

기획연구
2009-09

미국 주정부의 지역에너지계획 조사연구

왕영두 · 김영우 · 박용규 · 김정연 · 박상철
Patrick E. Meyer · Wei-Ming Chen



CDI 충남발전연구원
Chungnam Development Institute

www.cdi.re.kr

기획연구
2009-09

미국 주정부의
지역에너지계획
조사연구

2009.12

충남발전연구원

ISBN : 978-89-6124-119-9 03350



기획연구 2009-09

미국 주정부의 지역에너지계획 조사연구

왕영두 · 김영우 · 박용규 · 김정연 · 박상철 ·
Patrick E. Meyer · Wei-Ming Chen

발 간 사

충청남도가 내실 있는 녹색성장을 이루기 위해서는 무엇보다도 체계적인 지역에너지정책을 수립·추진할 필요가 있다.

이를 위해서는 충청남도가 대내·외적 환경변화에 적극 대응하여, 에너지-환경-경제발전에 Win-Win-Win 할 수 있는 장·단기적 에너지정책에 대한 보다 심층적인 연구와 함께 그 실질적 이행방안을 마련할 필요가 있다. 특히, 세계적인 에너지 정책방향과 기술개발 동향을 파악하고, 이를 토대로 충남지역에 맞는 다각적인 에너지정책 실행방안을 수립하는 것이 필요하다.

이에 따라, 제1차년도 연구결과인 충남지역 여건과 특성에 맞는 공간통합적 에너지계획(SIREP, Spatially Integrated Regional Energy Planning)을 토대로 지역에너지정책·계획에서 선도적인 위치에 있는 미국 주들의 에너지 정책을 심층 분석함으로써 충남의 지속가능한 녹색성장, 지역에너지 정책과 전략별·단계별 실천방안 수립에 필요한 정책적 제안사항을 도출하였다.

구체적으로, 본 연구는 미국 캘리포니아주, 델라웨어주, 버몬트 주 등을 대상으로 지속가능성과 공간통합계획의 관점에서 지역에너지 정책과 계획, 그리고 실천성과 등을 분석하였다. 둘째로, 지역에너지 계획의 배경(현 에너지사용 정책과 패턴, 에너지정책의 쟁점사항들), 주요 재생가능에너지 정책과 확대 전망, 에너지 계획 관련 제도적 장치(제도화 절차와 관련기관), 실행 구조(제도적 재정적 메카니즘, 사회 참여 등) 등을 조사하였다. 셋째, 문헌조사를 통하여 재생가능에너지에 대한 전 세계적 기술, 시장 및 R&D 동향을 파악하였다. 마지막으로, 충남지역 에너지계획에 대한 정책적 제안을 공간통합 지역에너지계획(SIREP) 관점에서 대안 제시하였다.

아무쪼록 본 연구에서 제시한 미국 주정부의 에너지계획에서 나타나는 다양한 선진 사례들과 신재생에너지 자원의 잠재량에 대한 연구 추진, 장기 재정지원 및 투자계획 개발, 지역특성에 맞는 신재생에너지 개발의 우선순위 결정, 보다 상세한 장기 목표 설

정, 에너지 효율향상과 기후변화 대응 등의 제안이 향후 충청남도의 지역에너지정책 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

마지막으로 이 연구를 수행한 델라웨어대학교 에너지환경연구소의 왕영두 교수를 비롯한 참여 연구진과 충남발전연구원의 김정연 선임연구위원, 박상철 연구원의 노고에 감사드린다.

2009년 12월 31일

충남발전연구원장 김 용 응

연구요약

텔라웨어대학교 에너지 및 환경정책 센터(CEEP: the center for energy and environmental policy)에서 개발한 지역에너지계획의 구조(framework)를 토대로 지역에너지 계획의 개념과 요소를 분석하였다.

첫째, 통합자원계획(IRP: Integrated Resource Planning)은 전반적인 시스템의 효율성을 최대화하고 시스템 비용을 최소화함과 동시에 자원에 대한 수요 또는 요구를 충족할 수 있는 수요와 공급 양 측면의 조건들을 고려한다(D'Sa, 2005; Ramachandra, 2009). 둘째, Soft Energy Path는 신재생에너지의 보급 확대와 에너지 효율성 향상을 강조한다. 셋째, 분산형 발전(distributed generation)은 신재생에너지 이용의 확대를 가능하게 하는 보다 작은 규모의 지역화된 발전시설로 구성된다(Carley, 2009). 넷째, E4는 지속가능성의 네 가지 구성 요소인 에너지(Energy), 환경(Environment), 경제(Economy), 및 형평성(Equity)를 의미한다. 기본개념으로써 E4를 고려한 에너지 구조(framework)는 지속가능성을 성취할 수 있도록 해준다(Wang et al., 1996).

미국의 주에너지 계획과 세계 각국의 신재생에너지 기술 및 정책 동향에 대한 분석 결과를 토대로 충남지역의 에너지계획 방향에 대해서 몇 가지 점에서 제언을 하였다. 에너지계획 구조 (framework)의 기본 요소를 바탕으로 분석한 결과는 다음과 같다.

풍력

기후변화와 에너지 안보 문제에 대한 관심은 전세계적으로 풍력발전의 중요성을 더해 주고 있다(Bolinger and Wiser, 2009). 풍력발전 기술은 성숙 단계에 접어들고 있으며, 많은 국가들이 적극적으로 정책을 개발하고 시장을 확대하고 있다. 풍력발전을 위한 주요 정책 수단에는 발전차액 지원제도(feed-in tariffs)와 환경인증(green certificates) 제도가 있다. 공개매수, 투자 인센티브, 또는 세금 면제 등의 정책수단 역시 몇몇 국가에서 도입하고 있으며, 발전차액지원제도 또는 환경인증제도와 결합하여 시행하는 사례도 찾

아 볼 수 있다(EWEA, 2009c).

지열 에너지

많은 국가들이 지열에너지 개발을 위한 구체적인 목표를 설정하고 있으며, 성공적으로 지열자원을 에너지원으로 활용하고 있다. 미국의 경우, 연방정부 차원에서, 신재생에너지 프로젝트에 대한 재정지원 정책으로 생산세액공제(PTC: the Federal Production Tax Credit)가 중요한 역할을 하고 있으며, 지열발전 프로젝트 역시 PTC의 혜택을 받게 된다. 지열에너지 프로젝트는 운영 개시 후 첫 10년간 kWh 당 약 2센트의 비율로 세액공제를 받을 수 있다. 지열 에너지 기술 프로그램(GTP: the Geothermal Technologies Program)은 미국 내 지열 에너지원의 발굴, 접근 및 이용을 위한 혁신적인 지열에너지 기술 개발을 목표로 하고 있다.

태양에너지

미국에서는 태양에너지 보급을 위해 가정용 태양 에너지 설비(전기 및 온수)의 구매 및 설치에 대해 30%의 세액공제를 부여하고 있다. 다양한 태양에너지 보급 정책 중 태양 에너지 발전을 촉진하기 위한 가장 전형적이고 중요한 정책 중 하나가 발전차액 지원제도(feed-in tariffs)이다. 미국에서는 신재생에너지 의무공급제도와 세제 혜택이 보다 일상적인 유인제도로 채택되고 있다. 10%의 연방정부 세액공제에 추가하여 약 30%의 주정부 세액공제가 가정용 태양 에너지 시스템의 구입 및 설치 시 지원된다.

수소·연료 전지

미국의 경우, FreedomCAR 프로그램이 수소에너지 연구를 위해 1.7억 US 달러를 제공하고 있으며, 장기적으로 수소연료전지의 가격을 낮추려는 목표를 설정하고 있다. 일본의 경우, 2002년에 설립된 'Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project (JHFC)'는 다양한 공급 원료로부터의 수소 생산, 수소연료자동차 (FCVs)의 성능, 환경에의 영향, 총 에너지 효율성, 실제 사용 조건에서의 안전성 등에 관한 기본적인 자료를 수집, 공유를 목표로 하고 있으며 아울러 FCVs의 대량생산과 보급 확산에 관한 로드맵 개발을 목표로 설정하고 있다(JHFC, 2009). 건전하고 균형적인 수소 산업을

확보하기 위해 이동형 및 고정형 연료전지 시스템의 균형 있는 개발을 추진해야 할 것이다.

에너지 효율성과 에너지 보전

발전 및 전송 효율성 향상은 전반적인 시스템 효율성을 증가시킴으로써 에너지 소비와 온실가스 배출을 저감할 수 있다(Smith et al., 2002). 특히, 분산발전 (distributed generation)과 발전된 전력망 기술은 공급 측면 효율성 제고를 위한 대표적인 정책 수단이다. 정부의 정책적 노력이 에너지 효율성의 성공적인 개선에 주요한 역할을 하기 위한 노력에는 R&D 재정지원, 에너지 효율성 기준 설정, 교육, 경제 주체에 대한 의무 부과와 재정 인센티브 등과 같은 광범위한 정책과 프로그램이 포함된다(Geller and Attali, 2005).

해양에너지

많은 국가들이 해양에너지 R&D에 대한 재정 지원을 강화하고 있다. 몇몇 국가들은 현재 막대한 생산비용을 지원하기 위한 시장지원 메커니즘을 도입하고 있는 바, 이러한 정책 수단은 (1) 연구 및 혁신 정책, (2) 시장 발전 정책 (market deployment policies) 및 (3) 시장기반 에너지 정책 등 3가지로 유형화 할 수 있다

정책 제언

1. 신재생에너지 자원의 잠재량에 대한 연구가 선행되어야 한다.
2. 장기 재정지원 및 투자 계획 개발이 필요하다.
3. 지역특성에 맞는 신재생에너지 개발의 우선순위가 결정되어야 한다.
4. 장기 목표를 보다 상세하게 설정하여야 한다.
5. 에너지 효율 향상이 가장 효과적이며 최우선 정책이어야 하며, 기후변화에 적극 대응해 나아가야 한다.

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
1) 연구의 필요성	1
2) 연구의 목적 및 내용	2
2. 연구의 방법 및 선행연구와의 차별성	2
1) 연구방법	2
2) 선행연구와의 차별성	3
제2장 지역에너지계획의 개념과 요소	5
1. 개요	5
2. 공간통합 지역에너지 계획	6
1) 목표연도의 역할	7
2) 수요와 공급의 역할	8
3) Soft energy path	8
4) 수요와 공급의 예측과 수급 격차	10
5) 공급과 수요측면의 에너지 사용	11
6) 최소 비용 옵션	12
3. 지속가능한 에너지	12
1) 효율성	13
2) 신재생 에너지와 재래에너지 개선	14
3) 분산형 발전의 적용	14
4) 발전패키지의 적용	16

제3장 미국의 연방 및 주정부의 에너지계획 18

1. 미국 연방차원의 에너지 계획 특징	18
1) 2005년 에너지정책법	19
2) 2007년 에너지 자립 및 안보법	19
3) 2009년 미국 회복 및 재투자법	19
2. 델라웨어주의 에너지정책	21
1) 배경	21
2) 지역에너지 정책의 주요 목표와 수단	22
3) 지속가능한 에너지 유틸리티(SEU)	23
3. 캘리포니아의 에너지정책	26
1) 배경	26
2) 주요 신재생 에너지 정책	28
3) 캘리포니아주 신재생 에너지 목표	32
4) 소결	34
4. 버몬트주의 에너지정책	34
1) 배경	34
2) 주요 신재생 에너지 정책	36
3) 에너지기관 구조	37
4) 이행 구조	39
5) 재정 메카니즘	40
6) 신재생 에너지 정책의 목표	40
7) 소결	43

제4장 신재생에너지 기술동향 및 정책적 함의 44

1. 풍력에너지	44
1) 기술개발 동향	44
2) 정책적 함의	47
2. 지열에너지	51

1) 기술개발 동향	51
2) 정책적 함의	52
3. 태양광에너지	53
1) 기술개발 동향	53
2) 정책적 함의	55
4. 바이오매스 에너지	55
5. 연료전지	57
1) 기술개발 동향	57
2) 정책적 함의	58
6. 에너지 효율	59
1) 기술개발 동향	59
2) 정책적 함의	60
7. 해양 에너지	60
1) 기술개발 동향	60
2) 정책적 함의	61
제5장 충남지역 에너지정책 방향 및 제언	62
1. 개요	62
2. 지역에너지 정책의 추진전략	63
3. 정책 제언	65
1) 신재생에너지 자원의 잠재량에 대한 연구 추진	65
2) 장기 재정지원 및 투자 계획 개발이 필요	65
3) 지역특성에 맞는 신재생에너지 개발의 우선순위 결정	65
4) 보다 상세한 장기 목표 설정	66
5) 에너지 효율향상과 기후변화 대응	66
참고문헌	67

표 차 례

<표 1> 선행연구와의 차별성	4
<표 2> 2008년 전력발전을 위한 신재생 에너지원	28
<표 3> Rebates Available for Emerging Renewable System	30
<표 4> 신재생 에너지 프로그램 재원 배분(1998~2006)	31
<표 5> 신재생 에너지 프로그램 재원 배분(2007~2011)	31
<표 6> 자원 믹스 시나리오	33
<표 7> 버몬트 주 에너지 개요	34
<표 8> 버몬트의 총 에너지, 기름 소비 및 신재생에너지 소비 예측	41
<표 9> 2007, 2008년 아시아 지역 풍력발전 시설 용량	48

그림 차례

<그림 1> 델라웨어 SEU 기대효과	25
<그림 2> 2006년 분야별 캘리포니아 에너지 소비	26
<그림 3> 2006년 캘리포니아 에너지원	27
<그림 4> 에너지원 종류별 캘리포니아 전력 발전(2008)	27
<그림 5> 캘리포니아 신재생 에너지 목표를 향한 진전	33
<그림 6> 버몬트의 전력 분야 및 신재생 에너지 분야의 차트	42
<그림 7> 풍력발전 시장에 대한 삼중 규제의 역동성	45
<그림 8> 전세계 풍력발전의 누적 시설용량, 1996-2008	47
<그림 9> 세계 PV 설치 용량	54

제1장 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

1) 연구의 필요성

국제적으로 온실가스 감축, 에너지 안보 및 에너지 환경문제에 대한 국제협력과 함께 그 이행방안에 대한 논의가 확대되고 있다. 국내적으로도 이명박 정부의 출범과 함께 저탄소 녹색성장에 대한 국가적 투자와 지원을 확대하고 있다. 보다 괄목할 만한 것은 기후 변화라는 인류의 큰 위기에 직면하여 현 정부는 다른 정부와 달리 보다 과감한 국가 중기 온실가스 감축목표를 설정하고 국제사회를 선도해 나가고 있다는 것이다.

지속가능한 성장을 추구하는 충남은 이러한 국내·외적 환경변화에 적극 대응하여, 에너지-환경-경제발전에 Win-Win-Win 할 수 있는 장·단기적 에너지정책에 대한 보다 심층적인 연구와 함께 그 실질적 이행방안을 마련하는 것이 중요한 시점이다. 이를 위해 주요 선진국, 특히 미국의 지역에너지 정책을 선도하는 주들의 에너지 계획 및 정책을 Benchmarking해 볼 필요가 있다. 이러한 계속적인 연구와 분석 작업을 토대로 세계적 에너지 정책방향과 기술 개발 동향을 파악하고, 이를 토대로 충남지역에 맞는 다각적인 에너지정책 실행방안을 수립하는 것이 시급한 실정이다.

따라서, 제1차년도 연구결과인 충남지역 여건과 특성에 맞는 공간통합적 에너지자원 계획(SIREP)¹⁾을 토대로 미국 주에너지 정책을 심층 분석함으로써 충남의 지속가능한 녹색성장, 지역에너지 정책과 전략별, 단계별 실천방안 수립에 필요한 정책적 제언사항을 도출하고자 한다.

1) Spatially Integrated Regional Energy Planning

2) 연구목적 및 내용

본 연구의 목적은 1차년도 “지속가능한 충청남도 에너지 정책방향에 관한 연구”의 후속사업으로 1차년도에서 제시한 공간통합 지역에너지계획(SIREP)의 정책방향과 전략의 개념 하에서 미국의 각 주정부의 에너지 정책/계획을 조사·연구하고 공통점과 차별성을 분석하여, 충남지역 에너지정책/계획의 실질적인 이행방안에 대한 정책 제안에 그 목적이 있다.

이를 위해 본 연구는

- 1) 미국 캘리포니아주, 델라웨어주, 버몬트 주 등을 대상으로 지속가능성과 공간통합계획의 관점에서 지역에너지 정책과 계획, 그리고 실천성과 등을 분석
- 2) 지역에너지 계획의 배경(현 에너지사용 정책과 패턴, 에너지정책의 쟁점사항들), 주요 재생가능에너지 정책과 확대 전망, 에너지 계획 관련 제도적 장치(제도화 절차와 관련기관), 실행 구조(제도적 재정적 메카니즘, 사회 참여 등) 등을 조사
- 2) 사례분석 결과를 토대로 미국 각주의 지역에너지계획/정책의 공통점과 차이점을 조사·분석
- 3) 재생가능에너지에 대한 전 세계적 기술, 시장 및 R&D 동향 등을 문헌 조사
- 4) 이를 토대로 충남지역 에너지계획에 대한 정책적 제안을 공간통합 지역에너지 계획(SIREP) 관점에서 대안 제시

2. 연구의 방법 및 선행연구와의 차별성

1) 연구 방법

이 연구는 충남지역 에너지자원의 특성 분석을 토대로 에너지, 경제, 환경, 형평성의 관점에서 지역энер지를 협력적·통합적으로 운영할 수 있는 통합적 에너지자원 계획

에 대한 정책방향을 제시하기 위함이다.

- 1) 공간통합 지역에너지 계획(SIREP)²⁾ 과 지속가능성 E4 모델³⁾의 관점에서 미국
의 2~3개 주 에너지계획을 문헌 및 조사, 분석
- 2) 재생 가능 에너지에 대한 전 세계적 기술, 시장 및 R&D 동향을 문헌 조사
- 3) 미국 지역에너지계획에 대한 정책분석과 재생가능한 에너지에 대한 전망을 토
대로 대안 제시

2) 선행연구와의 차별성

○ 선행연구 현황

- 지역에너지계획 조사연구용역 (한국기업경영연구소)
- 지속가능한 충청남도 에너지정책 방향에 관한 연구(미 델라웨어대학교)

○ 선행연구와의 차별성

기존 지역에너지계획 관련 연구들은 중앙정부의 에너지정책을 따른 공급 위주로 계획 되어 왔으며, 최근 미국 델라웨어대학교의 '지속가능한 충청남도 에너지정책 방향에 관한 연구'는 공간통합 에너지계획과 E4의 개념적 틀에서 충남지역 에너지정책 수립을 위한 장·단기 방향을 제시한 바, 본 연구에서는 구체적인 사례연구를 통해 1차 년도의 이념적 토대위에 지역에너지 정책이 현장에서 실제로 어떻게 구현되고 있는가에 중점을 두고 분석하고자 하는 연구다.

○ 주요 선행연구와 본연구의 차별성 요약

2) Spatially Integrated Regional Energy Planning

3) Energy, Environment, Economy, Equity

<표 1> 선행연구와의 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1	<지역에너지계획 조사연구용역> 신·재생에너지 로드맵 작성 등 향후 5년간(2007~2011년) 추 진될 충청남도의 중기 지역에 너지계획을 마련	- 문헌조사/자료분석	▲지역에너지 공급체계 분석 및 수요전망, ▲에너지 공급 대책, 에너지이용 합리화 및 이산화탄소 배출 저감대책 ▲신재생에너지 개발 및 이 용·보급 대책
	2	<지속가능한 충남 에너지정책 방향에 관한 연구> 지역특성에 맞는 에너지 이용 체계 및 개념을 확립하고 에너 지 이용 효율화 촉진 및 구체 적인 정책방향을 제시	- 해외 사례연구 - 문헌조사/자료분석	▲지속가능성과 공간통합계 획의 관점에서 지역에너지 특성을 분석 ▲ 지역에너지 위한 정책지침을 마련 ▲에 너지 효율과 수요관리의 통 합적 지역에너지 정책 제시.
본 연구		<미국 주정부의 지역에너지계 획 조사연구> 미국 캘리포니아, 델라웨어, 버 몬트 등의 지역에너지 계획을 조사, 분석하여 충남지역에너 지계획의 구체적 대안을 제시	- 해외 사례연구 - 문헌조사/자료분석	▲지속가능성과 공간통합계획 의 관점에서 미국 각 주의 에 너지계획 특성을 분석 ▲ 공통 점, 차이점을 분석하고 에너지 기술, 시장동향 조사 ▲충남지 역에너지계획에 정책 제언

제2장 지역에너지계획의 개념과 요소

1. 개요

에너지는 일상생활의 기본 구성 요소이자 경제 발전과 근대화의 기초이다. 또한 에너지 소비량은 군사력 및 물질적 안락과도 연관이 있을 뿐 아니라, 문명의 발전과도 깊은 관련이 있다. Basalla(1980)는 많은 에너지 소비는 더 빠른 문명의 발전을 이룰 수 있다는 것을 “에너지 문명 방정식”을 통해 설명한다. 이 방정식은 19세기 초에 유래되었으며, 우리는 우리 조상들의 석탄 사용량의 10배를 사용함으로써 인해 조상들에 비해 석탄사용량 그 이상으로 지적·도덕적 및 영적으로 보다 나은 삶을 살고 있다는 것을 의미한다(Basalla, 1980).

그러나 Basalla의 “에너지·문명 방정식”은 화석연료와 같은 재래의 에너지 자원을 바탕으로 설명하고 있다. 이러한 화석 연료 기반의 생활양식은 경제 불안, 환경오염과 유해 물질, 그리고 지구온난화와 같은 많은 문제를 촉발시켰다. 예를 들어, 화석 연료를 기반으로 한 탄소경제는 석유와 같은 화석연료의 가격과 공급량의 급변으로 인한 직·간접적으로 경제 발전과 사회안정에 영향을 끼치는 등 경제적·사회적 불안이라는 문제점을 일으키게 된다.

특히, 화석 연료로 인한 환경문제는 갈수록 심해지고 있다. 화석연료는 지구 온난화의 주범인 인위적 이산화탄소 배출량의 78%를 차지하고 있다. 또한 화석연료는 메탄 배출량의 23%와 심각한 대도시 대기 오염을 불러일으키며 대기 중에서 부유 분진이나 매연 등의 형태로 배출물을 발생시켜 인류의 건강과 재산에 막대한 영향을 미친다.

이러한 대기중에서 배출물들의 광화학적 반응들은 광화학 스모그, 산성비의 형태로 나타나 인류의 생존은 물론 지구생태계의 유지마저 위협하고 있다. 인류는 화석연료 연소로 인한 이러한 경제, 사회, 환경문제들은 극복하고자 에너지에 대한 새로운 패러다임을 정립하고 새로운 에너지원을 찾으려는 노력을 시도하게 된다.

Brundtland 위원회는 지속가능한 발전을 “미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 가능성을 손상시키지 않는 범위에서 현재 세대의 필요를 충족시키는 개발”로 정의한다 (World Commission on Environment and Development, 1987).

지속가능한 발전의 세가지 요소는 경제성장, 사회발전과 빈곤 완화, 환경보호로 요약된다. 이러한 세가지 요소들은 향후 국가 및 지역에너지 계획은 물론 보다 광범위한 국제적인 환경에서 지역의 지속가능성 목표를 충족시킬 수 있어야 할 것이다.

지역의 지속가능성은 지역에너지계획에 있어 환경, 에너지, 경제, 사회, 규모에 주목하도록 하고 있다. 다양한 시간 규모 및 지방 행정 구조에서 지역 경제 개발 기회와 환경보호 및 사회적 형평성을 증진시키는 것은 지역에너지계획의 주요 목표이다.

지역에너지계획은 지역의 미래 발전 목표에 있어서 매우 중요한 요소이다. 자신의 지역에서 개발이 어떻게 전개되는지 인식하는 것뿐만 아니라, 자신들의 자산과 연계된 개발이 어떻게 진행될지에 대한 이해 또한 중요하다. 많은 지역에너지계획은 국가 또는 세계적 수준의 계획을 통해선 달성할 수 없는 구체적인 개발 목표를 가질 수 있다. 지역 수준(예를 들어, 도 또는 시)의 정책 결정자는 매우 구체적인 지역 문제에 대한 관심사를 가지고 있으며, 여기에는 최소 비용으로 목표 달성을 가능하게 하는 정확한 경제-기술 및 정치적 수단 등 다양한 정책 수단들이 포함되어야 한다.

