CLIMATE CHANGE ISSUES PAPER 2017

기후변화법제연구 이슈페이퍼 17-03

안전한 에너지 활용을 위한 제도 연구

안전한 에너지를 위한 법제분석 — 전재경(사회자본연구원)

신(新)기후체제 하 에너지 전환의 실현을 위한 자치법제의 과제 — 최봉석(동국대학교)

에너지분야 빅데이터 활용현황 및 육성방안 — 기서진(광주과학기술원), 오병철(국제기후환경센터)

해양에너지정책의 현황과 향후 과제 — 박수진(한국해양수산개발원)

저탄소 에너지 전환 정책의 국제적 동향 및 시사점 — 이상훈(녹색에너지연대)

한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

CLIMATE CHANGE ISSUES PAPER 2017

기후변화법제연구 이슈페이퍼 17-03

안전한 에너지 활용을 위한 제도 연구

안전한 에너지를 위한 법제분석

신(新)기후체제 하 에너지 전환의 실현을 위한 자치법제의 과제

에너지분야 빅데이터 활용현황 및 육성방안

해양에너지정책의 현황과 향후 과제

저탄소 에너지 전환 정책의 국제적 동향 및 시사점

Contents

CHAPTER 1

안전한 에너지를 위한 법제분석

▶ **전 재 경** (사회자본연구원 박사)

Ⅰ. 총 설 ····· 6
Ⅱ. 핵 및 원자력 ····· 11
Ⅲ. 화석에너지 ····· 22
Ⅳ. 신·재생에너지 ····· 29
Ⅴ. 맺음 말 ····· 48

CHAPTER 2

신(新)기후체제 하 에너지 전환의 실현을 위한 자치법제의 과제

▶ **최 봉 석** (동국대학교 교수)

Ⅰ. 서론 – 신기후체제 대응에 있어서 에너지 전환의 중요성 ····· 52
Ⅱ. 에너지 전환에 있어서 지방자치단체의 위상과 역할 ····· 63
Ⅲ. 신기후체제 하 에너지 전환을 위한 지방자치단체의 대응 ····· 68
Ⅲ. 신기후체제 하 에너지 전환을 위한 지방자치단체의 법제도적 과제 ····· 79
Ⅳ. 결 론 ····· 83
참고문헌 ····· 85

CHAPTER 3

에너지분야 빅데이터 활용현황 및 육성방안

▶ **기 서 진** (광주과학기술원 교수)
▶ **오 병 철** (국제기후환경센터 책임연구원)

Ⅰ. 서 론 ····· 88
Ⅱ. 국내외 기술개발 현황 및 국내외 사례 분석 ····· 94
Ⅲ. 국내외 육성 제도 및 정책 비교 분석 ····· 113
Ⅳ. 시사점 및 정책제언 ····· 121
참고문헌 ····· 129
부록: 주요 핵심용어 ····· 131

CHAPTER 4

해양에너지정책의 현황과 향후 과제 - 환경과 안전을 중심으로

▶ **박 수 진** (한국해양수산개발원 박사)

Ⅰ. 해양에너지의 연구 및 개발동향 ····· 134
Ⅱ. 해양에너지정책 및 법제도 현황 ····· 148
Ⅲ. 해양에너지 정책의 문제점 및 향후과제 ····· 165
Ⅳ. 맺는 말 ····· 170
참고문헌 ····· 172

Contents

CHAPTER 5

저탄소 에너지 전환 정책의 국제적 동향 및 시사점

▶ **이 상 훈** (녹색에너지연대 박사)

Ⅰ. 기후변화 대응과 에너지부문 탈탄소화 전망 ····· 176
Ⅱ. 저탄소 에너지 전환 정책 주요국 사례 ····· 182
Ⅲ. 국내 에너지 전환 정책에 대한 검토 ····· 199
Ⅳ. 2030년 재생에너지 발전량 20% 목표의 도전 과제 ····· 201

CHAPTER
1

안전한 에너지를 위한 법제분석

전 재 경 (사회자본연구원 박사)

Ⅰ. 총 설

1. 논 점

1. 논 점

"안전한 에너지"라고 말할 때에는 흔히 신재생에너지를 떠올리기 쉽다. 전기와 같은 제2차 에너지도 흔히 안전한 것으로 생각되기 쉽다. 사회통념상 태양광이나 조력을 통해서 얻는 전기에너지는 '안전하다'는 이미지를 떠올린다. 물론 신재생에너지라고 모두 안전한 것은 아니다. 재생에너지에 비하여 신에너지는 안전성이 충분히 검증되지 아니한 것들도 있다. 재생에너지도 풍력의 경우에는 건강과 안전의 두 측면에서 문제가 일어날 수 있다. 화산지대에서 지열발전도 같은 문제를 안고 있다. 에너지의 안전성은 에너지 종류에 따라 일률적으로 보장된다기보다는 입지, 기술수준 또는 이용방법 등에 따라 가변적이다.

에너지와 그 안전 문제를 논할 때에는 "에너지의 안전"과 "안전한 에너지"의 두 방면에서 접근할 수 있다. "안전한 에너지"라는 개념은 원자력이나 고압가스와 같은 에너지들 때문에 생겨난 상대적인 것이다. 에너지치고 궁극적으로 안전한 것은 없다. 그래서 대부분의 에너지는 안전관리의 대상이 된다. 에너지와 관련된 우리 현행 법제는 안전한 에너지와 위험한 에너지를 구분하지 아니하고 모두 안전관리의 대상으로 규율한다. 이 글에서는 현행법제가 상대적으로 위험한 원자력에서부터 다소 안전한 재생에너지에 이르기까지 "에너지의 안전"과 "안전한 에너지"라는 두 가지 관점에서 에너지 법제를 살펴보고 일부 개선안을 제시한다.

2. 에너지 안전 관련 법률

현행 에너지 법제 중 안전 문제를 규율하는 법률로서는 재난 및 안전관리기본법, 저탄소 녹색성장기본법, 에너지법, 원자력안전법, 고압가스안전법, 액화석유가스법, 송유관안전관리법, 전기사업법, 에너지이용합리화법, 집단에너지사업법 등이 있다.

에너지법을 기본법으로 하는 에너지 관련 법률들은 에너지의 종류에 따라 분류할 수 있으나 보다 큰 범주로 에너지의 이용(소비), 생산 및 전환 그리고 정제와 관련된 것들로 분류할 수도 있다. 에너지 법제는 관리·운영 차원에서 사업, 조직, 안전관리법, 육성촉진 법률로 구분할 수도 있다. 에너지지 법제 중 안전관리를

핵심주제로 삼는 법률로서는, 화석 에너지 영역에서 송유관안전관리법, 액화석유가스법 및 고압가스안전관리법을 들 수 있고, 원자력 영역에서 방사성폐기물법을 그리고 2차 에너지 영역에서 전기공급사업법을 들 수 있다. 이러한 입법경향은 현행법제가 신에너지나 재생에너지에서 안전관리를 직접적으로 문제시하지 아니함을 시사한다.

에너지 관련 법제의 범주

기본법	에너지법		
	에너지 이용(소비)	에너지 생산·전환	정 제
사업	에너지이용합리화법 에너지회계법	전기사업법 집단에너지사업법	석유사업법 도시가스사업법
조직	-	한국전력공사법 지능형전력망법	한국가스공사법
안전관리	방사성폐기물법	전기공급사업법	송유관안전관리법 액화석유가스법 고압가스안전관리법
육성촉진	방폐물유치지역법 방사선이용법	농어촌전기공급사업촉진법 발전소주변지역지원법 전력기술관리법 전원개발촉진법 전기공사공제조합법 신재생에너지법	-

3. 안전관리

1) 정 의

재난 및 안전관리기본법은 “재난이나 그 밖의 각종 사고로부터 사람의 생명·신체 및 재산의 안전을 확보하기 위하여 하는 모든 활동”을 “안전관리”로 정의한다(제3조제4호). 하지만 재난안전법에는 어떠한 종류의 재난에 대하여 어떻게 대처한다는 내용이 없다. 국가안전관리기본계획(제22조)에도 에너지로 인한 재난대책이 포함되어 있지 아니하다. 재난안전법은 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우에는 그 법률이 우선한다(제8조)는 뜻을 규정하고 있기 때문에 에너지로 인한 재난은 에너지 관련 법률들에서 정하는 바에 따른다.

2) 공급자와 사용자의 책무

현행 에너지법에는 에너지 '안전' 개념이 별도로 정립되어 있지 아니하다. 안전관리 정책도 법규사항이 아니다. 에너지 안전은 국가와 지방자치단체의 책무(제4조)에 포함되지 아니하며, 에너지위원회의 사무(제10조)에도 규정되어 있지 아니하다. 에너지 안전은 에너지공급자와 에너지사용자의 책무에 속할 뿐이다. 즉 에너지공급자와 에너지사용자는 에너지의 생산·전환·수송·저장·이용 등의 안전성과 함께 효율성 및 환경친화성성을 극대화하도록 노력하여야 한다(제4조제3항). 책무는 법률상의 의무가 아니다.

3) 시공업자의 안전관리

에너지이용합리화법은 열사용기자재 시공업자의 안전관리를 규율한다. 열사용기자재 중 제조, 설치·시공 및 사용에서의 안전관리, 위해방지 또는 에너지이용의 효율관리가 특히 필요하다고 인정되는 것으로서 산업통상자원부령으로 정하는 열사용기자재의 설치·시공이나 세관(洗罐) 시공업자는 (건설산업기본법 제9조제1항에 따라) 시·도지사에게 등록하여야 한다(제37조). 열사용기자재의 안전관리는 한국에너지공단의 사업의 하나에 속한다(제57조제10호).

4) 전기기술기준

전기사업법에서 "안전관리"란 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 이 법에서 정하는 바에 따라 전기설비의 공사·유지 및 운용에 필요한 조치를 하는 것을 말한다(제2조제20호). 전기사업법은 안전관리를 위하여 기술기준을 상정한다. 산업통상자원부장관은 전기설비의 안전관리를 위하여 필요한 기술기준을 정하여 고시하여야 한다(제67조제1항). 기술기준은 전자파가 인체에 미치는 영향을 고려한 전자파 인체보호기준을 포함하여야 한다(제67조제2항). 전기사업자나 자가용전기설비의 소유자 또는 점유자는 전기안전관리자를 선임한다(제73조). 한국전기안전공사는 전기로 인한 재해를 예방하기 위하여 전기안전에 관한 조사·연구·기술개발 및 홍보업무와 전기설비에 대한 검사·점검업무를 수행한다(제74조).

5) 전기안전점검

산업통상자원부장관은 일반용전기설비가 기술기준에 적합한지 여부에 대하여 한국전기안전공사 또는 전기판매사업자로 하여금 점검하도록 하여야 한다(제66조제1항). 전기사업법은 (사업자로 하여금) 여러 사람이 이용하는 시설 등에 대한 전기안전점검(제66조의2)을 실시하도록 규정한다. 산업통상자원부장관은 태풍·폭설 등의 재난으로 전기사고가 발생하거나 발생할 우려가 있는 시설과 장마철·동절기 등 계절적인 요인으로 인한 취약시기에 전기사고가 발생할 우려가 있는 시설 등에 대하여 전기안전공사로 기술기준에

적합한지 여부에 대하여 특별안전점검을 하게 할 수 있다(제66조의3). 산업통상자원부장관은 매년 1회 이상 전기안전관리업무에 대한 실태조사를 실시한다(제73조의8).

4. 다른 법률과의 관계

현행 「에너지법」은 에너지 법제의 기본법에 해당하지만 에너지 전반을 규율하지 못한다. 에너지에 관한 법령을 제정하거나 개정하는 경우에는 「저탄소 녹색성장 기본법」 제39조에 따른 기본원칙과 에너지법의 목적에 맞도록 하여야 한다(에너지법 제5조 본문). 종전의 에너지기본법[1]은 녹색성장법[2]에 의하여 제명이 에너지법으로 바뀌었다. 나아가 에너지법은 원자력에 대하여 적용되지 아니한다. 원자력의 연구·개발·생산·이용 및 안전관리에 관하여는 「원자력 진흥법」[3] 및 「원자력안전법」 등 관계 법률에서 정하는 바에 따른다(에너지법 제5조 단서).

에너지법으로부터 지휘권을 넘겨받은 녹색성장법(제39조)은 에너지 정책의 기본원칙을 규정하지만, 에너지 자립(제1호), 가격합리화·절약·이용효율(제2호), 신·재생에너지의 개발·생산·이용·보급과 에너지 공급원 다변화(제3호), 경쟁·공정거래·규제합리화·시장창출(제4호), 에너지이용에서의 형평과 복지(제5호) 그리고 수입 다변화와 비축을 통한 에너지 국가안보(제6호)에 비중을 둔다. 에너지 안전관리를 위한 대책은 법령이 아닌 행정[에너지기본계획]에 맡겨져 있다(제41조제3항제5호).

5. 안전관리규정의 법적 성격과 효력

각종 에너지 관련 법률에 포함되어 있는 「안전관리규정」의 법적성격과 효력이 검토되어야 한다. 고압가스안전관리법상 안전관리규정은 사업자가 작성하기 때문에 법규명령나 행정처분에 해당하지 아니하며 자발적 준칙에 해당한다. 그럼에도 허가관청이나 등록관청은 사업자등이 안전관리규정을 제출하지 아니하거나 제조공정·자체검사방법 등을 안전관리규정에 포함시키지 아니하거나 안전관리규정을 지키지 아니하거나 그 실시기록을 작성·보존하지 아니한 경우에는 그 허가나 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 그 사업 또는 저장소의 사용 정지나 사용 제한을 명할 수 있다(제9조제1항).

1) 법률 제7860호(2006.3.3.)
2) 법률 제9931호(2010.1.13.)
3) 원자력진흥법은 원자력진흥위원회(제3조), 원자력진흥종합계획(제9조), 원자력기금의 설치(제17조) 및 운용(제18조·제19조)을 규율한다.

안전관리규정은 과태료 부과 대상이다. 고압가스안전관리법은 안전관리규정을 이행하지 아니한 자에게 2천만원 이하의 과태료를 부과한다(제43조). 액화석유가스법도 안전관리규정을 규율하고 있지만 불이행자에 대하여 허가나 등록을 취소하지는 아니하고 과태료 처분을 내린다. 즉 안전관리규정을 허가관청에 제출하지 아니하거나 안전관리규정의 변경명령을 이행하지 아니하거나 안전관리규정을 지키지 아니하거나 실시기록을 작성·보존하지 아니한 사업자에 대하여서는 2천만원 이하의 과태료를 부과한다(제73조제1항). 액화석유가스의 안전관리규정은 고압가스의 그것에 비하여 제재가 경미하다.

광산안전법은 광업권자 또는 조광권자가 안전규정을 제정하지 아니하고 광산을 운영하거나 안전규정을 준수하지 아니한 경우에 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다(제25조). 광산안전법시행령(제13조)은 안전규정에서 정할 사항을 다음과 같이 적시한다.

광산안전규정사항

1) 광산근로자의 준수사항
2) 광산안전관리직원의 준수사항
3) 통기와 갱내가스 및 화약사용에 관한 사항
4) 전기·기계 설비에 관한 사항
5) 광해 방지에 관한 사항
6) 광산안전교육에 관한 사항
7) 그 밖에 광산안전과 관련된 사항

집단에너지사업법은 「안전관리규정」을 운용한다. 즉 집단에너지사업자는 공급시설의 안전관리를 위하여 산업통상자원부령으로 정하는 기준에 따라 안전관리규정을 정하여 사업을 개시하기 전에 산업통상자원부장관에게 신고하여야 한다. 이를 변경한 경우에도 또한 같다(제27조제1항). 사업자와 그 종사자는 이 안전관리규정을 지켜야 한다(제27조제2항). 안전관리규정을 신고하지 아니한 자는 300만원 이하의 벌금에 처한다(제58조). 벌금 수준이 과태료보다 낮다.

Ⅱ. 핵 및 원자력

1. 국제규범

1) 핵 및 원자력 규범

핵(nuclear)에 관한 국제규범은 군사 부문에서 무기와 이를 만드는 원료[핵물질]을 규제하는데 중점을 둔다. 원자력(atomic power)에 관한 국제규범은 산업 부문에서 에너지의 개발과 생산 및 이용에 관한 기술과 안전 그리고 전용을 규제하는데 중점을 둔다. 전용이란 산업용 원자력이 군사용으로 전환되는 것을 의미한다.

국내외 핵 및 원자력 규범체계

<table>
<tr><th colspan="3">핵</th><th colspan="2">원자력</th></tr>
<tr><td rowspan="2">국제
규범</td><td>비 확 산</td><td>안전보장</td><td rowspan="2">국제
규범</td><td rowspan="2">• 원자력안전에 관한 협약
• 핵사고·방사능 긴급사태 조기경보 협약
• 핵사고·방사능 긴급사태 지원협약
• 국제원자력기구의 기술원조 제공에 관한 보충협정
• 제4세대 원자력시스템연구개발 국제협력기본협정</td></tr>
<tr><td>• 핵무기비확산조약(NPT)
• 국제원자력기구협약
• 전면안전조치협정
• 전면안전조치추가의정서
• 국제수출통제체제
– NSG
– ZC
– MTCR
– AG
– Wassenaar</td><td>• 핵물질방호협약
• 핵테러억제협약
• UN안보리결의 1540호
• 핵물질·원자력시설 물리적 방호지침
• 방사성 물질 안전·방호 행동지침
• 방사성 물질 및 관련시설에 대한 핵안보조치
• 규제·통제 밖 방사성 물질의 핵안보 조치
• 핵안보정상회의</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내
규범</td><td>비확산</td><td>안전보장</td><td rowspan="2">국내
규범</td><td rowspan="2">• 원자력안전법
• 방사능방재법
• 원자력진흥법
• 원자력안전기술원법
• 원전감독법
• 원자력손해배상법
• 원자력보상계약법</td></tr>
<tr><td>해당 규범 없음</td><td>해당 규범 없음</td></tr>
</table>

현행 원자력안전법 등 국내규범은 원자력을 규율하는 법률들로 구성되어 있고, 핵 비확산 및 핵 안전보장에 관한 법률은 없다. 국내에서의 핵 비확산 및 핵 안전보장에 관하여서는 다자조약 및 양자조약이 직접 적용된다. 핵 비확산 및 핵 안전보장에 관한 국제규범은 기본적으로 핵 무기와 그 원료[핵물질]의 생산·가공 및 수출입 등에 관한 통제를 규제한다.

2) 핵무기 비확산 조약

핵무기 보유 조약당사국(non-nuclear-weapon State Party)은 여하한 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치 또는 그러한 무기 또는 폭발장치에 대한 관리를 직접적으로 또는 간접적으로 어떠한 수령자에 대하여도 양도하지 않을 것을 약속하며, 또한 핵무기 비보유국이 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치를 제조하거나 획득하며 또는 그러한 무기 또는 핵폭발 장치를 관리하는 것을 여하한 방법으로도 원조, 장려 또는 권유하지 않을 것을 약속한다(제1조).

핵무기 비보유 조약당사국은 원자력을, 평화적 이용으로부터 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치로, 전용하는 것을 방지하기 위하여 본 조약에 따라 부담하는 의무이행의 검증을 위한 전속적 목적으로 국제원자력기구규정 및 동기구의 안전조치제도에 따라 국제원자력기구와 교섭하여 체결할 합의사항에 열거된 안전조치를 수락하기로 약속한다. 본조에 의하여 요구되는 안전조치의 절차는, 선원물질 또는 특수분열성 물질이 주요 원자력 시설내에서 생산처리 또는 사용되고 있는가 또는 그러한 시설외에서 그렇게 되고 있는가를 불문하고, 동물질에 관하여 적용되어야 한다. 본조에 의하여 요구되는 안전조치는 전기당사국 영역내에서나 그 관할권 하에서나 또는 기타의 장소에서 동 국가의 통제하에 행하여지는 모든 평화적 원자력 활동에 있어서의 모든 선원물질 또는 특수분열성 물질에 적용되어야 한다(제3조제1항).

3) 국제원자력기구협약

기구(IAEA)는 전세계를 통하여 평화, 보호 및 번영에 대한 원자력의 공헌을 촉진하고 확대함에 노력한다. 기구는 가능한 한 기구에 의하여 또는 기구의 요청이나 감독 또는 통제하에 제공된 원조가 군사적 목적을 조장시키는 방법으로 사용되지 않을 것을 보증한다(제2조).

기구는 전세계를 통하여 평화적 사용을 위한 원자력의 연구와 개발 및 실제적 적용을 촉진하고 원조하며, 그리고 요청이 있을 때는 1가입국의 타가입국에 대한 역무의 수행 또는 물질, 설비 또는 시설의 공급을 확보하기 위하여 중매를 행하며 또한 평화적 목적을 위한 원자력의 연구, 개발 또는 실제적 운용에 유용한 활동이나 역무를 수행한다(제3조A).

4) 안전조치적용협정[4)]

대한민국 정부는, 조약 제1조제1항에 따라, 자국의 영토 내·관할 하 또는 통제 하에서 수행되는 모든 평화적 핵 활동에 있어서의 모든 선원(source) 또는 특수분열성 물질에 대하여 이와 같은 물질이 핵무기 또는 기타 핵폭발 장치에 전용되지 않고 있다는 검증만을 목적으로 안전조치를 수락할 것을 약속한다(제1조).

5) 핵물질 방호에 관한 협약[5)]

각 당사국은 국제 핵운송중 그 영역내에 있는 또는 그의 관할하에 있는 선박 또는 항공기가 그 국가로 또는 그 국가로부터의 운송에 종사하고 있는 한에 있어서 그러한 선박 또는 항공기에 선적되어 있는 핵물질[6)]이 부표 1에 기술된 수준으로 보호된다는 것을 실제적으로 보장하기 위하여 그 국내법의 범위내에서 또한 국제법에 따라서 적절한 조치를 취하여야 한다(제3조).

