의해 신재생에너지전력의 시장가격을 떨어뜨린다. 전력시장가격이 떨어지면, 지원 기준가격과의 차이는 더 커져서 정부지원에 의한 수익성이 더 증가한다. 즉, 발전차액지원제도는 양(+)의 피드백루프 형태를 가지고 있어 수익성, 투자, 건설, 발전량을 지속적으로 증가시키는 정책이다(김현실외, 2006)

인과지도를 살펴보면, 의무할당제도는 비태양광 의무공급량과 태양광 의무공급량(별도 의무공급량)으로 나뉜 것을 확인할 수 있다. 신재생에너지 의무공급량의 증가는 신재생에너지 발전량을 의도적으로 증가시키는 효과를 가져온다. 하지만 태양광 의무공급량의 경우 발전량에만 영향을 미치는 것이 아니라 별도 의무공급량이 설정되어 공급의무자가 의무적으로 태양광 발전 사업자와 계약하여 그 사업자로부터 에너지를 구매해야 한다. 이는 태양광 판매 사업자 선정 경쟁률과도 관계가 있다. 별도 의무공급량이 설정되고 일정 비율 이상의 발전량을

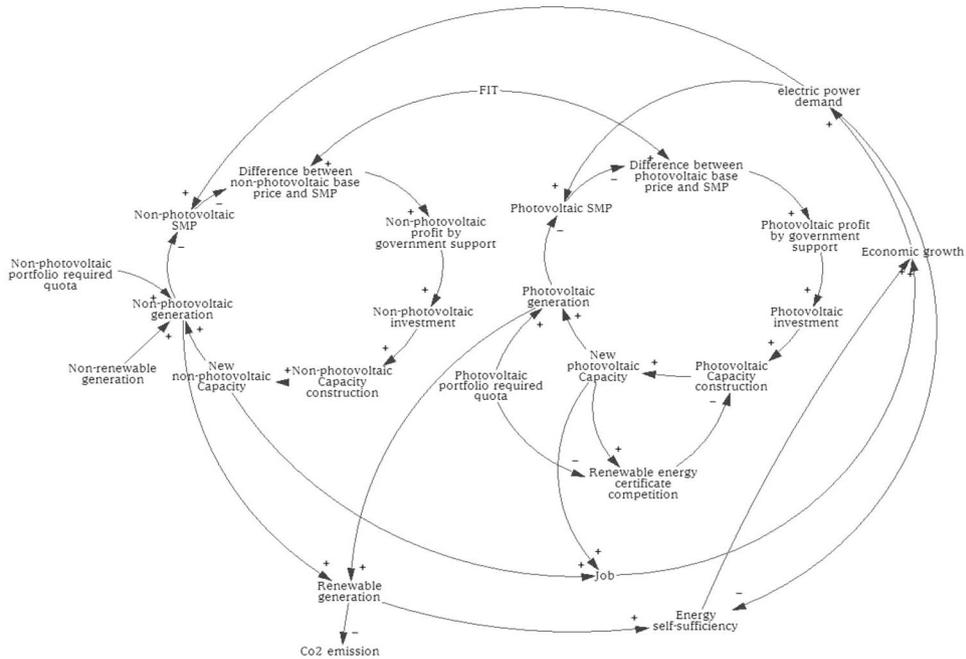


Fig. 1. Renewable energy policies causal loop diagram

소규모판매사업자로부터 구매해야만 하는 제도 때문에 소규모 발전 사업자의 수가 많아진다. 하지만 공급되는 발전량이 구매되는 발전량보다 많아서 모든 발전 사업자가 판매 사업자가 될 수 없다. 즉, 경쟁률이 발생한다. 인과지도에서 보면 별도 의무공급량이 증가한다는 것은 의무공급자가 구매해야 하는 발전량이 증가한다는 것을 의미하고 이는 판매 사업자 경쟁률을 줄이는 효과를 가지고 온다. 판매 사업자 경쟁률의 감소는 소규모 발전 사업자들이 태양광 사업으로 진입할 수 있는 기회를 늘리는 효과를 가지고 있어 태양광과 관련된 발전소의 수가 늘어난다. 하지만 이는 결과적으로 공급되는 발전량 증가를 초래하고 판매사업자 경쟁률을 높이는 현상을 발생시킨다. 현재까지는 실제 태양광 별도 의무공급량보다 별도 의무공급량에 참여하고자 하는 발전 사업자의 수가 더 많고, 이 차이가 점점 증가하고 있어 판매사업자 경쟁률은 지속적으로 상승하고

