



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

RETScreen을 이용한 신재생에너지  
의무할당제도(RPS) 활성화 연구

-바이오매스발전을 중심으로-

A study on the activation of Renewable Portfolio  
Standard with RETScreen software  
-Focusing on Biomass power plant-

2017년 8월

세종대학교 대학원  
기후변화협동과정  
나 겜 재

RETScreen을 이용한 신재생에너지  
의무할당제도(RPS) 활성화 연구

-바이오매스발전을 중심으로-

A study on the activation of Renewable Portfolio  
Standard with RETScreen software  
-Focusing on Biomass power plant-

지도교수 전 의 찬

이 논문을 정책학 석사학위논문으로 제출함

2017년 8월

세종대학교 대학원

기후변화협동과정

나 겜 재

나겸재의 석사학위논문을 인준함

2017년 8월

심사위원장               김    철            (인)

심사위원               김 하 나            (인)

심사위원               전 의 찬            (인)

## 국문초록

정부의 탈석탄화력, 탈원전 정책 추진에 따라 발생하는 국내 전력 시장의 공백은 태양광, 풍력, 바이오에너지 그리고 연료전지 등의 신재생에너지 육성을 통해 보완될 것으로 판단된다.

특히 국내외 신재생에너지 발전에서 큰 비중을 차지하고 있는 바이오 및 폐기물 에너지에 대한 의존도는 더 높아질 것으로 판단되며, 해외 바이오매스 연료 의존도가 높은 국내 바이오매스발전 시장에서의 국내 바이오에너지 연료 활성화 방안에 대한 마련이 필요하다.

본 연구에서는 국내 바이오매스 연료 시장의 활성화를 위해 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치에 대한 차별화 정책 도입을 제안하였다. 이를 위해 RETScreen 모형을 이용 국내외 바이오매스 연료가격의 차이에 따른 경제성을 분석하였으며, REC 가중치를 변화시켜 유사한 경제적 효과를 가지는 범위를 산정하였다.

국내 바이오매스 연료가격이 282,500원/ton일 때 발전사업의 순현재가치(NPV)는 (-) 1,791억원으로 분석되었으며, 공급인증서 가중치를 1.5에서 2.8까지 변경하면 해외 연료가격 115,410원/ton 일 때와 비슷한 발전사업 순현재가치(NPV) 수준까지 상승하는 것으로 분석되었다.

최근 에너지저장장치(ESS)와 풍력, 태양광 발전시설을 융합하여 설치하고, 특정 조건을 만족하는 경우 높은 REC 가중치를 부여하고 있다.

이와 비슷하게 국내 바이오매스 연료 시장의 활성화를 위해 연료 원산지, 품질 등급, 연료 이력 등에 따라 REC 가중치를 차별화하는 정책이 마련된다면 국내 바이오매스 연료 시장이 활성화 될 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어 : 바이오매스발전, 신재생에너지 의무화제도(RPS), 신재생에너지 공급인증서(REC), RETScreen**

# 목 차

제1장 서론 .....	1
1.1 연구 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구 방법 .....	3
제2장 이론적 고찰 .....	4
2.1 바이오에너지 .....	4
2.2 신재생에너지 보급정책 .....	17
2.3 바이오에너지 평가 모형 .....	25
2.4 선행연구고찰 .....	29
제3장 연구 방법 .....	31
3.1 RETScreen 모형 분석 체계 .....	31
3.2 RETScreen 에너지모델 입력 .....	32
3.3 RETScreen 비용분석 입력 .....	34
제4장 결과 및 고찰 .....	38
4.1 바이오매스 원산지별 경제성 분석 .....	38
4.2 공급인증서 가중치 변화와 경제성 분석 .....	40
4.3 국내 바이오매스 발전의 적정 REC .....	41
제5장 결론 .....	42
5.1 연구 요약 .....	42
5.2 연구 의의 및 한계 .....	44
참고문헌 .....	45
Abstract .....	48

## 표목차

<표 1> 바이오에너지 전환기술의 종류 .....	5
<표 2> 산업통상자원부 바이오에너지 기준 및 범위 .....	7
<표 3> 「자원의 절약 및 재활용촉진에 관한 법률」의 SRF와 Bio-SRF 정의 .....	8
<표 4> 신재생에너지 의무할당제도 내 바이오 및 폐기물에너지 인정범위 .....	9
<표 5> EU 바이오에너지 기준 및 범주 .....	10
<표 6> IEA 재생에너지 분류 .....	11
<표 7> RPS제도 연도별 의무공급량 비율 .....	18
<표 8> 공급인증서 발급대상 설비 기준 .....	19
<표 9> FIT제도와 RPS제도 비교 .....	20
<표 10> 일본 바이오매스 FIT 기준 .....	21
<표 11> 영국의 바이오에너지 RPS 가중치 기준 .....	22
<표 12> 미국의 주별 RPS 제도 .....	24
<표 13> Access Energy Simulation and Software Tools of NRCAN .....	26
<표 14> Access Renewable Energy Web Tools of NRCAN .....	26
<표 15> OO화력발전소 바이오매스 발전시설 개요 .....	33
<표 16> 목질계 바이오에너지 가격 현황 .....	34
<표 17> 발전자회사 바이오매스 별 열량단가 비교 .....	35
<표 18> RETScreen 비용분석 입력자료 개요 .....	37
<표 19> 국내 바이오매스 사용 시 경제성 분석 .....	38
<표 20> 해외 바이오매스 사용 시 경제성 분석 .....	39
<표 21> 공급인증서 가중치 변경에 따른 경제성 분석 .....	40
<표 22> REC 가중치 조정 후 REC 단가 비교 .....	41

## 그림목차

<그림 1> 연구 흐름도 .....	3
<그림 2> 바이오에너지 변환 시스템 .....	12
<그림 3> 2014년 세계 1차 에너지 믹스 .....	13
<그림 4> 2014년 세계 신재생에너지 발전 믹스 .....	14
<그림 5> 2015년 국내 1차 에너지 중 신재생에너지 믹스 .....	15
<그림 6> 2015년 국내 신재생에너지 발전 믹스 .....	16
<그림 7> RETScreen Expert Model Flow Chart .....	27
<그림 8> RETScreen 분석 체계 .....	31



# 제 1장 서론

## 1. 1 연구 배경 및 목적

신정부 출범 이후 미세먼지에 의한 환경오염을 해결하기 위해 석탄화력발전 축소 정책을 시행하고 있으며, 일본 후쿠시마 원전 사고와 경주지역 지진 발생 이후 한전성 문제를 고려하여 탈원전 정책을 추진하고 있다.

탈석탄화력, 탈원전 정책 추진에 따른 에너지 공백은 신재생에너지 활성화를 통해 보완할 수밖에 없으며, 이에 2030년까지 신재생에너지 발전 비율을 20%로 확대하겠다는 정부 정책에 따라 국내 전력시장에서 신재생에너지가 차지하는 비중을 더욱 높아질 것으로 예상된다.

국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 World Energy Outlook(2016)에 따르면 2014년도 전 세계 1차 에너지 공급량은 약 13,700 MTOE로 이중 석탄, 석유, 천연가스과 같은 화석연료가 차지하는 비중은 전체 에너지 공급량의 85%에 육박한다고 보고하고 있으며, IEA의 CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion(2016)에 따르면 2014년도 전 세계 온실가스 배출량은 약 32.4 GtCO<sub>2</sub> 수준이라 보고하고 있다.

세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)와 국제연합 환경계획(The United Nations Environmental Programme, UNEP)로부터 이산화탄소가 지구온난화의 가장 큰 원인으로 지정한 이후 화석연료 사용 증가에 따른 온실가스 증가가 기후변화를 초래하고, 다양한 환경적 문제를 발생시키고 있다는 점에 인식을 같이하고 있다. 또한 점진적으로 화석연료의 사용을 줄이고 신재생에너지 사용을 증가시킴으로써 기후변화의 주요 원인인 온실가스 배출을 저감하고자 하고 있다.

주요 온실가스 배출국인 중국과 미국은 2014년과 2015년 정상회담을 통해 온실가스 감축에 대해 합의하였다. 온실가스 감축을 위한 방안으로 풍력, 태양광 등 신재생에너지 사업 도입과 온실가스 저감 기술 적용 등을 기반으로 온실가스를 감축하는 실행방안 마련을 하고 있다.

우리나라 역시 온실가스 배출을 저감시키는 신·재생에너지원에 대하여 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법’ 제 2조에서 신에너지(수소에너지, 연료전지, 석탄 액화·가스화 에너지)와 재생에너지(태양에너지, 풍력, 지열에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지, 수력, 해양에너지)로 구분하여 정의하고 있다.

우리나라의 1차 에너지 생산량 중 신재생에너지 생산량 비중은 2014년 약 4.1%에서 2015년 약 4.6%로 증가하였으며, 신재생에너지원 중 바이오매스와 폐기물이 차지하는 비중은 2015년 신재생에너지 생산량 중에서 약 84.3%를 차지하고 있다(산업통상자원부 신재생에너지 보급통계, 2016).

이처럼 신재생에너지 생산량 비중의 증가, 특히 바이오매스발전 사업이 차지하는 비중이 높은 이유는 신재생에너지 의무할당제도(Renewable Energy Portfolio Standard, RPS)<sup>1)</sup>를 시행함에 따라 매년 증가하는 신재생에너지 의무 기준을 충족하기 위한 것으로 파악된다. 바이오매스발전 사업은 태양광, 풍력 발전보다 단기적으로 성과를 달성하기 쉬운 것으로 판단되며, 국내 주요 발전사는 바이오매스 혼소 및 전소 발전을 신재생에너지 의무할당제도 목표 달성에 활용하고 있다.

바이오매스발전 비중이 높아짐에 따라 국내외 바이오매스 소비가 증가하게 되었고, 저렴한 가격으로 공급이 가능한 해외 바이오매스 의존성은 더욱 높아지게 되었다.

본 연구에서는 해외 바이오매스 의존적인 시장구조를 탈피하여 국내 바이오매스 연료 시장이 활성화 될 수 있는 신재생에너지 공급인증서 가중치에 대해 연구하고자 한다. 바이오매스발전 사업에 사용되는 연료의 원산지에 따라 공급인증서 가중치를 달리함으로써 국내 바이오매스 연료 시장의 활성화를 이룰 수 있는 적정 가중치에 대한 민감도 분석을 수행하며, 신재생에너지 타당성 분석 모델인 RETScreen 모형을 이용하였다.