즉, 에너지 계획은 사회적, 정치적, 환경적 요소들을 고려하여야 하며, 구체적인 국가 및 지역에서 시행된 에너지 계획과 관련된 역사자료를 고려한 에너지 계획이 이행되어야 한다(Cormio, Dicorato, Minoia, & Trovato, 2003). 지역에너지계획은 국가 차원에서 간과되기 쉬운 과업의 성취와 지역의 특정 목표에 집중이 가능하도록 하는데, 이는 지역에너지계획이 지역특성에 기인한 구조에서 출발하기 때문이다.

2. 공간통합 지역에너지계획

공간통합 지역에너지계획(SIREP)은 지역 내 에너지 수요 증가의 최소화를 시도하는 공간 중심의 지속 가능한 에너지 계획 접근방법이다(Wang, Byrne, Boo, Yun, & Soh, 1998). SIREP의 핵심 요소는 통합자원계획(IRP: Integrated Resource Planning), 소프트 에너지 패스(the soft energy path) 및 분산형 발전(Distributed generation)이다.

공간통합 지역에너지계획(SIREP)의 핵심 요소인 soft energy path와 분산형 발전은 공간통합 지역에너지계획이 지역 내 존재하는 고유한 분산된 에너지 자원을 최대한 활용할 수 있게 한다. 공간통합 지역에너지계획은 또한 공급 측면 및 수요 측면의 에너지 자원 조건의 균형을 추구한다. 지역 전력수요 안정화를 위해, 공간통합 지역에너지계획은 분산형 에너지 시스템과 중앙 집중형 발전과 송배전 시스템의 통합을 필요로 한다(Wang, Byrne, Boo, Yun, et al., 1998). 궁극적으로, SIERP의 발전은 지역의 지속가능성 개선에 기여한다. SIERP는 경제적 정당성, 정치적 권위의 측면에서 지역의 자율성을 높일 수 있다. 또한 이 지역의 에너지, 환경 및 형평성 관리의 개선에 도움이 될 수 있다는 것이다.

1) 목표연도의 역할

지역에너지계획의 가장 중요한 구성 요소는 계획의 목표연도⁴⁾이다. 설정된 목표연도에 따라 계획은 단기 에너지 경제의 작은 목표를 달성하도록 설계되거나, 장기의 에너지 경제 목표를 실현하도록 완전히 재설계될 수 있다. 예를 들어, 아일랜드는 2030년까지 수소 경제로의 전환하도록 하는 세계에서 가장 야심 찬 장기 지역에너지계획을 개발하였다(Solomon & Banerjee, 2006). 아일랜드가 설정한 바와 같은 목표의 달성 여부는 정교하게 고안된 목표연도와 그러한 목표를 달성하기 위한 지원 계획에 의존하게 된다. 아일랜드는 수력 및 지열 자원이 풍부한 부국으로서 2030년까지 수소 경제로 전환한다는 목표를 달성할 수 있을 것이다. 반면, 충남과 같은 작은 지방의 경우 같은 기간 내에 수소경제로의 전환은 실현 가능해 보이지 않으며, 가능하더라도 2~3배의 시간과 노력이 필요할 것이다. 모든 목표연도는 지역의 지리적·정치적·경제적 차이 등을 종합적으로 고려하는 것이 필요하다.

정교하게 설정된 목표연도를 포함하는 것은 중요성을 갖게 되는 바, 이는 에너지 소비 및 생산, 국내 총생산, 국내 에너지 자원의 잔존량 등과 같은 핵심 경제 및 사회 인구통계에 연간 발전 정도가 부합하게 되기 때문이다. 예를 들면, 에너지 소비는 한 국가가 추구하는 삶의 질 향상과 발전 정도를 가늠하는 가장 중요한 지표의 하나이며, 일정 기간 동안의 에너지 수요를 충족시키는 것은 에너지 계획의 기초가 된다는 것이다(Cormio, et al., 2003).

4) 정교하게 연구된 목표 연도는 에너지 계획의 핵심이며, 장·단기 계획에 구분 없이 상세하고, 구체적이며 일관성 있는 에너지 목표의 모든 구성요소를 이끌어 간다.

에너지 계획 기법은 일반적으로 모델링, 유추, 조사에 의한 계획 등 세가지 범주로 분류된다. 이러한 기법의 정확도는 단기, 중기(10년에서 20년), 장기 (20년 이상)와 같은 시간 간격에 달려 있다(Cormio, et al., 2003). 모델링은 중기 계획에서 일반적으로 유사하게 예측할 수 있으나, 장기계획은 인구통계, 경제, 그리고 자원전망 등의 예측불가능성 때문에 그 정확도가 떨어진다.

2) 수요와 공급의 역할

통합자원계획(IRP)은 공급 및 소비 측면의 자원을 동시에 고려해야 하며, 따라서 지역 내 에너지 서비스에 대한 수요를 충족시키는 수요 및 공급 측면 수단의 최적 조화를 추구한다(Yilmaz, Hakan Hocaoglu, & Konukman, 2008). 분산형 유틸리티(Distributed Utility)는 분산형 발전⁵⁾, 저장 그리고 중앙 집중형 발전을 보완하는 송배전시스템에서의 수요 관리(feeder-specific DSM)를 통합하는 개념으로, 송배전시스템에서의 더 나은 자원 활용을 가능하게 한다(Iannucci, 1994). 이러한 분산형 유틸리티(Distributed Utility) 개념에 따라, 증가하는 지역 에너지 수요를 보다 저렴한 비용에서 충족시킬 수 있는 지역 수요관리 기술, 지역 발전 및 저장에 대한 투자 설계가 가능하다(Feinstein, Orans, & Chapel, 1997).

3) Soft energy path

에너지 지속가능성은 지속가능 발전 달성을 위한 핵심 요소이며 화석에너지는 지속가능한 에너지원이 아니라는 것을 고려하면, 우리는 새로운 에너지 전략의 필요성을 이해할 수 있다. Soft energy path는 에너지의 효율적인 사용, 최종 사용자의 수요에 적합한 규모와 질을 가진 재생에너지 자원의 신속한 개발, 그리고 과도기적인 화석연료 기술을 대한 궁극적인 대안이다.

Soft energy path의 주된 특징으로는 화석연료보다는 재생에너지 자원에 중점을 두고 중앙 집중형 발전 시설이 아닌 다양하고 분산화된 에너지원에서의 에너지 공급체계를 선

5) 분산형 발전에 대한 정의는 다양하나, Gardner and Ashworth는 30MW 이하의 용량을 생산하는 발전 기술로 정의한다(Gardner and Ashworth 2008).

호하며 태양광이나 태양열의 사용과 같이 에너지 생성에 대한 공공의 이익과 이해를 용이하게 하는 유연하고 간단한 기술을 이용하고 규모나 지역적 분배에 있어 최종 소비자의 수요 충족시키고 송배전 과정에서의 에너지 손실 감소시킬 수 있다. 마지막으로 최종 소비자가 필요로 하는 양질의 에너지 공급한다고 특징지을 수 있다(Sheffield, 2002). 이러한 다섯 가지 특징으로 인해, Soft energy path는 인간 행태 및 에너지 기관의 구조 변화를 통해 지속가능한 미래를 달성하는 적합한 수단이라 할 수 있을 것이다.

Soft energy path는 에너지 소비를 줄이기 위하여 기술의 개선과 사회적 변화를 이용한다. 기술적 개선은 보다 적은 에너지로 보다 많은 작업을 하는 것을 의미한다. 단열재, 히트 펌프, 그리고 보다 효율적인 보일러와 자동차 엔진을 사용함으로써 에너지 손실 감소 기술을 사용할 수 있다. Sheffield의 연구에 따르면, 자동차의 운행을 위해 우리는 원유의 10%만을 사용하고 있다. 약 50 %는 채굴, 운반 및 정제과정; 약 40 %는 비효율적인 엔진 및 도로 마찰로 인해 손실 된다 (Sheffield, 2002). 따라서 Soft energy path는 에너지 손실 감소를 위한 기술사용을 시도한다. 에너지 공급증가와 비교할 때, 기술 개선이 일반적으로 보다 저렴하고, 빠르며, 안전하고 그 혜택을 지속시킬 수 있다(Sheffield, 2002).

Soft energy path는 또한 사회적 행태 변화를 통해 에너지 절약을 추진하고 있다. 카풀, 소형차 및 대중 교통이용, 자전거 또는 도보를 통해 보다 적은 에너지를 사용할 수 있다. 따뜻한 날 창문열기, 날씨에 맞는 옷차림, 재활용을 장려하는 것도 보다 많은 에너지를 절약하는 방법이다.

Soft energy path에 상반되는 개념으로 Hard energy path를 들 수 있다. Hard energy path는 에너지 공급 증가를 위해 원자력 발전과 같은 중앙 집중화된 첨단 기술의 급속한 확대에 의존한다. 과거 미국 정부는 Hard energy path를 채택함으로써 석탄, 석유 및 가스, 원자력과 같은 3가지 분야에서의 급속한 확대를 초래하였다(Sheffield, 2002). Hard energy path는 단기적 관점을 강조하고 있다. 그 목표는 지속적으로 성장하는 에너지 소비를 충족시키고 석유 수입을 최소화 하는 것이다. 장기적인 지속가능성은 원자력과 태양 에너지의 점진적인 조합에 의해서 보장된다는 막연한 가정을 하고 있다 (Sheffield, 2002). Soft energy path와 Hard energy path의 근본적인 차이는 얼마나 많은 에너지를 사용하는가 하는 것이 아닌, 에너지 시스템의 기술적, 사회정치적 구조에 달려있다.

4) 수요와 공급의 예측과 수급 격차

에너지 수급과 가격의 예측⁶⁾은 복잡하고 어려워 많은 노력이 수반되어야 한다. 에너지 예측은 경제학 및 통계학 그리고 에너지에 대한 배경지식을 필요로 할 뿐만 아니라 지역 및 세계를 둘러싼 다양한 에너지 자원의 생산과 소비에 영향을 미치는 정치, 기술, 법률, 경제 및 자연 요소 등이 수반되어야 한다(Alhajji, 2006). 에너지 수급예측은 총 에너지, 전력 및 연료 운송 등을 위해 중요하며, 지역에너지계획에서 또한 핵심적인 요소이다.

수요와 공급은 기술 개발과 목표달성 능력에 영향을 주는 가장 중요한 변수들이므로, 지역 수준에서 미래 에너지 수급에 대한 이해는 아주 중요하다. 예를 들어, 지역에너지계획이 미래 특정 시점에서 풍력 발전을 통해 발전량을 생산한다 하더라도, 현실에서는 수요를 충족시킬 수 있는 적절한 방법이라는 것이 판명되어야 풍력을 개발할 수 있다. 만일 경기 침체로 인해 수요가 상당히 낮다면 풍력발전 개발은 실행 될 수 없을 것이다. 따라서, 수급 예측은 예측 불가능한 미래의 동향을 고려하는 융통성이 필요하지만, 미래 기술에 대한 투자와 시장 신뢰도를 촉진하기 위해서는 또한 동 예측은 엄격해야 한다.

세계의 많은 지역에서, 에너지 수급간 격차는 종종 있는 일이다. 즉, 수요 전망이 보통 공급보다 높을 수 있다. 그러므로 많은 지역에너지계획은 수요를 충족하기 위해 새로운 에너지원으로 격차를 메우는 데 목표를 둔다. 이상적인 방법으로, 재생에너지원의 증가, 또는 에너지 효율 향상 및 에너지 절약의 방법을 통한 수요 감소로 그 격차를 줄일 수 있다.

수급 격차의 이해를 위해서는 지역 내 각 부문, 하부부문 및 최종수요자들이 에너지 및 전력을 어떻게 사용하는 가에 대한 자세한 자료가 필요하다. 각 부문 또는 하부 부문별 예측은 지역에너지 계획 담당자들이 전체 그림을 이해하고 실행 가능한 최선의 수단을 통해 수급격차를 줄일 수 있는 보다 효과적인 계획을 수립할 수 있도록 해준다.

수요와 공급간 격차에 대한 이해의 중요성은 최근 캐나다에서 주목을 받고 있는 바, 캐나다는 수급 격차의 목과로 인해 에너지 계획 절차의 붕괴를 경험했기 때문이다(ICF, 2006). 수급격차 해결은 지난 수 십 년간 캐나다 온타리오 전력 계획의 근간이었으며, 장기 전력계획은 1990년 초까지 계속되었다.

6) 이전 기록의 수집과 에너지 수요와 공급의 예측은 지역에너지계획의 핵심 요소이며, 에너지 수요와 공급 간의 격차를 해소하는 것이 주요 목적이다

부문별 에너지 및 전력 사용에 관한 상세한 정보가 지속적으로 사용되었으나, 1990년대 들어와 정보의 수집이 느슨해졌고 이는 미래 에너지 추세에 대한 전반적인 오해를 불러 일으켰다. ICF 보고서에 따르면, 수급격차에 대한 간과는 2006년에서 2020년 사이 석탄 및 원자력 발전소의 단계적 폐지로 인해 전력부분에서 2025년까지 약 15,000MW의 격차를 나타내게 할 것이라고 보고 있다(ICF, 2006). 캐나다는 미래 에너지 수요를 충족하는데 어려움을 겪을 것이며, 만일 적절한 에너지원의 개발에 실패한다면 에너지 위기를 경험하게 될 것이다. 그러므로, 수급격차에 대한 고려는 지역에너지계획에서 가장 중요한 부분이다.

5) 공급과 수요측면의 에너지 사용

공간통합 지역에너지계획(SIREP)은 그 지역 고유의 에너지 자원 사용을 촉진시킬 수 있다. 따라서 SIERP는 우선적으로 신재생에너지, 열병합 발전, 지역 냉난방(DHC) 및 재래식 에너지를 포함한 에너지 자원의 잠재량을 파악해야 한다. 지역 에너지 자원의 특징에 따라 하나의 공급 측면의 에너지 자원 또는 그 조합이 에너지 수요의 감축 또는 보완을 위해 채택된다(Wang, Byrne, Boo, Yun, et al., 1998).

공급 측면의 에너지 옵션 가운데 효율성 향상도 필수적이다. 분산형 발전 및 개선된 망 기술은 전반적인 에너지 공급 시스템의 효율을 증대시킨다. 공급 측면의 에너지 자원 옵션은 1차 에너지(지역 에너지원의 이용과 에너지 수출입 등), 전력 생산(재생 및 비재생 에너지, CHP, 폐기물 등), 2차 에너지(전력, 수입 가스, 원유, 열, 송배전 등)에서 효율성을 강화하는 것이다.

지역 에너지 수요는 수요관리 방법을 통해 충족될 수 있다(Wang, Byrne, Boo, Yun, et al., 1998). 지역의 사회 경제적 구조의 특징에 따라, 하나의 수요 측면 에너지 자원 또는 그 조합이 지역의 에너지 수요를 줄이기 위해 채택될 수 있다. 수요 측면의 에너지 자원 옵션은 소비자의 에너지 사용 변화를 설계하는 다양한 수단들을 의미한다. 주요 수요 측면의 에너지 자원 옵션은 에너지 효율 프로그램, 사용시간 및 사용량에 따른 부가율 등이 있다. 수요측면의 프로그램은 전력망의 혼잡성 완화, 경제 발전 증대, 환경오염 감소, 외부 에너지원에 대한 에너지 의존도 감소 등 다양한 혜택을 줄 수 있다. Amory B. Lovins에 따르면, 최종 소비자의 효율성 제고 기술을 통한 에너지 절약은 “빠르고, 안전하며 보다 지속적인 혜택”을 의미한다. (1977, 33). 추가 에너지 발전의 수요를 제거함으로써, 전력부

분은 새로운 발전소에 대한 투자를 실질적으로 감소시킬 수 있다(Lovins, 1977).

중요한 수요 측면의 에너지 자원 옵션으로는 최종에너지(원유, 가스, 열, 전력 등), 최종 사용자 장치(자동차, 에어컨, 난방, 조명 등), 유용한 에너지(기계력[Mech-Power], 공간 난방, 조명, Pas-Transport, 온수 등) 분야에서의 관리를 해 나가고 가정, 상업, 산업, 교통, 농업 부문별 효율성을 높이는 것이다.

6) 최소 비용 옵션

공간통합 지역에너지계획(SIREP)은 지역 내에서 경제, 환경, 그리고 사회적 최소비용 옵션을 제시한다. 따라서, SIERP는 기존의 중앙 집중형의 공급 중심 에너지 시스템에 대한 지속 가능한 대안으로 간주된다.

첫째, SIERP는 송배전 시스템과 중앙집중식 발전소에 대한 많은 투자비용을 저감할 수 있다. 미래의 에너지 계획과 관련하여, SIERP는 장기적인 대규모 자본 투자를 단기적인 소규모 투자로 대체함으로써 불확실성을 저감시킬 수 있다.

둘째, 풍력, 태양광, 태양열, 연료전지와 같은 다양한 분산형 에너지 기술은 환경 친화적인 에너지 시스템 구축에 기여할 수 있다.

마지막으로, 에너지는 인류 복지와 삶의 질을 위해 필수적이다. 에너지생산과 소비는 사회, 경제, 환경 모든 측면에서 인류 발전에 영향을 미친다. 에너지 비용의 감소를 통해, SIERP는 경제적으로 열악한 지역으로의 에너지 공급과 확장을 용이하게 한다. SIERP는 또한 에너지 사용이 필수적인 물 공급, 조명, 교육, 의료와 같은 사회 복지 개선에 기여할 수 있다(D'Sa, 2005).

3. 지속가능한 에너지

깨끗하며 친환경적인 에너지는 삶의 질 개선과 지속가능한 발전을 위한 핵심 조건이다. 에너지는 사회, 경제 및 환경적 목표를 위해 필수적인 요소이다. Smil은 에너지와 경제사이의 관계를 규명했다. 그는 1인당 GDP와 에너지 소비 간에 높은 상관관계가 있다는 것을 밝혔다(Smil, 2003). Johansson은 에너지와 사회의 관계를 규명했다. 그는 적절한 가격, 안

전성, 그리고 안정적인 에너지 서비스가 사회 개발 및 빈곤 완화를 위해 중요하다고 주장한다. 게다가, 지속 가능한 에너지 이용은 기후변화 저감을 위한 온실가스 감축과 같은 환경 영향을 줄일 수 있다(Johansson, 2005).

기후변화에 관한 정부가 패널 (IPCC)은 4번째 평가 보고서 “기후변화 2007”에서 기후시스템의 온난화가 명백하다는 것을 전지구적인 대기와 해양의 평균 온도의 상승을 관찰함으로써 그 사실을 입증했다 (IPCC 2007a). 온실가스 가운데 가장 중요한 이산화탄소의 대기 농도는 2005년에 379 ppm이다. 대기 중 이산화탄소 농도의 연평균 성장률은 1995년부터 2005년간 1.9ppm에 이르고 있다(IPCC 2007b). 기후변화의 경제학에 대한 Stern 보고서는 CO₂ 안정화 농도 수준이 2050년 까지 BAU 대비 85%이하가 되어야 한다고 제시하고 있다(Stern, 2007). 에너지는 지속가능한 발전과 밀접하게 관련되어 있다는 점에 착안하여, Midilli 외 저자들은 직접적으로 지속가능성의 4번째 요인으로 “에너지와 자원의 지속가능성”을 고려하고 있다(Midilli et al., 2006).

1) 효율성

에너지 효율성은 투자 단위당 얼마나 많은 환경적, 경제적 편익을 가져올 수 있는가를 판단하는 것으로 지속가능한 에너지 계층의 첫 기준이라 볼 수 있을 것이다. 수십 년간 에너지 효율성 분야에 있어서 선구적 인물인 Armory Lovins는 행태적인 그리고 기술적인 에너지 효율성 수단을 통해 에너지 소비를 70% 감축할 수 있다고 주장 한다(Roberts, 2004). 수요 측면에서, 행태의 변화는 장기적인 관점에서 지속적인 에너지 저감을 달성하는 한 방법으로 여겨진다. 경제적 인센티브는 사람들의 에너지 사용 습관 변화에 동기를 부여한다는 것이 입증되었다. 또한, 행태의 변화는 꽤 빠른 시간 내 에너지 저감을 이룰 수 있으며, 정치인들은 수요 측면의 수단들이 직접적으로 긍정적인 결과를 가져온다는 것을 직시할 필요가 있다(Armel 2009).

경험적으로 에너지 효율성 제고 방법들은 시간적 회수율이 짧으며, 때때로 2년 미만일 때도 있다(Walz & Schleich, 2009a). 공급 측면에서, 기술 개선은 에너지를 절약할 수 있다. 예를 들어 폐열 이용을 통해 열병합 발전은 80%의 효율을 달성했으며, 일반적으로 재래의 석탄 연료 발전소 효율이 최고 35%~40%인데 비해 복합발전 터빈은 50%의 효율을 보인다(Kelley 2008). 그러나, 인구 증가와 많은 활동으로 인해 절대적 측면에서의 에너지 소비는

더 많아진다는 “반동 효과(rebound effect)”는, 지속가능한 에너지 사회로의 전환을 위해서는 에너지 효율성이 신재생 에너지 개발을 통해 보완되어야 함을 보여준다.

2) 신재생 에너지와 재래에너지 개선

신재생 에너지는 에너지 지속가능성의 필수적인 부분이다. 다양한 형태의 신재생 에너지들이 풍력, 수력발전과 함께 전력 생산에 이용될 수 있다. 일부 선진국에서 풍력발전은 이미 발전 비용 측면에서 화석연료와 비교하여 경쟁력이 있으며, 위험 평가는 이러한 유형의 에너지를 선호한다는 결과를 보여주고 있다.

경험 학습과 사용 학습은 미래 신재생에너지 비용을 낮출 수 있는 잠재력을 가지고 있다(Kelley 2008). 과거에는 경제적 비용 때문에 어려웠던 획기적인 기술들이 미래에는 실현될 수 있을 것이다. 예를 들어 텔라웨어 대학교의 에너지전환센터는 전환효율 약 50%의 solar PV개발을 추진 중이다(현재 시장 기술은 최고 약 12%의 전환효율임). 덴마크는 전체 전력소비의 약 18%를 풍력으로 충당하고 있는 반면, 독일은 설비용량에 있어 세계적인 풍력 발전 선두주자이다. 지역수준에서, 세계의 많은 도시들이 신재생에너지 이용을 향해 움직이고 있으며 몇몇 대담한 시도를 하고 있다. 예를 들어 뉴욕시의 경우 전력 생산을 위해 항구의 조력에너지 사용 가능성을 평가하고 있다.

재래 에너지는 지속가능한 에너지 행로로의 전환에 있어 한 부분이 될 것이다. 석탄, 원유, 가스는 현 에너지 시스템을 지배하고 있으며, 매끄러운 전환을 위해서 단계적으로 사라져야 한다. CCGT 또는 내연기관에서의 원유와 바이오연료의 혼합 등과 같이 재래의 내연기관 기술이 보다 효율적으로 사용될 수 있다(Kelley 2008). 그러나 많은 시나리오에서는 재래의 에너지원이 지속가능한 에너지 사회에서 그 기여도는 미미할 것으로 예상하고 있다.

3) 분산형 발전의 적용

분산형 발전은 신재생에너지 자원과 폐기물을 이용한 상대적으로 작은 규모의 에너지 발전을 말한다. 또한 마이크로 터빈, 태양열 에너지, 지열펌프 등과 같은 가정 수준의 발전에도 적용된다(Kelley 2008). 분산전력은 기술적인 성능 개선을 통해 전력·전기 시스템에

다양성, 균형, 그리고 불일치 해소를 보완할 수 있기 때문에 중요하다(Sauter & Bauknecht, 2009). 그러나 시장 규제는 불공정하여 이러한 유형의 에너지 개발에 장벽이 될 수 있다. 따라서 기존 및 분산형 발전시스템의 에너지는 규정과 에너지 시스템에 대한 지침이 재설계되어야 한다(Mitchell 2008).

분산 에너지원을 최대한 이용하기 위해서는 높은 부하량을 충족하는 다양한 기술 및 방법에 대한 통합적 접근이 필요하다. 예를 들어, 태양열 난방 시스템은, 덴마크 Ballerup 지역과 같이, 지역난방 네트워크로 통합될 수 있다. 동 지역에서는 100개 아파트의 온수와 난방을 위해 이용되는 에너지 소비의 50%는 가스연료의 열병합 발전소와 연결된 지붕의 태양열 수집장치에 의해 공급된다(Butera 2008). 또한, 에너지 저장에 있어 혁신적이며 새로운 기술은 분산형 발전이 보다 넓은 규모에서 안정적으로 전력망에 통합되도록 지원할 수 있다(Sauer, 2008). 그러나 보다 확대된 분산형 발전을 채택하도록 하기 위해 사람들에게 어떠한 동기부여가 필요할 것인가에 대한 고려가 필요하다.