6) 대응방향

핵 비확산 및 핵 안보 이행을 위한 법률체계 연구는 에너지로서 원자력의 안전과 진흥에 관한 국내 법률체계 전반을 연구하는 것이 아니라, 핵무기와 핵물질의 생산·가공·수출입 및 관련 기술의 제공에 관한 국제규범의 국내 이행법 체계를 연구함을 목적으로 한다.

원자력에 관한 현행 국내법제는 원자력의 안전과 진흥 및 방사능방재와 손해배상 등을 중심으로 편제되어 있지만, 핵 비확산 및 핵 안보에 관한 국제규범에 따른 국내 이행 법체계를 별도로 마련하고 있지 아니하다.

향후 대응책에서는 국제규범에서 조약국의 국내이행을 위하여 각국 정부에 요구하는 내용 중 국내법 체계화가 필요한 것을 법제화하고 기존의 원자력 법제 중 이와 상충되는 것들을 정비함을 주요 내용으로 삼아야 할 것이다.

원자력의 안전과 진흥 그리고 방사능방재에 관한 현행 규정들을 다른 곳으로 이관하거나 통폐합하기보다 현재 공백상태에 있는 핵 비확산과 안전보장에 관한 새로운 이행 법체계를 마련하는 것이 우선이다.

---

4) 「대한민국 정부와 국제원자력기구간의 핵무기의 비확산에 관한 조약에 관련된 안전조치의 적용을 위한 협정」(Agreement between the Government of the Republic of Korea and the International Atomic Energy Agency for the Application Safeguards in connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons) 국제원자력기구, 제550호, 1975.11.21.

5) Convention on the Physical Protection of Nuclear Material(1987년 발효)

6) 방호협약 제1조의 가. “핵 물질”이라 함은 동위원소 농축도 80%이상인 플루토늄 238을 제외한 플루토늄, 우라늄 233, 동위원소 235 또는 233의 농축 우라늄, 원광 또는 원광 찌꺼기의 형태가 아닌 천연상태에서 동위원소 혼합물을 함유하고 있는 우라늄, 전술한 것의 하나 또는 그 이상을 함유하는 기타 물질을 말한다.

원자력기본법의 제정과 같은 논의는 현단계에서는 불필요하다. 과거 원자력법이 안전법과 진흥법으로 분할되기 전에 기본법으로서의 역할을 수행하였다. 기본법을 제정하더라도 핵 비확산과 안전보장을 규율하는데 이바지하기 어렵기 때문이다.

2. 국내규범

1) 원자력안전관리의 기본원칙

원자력안전법 개정법(2015.12.22.)에 따라 원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리는 「원자력안전협약」 등 국제규범에 따른 원칙을 준수하고, 방사선장해로부터 국민안전과 환경을 보호하는 데에 기여하며, 과학기술의 발전수준을 반영하여 안전기준을 설정하여야 한다(제2조의2).

2) 원자력안전종합계획

원자력안전법에 따르면, 원자력안전위원회(원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률 제3조)는 원자력이용에 따른 안전관리를 위하여 5년마다 원자력안전종합계획을 수립하여야 한다(제3조제1항). 종합계획에는 원자력안전관리에 관한 현황과 전망, 원자력안전관리에 관한 정책목표와 기본방향, 부문별 과제 및 그 추진, 소요재원의 투자계획 및 조달, 그 밖에 원자력안전관리를 위하여 필요한 사항이 포함되어야 한다(제3조제2항).

3) 한국원자력통제기술원

원자력 관련 시설 및 핵물질 등에 관한 안전조치와 수출입통제 등의 업무를 효율적으로 추진하기 위하여 한국원자력통제기술원을 설립한다(제6조). 원자력통제기술원은 ㉮ (원자력안전위원회로부터 위탁받은) 원자력 관련 시설·장비·기술·연구개발활동 및 핵물질에 관한 안전조치 관련 업무, 핵물질 등 국제규제물자에 관한 수출입통제 관련 업무, 물리적방호 관련 업무 ㉯원자력통제에 관한 연구 및 기술개발 ㉰원자력통제에 관한 국제협력 지원 ㉱원자력통제에 관한 교육 ㉲그 밖에 원자력통제 업무의 수행을 위하여 필요한 사업을 수행한다(제7조).

4) 한국원자력안전재단

원자력 및 방사선 안전기반 조성 활동을 효율적으로 지원하기 위하여 한국원자력안전재단을 설립한다(제7조의2제1항). 원자력안전재단은 위원회의 원자력안전 정책수립 지원을 위한 기초자료 조사·연구,

실태조사, 원자력안전연구개발사업의 기획, 관리 및 평가, 방사선작업종사자에 대한 교육 및 훈련, 국제협력 지원, 이 법 또는 다른 법령에 따라 위탁받은 업무 및 그 밖에 위원회에서 필요하다고 인정하는 사업을 수행한다(제7조의2제1항).

5) 발전용원자로 및 관계시설의 건설

원자력안전법에 따라 발전용원자로 및 관계시설을 건설하려는 자는 원자력안전위원회의 허가를 받아야 한다(제10조제1항). 이 허가기준은 아래와 같다(제11조). 같은 설계의 발전용원자로 및 관계시설을 반복적으로 건설하려는 자는 "표준설계"에 관하여 원자력안전위원회의 인가를 받을 수 있다.

(1) 총리령으로 정하는 발전용원자로 및 관계시설의 건설에 필요한 기술능력을 확보하고 있을 것

(2) 발전용원자로 및 관계시설의 위치·구조 및 설비가 원자력안전위원회규칙으로 정하는 기술기준에 적합하여 방사성물질[7]등에 따른 인체·물체 및 공공의 재해방지에 지장이 없을 것

(3) 발전용원자로 및 관계시설의 건설로 인하여 발생되는 방사성물질등으로부터 국민의 건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위하여 대통령령으로 정하는 기준에 적합할 것

(4) 품질보증계획서(제10조제2항) 내용이 위원회규칙으로 정하는 기준에 적합할 것

(5) 해체계획서(제10조제2항) 내용이 위원회규칙으로 정하는 기준에 적합할 것

6) 발전용원자로 및 관계시설의 운영

원자력안전법에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 허가를 받으려는 자는 허가신청서에 발전용원자로 및 관계시설에 관한 운영기술지침서, 최종안전성분석보고서, 사고관리계획서, 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가서, 발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서, 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서[부지별, 기간별, 핵종군(核種群)별 배출총량을 포함한다] 및 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 한다(제20조제2항). 운영허가 기준(제21조)은 건설허가 기준(제11조)과 유사하다. 발전용원자로운영자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 한다(제23조제1항). 위원회는 주기적 안전성평가결과 또는 그에 따른 안전조치가 부족하다고 인정하면 발전용원자로운영자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있다(제23조제2항). 발전용원자로운영자가 발전용원자로 및 관계시설을 운영할 때에는 인체·물체 및 공공의 안전을 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다(제26조제1항). 위원회는 이 조치가 부족하거나 기술기준에 적합하지 아니하다고

7) "방사성물질"이란 핵연료물질·사용후핵연료·방사성동위원소 및 원자핵분열생성물(原子核分裂生成物)을 말한다(원자력안전법 제2조제5호).

인정하면 해당 발전용원자로운영자에게 발전용원자로 및 관계시설의 사용정지, 개조, 수리, 이전, 운영방법의 지정 또는 운영기술지침서(제20조제2항)의 변경이나 오염제거와 그 밖의 안전을 위하여 필요한 조치를 명할 수 있다(제27조).

7) 발전용원자로 및 관계시설의 해체

발전용원자로운영자가 발전용원자로 및 관계시설을 해체하려는 때에는 위원회의 승인을 받아야 한다. 승인받은 사항을 변경하려는 때에도 또한 같다(제28조제1항). 발전용원자로운영자는 발전용원자로 및 관계시설의 해체상황을 위원회에 보고한다. 이 경우 위원회는 발전용원자로 및 관계시설의 해체상황을 확인·점검한다(제28조제3항). 발전용원자로운영자가 발전용원자로 및 관계시설의 해체를 완료한 때에는 위원회에 보고한다(제28조제4항). 위원회는 발전용원자로 및 관계시설의 해체가 완료된 때에는 검사를 실시한다(제28조제6항). 위원회는 확인·점검·검사 결과 발전용원자로운영자가 해체계획서에 따라 이행하지 아니하거나 해체완료보고서에 기재된 내용과 일치하지 아니하면 그 시정 또는 보완을 명할 수 있다(제28조제7항). 위원회는 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 위하여 필요한 경우 발전용원자로 및 관계시설의 해체 완료 후 부지의 재이용에 관하여 조건을 붙일 수 있다(제28조제9항).

원자로시설의 해체계획서(원자력안전법시행규칙 제4조제5항)

원자력안전법(제10조제2항)에 따른 원자로시설의 해체계획서에는 위원회가 정하여 고시하는 바에 따라 다음 각 호의 사항을 적어야 한다.

1. 원자로시설의 해체를 위한 조직, 인력, 비용 및 재원
2. 원자로시설의 해체 전략 및 일정
3. 해체를 용이하게 하기 위하여 설계 시 반영한 사항 및 건설·운영 시 조치하도록 한 사항
4. 방사선으로부터 재해를 방지하기 위한 조치
5. 방사성물질등에 따른 오염의 제거 방법
6. 방사성폐기물의 처리·저장·처분 방법
7. 방사성물질등이 환경에 미치는 영향의 평가 및 대책
8. 그 밖에 원자로시설의 해체에 따른 재해를 방지하기 위하여 위원회가 정하는 사항

8) 핵연료주기사업

“핵연료주기사업”이란 정련·변환·가공 또는 사용후핵연료 처리사업을 말한다. 핵원료물질 또는 핵연료물질의 정련사업 또는 가공사업(변환사업을 포함한다)을 하려는 자는 위원회의 허가를 받아야 한다(제35조제1항). 사용후핵연료 처리사업을 하려는 자는 주무부장관의 지정을 받아야 하며, 주무부장관은

지정 시 위원회와 협의하여야 한다. 지정받은 사항을 변경하려는 때에는 주무부장관의 승인을 받아야 한다(제35조제2항). 허가를 받으려는 자는 위원회에, 지정을 받으려는 자는 주무부장관에게 각각 그 허가 또는 지정 신청서에 방사선환경영향평가서, 안전관리규정, 설계 및 공사 방법에 관한 설명서, 사업의 운영에 관한 품질보증계획서 및 해당 시설의 해체계획서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 제출하여야 한다(제35조제3항). 허가 또는 지정 기준은 다음과 같다(제36조제1항). 핵연료주기사업자가 핵연료주기 시설을 영구정지하려는 경우에는 변경허가를 받아야 한다(제36조제2항).

(1) 사업을 수행하는 데에 필요한 기술능력을 확보하고 있을 것

(2) 핵연료주기시설의 위치·구조·설비 및 성능이 기술기준에 적합하여 방사성물질등에 따른 인체·물체 및 공공의 재해방지에 지장이 없을 것

(3) 핵연료주기시설의 운영으로 인하여 발생되는 방사성물질등으로부터 국민의 건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위한 기준에 적합할 것

(4) 해체계획서(제35조제3항)의 내용이 위원회규칙으로 정하는 기준에 적합할 것

9) 핵물질사용

"핵물질"이란 핵연료물질 및 핵원료물질을 말한다. "핵연료물질"이란 우라늄·토륨 등 원자력을 발생할 수 있는 물질을 말한다. "핵원료물질"이란 우라늄광·토륨광과 그 밖의 핵연료물질의 원료가 되는 물질을 말한다. 발전용원자로설치자·발전용원자로운영자 또는 연구용원자로등설치자·연구용원자로등운영자가 핵연료물질을 그 허가받은 사업에 사용하는 경우, 핵연료주기사업자가 핵연료물질을 그 허가 또는 지정받은 사업에 사용하는 경우, 대통령령으로 정하는 종류 및 수량의 핵연료물질을 사용하는 경우를 제외하고 핵연료물질을 사용 또는 소지하려는 자는 위원회의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하려는 때에도 또한 같다(제45조제1항). 허가기준은 다음과 같다(제46조).

(1) 핵연료물질의 사용 또는 소지에 필요한 기술능력을 확보하고 있을 것

(2) 사용시설·분배시설·저장시설·보관시설·처리시설 및 배출시설의 위치·구조 및 설비가 기술기준에 적합하여 방사성물질등에 따른 인체·물체 및 공공의 재해방지에 지장이 없을 것

(3) 핵연료물질의 사용 또는 소지로 인하여 발생되는 방사성물질등으로부터 국민의 건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위한 기준에 적합할 것

(4) 대통령령으로 정하는 장비 및 인력을 확보할 것

핵연료물질사용자는 핵연료물질 또는 그에 따라 오염된 물질의 사업소 안에서의 사용·분배·저장·운반·보관·처리 및 배출과 핵연료물질 또는 그에 따라 오염된 물질의 사용시설 등에 관하여 위원회규칙으로 정하는 기술기준을 준수하여야 한다(제50조제1항).

10) 사용후핵연료

사용후핵연료는 핵연료물질·방사성동위원소 및 원자핵분열생성물(原子核分裂生成物)과 함께 방사성물질에 해당한다. 사용후핵연료처리사업을 하려는 자는 법 제35조제2항 본문의 전단에 따라 지정을 받으려면 사업소마다 총리령으로 정하는 바에 따라 지정신청서를 작성하여 주무부장관에게 제출하여야 한다(영 제61조제1항). 사용후핵연료의 처리·처분에 관하여 필요한 사항은 과학기술정보통신부장관과 산업통상자원부장관이 위원회 및 관계 부처의 장과 협의하여 「원자력 진흥법」 제3조에 따른 원자력진흥위원회의 심의·의결을 거쳐 결정한다(법 제35조제4항). 사용후핵연료의 처리·처분은 행정청의 판단에 맡겨져 있다.

국회 2017년 국정감사에서 추혜선 국회의원은 2017년 6월 국제원자력기구가 개최한 국제컨퍼런스에서 미국 원자력 전문가 에드윈 라이만 박사가 발표한 연구 논문을 인용하여, 현재 7,000톤에 달하는 국내 사용후핵연료를 파이로프로세싱으로 처리하려면 최소 4600년에서 2만8000천년이 소요된다고 지적했다. 또한 10월 30일 대전 및 인근 지역 시민단체가 참여하는 '핵재처리실험저지30㎞연대'와 탈핵법률가단체 '해바라기'는 정부가 추진하는 핵재처리 사업에 대해 감사원에 공익감사를 청구했다.[8] 이들은 국내 사용후핵연료의 절반은 중수로에서 발생하므로 재처리 대상이 아니기 때문에 핵폐기물 양을 20분의 1로 줄이고 관리기간을 30만년에서 300년으로 줄일 수 있다는 주장은 허구이며, 핵폐기물양이 줄기는커녕 파이로 공정에서 추가 발생하는 폐기물 때문에 경주처분장 이외의 새로운 중준위폐기물 처분시설이 필요할 수 있다며 감사 청구 사유를 밝혔다.

11) 환경보전

발전용원자로, 열 출력 100킬로와트 이상의 연구용원자로, 핵연료주기시설, 사용후핵연료 중간저장시설 또는 방사성폐기물 처분시설의 설치자 및 운영자는 총리령으로 정하는 바에 따라 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가를 실시하여 이를 위원회에 보고하여야 한다(제104조제1항).

12) 원자력 사고관리

"사고관리"란 원자로시설에 사고가 발생하였을 때 사고가 확대되는 것을 방지하고 사고의 영향을 완화하며 안전한 상태로 회복하기 위하여 취하는 제반조치를 말하며, 원자력안전위원회에서 정하는 설계기준을

8) 환경운동연합 보도자료(2017.11.7.) 「2018년 정부 예산안 평가·의견서」 반환경 예산 1조6천억원

초과하여 노심의 현저한 손상을 초래하는 사고[중대사고]에 대한 관리를 포함한다(원자력안전법 제2조 제25호). (중대사고관리계획을 포함하는) 사고관리계획서는 발전용원자로 및 관계시설의 운영을 허가받을 때에 허가신청서에 포함된다(제20조제2항). 사고관리계획서의 내용은 원자력안전위원회규칙으로 정하는 기준에 적합하여야 한다(제21조제1항제6호). 그렇다면 원자력안전법상 사고관리는 사고관리계획서 체계를 기반으로 삼는다.

13) 사고관리계획서 작성방법에 관한 규정[9)]

(1) 목 적

「사고관리계획서 작성방법에 관한 규정」은「원자력안전법」제20조제2항과「원자력안전법 시행규칙」제16조제4항에 따른 사고관리계획서와「원자력안전법 시행규칙」제4조제6항제3호 및 제9조제3항제4호에 따른 사고관리계획서 작성계획서의 기재사항 및 작성방법과 기타 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다(규정 제1조).

(2) 적용범위

법 제10조제1항에 따라 건설허가를 신청하거나 또는 법 제12조제1항에 따라 표준설계인가를 신청하는 발전용원자로 및 관계시설의 사고관리계획서 작성계획서에 대하여 제2장(사고관리계획서 작성계획서의 기재사항)의 규정을 적용하며, 법 제20조제1항에 따라 운영허가를 신청하는 발전용원자로시설의 사고관리계획서에 대하여 제3장(사고관리계획서의 기재사항)의 규정을 적용한다(규정 제2조).

(3) 사고관리개요

사고관리계획서 작성계획서에는 사고관리의 개요에 관하여「원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙」제85조의19제1항 각 호의 사고 분류별로 사고관리의 대상으로 선정된 구체적인 사고 목록(사고의 이름, 해당 사고로 인한 발전소의 상태, 선정근거 등을 포함한다)과 사고관리를 위해 사용되는 주요 설비에 대한 설명(해당 계통의 구성 기기, 사고관리를 위해 수행하는 기능 등을 포함한다)을 기재하여야 한다(규정 제3조).

(4) 사고관리전략

사고관리계획서에는 사고관리의 대상으로 선정된 사고 전반에 대하여 종합적이고 체계적으로 대응할 수 있는 사고관리 전략을 기재하여야 한다(규정 제7조제1항). 사고관리 전략은 기술기준규칙 제85조의22

9) [시행 2016.6.30.] [원자력안전위원회고시 제2016-3호, 2016.6.30., 제정]

제1항에 따른 사고관리 목표를 달성하기 위한 필수 안전기능의 선정, 사고관리가 필요한 사고상태와 발전소 상태, 필수 안전기능의 영향 및 영향을 받는 필수 안전기능의 유지·복구 전략과 인적요소를 고려한 제반 조치사항(필요시 소내 이동형설비와 소외 자원의 확보 및 이용전략을 포함한다), 사고관리 전략의 기술적 근거와 절차서·지침서 작성방법 및 유지관리계획이 포함되어야 한다(규정 제7조제2항).

(5) 사고관리 이행체계

사고관리계획서에는 사고관리 전략을 이행하기 위하여 필요한 사고관리 전략의 수행능력을 보유한 인력의 확보, 사고관리 전략의 수행을 위해 필요한 지휘 및 통제 체계(조직체계 및 임무, 조직 구성원의 책임 및 권한, 단위 조직간 및 조직내 의사소통과 정보교환 수단 등을 포함한다), 사고관리 전략의 이행을 위한 기능적 통합에 관한 사항 그리고 중대사고의 예방 및 완화를 위하여 사용되는 설비의 기능 보장을 위한 시험·감시·검사 및 보수계획(정상작동여부의 감시 및 기능이상이 발생하는 경우에 대한 조치사항을 포함한다)이 기술되어야 한다(규정 제8조).

(6) 운반·포장 중 사고조치

그밖의 사고조치가 없는 바는 아니다. 원자력안전법은 사고관리계획서 외에 원자력관계사업자 또는 원자력관계사업자로부터 방사성물질등의 운반을 위탁받은 자는 방사성물질등의 운반 또는 포장 중에 발생할 수 있는 사고에 대비하여 총리령으로 정하는 바에 따라 비상대응계획을 수립·시행하여야 한다(제74조제1항). 원자력관계사업자 또는 원자력관계사업자로부터 방사성물질등의 운반을 위탁받은 자는 방사성물질등의 운반 또는 포장 중 방사성물질등의 누설·화재와 그 밖의 사고가 발생한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 필요한 안전조치를 취하고 지체 없이 이를 위원회에 보고하여야 한다(제74조제2항). 요컨대 사고조치는 방사성물질등의 운반 또는 포장 중 방사성물질등의 누설·화재와 그 밖의 사고에 국한한다.

사고 시의 조치(원자력안전법시행령 제110조제1항)

원자력안전법(제74조제2항)에서 (운반 또는 포장 중) "방사성물질등의 누설·화재와 그 밖의 사고가 발생한 때"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때를 말한다.

1. 방사성물질등의 누설 또는 일탈 등으로 환경오염이 우려되거나 방사선작업종사자의 안전이 위협받게 되었을 때
2. 차량·방사성물질등의 화재로 인하여 방사성물질등의 누설이 우려될 때
3. 방사선작업종사자 및 수시출입자가 선량한도 이상의 피폭되었을 때
4. 외국으로부터 반입된 포장물이 법과 이 영에 따른 운반기준에 맞지 아니하였을 때
5. 방사성물질등을 도난당하거나 분실하였을 때
6. 방사성물질등이 누출되어 인근주민의 긴급대피가 필요할 때

14) 핵융합의 안전관리

"핵융합"이라 함은 2개의 가벼운 원자핵이 융합반응을 일으켜 반응 전보다 무거운 원자핵이 생성되는 현상을 말하고, "핵융합에너지"라 함은 핵융합 과정에서 방출되는 모든 종류의 에너지를 말한다(핵융합에너지법 제2조). 한국, EU, 일본, 미국, 중국, 인도, 러시아가 공동으로 추진하는 국제핵융합실험로(ITER) 사업은 초보단계로 상용화는 미지수다. 두 개의 수소 원자가 핵융합 반응을 일으키려면 섭씨 10억 도까지 온도를 높여야 하는데 현재 1억 도에 도달하였고, 2~3억 도를 목표로 연구 중이다.[10] 핵융합에너지법은 핵융합에너지 연구개발에 관하여 「원자력진흥법」과 그 밖의 다른 법률에 우선하여 적용한다(제3조제1항). 핵융합에너지와 관련된 안전 관리 및 안전 연구는 핵융합에너지개발진흥기본계획에 포함되는 사항이다(제4조제1항제9호). 하지만 핵융합에너지 연구개발에 따른 안전 관리에 관하여는 「원자력안전법」에서 정하는 바에 따른다(제3조제2항).