---

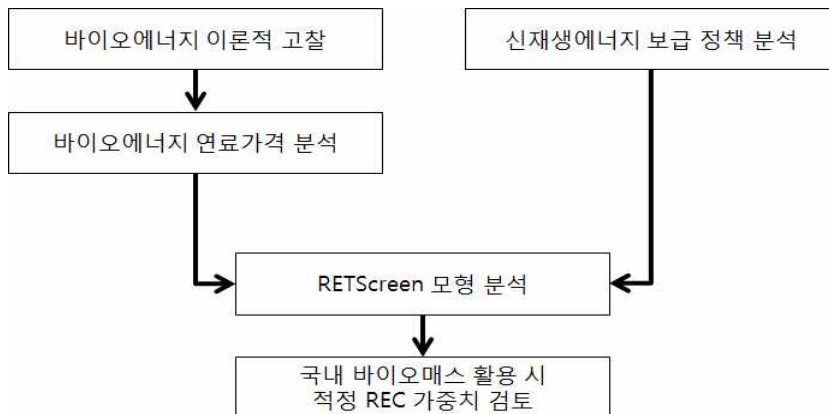
1)신재생에너지 의무화제도(Renewable Energy Portfolio Standard, RPS)는 발전사업자에게 총발전량에서 일정 비율을 신재생에너지로 공급하도록 의무화하는 제도를 말한다. 이는 신재생에너지의 보급 확대를 위한 것으로, 국내에서는 2012년 1월 1일부터 시행되고 있다.

## 1. 2 연구 방법

본 연구에서는 바이오매스를 활용한 국내 발전사업의 현황을 검토하고, 국내 신재생에너지 의무할당제도 하에서 해외 바이오매스에 의존하고 있는 문제점에 대한 해결 방안을 알아보려고 한다.

국내 바이오매스와 해외 바이오매스 사용 시 연료 가격에 따른 경제적 효과의 차이는 신재생에너지 타당성 분석 모델인 RETScreen<sup>2)</sup> 모형을 활용하여 도출하며, 바이오매스 원산지별 사업 타당성 차이를 상쇄시킬 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, REC) 가중치에 따라 경제적 효과 변화를 검토하는 민감도 분석을 수행한다.

민감도 분석을 통해 국내 바이오매스 활성화를 위한 공급인증서 가중치를 검토 제시하며, RETScreen 모형을 구동하기 위한 기본가정으로 국내에서 바이오매스 전소 발전을 최초 적용한 동서발전의 동해화력발전소 발전용량 30MW를 기준으로 투자비, 발전수익 등 재무모형 인자를 고려한다.



<그림 1> 연구 흐름도

2) RETScreen Clean Energy Management Software는 캐나다 정부가 개발한 무료 청정에너지 소프트웨어 패키지로서, RETScreen Version 4와 RETScreen Plus가 포함되며, 최근 Expert 버전을 제공하고 있다.

## 제 2장 이론적 고찰

### 2. 1 바이오에너지

#### 2. 1. 1 바이오에너지 정의

바이오매스란 태양으로부터 에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함한 생물 유기체를 의미한다(신재생에너지센터, 2017). 바이오매스는 생물량이라는 용어에서 현재는 에너지화 할 수 있는 생물체량이라는 의미로 사용되고 있으며, 생태계 순환과정 중에 관련된 모든 ‘유기체’를 일컬어 바이오매스라 지칭하고 있고 이중 식물자원이 가장 많은 부분을 차지하고 있다(한국농촌경제연구원, 2006).

이에 반해 폐기물이란 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물 중에서 에너지 함량이 높은 물질들로 열분해, 성형, 가스화 등의 폐기물에너지 기술을 통해 고체, 액체, 기체 상태의 연료를 생산할 수 있는 물질을 말한다(신재생에너지센터, 2017).

바이오매스는 직접 또는 다양한 형태의 에너지원으로 변화시켜 사용이 가능하며, 바이오매스로부터 유래한 모든 에너지원을 통틀어 바이오에너지라고 하고 있다(한국농촌경제연구원, 2006).

바이오매스를 바이오에너지로 전환하는 기술은 크게 물리학적, 열화학적, 생물화학적 변환기술로 분류할 수 있으며, 이러한 기술을 활용하여 바이오매스를 고체, 액체, 기체 바이오에너지로 전환시킬 수 있다(김진오, 2013).

<표 1> 바이오에너지 전환기술의 종류

기술		원료	제조물
물리적 변환	고체연료화	목질계, 초본계 등	칩, 펠릿 등
	직접연소 (전소/혼소)	목질계, 초본계, 왕겨, 하수오니, 식품폐기물 등	열, 전기
열화학적 변환	고체 연료 화	① 탄화	고체연료, 바이오코코스
		② 반탄화	
		③ 수열탄화	
	가스화 (전력, 열 이용)	목질계, 초본계, 하수오니 등	합성가스, 열, 전기
	수열가스화	목질계, 초본계 등	합성가스, 열, 전기
	가스화, 액체연료 제조 (BTL)	목질계, 초본계 등	액체연료(메탄올 등)
	액체연료제조 (에스테르화)	폐식용유, 유지작물	바이오디젤
	급속열분해액화	목질계, 초본계 등	액체연료
	수열액화	목질계, 초본계 등	액체연료
	수소화분해	유지종자(자트로파 등)	경질탄화수소연료(경유 등)
생물 화학적 변환	메탄발효 (습식/건식)	하수오니, 축산분뇨, 식품폐기물 등	바이오가스, 열, 전기
	수소발효	식품폐기물 등	바이오가스, 열, 전기
	당질, 전분질계 발효 (제1세대)	규격외 농산물, 식품폐기물	바이오에탄올
	셀룰로오스계 발효 (제2세대)	셀룰로오스	바이오에탄올
	부탄올발효	당질, 전분질계, 초본계 등	바이오부탄올

(출처 : 바이오에너지 기준 및 범위 설정에 관한 연구, 2013)

## 2. 1. 2 바이오에너지 분류 기준

### 가. 국내 분류 기준

바이오에너지에 관련한 법률은 산업통상자원부의 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 외 환경부의 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」, 산림청의 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 등 바이오에너지 원료물질의 수집, 처리 및 이용과 관련하여 다양한 기준이 마련되어 있다.

#### 1) 산업통상자원부 분류 기준

산업통상자원부의 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령」 제2조에서는 바이오에너지 등의 기준 및 범위가 명시되어 있다. 분류는 아래 <표2>에서처럼 바이오에너지와 폐기물에너지로 구분하고 있다.

바이오에너지는 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지를 의미한다.

폐기물에너지는 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지와 폐기물의 소각열을 변환시킨 에너지로 정의하고 있다.

#### 2) 환경부 분류 기준

환경부는 「자원의 절약 및 재활용촉진에 관한 법률」 제2조 및 동법 시행규칙 제2조의 [별표1]에서 바이오 고형연료제품과 일반 고형연료제품을 구분하여 정의하고 있다.

아래 <표3>과 같이 폐지류, 농업폐기물, 폐목재류 등의 바이오 고형연료제품과 생활폐기물, 폐합성수지류, 폐고무류 등의 일반 고형연료제품으로 구분하고 있다.

<표 2> 산업통상자원부 바이오에너지 기준 및 범위

구분	기준 및 범위	
바이오 에너지	기준	1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만 을 바이오에너지로 본다.
	범위	1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오 액화유 및 합성가스 2) 쓰레기매립장의 유기성 폐기물을 변환시킨 매립지가스 3) 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 4) 생물유기체를 변환시킨 짚, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료
폐기물 에너지	기준	1) 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 3) 폐기물의 소각열을 변환시킨 에너지 ※ 1)부터 3)까지의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제 품 등과 혼합되는 경우에는 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물로부터 생산된 부분만을 폐기물에너지로 본다.

(출처: 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령 [별표 1], 2015)

<표 3> 「자원의 절약 및 재활용촉진에 관한 법률」의 SRF와 Bio-SRF 정의

구분	정의
바이오 고형 연료 제품 (Bio-SRF)	<p>「폐기물관리법」 제2조 제4호의 지정폐기물이 아닌 다음의 가연성 고형폐기물을 사용(다음의 폐기물을 서로 혼합하는 경우를 포함한다)하여 제조한 것을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 폐지류</li> <li>2) 농업폐기물(왕겨, 쌀겨, 옥수수대 등 농작물의 부산물을 말한다)</li> <li>3) 폐목재류(폐가구류 및 제재부산물을 포함, 철도용으로 사용된 받침목과 전신주로 사용된 것은 제외한다)</li> <li>4) 식물성잔재물(땅콩껍질, 호두껍질, 팜껍질, 코코넛껍질, 굴껍질 등을 말하며, 음식물류폐기물은 제외한다)</li> <li>5) 초분류 폐기물</li> <li>6) 그 밖에 에너지로 사용이 가능하다고 환경부장관이 인정하여 고시하는 바이오매스 폐기물</li> </ol>
일반 고형 연료 제품 (SRF)	<p>「폐기물관리법」 제2조 제4호의 지정폐기물이 아닌 다음의 가연성 고형폐기물을 사용(다음의 폐기물을 서로 혼합하거나 다음의 폐기물과 나목의 바이오 고형연료제품 제조에 사용되는 폐기물을 혼합하여 사용하는 경우를 포함한다)하여 제조한 것을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 생활폐기물(음식물류폐기물은 제외한다)</li> <li>2) 폐합성수지류(자동차 파쇄잔재물(ASR)은 제외한다)</li> <li>3) 폐합성섬유류</li> <li>4) 폐고무류(합성고무류를 포함한다)</li> <li>5) 폐타이어</li> <li>6) 그 밖에 에너지로 사용이 가능하다고 환경부장관이 인정하여 고시하는 가연성 고형폐기물</li> </ol>

(출처: 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 [별표 1], 2017)



### 3) 신재생에너지 의무할당제도 내 분류 기준

부처별 바이오에너지와 폐기물 기준이 상이하여 신재생에너지 의무할당제도(RPS)를 시행하는 경우 혼란이 예상되어 관련된 법령 등의 정의를 바탕으로 바이오 및 폐기물에너지에 대한 정의를 신설하였다(2015년 10월 23일 운영규칙 개정).

신설된 운영규칙에서는 바이오에너지 및 폐기물의 범위를 폐기물관리법, 자원재활용촉진법, 산림조성관리법 등 개별법령을 준수하여 적법하게 제조·유통하였을 경우 신재생에너지 의무할당제도(RPS)에서 바이오에너지 연료로 인정하고 있다.

<표 4> 신재생에너지 의무할당제도 내 바이오 및 폐기물에너지 인정범위

구분	가중치 인정범위
바이오 에너지	1. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에 따른 임산물 2. 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재펠릿, 목재칩, 목재브리켓 3. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른 바이오고형 연료제품(Bio-SRF) 4. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 중 생물기원의 유기성 폐기물 5. 「발전용 바이오중유 시범보급사업 추진에 관한 고시」에 따른 발전용 바이오중유 6. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 원료의 매립지 가스 7. 바이오가스 및 바이오수소 ※ 단, 신재생에너지가 아닌 연료와 혼합되는 경우에는 바이오에너지의 열량 비율만 적용하여, 바이오에너지 비율 산정이 불가능한 경우에는 전체를 바이오에너지에서 제외한다.
폐기물 에너지	1. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 (생물기원의 유기성 폐기물 제외) 2. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른 일반고형 연료제품(SRF) 3. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 원료의 합성가스(Syngas)

(출처: 공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙 [별표1], 2017)

나. 국외 분류 기준

국제에너지기구와 대부분의 국가에서 생물기원을 기준으로 바이오에너지를 정의하고, 또 생물분해성을 기준으로 폐기물에너지를 정의하고 있으며, 바이오에너지와 폐기물에너지를 구분하는 기준은 국제적으로 명확하지 않으며 국가별로 상이하다(김진오, 2013).