있는 추세이다. 따라서 태양광 에너지 건설량과 발전량은 경쟁률의 상승과 의무공급량의 제약으로 발전량의 증가는 제한된다. 의무공급량으로 수렴되는 균형루프가 형성되는 것이다. 신재생에너지 정책은 신재생에너지 외적인 부분에서도 중요한 의미를 가지고 있다. 신재생에너지 건설, 즉 신재생에너지 발전소의 증가는 일자리를 창출하고, 이를 통해 경제 성장이라는 효과를 발생시킨다. 그리고 신재생에너지 발전량은 요즘 이슈가 되고 있는 CO<sub>2</sub> 배출량과 밀접한 관계가 있다. CO<sub>2</sub>는 석유, 석탄 등과 같은 1차 에너지를 통해 대부분의 양이 발생된다. 하지만 1차 에너지를 대체할 수 있는 신재생에너지가 증가하면, 1차 에너지의 공급이 줄어들 것이고, 결과적으로 CO<sub>2</sub> 배출을 줄이는 효과를 가지고 온다. 또한 신재생에너지 발전량의 증가는 에너지 자급률(에너지공급/에너지수요)을 높이는 역할을 한다. 에너지 자급률을 높인다는 것은 에너지 수입이 줄어

든다는 것을 말한다. 에너지수입에 대한 지불감소는 경제 성장에 긍정적인 효과를 발생시킨다. 경제 성장은 전력 수요를 높이는 효과를 가지고 있고, 이는 수요-공급의 법칙에 의해 앞서 언급한 신재생에너지 전력시장가격에 영향을 미친다.

인과지도를 전체적으로 살펴보았을 때, 발전차액 지원제도는 신재생에너지에 대한 정부지원으로 투자자를 끌어들이어 신재생에너지 건설량과 발전량을 지속적으로 증가시키고, 외부적으로 지속적으로 긍정적인 효과를 이끌어 낸다. 하지만 의무할당제도의 경우 강제적으로 공급해야 할 발전량을 정부가 설정하는 것이기 때문에 신재생에너지 발전 사업자가 더 많은 발전량을 생산할 능력이 있음에도 정부가 설정한 발전량 만큼만 생산한다(산업통상자원부, 2013). 또한 태양광 판매사업자의 경쟁률이 지속적으로 상승하여 건설량(발전소) 증가 부분에서도 발전차액지원제도와 비교하였을 때 낮아지게 된다. 즉, 의무할당제도의 현재까지 신재생에너지 발전량과 고용창출효과는 기존의 발전차액지원제도가 시행됐을 때보다 나아졌다는 평가가 우세하지만, 인과지도에서 나타난 의무할당제도의 구조적인 측면을 보면 의무공급량을 수렴하는 균형무프를 형성하고 있는 것이어서 의무할당제도 하의 신재생에너지 발전량은 의무공급량으로 수렴될 것이다. 따라서 발전차액지원제도보다 신재생에너지 발전량이 낮아질 가능성이 있음을 보여준다.

이상의 인과지도를 저장-유량다이아그램(Flow-Stock Diagram)으로 변환하여 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 신재생에너지 정책 시스템다이내믹스 모델은 부록1과 같다.

## 2. 모델의 타당성 평가

시스템다이내믹스 모델이 구축되면 시뮬레이션을 통해 모델의 형태를 검증하여야한다. 이때 중요한

부분은 구축한 모델이 준거모드와 같은 형태를 보이는지 여부이다(문태훈, 2007). 본 연구에서는 2008년부터 2012년까지의 신재생에너지 발전량 실제 값과 시뮬레이션 값의 형태를 비교하여 타당성을 검증하였다.

### 1) 실제 값 구축

신재생에너지 정책 모델은 두 정책수단 간의 신재생에너지 발전 효율을 비교하기 위하여 2008년부터 2011년까지는 발전차액지원제도 하에서, 2012년에는 의무할당제도 하에서 발생한 신재생에너지 발전량으로 구축되었다. 하지만 실제 값은 2012년의 경우 의무할당제도 하에서 발생한 신재생에너지와 기존에 발전차액지원제도의 혜택을 받고 있는 사업자가 발생시키는 신재생에너지를 모두 포함한다.<sup>3)</sup> 따라서 2012년 의무할당제도 하에서 발생한 순수 신재생에너지 발전량 값을 구하기 쉽지 않아 환산하는 작업을 시행하였다. 표2는 2012년도를 기준으로 신재생에너지 발전량을 비교한 것이다.