핵융합 발전은 안전성과 에너지원의 영구성 면에서 꿈의 에너지로 불리지만 실현가능성이 낮다는 비판을 받는다. 2억 도에서 핵융합 반응을 일으키려면 인공방사성 물질인 삼중수소가 필요하지만, 핵융합 발전이 안전하다는 공식이 흔들리고 있다. 또한 수억 도를 견디는 밀폐공간을 만들 수 없기 때문에 '플라즈마' 상태를 이용해야 하는데, ITER 연구진은 핵융합 반응을 하는 고에너지 상태의 플라즈마를 이해하기 위해 노력중이며 이 상태를 약 400초 간 유지하는 것이 현재 목표다. 그럼에도 한국 정부는 한국형 핵융합 발전소 상용화를 목표로 한 국가핵융합연구소를 설립·운영하여 예산을 낭비한다는 지적을 받는다.[11]

10) 환경운동연합 앞 보도자료(2017.11.7.)
11) *Ibid.*

Ⅲ. 화석에너지

1. 석탄 에너지

1) 석탄산업장기계획

산업통상자원부장관은 석탄산업의 합리적인 발전, 석탄 및 석탄가공제품의 수급안정과 탄광지역 진흥을 위하여 석탄산업에 관한 장기적이며 종합적인 계획을 수립하여야 한다(제3조제1항). 석탄산업장기계획에는 발전용 석탄 등 석탄수급의 장기전망 및 기본 정책방향, 석탄자원의 합리적 개발, 석탄산업의 지원·육성 및 폐광정리, 광산보안, 광해방지 및 기술개발, 탄광지역진흥사업의 추진, 그 밖에 석탄산업의 합리화를 위하여 필요한 사항을 담아야 한다(제3조제2항). 광산보안은 광산안전과 맥락을 같이 한다. 광산안전은 광산안전법에 의하여 별도로 규율된다.

2) 광산안전

광산안전법에서 "광산안전"이란 광산에서 실시하는 사람에 대한 위해의 방지(재해 발생 시의 구호를 포함한다), 지하자원의 보호, 광업시설의 보전, 광해의 방지를 말한다(제2조제4호). "광해"란 광산에서의 토지의 굴착, 광물의 채굴, 선광(選鑛) 및 제련 과정에서 생기는 지반침하, 폐석(廢石)·광물찌꺼기의 유실, 갱내수(坑內水)·폐수의 방류 및 유출, 광연(鑛煙)의 배출, 먼지의 날림, 소음·진동의 발생으로 광산 및 그 주변 환경에 미치는 피해를 말한다(제2조제5호).

3) 광업권자·조광권자의 의무

광업권자나 조광권자는 낙반(落盤), 붕괴, 용수(湧水), 가스의 누출, 가스·탄진(炭塵)의 폭발, 자연발화, 화재의 방지 및 통기(通氣)의 유지, 가스·먼지·소음·진동·폐석·광물찌꺼기·갱내수·폐수 및 광연의 처리에 수반되는 위해와 광해의 방지, 기계·기구·화약류와 그 밖의 재료·동력 및 불의 취급에 수반되는 위해의 방지, 광업시설의 보전, 구호조직의 설치, 안전장비의 확보, 지하자원의 보호, 광산근로자에 대한 안전교육의 실시와 안전규정의 제정, 광해의 방지와 그 밖의 안전조치를 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다(광산안전법 제5조제1항).

4) 광산근로자의 의무

다른 에너지에 비하여 석탄은 근로자에게도 직접적인 주의의무가 부여된다. 광산안전법에 따르면, 광산근로자는 광산시설에 해당하는 광산기계의 운전 중에 보수(補修)·주유(注油) 또는 청소를 하여서는 아니 된다. 다만, 법 제13조에 따른 광산안전관리직원(이하 "광산안전관리직원"이라 한다)이 그 작업에 위험성이 없다고 인정한 때에는 그러하지 아니하다. 광산근로자는 또 광산기계를 운전하기 전에 부근의 사람에게 위험이 미치지 아니할 것을 확인한 후에 광산기계를 운전하여야 한다(제6조제1항). 광산근로자는 사람을 운반하는 시설 외의 운반시설에 편승(便乘)하여서는 아니 된다. 다만, 해당 운반시설에서의 작업과 수갱(竪坑), 40도 이상의 사갱(斜坑) 또는 이들에 설치된 케이블·파이프 등의 검사·보수를 위하여 편승하는 경우 또는 광산안전관리직원의 지시를 받아 해당 운반시설을 이용하여 운반하는 물건의 안전수송을 위하여 편승하는 경우에는 그러하지 아니하다(제6조제2항).

광산근로자는 광산안전시설의 보전 및 훼손방지를 위하여 채광·선광·운송 등의 작업에서 필요준칙들을 지켜야 한다. 우선 광산근로자는 광산안전관리직원의 지시에 따르지 아니하고 안전을 위하여 만든 경고표지, 통행을 차단하기 위한 설비 또는 안전에 관한 기계·기구, 그 밖의 시설을 파손하거나 변경하여서는 아니 된다(광산안전법 제6조제3항제1호). 광산안전관리직원 또는 광산안전관리직원이 지정한 사람 외에는 통행이 차단되거나 출입이 금지된 장소에 들어가서는 아니 된다(제6조제3항제2호). 또 광산근로자는 통풍시설, 갱내배수시설, 그 밖에 광산안전상 필요한 시설의 유지 또는 운전을 정지·폐지(閉止)하거나 방해하여서는 아니 된다(제6조제3항제3호).

5) 광산안전기술기준과 안전규정

광산안전위원회는 광산근로자의 준수사항, 광산안전관리직원의 준수사항, 통기와 갱내가스, 전기·기계설비, 광해 방지, 광산안전교육 그 밖에 광산안전과 관련된 사항을 포함하여 안전규정(광산안전법 제11조)의 제정에 필요한 광산안전기술기준을 정하여야 한다(제7조의2제1항). 광업권자 또는 조광권자는 광산안전을 확보하기 위하여 안전기준에 따라 안전규정을 제정하고 이를 준수하여야 한다(제11조).

6) 안전명령 및 구호명령

산업통상자원부장관은 광업시설의 사용, 화약류나 그 밖의 재료, 동력 또는 불의 취급, 그 밖의 광업경영의 방법이 이 법 또는 이 법에 따른 명령에 위반된다고 인정할 때에는 광업권자나 조광권자에 대하여 광업시설의 사용정지·개조·수리·이전, 광업경영 방법의 변경, 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있다(광산안전법 제15조). 산업통상자원부장관은 광산에서 재해를 입은 사람을 구출하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 광업권자나 조광권자에게 필요한 조치를 명할 수 있다(제15조의2).

7) 광산안전관

산업통상자원부장관은 광산안전의 감독에 관한 업무를 수행하게 하기 위하여 산업통상자원부 및 그 소속 기관에 광산안전관을 둔다(광산안전법 제20조제1항). 광산안전관은 산업통상자원부장관이 소속 공무원 중에서 임면한다(제20조제2항). 산업통상자원부장관은 광산안전의 감독상 필요하다고 인정할 때에는 광산안전관을 광산에 파견하여 광산안전에 관한 업무나 광업시설의 상황·장부·서류 또는 그 밖의 물건을 검사하게 하고, 관계인에 대한 질문이나 그 밖에 광산안전상 필요한 조치를 하게 할 수 있다(제20조제3항).

2. 석유 에너지

석유 및 석유대체연료 사업법(석유사업법) 상 "석유"란 원유, 천연가스(액화(液化)한 것을 포함한다) 및 석유제품을 말한다(제2조제1호). "석유대체연료"란 석유제품 연소 설비의 근본적인 구조 변경 없이 석유제품을 대체하여 사용할 수 있는 연료(석탄과 천연가스는 제외한다)로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다(제2조제11호).

천연가스와 석유가스에 관하여 「도시가스사업법」, 「고압가스 안전관리법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」에서 규정한 사항에 대하여는 석유사업법을 적용하지 아니한다(제4조).

1) 비축의무

석유사업법은 석유사업자에게 비축의무를 지운다. 석유정제업자, 석유수출입업자 및 석유판매업자 중 "석유비축의무자"는 석유 수급과 석유가격의 안정을 위하여 석유를 비축하여야 한다(제17조제1항). 석유비축의무자는 "석유비축대행업자"로 하여금 석유비축의무를 대행하게 할 수 있다(제17조제2항).

2) 부 과 금

석유사업법은 석유의 수입·판매 부과금을 실시한다. 산업통상자원부장관은 석유 수급과 석유가격의 안정을 위하여 석유를 수입하거나 석유제품을 판매하는 석유정제업자·석유수출입업자 또는 석유판매업자와 국제 석유가격의 현저한 등락으로 인하여 지나치게 많은 이윤을 얻게 되는 석유정제업자 또는 석유수출입업자로부터 부과금을 징수할 수 있다(제18조제1항본문). 다만, 석유비축의무를 이행하기 위하여 석유를 수입하는 등 부과금을 징수하지 아니하는 것이 합리적인 경우에는 부과금을 부과하지 아니한다

(제18조제1항단서). 석유부과금은 수급조절 및 가격안정이라는 목적을 내걸고 '부과금'이라는 명칭을 쓰지만 일반적인 부담금과 달리 조세 성격을 지니고 있다.

3) 비상조치

석유사업법은 석유에 대하여 다른 에너지에서 볼 수 없는 강력한 행정명령제를 채택하였다. 산업통상자원부장관은 국내외 석유 사정의 악화로 인하여 석유 수급에 중대한 차질이 생기거나 생길 우려가 있는 경우 또는 석유 유통질서의 문란으로 인하여 국민생활의 안정과 국민경제의 원활한 운용을 해치거나 해칠 우려가 있는 경우에는 석유 수급의 안정을 기하기 위하여 석유정제업자·석유수출입업자·석유판매업자·석유비축대행업자·송유관설치자·송유관관리자·석유화학제품제조판매업자 및 주요소비자에게 다음 각 호의 사항에 관한 명령을 내릴 수 있다(제21조제1항).

(1) 지역별·주요수급자별 석유의 배정
(2) 석유정제시설의 정제능력·가동 및 조업
(3) 석유정제업자의 석유제품 종류별 생산 비율
(4) 석유의 비축량 및 석유저장시설의 사용
(5) 석유의 도입방법·도입지역 등 수출입
(6) 석유의 위탁 정제 및 위탁 가공
(7) 석유제품의 규격 및 정량(定量) 거래질서의 확립
(8) 석유정제업자·석유수출입업자 또는 석유판매업자 상호 간의 석유의 등가(等價) 교환 또는 분배 사용
(9) 석유 및 석유화학제품의 유통시설 및 그 사용
(10) 석유 및 석유화학제품의 유통구조 및 유통경로
(11) 석유 및 석유화학제품의 유통거래질서의 확립
(12) 대통령령으로 정하는 석유제품과 석유화학제품의 주요소비자·판매자의 신고
(13) 그 밖에 석유 수급의 안정을 위하여 대통령령으로 정하는 사항

그밖에 산업통상자원부장관은 비상시에 석유배급 등의 조치를 취하거나(제22조), 석유판매가격의 최고액·최저액을 정할 수 있다(제23조). 이러한 조치들은 석유가 에너지에서 차지하는 비중을 대변한다. 나아가 석유사업법은 환경법에 대한 특례를 도입하였다. 산업통상자원부장관은 석유 수급에 중대한 차질이 발생하거나 발생할 우려가 있는 경우에는 환경부장관에게 「대기환경보전법」에 따른 석유제품에 관한 기준을 완화하여 줄 것을 요청할 수 있다. 이 경우 환경부장관은 특별한 이유가 없으면 이에 협조하여야 한다(제21조제3항).

4) 품질관리

석유사업법은 일련의 품질관리제를 실시한다. 산업통상자원부장관은 석유제품의 적정한 품질을 확보하기 위하여 석유제품에 대한 품질기준을 정할 수 있다. 이 경우 「대기환경보전법」에 따른 석유제품에 관한 기준에서 정한 사항에 관하여는 미리 환경부장관과 협의를 하여야 한다(제24조제1항). 석유정제업자·석유수출입업자 또는 석유판매업자는 석유제품을 판매하거나 인도하려는 경우에는 한국석유관리원 또는 품질검사기관의 검사를 받아야 한다. 다만, 검사시설과 검사인력을 갖춘 석유정제업자 또는 석유수출입업자로서 산업통상자원부장관의 승인을 받은 자체검사자는 자체검사로 이를 대체할 수 있다(제25조제1항).

5) 석유대체연료의 혼합

석유정제업자 또는 석유수출입업자는 제조 또는 수입한 석유제품을 판매하거나 인도하기 전에 해당 석유제품에 품질기준에 따라 석유대체연료를 혼합하는 행위를 할 수 있다(제26조의2제1항). 석유대체연료의 혼합행위는 등록된 석유정제시설의 소재지, 보세구역 또는 송유관설치자 및 송유관관리자가 설치·운영하는 송유관에 딸린 저장시설 등의 장소에서 실시하여야 한다(제26조의2제2항). 현행 「석유대체연료의 품질기준과 검사방법 및 검사수수료에 관한 고시」[12]는 바이오디젤연료유[13], 바이오디젤[14] 및 유화연료유[15]의 품질기준을 규율한다.

6) 운송의 안전

에너지 운송시설은 안전관리 대상이다. 송유관안전관리법은 안전관리규정, 안전관리자 및 안전검사를 통하여 송유관의 안전을 관리한다. 즉 송유관설치자 또는 송유관관리자는 송유관의 안전을 확보하기 위하여 석유 누출사고 발생 시의 긴급대처방안 및 안전관리체계 등 산업통상자원부령(시행규칙 제10조)으로 정하는 사항을 포함한 안전관리규정을 정하여 송유관을 운영하기 전에 산업통상자원부장관의 인가를 받아야 하고 이를 변경하려는 경우에도 같다(법 제6조제1항). 송유관설치자등과 그 종사자는 이 안전관리규정을 지켜야 한다(법 제6조제2항). 송유관설치자등은 송유관에 대한 안전관리를 위하여 안전관리자를 선임하여야 한다(법 제7조제1항). 송유관설치자등은 송유관에 대하여 산업통상자원부장관의 안전검사를 받아야 한다(제8조제1항).

---

12) 지식경제부고시 제2012-212호, 2012.9.7. 시행

13) 바이오디젤연료유(BD20)는 버스, 트럭, 건설기계 및 철도차량에 사용하기 위하여 석유제품인 자동차용 경유 80%와 바이오디젤(BD100) 20%를 혼합한 연료이다.

14) 바이오디젤(BD100)은 자동차용 경유 또는 바이오디젤연료유(BD20)를 제조하는데 사용하는 원료이다.

15) 유화연료유는 보일러(가정용을 제외한다) 또는 노(furnace)의 연료로 사용하기 위하여 석유제품인 중유에 물 및 유화제와 혼합한 것이다.

7) 비축시설의 안전

석유사업법은 석유 에너지 자체보다 석유비축시설의 안전성을 규율한다. 산업통상자원부장관은 석유비축시책의 시행을 위한 공사의 석유비축시설에 대하여 안전성을 검사할 수 있다(제16조제3항). 석유비축시설의 안전성 검사에 필요한 검사 항목 및 절차 등은 산업통상자원부령으로 정한다(제16조제4항).

3. 가스 에너지

1) 고압가스의 안전관리

압축된 형태의 고압가스[고압가스안전관리법시행령 제2조의 적용을 받는 압축가스, 아세틸렌가스, 액화가스, 액화시안화수소·액화브롬화메탄 및 액화산화에틸렌가스]는 안전관리의 대상이다. 고압가스안전관리법에 따르면, 고압가스를 제조(용기에 충전하는 것을 포함한다)하려는 자는 그 제조소마다 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장의 허가를 받아야 하고 중요 사항을 변경할 경우에 허가를 받아야 한다(법 제4조제1항). 시행규칙(제17조)에 따른 안전관리규정의 작성과 개시는 한국가스안전공사의 의견을 듣지만 사업자의 몫이다(법 제11조제1항). 사업자등은 고압가스의 제조·저장·판매의 시설 및 용기등의 제조시설을 시설기준과 기술기준에 맞도록 유지하여야 한다(제13조제1항). 사업자등은 산업통상자원부령으로 정하는 시설에 대하여 안전성 평가를 하고 안전성향상계획을 작성하여 허가관청에 제출하거나 사무소에 갖추어 두어야 한다(제13조의2제1항). 사업자등은 그 시설 및 용기등의 안전 확보와 위해 방지에 관한 직무를 수행하게 하기 위하여 안전관리자를 선임하여야 한다(제15조제1항). 그밖에 고압가스안전관리법은 정밀안전검진(제16조의3), 고압가스의 품질유지(제18조의2), 고압가스의 품질검사(제18조의3) 및 안전설비의 인증(제18조의4)을 규율한다. 사업소 밖에 배관을 보유하는 사업자는 사업소 경계 밖의 지하에 매설된 배관이 있는 지역에서 굴착공사가 시행될 경우 고압가스배관에 대하여 안전조치를 취하도록 노력하여야 한다(제23조의6).

2) 액화석유가스의 안전관리

프로판이나 부탄을 주성분으로 한 가스를 액화·기화한 "액화석유가스"를 규율하는 액화석유가스법은 액화석유가스 충전사업, 가스용품 제조사업 또는 액화석유가스 집단공급사업을 하려는 자로 하여금 그 사업소마다 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장의 허가를 받도록 규정한다(제5조제1항). 한국가스안전공사의 기술검토는 중요한 허가기준이다(제6조제1항제4호). 액화석유가스 저장소 설치자는 그 저장소마다 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다(제8조제1항). 액화석유가스 수출입업자는

산업통상자원부장관에게 등록하고(제17조제1항), 액화석유가스를 비축할 의무를 부담한다(제20조제1항). 액화석유가스법은 고압가스안전법처럼 액화석유가스 사업자등으로 하여금 안전관리규정을 작성·제출하도록 하고(제31조제1항), 안전관리자를 두고(제34조), 안전교육을 실시한다(제41조). 액화석유가스 충전사업자와 액화석유가스 저장자는 산업통상자원부령으로 정하는 사업소 또는 저장소에 대하여 한국가스안전공사가 실시하는 정밀안전진단 및 안전성평가를 정기적으로 받아야 한다(제38조제1항). 액화석유가스 사용자도 산업통상자원부령으로 정하는 시설기준과 기술기준에 맞도록 액화석유가스의 사용시설과 가스용품을 갖추어야 한다(제44조제1항).

Ⅳ. 신·재생 에너지

녹색(green) 에너지와 유의어(類義語)로도 쓰이는 신·재생에너지는 신(new)에너지와 재생(renewable) 에너지를 아우르는 개념이다. 재생에너지가 태양광·태양열·풍력·지열·수력·해양에너지와 같이 지구환경 자체에서 직접적으로 얻는 에너지 또는 바이오매스와 같이 생물자원을 변환시켜 얻는 에너지임에 비하여, 신에너지는 수소 연료전지, 석탄 가스화·액화한 에너지 또는 폐기물에너지와 같이 기존에 존재하는 다른 성상의 에너지원을 가공하여 파생적으로 얻는 에너지이다. 신에너지가 녹색에너지인가에 관하여서는 다툼이 있다. 녹색에너지는 안전한가의 여부도 마찬가지이다. 이하에서는 국내 법제와 미국·영국 법제를 소개하고 발전사업에 즈음한 신재생에너지법의 한계를 살핀다.

1. 국내법제

1) 신에너지와 재생에너지

「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(신재생에너지법)은 신에너지와 재생에너지를 구분한다. "신에너지"란 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소·산소 등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다(제2조제1호).

가) 수소에너지

나) 연료전지

다) 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油)를 가스화한 에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지

라) 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지

"재생에너지"란 햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다(제2조제2호).

가) 태양에너지

나) 풍력

다) 수력

라) 해양에너지

마) 지열에너지

바) 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지

사) 폐기물에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지

아) 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지[16)]

2) 기본계획

신재생에너지법에 따라 산업통상자원부장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 한 후 신·재생에너지정책심의회의 심의를 거쳐 신·재생에너지의 기술개발 및 이용·보급을 촉진하기 위한 기본계획을 5년마다 수립하여야 한다(제5조제1항). 기본계획의 계획기간은 10년 이상으로 하며, 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다(제5조제1항).

가) 기본계획의 목표 및 기간

나) 신·재생에너지원별 기술개발 및 이용·보급의 목표

다) 총전력생산량 중 신·재생에너지 발전량이 차지하는 비율의 목표

라)「에너지법」 제2조제10호에 따른 온실가스의 배출 감소 목표

마) 기본계획의 추진방법

16) 해수(海水)의 표층의 열을 변환시켜 얻는 수열(水熱) 에너지를 예로 들 수 있다.