1) EU 분류 기준

EU에서는 폐기물을 재생 가능한 폐기물과 재생 불가능한 폐기물로 구분하고 있으며, 바이오에너지의 범위에 재생 가능한 폐기물을 포함하고 있음, 또한 재생 가능한 폐기물은 “농림업 및 관련 산업에서 발생하는 동식물성 부산물, 폐기물의 생분해성 지니는 것, 또한 도시 및 산업 폐기물 중 생분해성 지니는 것”이라 정의하고 있다(김진오, 2013).

<표 5> EU 바이오에너지 기준 및 범주

구분	내용	세부내용
임산 바이오매스	에너지생산을 위해 임지로부터 직접 공급되는 목질계 바이오매스	별목, 공원 가료수의 전정지 등
	간접적인 경로를 통해 에너지생산에 이용되는 목질계 바이오매스	재제산업(톱밥, 수피 등), 제지산업(흑액)의 부산물, 가정 등에서 발생하는 폐목재
농수산 바이오매스	에너지생산을 위해 직접 공급되는 농수산물	식량작물(곡류, 옥수수, 사탕무 등), 과수전정지, 사료작물, 미세조류 등
	간접적인 경로를 통해 에너지생산에 이용되는 농수산 부산물	짚, 동물성잔재물, 가축분뇨, 채종박 등 각종 박류,
폐기물 바이오매스	생분해성 도시고형 폐기물	가정, 식당, 상점 등에서 발생하는 남은음식물 등
	생분해성 산업폐기물, 매립지 가스	폐지 등
	하수 슬러지	하수 슬러지

(출처: 바이오에너지 기준 및 범위 설정에 관한 연구, 2013)

2) 국제에너지기구(IEA) 분류 기준

IEA는 재생에너지에 대한 기준을 바이오매스 및 폐기물에너지로 구분하고 있다. 바이오매스는 생물기원성을 중심으로 고체 바이오매스, 바이오가스, 바이오액체로 구분하고, 바이오가스는 이를 다시 매립지 가스, 하수슬러지 가스, 기타 가스 범주로 설정하고 있다(에너지경제연구원, 2011).

<표 6> IEA 재생에너지 분류

구분		범위	
재생 에너지	고체 바이오매스	목재 및 고체에너지	나무
			폐목재
			흑액
			기타 고체바이오매스
		숯	
	바이오가스	매립지가스	
		하수가스	
		기타 바이오가스	
	액체 바이오연료	바이오가솔린	
		바이오디젤	
기타 바이오연료			
비재생 에너지	비재생 폐기물에너지	산업쓰레기	
		비재생 도시쓰레기	

(출처: 에너지경제연구원, 2011)

### 2. 1. 3 바이오에너지발전 개요

#### 가. 바이오에너지발전 정의

바이오매스는 자체를 연료 원료로 이용하여 에너지를 얻기도 하며, 변환 과정을 거쳐 에너지로 전환이 쉽도록 가공하기도 한다. <그림 2>과 같이 에너지 이용기술에 따라 다양한 바이오매스는 연료, 열, 전기, 가스 등 에너지 형태로 변환된다.



<그림 2> 바이오에너지 변환 시스템

(출처: 신재생에너지센터)

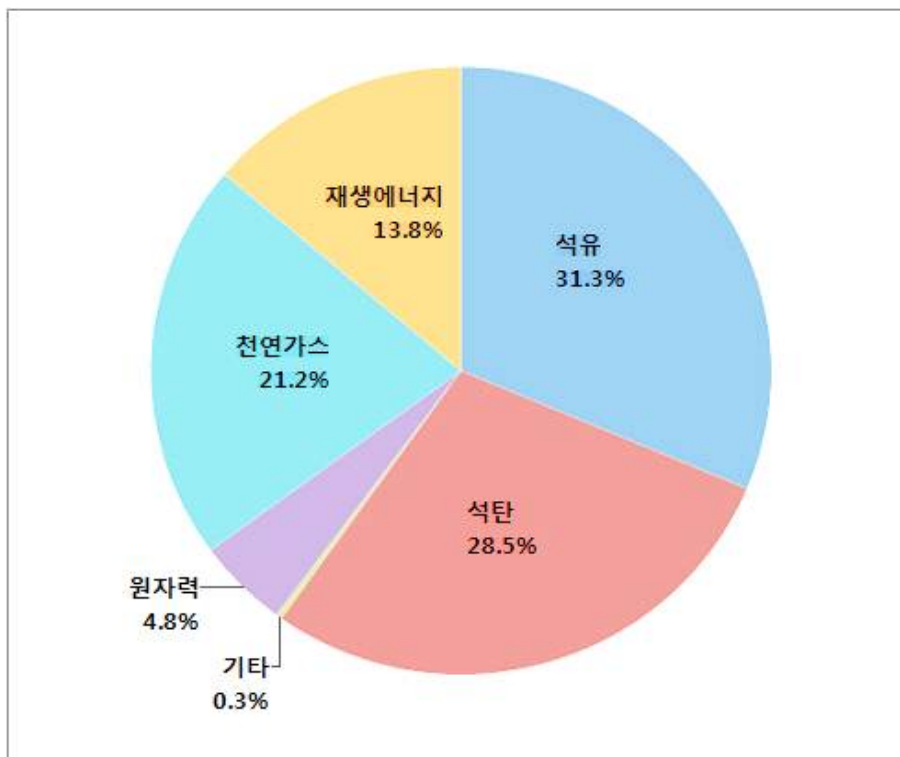
이 중에서 목재 및 목재 부산물, 볏짚 등의 농업 부산물, 폐기물 등을 이용하여 에너지(전기 또는 열)를 생산하는 것을 바이오매스발전이라고 한다(매일경제 시사용어사전). 바이오매스발전에는 바이오매스 증기 발전과 바이오매스 가스화 발전이 있다. 바이오매스 증기 발전은 바이오매스 연소 시 발생하는 열을 이용 증기를 발생시켜 증기 터빈을 회전시켜 전기를 발생시키는 방식이며, 바이오매스 가스화 발전은 바이오매스에서 가연성 가스를 만들고 이를 이용 가스터빈을 회전시켜 발전하는 방식이다(한국농촌경제연구원, 2005).

나. 바이오에너지발전 현황

1) 전세계 바이오에너지발전 현황

전 세계의 2014년 1차 에너지 공급량은 13,700 MTOE 수준이며, 이중 화석연료를 이용한 에너지공급량은 <그림 3>에 나타나는 것처럼 약 86% 수준이다.

그리고 신재생에너지를 통한 1차 에너지 공급량은 1,894 MTOE로 전체 1차 에너지 공급량 중에서 약 13.8%를 차지하고 있다(IEA World Energy Outlook, 2016).

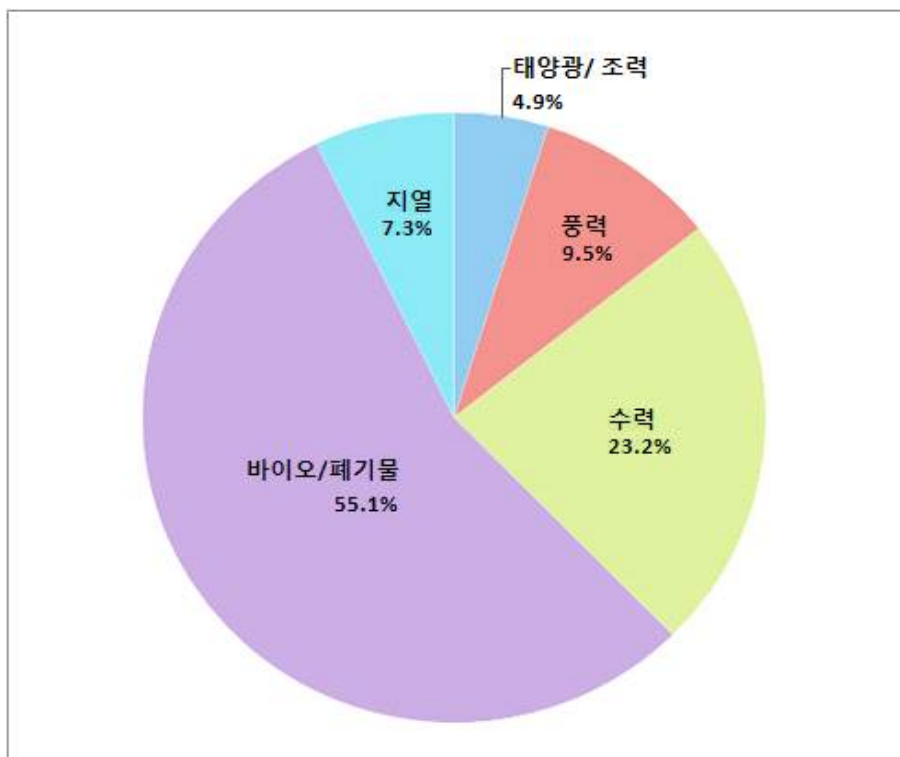


<그림 3> 2014년 세계 1차 에너지 믹스

(출처 : IEA World Energy Outlook 2016)

신재생에너지원 중에서 가장 높은 발전 비중을 차지하는 것은 아래 <그림 4>에서 보는바와 같이 바이오 및 폐기물을 이용한 발전이다.

그리고 수력을 포함한 전통적인 신재생에너지 발전 비중은 약 80% 수준을 나타내고 있다. 이는 저개발국가 등에서 수력과 바이오에너지 그리고 폐기물에너지가 중요 신재생에너지원으로 활용되고 있기 때문으로 파악된다(에너지경제연구원, 2016).



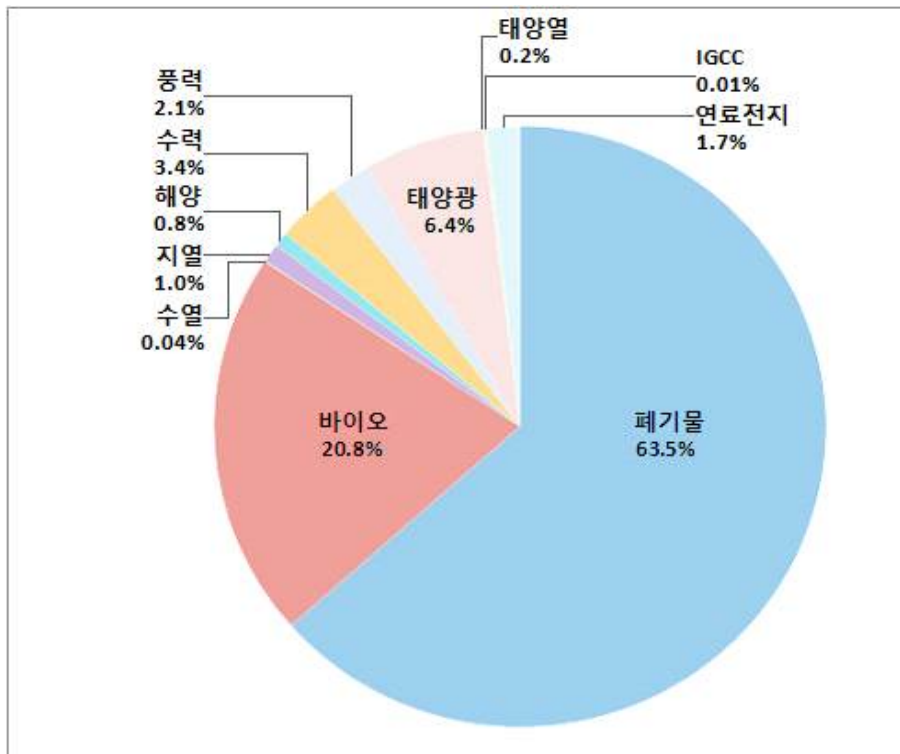
<그림 4> 2014년 세계 신재생에너지 발전 믹스

(출처 : IEA World Energy Outlook 2016)

## 2) 국내 바이오에너지발전 현황

2015년 국내 1차 에너지 총 생산량은 287,479천 TOE이며, 이 중에서 신재생 에너지를 통한 1차 에너지 생산량은 13,293천 TOE로 약 4.62% 수준에 머물고 있다.