현재 우리나라에서 시행하고 있는 의무할당제도의 의무공급량은 13개의 발전회사만을 대상으로 시행하고 있다. 즉, 비신재생에너지 발전량에 대한 신재생에너지 의무공급 비율 또한 기업이 생산하는

Table 2. Renewable generation comparison

Classification	Energy type	data(MWh)
Total(FIT+RPS)	Non-renewable	613,964,357
	Renewable	19,498,064
	Photovoltaic	1,103,227
	Non-photovoltaic	18,394,837
Corporation (RPS)	Non-renewable	321,013,950
	Renewable	6,420,279
	Photovoltaic	276,000
	Non-photovoltaic	6,144,279
Conversion (1.9 times)	Renewable(RPS)	12,198,530
	Photovoltaic(RPS)	524,400
	Non-photovoltaic (RPS)	11,674,130

발전량만을 대상으로 적용된다. 따라서 기업에서 발생시키는 신재생에너지 발전량을 국가가 발생시키는 신재생에너지 발전량으로 환산한다면 2012년의 의무할당제도 하에서 발생한 신재생에너지 발전량을 구할 수 있다. 이에 따라 발전회사들이 발전시키는 비신재생에너지를 국가 전체가 발전시키는 비신재생에너지 값으로 환산하였다. 분석 결과, 국가 전체가 발전시키는 비신재생에너지는 발전회사들이 발전시키는 비신재생에너지의 1.9배에 해당한다. 따라서 발전회사들이 발전시키는 비신재생에너지 발전량을 국가 단위로 환산하여 신재생에너지 발전량을 구하면 12,198,530MWh가 된다. 이와 마찬가지로 태양광과 비태양광 발전량을 환산하면 각각 524,400MWh, 11,674,130MWh가 된다.

## 2) 타당성 분석

표3은 앞서 구축한 태양광·비태양광 발전량 및 태양광·비태양광·비신재생에너지 설비용량의 실제 데이터 값과 시뮬레이션 값의 행태를 상관분석한 결과다. 분석 결과, 상관계수가 태양광 91%, 나머지 부분은 모두 96-98%인 것을 확인할 수 있어 실제치와 시뮬레이션이 거의 일치한다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Correlation between actual and simulated data

Classification	Correlation coefficient
Photovoltaic capacity	0.98**
Non-photovoltaic capacity	0.96**
Non-renewable capacity	0.98**
Photovoltaic generation	0.91*
Non-photovoltaic generation	0.99**
Renewable generation	0.99**

## 3. 정책수단 간 시뮬레이션 비교분석

타당도 분석을 통해 검증된 모델을 가지고

신재생에너지 정책 비교 분석을 실행하였다. 비교 대상은 본 연구의 목적에 부합하는 태양광·비태양광·전체 신재생에너지 발전량이다.

그림2는 시뮬레이션 결과에 따른 신재생에너지 발전량 추세를 나타낸 것이다. 추세를 통한 분석 결과, 의무할당제도가 시행되는 2012년 시작부터 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량과의 차이는 시작된다. 그리고 이 격차는 의무할당제도 계획 마지막 시점인 2022년까지 점점 더 커진다. 태양광의 경우, 2017년까지는 의무할당제도로 인한 신재생에너지 발전량이 더 많지만, 태양광의 무공급량을 현재 정부에서 2015년부터 2022년까지

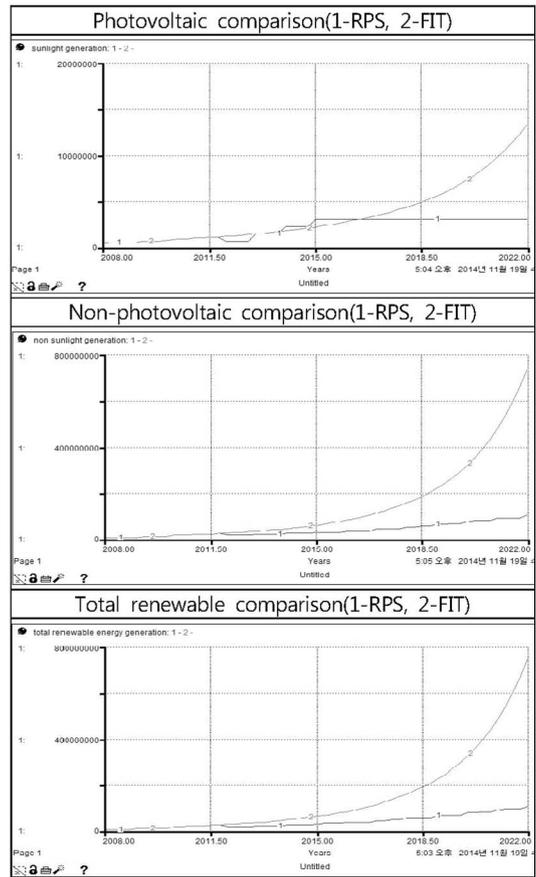


Fig. 2. Electricity generation trend comparison

같은 양으로 공급하도록 계획하였기 때문에 2017년 이후에는 점차 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량이 더 많아지게 되었다.