바) 신·재생에너지 기술수준의 평가와 보급전망 및 기대효과

사) 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급에 관한 지원 방안

아) 신·재생에너지 분야 전문인력 양성계획

자) 직전 기본계획에 대한 평가

차) 그 밖에 기본계획의 목표달성을 위하여 산업통상자원부장관이 필요하다고 인정하는 사항

3) 국가지원

(1) 국제동향

신재생에너지에 대한 국가지원 제도는 재생에너지 보조금을 주기 위해 공공 당국이 취하는 조치를 일컫는다(예컨대, 생산 비용 저감, 재생에너지 단가 상승 혹은 재래 에너지 공급업체나 소비자에 대한 구매 의무 등).[17] 전력 부문에서 지원 제도는 운영 지원 제도(예를 들어 재생에너지 생산, 친환경 인증, 직접 가격 지원 제도, 입찰제도 등에 대한 면세/감세)와 투자 지원제도(예를 들어, 재생에너지 기반시설이나 프로젝트 및 자본보조금에 대한 자본 투자 시 면세/감세)로 분담한다.[18] EU 회원국에서 우세한 재생 전력 지원제도는 발전차액지원제도(feed-in tariffs: FIT), 발전특별요금제도(feed-in premiums: FIP)와 할당제이다.[19]

발전차액지원제도는 발전 사업체가 재생에너지 생산 적격업자로부터 자사 발전소에 전력을 투입받으면서 그 대가를 전력 단위당 고정보장 가격으로 지급하는 것이다.[20] 이 제도는 오스트리아, 벨기에, 불가리아, 사이프러스, 체코 공화국, 에스토니아, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 아일랜드, 이탈리아, 라트비아, 리투아니아, 룩셈부르크, 몰타, 포르투갈, 슬로바키아, 슬로베니아, 스페인, 영국에서 채택했다. 이 제도는 모든 기술에 대해 균일하거나(소수 회원국에서 채택) 중대 재생 기술에 대해서는 특정하게 적용할 수 있다(다수의 회원국에서 채택).[21] 발전 특별요금제도 및 할당제와는 대조적으로 발전차액제도는 장기적으로 고정 가격을 보장하기 때문에 투자 위험을 상당히 줄일 수 있는 장점이 있다.[22]

---

17) Commission Staff Working Document: "The support of electricity from renewable energy sources", SEC(2008) 57, Brussels, 23 January 2008, at 4.

18) *Id.*

19) ECOFYS, "Financing Renwable Energy in the European Energy Market", 2 January 2011, pp.28-30, http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/ 2011_financing_renewable.pdf

20) *Id.* at 28-29.

21) *Id.*

(2) 발전차액지원

산업통상자원부장관은 신·재생에너지 발전에 의하여 공급되는 전기의 기준가격을 발전원별로 정한 경우에는 그 가격을 고시하여야 한다. 이 경우 기준가격의 산정기준은 대통령령으로 정한다(제17조제1항). 산업통상자원장관은 신·재생에너지 발전에 의하여 공급한 전기의 전력거래가격[23]이 기준가격보다 낮은 경우에는 그 전기를 공급한 신·재생에너지 발전사업자에 대하여 기준가격과 전력거래가격의 차액[발전차액]을 「전기사업법」 제48조에 따른 전력산업기반기금에서 우선적으로 지원한다(제17조제2항). 산업통상자원부장관은 기준가격을 고시하는 경우에는 발전차액을 지원하는 기간을 포함하여 고시할 수 있다(제17조제3항). 산업통상자원부장관은 발전차액을 지원받은 신·재생에너지 발전사업자에게 결산재무제표(決算財務諸表) 등 기준가격 설정을 위하여 필요한 자료를 제출할 것을 요구할 수 있다(제17조제4항). 하지만 발전차액 지원제도는 2010년의 개정법[24]에 따라 2011년 12월 31일까지만 유효하다. 즉 발전차액지원제를 규정한 현행법 제17조(신·재생에너지 발전 기준가격의 고시 및 차액 지원)는 개정 전에 계약한 신·재생에너지 공급자에 대하여서만 한시적으로 적용되는 추급효(追及效)를 지닌다.

4) 의 무 화

(1) 의무공급제

신재생에너지법은 발전차액지원제도를 중단한 이후 공급의무자에게 신·재생에너지의 공급을 강제한다[의무공급제 Renewable Portfolio Standard: RPS]. 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 신·재생에너지산업의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하면 「전기사업법」 제2조에 따른 발전사업자, 「집단에너지사업법」 제9조 및 제48조에 따라 「전기사업법」 제7조제1항에 따른 발전사업의 허가를 받은 것으로 보는 자와 공공기관 중 대통령령으로 정하는 공급의무자에게 발전량의 일정량 이상을 의무적으로 신·재생에너지를 이용하여 공급하게 할 수 있다(제12조의5제1항). 공급의무자가 의무적으로 신·재생에너지를 이용하여 공급하여야 하는 발전량[의무공급량]의 합계는 총전력생산량의 10% 이내의 범위에서 연도별로 정한다. 이 경우 균형 있는 이용·보급이 필요한 신·재생에너지에 대하여는 총의무공급량 중 일부를 해당 신·재생에너지를 이용하여 공급하게 할 수 있다(제12조의5제2항).

우리 정부는 2012년부터 신재생에너지 의무공급제를 도입하여, 일정규모 이상의 발전사업자로 하여금 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지로 공급토록 의무화하여 민간사업자에 대해 신재생에너지 인증서를

22) *Id.* at 29.

23) 「전기사업법」 제33조에 따른 전력거래가격을 말한다.

24) 법률 제10253호(2010.4.12.전문개정) 부칙 제2조제1항

발급하고 이를 RPS 의무대상자에게 판매토록 허용하고 신재생에너지 인증서 거래시장을 개설하여 수요·공급에 따라 가격을 결정한다.

(2) 이용의무화

산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 신·재생에너지산업의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 신축·증축 또는 개축하는 건축물에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 설계 시 산출된 예상 에너지사용량의 일정 비율 이상을 신·재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 사용하도록 신·재생에너지 설비를 의무적으로 설치하게 할 수 있다(제12조제2항).

① 국가 및 지방자치단체
② 공공기관
③ 정부가 대통령령으로 정하는 금액 이상을 출연한 정부출연기관
④「국유재산법」 제2조제6호에 따른 정부출자기업체
⑤ 지방자치단체 및 제2호부터 제4호까지의 규정에 따른 공공기관, 정부출연기관 또는 정부출자기업체가 대통령령으로 정하는 비율 또는 금액 이상을 출자한 법인
⑥ 특별법에 따라 설립된 법인

산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 활용 여건 등을 고려할 때 신·재생에너지를 이용하는 것이 적절하다고 인정되는 공장·사업장 및 집단주택단지 등에 대하여 신·재생에너지의 종류를 지정하여 이용하도록 권고하거나 그 이용설비를 설치하도록 권고할 수 있다(제12조제3항).

2. 미국 재생에너지 법제

미국은 에너지의 대외 의존도를 줄임으로써 '에너지 자립'을 실현하기 위한 전략적 차원과 '일자리 창출'을 위한 산업 육성의 차원에서 신재생에너지 정책을 수립, 추진해왔다. 이에 따라 재생에너지 관련 법제 역시 에너지 자립 및 안전보장을 위한 것과 일자리 창출을 위한 것으로 나누어볼 수 있다. 주요한 법률을 중심으로 미국의 재생에너지 관련 법체계를 살핀다.

1) 1978년의 국가에너지법, 공익사업규제법 및 에너지세법

연방정부는 1970년대 중반의 에너지 안전보장 문제에 대응하여 1978년 「국가에너지법(National Energy Act: NEA)」을 제정하여 석유의 수입의존도를 삭감하고 에너지절약과 에너지 효율화를 증진하고자 하였다. 이를 구체화하기 위해 같은 해 「공익사업규제정책법」과 「에너지세법」이 제정되었다.

미국은 1960년대부터 환경규제 및 원자력발전에 대한 안전규제를 강화하면서 발전비용이 상승해왔는데, 1970년대 들어 석유파동 및 천연가스 수급 불안정 문제 등이 발생함에 따라 발전비용 상승이 가속화되었다. 이러한 발전비용의 상승은 효율적인 발전소 건설에 대한 요구를 증대시켰으며, 이와 같은 요구에 부응하기 위해 「공익산업규제정책법(The Public Utility Regulatory Policies Act : PURPA)」이 제정되었다. 동법의 주요 목적은 발전에 열병합발전 기술을 활용하고 신재생에너지원 사용을 확대함으로써 에너지 효율을 증진하는 것이었으나, 실제로는 발전 부문의 진입 규제 완화를 촉진하고 미국 전력산업을 경쟁체제로 전환시키는 역할을 담당하였다.

동법에 의해서 '인증시설 사업자(Qualified Facilities: QFs)'라는 새로운 종류의 발전사업자가 탄생하였다. 이들은 신재생에너지를 사용하는 소규모 발전소와 열병합발전소를 운영하는 비공익사업자로서, 동법이 규정하는 조건을 갖추어야 한다. 또한 동법은 인증시설 사업자가 생산한 전력을 공익사업자가 의무적으로 구입하도록 하는 의무구매제도(feed-in tariff)를 두고 있다. 다수의 주들은 이 제도를 받아들여 당해 주에 있는 공익사업자들로 하여금 인증시설 사업자들과 장기공급 계약을 맺게 하고, 인증시설 사업자들이 생산한 전력을 공익사업자들이 회피가능비용에 의무적으로 구매하도록 하였다. 이로 인해 인증시설 사업자들은 장기간에 걸쳐 안정적으로 수익을 보장받게 되었고, 고효율의 열병합발전소 및 신재생에너지를 사용하는 소규모 발전소의 수가 급증하였다.

한편, 「에너지세법(Energy Tax Act)」은 에너지 사용효율 향상, 국내 에너지 자원 증대, 태양에너지 등 재생에너지원의 개발·도입 추진 등을 통한 화석에너지 수용의 억제, 석유 수입 의존도 삭감을 목적으로 제정되었다. 동법은 재생에너지 활용 유도를 위해 재생에너지 생산설비를 구입, 설치한 사업자에게 일정한 비율의 세액 공제 혜택을 제공하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

2) 1992년의 에너지정책법

1992년 연방정부는 석유수입 의존도를 줄이기 위해 「에너지정책기본법」을 마련하여 풍력 또는 폐쇄계 바이오매스(close-loop biomass) 중 몇 가지의 재생에너지원으로부터 나오는 전력에 대해 생산세를 일부 공제하도록 하였다.

(1) 생산세 공제

제19편에서 사적부문에 대한 풍력 또는 폐쇄계 바이오매스(close-loop biomass) 중 몇 가지의 재생에너지원으로부터 나오는 전력에 대해 1.5센트/kWh의 생산세 공제를 규정하고 있다. 2004년 10월 미국「고용창출법(American Jobs Creation Act)」의 제정에 따라 생산세 공제 대상을 풍력, 지열에너지, 태양에너지, 소규모 수력발전, 도시고형폐기물로부터의 전력 등으로 확대되었다.

(2) 기업투자과세공제

제19편은 태양에너지 및 지열에너지 시설에 투자하거나 구입하는 기업에 대해 10% 과세 공제를 규정하고 있다.

(3) 재생에너지 생산 인센티브

제12편에서는 태양광·풍력·지열 또는 바이오매스에 의한 생성기술을 이용한 재생에너지 생산시설에 의해 생성되어 매각되는 전기에 대해 금전적 인센티브(REPI)를 제공한다고 규정하고 있다.

(4) 재생가능에너지 기술이전 프로그램

재생가능 에너지 기술의 수출을 통한 무역적자 해소, 관련 산업 고용확보, 환경친화적인 재생에너지를 통한 지원을 위해 국제개발청(Agency for International Development, AID)을 통해 재생가능에너지 기술이전 프로그램을 수립하였다.

(5) 재생가능에너지 수출에 관한 워킹 그룹 설립

재생가능에너지나 에너지효율성을 제고하는 제품 및 서비스의 수출을 촉진할 목적으로 제언, 프로그램 책정이나 연구를 하는 기관들로 구성된 working group 설립하도록 한다.

3) 2005년의 에너지정책법(Energy Policy Act of 2005)

2005년 8월 부시행정부는 1992년의「에너지정책법」 이후 에너지소비를 줄이기 위해서 에너지 안전보장을 기본으로 하면서 에너지의 효율성 증대, 재생에너지·석유와 가스·석탄·원자력·자동차와 연료·수소, 에너지정책 세제지원을 주요내용으로 하여「에너지정책법」을 개정하였다.[25]

25) https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-policy-act

(1) 재생에너지 자원평가

에너지부 장관은 매년 미국 내 각종 재생에너지 자원에 대한 평가를 실시하며, 평가내용에 대한 보고서를 작성해야 한다.

(2) 연방의무 구매제도

대통령은 연방정부가 소비하는 전력 총량의 일정비율을 재생에너지로 충당하도록 보장해야 한다.

(3) 재생에너지에 대한 재정 및 세제 혜택

풍력, 지열, 바이오매스 등 각종 재생에너지에 대한 재정상 지원 및 세제 혜택을 부여하도록 하는 규정으로서, 재생가능자원 이용발전 크레딧 연장·재생가능자원 이용발전에 대한 투자를 위한 공채발행('07년 말까지), 재생가능에너지에 대해 보조금 및 우대세제조치 부여, 풍력발전서비스 등에 대한 생산세 공제 2년 연장 등을 주요 내용으로 하고 있다.

(4) 재생연료 사용

에탄올을 비롯한 재생가능 연료 사용을 오는 2012년까지 연간 75억 갤런까지 확대하고, 연방정부가 조달·소유하는 dual-fuel 차량의 대체 연료 사용을 의무화하였다. 또한 하이브리드 자동차나 선진 디젤차의 국내 생산을 추진하기 위한 부처의 프로그램을 마련하도록 하였다.

(5) 재생에너지 연구개발 및 혁신기술 개발 인센티브

에너지 절약 및 에너지 사용 합리화 기술의 연구개발(R&D)에 각각 2년 간 26억 달러를 인가하였고, 대기오염 물질 또는 GHG 배출을 줄이거나 없앨 수 있는 재생에너지 관련 프로젝트에 최고 80%까지 대출할 수 있도록 에너지부 장관이 보증하도록 하였다.

4) 2007년의 에너지 자립 및 안전 보장법

에너지 자립 및 안전 보장법(Energy Independence and Security Act)은 미국의 에너지 자립도 증가 및 안보와 신재생 연료의 생산 증대, 에너지 사용 개선을 위해 제정된 법률로서, 기업의 평균연비기준 강화, 바이오 연료 생산, 전자제품 및 조명기준 강화, 건물과 기업, 정부와 공공기관의 에너지 절약, 재생에너지 연구개발, 그린잡(Green Job) 제도 도입 등을 주요 내용으로 하고 있다.

이중에서 재생에너지 관련 규정은 바이오연료의 생산 증가와 재생에너지 연구개발의 가속화이다. 우선 동법은 재생연료사용기준(RFS)을 수정하여 바이오연료 사용을 2008년 90억 갤런에서 2022년 360억

갤런으로 증대하도록 하고, 바이오디젤과 바이오가스의 이용을 증대하기 위한 연구 지원을 규정하였다. 2015년에는 신규차량의 50% 이상은 58% 에탄올 또는 바이오디젤 사용을 의무화하고 향후 대체연료 할당제(AFS: Alternative Fuel Standard)로 확대 개편하여 바이오디젤, 에탄올, 수소 등으로 확대 적용하도록 하였다. 그밖에 태양에너지, 지열에너지, 해양에너지 등 재생에너지의 연구개발 촉진을 위한 각종 시책 및 조성을 규정하였다.

5) 2009년의 경기회복 및 재투자법

경기회복 및 재투자법(American Recovery and Reinvestment Act)은 오바마 정부의 '그린 뉴딜 정책(the Green New Deal)' 발표 후 2009년 2월에 제정된 것으로서, 지능형 전력망, 신재생에너지 프로젝트 보조금 대출, 에너지 효율성 및 클린에너지 보조금 등 클린에너지와 교통수단에 대한 직접 지출 및 세액 공제 내용을 담고 있다. 이에 따라 법안의 투자를 뒷받침하며 클린에너지 분야의 성장을 돕기 위한 정책들, 태양광 에너지 투자비 세액 공제(the Investment Tax Credit : ITC) 8년 연장, 풍력에너지 생산비 세액 공제(the production tax credit) 3년 연장, 신재생 에너지 개발업체에 세액 공제 대신 30%까지 정부 보조금 지급 허용 등의 정책이 통과되었다.

6) 2015년의 에너지정책현대화법

미국 에너지정책현대화법(Energy Policy Modernization Act 0f 2015)(S.2012)[26]은 국가의 에너지 기반을 향상시키고 에너지 효율을 개선하기 위한 초당파적 법안이다. 법안은 건물들에서의 에너지 효율을 증대시키고, 대단위 전력저장 시스템을 포함한 전력망(electrical grid)을 현저하게 향상시킬 것을 요구하고, 액상천연가스 수출을 촉진시키고, 연방토지 위에 천연가스 관로의 건설을 허가하는 규제를 완화시키고, 수력과 지열(hydropower and geothermal)에 대한 보조금을 지급하며, 토지 및 물 보전 기금(the Land and Water Conservation Fund)을 항구적으로 승인하기 위하여 고안된 여러 가지 프로그램들을 창설하거나 개선하고자 한다.[27]

법안은 상원에너지위원회의 영향력 있는 위원들인 Lisa Murkowski(R-Ala.) 상원의원과 Maria Cantwell (D-Wash) 상원의원이 발의하였다.[28] 법안은, 양원을 다 통과한다면, 2007년의 에너지 자립 및 안전보장법

26) https://www.energy.senate.gov/public/index.cfm/files/serve?File_id=eb454e3b-7f32-479e-b1a6-e84f9019941d

27) https://www.govtrack.us/congress/votes/114-2016/s54

28) Amongst its measures included for conventional hydro are a number of improvements to the hydropower project licensing process -- primarily as it pertains to the Federal Energy Regulatory Commission (FERC), and an extension that incentivizes hydro production and efficiency improvements under Energy Policy Act of 2005 (EPAct) sections 242 and 243.

이래 연방에너지정책을 향상시키는 최초의 주요한 쾌거가 될 것이다.[29] 법안은 또한 2016년에 이룩한 최초의 초당파적 업적 중의 하나로 기록될 것이다. 이 입법은 양당의 지지를 모으기 위하여 기후변화 또는 연방토지에서의 석유와 가스의 생산과 같은 논쟁적 주제들을 언급하지 아니하였다. 공화당원들이 예컨대 공유지에서의 석탄 리스와 같이 오바마 대통령이 반대할 가능성이 있는 모종의 독소(poison pill) 조항을 법안에 추가함으로써 법안 통과를 방해할 가능성도 있다는 우려가 빚어지기도 하였다.[30]

연방상원은 2016년 4월 20일에 85 대 12로 이 법안을 통과시켰다. 이 법안은 하원 협의위원회로 회부되어 상원의 범안과 정치적 다툼의 소지가 있는 하원의 법안이 서로 타협할 수 있을 것이다. 이에 앞서 법안은 상원의 민주당 의원들이 미시간 주의 플린트(Flint) 거주자들에게 6억 달러를 제공할 뻔하였던 수정안에 반대함으로써 봉쇄되었던 경험이 있다. 법안은 2016년 4월 19일에 상원에너지위원회를 18 대 4로 통과한 바 있다.

3. 영국 재생에너지 법제

고가의 석유와 가스, 발전자산의 잠재적 감소 및 탄소시장의 발전은 영국과 EU의 재생에너지 부문이 꾸준히 발전할 수 있음을 시사한다. 영국 소비자들과 기업들이 부담하는 에너지 청구서가 여전히 높기 때문에 보다 많은 조직들이 재생 에너지 유인을 이용하여 비용을 감소시키고 이윤을 올리는 수단으로서 현지(on-site)재생발전을 고려한다. 이것은 그들의 탄소발자국을 감소시키고 녹색 신임장(credentials)을 확보할 필요성과 결부되어 기업들의 성공적인 사례들 특히 풍력단지, 바이오매스(biomass) 공장 및 폐기물 에너지 등에 관한 사례를 이끌어낸다.

1) EU의 새로운 목표

유럽 이사회는 2007년 3월에 재생에너지의 사용을 비약적으로 증대시키고 온실가스 배출 수준을 삭감하려는 새로운 EU 에너지정책을 도입하였다. 이 정책은 2009년에 흔히 '20·20·20연계'(20-20-20 Package)로 지칭되는 '기후변화 및 에너지 연계'(the Climate Change and Energy Package) 속에 구체화되었다. 이는 「재생 에너지 지침」(Renewable Energy Directive: 2009/28/EC)(2009 Directive)을 포함하였다. 즉, 20·20·20연계는 EU에서의 온실가스(GHG) 배출을 20%까지 감축시키고 EU의 전반적인

29) http://ballotpedia.org/Energy_Policy_Modernization_Act_of 2015

30) The New York Times, "Senate Begins Debate on Comprehensive Bipartisan Energy Bill", January 27, 2015

에너지(전력, 열 및 수송) 수요의 20%를 2020년까지 재생 에너지원으로 충족시킬 것을 보장함을 목표로 한다.

나아가 「2009 지침」은 재생 에너지의 촉진을 목적으로 하는 EU 공동체계를 확립하고 EU 회원국들에게 (1인당 국내총생산을 기초로) 법적으로 구속력이 있는 목표를 도입하였다. 결과적으로 영국은 2020년까지 에너지원의 15%(전력의 약35%에 해당)를 재생에너지원으로부터 충당하도록 요구되었다. 이는 10년 동안 재생에너지의 이용을 7배로 늘리는 셈이다.