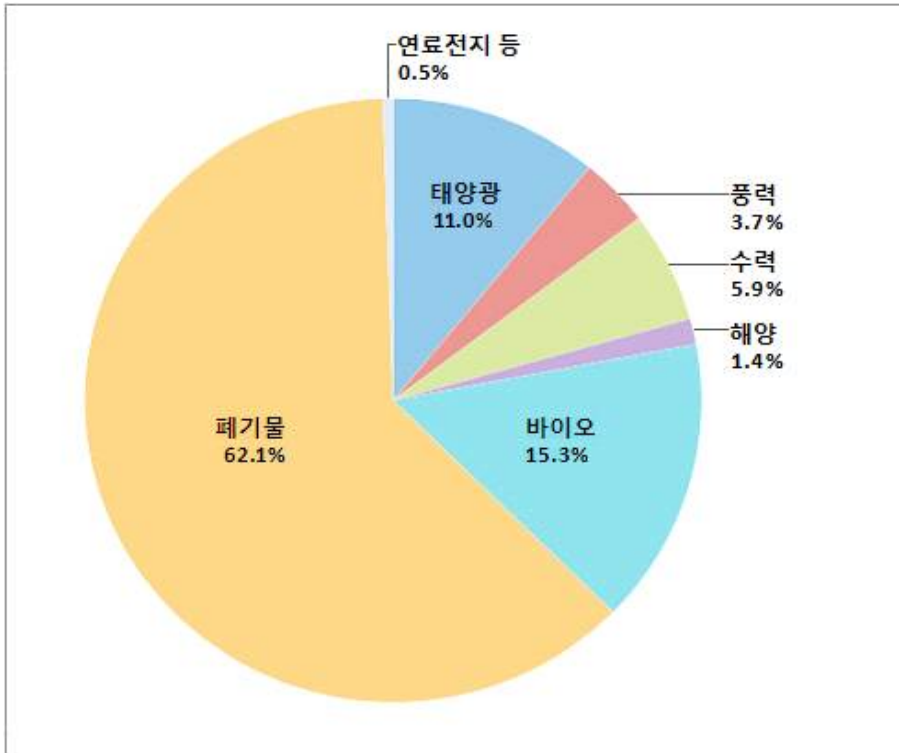
신재생에너지원별 생산량 비중은 <그림 5>에서와 같이 바이오/폐기물의 비중이 약 84% 수준에 이르고 있다. 그 외 태양광, 풍력, 수력 등의 전통적 신재생에너지원이 주를 이루고 있으며, 최근 연료전지를 활용한 신재생에너지원의 비중이 증가하고 있다(신재생에너지 보급통계, 2016).



<그림 5> 2015년 국내 1차 에너지 중 신재생에너지 믹스

(출처 : 신재생에너지 보급통계, 2016)

2015년 국내 총발전량은 560,974 GWh로 이중에서 신재생에너지를 통한 발전량은 37,079 GWh 수준으로 전체 발전량의 약 6.61%를 차지하고 있다. <그림 6>에서 보는 것처럼 목재칩, 목재펠릿 등 바이오연료(폐기물 제외)에 의한 발전량은 5,547 GWh로 신재생에너지 발전에서 약 15%를 차지하고 있으며, 폐기물 62.1%와 합치면 약 77.4% 수준으로 이는 전세계 평균인 55.1%보다 높은 비중을 보이고 있음을 알 수 있다(신재생에너지 보급통계, 2016).



<그림 6> 2015년 국내 신재생에너지 발전 믹스

(출처 : 신재생에너지 보급통계, 2016)



## 2. 2 신재생에너지 보급정책

### 2. 2. 1 국내 신재생에너지 보급정책

#### 가. 발전차액지원제도(FIT)

발전차액지원제도(Feed-in-Tariff, FIT)는 전통적 발전방식인 화석연료 발전에 비해 상대적으로 발전단가가 높은 신재생에너지를 활성화하기 위하여 신재생에너지로 발전한 전력을 우대하여 구매해 주는 제도를 말한다. 일반적으로 신재생에너지원으로 생산된 전력은 생산원가가 높아 가격경쟁력이 낮기 때문에 관련 산업 육성 차원에서 지원제도를 시행하고 있다.

전 세계 약 80여개 국가 또는 지자체가 FIT제도 및 유사제도를 채택하고 있으며(REN21, 2016), 우리나라의 경우 2002년 FIT 제도를 도입하였으며, 2011년까지 제도를 운영하였다. FIT제도는 전력생산에 따른 비용을 고정하여 지급하는 형태와 추가 인센티브가 주어지는 형태로 구분된다(Haas et al., 2011). 제도를 채택하는 국가마다 차이가 있으며, 우리나라의 경우 기준가격과 계통한계가격(System Marginal Price, SMP)<sup>3)</sup>의 차액을 지원하는 방식으로 운영하였다.

FIT제도의 장점은 신재생에너지에 대하여 안정적인 투자환경을 조성함으로써 관련 산업 활성화를 도모하고, 장기적인 기술 개발을 유도하는데 있다. 반면 지불기간, 기준가격, 기술의 발전 등 미래 불확실성이 존재하기 때문에 전력시장의 왜곡을 초래할 수 있으며(Lesser & Su, 2008), 전력 가격인상으로 인해 소비자의 반발을 가져올 수 있다.

---

3) 계통한계가격(System Marginal Price, SMP)이란 전력거래 시간별로 일반발전기(원자력, 석탄 외 발전기)의 전력량에 대하여 적용하는 전력시장가격(원/kWh)으로 발전된 전기를 한 전으로 송전하여 받는 금액을 말한다. 전일 예측한 전력수요에 맞춰 발전비용이 낮은 순서대로 발전기 기동순서와 발전량을 결정하고, 각 시간대별로 운전이 할당된 발전기의 유효 발전가격(변동비) 가운데 가장 높은 값으로 결정하게 된다. 예를 들어, 전력 사용량이 적은 밤 시간대에는 값싼 원자력이나 석탄 화력 발전을 주로 가동하고, 발전 원가가 가장 저렴한 발전기부터 돌린다. 당연히 부하가 높은 낮에는 액화 천연가스(LNG)나 중유 등 발전 원가가 비싼 발전기를 더 돌려 계통 한계 가격(SMP)도 높아진다.

나. 신재생에너지 의무할당제도(RPS)

신재생에너지 의무할당제도(RPS)는 국가 전체 발전량 가운데 일정 비율 이상을 신재생에너지 발전으로 하도록 의무화하는 제도이며, 국내에서는 신재생에너지 보급 확대를 위해 2012년 1월 1일부터 시행되고 있다. RPS 제도하에서 신재생에너지 공급의무자 대상은 발전설비 용량 기준 500MW 이상인 발전사업자가 대상이며, 발전설비 용량이나 발전량을 기준으로 목표가 설정되기 때문에 온실가스 저감 목표와 연계하여 정책을 시행할 수 있는 이점이 있다.

RPS 대상 발전사업자는 직접 신재생에너지 발전 설비를 도입하거나 타 신재생에너지 발전 사업자가 확보한 공급인증서(REC)를 구매해 의무할당량을 충족시켜야 한다.

공급인증서는 신재생에너지원별, 설치유형, 사업기간에 따라 인정되는 기준은 상이하며, 기준은 아래 <표 5>와 같다.

<표 7> RPS제도 연도별 의무공급량 비율

해당 연도 비율 (%)	'11~'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년 이후
	10	11	12	15	18	21	24	27	30

(출처 : 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령 [별표 2], 2014)

단, 바이오에너지는 신·재생에너지가 아닌 연료를 혼합하는 경우 바이오 에너지의 열량 비율만을 적용하며, 바이오에너지에 대한 비율 산정이 불가능한 경우 전체를 바이오에너지에서 제외한다.

또한 '목질계 바이오매스 전소발전'이란 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재펠릿, 목재칩, 목재브리켓과 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른 바이오 고형연료제품 중에서 폐목재 성분 함량이 100%인 연료를 연소 또는 변환시켜 전기를 생산하는 것을 말하며, '전소 발전'은 해당연료의 비율이 100%로서 발전되는 것을 의미한다.

단, 초기 Start-up 및 안정적인 연소조건 유지를 위해 전체 열량의 10% 이내 혼소를 인정하고 있다(신재생에너지센터 공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙, 2017).

<표 8> 공급인증서 발급대상 설비 기준

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	
		설치 유형	세부기준
태 양 광	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kw미만
	1.0		100kW부터
	0.7		3,000kW초과부터
	1.5	건축물 등 기존	3,000kW이하
	1.0	시설물을 이용하는 경우	3,000kW초과부터
	1.5	유지의 수면에 부유하여 설치하는 경우	
	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	5.0	에너지저장장치 설비(태양광설비 연계)	'16년, '17년
기타 신재 생에 너지	0.25	석탄가스화복합발전, 부생가스	
	0.5	폐기물, 매립지가스	
	1.0	수력, 육상풍력, 바이오에너지, RDF 전소발전, 폐기물가스화발전, 조력(방조제 有), 자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	1.5	목질계 바이오매스 전소발전, 해상풍력 (연계거리 5km 이하), 수열	
	2.0	연료전지, 조류	
	2.0	해상풍력(연계거리 5km 초과)	고정형
	1.0 ~ 2.5	조력(방조제 無), 지열	변동형
	5.5	에너지저장장치 설비(풍력설비 연계)	'15년
	5.0		'16년
	4.5		'17년

(출처: 신재생에너지 공급의무화제도 및 연료혼합의무화제도 관리운영지침 [별표 2], 2017)

다. FIT제도와 RPS제도 비교

FIT제도는 15~20년 정도의 장기적인 기간 동안 시장 가격보다 높은 수준의 가격을 받을 수 있도록 보장하여 신재생에너지 발전사업의 불확실성을 감소시킨다는 장점이 있으며, RPS제도는 발전사업자에게 일정 비율 이상을 재생가능에너지원으로 생산한 전기를 공급하도록 강제하는 제도로 경쟁을 통해 신재생에너지 발전사업의 가격 경쟁력을 향상시킨다는 장점이 있다.