이러한 결과는 시뮬레이션 결과에 따른 신재생에너지 발전량 수치를 가지고 더 정확히 비교할 수 있다. 모델의 최종 시점인 2022년을 기준으로 봤을 때 태양광 부문의 경우, 의무할당제도로 인한 신재생에너지 발전량은 2,958,300MWh이고 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량은 13,258,642MWh이다. 즉, 발전차액지원제도로 인한 태양광 발전량이 의무할당제도로 인한 태양광 발전량에 비해 4.4배정도 더 많이 생산된다. 이와 마찬가지로 비태양광 부문의 경우, 의무할당제도로 인한 발전량은 100,884,166MWh이고, 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량은 735,491,234MWh이다. 비태양광 부문은 정책수단 간 신재생에너지 발전량이 7.2배정도 차이가 난다. 이는 태양광 부문의 4.4배보다 높은 수치이다. 그리고 신재생에너지 전체를 비교해 봐도 발전차액지원제도가 의무할당제도보다 신재생에너지 발전량을 7.2배정도 더 생산한다는 결과가 나왔다. 발전차액지원제도가 의무할당제도에 비해 신재생에너지 발전량 측면에서 더 유리한 정책이라고 판단할 수 있다.

#### 4. 지역별 시뮬레이션 분석

앞서 국가 전체적으로 보아 어느 정책이 신재생에너지 발전량에서 우위에 있는지를 살펴보았다. 다음으로 지역별 분석을 통해 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있는 방안을 모색해보았다. 지역은 서울, 인천, 경기, 강원, 충청, 영남, 호남, 제주 등 8개의 시·도로 구분하였다. 분석결과, 의무할당제도를 통한 지역별 신재생에너지 발전량 시뮬레이션은 세 가지 타입으로 구분된다. 타입에 대한 구분 및 결과는 표4와 같다.

타입1은 장기적으로 발전차액지원제도보다 의무할당제도가 신재생에너지 발전량 측면에서 우위에 있다고 판단되는 지역이다. 타입1에는 인천과 영남 지방이 포함되는데 이 지역들은 2012년까지 신재생에너지 발전량이 완만한 상태로 증가하다가 2012년 의무할당제도가 도입되고 나서 이전보다 빠른 속도로 증가한다. 인천의 경우 2022년을 기준으로 의무할당제도를 도입 했을 때 신재생에너지 발전량은 발전차액지원제도를 도입 했을 때에 비해 3.5배정도 발전량이 많다. 또한 영남지방의 경우 2022년을 기준으로 발전차액지원제도를 도입 했을 때보다 의무할당제도를 도입 했을 경우에 비해 3.8배 발전량이 많다.

Table 4. electricity generation comparison by policy type(2022 year)

type	Region	RPS simulation (MWh)	FIT simulation (MWh)
type1	Incheon	6,168,198	1,716,434
	Yeongnam	25,840,589	6,733,907
type2	Seoul	1,595,558	2,596,441
	Gyeonggi	61,063,017	173,579,416
	Chungcheong	6,710,025	197,685,977
type3	Kangwon	5,388,643	7,261,168
	Honam	10,668,130	183,353,826
	Jeju	195,214	5,813,828

타입2는 장기적으로 발전차액지원제도가 의무할당제도에 비해 우위에 있다고 판단되는 지역이다. 타입2에는 서울, 경기, 충청 지역이 포함된다. 이 지역들은 2012년까지 발전차액지원제도를 통해 신재생에너지 발전량이 극대화되었다. 하지만 2012년 이후 의무할당제도가 도입되고 나서 신재생에너지 발전량은 급격히 하락하였다. 따라서 분석결과를 보면, 발전차액지원제도가 의무할당제도보다 서울의 경우 1.6배, 경기의 경우 2.8배, 충청의 경우 29.4배 신재생에너지 발전량 측면에서 더 우위에 있다.

타입3은 타입2와 비슷한 시뮬레이션 결과 값을 갖는다. 즉, 발전차액지원제도가 의무할당제도보다 우위에 있다고 판단되는 지역인데, 강원은 경우 1.3배, 호남은 17.1배, 제주의 경우 29.7배에 해당한다. 하지만 이 두 가지 타입에는 차이점이 존재한다. 타입2의 경우는 의무할당제도 하에서 신재생에너지 발전량이 2012년 이후 급격히 하락하여 그 상승폭이 매우 작은 반면, 타입3의 경우는 하락하기는 하나 그 폭이 작고, 그 이후에 발전량이 높은 상승폭으로 증가한다는 차이를 가지고 있다. 즉, 타입3은 발전차액지원제도를 통해서 신재생에너지 발전량 극대화를 구현할 수 있지만, 경우에 따라서는 의무할당제도 또한 신재생에너지 발전량을 증가시킬 수 있는 지역에 해당한다.