세계 각국의 지역 및 도시들은 에너지 수요 충족을 위해 열병합 발전을 이용한다. 열병합 발전은 전력, 난방, 냉방, 온수 공급을 위해 이용된다. 일반적으로, 열병합 발전은 공동체 수준에서 적용되지만, 소규모 아파트를 위한 1kW 용량에서부터 대규모 빌딩을 위한 수백 KW 용량에 이르기까지 적용되는 소규모 시스템(micro-CHP)이 있다. 그러나 전반적인 시스템 효율성은 그 규모에 따라 증가하므로, 지역 냉난방에 가장 적합하게 관련 기술이 이용된다. 마을 규모의 가스를 연료로 하는 CHP 시스템은 많은 유럽 도시에서 사용되었으며 주로 난방용이다. 그럼에도 불구하고, 핀란드 헬싱키와 같은 몇몇 도시들은 냉난방에 모두 이용할 수 있는 CHP를 개발해왔다. 목재 바이오매스는 직접(알갱이 또는 우드칩 모양) 또는 가스화 시킨 후 CHP 발전소에서 이용된다. 스웨덴의 Vaxjo에서는 바이오매스를 이용한 37MW의 CHP 발전소가 도시전력 수요의 35%, 난방 수요의 95%를 공급하고 있다. Beddington 제로 (화석)에너지 개발을 나타내는 BedZed는 영국 도시마을의 혼합된 개발로 국제적으로 지속가능한 공동체의 대표로 여겨진다. 이 공동체는 135KWe의 목재 연료CHP 발전소를 소유하고 있는 바, 망과의 전력 교환을 통해 모든 수요를 만족시키고 있다(Butera 2008).

다른 분산형 발전의 적용은 유럽 국가의 도시경계에서 볼 수 있는 소수력이다. 그러나 개발도상국에서 소수력의 잠재량은 대부분 미개발 상태이다. 도시에 있는 소규모 풍력 터빈은 또 다른 분산형 발전의 일종이다. 아직 그 비용은 비싸지만, 화석연료 가격에 대한

우려로 인해 가치 있는 옵션이 될 수 있으며, 도시 풍경과 조화되어 많은 건물 지붕에 설치될 수 있으므로, 이는 에너지 수급 균형에 기여할 수 있을 것이다.

마지막으로 선구적인 분산형 발전의 예를 찾아볼 수 있다. 계절적인 저장시설이 갖추어진 태양열 지역난방이 독일 Friedrichshafen 지방에서 이루어지고 있다. 여기서는 여름의 초과 열이 용량이 큰 절연된 지하 물탱크에 저장되어 겨울내 사용된다(Butera 2008).

4) 발전패키지의 적용

발전 시스템의 발전분야별 설정과 그 적용은 기술적, 사회적, 경제적 그리고 정치적 고려 요소를 포함하는 복잡한 문제이다. 기술 문제는 효율성과 시스템 성능의 개선, 구현의 용이성, 기술 이전 파트너십의 개발, 기존 기술과의 호환성 및 시너지 효과 등이 포함된다. 경제적 문제는 망 접근성, 에너지 시장, 장기적인 비용 절감, 세제 혜택과 같은 인센티브 제공과 관련 있다. 사회적 문제는 지속가능한 신재생 에너지원에 대한 수요 증가와 에너지 공급의 유연성 및 안정성이 포함된다. 이러한 변수들의 상호작용은 에너지 시스템에서 발전분야별 보급 수준을 정의한다(Gardner and Ashworth 2008).

열병합 발전(CHP)과 같이 고체 폐기물 소각이 발전에 이용되는 등 전기, 냉난방 온수 등을 위한 다양한 적용방법이 제시되고 있다. 수소는 전력생산이나 자동차 연료를 위한 연료전지에 이용되지만 다양한 규모로 적용되기 위해서 많은 노력이 필요하다. 수소는 전기분해로부터 생산될 수 있지만, 이를 위해 화석연료를 사용할 경우 많은 CO₂를 배출하게 된다. 신재생에너지는 화석연료대신 이용될 수 있지만 간헐적이며 토지이용 변경과 같은 어려움이 있다. 더욱이, 수소 생산 과정의 기술적인 어려움으로 인해 일반적으로 수소 생산 과정은 수소를 이용하여 실행되는 것 보다 많은 양의 에너지를 필요로 한다. 이러한 이유로, 수소는 풍력, 태양 발전시 수요를 초과하여 발전되었을 때 낭비될 수 있는 에너지의 저장을 위해 이용될 수 있다. 증발, 밀도문제 등 수소 저장의 문제점이 여전히 어려움으로 남아있다. 이런 이유로, 수소는 수소자동차의 전원보다는 전력 생산을 위한 고정형 연료전지로 이용될 것으로 보인다(Kelley 2008).

첨두부하용 발전소(peak load plants)는 최대 수요시기에 온라인으로 신속하게 공급할 수 있다. 일별, 계절별로 보다 많은 전력 사용량이 발생하기 때문이다. 첨두부하 발전은 생산비용이 더 들어가기 때문에 기저부하 발전에 비해 좀 더 비싸다. 일반적으로 첨두부

하 발전소는 노후 되고, 덜 효율적인 석탄, 중유발전소이거나 이러한 목적으로 건설된 가스발전소이다(Kelley 2008). Mitchell은 영국은 증가되는 분산형 발전을 수용할 수 있는 능동적 전력관리 시스템으로의 이전이 필요하다고 주장한다. 이러한 시스템은 실패할 확률이 높지만 이산화탄소 저감, 필요한 용량 및 첨두 용량 범위에서의 자원이용이라는 측면에서 현재의 ‘수동적’ 시스템과 비교하여 좀 더 효율적으로 관리할 수 있다. 이러한 맥락에서, 분산형 발전의 증가는 영국의 네트워크 보강비용을 절감할 수 있다고 주장한다(2008).

마지막으로, Sauter 와 Bauknecht(2009)는 크게 확장된 분산형 발전시스템을 포함한 발전시스템은 많은 배출량 저감이 가능하며, 중앙집중형 시스템만큼 안정적 운영이 가능하다고 주장한다. 그러나, 분산형 발전의 비용편익은 각 연구 사례별로 구체적으로 평가되어야 한다. 덴마크의 사례가 나타내는 바와 같이, 잠재적인 부정적 영향을 최소화함과 동시에 첨두부하 관리를 포함한 분산형 발전의 이익을 거두기 위해서는 전력 인프라의 조정이 필요하다. 만약 투자가 현재의 중앙집중형 전력 기반시설에만 이루어진다면, 시스템 보안의 감소와 같은 부정적 영향이 보다 자주 발생하게 될 것이다.

제3장 미국의 연방 및 주정부의 에너지계획

1. 미국 연방차원의 에너지 계획 특징

1) 2005년 에너지정책법

2005년 에너지정책법(EPAAct)은 2005년 8월 부시 대통령이 서명했다. 이 법은 최근 수십 년 이래 미국에서 제정한 에너지 관련법 중 중요한 위치를 차지한다. 주요 내용은 북극 국립 야생 피난처(the Arctic National Wildlife Refuge, ANWR)에서 기름과 가스 생산, 강화된 자동차 연비 기준(corporate average fuel economy standards, CAFE), 온실가스 감축을 위한 강화된 연방차원의 노력 등이다(CRS, 2006).

전력부문에서 연방 에너지 규제 위원회(the Federal Energy Regulatory Commission, FERC)는 국가 전력 조직(a National Electric Reliability Organization, ERO)이 대규모 전력 시스템을 위한 의무기준을 전력회사에게 적용하도록 하는 권한을 부여하고 있다. 최초로, 에너지 장관이 전력 송전에서 혼잡하게 되는 경우 우선권을 연방의 권한으로 행사할 수 있도록 하고 있다.

신재생 연료기준은 이 법에 따라서 미국에서 판매되는 가솔린은 에탄올이나 바이오 디젤 같은 신재생 연료의 함량을 높여야 한다. 자동차 연료는 적어도 40억 갤런의 신재생 에너지를 2006년에 포함해야 하고, 매년 7억 갤런을 2011년까지 추가하여 75억 갤런을 2012년까지 포함시키는 목표를 달성해야 한다(CRS, 2006).

세금우대 조치로는 총 145억불 규모로 에너지 효율 향상 및 저감에 약 13억 달러, 신재생 에너지 개발·보급에 약 45억 달러, 기름과 가스 패키지 우대에 26억 달러, 석탄산업에 약 30억 달러, 전력산업에 30억 달러 이상의 우대(핵 발전에 대한 세금 감면 포함) 등을 포함하는 세금 감면을 통해 11년 동안 미국내 에너지 생산과 에너지 효율 향상을 도모할 계획이다(CRS, 2006).

에너지효율 향상을 위해서 새로운 법정 기준 마련, 연방의 이행요구, 자율개선에 대한 우대 등을 통해 미국내 에너지 효율 향상이 장려하고(CRS, 2006), 국내 에너지 생산 증대를 위해 연방 토지 내에서의 생산을 장려한다. 이 법은 굴착 활동과 다른 에너지 관련 프로젝트에서 연방토지에 대한 접근을 향상시키는 내용을 포함하고 있다(CRS, 2006).

2) 2007년 에너지 자립 및 안보법

에너지 자립 및 안보법(The Energy Independence and Security Act)은 에너지 정책에 관한 옴니버스 법으로 주로 에너지 효율 향상과 신재생 에너지 가용성 향상시키기 위하여 제정되었다. 이 법은 2005년 EAct를 보완하고, 2005년에 정치적으로 타당성이 떨어졌으나, 2007년 필요성이 대두된 목표들을 달성하기 위한 것이다.

주요한 내용으로 자동차 연비(Corporate Average Fuel Economy, CAFE)는 2020모델 연도까지 승용차와 경트럭에 대한 기준을 갤런 당 35마일을 목표로 설정하였고, 신재생 연료 기준(Renewable Fuels Standard, RFS)은 2008년 90억 갤론에서 시작해서 2022년까지 360억 갤론까지 증가하는 수정 기준을 설정하였다. 에너지 효율 기준(Energy Efficiency Equipment Standards)은 조명과 주거 및 상업용 장비들에 대해 다양하고 새로운 기준을 포함하고 있는데, 이 장비는 주거용 냉장고, 냉동기, 냉장-냉동기, 상업용 보행 쿨러와 냉동기를 포함한다. 아울러 기름과 가스에 대한 세금 우대를 폐지(Repeal of Oil and Gas Tax Incentives) 하였는데, 이는 CAFÉ의 내용을 실현하기 위한 추정 비용을 상쇄하기 위하여 두 가지 세금 보조를 폐지한 것이다(CRS, 2007).

3) 2009년 미국 회복 및 재투자법

가장 최근에 미국 의회에서 나타난 에너지 및 환경에 큰 영향을 미친 입법은 2009년의 미국 회복 및 재투자법(the American Recovery and Reinvestment Act, ARRA)이다. ARRA 는 에너지 투자, 인프라 개선, 수송 개선, 환경정화, 깨끗한 물 투자, 에너지 기술에 장기 영향이 큰 기초 과학 연구 등을 포함한다. 이 법의 주요 정책은 다음과 같다.

- ① 에너지에 대한 투자로 그린 기술을 이용한 에너지 효율 향상을 위한 연방 건물의 보수에 \$45억 불, 국가 전력망 현대화를 포함한 스마트 망 활동에 \$110 억 불, 에너지 효율 향상과 탄소 배출 저감을 위한 주 및 지역 정부의 투자를 활성화하기 위한 에너지 효율 및 절약 보조금(Energy Efficiency and Conservation Grants)에 \$63억 불, 저소득 가구의 단열 등을 통한 에너지 비용 저감 등 그들의 보호 및 국가 에너지 효율 향상을 위한 보호 보조 프로그램(the Weatherization Assistance Program)에 \$50억 불, 에너지 효율향상 및 신재생 에너지 연구에 \$25억불, 미국 내 생산 차량 전지와 선진 전지 시스템의 제작을 위한 보조자금에 \$20억 불, 풍력이나 태양력 프로젝트, 송전 프로젝트 등 표준 신재생 프로젝트를 위한 대출 담보에 \$60억불, 대체 연료 트럭 및 버스, 수송 충전 인프라, 에너지 고효율 장비 등을 포함하는 기타 에너지 효율 프로그램에 \$10억불, 에너지 효율과 신재생 에너지 분야의 경력 인력 양성에 \$5억불이 소요될 전망이다.
- ② 인프라 개선 사업으로 에너지 효율 프로젝트 투자와 방위 보건 장비(Defense Health facilities)를 포함한 방위성 장비의 보수 현대화를 위한 개선에 \$42억불, 깨끗하고 신뢰할 수 있는 물의 시골 공급 및 가뭄의 영향이 큰 서부지역의 물 공급을 위한 재생국(Bureau of Reclamation) 사업에 \$10억불이 소요된다.
- ③ 수송개선을 위한 사업으로 대 교통에 대한 투자에 \$84억불, 수송 투자를 위한 주 및 지방 정부의 경쟁적 보조금에 \$15억불, Amtrak, 고속 및 도시 간 철도 등을 포함하는 철도 수송에 대한 투자에 \$93억불이 배정될 예정이다.
- ④ 환경정화 및 깨끗한 물에 대한 투자 사업으로 기존의 무기 생산 및 에너지 연구 토지 정화에 \$60억불, 지방 깨끗한 물 및 급수 인프라개선 사업에 \$60 억불, 슈퍼펀드 포함 EPA의 국가 환경 정화 프로그램에 \$12억불, 농촌지역의 물 및 하수처리 장치 지원 대출 및 보조금에 \$13.8억불, 기타 \$38억불 지원할 계획이다.

- ⑤ 과학연구를 위한 사업으로 환경문제 및 경제 경쟁력 확보를 위한 기초 과학 및 기술의 고용기회 확대를 위한 20억불을 포함하는 국립과학재단(the National Science Foundation) 설립 지원에 \$30억불, 고에너지 물리, 핵물리, 융합에너지 과학 등 물리학 및 에너지 성 실험실, 과학장비 개선 등을 위한 에너지성의 기초연구에 \$20억불, 에너지 자원 및 효율개선을 위한 고위험, 고보상 연구를 지원하기 위한 선진연구프로젝트청-에너지(the Advanced Research Project Agency-Energy), 국립아카데미가 추천한 지구과학을 포함하는 기후변화 연구 과학자 지원4억불을 포함하는 NASA 지원에 \$10 억불, 일기예보, 위생개발 지원 및 기후 모델의 주요결함 개선 등을 위한 장비, 선박, 장치의 건설 및 보수를 위한 국립 해양대기청(the National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 지원에 \$6억불 규모이다.

2. 델라웨어주의 에너지정책

1) 배경

델라웨어 최초의 에너지 정책 계획인 ‘Bright Ideas for Delaware’s Energy Future’는 2003년에 발표되었다. 이 계획은 에너지 절약과 효율에 집중하였고, 배경이 되는 주요 동력은 특히 화석연료 사용에 따른 에너지 가격 상승, 에너지 사용 증가에 따른 환경 영향에 대한 우려 등으로부터 델라웨어를 보호하는 것이었다(DNREC, 2003). 에너지 절약과 효율에 집중하면서 다양한 정책들이 도입되었으며, 그 예로 건축법의 개정을 통한 의무적 최소 에너지 효율 기준의 도입 등이 있다.

에너지 입법 관련, 전력 요금 상한제도 폐지 기한 도래에 따른 전력 요금 상승으로부터 시민들을 보호하기 위하여 주는 2006년에 전력 소비자 공급법(the Electric Utility Customer Supply Act)을 채택했다. 이 법은 전력 소비자들의 부담을 덜어주기 위한 것으로, 가격 상승분을 대략 20개월 동안 순차적으로 반영하고, 그 이후 부족분을 보충하는 것이다. 2006년에 전력 소비자 공급법(the Electric Utility Customer Supply Act)은 주 최대 전력 공급자인 델마바 전력회사로 하여금 다양한 에너지원으로부터 전력을 생산하고, 최종 소비자에 대한 전력 공급의 신뢰도를 높이도록 하였다(DEPSC, 2009).

같은 해인 2006년에 델라웨어 상원의원 Harris B. McDowell, III 는 델라웨어 주를 위한 지속가능한 에너지 정책에 관한 주요 요점을 제시하였다(SEU, 2006). 이 정책은 단기 및 장기간의 델라웨어의 경제적, 사회적, 환경적 이해에 부응하기 위한 것이었다. 이 정책은 당시 에너지 시스템의 불가피한 측면 즉, 가격의 휘발성, 지역적으로 공급하는 경쟁적 에너지 공급의 부족, 당시 운영의 높은 환경 비용, 시민과 소 영업자의 에너지 미래에 대한 통제 부족 등을 감소시키기 위한 것이었다.

2) 지역에너지 정책의 주요 목표와 수단

델라웨어의 지속가능 에너지 정책의 목표의 주요 내용(SEU, 2006)으로 ① 가계 에너지 사용자를 위하여 2년내 적어도 10%, 5년내 20%의 전력요금을 저감시키는 수단의 공급, ② 델라웨어인의 적어도 50%에게 지속가능 에너지 서비스의 제공 장려, ③ 태양 전력 시장의 조직을 통해 주의 특별한 태양광(PV) 기술의 장점을 활용하고, 10년 내에 1~2%의 전력을 델라웨어 자원으로 부터 생산, ④ 주의 저소득 가정 에너지 지원 프로그램(the State's Low Income Home Energy Assistance Program)을 통해 kWh당 5센트에 100kW의 공급함으로써 전 델라웨어인의 에너지 가용성을 확보하는 한편, 이 프로그램으로 저소득층의 비용-편익적 단열보호 프로그램을 보충을 목표로 하고 있다.

이 목표를 달성하기 위해서 ① 델라웨어 지속가능 에너지 유틸리티(Delaware Sustainable Energy Utility, SEU)⁷⁾의 출범 및 관리는 경쟁적 입찰에 맡기고, 시장에 기초하여 운영, ② 델라웨어 지속가능 에너지 유틸리티를 통해 에너지 효율과 절약, 태양 에너지와 고 효율 차량 시장 등의 공격적 개발, ③ 주 요금과 세금의 시장 및 공공분야 지속가능 에너지 지도력 프로그램에 투자를 확대하는 것을 주요 수단으로 하고 있다.

Byrne과 Martinez(2009) 는 SEU가 온실가스 배출의 지구적으로 공평한 기준인 일인당 3.3 tons을 맞추는데 기여할 것으로 제안했으며, 델라웨어가 이런 정책 모델을 적용함으로써, 이런 노력을 선도할 것으로 기대했다. 2008년 가을 모임에서 국립 주 입법협의(the

7) 지속가능한 에너지 유틸리티(Sustainable Energy Utility)는 모든 소비자와 에너지원에 대해 지속가능한 에너지 서비스를 제공하는 것으로 계약, 자원 조달, 설치 및 유지 등 일련의 서비스를 소비자를 대신해 일괄적으로 제공하는 것임. 기존의 전력회사를 대체하기보다는 보완하고 에너지 효율증진을 통해 가정, 상업부문에서 에너지를 절감하며 각종 Incentive와 제도적 장치를 활용하여 재생가능에너지를 설치를 목적으로 함.

National Council of State Legislatures)는 연방차원에서 SEU-style의 재정정책을 지원하기로 하는 결의안을 통과시켰다. 2009년에, 델라웨어는 새로운 에너지 계획으로 2009년에서 2014년까지를 기간으로 하는 이른 바 델라웨어 에너지 계획(Delaware Energy Plan)을 주지사의 에너지 자문협의에서 채택했다. 이 계획은 다양한 프로그램과 정책의 포트폴리오를 포함하고 있으며, 2003년 이후 주 차원에서 채택한 이니셔티브 같이, 2003년의 최초 에너지 계획에서의 집중한 에너지 절약과 효율을 넘어서고 있다. 예를 들면, 스마트 성장, 환승 지향 개발, 에너지에 대한 시민 교육 같은 새로운 영역이 계획에 제안되어 있다. 또한, 이 새로운 계획은 온실가스 저감 목표의 설정, 2030년까지 탄소 중립 주 지향 등을 제안하고 있다(DNREC, 2009).

3) 지속가능한 에너지 유틸리티(SEU)

SEU년 봄, 유가 및 전력가격 상승(59%)으로 인해 에너지 문제에 대한 대안이 요구됨에 따라 2006년 6월, Delaware Sustainable Energy Utility Task Force를 운영하기로 델라웨어주 의회에서 결정되고, 2007년 6월, 주 의회에서 Delaware Sustainable Energy Utility(SEU)를 설립하기 위한 법안이 통과됨에 따라 출범하였다. SEU는 모든 에너지를 사용하는 모든 에너지 소비자의 지속가능 에너지원에 대한 요구를 수용한다(McDowell and Byrne, 2007). SEU의 독특한 면은 목표달성을 위하여 소비자 요구와 시장 변화에 대응할 수 있다는 점이다. SEU 프로젝트는 주거, 상업, 산업, 교통 및 농업 분야를 포함한다. 기타분야, 예를 들면 기술이나 마케팅 지원 등은 가능하지만 프로젝트 개발자의 제안에 달려 있다.

기존의 전력회사가 에너지 공급에 초점을 두는 반면, SEU 는 에너지 효율과 사용자 측에 설치되는 소규모 재생가능에너지 보급이 주된 목적이며 SEU는 주민들의 자발적 참여로 이루어지는데, SEU는 시장가격대비 고효율기기를 구입하는데 추가되는 비용이나 재생가능에너지원 설치에 추가되는 모든 비용을 투자하게 되어 참여자들은 전혀 경제적인 추가 부담이 없는 것이 특징적이다. SEU 는 에너지 절약을 출발점으로 에너지 절약, 에너지 효율, 신재생 에너지 등을 공동으로 접근하는 것을 선호한다. 이 세가지는 상호 보완적이지만 반드시 동시에 처리되어야 하는 것은 아니다(SEU, 2009). 모든 연료와 소비자를 대상으로 한다는 점을 고려하면서, 목표는 아래와 같다.

① 2015년까지 33%의 델라웨어인이 참여하는 것으로, 주거 및 영업의 에너지 사용 장비

를 고효율로 대체함으로써 가계와 회사에서 에너지 사용을 30% 절약하고, 이런 절약으로 가계의 에너지 비용을 연간 \$1,000불 절약, ② 저소득 중간소득 가정에 집중하여 확장된 단열보호 장비를 가계에 공급하고, 2015년까지 단열보호 단위를 2배씩 확장, ③ 적어도 300 MW의 소비자 인근 신재생 에너지 장치의 확대하여 SEU는 운영 첫해부터 실질적이고 측정가능하고 검증할 수 있는 CO2 절약을 창출, 이중 100 MW는 태양광, ④ 2015년까지 델라웨어 가계 및 영업의 3분의 1이 참여하는 것으로, SEU 는 2020년까지 5.5 million metric 톤의 CO2 절감 및 33%의 주의 현재 탄소 풋프린트 절감을 목표로 한다.

SEU 는 비영리조직으로 운영되며 델라웨어 에너지국은 3~5년에 한번씩 경쟁방식을 통해 SEU 사업체(SEU Contract Administrator)를 선정하게 되는데, SEU 사업체는 SEU 프로그램을 기획하고 실행사업자(Implementation contractor)를 경쟁 방식을 통해 선정한다. 실행 사업자는 NGO, 지방정부, 혹은 전력회사 등이 지원할 수 있다. 아울러 감사기구(Oversight Board)와 재정담당 기구(Fiscal Agent)를 각각 두어 SEU의 운영 및 재정을 감독하게 된다.

SEU 다양한 자금 조달경로를 통해 초기 투자비용을 회수함은 물론 프로그램과 재정을 계속 확충해 나아가는 것으로 계획되어 있다. 초기 투자비용은 고효율 기기 및 재생에너지 설치에 들어가는 추가비용을 의미하는데 소비자는 이와 같은 에너지 서비스를 설치, 이용하는데 추가적 재정 부담을 지지 않는다. SEU는 새로운 세금부담 없이, 시행초기에 실제 운영자본을 \$ 30 백만불 이내에서 면세 채권발행을 통해 충당하는 것으로 되어 있다. 즉, 초기 비용은 Green Energy Fund⁸⁾, Renewable Energy Credit(REC)⁹⁾ 판매, 그리고 에너지 절감 분배계약(Shared Savings Agreement)¹⁰⁾에 의해 상환된다.