<표 9> FIT제도와 RPS제도 비교

구분	발전차액지원제도	신재생에너지 의무할당제도
메커니즘	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가격조정제도</li> <li>-정부가 가격 책정하면 시장에서 발전량 결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수요조정제도</li> <li>-발전의무량을 초과하면 시장에서 가격이 결정</li> </ul>
보급 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급규모 예측 불확실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급규모 예측 용이</li> </ul>
가격 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확한 공급비용 산정 어려움</li> <li>• 사업자의 초과이익 인센티브</li> <li>• 정부 장기간 고소득 보장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수급여건에 따른 가격결정 및 변동</li> <li>• 사업자간 가격 경쟁 메커니즘 내재</li> <li>• 경쟁 도입으로 가격 하락</li> </ul>
도입 국가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 독일, 스페인, 프랑스 등 108개국</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국, 영국, 캐나다 등 98개국</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중장기 가격을 보장하여 투자의 확실성, 단순성 유지</li> <li>• 안정적 투자유치로 기술개발과 산업성장 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지 사업자간 경쟁 촉진, 생산비용 절감 가능</li> <li>• 정부의 재정부담 완화</li> <li>• 일정한 요건이 충족하는 발전 사업자만 진입 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 재정부담 초래</li> <li>• 기업간의 경쟁이 부족으로 가격 인하 유인 부족</li> <li>• 가격이 싸고 질이 낮은 외국산 제품 시장 다수출현, 높은 마진 위해 저가제도를 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제성 위주의 특정 에너지로 편중될 가능성</li> <li>• 제도 도입을 위한 인프라 구축 전제 되어야 함</li> </ul>

(출처: REN21, 2015)

## 2. 2. 2 해외 신재생에너지 보급정책

### 가. 일본 FIT 제도

일본은 2012년 7월에 시행된 재생가능에너지 고정가격매입제도(FIT)를 통해 목질 바이오매스발전 사업이 전국적으로 시행되고 있다. 일본의 FIT 제도에서는 원료의 종류에 따라 매입가격을 구분하고 있으며, 20년간 가격을 고정함으로써 사업성을 보전해주고 있다. 원료 종류별 FIT 매입가격은 아래 <표 10>과 같다.

<표 10> 일본 바이오매스 FIT 기준

구분	매입가격	기준
간벌재 등 목질 바이오매스	32 엔/kW	① 간벌재 ② ① 이외의 아래 지역에서 별채된 목재 - 산림경영계획 대상 산림 - 보안림·보안시설 지구 - 국유임야사업시설 계획대상 산림 - 주벌재, 지장목(대상 산림 유래의 것으로 본체공사에서 별채·반출경비가 예상되는 것 제외), 가지치기에 의한 목질바이오매스 등
일반 목질 바이오매스	24 엔/kW	① 제재 등 잔재 ② 그 외 유래 증명이 가능한 목재 - 산림으로부터의 별채 목재 - 상기 ‘간벌재 등 유래의 목질바이오매스’의 ②의 목재와 수입재 - 별채신고 등이 필요하지 않은 목재 등 과수 등의 전정가지, 땀 유목 등
건설자재 폐기물	13 엔/kW	① 건설공사와 관련된 자재의 재자원화 등에 관한 법률(2000년 법률 제104호) 제2조 제2항에 규정된 건설자재 폐기물 ② 가이드라인에 준거하여 증명·분별관리 되지 않은 목질바이오매스 포함

(출처: 일본 재생에너지 고정가격매입제도 고시, 2012)

나. 영국 RPS 제도

영국은 RPS와 FIT제도를 병용하여 운영하고 있으며, 의무할당제는 대규모 재생에너지 발전, FIT는 소규모 재생에너지 발전에 적용하고 있다.

영국의 바이오에너지 대상전원별 REC가중치 부여방식을 살펴본 결과, 국내의 RPS 바이오가중치는 영국의 사례를 인용했을 것으로 판단된다.

영국은 혼소 및 전소발전에 따라 REC 가중치를 달리하는 분명한 전제가 있다. 해당기술이 기존기술인지, 입증기술인지 아니면 신기술인지를 구분하여 해당 적용기술의 비용, 잠재량, 기술의 최적믹스의 요소를 고려하고 있다. 이는 우리나라와 같이 단순히 혼소와 전소를 구분하여 가중치를 적용하는 것은 아니다.

<표 11> 영국의 바이오에너지 RPS 가중치 기준

기술구분	가중치	대 상 전 원
Established1	0.25	매립가스
Established2	0.5	하수가스, 일반작물에 의한 열병합발전(바이오매스 혼소)
Reference	1.0	에너지작물 혼소 CHP형 EFW(폐기물), 미분류된 에너지원
Post-Demonstration	1.5	바이오매스 전소
Emerging	2.0	최신 전환기술(혐기소화, 가스화, 열분해), 에너지작물을 이용한 바이오매스 (CHP관계없음), 전용 일반바이오매스 CHP(Reguar)

(출처: Department of ENERGY & CLIMATECHANGE response, 2012))

영국은 ‘신재생열 인센티브제도’, ‘바이오에너지 기반시설제도’, ‘바이오 에너지 지원금 제도’ 등을 도입하고 있다. ‘신재생에너지 인센티브제도’는 바이오매스, 지열펌프, 태양열 등 신재생에너지 난방시스템을 도입하는 가구 및 건물에 대해 보조금을 지급하는 제도이다.

‘바이오에너지 기반시설제도’는 목재연료, 에너지작물, 짚 등 바이오매스 원료 공급망 개발을 돕기 위해 농·임업과 사업 부문 재정을 지원하며, ‘바이오에너지 지원금제도’는 바이오매스를 원료로 하는 열에너지와 열병합 발전 프로젝트를 지원하기 위해 도입된 프로그램이다.

#### 다. 미국 RPS 제도

미국에서의 RPS 제도는 각 주를 중심으로 급격히 확산되었으며, 2016년 현재 29개주에서 시행되고 있다.

미국 RPS제도의 가장 큰 특징은 RPS 대상전원, 의무이행을 위한 수단, 인증서 가중치 등은 <표 12> 주별 RPS 정책에서 보는 바와 같이 각 주의 실정에 맞춰 정책을 수립하고 있어 다양성이 인정되고 있다는 것이 특징이다.

캘리포니아주의 경우 2002년, 뉴욕주의 경우 2004년부터 재생에너지 의무 할당제를 시행하고 있다. 오하이오주의 경우 대체자원에너지 활용제도를 도입하고 있으며, 청정석탄 및 원자력 등을 포함한 제도를 운영하고 있다.

이처럼 주별 시행 제도 및 시행년도, 신재생에너지 보급 목표 및 대상 에너지원 등이 다양한 특성을 나타내고 있다.

<표 12> 미국의 주별 RPS 제도

주이름	제도명	도입 시기	필요조건	최대비용	세부사항
아리조나	재생에너지 활용제도	2006	2025년까지 15%	-	분산발전 : 2012년 이후 연간 요구사항의 30% 주는 여러 가지의 기술에 대한 증명 방법을 보유하고 있다.
캘리포니아	재생에너지 의무할당제	2002	2020년까지 33% 2024년까지 40% 2027년까지 45% 2030년까지 50%	캘리포니아 유틸리티 위원회에서 결정	2013년 개정에 따라 캘리포니아 유틸리티위원회는 추가적인 요구사항을 승인함
오하이오	대체자원 에너지 활용제도	2008	2026년까지 25%	1.80%	12.5% 재생에너지원 12.5% 고급에너지자원(열병합 발전, 핵 발전, 청정석탄을 포함) 태양열 : 0.5%
뉴욕	재생에너지 의무할당제	2004	2015년까지 29%	1.70%	분산발전 : 연간 증가요구량 8.4%
텔라웨어	재생에너지 의무할당제	2005	2025-2026까지 25%	3%; 1% (PV)	태양광발전 : 요구량의 3.5%까지 2025-2016년 주는 여러 가지의 기술에 대한 증명 방법을 보유함

(출처 : Raleigh, N.C. State University, 2016)



## 2. 3 바이오에너지 평가 모형

고유가 시대의 도래와 화석연료의 추정 매장량에 대한 한계점이 지속적으로 주장되면서 바이오에너지에 대한 개발 필요성이 대두되었으며, 이에 따라 바이오에너지 개발을 위한 기술적 타당성 및 경제적 타당성을 검토할 수 있는 평가 모형에 대한 연구가 과거부터 지속적으로 수행되었다.

McGowin et al.,(1995)은 Bio-power 모형에 대한 기술적 비교를 수행하였으며, Mitchell(2000)은 29개의 Bio-Energy 모형을 연구하였다. 또한 Soldatos et al.,(2003)은 Bio-mass 생산·전환에 대한 6개 모형을 연구하였고, Jebaraj et al.,(2006)은 9개 연구 논문의 에너지 계획모형, 에너지 수용와 공급 모형, 신재생에너지 예측 모형, 온실가스 저감 모형 등 에너지 모형을 분석하였으며, Schneider et al.,(2006)에서는 농업분야의 수익, 생산, 소비등에 따른 장기적 변화에 대한 연구를 수행하였다. FAO et al.,(2010)은 지속 가능한 Bio-Energy 잠재성에 대한 평가 방법을 구분하였고, Milbrandt et al.,(2012)는 미국의 재생에너지 연구소(NREL)에서 바이오에너지 평가 도구에 대한 연구를 수행하였다(김철, 2014 재인용).

국가적 차원에서 바이오에너지 등 청정에너지 개발에 대한 지원 차원에서 평가 모형 연구가 진행되고 있으며, 이중에서 캐나다 천연자원부(NRCan<sup>4)</sup>)은 캐나다의 천연자원 사용과 천연자원 제품 경쟁력 향상을 위해 노력하고 있으며, 산하조직인 CanmetENERGY 등을 통해 청정에너지 프로젝트 분석, 모델링 및 시뮬레이션 소프트웨어 Tool을 개발하고 있다. NRCan에서 제공하고 있는 에너지 시뮬레이션 및 소프트웨어 Tool은 4가지 파트로 나뉘는데 Renewable Energy, Whole Housing, Whole Buildings 그리고 Component Specific으로 구성되어 있다. 각 구성 파트에서 제공하고 있는 Tool은 아래 <표 13>와 같다.

---

4) Natural Resources Canada

<표 13> Access Energy Simulation and Software Tools of NRCan

Renewable Energy	Whole Housing (or part)	Whole Buildings (or part)	Component Specific
RETScreen	RETScreen	RETScreen	PHEC-CIM
SWIFT	HOT2000	CAN-QUEST	
ENERPOOL	HOT2XP	EE4 CODE	
HYDROHELP	HOT2EC	Recommissioning	

(출처 : Natural Resources Canada web-site<sup>5)</sup>)

또한 신재생에너지 Web Tool을 제공하고 있는데 이는 아래 <표 14>과 같다.

<표 14> Access Renewable Energy Web Tools of NRCan

Renewable Energy	Whole Housing (or part)	Component Specific
Wind Atlas	Hydro Atlas	PV & Solar Maps

(출처 : Natural Resources Canada web-site)

위에서 언급된 14개 모형 중에서 신재생에너지 관련한 각각의 모형 설명은 다음과 같다.