2) 바이오 연료를 둘러싼 쟁점

반대론자들은 일부 형태의 바이오연료 생산이, 극단적으로 말하면, 수송연료대체목표를 충족시키려는 목표 아래 전 세계를 항해할 수 있는 팜유를 만들기 위하여 열대우림을 벌채하고 바이오 연료로 식량생산을 대체하는 것과 같이 부정적 환경효과를 낳는다고 지적하고 바이오 연료를 생산하고 운송하기 위하여 요구되는 에너지 양을 감안할 때 바이오 연료의 사용이 탄소감축에 실제 도움이 될 것인가에 의문을 제기하기도 한다. 나아가 영국왕립협회의 『지속가능한 바이오 연료에 관한 보고서(2008년 1월)는 "바이오 연료가 제한적인 한도 내에서 화석연료를 대체할 수 있으며 수송으로 인한 온실가스 배출을 해결할 수 있는 묘책(silver bullet)으로 간주되어서는 아니 된다"고 논평하였다.

(1) 사법심사: 반대자들을 위한 무기

재생 에너지 목표와 재생 에너지 개발을 충족시킴에 있어 영국이 당면하는 도전들은 대체적으로 계획허가(planning permission)의 획득, 에너지망 접속(grid connection) 및 터빈(turbine)과 기계류 설비공급 부족의 3가지 쟁점들을 중심으로 이뤄진다. 바이오매스와 바이오 연료와 아울러 연료 공급에 관한 쟁점도 역시 도전에 당면하고 있다.

(2) 현지발전

에너지 가격이 상승하면서 많은 수의 기업들과 조직들은 현지(on-site) 재생 에너지 공급에 주목하게 되었다.

(3) 재생에너지원으로서의 폐기물

현지발전 방법에 관한 종래의 관점과 함께, 폐기물 처리와 재활용 및 재생에너지 사이의 경계선들이 매우 불분명하게 되었다. 폐기물은 이제 재생 전력을 생산하는 데 이용될 수 있는 원천으로 간주될 수 있게 되었다.

(4) 재생의무

영국의 경우에는 전력공급자들에게 재생에너지를 지원하라는 제1차적 의무가 재생의무(Renewable Obligation: RO)에 의하여 부과된다. RO는 현재 2009년의 재생에너지명령(Renewable Obligation Order: ROO), 2010년의 개정령 및 2011년의 개정령에 기술되어 있다. 요컨대, RO는 재생의무증권(ROCs)이라는 녹색거래증권제를 창설한다.

(5) 주주로서의 토지소유자

재생 에너지 부문의 여건이 상승하고 시장이 성숙하자 여러 사례들을 통하여 나타나는 바와 같이 종전에 선호되지 못하고 개발여지가 없었던 토지들의 소유자들에게 상당한 변화가 일어났다.

(6) 해상풍력

영국은 해상풍력(offshore wind) 산업을 개발할 수 있는 여러 기회를 맞이하였다. 이미 많은 수의 프로젝트들이 연안에서 추진되고 있다. 국유(Crown Estate) 海床(seabed)에 대한 리스(lease)를 목적으로 하는 제3차 입찰(tender)이 종료되었다. 제4차(round 4) 입찰은 2016년 내지 2017년에 이루어질 예정이다.

(7) 기타 에너지 발전

현재 화석연료는 중요한 역할을 하는 석탄과 가스를 에너지원으로 포함하는 영국 전력발전의 3/4 이상을 차지한다. 핵 발전은 영국 전력발전의 15% 정도를 담당한다. 앞으로 10년 동안, 효율이 떨어지는 석탄과 석유 발전소들이 점차 엄격한 환경규제를 받게 되고 핵 발전소들은 그 허가수명에 도달하기 때문에 영국 전력발전 역량의 1/3은 종국을 맞이하게 된다.

3) 재생의무

우리가 사용하는 에너지에서 발생하는 이산화탄소 배출량이 전체의 2/3를 차지하기 때문에 재생에너지원에서 얻는 에너지 양을 증가시키는 일은 기후변화 대응에서 가장 핵심적이 과제가 되었다. 가스 공급의 안정성에 관한 우려도 재생 전력발전을 (핵이나 청정 석탄과 마찬가지로) 정치적 의제로 상정하는데 이바지하였다.

(1) 재생에너지 목표

재생에너지지침(2009 Directive: 2009/28/EC)은 2009년 6월에 발효하였고, EU는 이 지침에서

회원국들에게 재생 에너지 사용에 관한 법적으로 구속력이 있는(legally-binding) 목표들을 설정하였다. 특히 2009년 지침은 여러 가지 사항들 중에서 특히 EU의 전반적인 에너지(전력, 열 및 수송 연료) 소비의 20%를 2020년까지 재생 가능 에너지원(예: 풍력, 태양열, 대기열(aerothermal), 지열, 수열(hydrothermal), 해양에너지, 수력, 바이오매스, 매립지 가스, 하수처리가스(sewage treatment plant gas) 및 바이오가스 등)으로부터 얻을 것을 요구한다. 이 목표를 달성하기 위하여 각 회원국들은 그 목표를 상향 조정하였고 영국은 현재 에너지 구성비에서 7% 미만을 차지하는 재생에너지 비율을 2020년까지 15%로 상향시킬 계획을 세웠다.

(2) 재생의무

재생의무(Renewables Obligation: RO)는 2000년의 공공설비법(Utilities Act)에 의하여 2002년에 최초로 도입되었고 현재는 2009년의 재생의무명령(Renewable Obligation Order: ROO), 2010년의 개정령(2010년 4월 1일 발효) 및 2011년의 개정령(2011년 4월 1일 발효)에 기술되어 있다. 재생의무명령 2009는 면허를 받은 모든 전력 공급자들에게 재생의무증권(Renewable Obligation Certificates: ROCs) 형태로 그들이 적격(eligible) 재생 에너지원으로부터 생성된 특정한 양의 전력을 잉글랜드와 웨일즈의 고객들에게 공급하였다는 증거를 제출할 것을 요구한다.

(3) 기술차별화

재생의무(RO)는 종래 기술적으로 중립을 취하였기 때문에 모든 재생 에너지원들은 생산된 전력 단위(MWh) 당 하나의 재생의무증권(ROC)을 받았다. 당연히 이는 가장 경제적이면서 신뢰할 만한 전력원 즉 육상풍력(onshore wind)과 매립지/하수 가스와 같은 에너지원 쪽으로 개발이 집중되는 결과를 빚었다. 이에 따라 영국 정부는 15%라는 목표를 달성하고 현행 재생 에너지 공급을 다변화시키기 위하여 개발이 덜 된 기술 쪽으로 투자를 유도할 필요를 느꼈다. 이러한 필요성에 대한 대책은 재생의무명령 2009에 "기술차별화"(banding)로 알려진 개념을 도입함으로써 구체화되었다. 기술마다 지급하는 ROC 단위에 차등을 두는 기술차별화는 2009년 4월 1일부터 발효되었다.

(4) 기득권인정

과거와 미래의 투자결정을 보호하고 이에 대한 확실성을 부여하기 위하여 재생의무명령 2009는 "기득권인정"(grandfathering) 원리로써 기술차별화(banding) 제도를 보강하였다. 기득권인정 방식에서는 종전에 평가를 받은 발전소들은 재생의무 지원 수준을 결정함에 있어 미래 감축분의 산정을 유효하게 인정받고 결과적으로 보호를 받는다.

(5) 연료혼합

재생의무(RO)가 개시된 이래, 연료혼합(공동연소: co-firing)(화석연료와 함께 바이오연료를 연소시키기)에 관하여 많은 논쟁들이 전개되었다. 연료혼합에 대한 우려는 특정 연도의 혼합량이 바이오매스의 비용 및 화석연료들의 상대적 비용에 의하여 좌우되고 따라서 시장에서의 재생의무증권(ROC)의 가격 변동성(volatility)을 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다는 것이다.

기술력차별화(banding)의 도입과 함께, 연료혼합은 (일정한 조건들을 전제로) 재생의무 범위 내에서 일정기간 동안 효력을 유지한다. 그러나 연료혼합으로부터 획득할 수 있는 ROC의 비율에 관하여서는 공급자들에게 일정한 상한(cap)이 부여되었다. 2011년/2012년 기간 동안 연료혼합에 부여되는 재생의무증권 비율의 상한(cap)은 12.5%이다.

(6) 소 결

재생의무는 2002년에 도입된 이래 대규모 재생 에너지 프로젝트들의 개발을 지원하는 주요 수단으로 정착되었지만, 다른 유럽 국가들에서 이행되고 있는 동등한 조치들에 비하여 불가피하게 복잡하며 행정적으로 부담을 지운다는 비판을 받고 있다. 전력시장개혁(Electricity Market Reform) 조치에 따라 제안된 새로운 기준가격의무구매제(Feed-in Tariffs: FIT)[31] 체계는 이러한 비판들을 어느 정도 극복할 수 있을 것이다. 그러나 산업계는 여전히 불필요한 복잡성과 투자의 불확실성이 잔존할 것을 우려한다.

4) 현지 재생에너지 발전

영국에서 기업들이 이용하는 전력의 대부분은 현재 대규모 석탄, 가스 및 원자력 발전소에서 생성되어 종종 장거리에 걸쳐 송전선로와 배전망들을 통하여 공급된다. 에너지 안정, 가격 안정성, 송전효율 및 탄소감축과 같은 여러 가지 다양한 이유들로 인하여 정부는 지역화된(localised) 재생가능 전력발전을 적극적으로 확대하는 데에 적극적으로 유인을 부여한다. 여기에서는 현지 재생가능 에너지 발전을 개발하는 데 따르는 기업들이 얻을 수 있는 잠재적 혜택들을 살피고 이러한 개발 프로젝트들을 고려함에 있어 인식하여야 할 10가지 쟁점들을 정리한다.

여기에서 "잠재적 혜택"이란, 안정된 가격에 의한 공급, 재정적 유인, 기준가격의무구매제(Feed-in Tariffs: FIT), 재생의무(RO), 재생열 유인(Renewable Heat Incentive: RHI), 탄소감축(CRC)혜택 에너지효율계획, 기업의 사회적 책임을 말한다. 또 "10대 쟁점"이란 연료원(fuel source), 기술형태, 토지활용(Land Availability), 계획수립(planning), 면허부여(licensing), 기업구조(corporate structure), 여신 및 재정, 유통관로(offtake)의 요건, 에너지 판매 그리고 보조금의 활용을 말한다.

---

31) 우리나라에서 신재생에너지법 개정법(2010년)에 따라 2011년 12월 31일까지 시행되었던 발전차액지원제와 같다.

5) 소 결

현지(on-site) 재생가능 에너지 발전의 개발은 전력과 열 비용의 감축과 재정유인의 보장과 같은 현저한 혜택을 초래할 수 있다. 그러나 어떠한 개발에 착수하기 전에 여러 가지 핵심 쟁점들에 대한 고려가 선행되어야 할 것이다. 각각의 쟁점들이 지니는 의미는 프로젝트의 범위에 따라 달라지지만, 적절한 프로젝트가 개발되도록 보장하기 위하여서는 각각의 의미들을 신중하게 판단하는 것이 중요하다.

4. 재생에너지의 허와 실

1) 이면의 갈등

에너지와 관련된 안전관리는 앞에서 살펴본 바와 같이 석탄, 석유 및 가스 등 화석에너지의 생산과 유통 및 소비에 집중되어 있다. 원자력에너지는 사고발생 확률이 낮으며 신에너지와 재생에너지는 안전관리가 문제될 것이 없다는 가설이 전제되어 있지 아니하고는 이렇게 무방비 상태를 방치하기도 어렵다. 근래 각광을 받고 있는 태양광발전과 풍력[32]발전은 사업수행과 관련하여 갈등을 야기하고 있으나 생태계 및 경관이라는 관점에서 주로 문제가 될 뿐 안전관리 면에서는 거의 논의가 되고 있지 아니하다. 신·재생에너지가 반드시 환경친화적이라는 명제는 성립되지 아니한다.

일부 신·재생 에너지원들은 경우에 따라 환경·생태 측면에서 논란을 빚고 있다. 풍력발전과 태양광 발전 그리고 조력발전 등과 관련하여서는 때때로 소음장애, 전자파, 녹지감소, 또는 연안 생태계 침해와 같은 에너지개발과 환경보전 사이의 갈등이 빚어져, 전략환경영향평가 내지 환경영향평가(EIS) 단계에서 신·재생에너지의 개발과 관련된 갈등을 예방·해소할 수 있는 절차적 장치가 개선되어야 할 필요가 있다. 백두대간에서의 풍력발전은 특히 입지 선정과 관련하여 문제가 있다.

태양광 개발사업에서도 여러 가지 문제점들이 발생한다. 태양광 발전소 설치로 생태계나 자연녹지를 파괴하거나 개발을 중단하고 방치하기 때문이다. 신재생에너지사업은 산림 개발 시 납부해야 하는 산지관리법상의 대체산림조성비를 납부하지 않는다. 이러한 현상들은 환경과 환경의 충돌에 해당한다. 태양광 발전의 부작용은 여러 지역에서 나타난다.

사업자들의 입장도 난처하다. 신재생에너지 시설은 혐오시설이 아니며 정부가 권장하는 사업에 속하기 때문이다. 사업자들은 주민들과 대화를 통해 타협점을 찾아보겠다고 밝힌다. 해당 지자체 관계자들 “태양광

32) 전세계적으로 적어도 83개국이 전력을 얻기 위하여 풍력을 활용한다. 풍력 생산은 매년 급속히 증가한다. 유럽연합은 풍력이 전력량의 11.4%를 차지한다. Wind in power: 2015 European statistics(PDF), EWEA.

발전소 설치는 사업 규정상 주민동의가 필요 없고, 민가와 거리를 제재하는 조항도 없어 허가를 안 해 줄 수 없다"며 "주민들이 피해를 입지 않도록 사업자와 협의해 나가겠다"는 입장을 밝힌다.[33] 이러한 입장은 어떻게 보면 지역이기주의(NIMBY)라는 비판을 받을 수도 있다. 하지만, 백두대간 마루에 풍력발전소를 설치하는 것과 마찬가지로, 자연녹지를 훼손하면서 태양광발전소를 세우는 사업은 경관과 생태 그리고 건강 등의 여러 측면에서 갈등을 빚는다.

2) 태양광 발전을 둘러싼 갈등과 법률의 구조

충남 태안에서는 2015년에 1천2백여 킬로와트의 태양광 발전소가 설치된면서 3만 제곱미터의 소나무 숲이 사라졌다. 지역 주민(윤순자 마을부녀회장)의 증언에 따르면, "(예전엔) 진짜 좋았다. 지금은 뜨거워서 못 살겠다. (겨울엔) 춥고 바람이 위아래로 쳐들어오는데 그런 것 37년만에 처음 느낀다". 충남 공주에서는, 민간사업자가 태양광 발전소를 만든다며 야산의 밤나무 숲을 파헤친 뒤, 1년째 방치하였다. 행정청은 개발 자체에 법적인 하자가 없다는 입장을 취한다. 하지만 민원이 발생하면 조율이 힘들다. 발전사업 허가와 개발 허가, 전력 판매가 각각 다른 기관에서 이뤄져 행정절차가 복잡하기 때문이다.[34]

경북 예천 감천면에서는 태양광발전소 사업자가 2015년 9월 개발행위 허가를 받아 부지 조성과 벌목작업을 진행하였다. 주민대책위원회는 "마을 인근에 대용량의 태양광 발전시설이 들어설 경우, 산림훼손과 눈부심 등으로 주민들의 일상생활에 피해가 우려된다…태양광발전소 건립 허가가 신청되자 예천군은 주민들과 상의 없이 허가를 내 준 것은 주민들을 무시하는 처사다…농바위까지 이어져 있는 이곳 소나무 숲은 마을 주민들에게는 일종의 성지와 같은 곳이다"고 말한다. 주민들은 벌목된 나무를 외부로 반출하지 못하도록 농기계 등을 이용해 공사장 입구를 막고, 반대 현수막도 곳곳에 설치해 현재 공사가 중단되었다.[35]

경남 고성군은 태양광 발전 난개발을 방지하기 위해 경남지역 최초로 「태양광 발전시설 허가기준」(2016.4.1.)을 마련하였다. 태양광발전시설은 신재생에너지 공급확대 정책 일환으로 정부는 물론 각 지자체가 장려하고 있는 사업이다.[36] 그러나 최근 수년 동안 태양광 발전시설이 농경지나, 주거 밀집지역 등 주민생활과 밀접한 장소에 무분별하게 설치돼 민원이 끊이지 않는다. 이는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서 민원 발생의 주요 원인인 주거 밀집지역과의 이격거리 등이 구체적으로 규정되어 있지

33) 매일신문 2015.10.27 http://m.imaeil.com/view/m/?news_id=59810&yy=2015

34) MBC 2016.6.6. "태양광 발전의 부작용"

35) 매일신문 2015.10.27 http://m.imaeil.com/view/m/?news_id=59810&yy=2015

36) 전기사업법에 따라 발전사업시설은 3000kW를 초과할 경우에 산업통상자원부장관이, 3000kW 이하는 시·도지사가, 100kW 이하는 시장·군수·구청장이 각각 허가를 처리하고, 사업허가 후 전기설비공사 계획 신고 시 개별법에 따라 개발행위허가를 얻어야 한다.

않은 탓이다.

고성군의 「태양광 발전시설 개발행위 허가운영」지침에 따르면, 태양광 발전시설은 주요도로로부터 직선거리 100m 이상, 주거 밀집 지역(10가구 이상)에서 직선거리 300m 이상 이격거리를 유지해야 하며 하나의 필지에 둘 이상을 나눠 허가하는 것도 금지된다. 또 발전시설 부지 경계에 이격거리를 두고 완충공간을 확보해야하며 발전시설 보호 및 경계를 위해 울타리를 설치해야 한다. 재산권이 침해되지 않도록 시행일 이전에 태양광 전기업 허가를 받았거나 접수 또는 진행 중인 것에 대하여서는 이 지침이 적용되지 아니한다.[37]

전북 고창군은 "태양광 발전시설 설치가 저탄소 녹색성장 및 신재생에너지 공급 확대 정책의 일환으로 장려되고 있지만 개발행위허가에 대한 구체적인 기준이 없이 농경지나 주거밀집 지역 등 주민 생활과 밀접한 장소에 대규모로 무분별하게 설치되어 왔기 때문에 경관 저해와 공사로 인한 주민들과의 마찰과 농경지 잠식으로 인한 수확량 감소는 물론 강풍에 의한 안정성 문제가 대두된다"는 전제 아래 「고창군 개발행위허가 운영지침」을 행정예규로 발령해 개발행위허가 시 태양광발전시설에 대한 세부적인 허가 기준을 마련하였다. 이 허가기준은 ①주요도로에서 500m안에 입지하지 아니할 것 ②15호 이상의 자연취락지역으로부터 200m, 공유수면으로부터 1000m안에 입지하지 아니할 것 ③농업생산기반이 정비되어 집단화된 농지의 중앙 부근에 입지하지 아니할 것 등을 담고 있다.[38]

앞에서 살핀 바와 같이, 태양광 발전을 둘러싼 갈등해소라는 당면과제를 해결하기 위하여 해당 지방자치단체들은 지침과 같은 행정예규를 제정·운용한다. 예측가능성이라는 측면에서 태양광발전사업 지침은 없는 것보다 낫다. 하지만 지방자치단체 단위로 개별 허가지침을 운용할 경우에 지자체에 따라 편차가 빚어진다. 갑(甲) 지자체에서는 적격한 태양광 개발사업이 을(乙) 지자체에서는 부적격한 것으로 판정받을 수 있다. 발전사업자들이 지자체마다 조례나 규칙이 아닌 행정예규[지침]까지 확인하기도 어렵다.

사업자의 법은 태양에너지 발전사업을 촉진시킬 뿐 발전사업의 입지에 관한 조율을 규정하지 아니한다. 이 조율은 감시자의 법에 맡겨진다. 국토교통부장관은 국토의 보전과 관리를 위하여 발전사업 입지에 관한 규제와 조정을 수행할 책무를 진다. 하지만 국토계획이용법은 에너지 사업과 관련하여서는 「에너지이용합리화법」 제8조에 따른 에너지사용계획의 협의(제92조제1항제17호) 및 「집단에너지사업법」 제4조에 따른 집단에너지의 공급 타당성에 관한 협의(제92조제1항제21호)에 대하여 의제 효과만을 부여한다.

국토계획이용법에 태양에너지발전소 입지를 조율할 수 있는 장치가 완전히 결여된 것은 아니다. 시·도지사, 시장 또는 군수는 도시·군기본계획 수립을 위한 기초조사(제20조)를 실시하면서 국토교통부장관이 정하는 바에 따라 실시하는 토지의 토양, 입지, 활용가능성 등 토지의 적성에 대한 평가(토지적성평가)와 재해취약성에 관한 분석(재해취약성분석)을 포함하여야 한다(제20조제2항).

37) 아시아뉴스통신 2016.3.31. "태양광 발전시설 허가기준 시행"
38) NEWS1 2016.02.20. "난개발 태양광 발전시설 불허…고창군, 가이드 라인 적용"

태양열발전소 입지를 기본계획 단위에서 고려하기 어렵다면, 도시·군관리계획을 통하여 고려할 수 있다. 도시·군관리계획은 계획의 상세 정도, 도시·군관리계획으로 결정하여야 하는 기반시설의 종류 등에 대하여 도시 및 농·산·어촌 지역의 인구밀도, 토지 이용의 특성 및 주변 환경 등을 종합적으로 고려하여 차등을 두어 입안하여야 한다(제25조제3항).