분석결과가 세 가지 타입으로 구분되는 이유는 첫째, 지역별 비신재생에너지 발전 비중의 차이 때문이다. 즉, 의무할당제도는 비신재생에너지 비중 중 일정 비율을 신재생에너지로 의무공급 해야 하는 제도이기 때문에 비신재생에너지를 많이 생산하는 지역에서는 의무할당제도를 시행했을 때, 그만큼 많은 양의 신재생에너지를 생산한다. 반면에 비신재생에너지를 적게 생산하는 지역에서는 그 만큼 적은 양의 신재생에너지를 생산한다.

둘째, 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량 차이 때문이다. 발전차액지원제도가 시행된 2011년까지 지역별 신재생에너지 발전량 증가는 상이하다. 즉, 신재생에너지 발전 비중이 높은 지역에서는 의무할당제도를 시행 했을 경우 발전량이 급격히 감소하고, 신재생에너지 발전 비중이 낮은 지역에서는 발전량이 감소하는 폭이 작거나 증가한다.

따라서 타입1의 지역들은 비신재생에너지 발전 비중이 높았고, 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전 비중이 낮기 때문에 2012년 의무할당제도가 시행됨에 따라 더 많은 신재생에너지 발전량을 생산한다. 즉, 타입1의 지역인 인천과 영남 지방

은 의무할당제도를 시행했을 때 발전량 측면에서 보다 유리한 지역이다.

타입2의 지역들은 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전 비중이 높기 때문에 의무할당제도를 시행했을 경우 신재생에너지 발전량이 큰 폭으로 감소한다. 또한 비신재생에너지 발전 비중이 낮기 때문에 떨어지는 폭은 더욱 크고, 의무할당제도로 인한 신재생에너지 발전 효과는 거의 발휘하지 못한다. 따라서 타입2의 지역인 서울, 경기, 충청 지역은 의무할당제도보다 발전차액지원제도가 발전량 측면에서 유리한 지역이다.

타입3의 지역들 역시 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전 비중이 높기 때문에 의무할당제도를 시행했을 경우 신재생에너지 발전량이 큰 폭으로 감소한다. 하지만 비신재생에너지 발전 비중이 높기 때문에 의무할당제도로 인한 신재생에너지 발전 효과는 크다. 타입3의 지역인 강원, 제주, 호남 지방은 타입2와 마찬가지로 의무할당제도보다 발전차액지원제도가 발전량 측면에서 유리한 지역이다. 하지만 발전차액지원제도를 시행하기 위한 예산 확보 등의 문제가 심각하다면, 의무할당제도를 도입하여도 어느 정도 수준까지 계획했던 목표를 달성할 가능성이 있는 지역이다.

## V. 결론 및 제언

분석결과를 종합해보면, 신재생에너지 발전량 측면에서 발전차액지원제도는 의무할당제도보다 태양광부문에서 4.4배, 비태양광부문에서 7.2배정도 우위에 있고, 전체적으로는 7.2배정도 우위에 있었다. 그리고 지역별 분석결과 신재생에너지 정책 효과는 지역별 비신재생에너지 발전량과 기간 시행되었던 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량 실적에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 비신재생에너지 발전량이 많고 발전차액지원제도로

인한 신재생에너지 발전량 실적 미미한 지역의 경우 의무할당제도를 시행하는 것이 신재생에너지 발전량 측면에서 우위에 있다. 반면에 비신재생에너지 발전량이 적고 발전차액지원제도로 인한 신재생에너지 발전량 실적이 높은 지역의 경우 의무할당제도로의 신재생에너지 정책 전환이 아닌 발전차액지원제도를 지속적으로 시행하는 것이 신재생에너지 발전량 측면에서 우위에 있다. 즉, 신재생에너지 정책은 국가 전체를 대상으로 일괄적인 정책이 아닌 지역 간 특성을 고려한 정책이 시행되었을 때 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있다는 결론이 도출되었다.

본 연구의 정책적 시사점은 분석결과를 바탕으로 국가적 접근과 지역적 접근으로 나누어 제시하고자 한다.