5) <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools>

가. RETScreen

RETScreen 모형은 청정에너지 개발 프로젝트에 대하여 전문가 또는 의사 결정권자가 기술 및 재무적 의사결정을 신속하게 수행할 수 있도록 지원하는 모형으로 예비 타당성 및 본 타당성 평가 시 소요되는 비용을 절감할 수 있도록 지원하고 있다. 엑셀 기반의 RETScreen 4와 Windows 기반의 RETScreen Plus 버전을 제공하다 Expert 버전 출시를 통해 전체 프로젝트 수명주기(벤치마킹, 타당성 및 성과 분석)에 걸쳐 통합된 방식으로 하나의 소프트웨어 플랫폼에서 에너지 투자를 평가할 수 있게 되었다 (Wikipedia, 2017).

RETScreen Expert version은 아래 <그림 7>의 흐름과 같이 위치, 시설, 에너지 모델, 비용 분석, 온실가스 배기 분석, 재정 분석, 민감도/위험성 분석 단계로 수행하며, 분석 단계별 필요 변수를 입력하여 도출된 결과는 상호 연결되어 다음 단계의 변수로 사용 된다.



<그림 7> RETScreen Expert Model Flow Chart  
(출처: RETScreen Expert Software User Manual)

#### 나. SWIFT

SWIFT는 건물 난방을 위한 태양광에너지를 이용하는 SolarWall®<sup>6)</sup>의 행동 모델에 관한 프로그램이다. SWIFT는 내장된 평균 날씨 데이터 또는 입력된 특정 날씨 데이터를 이용하며, 건물 내의 온도, SolarWall®의 이용 결과로써 전통적 난방시스템에서 회피한 에너지양으로부터 태양광 에너지로부터 얻은 열량 값을 추정한다.

SWIFT는 건물을 위한 SolarWall® 시스템의 설계 도구이며, 시스템 비용을 추정하기 위해서 사용된다. 또한 절약되는 연료비와 투자의 경제성을 판단하는데 도움을 준다.

#### 다. ENERPOOL

ENERPOOL은 수영장에 사용되는 태양열 집열기의 성능에 관한 평가 모델이다. 수영장의 소유 타입(공용 또는 사유), 수영장의 실제 사용기간, 수영장의 형태(실내 또는 실외 등)에 따라 다양한 값을 입력하여 태양광 집열 시스템의 사용에 따른 경제적 이득을 조사하는 프로그램이다.

---

6) 건물을 위한 고효율 난방 시스템으로 캐나다에서 시작되어 Global하게 이용되고 있는 기술이다.

## 2. 4 선행연구고찰

본 장에서는 바이오매스를 이용한 발전사업의 경제성 평가, 바이오매스 연료가격의 결정 및 신재생에너지원으로서의 바이오매스에 관한 국내외 선행 연구를 검토하였다.

김철(2014)은 바이오매스 발전사업 최적의 투자결정을 위한 신재생에너지 기술모형(RETSscreen)과 재무모형을 조합하여 바이오매스 발전사업 투자 결정모형(Biomass Power Investment Model, BIOPIIM)을 개발하였으며, 사례 분석을 통해 모형의 구성 및 활용방법 등을 설명하였다. BIOPIIM모형은 RETSscreen 모형을 이용하여 바이오매스 발전사업의 적정입지를 선정하였으며, 재무모형을 통해 자기자본 투자자와 타인자본 투자자 관점에서 투자 의사 결정을 위한 경제성 평가를 수행하였다. RETSscreen 모형을 적용함에 있어 바이오매스 부존량, 국가 투자환경, 유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)<sup>7)</sup>를 통한 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM)<sup>8)</sup> 등록현황 등을 기준으로 최적 입지 선정을 위한 사례 연구 대상 국가를 선별하며, 선별된 대상 국가와 투자가정을 바탕으로 모형을 구동하여 최적 입지 대상 국가를 최종 결정하였다.

강현구(2012)는 산림 바이오매스가 에너지 자원으로서 활용 가능성이 있는지 검증하기 위해 산림 바이오매스의 단위 생산비용 및 공급가격의 산정이 선행되어야 한다고 설명하였다. 산림 바이오매스의 생산비용 및 공급가격은 국내에서 연료림으로 조성된 리기다소나무를 대상으로 생산시스템의 종류, 생산지와 사용지간의 운송거리를 바탕으로 최적의 생산 시스템을 개발하여 산정한다고 보았다. 생산 시스템별로 벌목, 집제, 소규모 운반, 파쇄,

---

7) 유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC): 기후변화에 관한 국제 연합 기본 협약으로 온 지구 온난화를 줄이기 위한 국제 협약이다.

8) 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM): 교토의정서 12조에 의해 온실가스 감축 의무가 있는 선진국 등이 온실가스를 줄일 수 있는 여지가 많은 개발도상국에 투자해 얻은 온실가스 감축분을 배출권 형태로 인정받아 이를 감축실적으로 가져가거나 판매하는 제도이다.

운송과정에 대한 공정 분석을 수행하고, 그 데이터를 근거로 연료 생산비용을 산정 에너지 연료 활용 타당성을 검증하기 위해 경제성 분석을 하였다.

심영권(2005)은 국내 산림자원의 생산 잠재력을 추정하고 경제적 가치를 평가하기 위한 연구를 수행하였다. 산림자원 SWOT 분석을 통해 우리나라에 적합한 산림자원 생산과 공급을 위한 적정 연료소재를 결정하고, 결정된 펠릿을 이용하여 강원도 지역을 대상의 적정 난방시스템을 도입하기 위한 모델 연구로서 펠릿 플랜트의 입지 결정 및 공급체계를 구축하였다. 그리고 펠릿 플랜트까지 원료 산림자원을 가장 저렴하게 수송할 수 있는 비용최소화 모형을 선택하기 위해 'Network 2000' 프로그램을 이용하여 최적 루트 선정 모형을 개발하고 개발 모형을 통해 최적 펠릿 플랜트 입지를 결정한다.

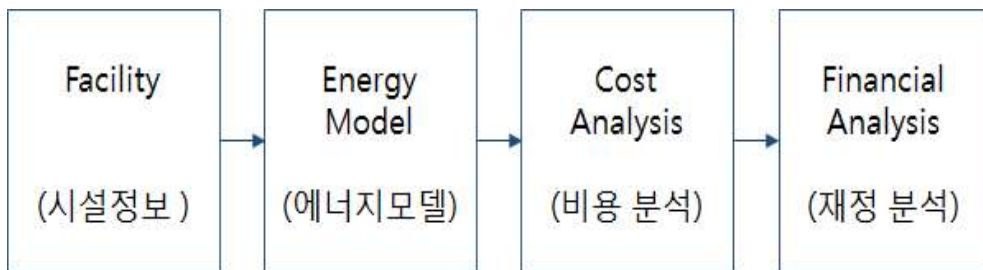
김중현(2014)은 목질계 바이오매스의 에너지화 방안 중 가장 많은 활용도를 가지고 있는 고형연료 형태로의 활용이 기존 화석연료 대비하여 어느 정도 경제적·환경적 타당성을 가지고 있는가에 대하여 연구하였다. 목질계 바이오매스는 바이오 에탄올 또는 Biomass to Liquid(BtL) 연료와 같은 액체 및 기체 연료로의 전환에 활용되기도 하지만 고형연료 형태로 가장 많이 활용되며, 고형연료 형태로 활용되는 경우 기존 화석연료와 비교하여 경제성 및 환경적으로 어떠한 이점이 있는지에 본 연구에서 판단하였다. 목질계 바이오매스의 경제성은 연료별 단위 원가당 발열량을 산정하고 이에 고형연료 연소 시설 도입비용을 고려 화석 연료별 경제성 확보 가격을 제시함으로써 목질계 고형연료와 비교 검토하여 경제성을 판단할 수 있도록 제시하였다.

## 제 3장 연구 방법

### 3. 1 RETScreen 모형 분석 체계

본 연구에서 RETScreen 모형의 분석 체계는 <그림 8>에서와 같이 4 단계로 나눠 분석을 수행하였다. RETScreen 모형 Expert 버전은 위치정보 워크시트, 시설정보 워크시트, 에너지모델 워크시트, 비용분석 워크시트, 배기분석(온실가스 분석) 워크시트, 재정분석 워크시트 그리고 민감도 및 위험성 분석 워크시트 등의 단계로 구성되며, 각 단계에서 도출된 결과는 다음 단계에 연결되어 사용된다.

RETScreen 모형의 배기분석(온실가스 분석) 워크시트와 민감도 및 위험성 분석 워크시트 단계는 본 연구의 수행 목적 상 필요하지 않아 분석을 생략하였다.



<그림 8> RETScreen 분석 체계

시설정보 워크시트에서는 분석하고자 하는 대상 시설이 전력시설인지, 건물과 공장 시설의 용도에 따라 산업/상업/주거/농업/사용자정의 시설인지 선택할 수 있다.

본 연구에서의 시설은 바이오매스를 활용한 전력을 생산하고 이를 국가 전력계통에 판매하는 시설이므로 시설정보 워크시트에서 전력시설로 선택하여 분석을 수행하였다.

### 3. 2 RETScreen 에너지모델 입력

본 연구에서 RETScreen의 에너지 모델은 여러 설비 유형 중 기타 전력 생산시설 유형으로 설정하였으며, 생산 전력은 계통연계를 통해 국가 그리드에 송출하는 것으로 설정하였다.

RETScreen 모델은 설비 유형에서 바이오매스를 이용한 발전 방식은 별도의 독립된 유형으로 지원하고 있지 않아 연료 유형과 발전용량 등 간략한 정보 입력만으로 경제성 분석이 가능한 기타 전력생산 유형을 선택하여 분석을 수행하였다.

바이오매스 발전소의 발전시설 용량 기준은 국내 최초 바이오매스 전소 발전을 목적으로 건설된 OO화력발전소의 발전 설비 용량인 30MW로 선정하였으며, 기타 에너지모델 입력 자료는 아래 <표 15>와 같다.

해당 발전소 2015년도 운영 자료를 기준으로 발전소 연간 운영시간은 6,412 시간, 필요 연료량은 연료의 발열량이 3,000 kcal/kg 기준일 때 600 ton/day으로 적용하였다.



<표 15> OO화력발전소 바이오매스 발전시설 개요

구분		내용	비고
보일러	Type	순환유동층	목질계 전소
	증발량	107 ton/hr	효율 : 89.13%
	증기조건	96 kg/cm <sup>2</sup> , 510 °C	
터빈	Type	직렬배열형 재생식 복수터빈	
	용량	30 MW	
	증기조건	93 kg/cm <sup>2</sup> , 507 °C	
	터빈 효율	43.88 %	
연료	Type	Bio-SRF 등	
	발열량	2,400~4,285 kcal/kg	
	사용량	600 ton/day	발열량 3,000 kcal/kg 기준
기타	종합효율	36.72 %	출력 100 % 기준
	소비동력	3,504 kW	소내 소비율 14 %
	운전시간	6,412 h	2015년 기준

(출처 : OO화력발전소 운영자료, 2015)

### 3. 3 RETScreen 비용분석 입력

#### 가. 바이오에너지 가격

목질계 바이오에너지 가격 현황을 검토한 결과, 아래 <표 16>과 같이 다양한 에너지원 중 국내 제조 목재펠릿이 가장 높은 가격을 형성하는 것으로 파악되었으며, Bio-SRF 비성형 제품이 가장 저렴한 것으로 파악되었다.