태양에너지 시설이 경관을 해칠 경우에는 자연환경보전법상 자연경관의 보전에 관한 일반조항을 원용할 수 있다. 관계중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 경관적가치가 높은 해안선 등 주요 경관요소가 훼손되거나 시계(視界)가 차단되지 아니하도록 노력하여야 한다(제27조제1항). 지방자치단체의 장은 조례가 정하는 바에 따라 각종 사업을 시행함에 있어서 자연경관을 보전할 수 있도록 필요한 조치를 하여야 한다(제27조제2항). 환경부장관은 자연경관을 보전하기 위하여 필요한 지침을 작성하여 관계행정기관의 장 및 지방자치단체의 장에게 통보할 수 있다(제27조제3항).

하지만 자연훼손의 방지 규정은 그 적용이 "공공용으로" 제한되고 구체적인 규율이 지자체의 조례에 위임된다. 태양에너지 발전사업이 "공공용으로" 간주될 수 있는 근거가 취약하고 조례에 따라 적용이 달라질 수 있다. 자연경관의 보전 규정은 생태계나 주민건강과 같은 상린관계 일반에 미치지 못하고 시계와 경관 중심으로 운용될 수 있으며 조치권자 또는 지방자치단체이다. 자연환경보전법 입안 당시 상정하지 못하였던 태양에너지나 풍력 등을 이용한 친환경 에너지 시설의 물리적 구조물이 환경과 생태를 저해하는 역설에 대처하여야 할 것이다.

3) 풍력발전을 둘러싼 갈등과 법률의 구조

풍력발전은 보호지역 중 핵심구역 안에서의 행위제한을 받지 아니하는 허용시설이다. 백두대간법에 따르면, 보호지역 중 핵심구역에서는 건축물의 건축, 인공구조물이나 그 밖의 시설물의 설치, 토지의 형질변경, 토석(土石)의 채취 또는 이와 유사한 행위를 하여서는 아니 되지만(법 제7조제1항), 풍력발전 등 신재생에너지 시설을 허용된다. 이러한 허용은 완충구역에서도 허용된다(법 제7조제2항). 이러한 허용사례는 강원도 동해시 등 백두대간 곳곳에서 관찰된다.[39]

백두대간법과 하위법령은 백두대간에 허용되는 시설의 종류와 규모를 규정할 뿐, 풍력발전시설의 입지와 환경상 영향에 관한 접근이 미비하다. 이 점은 산지관리법도 마찬가지이다. 백두대간법에서 볼 수 있듯이, 신·재생에너지 이용·보급 시설은 백두대간 핵심구역에서도 허용된다. 이를 건설하고 유지·관리하는 도로, 사무소 및 송전선로도 허용된다. 백두대간 전체에 풍력발전단지를 불허한다는 입법적 조치도 가능하겠으나 이는 다른 측면에서 저항을 불러올 것이다. 산지관리법과 백두대간법은 재생에너지 시설 및 부대시설의 입지와 설치를 환경영향평가법에 의존한다.

39) 백두대간보전회, 『백두대간·정맥 풍력발전 심포지엄』 자료집(망상컨벤션센터: 2017.11.28.) 참조

풍력발전에 관하여서는 여러 가지 환경상 영향이 거론된다. 물론 풍력 터빈은 전기에너지 생산 단위당 지구온난화에 미치는 잠재력이 낮다.[40] 그러나 풍력 터빈이 생태적 영향에 미치는 규모는 구체적인 상황에 따라 현저할 수도 있고[41] 그렇지 아니할 수도 있다.[42] 야생 재앙의 예방과 저감 그리고 이탄습지(peat bogs)의 보호는 풍력 터빈의 입지와 운전에 영향을 미친다.[43] 풍력 터빈들은 다소 간 소음을 야기한다.[44] 풍력 터빈들에 가까이 사는 사람들에게 미치는 소음으로 인한 부정적인 건강상 영향은 화제꺼리이다.[45]

미국 공군과 해군은 기지 가까이에 대규모 풍력 터빈들을 설치하는 것과 관련하여 레이다에 부정적인 영향을 미쳐 항공교통 관제사들이 항공기의 위치를 놓칠 것이라는 우려를 표명하였다.[46] 미학적 관점에서 풍력 터빈들이 풍경에 초래하는 변화는 심각하다.[47] 특히 경관과 문화유산을 둘러싼 갈등이 현저하다. 서식지와 관련된 풍력 터빈의 영향에 관한 심각한 의문들이 여전히 해답을 얻지 못하고 있다. 서식지 교란과 같은 소규모 영향이 야생이 미치는 영향과 (예컨대, 서식지 단편화와 같은) 대규모 영향이 야생에 미치는 영향의 상관관계를 파악할 필요성이 있다.[48]

풍력발전을 촉진시키기 위한 송전선의 개발은 의심할 여지없이 야생과 그들의 서식지에 광범위한 영향을 미칠 것이므로 충분히 조사되어야 한다. 특히 초지 서식지에서 풍력 개발로 인한 서식지 교란을 잠재적으로 저감하기 위하여 인근의 다른 지역을 복원하는 방안이 조사되어야 할 것이다.[49]

---

40) Guezuraga, Begoña; Zauner, Rudolf; Pölz, Werner (2012). "Life cycle assessment of two different 2 MW class wind turbines". *Renewable Energy.* 37: 37. doi:10.1016/j.renene.2011.05.008.

41) Eilperin, Juliet; Steven Mufson (16 April 2009). "Renewable Energy's Environmental Paradox". *The Washington Post.* Retrieved 17 April 2009.

42) "Wind farms". Royal Society for the Protection of Birds. 14 September 2005. Retrieved 7 September 2008.

43) Lindsay, Richard (October 2004). "WIND FARMS AND BLANKET PEAT The Bog Slide of 16 October 2003 at Derrybrien, Co. Galway, Ireland" (PDF). The Derrybrien Development Cooperatve Ltd. Archived from the original (PDF) on 18 December 2013. Retrieved 20 May 2009.

44) How Loud Is A Wind Turbine?. GE Reports (2 August 2014). Retrieved on 20 July 2016 ; Gipe, Paul (1995). Wind Energy Comes of Age. John Wiley & Sons. pp. 376–. ISBN 978-0-471-10924-2.

45) Gohlke JM et al. Environmental Health Perspectives (2008). "Health, Economy, and Environment: Sustainable Energy Choices for a Nation". *Environmental Health Perspectives.* 116 (6): A236–A237. doi:10.1289/ehp.11602. PMC 2430245. PMID 18560493

46) Atwater, Pamela (6 May 2016). "Navy, Air Force share concerns about wind turbines". The Buffalo News. New York.

47) Thomas Kirchhoff (2014): Energiewende und Landschaftsästhetik. Versachlichung ästhetischer Bewertungen von Energieanlagen durch Bezugnahme auf drei intersubjektive Landschaftsideale, in: Naturschutz und Landschaftsplanung 46 (1), 10–16.

48) Technical Review Committee on Wind Energy Facilities and Wildlife of The Wildlife Society, *Impacts of Wind Energy Facilities on Wildlife and Wildlife Habitat,* Technical Review 07-2, September 2007, p.36

49) *Ibid.*

Ⅴ. 맺음말

1. 에너지의 안전에 대한 법적 접근

안전한 에너지와 에너지의 안전에 관한 현행 법제는 서로 다른 접근을 취한다. 전통적으로 핵물질과 원자력은 에너지의 안전이라는 관점에서 위험하다는 인식을 깔고 있지만 실정법은 핵물질과 원자력의 위험을 확률로만 인식할 뿐 실제 위험예방이나 사고관리 체계는 동어반복이 많다. 예컨대, 원자력안전법에 따른 사고관리이행체계는 행정규칙 수준의 「사고관리계획서 작성방법에 관한 규정」에 많은 부분이 위임되어 있다. 원자로시설의 해체계획서(원자력안전법시행규칙 제4조제5항)도 규범력에 의문이 든다. 원자력으로 인한 손해배상이나 손실보상 체계에서도 원자력손해배상법 등 관련 법률들이 면책상한(제3조의2)을 규정함은 핵물질과 원자력 부문의 안전관리에 대한 관계 당국의 무한신뢰를 보여준다. 핵물질과 원자력은 안전관리의 범주를 넘어선다.

결과적으로 에너지의 안전관리에 관한 현행 법제의 규율은 전통적인 화석에너지에 집중된다. 화석 에너지 중 안전관리에 가장 체계적인 규율을 갖춘 에너지는 석탄 에너지이다. 광산안전기술기준과 안전규정이 같은 예에 속한다. 하지만 이러한 엄격규율은 전통의 산물이다. 석탄 에너지는 에너지의 자체의 안전보다는 채굴과 그 시설에 안전의 중점이 주어져 있다. 사양산업에 접어든 석탄 에너지에 대한 법적 규율이 일상에 얼마나 도움이 될 것인가는 의문이다.

석유 에너지에 관한 현행 법제는 안전에 관한 문제의식이 없다. 다소 위험성을 안고 있는 채굴이 국내에서 이루어지지 아니하기 때문이다. 운송 중의 안전관리도 유류오염손해배상법에서 보듯이 환경오염이 우선순위를 차지한다. 석유 에너지는 석탄처럼 안전법이 따로 있지 않고 석유사업법이 비상조치만을 규율할 뿐이다. 이 비상조치명령(제21조)에는 안전에 관한 명령이 포함되어 있지 아니하다. 석유의 운송과 관련하여서는 송유관안전관리법이 작동된다. 하지만 이 법은 석유의 안전관리가 아니라 송유관이라는 시설의 안전에 역점이 주어져 있다.

현행 에너지 법제 중에서 안전관리에 가장 빈번하고 실질적인 규율은 가스 에너지 관련 법령이다. 고압가스의 안전관리를 규율하는 고압가스안전관리법이 같은 예에 속한다. 석유가스를 액화·기화한 액화석유가스는 독립된 안전법을 가지고 있지 아니하고 사업과 안전을 아울러 규율하는 액화석유가스법에

따라 안전관리가 이루어진다. 액화석유가스의 규율은 법령의 양태가 고압가스와 다르지만 대체적으로 고압가스안전법의 체계와 맥락을 같이 한다.

제2차 에너지에 해당하는 전기에너지의 안전에 관하여 현행 법제가 소홀함은 잠재적 위험이라는 차원에서 문제된다. 전기사업법에서 안전관리란 전기설비의 공유·유지 및 운영에 필요한 조치를 취하는 것뿐이다. 전기의 안전관리를 기술기준에 미룬다. 이러한 접근에도 "전기 에너지는 안전하고 깨끗하다"는 가설이 도사리고 있다. 기술기준이 전자파 인체 보호기준을 포함하고 있음(법 제67조제2항)은 매우 다행스러운 일이다. 하지만 전기사업이나 실무에서 전자파 기술기준은 매우 관대하고 편차가 심하다. 전자파는 인체의 바이오리듬을 교란시켜 면역체계를 저하시킨다는 관점에서 잠재적 위험을 안고 있다. 현행 법령은 환경영향평가 등에서 전자파의 위험을 철저히 간과한다.

에너지 안전관리와 관련하여 또 하나 간과하기 쉬운 법리상의 과제는 「안전관리규정」이다. 각종 안전관리규정은 앞에서 언급한 바와 같이 사업자가 작성하기 때문에 법규명령이나 행정처분에 해당하지 아니하며 자발적 준칙에 해당한다. 안전관리규정은 사업자를 규율하는 준칙이지 에너지 소비자를 보호하는 준칙이 아니다. 안전관리규정을 작성하지 아니하거나 부실하게 작성할 경우에 사업자가 불이익을 받지만 사업자의 안전관리규정이 에너지의 안전관리를 얼마나 담보할 수 있을 것인가는 의문이다. 원자력 부문의 사고관리 전략과 사고관리이행체계도 다를 바 없다. 안전을 관리하는 당국이 스스로의 의무를 직접 이행하지 아니하고 사업자에게 이관시킴은 행정청의 부작위에 해당한다.

2. 안전한 에너지에 대한 법적 접근

에너지 안전 영역에서 최후에 등장하는 에너지는 안전하다고 인식되어 법의 사각지대에 놓여 있는 신재생에너지이다. 신재생 에너지는 사회통념상 안전한 에너지로 인식되어 관련 법령들은 신재생에너지의 생산·저장·유통·소비에서 안전을 확보하기 위한 별도의 법적 규율을 갖추고 있지 아니하다. 하지만 신재생에너지가 안전하다는 가설은, 안전이 건강문제를 포함하는 한, 성립될 수 없는 허구이다. 신재생에너지가 안고 있는 잠재적 위험은 과학기술의 미비로 인식하지 못할 뿐이지 없는 것이 아니다. 신에너지는 재생에너지와 달리 화학물질과 마찬가지로 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률」의 경우처럼 유해성 내지 위해성 평가가 이루어져야 할 것이다.

재생에너지의 경우에는 상대적으로 안전한 에너지라 할지라도 그 개발이나 생산 또는 유통시설이 인류의 건강과 후생에 미치는 영향이 평가되어야 한다. 재생에너지는 청정하지만 이를 생산·유통하는 시설은 풍력터빈이나 송전선로 등에서 볼 수 있듯이 환경상 부정적 영향을 초래할 수 있기 때문이다. 앞에 언급한

환경갈등 사례들에서 알 수 있듯이 현행 법제는 재생에너지 시설에 대하여 매우 관대하다. 같은 시설들의 건설과 운영이 초래하는 건강과 환경상 영향을 평가하는 방법으로 생태계서비스 평가제가 도입되어야 한다.

우리 환경영향평가법은 ①전략환경영향평가의 대상이 되는 개발기본계획의 입지 타당성을 평가하는 항목으로서 생물다양성·서식지의 보전, 지형 및 생태축의 보전, 주변 자연경관에 미치는 영향 그리고 수환경의 보전을 분야별 세부평가항목으로 설정하는 한편 ②구체적 사업에 관한 환경영향평가 과정에서는 자연생태환경 분야중 동·식물상과 자연환경자산을 분야별 세부평가항목으로 설정한다. 여기서 생물다양성, 서식지, 생태축, 경관, 동·식물상 또는 자연환경자산은 생태계를 구성하는 정태적 요소들이며, 자연환경의 생태적 또는 비생태적 이용가치 내지 존재가치들을 반영한다.[50] 그러나 환경영향평가가 생태계와 생물다양성의 부존량(stock)에 관한 현황, 즉 "사라질 것들의 목록"만을 분석하여서는 개발이 환경과 주민들의 생활에 미치는 영향을 구체적으로 인식할 수 없다.[51]

영국의 환경영향평가는 국토계획과 연계되어 있는 「환경영향평가령」에 의하여 절차 중심으로 편성되어 있다. 개발계획의 허가[행정처분]와 환경영향평가가 서로 결부되어 있어 국토계획과 환경계획이 상호 고려할 수 있다. 환경영향평가를 진행하다가 개발계획이나 개발사업의 환경영향이 현저하고 평가범위가 넓을 경우에는 후속 평가 단계들에서 생태계서비스 체계(ecosystem services framework)를 이용하도록 행정지도가 행해진다. 「환경영향평가령」은 생태계서비스평가를 명문화하지 아니하지만, 어떠한 정책이나 개발사업이 환경구성인자들에 미치는 영향뿐만 아니라 환경상태나 생태계서비스에 미치는 변화를 다루어야하기 때문에 환경영향평가와 생태계서비스평가는 연속선상에 있다.[52]

50) 황은주 외, "생태계서비스 가치의 제도화", 『한국환경생태학회지』 제31권제3호, 한국환경생태학회, 2017.6, p.341

51) 황은주, 『생태계서비스를 활용한 이익공유 법리 연구: 환경비용편익분석과 통합환경평가의 연계를 중심으로』 (서강대학교대학원, 2017), p.139

52) *Ibid.,* p.145

CHAPTER
2

신(新)기후체제 하 에너지 전환의 실현을 위한 자치법제의 과제

최 봉 석 (동국대학교 교수)

Ⅰ. 서론 – 신기후체제 대응에 있어서 에너지 전환의 중요성

1. 파리협약 발효에 따른 국내 에너지 부문의 정책 방향

○ 지구온난화로 인한 기후변화 문제

- 기상재해로 인한 사회·경제적 피해는 전 세계적으로 증가하고 있으며, 우리나라의 경우도 지구온난화에 따른 기후변화로 태풍·집중호우·가뭄·폭염·폭설 등과 같은 자연재해가 지속적으로 발생하는 추세임.

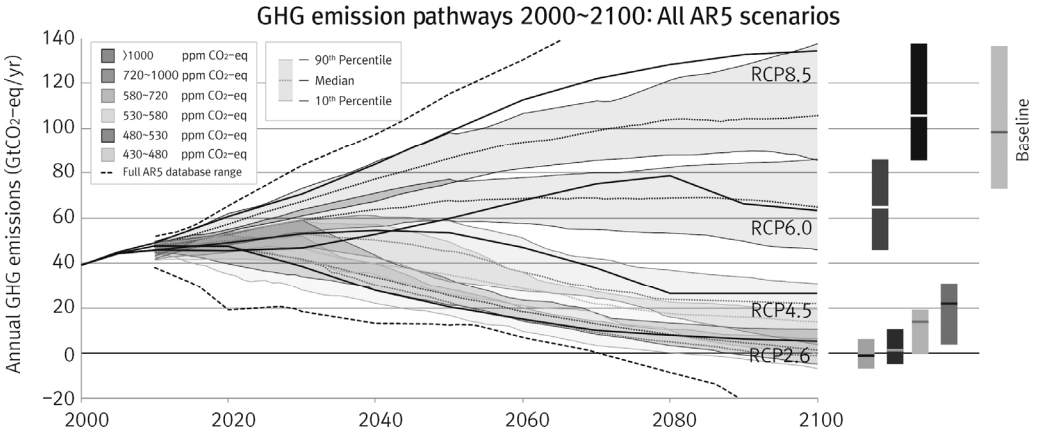
- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 "IPCC"라고 함)의 5차 평가보고서에 따르면, 1880년부터 2012년까지의 133년 간 지구온난화로 인해 지구 평균 기온이 0.85℃ 상승하였고, 온실가스 감축 노력이 없을 경우(RCP8.5[1]) 금세기 말에는 1986~2005년과 비교하여 지구 평균기온은 3.7℃, 해수면은 63㎝ 증가할 것으로 전망하고 있음(그림 1 참조).

- 2015년 12월 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하에서는 "UNFCCC"이라고 함) 당사국총회에서는 2020년 이후부터 교토의정서를 대체할 신기후체제로의 이행을 합의하고 선진국과 개발도상국 모두가 온실가스 감축에 참여하는 파리협정(Paris Agreement)을 채택하였음.

- 파리협정에서는 지구 평균 기온 상승을 산업화 전 수준 대비(above pre-industrial) 2℃보다 현저히 낮게(well below) 유지하고 지구 평균 기온 상승을 1.5℃로 제한하기 위한 노력을 추구하기로 하고, 각국이 스스로 국가별 기여방안(Nationally Determined Contributions, NDC)을 정하되 매 5년마다 상향된 목표를 제출하기로 합의함.

1) RCP(Representative Concentration Pathways)는 온실가스 농도 값 설정 후 기후변화 시나리오를 산출하여 그 결과의 대책으로 사회·경제 분야별 온실가스 배출 저감 정책을 결정하는 것으로, IPCC 5차 평가보고서에서 새로운 시나리오로 사용하였다. IPCC 4차 평가보고서에서는 사회·경제 유형별 온실가스 배출량을 설정한 후 기후변화 시나리오를 산출하는 SRES(Special Report on Emission Scenario)를 사용.

[그림 1] 온실가스 장기배출 경로 및 대표농도경로(2000~2010)



※ 출처: IPCC, 2014.

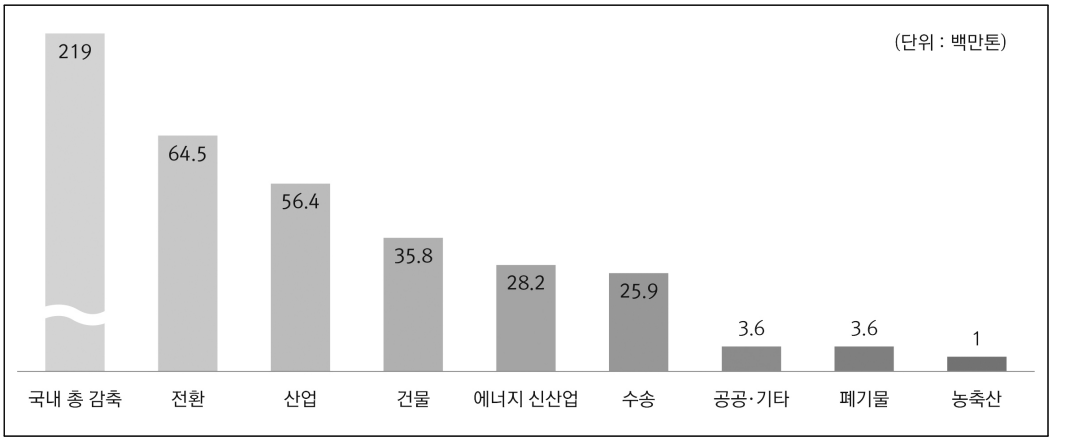
- 파리협정은 온실가스 감축뿐만 아니라 감축, 적응, 재정 지원, 기술 이전, 역량강화, 투명성 등을 모두 포함한 포괄적 대응이라는 점에 의의가 있으며, 감축목표 설정방식 또한 하향식(top-down)이던 교토의정서와는 달리 상향식(bottom-up)으로 각국이 감축목표를 스스로 결정할 수 있도록 하는 유연한 방식을 적용함.