국가적 접근으로, 전 세계적으로 신재생에너지 정책수단 간의 우위를 가릴 수 없는 시점에서 우리나라의 경우 2012년 발전차액지원제도에서 의무할당제도로의 전환을 선언하였다. 하지만 본 연구의 분석결과 2022년까지 장기적인 관점으로 판단하였을 때 신재생에너지 발전량 측면에서 의무할당제도보다 발전차액지원제도가 더 우위에 있다는 사실을 도출하였다. 따라서 현재 시행하고 있는 의무할당제도는 발전차액지원제도로 회귀가 필요하다. 하지만 발전차액지원제도로의 회귀는 정부의 예산 부족이라는 문제 때문에 기존에 시행되었던 발전차액지원제도와는 다른 방식으로 도입되어야 한다. 우리나라의 경우 발전차액지원제도 시행 시 전력산업기반기금이라는 정부예산에서 신재생에너지를 지원하였고, 이에 대한 예산 부담이라는 문제에 직면하였다. 하지만 독일과 일본 등 신재생에너지 선도국가들은 예산 부담이라는 문제를 전기가격에 반영시켜 해결하였다. 따라서 우리나라도 독일과 일본의 사례를 면밀히 검토하여 발전차액지원제도로 인한 예산부담을 전기가격에 반영시켜 경감시키는 대책과 함께

운영한다면 신재생에너지 발전을 촉진시키고, 정책을 지속적으로 운영할 수 있을 것이다.

장기적으로 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있는 개선 방안 중 한 가지 방법은 지역적 접근이다. 지역별 분석결과 신재생에너지 발전량측면에서 국가전체의 분석결과와 다르게 발전차액지원제도가 우위에 있는 지역과 의무할당제도가 우위에 있는 지역으로 구분되었다. 즉, 장기적 측면에서 신재생에너지 발전량을 극대화시킬 수 있는 방법으로 중앙정부하의 일괄적인 정책이 아닌 지역 상황이 고려되는 정책이 신재생에너지 분야에서 적용하는 것이 바람직하다. 하지만 우리나라의 경우 의무할당제도가 지역별로 의무공급량이 부여되는 것이 아니라 국가에서 정한 13개의 발전회사를 대상으로 의무공급량이 부여되고 있는 상황이다. 따라서 현재의 상황에서는 지역별 상황이 아닌 각 발전회사의 상황을 고려한 개별적인 정책이 필요하고, 장기적으로는 의무할당제도하에서 지역 수준으로 의무공급량이 부여되는 경우에는 지역별 상황을 고려한 정책이 필요하다.

본 연구의 공헌을 든다면 발전차액지원제도와 의무공급할당량제도 중 어느 정책이 장기적으로 신재생에너지의 생산에 효과적인지를 시뮬레이션을 통해 비교하였다는 점, 그리고 이 두가지 정책이 지역별로 다른 결과를 가져오기 때문에 지역별 특성에 적합한 정책을 적용하는 것이 필요하다는 점을 명시적으로 밝힌데 있다. 연구의 한계로는 데이터의 한계로 비신재생에너지 발전량 및 지역별 고용인원 데이터가 부족하여 신재생에너지의 데이터를 환산하여 사용하였다는 점, 세분화의 한계로 비태양광부분을 바이오, 풍력, 수력, 연료전지, 해양, 폐기물 등으로 세분화하지 않고 비태양광 한부분으로 처리하였다는 점, 그리고 민감도 분석을 광범위하게 실시하지 못하였다는 점 등을 들 수 있다. 또, 양제도의 시행으로 인한 예산제약의 문제를 모델링에서 명시

적으로 고려하지 않았다는 한계도 있다. 그러나 예산 제약이 없는 동등한 상태에서 두 정책이 생산할 수 있는 신재생에너지의 양을 비교하여 어느 정책이 효과적인지를 파악하는 것이 일차적인 목적이었으므로 이 문제는 추후연구에서 보완될 수 있을 것으로 보인다. 예산부문을 추가하고 비태양광부문에 대한 모델 세분화 연구가 이루어진다면 보다 진일보한 연구가 될 것으로 기대된다.

- 주1. 독일의 경우 전체 발전 비중 중 신재생에너지 발전 비중은 2000년부터 2009년까지 총 10.93% 증가하였으며, 동 기간 동안 미국은 1.62%, 영국은 4.36%, 우리나라는 0.35%가 증가하는 등 국가별로 큰 차이를 보였다(김태은, 2011).
- 주2. 시스템다이내믹스의 개념 및 유용성은 문태훈(2007), 김도훈·문태훈·김동환(1999) 참조
- 주3. 「신재생에너지이용 발전전력의 기준가격 지침」 제 12조 제1항에 따르면, FIT 적용기간은 사업자 등록을 기준으로 총 15년(태양광 전원은 20년)이다.