국내산 목재펠릿과 수입산 목재펠릿 가격은 약 2.4배의 가격차가 있으며, REC 가중치를 부여받기 위해 목질계 바이오에너지를 사용할 경우, 국내산 목재펠릿 보다는 수입산 목재펠릿을 사용 하는 것이 그리고 목재펠릿 단독 사용보다는 Bio-SRF 혼소를 하는 것이 비용 측면에서 유리한 것으로 판단 된다.

<표 16> 목질계 바이오에너지 가격 현황

(단위:ton/원)

분류		가격
국내 목재펠릿		282,500
수입 목재펠릿		115,410
Bio-SRF	성형	126,725
	비성형	48,143
SRF	성형	73,893
	비성형	42,615

(출처 : 산림바이오매스에너지협회 2015년 수입펠릿 가격 조사 , 산림청 2015년 목재펠릿 통계, 2015년 폐자원에너지센터 고품연료 가격 조사)

그 외 국내외 산림부산물에 대한 원가를 비교한 결과, 국내 산림부산물, 수입 PKS, 수입 목재칩 순으로 가격이 높은 것으로 조사되었다.

국내 발전사들은 경쟁 입찰을 통해 사용 가능 바이오매스 중 열량단가가 가장 저렴한 연료를 구매하고 있기 때문에, 아래 <표 17>와 같이 국내 산림부산물의 경우 가격경쟁력이 떨어지는 것으로 파악되었다.

<표 17> 발전자회사 바이오매스 별 열량단가 비교

(단위:ton/원)

구분	국내 산림부산물	수입 목재칩	수입 PKS
톤당 단가	12~15만원	11~12만원	13~14만원
발열량	3,000 kcal/kg	3,000 kcal/kg	3,800 kcal/kg
열량 단가	50,000원/Gcal	40,000원/Gcal	37,000원/Gcal

(출처 : 목재자원의 물질순환과 바이오매스 에너지이용 활성화 방안 마련 마련 토론회)

정부는 2016년에 한전 및 6개 발전자회사의 경영관리실태를 조사한 결과, RPS 이행을 위한 신재생에너지 발전사업 중 바이오매스 혼소 및 전소 발전으로의 쏠림 현상이 발생하고 있다는 문제점을 제기하였다.

바이오매스발전 사업은 간단한 설비 증설을 통해 사업이 가능하며, 낮은 초기투자비로도 RPS 이행을 달성할 수 있어 향후 발전공기업들이 다양한 신재생에너지원 확대에 투자하기보다 바이오에너지 혼소 및 전소 발전에 치중하는 문제점이 있을 것으로 판단된다.

나. RETScreen 비용분석 입력 자료

비용분석 워크시트에서는 경제성을 평가하기 위한 가격정보를 입력하는 단계로 할인율, 물가상승률, 투자비 등의 정보를 입력한다.

수입항목은 전력판매 수입과 신재생에너지 공급인증서(REC) 판매 수입으로 구성된다.

전력판매 수입은 바이오매스 발전소에서 생산된 전력 중 국가 전력망에 송출한 전력량에 계통한계가격(SMP)을 곱하여 산출하며, 신재생에너지 공급인증서(REC) 판매 수입은 계통판매 전력량에 REC 판매 단가를 곱하여 산출한다.

본 연구에서의 SMP 단가와 REC 단가는 아래 <표 18>에서 제시된 OO 화력발전소 2015년도 재무실적 자료에 제시된 SMP, REC 평균단가를 적용하여 산정하였다.

비용항목은 초기투자비, 연료비용, 운영관리비 항목으로 구분되는데, 30MW 바이오매스 전소발전소의 설치비용은 약 1,233 억원, 운영유지비는 2015년 기준 109 억원(연료비 제외)으로 적용하였다.

연료비용은 국내 연료와 해외 수입연료로 구분하여 적용하며, 국내 바이오매스 연료는 282,500원/ton, 해외 수입 바이오매스 연료는 115,410원/ton을 적용하였다(산림바이오매스에너지협회 및 산림청, 2015).

경제성 평가를 위한 할인율은 국가 개발용역에 대한 경제성 분석 시 사용되는 한국개발연구원의 “예비타당성 조사 수행을 위한 일반지침”에서 제시하고 있는 사회적 할인율 5.5%로 적용하였으며(강성민, 2017 재인용), 물가상승률은 통계청의 2015년 물가상승률인 0.7%를 적용하였다.

<표 18> RETScreen 비용분석 입력자료 개요

구분	내용	비고	
수입	SMP 단가	92 원/kWh	2015년 평균
	REC 단가	84,768 원/MWh	
	REC 가중치	1.5	전소발전 REC 가중치 기준
비용	초기 투자비	1,233 억원	2015년 재무 실적
	연료비용	- 국내 : 282,500 원/ton - 해외 : 115,410 원/ton	목재펠릿 기준
	운영관리비	109 억원	2015년 재무 실적
기타	할인율	5.5 %	한국개발연구원 예비타당성 조사 일반지침
	물가상승률	0.7 %	통계청 2015년 물가상승률
	운영기간	15 년	

(출처 : OO화력발전소 운영자료, 2015)

## 제 4장 결과 및 고찰

### 4. 1 바이오매스 원산지별 경제성 분석

RETScreen 모델을 이용하여 30MW 바이오매스 발전소를 운영한 결과 계통선로에 송출한 전력량은 연간 192,360 MWh 수준이며, 연료사용량은 연간 117,230 ton으로 산정되었다.

REC 판매 수입은 RETScreen 모형 내 별도의 청정에너지 생산 수입으로 구분하여 반영하였다.

이에 따라 국내외 바이오매스 연료별 재정모형을 분석한 결과는 다음과 같다.

#### 가. 국내 바이오매스

국내에서 생산된 바이오매스 연료를 이용한 발전설비 운영 시 연료 가격은 282,500 원/ton이며, 전소발전을 기준으로 공급인증서(REC) 가중치는 1.5를 적용하여 청정에너지 생산 수입을 반영하였다.

국내 바이오매스 연료의 재정모형 분석결과는 아래 <표 19>과 같이 순현재가치<sup>9)</sup>(Net Present Value, NPV)가 (-) 1,791억 원으로 분석되었으며, 세전 내부수익률은 산정불가로 도출되었다.

자기자본 회수기간은 내부수익률과 같이 측정 불가능한 것으로 나타났으며, 이에 따라 발전 운영기간인 15년을 초과할 것으로 예상된다.

<표 19> 국내 바이오매스 사용 시 경제성 분석

구분	바이오매스 가격 (원/ton)	REC 가중치	IRR <sup>10)</sup> (%)	NPV (억원)	자기자본 회수기간 (년)	B/C <sup>11)</sup> 비율
국내	282,500	1.5	-	- 1,791	-	-0.45

9) 순현재가치(Net Present Value, NPV) : 최초 투자 시기부터 사업이 끝나는 시기까지의 연도별 순편익의 흐름을 각각 현재 가치로 환산한 것을 말한다.

나. 해외 바이오매스

해외에서 생산된 바이오매스를 이용한 발전설비 운영 시 펠릿 가격은 115,410 원/ton이며, 전소발전을 기준으로 공급인증서(REC) 가중치는 1.5를 적용하여 청정에너지 생산 수입을 반영하였다.

해외 바이오매스 발전의 재정모델 분석결과는 아래 <표 20>과 같이 순현재가치(NPV)는 699억 원으로 분석되었으며, 세전 내부수익률은 12 %로 산정되었다.

자기자본 회수기간은 7.2 년이며, B/C 비율은 1.6으로 산정되었다.

<표 20> 해외 바이오매스 사용 시 경제성 분석

구분	바이오매스 가격 (원/ton)	REC 가중치	IRR (%)	NPV (억원)	자기자본 회수기간 (년)	B/C 비율
해외	115,410	1.5	12	699	7.2	1.6

10) 내부수익률(Internal rate of return, IRR) : 사업기간 동안의 현금수익 흐름을 현재가치로 환산하여 합한 값이 투자지출과 같아지도록 할인하는 이자율을 말한다.

11) 비용편익비(Cost-benefit ratio, B/C) : 비용의 현재가치에 대한 편익의 현재가치의 비율을 말한다.

## 4. 2 공급인증서 가중치 변화와 경제성 분석

국내 바이오매스와 해외 바이오매스에 대한 경제성 분석 결과 연료가격의 차이로 인해 경제성이 큰 차이를 보이고 있는 것으로 판단되며, 국내 바이오매스 연료 활성화를 위해서는 연료가격의 차이를 보전할 수 있는 방안 마련이 필요한 것으로 판단된다.

이에 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치를 점진적으로 변화시켜 경제성 분석을 하였으며, 그 결과는 아래 <표 21>과 같다.

REC 가중치는 전소발전 기준인 1.5 수준에서 점진적으로 증가시킨 결과 가중치 2.2에서 세전 내부수익률(IRR)이 (+)값인 0.01%로 나타났으며, 가중치 2.5에서 순현재가치(NPV)가 (+)값인 158 억원으로 전환되었다.

또한 가중치 2.8 적용 시 순현재가치(NPV)는 742 억원으로 해외 바이오매스 연료 사용할 때 순현재가치(NPV)인 699 억원보다 높은 것으로 산정되었다.

<표 21> 공급인증서 가중치 변경에 따른 경제성 분석

구분	바이오매스 가격 (원/ton)	REC 가중치	IRR (%)	NPV (억원)	자기자본 회수기간 (년)	B/C 비율
국내	282,500	1.5*	-	- 1,791	-	-0.45
		2.0	-9.3	- 817	-	0.34
		2.2	0.01	- 427	20	0.65
		2.5	7.2	158	9.7	1.1
		2.7	10.9	547	7.5	1.4
		2.8	12.6	742	6.8	1.6
해외	115,410	1.5*	12	699	7.2	1.6

\* 바이오매스 전소발전 기준으로 REC 가중치 1.5를 기준으로 함



### 4.3 국내 바이오매스 발전의 적정 REC

공급인증서(REC)의 가중치를 변화시키며 RETScreen 모델에 적용한 결과 국내 바이오매스(연료가격 282,500 원/ton) 연료를 사용하는 경우 공급인증서 가중치를 2.8 수준으로 상향해야 국외 바이오매스(연료가격 115,410 원/ton)에 대하여 경제성을 갖는 것으로 분석되었다.

이 경우 국내 바이오매스와 해외 바이오매스의 연료 가격차는 145% 수준이며, 공급인증서(REC) 단가를 약 87% 상향 조정해야 하는 것으로 나타났다.