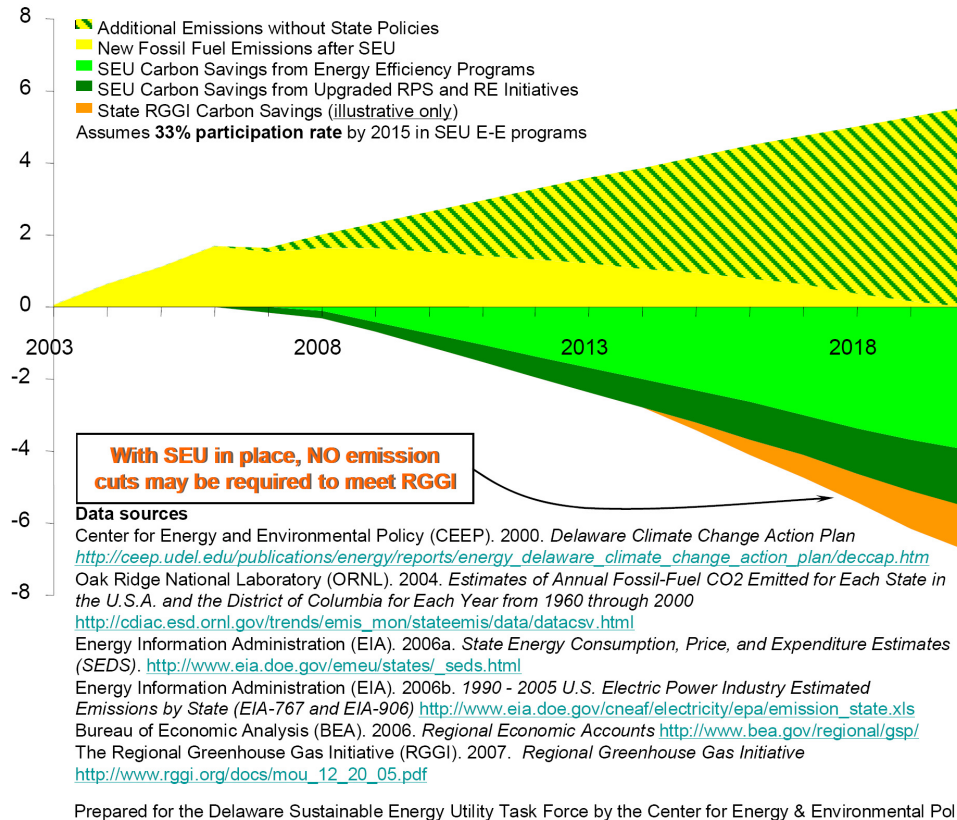
SEU Task Force에 따르면 SEU는 주의 어떤 정책 제안보다 많은 양의 탄소 footprint에 영향을 미칠 것이며(McDowell and Byrne, 2007), 델라웨어 주민의 33%만이 참가하더라도 2015년까지 CO2 5.5 백만 톤을 저감할 수 있을 것으로 예측된다. SEU는 현존 그리고 미래의 발전소 건설 소요를 감소시키는데, SEU는 Peak Demand 400~500MW를 비용효과적인

8) Green Energy Fund: 전력회사에 kWh당 0.000356 센트를 부과. 주민들의 월간 평균 전기요금에 18 센트 증가.

9) Renewable Energy Credit (REC): 재생에너지 설치자는 생산한 전기를 직접 사용하거나 혹은 전력회사에 팔수 있음. 또한 생산된 전력의 이용과는 별도로 재생가능 에너지 1kW당 주어지는 프리미엄을 REC시장에 팔수 있음. SEU는 재생가능에너지 설치에 들어가는 추가비용을 제공하는 대신 재생가능 에너지 설치자가 판매하는 수익의 25%를 받음.

10) 에너지 절감 분배계약 (Shared Savings Agreement): SEU는 고효율 기기 설치의 추가비용을 부담하는 대신 에너지 절감액의 33%를 3-5년 사이에 사용자와 나누는 것으로 계약함

에너지 효율과 보전을 통해 줄일 수 있고 300MW 규모의 재생가능에너지원이 추가된다면, 더욱 효과적일 것으로 판단된다.



<그림 1> 델라웨어 SEU 기대효과

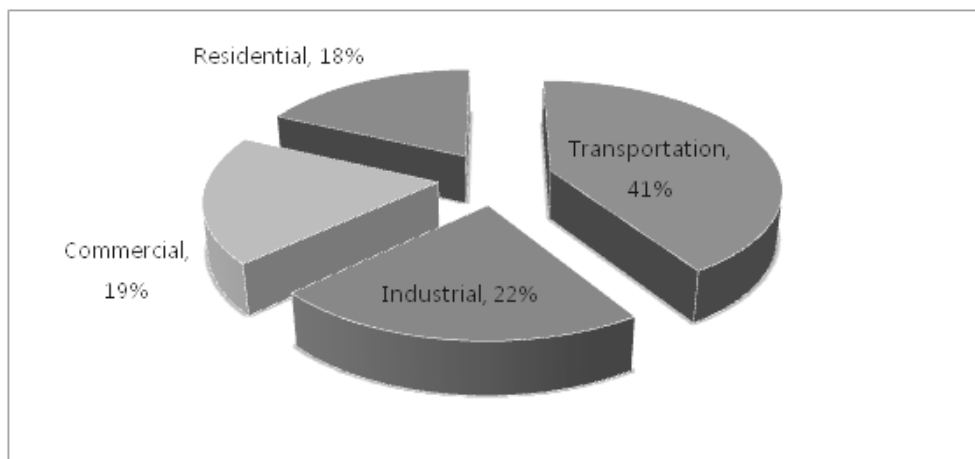
또한, SEU는 녹색기술(Green Technology) 혁신과 확산에 기여하게 되는데, Renewable Portfolio Standard (RPS)¹¹⁾ 개정을 통해 2019년까지 20%(2%는 태양광)의 전기를 재생 가능 에너지원으로부터 공급한다면 델라웨어는 뉴저지주에 버금가는 태양광 마켓을 형성하게 될 것이고 소비자들의 에너지 가격과 요금을 낮춤과 공시에 새롭고 양질을 고용을 창출할 것으로 기대된다(McDowell and Byrne, 2007).

11) 델라웨어를 비롯한 Mid-Atlantic 지역의 많은 주에서 Renewable Portfolio Standard 제도를 운영하고 있는데, 이는 전력회사의 전력판매중 일부를 재생에너지로 충당하도록 하는 제도임. 전력회사는 직접 재생에너지를 생산하거나 혹은 Renewable Energy Credit Market에서 필요한 REC를 구입하여 할당 된 목표량을 달성할 수 있음

3. 캘리포니아의 에너지정책

1) 배경

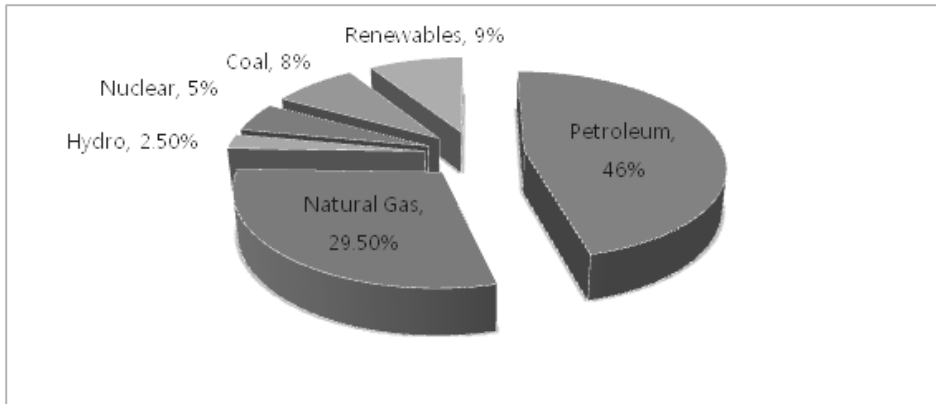
캘리포니아는 세계에서 제8위의 경제규모를 가지고 있으며, 인구증가와 경제의 요구에 부응하기 위하여 전력, 천연가스, 수송연료 등 대규모 에너지를 필요로 한다. 그림 2는 분야별 에너지 소비를 보여준다. 수송 분야가 캘리포니아 에너지 사용을 주도하며, 대부분의 이 에너지는 석유로부터 추출한다. 나머지는 산업(22%), 상업(19%), 와 주거 (18%) 등이다. 40% 이상의 에너지가 주에서 사람과 화물의 이동에 사용되며, 거의 대부분의 에너지는 석유로부터 추출한다.



출처 : CEC, 2007a

<그림 2> 2006년 분야별 캘리포니아 에너지 소비

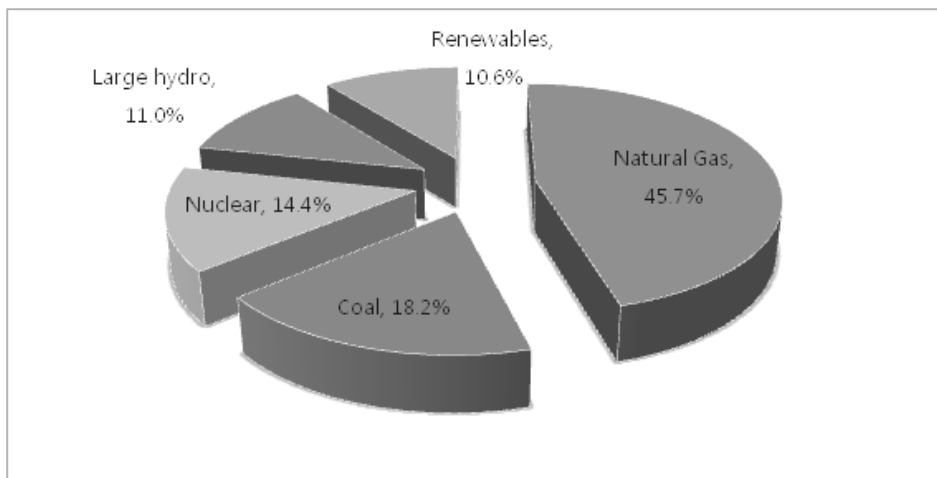
에너지원을 다양화하기 위한 정책 노력에도 불구하고 80% 이상의 에너지는 화석연료로부터 얻어진다. 석유(46%)가 가장 큰 에너지원이고 다음은 천연가스(29.5%), 신재생에너지(9%), 석탄(8%), 및 핵(5%)이다. <그림 3>에서 보는 바와 같이 석유와 천연가스가 캘리포니아 에너지 시스템을 끌고 가는 두 주요 연료이다.



출처: CEC, 2007a

<그림 3> 2006년 캘리포니아 에너지원

전력산업과 관련하여 캘리포니아는 거대한 전력 생산 시스템을 가지고 있다. 캘리포니아는 2008년에 285,574 GWh의 전력을 소비하였다. 그러나 캘리포니아는 미국에서 일인당 전력소비는 최소이다. 지난 30년간 미국은 전체적으로 일인당 전력 사용량이 50% 정도 증가 하였는데, 캘리포니아는 그대로 유지되었다. 전력 공급 측면에서 보면, 전력 위기와 전력 발전 공급 믹스(그림 4 참조)의 교훈을 고려할 때, 캘리포니아는 전력 발전 에너지원을 다양화하여야 한다.



출처: CEC, 2007a

<그림 4> 에너지원 종류별 캘리포니아 전력 발전(2008)

전력 발전 에너지원을 다양화하기 위하여 캘리포니아는 정책 노력을 기울여 신재생 에너지원으로부터 전력 발전을 증가시켰다<표 2>.

<표 2> 2008년 전력 발전을 위한 신재생 에너지원

(단위: Gigawatt Hours)

Fuel type	Total System Power	Percent of Total System
Coal	55,829	18.2%
Large Hydro	33,733	11.0%
Natural Gas	140,215	45.7%
Nuclear	44,268	14.5%
Renewables	32,532	10.6%
Biomass	6,377	2.1%
Geothermal	13,662	4.5%
Small Hydro	4,416	1.4%
Solar	746	0.2%
Wind	7,331	2.4%
Total	306,577	100.0%

출처: CEC, 2008a

2) 주요 신재생 에너지 정책

캘리포니아는 풍부한 자연 자원을 활용한 신재생 에너지 개발의 오랜 역사를 가지고 있다. 2006년에 10.6%의 전력은 풍력, 태양, 지열, 바이오매스 및 소수력 등 신재생 에너지 자원으로부터 생산되고 있다. 캘리포니아는 신재생 에너지를 촉진하기 위하여 신재생 에너지 포트폴리오(Renewable Portfolios Standards, RPS) 기준 프로그램을 채택하였다. 또한 이는 신규 및 기존의 유틸리티 규모의 신재생 에너지 전력생산에 대하여 시장에 기초한 인센티브를 제공하고 있다.

신재생 에너지 포트폴리오(Renewable Portfolios Standards, RPS) 프로그램은 2002년 시작되었다. 이 프로그램의 도입으로 캘리포니아의 모든 투자자 소유의 전력 유틸리티(the investor-owned electric utilities IOUs), 전력 서비스 공급자(electric service providers ESPs), 그리고 커뮤니티 선택 연합(community choice aggregators CCAs)은 적절한 신재생 에너지원으로부터 2010년까지 20%에 이르는 동안 구매를 적어도 1 %씩 매년 증가시켜야 한다(CPUC, 2009b). 2007년 11월 17일, 아놀드 슈와제네거 주지사는 Executive Order S-14-08 에 서명함으로써 캘리포니아 유틸리티에게 2020년까지 33%의 신재생 에너지 목표를 달성토록 요구하였다.

RPS 프로그램은 캘리포니아 공공 유틸리티 위원회(California Public Utilities Commission CPUC)와 캘리포니아 에너지 위원회(California Energy Commission)가 공동으로 시행된다. 에너지 위원회는 신재생 에너지가 신재생 자원이나 연료로 적정한지 타당성을 결정한다. RPS로 적정성을 확보하기 위해, 발전 설비는 바이오매스, 지열, 소수력, 태양 또는 풍력 중 하나 또는 그 이상을 사용하여야 한다(CEC, 2007b).

캘리포니아 신재생 에너지 포트폴리오 기준의 목표 달성을 돕기 위하여, 캘리포니아 에너지 위원회는 신재생 에너지 인센티브 프로그램을 채택하였다. 기존의 신재생 설비 프로그램이 에너지 위원회의 신재생 에너지 프로그램 중 하나이다. 즉, 주 재원을 할당함으로써, 기존의 신재생 설비 프로그램(the Existing Renewable Facilities Program ERF)은 1996년 9월 26일 또는 그 이전부터 운영 중인 신재생 에너지 발전 설비의 경쟁력 강화를 추구한다.

ERFP의 목적에 맞추어, 2011년 12월 31일 이전까지 공공 재원 없이 운영을 지속할 수 있는 능력을 확보하도록 할 예정이다. 바이오매스, 태양열 전력, 풍력에 대한 기술은 ERF 자격이 있다. 2007부터 2011까지 대략 75 백만 불이 ERF에 할당될 것으로 추산된다(CEC, 2008b).

새롭게 부상하는 신재생 에너지 프로그램으로는 PV, 태양 열 전력, 연료 전지 및 풍력 시스템에 대한 보상과 생산 인센티브가 에너지 위원회의 신재생 프로그램¹²⁾을 들 수 있다. 이 프로그램의 목적은 신재생 에너지 시스템에 대한 시장 수요를 촉진하기 위한 것으로 자격 요구를 충족시키기 경우 소비자에 대한 시스템의 초기 비용 저감을 위한 보상이

12) 2007년 1월 1일 이후 태양에너지에 대한 인센티브는California Solar Initiative program에 의해 제공된다

제공된다. 새로운 신재생 프로그램이 다양한 크기로서 특정 조건과 제한에 부합하는 신재생 발전 시스템에 개방되어 있지만, 주거나 상업 및 농업 소비자 등을 주로 하는 소규모 발전 시스템을 선호하도록 설계되었다. 자격을 갖추기 위하여 시스템은 캘리포니아의 투자자 소유의 전력 유틸리티의 부지 내에 입지해야 하며, 부지의 전체 또는 일부의 전력 요구를 상쇄시키는 규모를 갖추어야 한다. <표 3>에 새로운 신재생 에너지 시스템에 해당하는 보상을 요약하였다(CEC, 2008c).

<표 3> Rebates Available for Emerging Renewable Systems

Technology Type	Size Category	Rebate Offered
Fuel Cells using a renewable fuel	Less than (<) 30 kilowatts	\$3.00 per watt
Wind	First 7.5 kilowatts	\$2.50 per watt
	Increments between >7.5kW and <30kW	\$1.50 per watt

출처: CEC, 2007c.

캘리포니아는 캘리포니아 태양 이니셔티브(California Solar Initiative CSI)를 태양 에너지에 대한 인센티브 프로그램으로 운영한다. 이 이니셔티브는 투자자 소유 유틸리티(investor-owned utility IOU), Pacific Gas and Electric Company PG&E의 영역, Southern California Edison(SCE), 및 San Diego Gas & Electric (SDG&E)에 대하여 인센티브를 제공한다(CPUC, 2009a). 이 인센티브 프로그램은 예산으로 10년 동안 2,167백만 불을 가지고 있으며, 2016년까지 1,940 megawatts (MW)의 태양력 시설용량을 달성하는 것을 목표로 하고 있다(CEC, 2009). 이 목표는 일반 시장(general market GM)의 CSI 프로그램으로부터 1,750MW를 확보하는 것을 포함하며, PV와 다른 태양 전력 생산 기술에 대하여 인센티브를 제공한다. 이 목표는 또한 두 가지 저소득 주거 인센티브 프로그램, 다가정 가용 태양 주거(the Multi-family Affordable Solar Housing, MASH) 프로그램 및 단일 가정 가용 태양 주거(Single-family Affordable Solar Homes, SASH) 프로그램으로 부터의 190MW를 포함한다(CPUC, 2009a).

신재생에너지 재원으로 캘리포니아 에너지 위원회는 2002년부터 2006년까지 <표 4>와

같은 투자계획에 따라 신재생 에너지 프로그램을 이행하였다.

<표 4> 신재생 에너지 프로그램 재원 배분 (1998~2006)

Program	1998-2001		2002-2006		2002-2006 (Reallocation of Customer Credit)	
	Percent of Total	\$ Million	Percent of Total	\$ Million	Percent of Total	\$ Million
New Renewables Facilities	30	162	51.5	347.625	51.5	347.625
Emerging Renewables	10	54	17.5	118.125	26.5	178.875
Existing Renewables	45	243	20	135	20	135
Consumer Education	1	5.4	1	6.75	0	0
Customer Credit	14	18.9	10	67.5	0	0
TOTAL	100	540	100	675	100	675

<표 5> 신재생 에너지 프로그램 재원 배분 (2007~2011)

Program	2007		2008-2011	
	Percent of Total	Million	Percent of Total	Million
New Renewables Facilities	51.5	75.11	0	0
Emerging Renewables	37.5	54.691	79	227.52
Existing Renewables	10	14.584	20	57.6
Consumer Education	1	1.459	1	2.88
TOTAL	100	145.844	100	288

<표 5>는 2008년을 시작으로 2011년까지, 캘리포니아는 SB 1036에 따라 잔여 프로그램에 대하여 새로운 자원 배분 프로그램을 수립한 것을 설명한 것이다. 기존의 신재생 설비 프로그램(20%), 부상하는 신재생 프로그램(79%), 그리고 소비자 교육 프로그램(1%)을 중심으로 구성되었음을 알 수 있다.

에너지 행동계획으로는 2000년, 2001년 미국 서부 에너지 위기를 겪은 후, 캘리포니아는 적정한 전력 공급을 위한 에너지 행동 계획을 채택하였다. 첫째, 2003년에 캘리포니아 공공 유틸리티 위원회, 캘리포니아 에너지 위원회 및 캘리포니아 전력 관리청은 에너지 위기 후(post-energy-crisis) 행동 요구(call-to-action)에 집중하여 에너지 행동 계획을 수립하였다. 2005년에 에너지 위원회와 공공 유틸리티 위원회는 2차 계획(Energy Action Plan II)을 채택하였다. 이 계획은 주민에 대한 걱정하고, 가용하며, 선진 기술 사용 및 환경적으로 건전한 에너지 공급을 지향하고 있다. 이차 계획에는 처음으로 기후변화의 부상하는 중요성을 강조하였다. 수송 관련 에너지 이슈 및 연구 및 개발 행동 또한 추가 되었다.

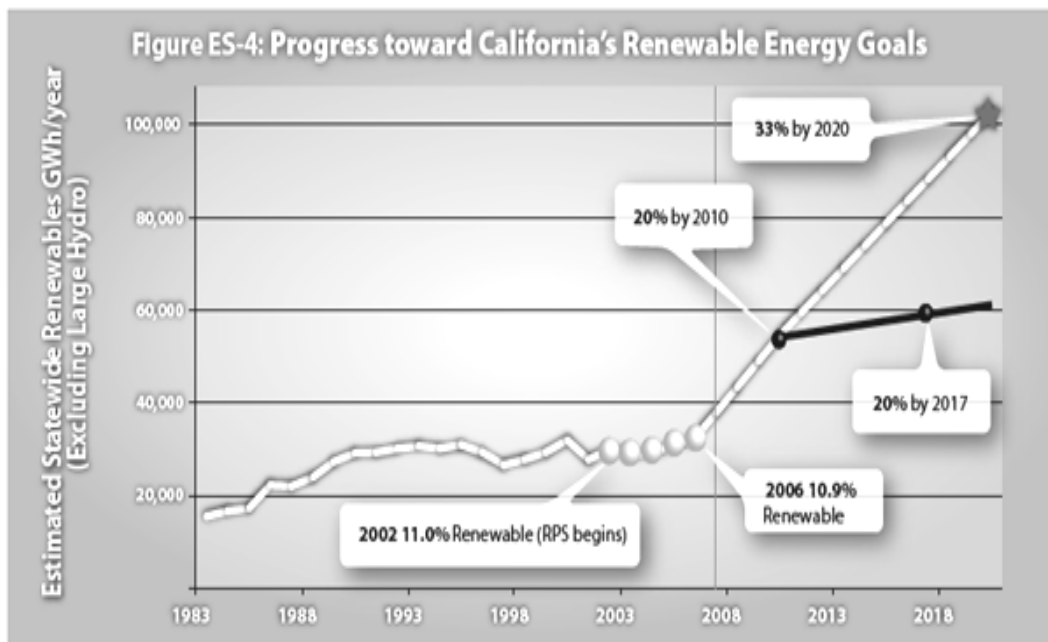
2006년 캘리포니아 지구 온난화 해결법(the California Global Warming Solutions Act)에 의거 에너지 위원회는 2007 종합 에너지 정책 보고서 (2007 Integrated Energy Policy Report IEPR)를 채택하여 캘리포니아 주가 탄소 위기에 처한 세계의 에너지 수요에 부응토록 하는 선진 정책을 담고 있다. 이 보고서는 또한 이런 정책들을 달성하기 위한 권장된 행동들의 철저한 방안을 제공하고 있다. 2008년에 캘리포니아 공공 유틸리티 위원회와 에너지 위원회는 보완된 2008 에너지 행동계획 보완(2008 Update Energy Action Plan)을 채택하였으며, 이는 캘리포니아 주의 지구 기후 변화에 대응하는 지속적인 행동들을 담고 있다.

3) 캘리포니아주 신재생 에너지 목표

캘리포니아는 2002년에 상원 법 1078 (Senate Bill 1078) 에서 RPS를 채택하였고, 2006년에 상원 법 107에 따라 강화하였다. RPS 프로그램은 전력 회사로 하여금 적어도 1%씩 신재생 에너지 구매를 증가시켜 2010년에 20%에 도달하도록 요구하고 있다. 캘리포니아는 최근 2010년까지 20% 기준에서 2020년까지 33%로 목표 상향 조정하였다(그림 5참조).