인용문헌

References

1. 권태형, 2012. “신재생에너지 시장 확대를 위한 정책수단의 비교: 거래비용을 중심으로”, 「정부학연구」, 18(1): 217-239.  
Kwon, T. H., 2012. “Comparative analysis of policy instruments to support renewable energy market: focusing on transaction costs,” *Journal of Governmental Studies*, 18(1): 217-239.
2. 김도훈·문태훈·김동환, 1999. 「시스템다이내믹스」. 서울: 대영문화사.  
Kim, D. H., Moon, T. H. and Kim, D. H., 1999. *Systemdynamics*, Seoul: Daeyoung.
3. 김태은, 2011. “신재생에너지 성장의 영향요인 연구: FIT와 RPS의 효과성 검증을 중심으로”, 「한국행정학보」, 45(3): 305-333.  
Kim, T. E., 2011. “Determinants of new renewable energy growth: empirical testing of

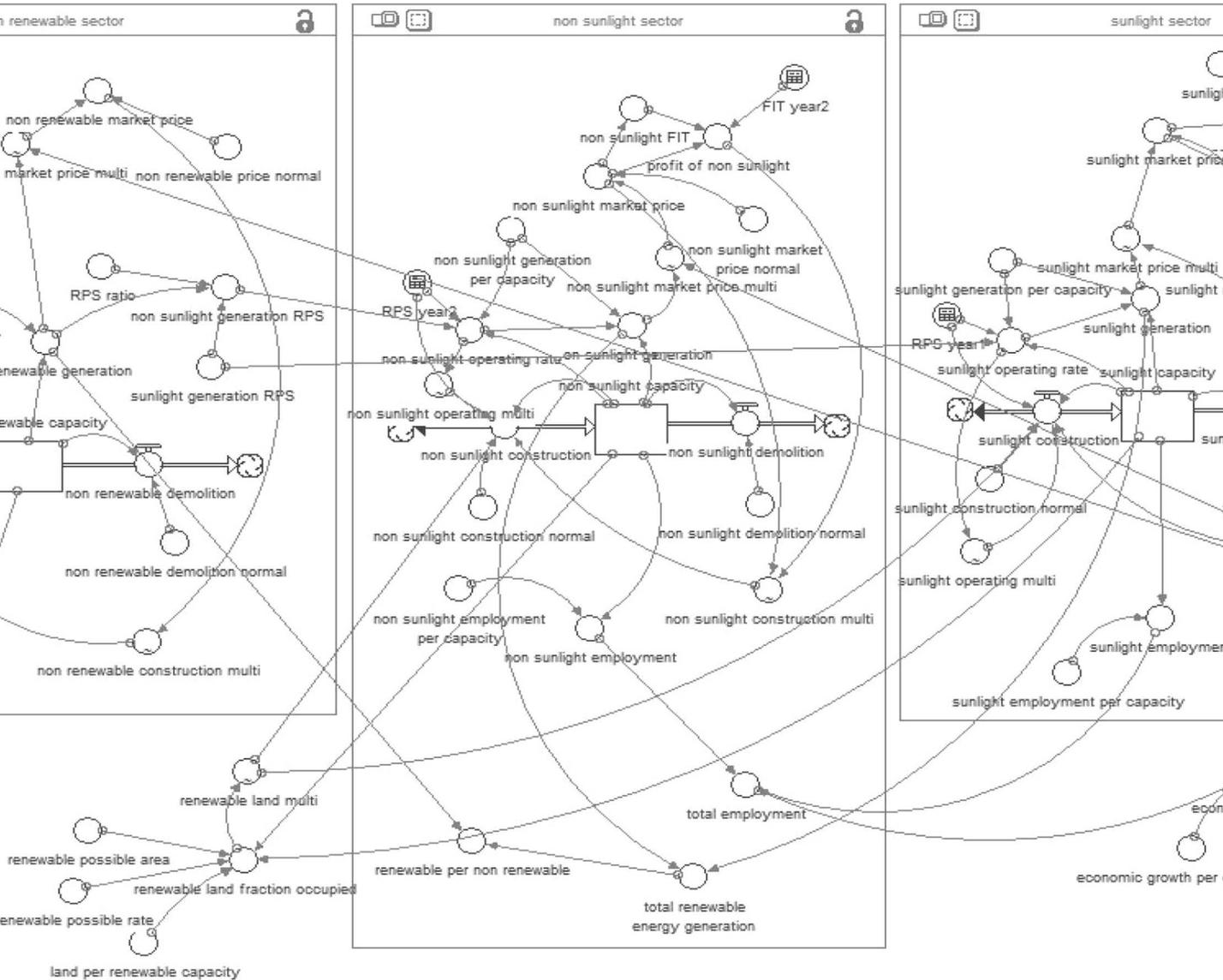
the effectiveness of Feed-in Tariff and Renewable Portfolio Standard policy,” *Korean Public Administration Review*, 45(3): 305-333.