<표 22> REC 가중치 조정 후 REC 단가 비교

구분	바이오매스 가격* (원/ton)	가중치 조정 후 REC 단가 (원/MWh)
국내 바이오매스(A)	282,500	237,350**
해외 바이오매스(B)	115,410	127,152***
((A-B)/B)(%)	145%	87%

\* 2015년 국내외 바이오매스 가격을 기준함

\*\* 2015년 REC 평균단가(84,768 원/MWh) × REC 가중치 2.8 적용

\*\*\* 2015년 REC 평균단가(84,768 원/MWh) × REC 가중치 1.5 적용

## 제 5장 결론

### 5. 1 연구 요약

발전시설 용량 500MW 이상 규모인 발전사는 신재생에너지 의무할당제도(RPS)에 의거 태양광, 풍력, 연료전지 및 바이오매스 발전 등의 신재생에너지 발전시설을 설치하거나, 이에 상응하는 신재생에너지 공급인증서(REC)를 구매해야 하는 의무가 주어진다.

이러한 신재생에너지원 중에서 비용적인 측면 또는 사업 추진 용이성 측면에서 기존 화력발전 설비를 이용하여 쉽게 접근할 수 있는 바이오매스발전 사업을 지속적으로 추진하고 있으나, 그에 따른 문제점도 발생하고 있다.

특히 바이오매스 연료에 대한 높은 해외 의존도와 품질 기준 이하 연료 사용으로 인해 환경 친화적인 신재생에너지 보급 확대라는 본래의 취지에 부합하지 못하고 있다는 지적이 많다.

이에 국내 바이오매스 연료의 활성화라는 측면에서 국내 바이오매스를 활용하는 경우 REC 가중치를 다양하게 적용할 수 있는 근거를 마련하고자 본 연구를 수행하였다.

국내의 바이오매스발전의 공급인증서 가중치는 단순하게 혼소와 전소로 나누어 1.0과 1.5로 적용하고 있다. 따라서 바이오매스 발생원, 품질, 원산지, 발전원가 등 다양한 요인을 고려하여 차별화된 REC 가중치를 산정하는 방안이 필요하다.

특히 수입되는 바이오매스의 낮은 가격으로 국내 바이오매스 구매를 기피함으로써 국내 바이오매스 산업이 붕괴하는 현상이 발생하고 있는바 국내에서 생산된 바이오매스의 경우 적정 REC 가중치를 부여하는 가격 차별화 정책 도입이 필요하다 판단된다.

또한 EU나 일본 등에서 바이오매스의 품질 등급과 이력관리를 통해 수입되는 바이오매스의 양과 가격을 통제하고 있는바, 우리나라 역시 국내 바이오매스와 해외 바이오매스의 품질과 원가구성의 차이를 고려하여 적절한 수준으로 차별화하는 정책 적용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 RETScreen 모형을 활용하여 국내외 바이오매스 연료 가격 차이에 따른 바이오매스 발전사업의 경제성 차이를 분석하고, 국내 바이오매스의 활성화를 위한 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치 적정 수준을 산정하고자 하였다.

30MW 바이오매스 전소 발전을 기준으로 국내 바이오매스(연료가격 282,500 원/ton)와 해외 바이오매스(연료가격 115,410 원/ton)를 사용한 경우 국내 연료 사용의 사업성은 순현재가치(NPV) 기준 (-) 1,791 억원, 해외 연료 사용의 경우 순현재가치(NPV)는 (+)699 억원으로 산정되었다.

이에 국내 바이오매스발전의 경우 공급인증서(REC) 가중치를 1.5에서 순차적으로 변화하여 RETScreen 재정 분석을 수행한 결과 공급인증서(REC) 가중치를 2.8까지 증가시켰을 때 해외 연료를 사용한 경우의 순현재가치(NPV)와 비슷한 경제성에 도달하였다.

## 5. 2 연구 의의 및 한계

정부는 태양광 발전 또는 풍력 발전 사업 추진 시 에너지저장장치(ESS)를 연계하는 경우 일정 조건 하에서 기존 신재생에너지 공급인증서(REC)의 가중치를 높게 적용하여 추가적인 편익을 제공하고 있다.

이는 신재생에너지 출력안정화(Renewable energy integration, RI) 용도로 ESS를 적극적으로 활용하려고 하지만 아직 ESS 기술 대비 높은 설치단가로 인한 시장이 활성화되지 못하는 문제점을 인해 공급인증서(REC) 가중치를 조정하여 ESS 시장을 우회적으로 지원하고 있는 것으로 판단된다.

이와 같이, 국내 바이오매스를 활용한 신재생에너지 발전사업의 경우에도 국내 바이오매스 활성화 차원에서 차별화된 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치를 적용하는 것이 가능할 것으로 판단되며, 바이오매스 원산지, 연료 품질, 생산이력 등에 따라 가중치를 차별화 할 수 있는 정책적 근거를 마련하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치에 영향을 줄 수 있는 여러 요인 중 연료의 원산지에 따른 연료가격 차이만을 고려하여 신재생에너지 공급인증서(REC)의 가중치를 산정하였다.

향후에는 연료 원산지 외 연료의 품질, 생산 이력 등 다양한 가격 결정 요인을 기반으로 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치에 어떠한 차이가 발생하는지 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

IEA. 2017. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion, Highlights.

IEA. 2017. World Energy Outlook 2016.

REN21. 2017. RENEWABLES 2016, GLOBAL STATUS RERORT.

Colin Clark. 1940. The Conditions of Economic Progress(경제의 진보 조건)

강선민, 전영재, 조성흠, 이대겸, 전의찬. 2017. RETScreen 기반 유희공간 태양광 발전 시스템의 경제성 평가 연구\_부산시 강서구 사례를 중심으로, Journal of Climate Change Research 2017, Vol. 8, No. 1, PP. 21~30.

강현구. 2012. 산림 바이오매스의 에너지 활용을 위한 타당성 분석 연구.

김준영. 2016. 신재생에너지 의무할당제(RPS)가 국내 신재생에너지 발전량에 미친 영향 분석, 숭실대학교 석사학위 논문.

국회입법조사처. 2016. 신재생에너지 보급 육성 현황과 개선방안, 2015년도 국정감사 시정 및 처리결과 평가보고서.

김종현. 2014. 폐목질계 바이오매스 재활용의 경제·환경성 분석연구.

김진오. 2013. 바이오에너지 기준 및 범위 설정에 관한 연구.

김철. 2013. 해외 바이오매스 발전사업의 최적 투자결정모형 연구, 세종대학교 박사학위 논문.

산림바이오매스에너지협회. 2015. 수입펠릿 가격 조사.

산림조합중앙회. 2012. 기후변화 e-리포트.

산림청. 2015. 2014년 기본 목재이용실태조사 보고서.

산림청. 2015. 목재펠릿 통계.

소진영. 2013. RPS 대응 국내외 바이오·폐기물에너지원 잠재량 분석 및 확보방안, 기본연구 보고서 13-22.

심영권. 2005. 친환경 연료 우드펠릿의 생산과 공급체계 구축

에너지경제연구원. 2015년 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석.

에너지경제연구원. 2016년 세계에너지시장 인사이트, 제16-23호.

윤영만. 2014. 국내바이오매스 이용 실태와 활성화 방안, 세계 농식품산업 동향.

이정임. 2009. 목질계 바이오매스의 에너지 활용연구, 정책연구 2009-35.

이주수. 2012. RETScreen을 활용한 해외 풍력발전사업 타당성 평가 연구, 세종대학교 석사학위 논문.

조상민. 2016. 국제 신재생에너지 정책 변화 및 시장 분석. 기본연구 보고서 16-28.

조현구. 2014. 목재펠릿 지원정책 개선방안 및 예상효과 연구\_국유림의 원료 공급 확대정책을 중심으로, 석사학위 논문.

폐자원에너지센터. 2015. 고품연료 가격 조사자료.

한국동서발전(주). 동해 바이오화력 본부 발표자료.

한국에너지공단. 2015년 대한민국 에너지 편람.

한국에너지공단. 2016년도 신재생에너지 보급통계.

한국에너지공단 신재생에너지센터. 2016. 2015 재생에너지현황보고서 번역본.

## **Abstract**

# **A study on the activation of Renewable Portfolio Standard with RETScreen software -Focusing on Biomass power plant-**

NA GUEM JAE

Cooperate Course for Climate Change

The Graduate School

Sejong University

Because de-coal fire power and the de-nuclear power policy of the government, the gap in the domestic power market is expected to be complemented by fostering renewable energy sources such as solar power, wind power, bio-energy, and fuel cells.

In particular, it is expected that the reliance on biomass and waste energy, which occupies a large portion in domestic and overseas renewable energy development, will become even higher. In addition, the government need to plans for revitalize domestic bio-energy fuels in the domestic biomass generation market.

In this study, we propose the adoption of the differentiation policy for the



Renewable Energy Certificate (REC) weight to activate the domestic biomass fuel market. To do this, we analyze the economics of the difference in domestic and overseas biomass fuel prices using the RETScreen model, and estimate the range with similar economic effects by changing REC weights.

When the domestic biomass fuel price is 282,500 won/ton, the Net Present Value(NPV) of the power generation project is (-)179.1 billion won. If the weight of REC is changed from 1.5 to 2.8, NPV of power generation projects is up to the overseas fuel price at 115,410 won/ton.

Recently, installed Energy Storage System(ESS) with wind power or photovoltaic power, high REC weights are given when certain conditions are met.

Similarly, if the policy to differentiate the REC weights according to the fuel source, quality grade, fuel history etc. is provided for the activation of the domestic biomass fuel market, the domestic biomass fuel market will be activated.

**Keywords : Biomass power plant, Renewable Portfolio Standard(RPS),  
Renewable Energy Certificate(REC), RETScreen**

## 감사의 글

늦은 시기에 석사를 시작하며 마음속 한자리에 부담을 항상 지녀왔는데 주변 분들의 격려와 도움으로 좋은 결실을 맺을 수 있었기에 이렇게 감사의 글로 그 고마움에 표현하고자 합니다.

석사를 시작할 때 혼자였지만 지금은 한사람의 남편으로 막중한 위치에 서게 되었습니다. 소중한 신혼의 시간을 논문 작성에 양보해준 나의 반쪽 이지, 너무나 고맙고 사랑한다. 너와 미래의 우리 아이들을 위해 더욱 노력할게.

5남매를 키우시느라 본인들의 삶을 희생하시며 언제나 뒤에서 든든한 버팀목이 되어주신 나관호 사장님, 박태희 여사님 사랑하고 감사드립니다. 수현누나와 매형, 효섭누나, 근영, 유주, 처남들, 이쁜 조카들 그리고 장인, 장모님과 처가 식구들 모두 이 기회를 통해 감사의 인사 올립니다.

마지막으로 세종대 기후변화협동과정이라는 좋은 토양에서 싹을 키울 수 있도록 이끌어 주신 전의찬 교수님 어떠한 말로 이 감사함을 다 표현할지 모르겠습니다. 다시 한 번 부족한 저에게 기회를 주셔서 감사드립니다. 그리고 석사 논문 심사위원으로 참여해주신 김철 박사님과 김하나 교수님 귀중한 시간을 할애해주시고 아낌없는 도움을 주셔서 감사드립니다.

기후변화특성화대학원 원우 여러분과 소중한 인연을 맺게 되어 감사하며, 소중한 인연이 영원할 수 있도록 노력하겠습니다.