캘리포니아는 Intermittency Analysis 프로젝트 리포트(IAP)에서 2010년과 2020년 신재생 전력 시나리오를 분석하였으며, 2020년까지 33%의 자원 믹스를 사용하였다<표 5>. 이 리포트의 기술 가능성 분석에 따르면, 캘리포니아는 적절한 인프라, 기술 및 정책을 결합함

으로써 신재생 에너지 공급의 야심 찬 목표를 실현할 수 있다. 특히, 이런 요소들을 성공적으로 결합하기 위하여, 캘리포니아는 신재생 에너지 추가를 지원하는 송전, 발전, 운영 인프라에 투자해야 한다. 뿐만 아니라 이런 결합의 성공을 위해 실제 운영, 정책 및 시장 구조, 규제 참여자 사이의 협조 등에서 적절한 변화가 일어나야 한다(CEC, 2007d).



출처: CEC, 2007a.

<그림 5> 캘리포니아의 신재생 에너지 목표를 향한 진전

<표 6> 자원 믹스 시나리오 (2020년까지 33% 신재생 에너지)

Renewables	Capacity
Total Geothermal, MW	5,100 (20%)
Total Biomass, MW	2,000 (8%)
Total Concentrating Solar, MW	3,100 (12%)
Total Photovoltaic Solar, MW	2,900 (11%)
Total Wind, MW	12,700 (49%)
Total Renewable Capacity	25,800 (100%)

출처: CEC, 2007d.

4) 소결

캘리포니아는 신재생 에너지 개발에 있어서 국내 선구자이다. 지난 30년 이상, 캘리포니아는 신재생 에너지 촉진 정책을 펼쳐 세계에서 가장 크고 다양한 신재생 발전 포트폴리오 중 하나를 이룩하는데 성공했다. 그러나, 신재생 에너지는 현재 전력 발전의 11%만 차지한다. 이것은 2020년에 33 % 목표를 달성하기 위하여 에너지 인프라 변화, 신재생 에너지 프로그램, 시장 구조, 모든 참여자들의 협조 등에서 많은 노력을 필요로 한다는 것을 의미한다. 동시에 캘리포니아는 전력 발전에 대한 요금 납부자의 비용과 위기를 최소화하는 방안을 고려해야 한다.

4. 버몬트주의 에너지정책

1) 배경

버몬트는 화석연료 자원이 없으나 풍부한 신재생 에너지 잠재력이 있다. 커넥티컷트 강과 챔플레인 호수는 수력 자원을 공급한다. 버몬트의 언덕과 산은 주의 대부분을 덮고 있어 풍력 잠재력이 있고, 주의 북동부의 풍부한 산림은 바이오 매스 자원을 가정 난방 및 전력 생산에 제공한다. 버몬트의 종합 에너지 소비는 미국내 최소이고, 일인당 에너지 소비는 가장 낮은 쪽에 속한다. 버몬트는 석유제품 수요에 있어서 하와이를 제외한 50개 주 중에서 가장 하위에 위치하고, 천연가스 소비 또한 미국내 최소인 주이다. 버몬트는 석유와 천연가스를 인근 주와 캐나다에서 공급받는다.

<표 7> 버몬트 주 에너지 개요

Consumption	
per Capita	Vermont
Total Energy	261 million Btu
by Source	Vermont
Total Energy	162 trillion Btu

Total Petroleum	16.7 million barrels
Motor Gasoline	8.4 million barrels
Distillate Fuel	4.9 million barrels
Liquefied Petroleum Gases	2.2 million barrels
Jet Fuel	0.3 million barrels
Natural Gas	8867 billion cu ft
Coal	W
by End-use Sector	Vermont
Residential	47,533 billion Btu
Commercial	31,236 billion Btu
Industrial	29,391 billion Btu
Transportation	53,978 billion Btu
for Electricity Generation	Vermont
Petroleum	Nil
Natural Gas	7 million cu ft
Coal	-

W=Withheld to avoid disclosure of individual of individual company data.

버몬트는 다른 어떤 주보다 핵 발전으로부터 전력공급 비중이 높다. 버몬트 양키 핵발전소는 연간 종합 전력 발전의 75%를 차지한다. 나머지 발전의 대부분은 수력이나 풍력 또는 바이오매스 같은 신재생 에너지로부터 생산된다. 버몬트는 석탄 발전소가 없는 미국 내 두 개 주 중 하나이다. 다른 주는 로드아일랜드이다. <표 6>은 버몬트의 1인당 자원별, 분야별 에너지 소비 및 전력 생산을 나타낸다(EIA, 2009).

버몬트는 신재생 에너지와 환경 관련 많은 정책들을 가지고 있다. 다음에서 보는 정책들과 인센티브는 모두 버몬트주 차원이고, 신재생 에너지 개발과 에너지 효율 기술을 지원한다(DSIRE, 2009).

- ① 에너지 효율을 위한 건물 에너지 법: 버몬트 건물 에너지 기준
- ② 신재생 에너지에 대한 회사 세금 감면: 태양력에 대한 영업세 감면(회사)

- ③ 에너지 효율에 대한 응자: 보유세 재정 허가, 지역 옵션-청정 에너지 재정 구역, 주 응자 프로그램, 청정에너지 개발 재원응자 프로그램, 에너지 스타와 효율적인 버몬트 가정 시현(기존 가구)
- ④ 에너지 효율을 위한 공공 편익 재원: 청정에너지 개발 재원, 에너지 효율 버몬트
- ⑤ 신재생 에너지를 위한 공공 편익 재원: 청정에너지 개발 재원
- ⑥ 에너지 효율 보상: 상업 조명 인센티브, 압축 공기 시스템, 에너지효율 자동차 및 VFD 프로그램, 에너지 스타와 가정 시현(기존 가구), HVAC 장치 환불 프로그램, 통합 설계 및 고효율 장치에 대한 인센티브, 다가구 아파트 환불 프로그램, 주거 에너지 효율 환불 프로그램, 소형 상업 냉장고 인센티브, 자판기 조절기 인센티브, 버몬트 에너지 스타 가정 (신축)
- ⑦ 신재생 에너지에 대한 환불: 버몬트 소규모 신재생 에너지 인센티브 프로그램
- ⑧ 신재생 에너지에 대한 신재생 포트폴리오 기준: 지속가능 가격의 에너지 기업 개발 (SPEED)

2) 주요 신재생 에너지 정책

버몬트에서 가장 주요한 신재생 에너지 정책은 지속가능 가격의 기업 개발(Sustainably Priced Energy Enterprise Development (SPEED))이고, 이것은 30 V.S.A. § 8005와 § 8001에서 2005년 6월에 버몬트 의회와 주지사에 의해 제정었다. 이 정책의 목표는 신재생 에너지 개발의 추진을 통해 경제적 편익을 도모하고 신에너지를 버몬트 경제 일반과 특히, 주의 요금 납부 시민들에게 편입시키기 위한 것이다(VermontSPEED, 2009). 특별히, SPEED는 다음 세가지 목표를 가지고 있다(DSIRE, 2009).

- ① 2005~2012사이에 적절한 신재생 에너지의 소비자에 대한 전력 판매의 총 증가
- ② 2017년까지 적절한 신재생 에너지에 의해 생산된 전력을 버몬트주 내 판매의 20% 달성

③ 2025년까지 신재생 에너지에 의해 생산된 전력을 버몬트주 내 판매의 25% 달성

공공 서비스 부(Department of Public Service DPS), 공공 서비스 위원회(Public Service Board PSB), 교통청(Agency of Transportation) 및 자연자원청(Agency of Natural Resources)이 버몬트 에너지와 환경 계획을 정의하고 지시한다. 특히, DPS와 PSB가 SPEED 프로그램을 관리한다. DPS는 에너지 효율, 에너지 절약, 버몬트 신재생 에너지 사용 등에 관한 심층 정보를 보유하고, 프로그램들을 수행한다(DPS, 2009). DPS의 일부인 PSB는 SPEED 프로그램을 감독하고 주기적으로 규정을 보완하여 시행 및 계약을 촉진한다.

SPEED 프로그램은 2005년에 신재생 에너지 개발을 촉진하기 위하여 입법되었으나, 그 자체는 신재생 포트폴리오 목표나 기준이 아니다. 그러나 법(30 V.S.A. § 8004)에 따라 PSB가 결정한 최소 의무가 달성되지 못하면, 주 유틸리티는 의무적 RPS를 달성하도록 요구받는다. 2005년에 통과된 이 법은 다양한 에너지 이슈들을 고려하고 버몬트 유틸리티를 격려하여 신재생 자원 개발자와 계약을 통해 전력을 구매토록 한다. SPEED 프로그램 수립에서 버몬트 의회는 주내 효율과 신재생 에너지 발전이 2005년과 2013년 사이에 모든 순차적 부담을 달성하는 것을 목표로 하였다.

버몬트 PSB는 SPEED 프로그램 설정과 소규모 및 신재생 발전의 상호 연결 기준에 있어서 규칙 4.300와 5.500을 채택했다. 이 규칙은 버몬트 전력 유틸리티들이 주 내 신재생 발전의 구매를 촉진하도록 설계되었다. 이는 버몬트 인근 많은 주의 RPS 설립 및 연합 신재생 에너지 신용(associated Renewable Energy Credits RECs)에 대한 보완 기능을 한다. 버몬트가 SPEED를 통해 촉진하려는 계약은 에너지, 실제 전력을 위한 것이다. 신재생 프로젝트의 산물인 RECs는 다른 곳에 판매할 수 있다(DPS, 2007).

3) 에너지기관 구조

2005년 8월 1일에 PSB는 위원회의 2년 단위의 Act 61 의 이행에 대한 언급을 요구하였다. 위원회는 또한 Act 61의 측면들 중 상호작용에 대한 의견 및 Act 61의 절차적 이행의 공지에 관한 다양한 이슈들을 당사자들에게 물었다. DPS는 위원회의 메모랜덤에 반응하여 이런 초기 언급을 제공했다.

버몬트 주의 시민들과 정책 형성자들은 전형적으로 상당히 환경적이다. 버몬트는 산업체와 주변 시장이 지속적으로 집중적인 시장개혁을 추진하는 동안 Act 61을 이행하면서 환경적 이해와 균형을 맞추기 위해 노력했다. 시간이 지남에 따라 버몬트주는 점증하는 지역의 에너지 시장의 휘발성 및 관련된 지역 시장의 구조적 변화를 직면한다. Act 61은 장기 안정성, 비용 반영, 자율 결정 등에 대한 약속을 제공하기 위해 개발되었다.

SPEED는 신재생 자원으로부터 생산된 전력에 대한 장기 계약을 독려함으로써 신재생 에너지 개발을 촉진하기 위해 설계되었다. 2008년 3월에 입법(S.B. 209)되었고 2017년 7월 1일전까지 총 주 전력 소비자 판매의 20%를 SPEED 프로젝트에 의해 생산하는 것을 목표로 하였다. 다른 북동부 주들과 달리, 이 프로그램은 유틸리티로 하여금 결과물 구매를 요구하지 않고, 신재생 에너지 생산자는 그들의 신재생 에너지 신용(REC)을 다른 시장(다른 주 RPS 시장이나 자율 녹색 발전 프로그램 등)에 자유롭게 팔 수 있게 하였다. 유틸리티들은 PSB에 의해 확증된 신재생 에너지 생산자와 장기 전력 구매 합의(power purchase agreements PPAs)를 체결하도록 기대되거나 스스로 SPEED 프로젝트를 개발하도록 기대된다. SPEED 촉진자는 이런 구매 절차를 지원하도록 계약되거나 전력을 구매하려는 유틸리티와 신재생 에너지 발전자(SPEED 프로젝트)가 연결되도록 지원한다.

SPEED 프로젝트 자격을 얻기 위해, 시설은 버몬트에 위치하고, 신재생 자원이나 자격 있는 CHP를 사용하여 에너지를 생산하고, 2004년 12월 31 이후 서비스를 시작해야 한다. 일부 상황에서는 주 밖에서 신재생 에너지와 계약도 SPEED 목표의 달성에 자격을 갖추 수 있다. 기존 시설을 개선하거나 확장하여 자격을 갖추는 조항도 있다. 자격이 있는 신재생 에너지 자원은 수력(200MW까지), 메탄(매립가스, 혐기성 소화조, 하수처리시설 및 농장으로부터), 지열, 태양 에너지, 풍력 또는 위에 언급한 연료자원을 사용하는 CHP, 연료 전지 등이다. 고체 폐기물은 제외된다. PSB는 추가 신재생 에너지가 있으면 자격이 있는지 결정 권한이 있다.

PSB는 2012년 1월 1일부터 또는 이전에 진행을 시작해야 하며 버몬트 소비자 전력 제공자에게 공급되거나 공급되기로 확증된 SPEED 자원의 총량을 결정해야 하며 이것은 2013년 1월 1일까지 결정되어야 한다. SPEED 프로그램은 다음 두 요건 중 하나가 만족되면 성공적으로 여겨진다.

두 조건 모두 만족되지 못하면, RPS가 의무적으로 시행되며 주의 전력 유틸리티는 2005년과 2012년 사이의 주 내 소비자 전력 판매 증가에 대해 신재생 및 그 결과물을 사용하여 충당하거나, REC를 구매하거나, 버몬트 청정 에너지 개발 재원에 해당 대체 비용을 납부하여야 한다.

4) 이행 구조

2009년 버몬트 에너지 법(The Vermont Energy Act of 2009)은 SPEED 프로그램 아래 자격을 갖춘 신재생 발전에 대하여 대체로 비용에 기초한 요금을 제공하도록 설계된 표준 제시 프로그램을 추진하도록 요구하고 있다. 2009년 6월 6일에 공공 서비스 위원회(PSB)는 지속가능 가격 에너지 기업 개발 프로그램 (Sustainably Priced Energy Enterprise Development program) 아래 자격을 갖춘 신재생 발전에 대한 표준 제시 가격의 개발을 조사하기 위하여 안건 7523(Docket 7523)을 개시했다.

이 조사는 30 V.S.A. § 8005(b)에 성문된 2009년 버몬트 에너지법의 요구를 대응하기 위하여 시작되었다. 위원회는 2009년 9월 15일까지 이 법에 의해 마련된 가격이 기준을 적용하여 지불되는 합리적인 접근에 따라 만들어진 가격인지에 대하여 반대가 없는 사안이 되도록 안건을 개시하여 완료하도록 되어 있다.

명령은 안건 7523이 법의 표준 제시 가격을 검토하도록 기술되어 있고, 만약 가격이 합리적이지 않으면, 2009년 9월 15일까지 잠정 가격을 설정하도록 되어 있다. 위원회는 2009년 9월 15일에 명령을 발령하고 결정을 하였다(PSB, 2009).

2009년 6월 29일에 PSB는 안건 7533을 개시하였다. 위에 언급한 명령에 추가하여, 이 법은 2010년 1월 15일까지 위원회는 SPEED 협력자로부터 표준 제시 아래 발전소 소유자에게 지불되는 가격을 입법에 의해 성립된 기준을 적용하여 설정하도록 요구하고 있다. 위원회는 법정 기한인 2010년 1월 15일에 맞추도록 2차 조사를 개시하였다. 이 조사는 안건 7523에 개발된 기록에 기초하도록 의도되었고, 그 안건에서 다루지 않은 모든 필요한 시행 이슈를 해결하고 법에서 설정된 SPEED 프로젝트에 대한 가격을 재평가하도록 하고 있다. 안건 7533은 별개로 진행되도록 개시되었으며, 주요 이유는 법에서 위원회는 안건 7523인 반대가 없는 사안 안건을 개시하도록 하는 동시에 2009년 9월 15일까지 종결토록

요구하고 있기 때문이다.

현재까지, 위원회는 안건 7533이 다루는 주제에 대해 두 건의 워크숍을 계획하고 개최하였다. 이 과정의 당사자들과 위원회 직원들은 이슈의 예비 리스트를 동정하고, 초기 언급을 제공하였으며, 이슈 리스트에 응답하고 있다. 이 이슈 리스트는 2009년 6월 26일의 위원회 직원 메모에 담겨 있고 웹 주소는 <http://psb.vermont.gov/docketsandprojects/electric/7523>이다.

5) 재정 메카니즘

2005년에 Act 74(10 V.S.A. § 6523)를 통해 버몬트 의회는 버몬트 청정 에너지 개발 재원(Clean Energy Development Fund)을 만들었다. 이 법은 버몬트 청정 에너지 개발 재원을 성립시키며 재원은 두 가지 MOU(Memoranda of Understanding)에 의해 DPS, Entergy Nuclear VT, Entergy Nuclear Operations, Inc. 및 기타 자금으로 조성된다.

CEDF는 2012년까지 Entergy로부터 납부금을 받을 것이다. 이 재원의 목적은 버몬트에서 비용-편익적이고 환경적으로 지속가능한 전력 자원 -주로 신재생 에너지 자원- 그리고 복합 발전기술(Combined Heat and Power Technologies)을 개발하고 채택하기 위한 것이다.

버몬트는 용자와 보조 프로그램을 혼합 활용한다. 보조 프로그램은 \$5.5 백만불의 신재생 에너지 프로젝트, \$2.5백만불의 청정 에너지 프로젝트, \$2 백만불의 청정 에너지 프로젝트, \$1.5 백만불의 VT 소규모 신재생 에너지 인센티브 프로그램과 \$2 백만불의 VT 청정 에너지 개발 재원 프로젝트 포상금 등을 포함한다. 버몬트는 또한 소규모 신재생 에너지 인센티브 프로그램을 자격 있는 태양 전기, 태양 온수 및 소풍력 시스템에 시행하고 있다. 끝으로 버몬트는 도시 기술 지원 보조 프로그램(Municipal Technical Assistance Grant Program)을 지원 한다(DSIRE, 2009).

6) 신재생 에너지 정책의 목표

버몬트 공공 서비스부(Vermont Department of Public Service)는 자연 자원 청(Agency

of Natural Resource)과 교통청(Agency of Transportation)으로부터의 지원을 활용하면서, 버몬트 에너지 미래(Vermont's Energy Future)에 대한 계획을 수립했다. 이 계획은 1990년 대비 2020년까지 에너지 소비를 16.2% 줄이는 것을 요구하고 있다(DPS, 1998). 또한 이 계획은 2020년까지 신재생 에너지 사용을 38.7%까지 늘리는 것을 요구하고 있다. <표 7>은 이러한 목표를 나타내주고 있다(DPS, 1998).

<표 8> 버몬트의 총 에너지, 기름 소비 및 신재생에너지 소비 예측

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	'95-2020 Avg Ann Growth	'97-2020 Gum % Change
Total Energy(BC)	98.0	116.7	130.5	138.4	145.7	150.9	153.9	1.11%	
Total Energy(CC)	98.0	116.7	114.8	115.7	121.8	122.6	125.4	0.29%	-16.2%

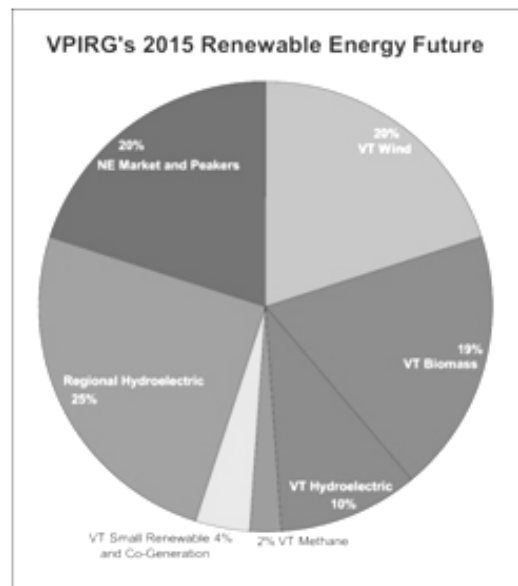
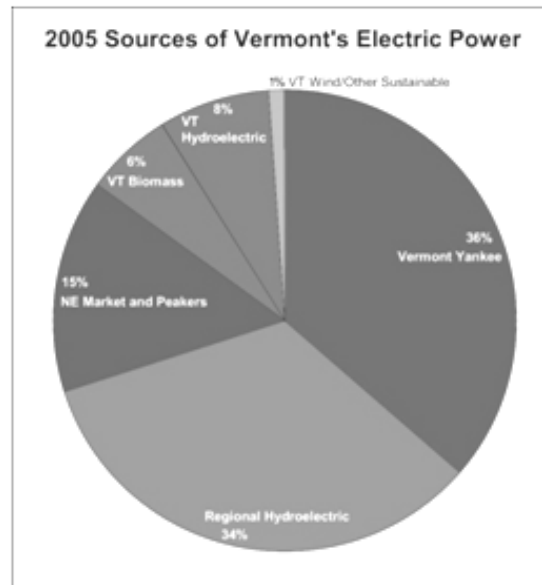
Note: 1995 and 1996 values are estimates. Source: VT DPS

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	'95-2020 Avg Ann Growth	'97-2020 Gum % Change
Oil use(BC)	64.3	76.7	86.6	90.9	93.4	95.4	96.1	0.91%	
Oil use(CC)	64.3	76.7	72.1	70.2	70.8	69.4	70.2	-0.35%	-22.93%
Renewables use(BC)	15.7	18.4	19.8	21.5	23.7	23.3	19.7	0.27%	
Renewables use(CC)	15.7	18.4	19.7	21.4	31.6	43.7	38.9	3.04%	38.67%

Note: 1995 and 1996 values are estimates. Source: VT DPS

앞에서 언급한 목표를 달성하기 위하여 버몬트는 다음의 다단계 계획을 이행할 것이다 (apollochallenge.org, 2009).

- ① 버몬트는 다음과 같이 다음 십 년 동안 전력 분야의 에너지 독립을 위해 노력할 것이며 이를 위한 수단으로 총 전력 수요의 25%를 감소시키기 위해 절약과 효율에 투자하고 버몬트에 근거한 신재생 에너지 자원으로부터 50%의 전력을 생산하는 청정에너지 미래 구축할 계획이다.



<그림 6> 버몬트의 전력 분야 및 신재생 에너지 분야의 차트

- ② 버몬트는 다음과 같이 다음 십 년 동안 수송 분야의 에너지 독립을 위해 커뮤니티의 스마트 성장 및 효과적인 철도, 버스 및 자전거 교통에 투자함으로써 총 차량 마일(total number of vehicle miles traveled VMT)을 30% 수준으로 감소시키고, 수송 인프라를 구축하여 농장에 근거한 바이오 연료를 지원하고 공공분야와 민간분야의 효율적인 기술사용을 지원할 계획이다.
- ③ 버몬트는 다음과 같이 다음 십 년 동안 난방 분야의 에너지 독립을 위해 기존의 건물에 대해 비용-효과적인 에너지 효율 개선을 위해 투자함으로써 모든 기존 건물의 난방 사용을 3분의 1 이상 저감하고 동시에 평균 연료 및 에너지 비용을 40%를 저감할 계획이다. 또한 법 및 기준 개선을 통해 신규 건물에서 난방 에너지 사용을 저감하여, 3년 내에 30%, 8년 내에 50%까지 에너지 사용 저감할 계획이다.
- ④ 버몬트는 다음과 같이 21세기 신에너지 경제의 편익을 공유토록 지원할 계획인데 공공과 민간의 재원을 신에너지 기술의 연구 및 개발에 추가 투자하여 양질의 직업 창출, 가정 및 소규모 및 협동조합 시설 지원, 주의 전통적인 근로 분위기 보전하고 인력 개발 프로그램에 투자하여 에너지 효율 인프라 제작, 설치 및 유지, 태양력, 풍력, 바이오 연료 및 기타 청정에너지 기술 및 제품에 대한 숙련된 전문가 양성할 계획이다.

7) 소결

비록 버몬트는 다른 많은 주보다 수력과 목재 에너지를 많이 사용하지만, 총 신재생 에너지 자원 사용은 비 신재생 에너지 보다 훨씬 적다. 신재생 에너지 사용 증가는 비 신재생보다 빠르지 않다. 버몬트는 2020년까지 적어도 20%의 전력을 신재생 자원에서 발전하는 방안을 찾고 있으며, 이 목표는 현재 기술로 달성 가능하다. 또한 버몬트는 에너지 효율 향상을 도모하고 있다. 에너지 효율에서의 혁신은 인구증가에도 불구하고 2020년 이후 수요를 일정하게 유지할 것이다

제4장 신재생에너지 기술동향 및 정책적 함의

이 장에서는 신재생에너지 기술발전에 대한 세계 동향과 정책개발, 시장현황 및 가장 유망한 대안 기술 전망에 대해 논의할 것이다. 특히, 수소·연료전지, 바이오매스 및 바이오 연료, 풍력(육상 및 해상), 태양에너지, 지열에너지, 그리고 에너지 효율성과 보전에 관한 비용 및 연구개발 투자 동향에 대한 정보를 제공하고자 한다.