4. 김현실·고경호·안남성·조병욱, 2006. “신재생에너지 보급량 예측을 위한 시스템다이내믹스 모델 개발”, 「한국 시스템다이내믹스 연구」, 7(2): 35-56.  
Kim, H. S., Ko, G. H., Ahn, N. S. and Cho, B. O., 2006. “The system dynamics model development for forecasting the capacity of renewables,” *Korean System Dynamics Society*, 7(2): 35-56.
5. 김현제·김윤경, 2009. “신재생에너지 보급 지원정책으로서의 신재생에너지의무할당제도와 발전차액지원제도의 비교 연구”, 「한국지구시스템공학회지」, 46(5):625-634.  
Kim, H. J. and Kim, Y. K., 2012. “Comparison between Renewable Portfolio Standard and Feed-In Tariffs as support mechanisms for renewable energy,” *Journal of the Korean Institute of Mineral and Energy Resources Engineers*, 46(5): 625-634.
6. 문태훈, 2007. 「시스템사고로 본 지속가능한 도시」, 서울: 집문당.  
Moon, T. H., 2012. *The sustainable city with systems thinking*, Seoul: Jipmoondang.
7. 안혜영, 2010. 「2012년 RPS제도 도입이 국내 태양광 발전 사업에 미치는 영향」, 서울: 하나금융연구소.  
Ahn, H. Y., 2013, *Effect of RPS introduction on domestic Photovoltaic generation business*, Seoul: Daeyoung.
8. 소진영, 2011. 「신재생에너지 지역별 지원정책 개선방안 연구」, 의왕: 에너지경제연구원.  
So, J. Y., 2011, *Study on improvement of regional renewable energy supporting policy*, Uiwang: Energy economics institute.
9. 이민석, 2012. 「FIT와 RPS제도 비교와 시사점」, 서울: 산은경제연구소.  
Lee M. S., 2012, *A comparative study on FIT and RPS*, Seoul: KDB research institute.

10. 진상현,황인창, 2011. “신재생에너지 보급정책의 지역별, 에너지원별 성과분석”, 「한국지역개발학회지」, 23(1): 15-32.  
Jin, S. H. and Hwang, I. C., 2011. “An analysis on policy performance of new renewable energy dissemination by region and by energy sources,” *Journal of the Korean regional development association*, 23(1): 15-32.
11. 최현경, 2013. 「신재생에너지 의무할당제도와 발전차액지원제도의 비교와 시사점」, 서울: 산업연구원.  
Choe, H. K., 2013, *A comparative study on Feed-In Tariff and Renewable Portfolio Standards*, Seoul: Korea institute for industrial economics and trade.
12. Alireza Aslani, Petri Helo and Marja Naaranoja, 2013. “role of renewable energy policise in energy dependency in filand: system dynamics approach”, *Energy*, 2014(113), 758-765.
13. Ching-Wen Hsu, 2012. “Using a system dynamics model to assess the effects of capital subsidies and feed-in tariffs on solar PV installations“, *Energy*, 100: 205-217.
14. Nitin R.joglekar and Eric S. Graber, 2008. “A countdown towards solar power at grid parity: policy analysis based on the evolution of price-performance”, *Proceeding of 2008 ISDSI international conference*: 1-18.
15. Lee-cheng lin and Meng-Ning Cheng, 2010. evaluation using system dynamics for renewable energy mechanism effect on electricity sector, Taiwan: Industrial Technology Research Institute.
16. Lipp,J, 2007. “Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom”, *Energy policy*, 35(11): 5481-5495.
17. Rickerson.W.H, San,J.L and Grace R.C, 2007. “If the shoe FITs: Using Feed-in tariffs to meet U.S. renewable electricity targets”, *The electricity Journal*, 20(4):73-86.
18. S.dindar, M.A.Forghani, M.Rashidinejad and M.Hasano Marzooni, 2013. “A dynamic system modeling for factors affecting studding of renewable energies as an entrepreneurial opportunity in iran”, *Issue16*, 5(3): 73-79.
19. Toke. D, 2007. “Renewable financial support systems and cost-effectiveness”, *Journal of claener production*, 15: 280-287.
20. Wood.G. and Dowm.S, 2011. “What lessons have been learned in reforming the renewable obligation? An analysis of internal and external in UK renewable energy policy”, *Energy policy*, 39(5): 2228-2244.

Date Received 2015-04-27  
 Date Reviewed 2015-06-22  
 Date Accepted 2015-06-22  
 Date Revised 2015-08-27  
 Final Received 2015-08-27

## 시스템다이내믹스를 이용한 신재생에너지 정책 비교에 관한 연구



Appendix 1. Renewable energy policies Stock/Flow diagram