파리협정 발효에 따른 에너지 부문의 정책 변화

- 우리나라는 2015년 6월 30일 2030년 배출전망치(Business As Usual, 이하 "BAU"라고 함) 대비 37%의 국가 온실가스 감축목표를 UNFCCC에 제출하였고, 제1차 기후변화대응 기본계획 및 2030 국가온실가스 감축 기본로드맵을 수립함

- 부문별 온실가스 목표 감축량은 전환 64.5백만 톤, 산업 56.4백만 톤, 건물 35.8백만 톤, 에너지 신산업 28.2백만 톤, 수송 25.9백만 톤 순이며, 이 중 전환 부문에서는 석탄 사용 감소, 신재생에너지 및 청정에너지 사용을 확대하는 저탄소 전원믹스(35백만 톤), 수요관리(12백만 톤), 발전·송배전 효율 향상 등(17.5백만 톤)을 통해 감축할 계획임(그림 2, 표 1 참조)

[그림 2] 2030년 부문별 목표 감축량



※ 출처: 관계부처 합동, 2016.12.

- 국가온실가스 감축목표 내 국내 감축량은 219백만 톤으로 1990년 BAU 대비 25.7%이며, 국외 감축량은 96백만 톤으로 11.3%를 차지함(표 1 참조)

〈표 1〉 2030년 국가온실가스 감축목표의 부문별 감축량

부문	BAU (백만 톤)	감축량 (백만 톤)	감축률(%)	
			부문 BAU 대비	국가 BAU 대비
전환	(333)[2]	64.5	(19.4)	7.6
산업	481	56.4	11.7	6.6
건물	197.2	35.8	18.1	4.2
에너지 신산업	-	28.2	-	3.3
수송	105.2	25.9	24.6	3.0
공공·기타	21	3.6	17.3	0.4
폐기물	15.5	3.6	23.0	0.4
농축산	20.7	1	4.8	0.1
국내 감축	851[3]	219	25.7%	
국외 감축		96	11.3%	

※ 출처: 관계부처 합동, 2016.12.

- 파리협정 채택 이후 우리나라는 범정부 차원의 기후변화 대응체계 개편을 위해 국무조정실이 컨트롤타워 역할을 담당하고, 각 부처(산업통상자원부, 환경부, 농림축산식품부, 국토교통부 등)가 세부 목표를 정해 정책 개발 및 감축 이행을 책임지는 관장부처 책임제를 도입하였음.

- 또한, 제1차 기후변화대응 기본계획에서는 1) 저탄소 에너지 정책으로의 전환, 2) 탄소시장 활용을 통한 비용효과적 감축, 3) 기후변화대응 신산업 육성 및 신기술 연구투자 확대, 4) 이상기후에 안전한 사회 구현, 5) 탄소 흡수·순환 기능 증진, 6) 신기후체제 대응을 위한 국제협력 강화, 7) 범국민 실천 및 참여기반 마련을 기후변화대응을 위한 주요 과제로 제시함.

- 특히, 기후변화 정책 과정에 지방자치단체의 참여를 확대하는 등 중앙 및 지방자치단체의 기후변화대응 거버넌스를 형성하고, 지방자치단체의 온실가스 인벤토리 구축 및 감축 계획 수립 지원, 광역·기초 지방자치단체 기후변화 적응대책 세부 시행계획 수립 지원 등 국가 및 지방자치단체의 기후변화대응 계획을 연계할 계획임.

2. 주요국의 기후변화·에너지 정책 추진 현황

유럽연합

- 유럽연합(European Union, 이하 “EU”라고 함)은 2008년에 1990년 대비 온실가스 배출량 20% 감축, 재생에너지 발전 비율 20% 달성, 에너지 효율 20% 개선을 내용으로 하는 2020 기후·에너지 패키지(2020 Climate and Energy Package)를 발표하고, 배출권거래제 개선, EU 내 비 배출권거래 권역의 국가목표 설정, 국가 재생에너지 목표 수립, 이산화탄소 포집 및 저장에 대한 보완 입법을 추진함.

- 2014년 10월 개최된 EU 정상회의에서는 2030 기후·에너지 정책 프레임워크(2030 Climate and Energy Policy Framework)를 채택하여 2030년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 40% 감축하기로 합의함.

독일

- 2015년 기준으로 독일의 에너지 수급 구조는 석유(32.5%), 석탄(25.5%), 천연가스(21.8%),

2) 전환 부문의 BAU는 각 부문별 배출량에 간접적으로 포함되어 있어 전체 배출량 산정에서는 제외함

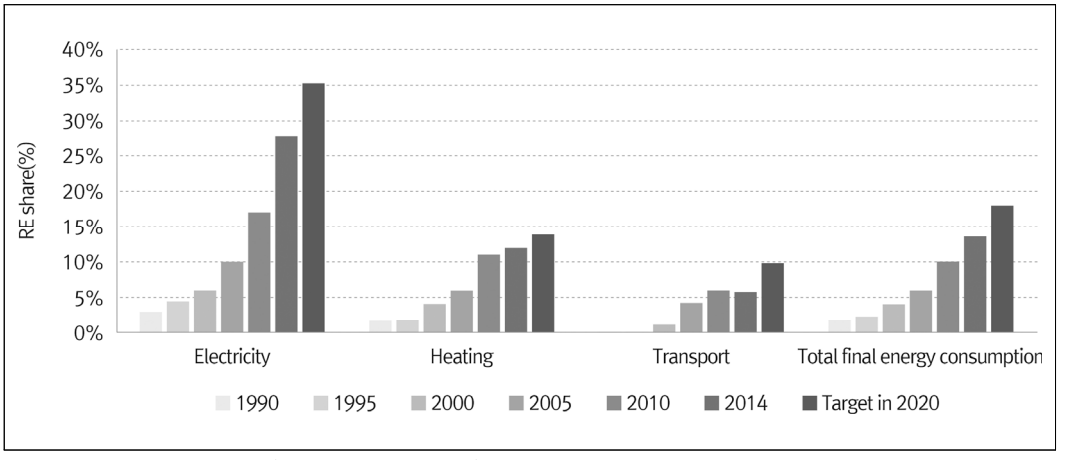
3) 배출량 총계(851백만 톤)는 부문별 BAU에 공정 배출, 가스 제조 등으로 인한 배출량(약 2백만 톤) 및 탈루배출량(약 8.4백만 톤)이 추가된 수치임

바이오에너지(9.5%), 원자력(7.7%) 순이며, 탈석탄 및 탈원전 정책 추진을 통해 2020년에는 원자력에 의존하지 않는 에너지 수급 구조가 실현될 것으로 전망[4)]

- 독일은 1970년대부터 원전 폐지 및 재생에너지 확대를 정책 기조로 유지해 왔으며, 1990년 세계 최초로 재생에너지 투자 촉진을 위한 지역단위별 발전차액지원제도(Feed-in Tariff, FIT)를 도입하고, 2000년에는 재생에너지법(Erneuerbare Energien Gesetz, EEG)을 통해 전국 단위로 확대 실시함.

- 독일의 신재생에너지 비중은 재생에너지법 제정 이후 계속 증가하였으며, 2014년 기준 최종 에너지 소비량 중 신재생에너지 비중은 13.5%를 차지함(그림 3 참조).

[그림 3] 독일의 신재생에너지 비중 추이



※ 출처: IRENA, 2015.11(송용주, 2016 재인용).

- 2010년 메르켈 정부는 2050년까지 온실가스 감축, 신재생에너지 확대, 에너지 소비량 감축의 단계적 목표를 제시하는 에너지 구상 2010(Energy Concept 2010)을 채택하였으며, 1990년 대비 온실가스 배출량을 2020년에는 40%, 2030년에는 55%, 2040년에는 70%, 2050년에는 80%까지 감축하는 장기 목표를 설정함(표 2 참조).

4) 양의석·김아름·김비아, 독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건, 세계에너지시장 인사이트 제17-28호, 2017.8, 6-7면.

〈표 2〉 독일 에너지 구상 2010의 주요 내용

구 분	2012년	2020년	2030년	2040년	2050년
1990년 대비 온실가스 배출량	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%
최종에너지 소비에서 신재생에너지의 비중	10%	18%	30%	45%	60%
총 전력 소비에서 신재생에너지의 비중	20%	35%	50%	65%	80%
2008년 대비 1차 에너지 소비	-5%	-20%	-	-	-50%
2008년 대비 전력 소비	-1%	-10%	-	-	-25%

※ 출처: IEA, 2013.

- 2011년 후쿠시마 원전 사고를 계기로 2022년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄하기로 확정하고 에너지 구상을 개정한 에너지 패키지(Energy Package)를 발표하였으며, 원자력법(Atomic Energy Act), 재생에너지법(Renewable Energy Sources Act), 에너지산업법(Energy Industry Act), 전력망확대촉진법(Network Expansion and Acceleration Act), 에너지기후변화기금법(Energy and Climate Fund Act), 기후목표와 양립 가능한 도시·지방개발강화법(Strenghening Climate- Friendly Measures in Towns and Municipalities Act), 해상풍력 발전설비 강령(Offshore Windfarm Revision)의 6개 법, 1개 강령으로 구성됨.

- 에너지 전환 가속화를 위한 전력망 확대, 신재생에너지 촉진을 위한 발전차액지원제도 지원금 인상, 배출권거래 수익을 이용한 친환경사업 기금 마련, 에너지 효율 증대 등의 내용이 포함되어 있음 (표 3 참조).

〈표 3〉 독일 에너지 패키지의 주요 내용

법령명	주요 내용
원자력법	2020년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄
재생에너지법	풍력, 지열, 바이오매스에 대한 FIT 지원금 확대
에너지산업법	송전시스템 세분화, 운영사업자 간 전력망 공동구축 의무 부여
전력망확대촉진법	신재생에너지 발전 설비가 밀집되어 있는 북부 지역과 산업시설이 밀집된 남부 지역 간의 전력망 연계 및 확대
에너지기후변화기금법	배출권 거래 수익을 기금에 적립, 원자력 폐지, 친환경 에너지 공급, 기후 및 환경보호 글로벌 프로젝트, 전기차 개발에 사용
기후목표와 양립 가능한 도시·지방개발강화법	도시 및 지역 공동체에서 신재생에너지 및 열병합 발전 확대
해상풍력 발전설비 강령	해상풍력 사업 승인 절차 간소화 및 신속한 집행

※ 출처: 김봉금, 2013.6.

- 2010년부터 원전 폐쇄와 재생에너지 보급, 에너지 효율 향상, 열병합 발전 보급 등을 통한 온실가스 배출 저감 및 지속가능한 에너지 수급 체계 구축을 핵심으로 하는 에너지 전환(Energiewende) 정책을 추진하고 있음.

- 에너지 정책(기술경제부 소관)과 재생에너지 정책(환경부 소관)의 이원적인 추진으로 인한 효율성 저하 문제를 개선하기 위하여 2013년 연방환경부 내 재생에너지 관련 부서를 연방기술경제부로 이관하고, 기술경제부를 연방에너지경제부(Bundesministe für Wirtschaft und Energie)로 전환함.

- 2014년 재생에너지법 개정을 통해 대지에 설치되는 신규 태양광 발전시설을 대상으로 입찰을 통해서만 지원금을 제공하는 시장 중심의 인센티브 메커니즘을 도입하였고, 2017년에는 재생에너지원 전력의 발전차액지원 규모가 기준 가격이 아닌 시장 내 입찰을 통해 확정되도록 개정하였음.

- 2015년에는 2016~2019년 동안 온실가스 감축 목표 달성을 위해 독일 내 노후 갈탄화력발전소를 점진적으로 폐쇄하고, 영구 폐쇄 전까지 전력 부족 시 비상 가동용으로 이용할 계획을 발표함.

- 2017년 개정된 재생에너지법에 따르면, 시장 경쟁력을 갖춘 재생에너지원에 대해서는 공개경쟁 입찰을 통해 발전차액지원 규모를 결정하고, 독일 내 재생에너지 설비의 기간별 연간 확충 규모를 설정함.

- 한편, 독일에서는 전기요금 상승으로 인한 가계 부담 증가, 원전 폐쇄로 인한 전력 부족분을 석탄 발전으로 대체함에 따른 이산화탄소 배출량 증대 등의 문제가 나타나고 있어, 우리나라의 에너지 전환 정책 추진 시 경제적·사회적·환경적 영향에 대한 고려 및 속도 조절이 필요함.

영국

- 영국은 2008년 안정적인 에너지 공급 및 온실가스 감축 목표 달성을 목표로 기후변화법(Climate Change Act), 에너지법(Energy Act), 제정, 2009년 저탄소 전환계획(Low Carbon Transition Plan)을 발표함.

- 기후변화법은 탄소 목표와 할당(Carbon Targets and Budgeting), 기후변화위원회(The Committee on Climate Change), 거래제도(Trading Schemes), 기후변화의 영향과 적응(Impact of and Adaptation of Climate Change), 그 밖의 규정 및 보충규정 등 총 6부 및 부칙으로 구성되어 있음.

- 기후변화법에서는 1990년 대비 2020년까지 국내 온실가스 35% 감축, 2050년까지 80% 감축 목표를 명시하고 있으며, 에너지법에서는 재생에너지 의무할당제(Renewable Obligation), 발전차액지원제도(Feed-in Tariff), 재생에너지 열 인센티브, 부담금 및 보조금 등 정책 수단에 대한 근거를 마련함.

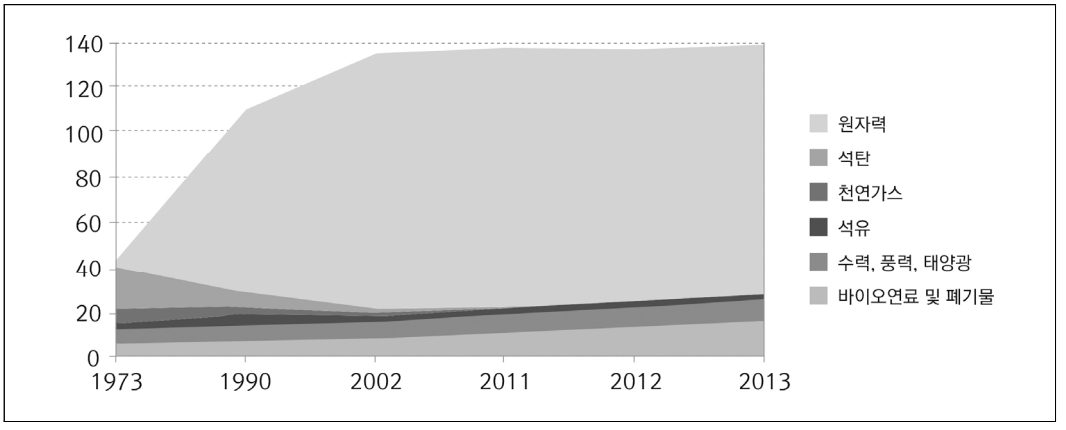
- 한편, 2016년 영국 에너지·기후변화부(이후 기업·에너지·산업전략부로 개편)는 제5차 탄소감축 목표안(carbon budget, 2028~2032)에서 2030년까지 1990년 대비 온실가스 배출량을 57% 감축하는 목표를 제시하였으며, 이는 EU 회원국 차원의 2030년 온실가스 감축 목표치보다 높은 수준임.

- 영국 기업·에너지·산업전략부[5]는 2025년까지 석탄화력발전소를 전면 폐쇄하기 위한 脫석탄계획을 발표하였으며, 2025년까지 이산화탄소 포집 및 저장 기술을 적용하지 않은 석탄화력발전소를 전면 폐쇄하고, 2033년부터 석탄화력발전 사용을 제한할 계획임.

프랑스

- 2014년 기준으로 프랑스의 전력 생산 에너지원 비중은 원자력 77.0%, 수력 12.6%, 화석연료 5%, 풍력 3.1%, 태양광 1.1% 순으로, 전력 생산의 상당 부분을 원자력에 의존하고 있음(그림 4 참조).

[그림 4] 프랑스의 에너지 수급 구조



※ 출처: 강지현, 2015.4.

- 프랑스는 2005년 에너지 정책 방향 설정을 위한 계획법(Loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique énergétique)을 통해 온실가스 감축 및 에너지 가격 안정을 에너지 정책의 목표로 설정하고, 2050년까지 1990년 대비 75% 감축 목표 달성을 위한 단계적 감축 목표를 제시함.

5) 영국의 기업·에너지·산업전략부는 2008년 10월에 신설된 에너지·기후변화부(Department of Energy and Climate Change)를 기업·혁신·기술부(Department for Business, Innovation and Skills)의 통합으로 신설되었으며, R&D, 기술, 산업, 시장 관련 정책과 에너지 관련 정책을 통합 관리하게 됨

- 2015년 3월 녹색성장을 위한 에너지전환법(La transition énergétique pour la croissance verte)이 상·하원 간의 장기간 논의 끝에 통과되었으며, 기후변화 대응 및 신재생에너지 확대를 위한 부문별 이행계획을 주된 내용으로 함.

- 에너지전환법의 7대 이행 부문은 "신재생에너지 개발, 건물 개·보수, 청정수송 개발, 물자 낭비 방지 및 순환경제 촉진, 원자력 안전 강화 및 대국민 정보제공 강화, 절차 간소화 및 명확화, 국민·기업·지자체·정부의 적극적인 참여"로 구성됨.

- 에너지전환법에서는 온실가스 감축, 에너지 소비 감축, 재생에너지 개발, 전력생산 다각화, 원자력 발전에 대해 중장기 목표를 수립하고 있음(표 4 참조).

〈표 4〉 프랑스 에너지전환법의 중장기 목표

구 분	중장기 목표
온실가스 감축	- 2030년 기준 1990년 대비 온실가스 배출량 40% 감축
에너지 소비 감축	- 2050년 기준 2012년 대비 최종에너지소비 절반 감축 - 2030년 기준 2012년 대비 최종에너지소비 20% 감축
재생에너지 개발	- 2030년 기준 최종에너지소비 중 재생에너지 비중 32%로 확대
전력생산 다각화	- 2025년 기준 전력생산에서 원자력 비중 50%로 축소
원자력 발전	- 원자력 설비용량을 현재 수준인 63.2GW로 제한

※ 출처: 강지현, 2015.4.

- 마크롱 정부 출범 이후, 프랑스 내 전력 생산에 대한 원전 비중을 2025년까지 50%로 낮추는 한편, 자국 내 원유 및 천연가스 채굴 및 생산을 전면 중단함.

- 특히, 프랑스의 에너지 정책 방향은 에너지 전환을 자국의 경제·사회·환경 발전을 주도할 국가 개발전략으로 인식하고, 시민, 기업 등 이해관계자와의 소통을 통한 국민참여형 정책을 추진하고 있다는 점에서 시사하는 바가 큼[6].

일본

- 일본은 후쿠시마 원전 사고 이후 제4차 에너지 기본계획과 2030년 에너지 수급전망 및 전원 구성 목표를 제시하였으며, 2030년까지 재생에너지 확대, 화력발전의 고효율화, 에너지 절약을 통해 원전 의존도를 감축하기로 함.

6) 강지현, 프랑스 에너지전환법의 주요 내용 및 시사점, KIET 산업경제, 2015.4, 75면.

- 파리협정 채택 이후 2020년까지 2005년 대비 3.8% 이상 감축(단기), 2030년까지 2013년 대비 26% 감축(중기), 2050년까지 30% 온실가스 감축(장기)을 목표로 하는 지구온난화 대책 계획을 수립하였음.

- 2016년 4월에는 에너지 혁신 전략을 통해 에너지 절약, 재생에너지 확대, 새로운 에너지 시스템 구축, 에너지 산업 해외 수출의 4개 분야에 대한 시책을 제시함.

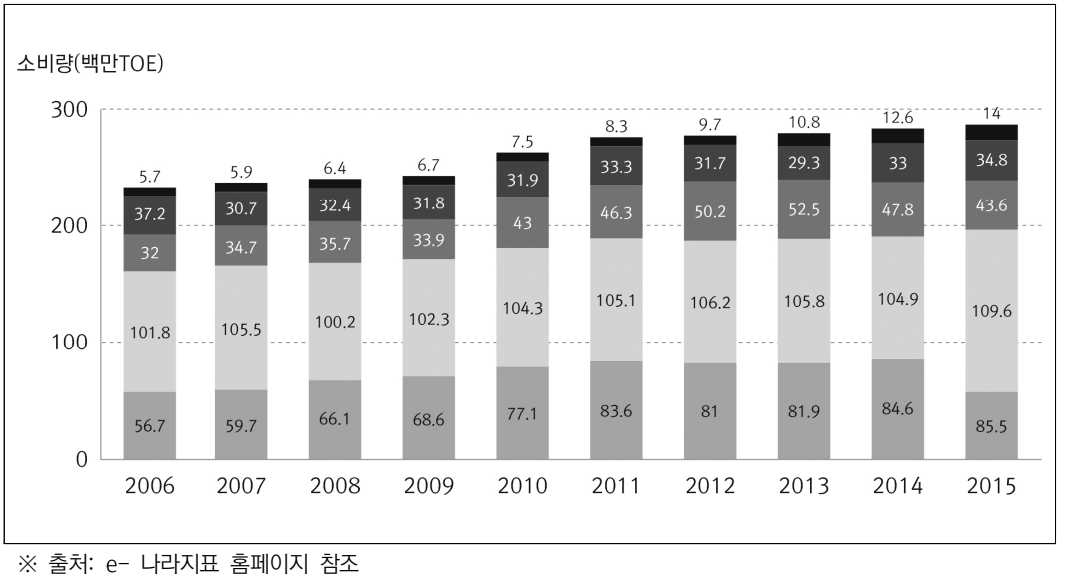
- 한편, 신재생에너지 보급 확대 목적의 발전차액지원제도를 통해 재생에너지 비중이 확대되었으나, 태양광 발전 용량 편중으로 인한 개편 작업을 진행 중임.

3. 우리나라의 기후변화·에너지 정책 추진 현황 및 전망

우리나라의 에너지 수급 구조

- 우리나라의 2015년 1차 에너지 소비는 전년 대비 1.6% 증가한 287.5만 TOE이며, 에너지원별로는 석유(109.8백만 TOE), 석탄(85.5백만 TOE), LNG(43.6백만 TOE), 원자력(34.8백만 TOE), 기타(14백만 TOE) 순으로 소비함(그림 5 참조).