이하 각 절에서는 신재생에너지 기술개발을 위한 각국의 노력을 정리한 표를 제공하고 있는 바, 여기에는 잠재량, 개발 목표 및 주요 정책이 간단히 설명될 것이다. 아울러, 각 기술에 대한 상세한 동향이 기술될 것이다.

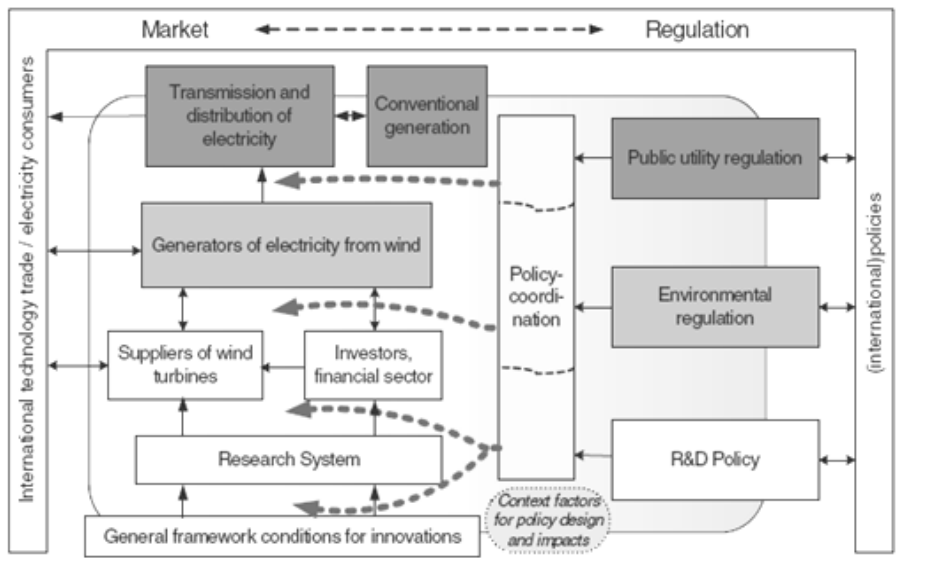
1. 풍력에너지

1) 기술개발 동향

기후변화에 관한 정부간 패널(the Intergovernmental Panel on Climate Change)의 최근 보고서 (IPCC, 2007a, 2007b)에 따르면, 지표면의 평균 온도는, 특별한 추가 조치가 없을 경우 금세기 말까지 1.8-4.0°C 더 상승할 것으로 예상된다. 따라서 지구대기의 보호를 위해서는 - 특히, 1인당 온실가스 배출량이 높은 국가를 포함하여, CO₂ 등 온실가스의 감축을 위한 근본적인 노력이 요구된다 (Walz and Schleich, 2009a). 인구밀도가 높은 개발도상국의 경제 개발을 고려하면, 선진국의 장기 기후변화 완화 목표 달성을 위해서는 2050년까지 70~80%의 온실가스 감축을 위한 움직임이 필요하다. 이러한 목표 달성을 위해서 각 정부는 에너지 또는 탄소배출 세제, 배출권거래제 및 신재생에너지원과 같은 저탄소 또는 무탄소 기술 투자에 대한 보조금 지급 등의 정책 수단을 포함한 기후변화 정책을 시행하고 있다(Walz and Schleich, 2009a).

풍력에너지는 최근 문헌으로부터 많은 관심을 받고 있다. 풍력에너지는, 기존 에너

지의 높은 경로 의존성(high path dependency)에도 불구하고 전통적인 기술 궤도가 새로운 기술궤도에 의해 대체되는 급진적인 기술 변화의 유망한 사례로 인식되고 있기 때문이다. 풍력에너지는 규제와 혁신 및 세계시장에 대한 영향간의 상호 관계를 분석하는 훌륭한 사례가 될 것이다. <그림 7>은 풍력 발전에 관한 삼중 규제의 도해를 보여주고 있다.



<그림 7> 풍력발전 시장에 대한 삼중 규제의 역동성

<그림 7>은 풍력에너지 관련 주요 행위주체들의 행위를 묘사한 것이다. 첫 번째 행위 주체는 풍력 터빈의 공급자이다. Walz and Schleich (2009b)에 따르면, 이들은 좋은 투자영역내의 다른 회사들과 마찬가지로 유사한 구조를 가진 회사들로 구성된다. 두 번째 주체는 풍력발전 투자자들이다. 이들은 토지 및 자본 소유자들로 구성되며 전형적인 민간투자자, 풍력에너지 펀드 및 전력사업자 등이다. 셋째, 풍력 터빈을 통해 생산된 전력은 고객에게 송배전되어야 한다. 따라서 송배전망에 대한 접근은 풍력발전에 있어서 필수적이다. 이러한 점에서 전력회사는 핵심적인 역할을 하게 된다. 이들은 전력의 송배전에 대

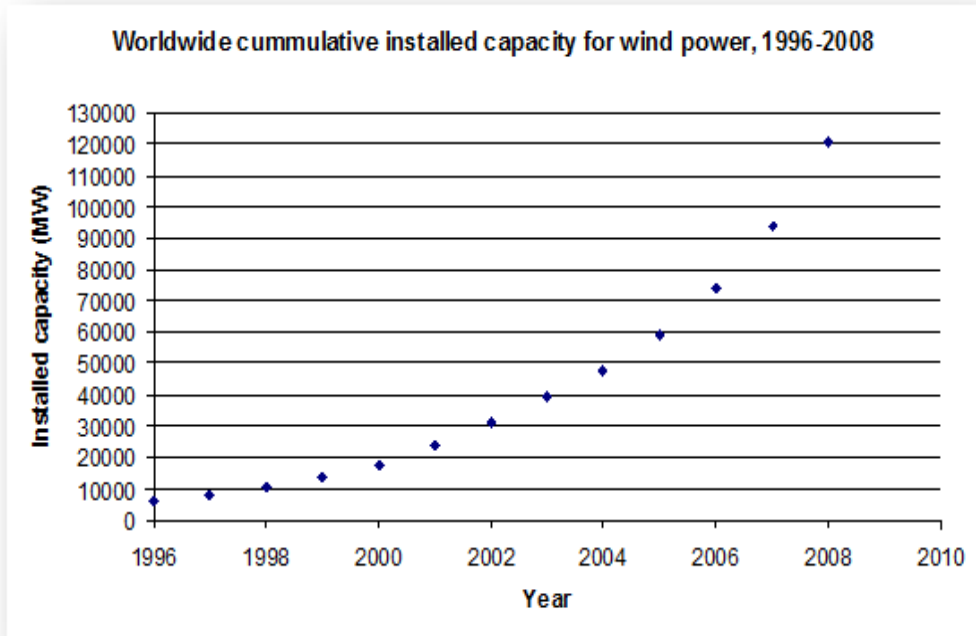
한 책임을 가지고 있으며, 또 한편으로는 재래식 발전을 대체하는 전력생산에 대한 맡게 된다. 따라서 전력사업자는 동시에 풍력발전의 경쟁자가 된다. 위 그림은 삼중 규제의 역할에 대해 강조하고 있다. 행위주체들에 대한 직접적인 영향 외에, 행위 주체간 상호 작용을 통하여 직접적인 영향이 전이됨으로써 간접적인 영향을 미치게 된다(Walz and Schleich, 2009b).

국제적으로 풍력발전은 에너지 및 기후변화에 있어서 핵심적인 역할을 하고 있다. 예를 들면, 2009년 11월 4일, 워싱턴에서 개최된 EU-USA Summit 에서 국제관계에서 에너지의 중요성을 점증함에 따라, 이를 반영하여 trans-Atlantic Energy Council를 설치하기로 결정하였다. EU 풍력에너지 협회(European Wind Energy Association) 회장, Christian Kjaer는 이러한 발의에 대해 다음과 같이 말하고 있다.

“에너지 안보와 기후변화는 국제정치에서 보다 큰 역할을 하게 될 것이다. EU와 미국간 에너지 문제에 대한 대화를 개선하고 과학적 협력을 증진시키는 것은 중요한 일이다. 기후변화를 진정으로 완화시키고자 한다면, EU와 미국은 전세계 CO₂배출량 감소를 위한 신속한 행동이 필요하며, 에너지 생산 방식을 급진적으로 변화시켜야 할 것이다. 이러한 새로운 협력의 초점은, 기후변화에 관한 정부간 패널이 설정한 2015년 까지 CO₂감축 목표를 달성을 가능하게 할 준비된 기술에 맞추어져야 할 것이다. 이는 풍력에너지가 새로운 협력의 핵심 요소가 되어야 하며, 아울러 새로운 trans-Atlantic Energy Council의 최우선 의제가 되어야 할 것이다 (EWEA, 2009c).”

또한 국제에너지기구(International Energy Agency)는 ‘wind agreement’를 개발한 바, 이는 회원국들이 대규모 풍력 시스템 프로젝트의 계획과 시행에 관한 정보를 교환하고 협력적인 R&D 프로젝트를 착수하는데 있어서 매개 수단의 역할을 수행하고 있다. 2009년 현재 24개 회원국이 있다. 여기에는 미국, 독일, 한국, 일본 및 멕시코 등 20개 회원국과 EU 집행위원회, EU 풍력에너지 협회(European Wind Energy Association) 등이 포함된다 (IEA, 2009b).

풍력발전의 최근 동향을 살펴보면, 2007년 한 해에만 약 20GW에 달하는 시설이 설치되었다 (Bolinger and Wiser, 2009). 아래 <그림 8>은 1996~2008년간 전 세계에 설치된 풍력발전의 누적 시설용량을 나타낸다.



<그림 8> 전 세계 풍력발전의 누적 시설용량, 1996-2008

유럽 국가들이 과거 수십 년간 가장 큰 풍력에너지 시설 용량을 설치하여 왔지만, 최근에는 미국이 새로운 설치 용량에 있어서 가장 빠른 성장을 보이는 풍력발전 시장이 되었으며, 독일과 스페인뿐만 아니라 중국과 인도 등의 아시아 시장이 그 뒤를 따르고 있다.

현재 공급을 초과하는 풍력 터빈에 대한 수요, 풍력터빈 제조업에 투입되는 원료와 에너지 비용 상승 등과 같은 많은 요소들이 풍력발전 비용과 풍력발전으로 생산된 전력의 상방 압력 요인으로 작용하고 있다. 이러한 문제에도 불구하고, 풍력 에너지가 진정한 세계 전력원이 될 수 있도록 하는 중요한 발전이 일어나고 있으며, 미래에는 급속한 성장을 지속할 것이라는 광범위한 기대를 받고 있다(Bolinger and Wiser, 2009).

2) 정책적 함의

기후변화와 에너지 안보 문제에 대한 관심은 전 세계적으로 풍력발전의 중요성을 더해

주고 있다(Bolinger and Wiser, 2009). 풍력발전 기술은 성숙 단계에 접어들고 있으며 많은 국가들이 적극적으로 정책을 개발하고 시장을 확대하고 있다. 아래 표는 EWEA(European Wind Energy Association)에 의한 아시아 국가의 풍력발전 시설용량을 나타내고 있다(2009a).

<표 9> 2007, 2008년 아시아 지역 풍력발전 시설 용량(단위: MW)

Country	End of 2007	New in 2008	End of 2008
China	5,900	6,300	210
India	7,845	1,800	645
Japan	1,528	356	880
Taiwan	281	81	358
South Korea	193	43	236
Philippines	25	8	33
Other	5	1	6

이 자료에 따르면, 한국은 풍력발전 개발에 있어서 아시아의 선도 국가들에 비해 뒤쳐지고 있다. 그러나 이는 오히려 향후 한국이 개발할 수 있는 풍력 에너지의 개발 잠재량이 풍부함을 의미한다고 볼 수 있다. 또한 비록 설치된 시설용량이 적은 것이 이유이기도 하지만, 2007년에서 2008년 사이에 22.3%라는 가파른 성장세를 보이고 있다.

풍력발전을 위한 주요 정책 수단에는 발전차액지원제도(feed-in tariffs)와 환경인증¹³⁾ 제도가 있다. 공개매수, 투자 인센티브, 또는 세금 면제 등의 정책수단 역시 몇몇 국가에서 도입하고 있으며, 발전차액지원제도 또는 환경인증제도와 결합하여 시행하는 사례도 찾아 볼 수 있다(EWEA, 2009c).

세계 풍력발전 시장을 선도하고 있는 국가들의 경우 발전차액지원제도를 채택하고 있는데, 이는 동 제도가 안정적인 투자환경 조성에 기여하는 한편, 기술 혁신을 증진시킬 수 있는 설계가 가능하기 때문인 것으로 풀이된다. 풍력 터빈에 대한 수요 증가와 제조비용으로 인한 풍력발전 비용의 상승 압력에도 불구하고, 풍력발전은 미국의 전력 도매시장

13) Green certificates는 발전사업자가 법적으로 부과된 일정 목표를 충족시키는 인증서의 판매 또는 구매 옵션을 보유하는 반면 발전 전력의 일정 부분을 신재생에너지를 사용해야 하는 제도

에서 가장 경쟁력 있는 것으로 평가되고 있다. 풍력발전의 보급과 채택에 관한 세계동향 분석에 따르면, 풍력발전은, 지열발전과 함께, R&D 투자 결과 괄목할 만한 성과를 보여주고 있으며, 비록 화석연료보다 우월하지는 않더라도, 경제적으로 필적할 만한 수준을 보여주고 있다(Schilling and Esmundo, 2009).

발전차액지원제도의 메커니즘과 관련하여, 동 제도가 산업의 공급 측면으로부터의 비용절감 노력을 조장하는 방식으로 설계될 수 있다는 점에 유의하여야 한다. 이것은 발전차액지원제도에 대한 비판 중 하나이지만, 독일의 사례에서 알 수 있듯이, 동 제도는 오히려 쇄신을 증진시킬 수 있다. 독일은 발전사업자에게 지급되는 발전차액에 대한 비용 절감 방안을 도입하고 있다. 공급 측면에서 쇄신을 증진시키는 이유 중 하나는, 동 제도 도입 이후 최초 5년간 발전차액이 일정한 상태로 유지되는 반면, 그 이후에는 시간이 흐름에 따라 점차 감소되기 때문이다. 5년이 지난 후에는 감소된 새로운 발전차액이 적용된다.

신재생에너지 공급의무화제도(RPS: Renewables Portfolio Standard)는 현재 미국 25개 주에서 채택하고 있다. 공급비율의 엄격성과 목표 연도 등은 각 주에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 캘리포니아의 RPS가 가장 주목을 받고 있으며, 2010년도에는 신재생에너지 공급 비율이 20%에 이를 것으로 보인다. 다른 주도 비슷한 목표를 가지고 있으며, 오래된 주와 미네소타 주 등은 2025년까지 25% 공급을 목표로 하고 있다.

풍력단지 건설은 미관을 훼손한다는 이유로 건설 지역주민의 반대에 직면하는 경우가 있다. 대규모 풍력단지가 조경을 변화시키는 것은 사실이지만, 일부는 풍력 발전 터빈이 경관에 영향을 미치는 것에 대해 우려하는 반면, 또 다른 사람들은 보다 바람직하고 오염되지 않은 미래의 상징이라는 점에 주목하기도 한다. 즉, 풍력단지의 시각 효과는 주관적인 문제이지만, 풍력 에너지에 대한 많은 비판들이, 과장되거나, 사실이 아닐 지라도, 혹은 풍력 기술을 반대하는 특정 집단의 의도를 반영한 것이라 하더라도, 이로 인해 지역 공동체의 불신을 야기하고 결국 풍력발전단지 건설에 대해 반대하도록 하는 결과를 가지고 오고 있는 것은 사실이다(AWEA, 2009).

공공의 수용성을 높이는 가장 강력한 방법은 지역 주민이 주주로서 풍력발전 계획에 참여하도록 하고, 생산된 전력이 공동체의 에너지 수요에 충당될 수 있도록 하는 것이다. 독일의 경우 35만 가구 이상이 풍력 터빈 주식을 보유하고 있다. 여론 수렴 과정에서 지역 주민들에게 풍력 발전 시설이 설치된 이후의 경관이 어떻게 될 것인가에 대한 청사진을 제공하는 것도 유용하게 사용되었다(Kelley, 2008).

위의 간단한 분석은 충청남도가 풍력발전 개발을 통해 (1) 기후변화와 에너지 안보에 대한 관심, (2) 세계적으로 급속하게 확대되고 있는 풍력발전 시장에서의 경쟁력 확보, (3) 충청남도의 화석 연료 의존도를 감소시키고 지역 환경의 질을 향상 시킬 수 있는 전력생산 청정에너지원 이용 극대화, (4) 풍력발전 개발로 인한 공공의 이익과 기회에 대한 교육 등 몇 가지 이익을 얻을 수 있다는 것을 보여준다.

많은 국가들이 풍력발전 개발 목표를 설정하고 있다. 세계풍력에너지 위원회 (the Global Wind Energy Council) 보고에 따르면, 미국, 중국 및 스페인 주도 하에 전세계적으로 2007년에만 20,000MW의 풍력발전소가 설치되었으며, 현재 전세계 풍력발전 시설 용량은 94,112MW에 이르고 있다. 이는 2006년 시장에 비해 31%가 증가한 것으로 전세계 시설 용량의 27%가 증가한 것이다(EWEA, 2009b).

2008년 미국은 독일을 제치고 풍력발전 시설 용량에 있어서 세계 1위가 되었으며, 중국의 총 시설 용량은 2배로 증가하면서 세계 4위를 차지하고 있다. 전 세계적으로 2008년도에 설치된 시설 용량은 27,000MW를 넘어서고 있으며, 유럽, 북미 및 아시아 등 3대 주요 시장에 의해 지배되고 있다. 2008년 전세계 풍력에너지 용량은 28.8% 성장했으며, 이는 지난 세대 평균을 뛰어 넘는 것으로 2008년 말에는 전세계 시설 용량이 120.8GW에 도달하고 있다. 2008년 새롭게 전송된 풍력발전 용량은 27GW로 이는 2007년에 비해 36% 증가된 것이다(EWEA, 2009b).

해상 풍력발전의 개발은 충청남도의 신재생 에너지 발전에 기여할 수 있는 또 하나의 수단이다. 유럽 풍력에너지 연합(EWEA: European Wind Energy Association)에 따르면, 해상 풍력발전 산업은 번성 중에 있으며 유럽의 지속가능한 에너지 미래 건설에 기여할 수 있을 것으로 보고 있다. EWEA 통계는 2008년 유럽에서 하루 평균 1MW의 시설이 설치되었고, 동년 말에는 전 세계적으로 1,471MW의 용량에 도달하고 있다. 100GW가 넘는 해상 풍력발전 프로젝트가 기획되었으며, 이것이 실현될 경우, EU 전력의 10%를 생산하게 되고, 매년 200만톤의 CO₂배출을 저감할 수 있게 된다. EWEA는 2020년 까지 유럽에 40GW, 2030년까지 150GW의 해상 풍력발전 건설 목표를 설정하였다. 2020년 목표는 향후 12년간 연평균 시장 성장률이 28%에 이르는 것을 의미하며, 현행 조건 하에서 풍력발전 산업은 이를 가능하게 할 것으로 평가되고 있다. EU의 육상 풍력 시장은 1992년부터 2004년 까지 12년간 매년 평균 32%씩 성장하였으며, 이러한 육상 풍력에너지 산업성장은 바다에서도 재현될 수 있을 것으로 보인다(EWEA, 2009d).

2. 지열에너지

1) 기술개발 동향

지열에너지협회(Geothermal Energy Association)에 따르면, 미국의 지열에너지를 이용한 전력생산 잠재량은 아래와 같다(GEA, 2009a).

- **Identified Geothermal Systems:** 3,675 MWe (95% 확률) ~ 16,457 MWe (5% 확률)
- **Undiscovered Geothermal Systems:** 7,917 MWe (95% 확률) ~ 73,286 MWe (5% 확률)
- **Enhanced Geothermal Systems (EGS):** 345,100 MWe (95% 확률) ~ 727,900 MWe (5% 확률).

2006년 MIT(Massachusetts Institute of Technology)는 미국의 지열에너지 잠재량을 분석·보고 하였다. 이에 따르면, 합리적인 R&D 투자가 이루어진다면, 향후 50년간 100GW를 생산할 수 있을 것으로 평가된다(GES, 2009: 18). 즉, 미국 정부가 향후 10년간 합리적인 방법으로 연구·개발에 투자하고 성공적으로 Enhanced Geothermal Systems (EGS)을 보급한다면, EGS는 2050년까지 미국 기저전력의 10%를 공급할 수 있을 것으로 전망된다(MIT, 2006). 지열 발전소는 현재 미국 8개 주(Alaska, California, Hawaii, Idaho, Nevada, New Mexico, Utah and Wyoming)에서 운영되고 있으며 2009년 3월 현재 총 시설용량은 3,040.27 MW 로 집계되고 있다 (GEA, 2009b).

생산세액공제(the Federal Production Tax Credit)는 지열에너지 프로젝트를 위한 재정 지원 주요 정책이다. 신재생 에너지 프로젝트는 운영 개시 후 첫 10년간 kWh 당 약 2센트의 비율로 세액공제를 받을 수 있다. 동제도의 시행 이후 2006년에서 2008년간 지열에너지 프로젝트의 수가 거의 두 배에 이르고 있다 (DOE, 2009b). 혁신적인 지열에너지 개발을 위해서 미국 정부는 지열에너지 기술 프로그램(Geothermal Technologies Program)을 채택하고 있는 바, 이는 지열에너지원의 발굴, 접근 및 사용을 가능하도록 하는 프로그램이다. EGS를 진전시킴으로써, 미국은 풍부하고 깨끗하며 재생가능한 기저부하용 에너지를 보유할 수 있을 것이다(DOE, 2009a).

2) 정책적 함의

한국은 연료전지, PV 및 풍력발전을 신재생에너지 개발의 주력 분야로 선정하고 있다(IEA, 2004). 지열에너지 분야에 있어서 한국은 지열 자원 개발의 초기 단계로 대규모 사업은 시행되지 않고 있다. 다른 국가와 비교할 때 한국은 다른 유사 지역에 비해 지열 에너지 사용량이 현저하게 적은 것이 사실이다(Lund et al, 2005). 따라서 한국 정부는 심층적인 조사를 통하여 지리적으로 유망한 지역의 지열에너지 자원 개발에 보다 많은 자원을 할당할 필요가 있다.

많은 국가들이 지열에너지 개발을 위한 구체적인 목표를 설정하고 있으며, 성공적으로 지열 자원을 에너지원으로 활용하고 있다. 미국의 경우, 연방정부 차원에서, 신재생에너지 프로젝트에 대한 재정지원 정책으로서 생산세액공제(PTC: the Federal Production Tax Credit)가 중요한 역할을 하고 있으며, 지열발전 프로젝트 역시 PTC, 프로그램의 혜택을 받고 있다.

독일은 지열 에너지 기술 개발 촉진을 위해, 지열 발전 시설을 위한 발전차액지원 제도(feed-in tariffs) 및 열병합 발전을 위한 특별배당금(bonuses) 제도를 도입하고 있다. 지열 에너지 개발을 위한 feed-in tariffs 제도는 이탈리아와 프랑스에서도 도입되고 있다. 이탈리아에서는 kWh 당 20 유로 센트의 발전차액이, 프랑스에서는 kWh 당 10~12 유로 센트의 발전차액이 지급되고 있다. 이탈리아에서는 이 외에도 환경인증(green certificates) 제도가 도입되고 있다. 요약하면, 지열에너지 개발 위한 정책으로 생산세액공제(the Federal Production Tax Credit), 지열기술 프로그램(GTP: the Geothermal Technologies Program), feed-in tariffs, 환경인증(green certificates) 제도 등이 시행되고 있다.

지리적 조건과 비용은 지열 에너지 개발에 있어서 주요한 두 가지 제한 요건이다. 전세계적으로 24개 국가가 10,000MW 이상의 지열에너지를 생산하고 있는 바, 이는 약 6억명의 전력 수요를 충족할 수 있는 양이다. 미국, 필리핀, 멕시코, 인도네시아, 이탈리아와 아일랜드가 세계 지열 에너지 시장을 주도하고 있다(Bertani, 2007).

3. 태양광에너지

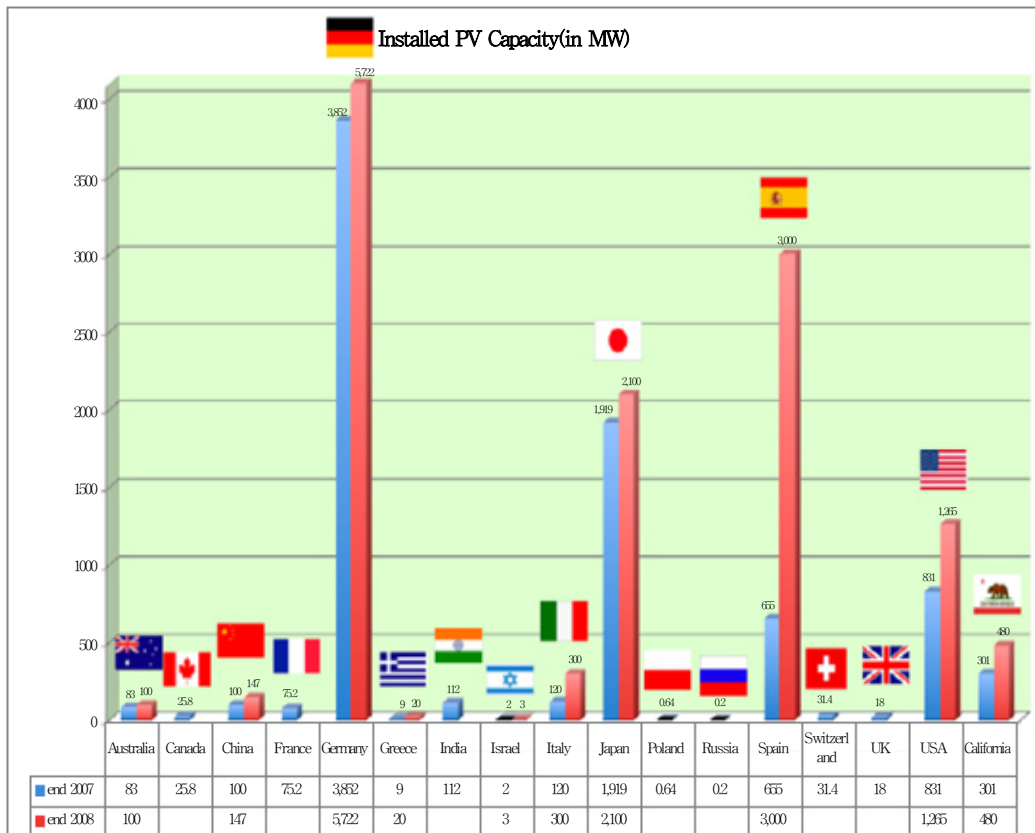
1) 기술개발 동향

미국의 경우, 연방 및 주정부 모두가 태양광(PV) 기술 증진을 위한 다양한 정책을 채택하고 있다. 다만, 주 정부가 전력 생산 및 공급에 관한 권한을 소유하고 있으므로, 영향력 있는 정책은 주 정부 차원에서 이루어지는 것은 사실이다. 국가 차원에서 ‘Solar America Initiative’와 투자세액공제(Investment Tax Credit) 등 두 가지 제도가 주요한 핵심 정책 틀을 구성하고 있다. 또한 미국 경기 회복과 재투자 법은 태양에너지에 대한 투자 진흥 관련 조항을 포함하고 있다(Kravetz, 2008).

‘Solar America Initiative’는 2015년까지 태양광 에너지가 재래식 전력에 대한 가격 경쟁력을 갖도록 하기 위한 미국 에너지성(Department of Energy, DOE)의 정책적 노력이라 할 수 있다(IEA, 2009a). 동 정책은 R&D 투자와 시장 장벽 제거를 통해 태양에너지의 보급을 확대하는 것을 목적으로 한다. 이러한 목표 달성을 위해 Solar America Initiative는 산업, 대학, 주정부, 연방 기관 및 기타 비정부 기관과 협력관계를 형성하여 왔다. 동 Initiative는 (1) 재료공학 및 태양에너지 제조 공정에 대한 R&D, (2) 새로운 태양에너지 기술의 시장 도입 장벽을 제거하는 시장 변환 등 두 가지 주요 보완적인 활동으로 구성된다(IEA, 2009a).

많은 국가들이 태양에너지 개발을 위한 구체적인 목표를 설정하고 있다. 국가 별로 태양 에너지 개발 증진을 위한 다양한 정책을 시행하고 있으며, 가장 중요한 정책 수단 가운데 하나가 태양 복사열을 이용한 발전 시설에서 생산된 전력에 대해 발전 차액을 지급하는 것이다. 미국에서는 태양에너지 보급을 위해 가정용 태양 에너지 설비(전기 및 온수)의 구매 및 설치에 대해 30%의 세액공제를 부여하고 있다.

최근 전세계적으로 태양 발전시스템 설치의 급속하게 성장하고 있다. 많은 국가들이 태양 에너지 개발을 강력하게 추진하고 있는 것이다. 예를 들면 스페인은 2020년 까지 10GW, 미국은 2030년 까지 70-100GW, 이탈리아는 2020년 까지 8GW의 태양 에너지 발전 시설을 설치할 예정이다.



<그림 9> 세계 PV 설치 용량 (MW)

위에서 설명한 바와 같이, 다양한 태양에너지 보급 정책 중 태양 발전의 촉진하기 위한 가장 전형적이고 중요한 정책 중 하나가 발전차액지원제도(feed-in tariffs)이다. 동 제도는 보통 유럽에서 채택되어 시행되고 있다. 독일의 경우, 시설 형태 (Roof-Mounted Facilities, Within Building/Facility, and Freestanding Facilities)에 따라 발전차액 지원을 달리하고 있다. 스페인은 시설용량의 점유율에 따라 발전차액지원이 달라진다. 이탈리아는 Decree of the Ministry for Economical Development (2007)를 통해 인센티브 취득 절차를 간소화하고 PV 형태 (Field Installed PV Systems, Partially Integrated in Building and Building Integrated PV Systems)에 따라 발전차액 지원을 특색 있게 변경하였다.

그러나 미국에서는 신재생에너지 의무공급제도와 세제 혜택이 보다 일상적인 유인제도로 채택되고 있다. 10%의 연방정부 세액공제에 추가하여 약 30%의 주정부 세액공제가 가정용 태양 에너지 시스템의 구입 및 설치 시 지원된다. 최근, 미국에서도 발전차액지원제

도의 도입을 고려하고 있으며, 인디애나, 미네소타, 미시간과 캘리포니아 등에서는 이의 시행을 위한 연구가 진행 중이다.

캘리포니아의 경우, the California Public Utilities Commission(CPUC)은 2008년 새로운 발전차액지원제도를 승인하고, 캘리포니아 전역에 걸쳐 소규모 시설로부터 최고 480MW의 신재생에너지 발전 용량 구매가 가능하도록 하였다. CPUC는 이를 통해 소규모 시설들이 신재생 에너지를 이용한 전력을 전기 사업자에게 판매하도록 함으로써, 캘리포니아의 기후변화 완화 및 재생에너지 목표 달성에 기여할 것으로 기대하고 있다.

2) 정책적 함의

다양한 국가들과 지방정부에서 채택하고 있는 유인정책은 우리나라 상황에 맞게 적용될 수 있다. 유럽 국가와 미국의 성공적인 경험에 따르면, 인센티브의 증가는, 특히 세액공제는, 태양 에너지 발전 시스템의 비용 대비 이익을 상당히 향상 시키는 결과를 가져왔다. 발전차액지원제도에 추가하여, 세제 및 재정 인센티브의 조합은 태양 에너지 발전 시스템 운영에 있어서 특히 유리한 것으로 나타났다.

한국의 경우, 지속적으로 증가하는 에너지 수요를 충족하고, 에너지 자원의 부족문제를 해결하기 위해 태양 에너지 발전 기술의 이용의 중요성이 점차 증대하고 있다. 더욱이, 에너지 가격의 상승과 환경 문제에 대한 관심의 증가로 인해 신재생 에너지를 이용한 전력생산 확대를 위한 노력이 추진되어 왔다. 태양에너지 발전을 보다 촉진하기 위해서 보다 적극적인 정부의 지원과 함께 전문적인 태양 에너지 기술을 갖춘 선도 에너지 기업의 발전을 촉진할 수 있어야 할 것이다.

4. 바이오매스 에너지

많은 국가들이 바이오매스 개발을 위한 구체적인 목표를 설정하고 있다. 네덜란드는 바이오매스 및 biofuel 분야에 있어서 가장 진보적인 국가이다. 네덜란드 정부는 2010년까지 신재생 에너지 전력 공급 비율을 9%, 2020년까지 17%로 증가시키는 목표를 설정하였다 (Junginger and Faaij, 2005). 특히, 바이오매스와 biofuel에 대한 의존도는 2010년에는 5.75%,

2020년에는 10%에 이를 전망이며, 2040년에는 네덜란드 총에너지 소비의 30%가 바이오에너지에 의해 충당될 예정으로, 이는 600에서 1100 PJ에 해당될 것이다.

장기적으로 네덜란드 정부는 바이오매스와 biofuel 산업을 확대할 수 있는 많은 목표를 설정하였다. 소위 ‘transition management’라는 정책 수단을 활용하여 바이오매스, 새로운 가스 서비스, 지속가능한 산업생산 및 재생가능한 Rijnmond 지향 (toward renewable Rijnmond)라는 4가지 요소를 바탕으로 2040년까지의 장기 목표를 설정하였다. 네덜란드가 추구하는 5가지 핵심 경로는 (1) 효율적인 녹색 가스, (2) 망 효율성(chain efficiency), (3) 녹색 원료, (4) 자동차 대체 연료, 그리고 (5) 신재생 전력 등이다. 바이오매스가 이러한 각 경로에 있어서 주요 역할을 하도록 하고 있다.

캐나다 역시 바이오매스와 biofuel 분야에 있어서 성공적인 국가의 하나이다. 캐나다는 석유, 가스, 석탄, 수력, 광물 및 숲 등과 같은 많은 자연 자원을 보유하고 있다. 적극적인 바이오매스 보급 확대를 위한 노력에도 불구하고, 현재 바이오매스는 1차 에너지 소비의 6%에 불과한 실정이다(Bradley, 2006). 이에 따라 바이오매스 대한 과감한 투자를 추진하고 있다. 2003년 연방 예산 중 3억 불의 예산을 바이오 관련 기술에 투자하고 있다. 주요 항목은 아래와 같다.

- ① 기본연구: 바이오에너지를 포함한 바이오 관련 생산품에 관한 BIOCAP 연구 지원, 쇠신을 위한 Canadian Foundation
- ② 응용 R&D: 에너지 연구 개발 프로그램(PERD: Program of Energy and Development)로 바이오에너지 연구개발을 위해 매년 약 5천만 불 지원
- ③ 시범사업: Sustainable Technology Development Canada - 기후변화(비 바이오매스 기술 포함) 에 초점을 둔 35억 불 규모의 기금
- ④ Pre-commercialization: RETScreen - 실행가능성에 대한 선행 평가 도구

연방 정부는 바이오에너지 기술의 활용을 지원하기 위한 몇 가지 시장 유인 프로그램을 운영하고 있다. 이는 세제 관련 인센티브로 다음과 같은 프로그램을 포함한다. (1) 캐나다 신재생 및 보전 경비(Canadian Renewable and Conservation Expenses) - 프로젝트의 초기 무형 경비에 대한 재정지원, (2) 자본비용 수당 43.1 (Capital Cost Allowance 43.1) - 발전 장비

에 대한 신속한 청산, (3) Biofuel에 대한 연방 소비세 면제

그 밖에 미국 하와이 주의 Oahu는 2050년 까지 총에너지 수요 중 신재생에너지 비율을 70%까지 확대하는 목표를 수립하였다. 여기에는 25MW의 바이오매스가 포함된다(HCEI, 2009). 25MW는 총 1차 에너지 공급의 1%에 불과하지만, Oahu의 공격적인 신재생에너지 보급 목표의 일부라는 것을 인식할 필요가 있다.

5. 연료전지

1) 기술개발 동향

수소 연료전지 진흥을 위한 미국의 정책은, 수소연료전지 국제 협회(International Association for Hydrogen Energy)가 설립된 후 플로리다에서 첫 번째 회의가 열렸던 1973년 오일 위기 이후 지속적으로 개발되어 왔다(Solomon and Banerjee, 2006). 수소개발에 가장 큰 영향을 미친 정책은 FreedomCAR program과 2005년 에너지정책법률이라 할 수 있다. 두 가지 정책 모두 부시 정부의 유산이라 할 수 있지만, 오바마 정부의 비수소 대체연료 자동차에 대한 관심으로 인해 현 정부 출범 이후 관련 정책에 큰 진전이 있는 것은 아니다. FreedomCAR program은 17억불의 수소 연구 자금을 지원한다. 이에 더하여 석탄, 천연가스, 및 핵에너지에서 수소 연료를 추출하기 위한 획기적인 기술개발을 미국 에너지성 지원 하에 수행하여 왔다. 미국 정부는 우선적으로 효과적인 수소연료 저장 장치 및 적절한 연료전지를 개발함으로써 수소에너지 비용을 낮추는데 초점을 두어 왔다 (Solomon and Banerjee, 2006).

연간 수소 생산량의 경우 2003년 10,534 미터톤 2006년 10,683 미터톤으로 증가한 것에서 알 수 있듯이, 미국이 수소 생산 시설용량을 크게 확대한 것은 아니다(EIA, 2008a). 이 중 교통 연료로 사용된 것은 거의 0%에 가깝다. 실제로 60% 정도가 비료 생산을 위한 원료로 사용되었고, 23%는 원유 정제 과정에서 유황을 제거하기 위해, 9%는 메탄올 제조, 그리고 나머지는 화학, 야금 및 우주개발 목적으로 사용되었다(NHA, 2004).

많은 국가들이 수소연료전지 개발을 위한 구체적인 목표를 설정하고 있다. 아일랜드는 교통수단을 위한 수소에너지 분야에 있어서 가장 성공적인 국가이다. 1999년, 아일랜드는

2030년까지 완전한 수소경제로의 전환을 선언하면서 세계의 주목을 받기 시작했다(Solomon and Banerjee, 2006). 이미 아일랜드는 연간 2,000톤의 수소를 생산하고 있으며, 교통부분 전체에 충분한 재생가능한 수소의 공급을 기대하고 있다. 장기적으로 전체 교통 시스템을 수소연료전지 이용 체제로 전환한다는 목표 아래, 현재 수력전기 및 지열에너지 개발에 정책 초점을 맞추고 있다. 단기적으로는 수소 기술로 가는 기반으로서 메탄올 연료전지 자동차 보급을 정책 목표로 채택하고 있다. 현재 2곳에서 운영 중인(INE, 2009) 수소충전소를 2010년까지 20개소로 확대할 계획인 바, 이는 Reykjavik시 전체를 지원 가능할 것으로 보고 있다(Solomon and Banerjee, 2006).

일본의 경우, 2010년 까지 교토의정서에 따른 온실가스 6% 감축 목표 달성을 위한 정책의 일환으로 수소개발을 위한 조치를 취하고 있다. 2002년 첫 번째 수소충전소가 오사카(Osaka)에 건설되었으며, 다카마츠(Dakamatsu)에 두 번째 충전소가 설치되었다(ENAA, 2003). 2002년에 설립된 'Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project (JHFC)'는 다양한 공급원료로부터의 수소 생산과 수소연료자동차(FCVs)의 성능, 환경에의 영향, 총 에너지 효율성, 실제 사용 조건에서의 안전성 등에 관한 기본적인 자료를 수집, 공유를 목표로 하고 있으며 아울러 연료전지자동차(FCVs)의 대량생산과 보급확산에 관한 로드맵 개발을 목표로 설정하고 있다(JHFC, 2009). 일본은 또한 주거 용도로 활용하기 위한 고정형 연료전지(stationary fuel cell) 개발에 박차를 가하고 있다. 일본은 주거용 1kW 고분자 전해질 연료전지(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) 개발에 초점을 두고, 2005년 이래 공격적인 R&D 및 주택 건축사업자의 연료전지 설치 유인을 목표로 하는 시장형성 전략을 추구하고 있다(COSPP, 2005).

2) 정책적 함의

수소에너지 선도 국가의 수소개발을 위한 투자 사례를 볼 때, 수소에너지 산업을 시작하기 위해서는 보다 집중적이고 장기적인 노력이 필요하다 할 것이다. 이러한 노력에는 수소에너지 사업의 기본 요소에 초점을 두는 연구 개발, 시범사업 및 교육 프로젝트 등이 포함되어야 한다. 또한 경제적, 법적 여건 등의 어려움으로 수소 및 연료전지 프로젝트는 중앙 정부와의 공동으로 추진해야 할 것이다. 충청남도는 중앙정부의 재정지원과 함께 수소연료전지 자동차와 관련 기반시설의 상호 보완적 성격을 인지하고, 이에 대한 연구와

선도 투자를 균형 시킬 수 있는 정책을 모색하려는 노력을 경주해야 할 것이다. 수소연료 전지 자동차와 관련 기반 시설의 불균형은 수소에너지 산업의 발전을 저해할 수도 있기 때문이다(Meyer and Winebrake, 2009).

충청남도는 미국, 아일랜드 등 다른 나라의 사례를 토대로 수소 에너지 개발을 위한 보다 상세한 장기 목표를 설정해야 한다. 미국의 경우, FreedomCAR 프로그램이 수소에너지 연구를 위해 1.7억 US 달러를 제공하고 있으며, 장기적으로 수소연료전지의 가격을 낮추려는 목표를 설정하고 있다. 노르웨이는 미화145백만 불의 자금으로 ‘hydrogen highway’ 건설을 포함한 10년 장기 수소에너지 개발 프로그램을 개발한 바 있다. Hydrogen highway 프로젝트는 수소연료전지 자동차와 관련 기반 시설 개발을 동시에 추진하는 방법으로 많은 국가와 지방정부에서 추진 중이기 때문이다.

마지막으로, 고정형 연료전지 시스템(stationary fuel cell system) 개발에 관심과 더 많은 비중을 둘 필요가 있다. 대규모의 고정형 연료전지 시스템은 이동형 연료전지 시스템(vehicular fuel cell system)의 설치에 비해 비용효과적이기 때문에 충청남도가 수소에너지 산업에 있어서 규모의 경제를 실현하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이기 때문이다. 고정형 연료전지 시스템은 향후 선진화된 이동형 연료전지 시스템으로 발전하는데 있어서 디딤돌의 역할을 할 수 있을 것이다. 따라서 충청남도는 건전하고 균형된 수소 산업을 확보하기 위해 이동형 및 고정형 연료전지 시스템의 균형 있는 개발을 추진해야 할 것이다.

6. 에너지 효율

1) 기술개발 동향

많은 국가들이 에너지 효율성 및 보전을 위한 수단과 기술 개발을 위한 특정한 목표를 설정하고 있다. 다양한 에너지 효율성 정책으로 인해 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본, 영국 및 미국 등의 많은 선진국들은 지난 30년간 GDP당 1차 에너지 소비를 감소하는데 성공하여 왔다(Geller and Attali, 2005). 비록 기술 발전과 모든 종류의 비용 절감을 압박하는 경쟁 요소가 에너지 효율성 향상에 기여를 한 것이 사실이라 할지라도, 정부의 정책적 노력이

에너지 효율성의 성공적인 개선에 주요한 역할을 해왔다는 것을 인식할 필요가 있다. 이러한 정책적 노력에는 R&D 재정지원, 에너지 효율성 기준 설정, 교육, 경제 주체에 대한 의무 부과와 재정 인센티브와 같은 광범위한 정책과 프로그램이 포함된다(Geller and Attali, 2005).

2) 정책적 함의

충청남도는 수요 및 공급 측면 에너지 효율성 개선 정책이 지속가능한 에너지 사회를 향한 최선의 수단이라는 점을 인식할 필요가 있다. 이러한 전제 하에, 충청남도는 에너지 보전과 에너지 효율성 향상을 위한 정책을 시행하여야 한다.

우선, 충청남도는 신재생 에너지의 경우와 마찬가지로 에너지 효율성 향상 목표를 설정하여야 한다. 거대한 투자가 필요한 발전 시설과 송배전망, 그리고 많은 시간이 소요되는 기술 혁신과 사회 시스템 개혁을 고려, 충청남도는 최종 사용자 분야에서의 에너지 효율성 향상을 위한 확고한 timetable을 제시할 필요가 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 충청남도는 Delaware Sustainable Energy Utility (SEU)와 같은 조직을 벤치마킹 할 필요가 있다.

7. 해양에너지

1) 기술개발 동향

해양에너지는 지구상에서 이용 가능한 가장 풍부한 재생에너지 자원 중 하나이다. 이론적으로 전 세계 해양에너지 잠재량은 아래와 같이 추정된다(Soerensen and Weinstein, 2006).

- 파력에너지 (wave energy): 8,000 - 80,000 TWh/year;
- 해양온도차 에너지(ocean thermal energy) 10,000 TWh/year.

해양에너지는 파력에너지 (wave energy), 조력에너지 (tidal energy), 온도차 에너지

(Ocean thermal energy conversion), salinity gradient/osmotic energy, 해양 바이오매스 등으로 구분된다. 해양에너지 기술의 다양성에도 불구하고, 현재 개발 상태는 다른 신재생에너지에 비해 초기 단계로 평가되고 있다. 예를 들면, 몇 가지 시범 사업 (최대 용량 1MW)과 2~3개의 대형 프로젝트가 개발 중에 있을 뿐이다. 전세계적으로 현재 상업용으로 가동 중인 tidal barrage plant는 1966년 프랑스 북서부 연안 Rance 하구에 설치된 시설용량 240MW 규모의 발전소와 1980년대에 건설된 캐나다의 20MW 규모의 발전소, 그리고 러시아에 1개소에 불과하다.

이러한 현실을 타개하기 위해 EU는 해양에너지 개발을 적극 지원하고 있다. EU가 해양에너지 기술 개발을 지속적으로 지원하고, 예상 잠재량 개발에 성공할 경우, 2020년 까지 약 3GW 규모의 해양에너지 시설 용량을 갖추게 되며, 2050년에는 이를 훨씬 뛰어 넘는 성장이 가능할 것으로 보고 있다(EOEA, 2008).

2) 정책적 합의

많은 국가들이 해양에너지 개발을 위한 특정한 목표를 설정하고 있다. 또한 많은 국가들이 해양에너지 R&D에 대한 재정 지원을 강화하고 있다. 몇몇 국가들은 현재 막대한 생산비용을 지원하기 위한 시장지원 메커니즘을 도입하고 있는 바, 이러한 정책 수단은 (1) 연구 및 혁신 정책, (2) 시장 발전 정책 (market deployment policies), (3) 시장기반 에너지 정책 등 3가지로 유형화 할 수 있다 (IEA-OES, 2007).

우리나라 또한 해양에너지 기술이 다른 신재생에너지 및 화석 연료 발전 기술에 비해 초기 단계에 있다는 것에 주목할 필요가 있다. 따라서 선도적으로 해양에너지와 관련된 기술적 장애물을 극복하기 위한 정책적 노력을 기울여야 한다. 이를 위해 관련 학계와의 긴밀한 협력 하에 해양에너지 기술 분야에 대한 적극적인 RD&D 투자가 필요할 것이다.

제5장 충남지역 에너지정책 방향 및 제언

1. 개요

충남지역 에너지계획은 충남지역의 지속 가능한 에너지 공급 시스템을 구축하고 신재생 에너지를 육성하는 것을 목적으로 하여야 할 것이다. 한국은 신재생 에너지 개발 경험을 가지고 있다. 2008년 6월 현재 정부의 10만호 보급 사업 추진 결과, 22 천kW의 태양광 에너지가 보급되었으며, 발전사업을 준비 중인 계획 용량도 8,400kW에 이른다. 태양열을 이용한 온수 시스템 역시 1970년대 이래로 사용되었으나, 기술적 어려움을 겪기도 하였다. 풍력발전 역시 전국에 보급되고 있으며, 2007년 현재 192MW의 풍력발전기가 설치되어 있다.

한국은 이미 신재생 에너지 개발 경험을 가지고 있다고 하더라도, 추가적으로 동 에너지의 채택 수준을 확대하려는 강한 동기와 수요를 가지고 있는 것이 사실이다. 충청남도의 태양 및 풍력 에너지 산업뿐 아니라 바이오 에너지, 지열에너지, 고정형 및 이동형 연료 전지, 해양에너지, 폐기물 에너지 및 석탄액화와 같은 새로운 화석 연료 기술 등을 확대하여야 하는 것이다.

신재생 에너지에 대한 충청남도의 적극적인 노력에 대한 요청은 저탄소 녹색성장을 실현하려는 한국의 희망을 선도하여야 한다. 2008년 수립한 국가에너지기본계획에서 한국 정부는 2030년 까지 에너지 효율을 46% 개선하고, 신재생에너지의 비중을 약 5배 확대하는 목표를 설정하였다. 동 계획은 태양광 에너지는 44배(80 → 3,504MW), 풍력에너지는 37배(199 → 7,301MW), 바이오에너지는 19배(1,874 → 36,487천 Gcal), 그리고 지열에너지는 51배(110 → 5,606 Gcal)로 확대할 계획이다. 더욱이 동 계획은 풍력, 해양에너지 및 바이오에너지 등을 지원하기 위하여 신재생에너지 의무할당제(renewable portfolio standard), 공공건물의 신재생에너지 의무 사용 및 그린 홈 100만호 공급사업 등을 도입할 예정이다. 이와 함께 풍력, 연료전지, 태양광 등을 위한 연구 개발 사업에 대한 투자를

증대할 계획이다.

이러한 목표를 달성하기 위해서는 2030년까지 총 11.5조원의 투자가 필요할 것으로 전망된다. 동 투자비의 많은 부분이 연구개발에 사용될 예정인 바, 이러한 연구개발 사업에는 2015년까지 태양전지, 2015년 까지 Si PV와 CIGS, 2020년까지 유기 PV 등과 같은 특정 기술 개발이 포함된다. 또한 풍력에너지와 관련하여, 2010년 까지 2MW급, 2016년까지 5MW급 터빈을 개발함과 동시에 2010년까지 도시형 소형 풍력 터빈을 배치할 수 있도록 할 예정이다. 태양열 에너지와 관련된 목표는 가장 공격적이며, 2012년까지 10 kW, 2013년까지 200 kW급 태양열 발전시스템을 개발할 것이다.

구체적인 정책 이니셔티브는 신재생에너지 의무공급제와 같은 시장 및 민간 주도의 계획을 포함하고 있다. 또한 공공·민간 건물의 신재생에너지 사용을 의무화하고, 신재생에너지 보급사업에서 지방자치단체의 역할을 증대하는 프로그램도 시행할 예정이다. 또한 민간 투자를 확대하고, 시장 장애물을 제거하는 한편, 신재생에너지 홍보 강화, 신재생에너지 산업코드 개발, 전문 인력 양성 등의 정책을 추진할 예정이다.

2. 지역에너지 정책의 추진전략

충남지역에너지계획은 2006년 제정된 에너지기본법을 기초로 한다. 동법은 지역에너지 계획이 포함하여야 할 항목으로, (1) 지역 안의 에너지 수급 추이와 전망, (2) 에너지의 안정적 공급을 위한 대책에 관한 사항, (3) 신재생에너지 등 환경친화적 에너지 사용을 위한 대책에 관한 사항, (4) 에너지이용합리화와 이를 통한 온실가스의 배출감소를 위한 대책에 관한 사항, (5) 집단에너지 공급을 위한 대책에 관한 사항, (6) 미활용 에너지원의 개발·사용을 위한 대책에 관한 사항, (7) 그 밖에 에너지 시책 및 관련 사업을 위하여 시도지사가 필요하다고 인정하는 사항 등을 규정하고 있다.

구체적으로 지역에너지계획은 신재생에너지 보급 확대와 관련하여 신재생에너지 기반 시설 설치자를 위한 융자지원제도, 신재생에너지 설비에 대한 보조금 사업, 태양광 주택 10만호 보급사업, 태양열 주택 보급 사업, 지방정부의 녹색기술 투자에 대한 보조사업, 인증사업, 훈련 프로그램, 발전차액지원제도, 전문기업 제도, 신재생에너지 이용 의무화 제도 등의 지원 정책 제도를 활용할 수 있도록 하고 있다.

서해안의 풍력발전은 세계 풍력시장의 급속한 성장, 청정개발에 대한 관심 등으로 인해 충청남도에게는 좋은 기회가 될 것이다. 그러나 충청남도는 풍력발전과 관련하여 몇 가지 위험에 직면할 수도 있다. 즉, 국제적인 풍력 발전에 대한 표준화 경향, 기술 인력과 산업투자의 선점 경쟁, 그리고 증가하는 풍력발전에 대한 민원 등의 위험 요소가 될 것이다.

태양에너지 역시 충청남도에게 기회가 될 수 있다. 양호한 인적자원, 중국, 동남아 국가 등의 시장 확대 전망, 그리고 중앙 정부의 적극적인 정책 등이 기회 요소이다. 그러나 태양에너지의 개발은 역시 도내 부족한 업체 수와 영세 규모 사업, 시장 추세에 적합한 응용분야 창출 필요성, 시장 개발을 위한 국제 협력, 건물 유휴 공간 활용을 위한 혁신적인 설계 기술의 필요성 등과 같은 위험 요소에 직면할 수 있다.

지열에너지의 기회 요소는 신재생에너지에 대한 관심 증가와 효율적인 냉난방 시스템에 대한 수요 증가, 신재생에너지 증진정책, 지역의 청정 에너지에 대한 관심 증가 등이다. 그러나 풍력, 태양 에너지와 마찬가지로 지열 에너지 역시 높은 투자비용, 지열 교환을 위한 넓은 공간 필요성, 지역에 따라 독특한 지열 회수기술에 대한 지식 결여, 그리고 관련 기술에 대한 연구 부족으로 인한 안정성 결여와 같은 위험요소를 가지고 있다.

세계 화석에너지 부존량 감소의 부정적 효과를 극복하기 위한 노력의 일환으로 많은 마을과 지역들이 화석연료에 대한 의존도를 축소하고 신재생에너지를 개발함으로써 에너지 안보를 추구하여 왔다. 2007년 한국은 원유, 석탄 및 원자력에너지 등을 236.5 백만 toe 사용함으로써 세계 10위의 1차 에너지 소비국에 랭크되었다. 한국의 최종 에너지 소비는 원유, 전력, 석탄 및 도시가스의 형태로 사용되고 있다. 2004~2007년간 원유 소비는 0.8%, 석탄은 1%, 전력 소비는 5.75%, 그리고 도시가스는 6.5% 증가하였다. 산업부문은 가장 큰 에너지 소비자이며, 교통, 주거/상업 및 기타 공공부문 등이 그 뒤를 따르고 있다.

한국 정부는 2030년까지 전력생산에서 신재생에너지가 차지하는 비중을 11%로 증가시키는 목표를 설정하였다(National Energy Basic Plan in 2008). 여기에는 풍력, 지열, 태양, 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오가스, 그리고 수소연료 전지가 포함된다. 2020년 20%, 2030년 30%, 2050년 50%라는 신재생에너지 개발 목표와 함께 지속적으로 에너지 효율성 향상, 수요관리 사업 등을 추진할 것이다.

3. 정책 제언

1) 신재생에너지 자원의 잠재량에 대한 연구 추진

충남지역 에너지계획은 신재생에너지 개발을 위한 장기 목표가 설정되어 있지 않다. 충남지역의 실제 신재생에너지 잠재량과의 관련성에 대한 연구가 없으므로 목표 설정이 어렵고, 이에 따른 단계적 실행전략이나 정책수단을 마련하기가 어렵다. 각 신재생에너지 유형별 실행가능성 연구 수행이 필요하며, 각 에너지 유형별 잠재량을 장기 개발 목표에 상호 연관시키려는 노력이 선행되어야 한다.

2) 장기 재정지원 및 투자 계획 개발이 필요

충남지역 에너지계획은 몇 가지 신재생에너지 유형의 개발에 대한 정당성, 특히 재정적 실행 가능성에 대한 추가적인 고려가 필요하다. 신재생에너지, 특히 태양 및 지열에너지는 고비용 기술이라 할 수 있다. 이러한 기술 개발의 추구하고 기술 개발의 가능성은 완전히 별개의 문제이다. 건전한 재정 관리를 통해서만 충청남도는 장기 목표를 가지고 저탄소 녹색성장에 기여할 수 있을 것이다.

3) 지역특성에 맞는 신재생에너지 개발의 우선순위 결정

위의 첫 번째 정책 제안에서 밝힌 바와 같이, 풍력, 태양광 등 신재생에너지 잠재량에 대한 상세한 실행가능성 연구가 선행되어야 한다. 이를 토대로 충남지역 특성에 맞는 신재생에너지 우선순위를 결정하여 주어진 경제적·정치적 에너지체계를 구축하기 위한 노력을 집중하는 전략이 필요할 것이다. 즉, 충남지역이 풍력보다는 태양광이 그 잠재량이 크다면 잠재량이 큰 에너지 분야에 대한 개발을 극대화해야 할 것이다. 다른 신재생에너지 기술, 특히 수소 연료전지의 경우, 태양광이나 풍력에너지와 비교할 때, 상대적으로 많은 비용과 개발 노력이 소요된다는 것을 인식할 필요가 있다.

4) 보다 상세한 장기 목표 설정

보다 상세한 장기 목표 수립이 필요하다. 위의 두 번째 정책제안을 고려할 때, 충청남도 는 보다 장기적인 재정계획의 개발이 필요할 뿐 아니라, 보다 장기적인 기술 보급 계획, 시장 전략, 정책 및 정치적 목표, 전략적 협력관계와 기타 충남에너지계획의 목표를 실현 하는데 필요한 협약 등을 개발할 필요성이 크다.

목표가 설정되면 이러한 목표의 투명성 확보 또한 고려되어야 한다. 또한 이러한 목표 에 따른 신재생에너지 보급 확대에 필요한 조치를 구체화 하려는 노력이 필요하다. 즉, 개별 시설들의 입지, 비용 부담 주체 등에 대한 윤곽을 제시하는 것이 바람직 할 것이다.

향후 몇 십 년을 내다보는 장기 목표일수록 보다 구체적인 기초를 가진 계획이 토대가 되어야 할 것이다.

5) 에너지 효율향상과 기후변화 대응

선진사례에서 알 수 있듯이 에너지 수요관리와 효율향상은 많은 인프라 구축이나 예산 수반 없이 가장 비용효과적으로 충남에너지 목표를 달성할 수 있는 중요한 수단이다. 충청남도의 주민 1인당 에너지 소비가 비록 적은 양이기는 하나 전국 평균 소비량을 초과 하는 측면이 있음을 감안하여 1인당 에너지 소비를 점차 줄여나갈 필요가 있다. Byrne & Wang 등의 연구에 의하면, 한국은 2020년까지 비용효율적인 에너지 효율정책만으로도 95.4백만 toe의 이상의 에너지와 상당한 량의 온실가스를 줄일 수 있는 것으로 조사되었다(Byrne & Wang, 2004). 따라서 산업시설 중 노후 건축물이나 기기 등을 중심으로 조명 및 난방에너지, 전력 효율 진단과 개선을 정책의 최우선 과제 하여 추진해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- Alhajji, A. F. (2006). *Forecasting Oil Supply And Demand: Difficulties And Challenges*. Paper presented at the Middle East Economic Survey, Dubai.
- Apollochallenge.org. (2009). Vermont Apollo Alliance: Clean Energy Plan. Retrieved 29 October, 2009, from <http://www.apollochallenge.org/vermont/plan.html>
- Bertani, R. (2007). *Worldgeothermalgenerationin2007*.
- Bolinger, M., & Wiser, R. (2009). Wind power price trends in the United States: Struggling to remain competitive in the face of strong growth. *EnergyPolicy*, 37, 1061–1071.
- Bradley, D. (2006). *Canada Biomass-Bioenergy Report*. Ottawa, Ontario: Climate Change Solutions.
- Butera, F. (2008). Towards the Renewable Built Environment. In P. Droege (Ed.), *UrbanEnergyTransition:FromFossilFuelstoRenewablePower* (pp.329–364). Oxford: Elsevier.
- Byrne, J., & Martinez, C. (2009). Delaware's Sustainable Energy Utility. Retrieved 5 January, 2010, from http://www.seu-de.org/docs/2009_Delaware_Lawyer_Byrne_Martinez_DE_SEU_summer.pdf on 26/12/2009
- Byrne, J., Martinez, C., & Ruggero, C. (2009). Relocating Energy in the Social Commons: Ideas for a Sustainable Energy Utility. *Bulletin of Science, Technology & Environment*, 29, 81–94.
- Campoccia, A., Dusonchet, L., Telaretti, E., & Zizzo, G. (2009). Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and Wind systems: Four representative European cases. *SolarEnergy*, 83(3), 287–297.
- CEC. (2007d). Intermittency Analysis Project: Final Report. Retrieved 2 November, 2009, from <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-500-2007-081/CEC-500->

2007-081.PDF

- CEC. (2008a). Commission Report: Net System Power Report. Retrieved 2 November, 2009, from <http://www.energy.ca.gov/2009publications/CEC-200-2009-010/CEC-200-2009-010-CMF.PDF>
- CEC. (2008b). Existing Renewables Facilities Program. Retrieved 2 November, 2009, from http://www.energy.ca.gov/renewables/existing_renewables/index.html
- CEC. (2008c). More Info About the Emerging Renewables Program. Retrieved 2 November, 2009, from http://www.energy.ca.gov/renewables/emerging_renewables/more_info.html
- CEC. (2009). History of California's Renewable Energy Programs. Retrieved 2 November, 2009, from <http://www.energy.ca.gov/renewables/history.html>
- Cornio, C., Dicorato, M., Minoia, A., & Trovato, M. (2003). A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7(2), 99-130.
- COSPP. (2005). Stationary fuel cells. Retrieved 7 January, 2010, from http://www.cospp.com/display_article/272983/122/ARTCL/none/TECHS/1/Stationary-fuel-cells/
- CPUC. (2009a). California Solar Initiative Program Handbook. Retrieved 2 November, 2009, from http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/documents/CSI_HANDBOOK.PDF
- CPUC. (2009b). RPS Program Overview. Retrieved 2 November, 2009, from <http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/Renewables/overview>
- CRS. (2006). *Energy Policy Act of 2005: Summary and Analysis of Enacted Provisions*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- CRS. (2007). *Energy Independence and Security Act of 2007: A Summary of Major Provisions*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- D'Sa, A. (2005). Integrated resource planning (IRP) and power sector reform in developing countries. *Energy Policy*, 33(10), 1271-1285.
- DNREC. (2003). Bright Ideas for Delaware's Energy Future. Retrieved 5 January, 2010, from <http://www.dnrec.delaware.gov/Admin/Documents/Delaware%20Energy%20Task%20Force%20full%20text%20version.pdf>

- DNREC. (2009). Delaware Energy Plan 2009–2014. Retrieved 5 January, 2010, from <http://www.dnrec.delaware.gov/energy/information/Documents/Delaware%20Energy%20Plan-Public%20Input.pdf>
- DOE. (2009a). Geothermal Technologies Program. Retrieved December 8, 2009, from <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/about.html>
- DOE. (2009b). *National Geothermal Action Plan(Draft)*. Retrieved from <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/ngap.html>.
- DPS. (1998). *Fueling Vermont's Future: Comprehensive Energy Planand Greenhouse Gas Action Plan*. Montpelier,VT:VermontDepartmentofPublicService.
- DPS. (2007). *Vermont Clean Energy Development Fund: Strategic Plan*. Montpelier, VT:Vermont Department of Public Services.
- DPS. (2009). Energy Efficiency, Conservation and Renewable Energy. Retrieved 29 October, 2009, from <http://publicservice.vermont.gov/energy/energy-efficiency.html>
- DSIRE. (2009). Vermont Incentives/Policies for Renewables and Efficiency. Retrieved 28 October, 2009, from <http://www.dsireusa.org/incentives/index.cfm?re=1&ee=1&spv=0&st=0&srp=1&state=VT>
- EIA. (2009a). Capacity of Distributed Generators by Technology Type. Retrieved 7 January 2010, from <http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epat2p7b.html>
- EIA. (2009b). State Energy Profiles: Vermont. Retrieved 28 October, 2009, from http://tonto.eia.doe.gov/state/state_energy_profiles.cfm?sid=VT
- ENAA. (2003). WE-NET Project Completed / Hydrogen Refueling Station. Retrieved 22 October, 2009, from http://www.ena.or.jp/WE-NET/newinfo/station_taka_e.html
- ENS. (2007). Energy Statistics 2007. Retrieved 21 October, 2009, from http://www.ens.dk/en-US/Info/FactsAndFigures/Energy_statistics_and_indicators/Annual%20Statistics/Sider/Forside.aspx
- EWEA. (2009b). Global Statistics-US, China & Spain Lead World Wind Power Market in 2007. Retrieved 7 January, 2010, from <http://www.ewea.org/index.php?id=1487>
- EWEA. (2009c). Legal framework for wind energy. Retrieved 24 November, 2009, from <http://www.ewea.org/index.php?id=197>

- EWEA. (2009d). Offshore Wind Energy Factsheet, Oceans of Opportunity: Harnessing Europe's Largest Domestic Energy Resource. Retrieved 5 January, 2010, from http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Offshore_Fact_Sheet.pdf
- Feinstein, C. D., Orans, R., & Chapel, S. W. (1997). THE DISTRIBUTED UTILITY: A New Electric Utility Planning and Pricing Paradigm. *Annual Review of Energy and the Environment*, 22, 155–185.
- Gardner, J., & Ashworth, P. (2008). Towards the Intelligent Grid: A Review of the Literature. In P. Droege (Ed.), *Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power* (pp. 283–308). Oxford: Elsevier.
- GEA. (2009a). *Geothermal101: Basics of Geothermal Energy Production and Use*. Washington, D.C.: Geothermal Energy Association.
- GEA. (2009b). *Geothermal Power Production and Development Update*. Washington, D.C.: Geothermal Energy Association.
- Geller, H., & Attali, S. (2005). *The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmes in IEA Countries: Learning from the Critics*. Paris, France: International Energy Agency.
- HCEI. (2009). *How can Oahu reach 70% clean energy?*: Hawaii Powered, Hawaii Clean Energy Initiative, and Booz Allen Hamilton.
- Iannucci, J. (1994). *The Distributed Utility: Is This the Future?*. Paper presented at the 5th National Conference on Integrated Resource Planning.
- ICF. (2006). *The electricity supply/demand gap and the role of efficiency and renewables in Ontario*. Toronto, Canada: ICF Consulting for Pollution Probe.
- IEA. (2009a). Energy Efficiency; Policies and Measures. Retrieved November 20, 2009, from <http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=pm&id=1631&action=detail>
- IEA. (2009b). Global Renewable Energy; Policies and Measures. Retrieved December 7, 2009, from <http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=re&action=view&country=United States>
- IEA. (2009c). IEA Wind: About the Co-operative Agreement. Retrieved 24

- November, 2009, from http://www.ieawind.org/about_co-operative_agree.html
- INE. (2009a). Promoting Hydrogen in Iceland: H2 Boats. Retrieved 22 October, 2009, from http://www.newenergy.is/en/h2_boat/
- INE. (2009b). Promoting Hydrogen in Iceland: H2 Cars. Retrieved 22 October, 2009, from http://www.newenergy.is/en/h2_cars/
- IPCC. (2007a). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers. Retrieved 24 November, 2009, from www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf
- IPCC. (2007b). Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Retrieved 24 November, 2009, from www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
- JHFC. (2009a). Concurrent Operation of Hydrogen Stations with Different Types of Fuel and Different Methods – The First Demonstration Study in the World. Retrieved 22 October, 2009, from <http://www.jhfc.jp/e/station/index.html>
- JHFC. (2009b). JHFC project was launched for the Future of the Earth. Retrieved 22 October, 2009, from <http://www.jhfc.jp/e/jhfc/index.html>
- Johansson, T. B. (2005). The Imperatives of Energy for Sustainable Development. In A. J. B. (Ed.), *The Law of Energy for Sustainable Development*. New York: Cambridge University Press.
- Junginger, M., & Faaij, A. (2005). *IEA Bio-energy task40 – Country report for the Netherlands*. Paris, France: International Energy Agency.
- Kelley, I. (2008). *Energy in America*: University of Vermont Press, University Press of New England.
- Kravetz, A. (2008). 2008 Global Solar Report Cards Available from <http://globalgreen.org/docs/publication-96-1.pdf>
- Lovins, A. B. (1977). *Soft energy path: toward a durable peace*. San Francisco: Friends of the earth international.

- Lund, Freeston, & Boyd. (2005). Direct application of geothermal energy: 2005 worldwide review. *Geothermics*,34,691-727.
- McDowell, H., & Byrne, J. (2007). A Sustainable Future for Delaware. Retrieved 5 January, 2010, from http://www.seu-de.org/docs/fina_report_brief.pdf
- Meyer, P. E., & Winebrake, J. J. (2009). Modeling technology diffusion of complementary goods: The case of hydrogen vehicles and refueling infrastructure. *Technovation*,29(2),77-91.
- MIT. (2006). *The Future of Geothermal Energy; Impact of Enhanced Geothermal Systems(EGS) on the United States in the 21st Century*.
- Mitchell, D. (2008). *A Note on Rising Food Prices*. Washington, DC: The World Bank.
- NHA. (2004). How much hydrogen is produced each year? Retrieved 3 December, 2007, from <http://www.hydrogenassociation.org/general/faqs.asp#howmuchproduced>
- PSB. (2009). *State of Vermont Preques for Proposals: Technical Assistance Docket 7533*. Montpelier, VT: Vermont Public Service Board.
- Roberts, P. (2004). *The End of Oil: The Decline of the Petroleum Economy and the Rise of a New Energy Order*. New York: Bloomsbury Publishing PLC.
- Sauer, D. (2008). Storage Systems for Reliable Future Power Supply Networks. In P. Droege (Ed.), *Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power*(pp.239-266). Oxford: Elsevier.
- Sauter, R., & Bauknecht, D. (2009). Distributed Generation: Transforming the Electricity Network *I. Scrase*
- Schilling, M., & Esmundo, M. (2009). Technology S-curves in renewable energy alternatives: Analysis and implications for industry and government. *Energy Policy*,37,1767-1781.
- SEU. (2006). Towards a Sustainable Energy Policy for the State of Delaware. Retrieved 5 January, 2010, from http://www.seu-de.org/docs/Section_D.pdf
- SEU. (2009). Sustainable Communities Program Request for Qualifications Responses to Questions. Retrieved 5 January, 2010, from http://www.seu-de.org/docs/Sustainable_Communities_Initiative_RFQ_Responses%20to_Bidder_Questions

- Soerensen, H. C., & Weinstein, A. (2006). Ocean Energy: Position paper for IPCC.
- Solomon, B., & Banerjee, A. (2006). A global survey of hydrogen energy research, development and policy. *EnergyPolicy*, 34, 781-792.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walz, R., & Schleich, J. (2009a). *The Economics of Climate Change Policies: Macroeconomic Effects, Structural Adjustments and Technological Change*: Physica-Verlag.
- Walz, R., & Schleich, J. (2009b). *Innovation Effects of Regulation-Case Study for Wind Energy* Physica-VerlagHD.
- Wang, Y.-D., Byrne, J., Boo, K.-J., Yun, S.-J., & Soh, Y. (1996). *A spatially-integrated energy planning model for Korea's sustainable development*. Seoul, South Korea: Korean Ministry of Commerce, Industry and Energy.
- Wang, Y.-D., Byrne, J., Boo, K. J., Yun, S.-J., & Soh, Y. (1998). *A Spatially-Integrated Energy Planning Model for Korea's Sustainable Development*: Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware.
- Yilmaz, P., Hakan Hocaoglu, M., & Konukman, A. E. S. (2008). A pre-feasibility case study on integrated resource planning including renewables. *EnergyPolicy*, 36(3), 1223-1232.

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 왕영두 델라웨어대학교 에너지환경센터 교수
공동연구 · 김영우 델라웨어대학교 도시 및 공공정책 대학원 연구원
박용규 델라웨어대학교 에너지환경센터 연구원
김정연 충남발전연구원 선임연구위원
박상철 충남발전연구원 연구원
Patrick E. Meyer 델라웨어대학교 에너지환경센터 연구원
Wei-Ming Chen 델라웨어대학교 에너지환경센터 연구원

기획연구 2009-09 · 미국 주정부의 지역에너지계획 조사연구

글쓴이 · 왕영두, 김영우, 박용규, 김정연, 박상철, Patrick E. Meyer, Wei-Ming Chen /
발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원
인쇄 · 2009년 12월 31일 / 발행 · 2009년 12월 31일
주소 · 충남 공주시 금홍동 101 (314-140)
전화 · 041-840-1130(직통) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1129
ISBN · 978-89-6124-119-9 03350

<http://www.cdi.re.kr>

©2009. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.