[그림 5] 우리나라의 1차 에너지 소비량 현황



※ 출처: e- 나라지표 홈페이지 참조

- 총 1차 에너지 공급량 중 태양광, 풍력 등 8개 에너지원의 신재생에너지 공급량은 2006년부터 2015년까지 지속적으로 증가하는 추세이나, 2015년 기준 공급 비중은 전체의 4.6%에 그치는 것으로 나타남.

- 2015년 신재생에너지의 분야별 점유율은 폐기물(63.5%), 수력(3.4%), 바이오(20.8%), 태양광(6.4%), 풍력(2.1%), 연료전지(1.7%), 지열(1%), 태양열(0.2%)의 순으로 나타남(표 5 참조).

〈표 5〉 우리나라의 신재생에너지 보급 현황

구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
공급량(공급 비중)	7,582.8 (2.8%)	8,850.7 (3.2%)	9,879.2 (3.5%)	11,537.4 (4.1%)	13,293.0 (4.6%)
폐기물	5,121.5	5,998.5	6.502.4	6,904.7	8,436.0
수력	965.4	814.9	892.2	581.2	454.0
바이오	963.4	1,334.7	1,558.5	2,822.0	2,766.0
태양광	197.2	237.5	344.5	547.4	849.0
풍력	185.5	192.7	242.4	241.8	283.0
수소, 연료전지	63.3	82.5	122.4	199.4	230.0
지열	47.8	65.3	87.0	108.5	135.0
태양열	27.4	26.3	27.8	28.5	28.0

※ 출처: e- 나라지표 홈페이지 참조

문재인 정부의 기후변화·에너지 정책 추진 방향

- 문재인 정부의 에너지 정책은 원자력과 석탄화력의 비중을 축소하고 재생에너지 및 액화천연가스 발전을 확대하는 것이 핵심이며, 친환경 미래 에너지 발굴·육성, 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환, 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축의 3개 과제가 100대 국정과제에 반영되어 있음.

- 이에, 가동 30년 이상 된 노후 석탄화력발전소의 가동을 일시 중단하고, 신고리 5, 6호기의 건설 재개 여부에 대한 공론화위원회 가동을 추진하였음.

Ⅱ. 에너지 전환에 있어서 지방자치단체의 위상과 역할

1. 에너지 관계 법령의 체계 조망

○ 「에너지법」과 에너지 관련 법령의 관계

- 현재 우리나라의 에너지 법제는 「저탄소 녹색성장기본법」과 「에너지법」을 주축으로 하여, 분야별로 다양한 법령으로 구성되어 있음.

- 종래에는 「에너지이용합리화법」에서 에너지 관리에 관한 통칙, 에너지 계획 및 수요관리 원칙, (구)에너지관리공단 및 지방자치단체에 의한 에너지 정책 집행 등 일반적인 내용만을 규율하고 있었으며, 에너지 전체를 총괄하는 법률이 부재한 상태에서 개별화된 관리 주체에 의해 일관된 체계나 원칙 없이 규제나 조정이 집행됨.

- 그러나, 2006년 2월 제정된 「에너지기본법」이 부문별로 수평적인 관계이던 에너지 관련 법령을 총괄하는 상위 법률로 기능하면서, 에너지라는 개념의 입법화를 통한 계획적·조성적·발전적 에너지 관계로 변화되는 계기가 되었음.

- 2010년 「저탄소 녹색성장기본법」이 제정되면서, 종래 「에너지기본법」에서 규정하고 있던 에너지 정책의 기본원칙 및 국가에너지기본계획 관련 내용이 이관되었으며, 대통령 소속이던 국가에너지위원회는 산업통상자원부 소속으로 격하되었음.

- 이에 대해, 저탄소 녹색성장 개념이 지속가능한 발전 개념의 가치를 담아내지 못하는 하위 개념이어서 개념 간 관계의 재정립이 필요하며, 「저탄소 녹색성장기본법」 내 지방자치단체의 역할에 대한 규정은 매우 미비한 상황임.

- 현재 국회에는 「기후변화대응법」을 제정하는 한편 에너지 정책의 기본원칙 및 국가에너지기본계획 관련 조항을 다시 「에너지법」으로 이관하고 「에너지법」을 기본법의 지위로 복원하는 내용의 연계 입법(기후변화대응법안, 지속가능발전법 전부개정법률안, 에너지법 일부개정법률안)이 계류되어 있음.

에너지 관계 법령의 부문별 대응

- 에너지법제는 체계 및 내용이 복잡하고 다양한 내용을 규율하고 있어 명확한 기준으로 구분하기 어려우나, 크게 에너지 정책, 에너지(원)의 이용 및 관리, 에너지 관련 기관의 설립 및 운영, 기타 분야로 분류할 수 있음(표 6 참조).

- 석탄과 관련해서는 광물자원의 합리적인 개발과 산업 발전을 위한 「광업법」, 석탄산업의 건전한 육성·발전 및 석탄과 석탄가공제품의 수급안정 등을 목적으로 「석탄산업법」이 마련되어 있으며, 석유 및 가스와 관련해서는 「석유 및 석유대체연료사업법」, 「도시가스사업법」, 「액화석유가스의 안전 및 사업관리법」이 운영되고 있음.

- 전력 관련 법령으로는 전기사업에 대한 허가, 전기의 공급, 전기사업 관련 공사 시행의 승인 등에 관한 내용을 다루는 「전기사업법」을 중심으로, 「전원개발촉진법」, 「지능형 전력망의 구축 및 이용 촉진에 관한 법률」 등이 마련되어 있음.

- 원자력 관련 법령으로는 「원자력진흥법」, 「원자력안전법」은 물론 「핵융합에너지 개발진흥법」, 「원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법」, 「원자력손해배상법, 「원자력손해배상 보상계약에 관한 법률」, 「원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률」, 「발전소 주변지역 지원에 관한 법률」, 「원전비리 방지를 위한 원자력발전사업자 등의 관리·감독에 관한 법률」, 「한국원자력안전기술원법」 등이 있으며, 「저탄소 녹색성장기본법」, 「에너지법」, 「전기사업법」, 「전원개발촉진법」 등이 관련 법률로 기능하고 있음.

- 이 중 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(이하 본문에서는 “신재생에너지법”이라고 함), 「에너지이용합리화법」은 에너지 전환과 직접적으로 연관됨.

〈표 6〉 우리나라 에너지 관계 법령의 체계

구 분		법 령 명
에너지 정책 일반		- 저탄소 녹색성장기본법 - 에너지법 - 에너지이용합리화법 - 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법
에너지(원)의 이용 및 관리	석탄	- 광업법 - 해저광물자원개발법 - 석탄산업법 - 광산보안법 - 광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률
	석유	- 석유 및 석유대체연료 사업법 - 송유관 안전관리법
	가스	- 도시가스사업법 - 액화석유가스의 안전 및 사업관리법 - 고압가스 안전관리법
	전기	- 전기사업법 - 집단에너지사업법 - 지능형 전력망의 구축 및 이용 촉진에 관한 법률
에너지 세제		- 교통·에너지·환경세법 - 개별소비세법, 교육세법, 지방세법, 부가가치세법
에너지 관련 기관의 설립 및 운영		- 대한석탄공사법 - 한국광물자원공사법 - 한국석유공사법 - 한국가스공사법 - 한국전력공사법 - 전기공사공제조합법
기타		- 전원개발촉진법 - 농어촌 전기공급사업 촉진법 - 발전소 주변지역 지원에 관한 법률

2. 에너지 관계 법령상 지방자치단체의 역할

지방자치단체의 책무

- 「저탄소 녹색성장기본법」 제5조에서는 지방자치단체의 책무로 1) 저탄소 녹색성장 실현을 위한 국가시책에 적극 협력, 2) 저탄소 녹색성장대책을 수립·시행할 때 해당 지방자치단체의 지역적 특성과 여건을 고려. 3) 관할구역 내에서의 각종 계획 수립과 사업의 집행과정에서 그 계획과 사업이 저탄소 녹색성장에 미치는 영향을 종합적으로 고려하고, 지역주민에게 저탄소 녹색성장에 대한 교육과 홍보를 강화, 4) 관할구역 내의 사업자, 주민 및 민간단체의 저탄소 녹색성장을 위한 활동을 장려하기 위하여 정보 제공, 재정 지원 등 필요한 조치를 강구할 것을 명시하고 있음.

- 「에너지법」 제4조에서는 동법의 목적, 국가의 에너지정책 및 시책과 지역적 특성을 고려한 지역에너지 시책을 수립·시행할 것을 지방자치단체의 책무로 규정

지방자치단체의 계획 수립 및 시행

- 「저탄소 녹색성장기본법」 제11조 제1항에 따르면, 특별시장·광역시장·도지사 또는 특별자치도지사는 해당 지방자치단체의 저탄소 녹색성장을 촉진하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 녹색성장 국가전략과 조화를 이루는 지방녹색성장 추진계획(이하 “지방추진계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 함.

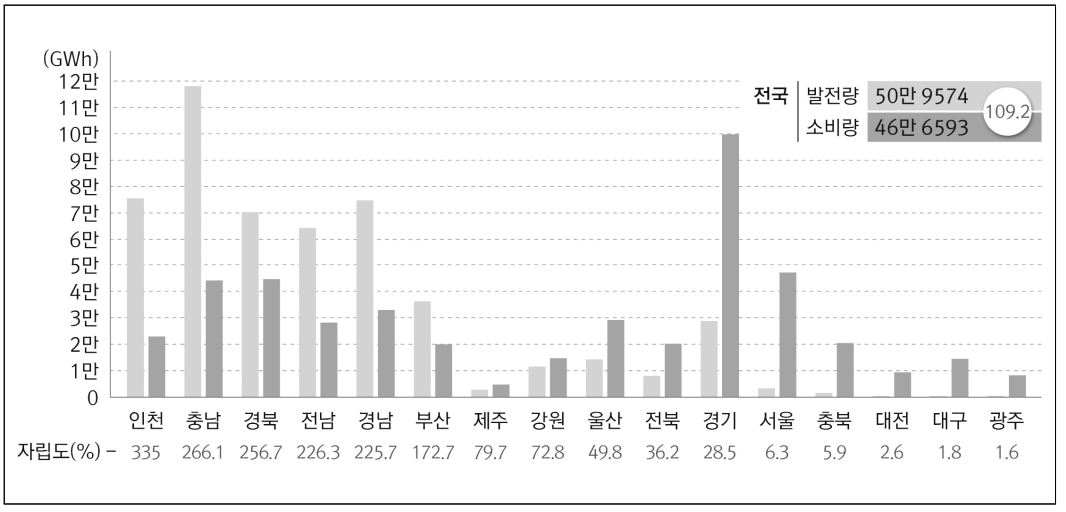
- 「에너지법」 제7조에서는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사 또는 특별자치도지사는 관할 구역의 지역적 특성을 고려하여 「저탄소 녹색성장 기본법」 제41조에 따른 에너지기본계획의 효율적인 달성과 지역경제의 발전을 위한 지역에너지계획을 5년마다 5년 이상을 계획기간으로 하여 수립·시행하여야 한다고 규정함.

- 신재생에너지법은 기본계획 및 연차별 실행계획의 수립 주체를 산업통상자원부장관으로 명시하고 있으며, 제7조에서는 국가기관, 지방자치단체, 공공기관, 그 밖에 대통령령으로 정하는 자가 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급에 관한 계획을 수립·시행하려면 대통령령으로 정하는 바에 따라 미리 산업통상자원부장관과 협의하여야 한다고 규정함.

- 우리나라는 에너지 생산 및 소비 주체가 상이할 뿐만 아니라 시·도 지역별 전력 자립도에도 차이가 존재하므로, 지방자치단체만의 독자적인 에너지 정책 수립이 필요함(그림 6 참조).

- 그러나, 우리나라의 에너지 공급은 중앙집중적인 시스템 하에서 이루어지고 있으며, 지방자치단체는 국가에너지 기본계획 수립이나 전기요금 등 에너지 공급 및 수요 관리에 영향을 미치는 요인에 대한 결정 또는 참여가 어려운 구조임.

[그림 6] 시·도 지역별 전력 자립도 현황



※ 출처: 한국에너지공단 신·재생에너지센터 홈페이지

- 또한, 지역에너지계획은 전체적인 체계가 획일적으로 규정되어 있어 지역마다 상이한 사업 추진 현황이 반영되지 못하며, 계획 수립 단계에서 지역 주민의 의견 수렴 절차가 진행되지 않거나 형식적으로 진행되는 실정이어서 개선이 요구됨.

Ⅲ. 신기후체제 하 에너지 전환을 위한 지방자치단체의 대응

1. 에너지 기본조례를 통한 지역에너지 관리

○ 에너지 조례 제정의 의의

- 지방자치단체는 조례의 제정에 있어서 헌법 제117조 제1항에 따라 법령의 범위 안에서 자치에 관한 규정을 제정하고,「지방자치법」제9조 제1항 및 제22조에 따라 자치사무와 법령에 따라 지방자치단체에 속하는 사무 및 예시하고 있는 사무에 관하여 조례를 제정할 수 있음.

- 지방자치단체의 조례는 국가의 행정기관이 제정하는 행정입법과 성질을 달리하는 지방자치단체의 자주입법에 해당하며,[7] 지방자치단체의 독자성 확보 및 자치입법권 확대라는 측면에서 기본 조례의 긍정적인 역할과 기능을 기대할 수 있음.

- 2000년 이후부터 에너지시민연대는 지방자치단체 주도형 에너지 관리체계의 정착을 위해 에너지 조례 제정 운동을 진행하였으며, 에너지 (기존) 조례 표준(안)은 총칙, 에너지 이용 주체별 권리와 책무, 에너지 계획 등, 에너지 부문별 시책, 에너지 활동에 대한 지원 등 총 5장 21조 및 부칙으로 구성됨(표 7 참조).

〈표 7〉 에너지 (기본) 조례(안)의 구성

제1장 총칙	제3장 에너지 계획 등
제1조(목적)	제11조(지역에너지계획)
제2조(기본이념)	제12조(에너지이용합리화실시계획)
제3조(기본 원칙)	제13조(에너지위원회)
제4조(정의)	제14조(에너지 백서)

7) 최봉석, 지방자치의 기본법리, 한국법제연구원, 2007, 217면.

제2장 에너지 이용 주체별 권리·책무 등
제5조(시의 책무)
제6조(자치구의 책무)
제7조(사업자의 책무)
제8조(시민의 권리)
제9조(시민의 책무)
제10조(시민단체·학교·언론의 역할)

제4장 에너지 부문별 시책
제15조(산업 부문 에너지 시책)
제16조(수송 부문 에너지 시책)
제17조(건물 부문 에너지 시책)
제18조(공공 부문 에너지 시책)

제5장 에너지 활동에 대한 지원
제18조(에너지기금의 설치)
제20조(세제·재정지원 등)
제21조(에너지 상)

- 2017년 11월 현재 90여개 광역 및 기초지방자치단체에서 에너지 (기본) 조례 또는 에너지 관리 조례를 마련하고 있으며, 160여개 지방자치단체는 기후변화 및 에너지 관련 규정으로 저탄소 녹색성장 기본 조례를 두고 있음.

지방자치단체의 에너지 (기본) 조례 운영 현황

- 16개 광역지방자치단체 중 서울특별시, 부산광역시, 광주광역시, 인천광역시, 울산광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도)는 에너지 기본 조례 또는 에너지 관리 조례를 보유하고 있음.

- 에너지 기본 조례는 목적, 기본원칙, 용어의 정의, 주체별 책무, 지역에너지 계획 수립, 에너지이용 합리화실시계획 수립(제8조), 에너지위원회 설치 및 운영, 부문별 에너지 시책(공공부문, 산업부문, 수송부문), 에너지 활동에 대한 지원으로 구성됨.

- 일부 지방자치단체에서는 에너지 사용제한(서울특별시, 경기도), 건축물의 냉난방 온도 관리(서울특별시, 전라북도, 전라남도), 신재생에너지 이용 의무화(전라남도), 에너지 프로슈머 관련 시책(대전광역시), 고효율 조명기기의 확산 시책(대전광역시), 에너지 산업의 육성 지원(부산광역시)은 물론 에너지 기금의 설치 및 운용(울산광역시, 경기도) 등에 대한 규정을 에너지 조례 내에 마련하고 있음(표 8 참조).

〈표 8〉 광역지방자치단체별 에너지 기본조례의 주요 내용

지자체명	주요 내용
서울특별시	- 지역에너지계획 수립(제8조), 에너지용합리화실시계획 수립(제9조) - 에너지 절약 및 이용 효율화(제12조 내지 제17조) - 건축물의 냉난방 온도 관리(제18조 내지 제22조) - 신재생에너지 및 미활용에너지 보급 촉진(제23조 내지 제24조) - 행정 및 세제·재정상의 조치 등(제25조) - 에너지 사용 제한(제28조)
부산광역시	- 지역에너지계획 수립(제5조) - 에너지이용합리화(제8조 내지 제9조) - 신재생에너지 보급 촉진(제10조 내지 제13조) - 에너지 산업의 육성 지원(제14조 제16조)
광주광역시	- 에너지 절약(제15조 내지 제17조) - 재정 지원 등(제18조)
인천광역시	- 지역에너지계획 수립(제10조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제11조) - 부문별 에너지 절약 노력 등(제18조 내지 제21조) - 세제 및 재정지원 등(제22조)
대전광역시	- 지역에너지계획 수립(제9조) - 에너지이용합리화 시책(제18조 내지 제21조) - 고효율 조명기기의 확산 시책(제22조 내지 제24조) - 시민참여형 에너지 거래체계의 활성화 시책(제25조 내지 제27조) - 재정지원 등(제28조)
울산광역시	- 부문별 효율적 에너지 절약 노력 등(제10조 내지 제13조) - 에너지 기금의 설치 및 운용 등(제23조) - 세제·재정지원 등(제24조)
경기도	- 지역에너지계획 수립(제5조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제6조) - 에너지 수요관리(제7조 내지 제10조), 에너지 사용제한(제13조) - 에너지센터 설립(제20조), 에너지기금 설치 및 운용(제21조) - 행정 및 세제·재정지원 등(제22조) - 에너지 빈곤층 등 지원(제27조), 에너지 자립마을 조성(제28조)
강원도	- 지역에너지계획 수립(제6조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제7조) - 부문별 에너지 절약(제9조 내지 제9조의4) - 신재생에너지 개발 및 보급 확대(제9조의5) - 재정지원 등(제12조)

지자체명	주요 내용
충청북도	- 지역에너지계획 수립(제10조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제11조) - 에너지위원회(제12조 내지 제17조) - 에너지부문별 시책(제18조 내지 제21조) - 신재생에너지 보급 확대(제22조) - 재정지원(제23조)
충청남도	- 에너지위원회(제10조 내지 제17조) - 행정 및 재정지원 등(제18조)
전라북도	- 지역에너지계획 수립(제9조) - 에너지위원회의 구성(제11조 내지 제17조) - 에너지 부문별 시책(제18조 내지 제21조) - 건축물의 냉난방 온도 관리(제22조 내지 제26조) - 재정지원(제27조)
전라남도	- 지역에너지계획 수립(제7조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제8조) - 에너지위원회(제9조 내지 제14조) - 에너지 부문별 시책(제15조 내지 제18조) - 건축물의 냉난방온도 관리(제19조 내지 제22조) - 신재생에너지 이용 의무화(제23조 내지 제24조) - 재정지원(제25조)
경상북도	- 지역에너지계획 수립(제5조) - 부문별 에너지 시책(제11조 내지 제14조) - 신재생에너지 보급(제15조 내지 제16조) - 세제·재정지원 등(제17조)
경상남도	- 지역에너지계획 수립(제7조), 에너지이용합리화실시계획 수립(제8조) - 에너지 부문별 시책(제15조 내지 제18조) - 재정지원(제19조)
제주특별자치도	- 지역에너지계획 수립(제8조) - 부문별 에너지 절약(제9조 내지 제12조) - 신재생에너지원 조사(제13조) - 에너지위원회(제14조 내지 제19조) - 세제·재정지원 등(제20조)

- 그러나, 지방자치단체의 에너지 조례가 지역의 특성이나 다양한 수요를 반영하지 못하고 있으며, 지역에너지 자급률과 같은 기본적인 목표나 방향을 제시하고 있지 않아 독립적인 에너지 정책 추진의 근거가 되기에는 미흡한 상황임.

- 또한, 에너지 (기본) 조례에는 에너지 전환을 위한 구체적인 시책이나 제도가 부족한 경우가 많으며, 강행 규정이 포함된 경우에도 의무 위반에 대한 별도의 제재수단을 규정하고 있지 않아 선언적 의미만을 갖는다는 점에 한계가 존재함.

지방자치단체의 독자적인 에너지 관련 조례 운영 현황

- 서울특별시, 경기도 등은 에너지 (기본) 조례 외에도 신재생에너지 및 에너지 이용합리화 지원이나, 에너지 관련 기금 설치, 에너지공사 등 설립 및 운영 등에 대한 별도의 조례를 마련 및 운영하고 있음(표 9 참조).

- 서울특별시, 전라남도, 제주특별자치도는 지방공기업을 통해 에너지 전환 정책을 추진하고 있으며, 공사 설립 및 운영에 관한 별도의 조례를 두고 있음.

- 인천광역시, 경기도, 강원도, 경상북도, 서울특별시 노원구, 울산광역시 울주군, 강원도 인제군은 에너지 사업을 위한 기금이나 특별회계 설치·운영을 위한 조례를 제정하고, 일반회계 출연금, 수익금 및 신재생에너지공급인증서 등의 지분 판매 수입금, 기금 운용 수입금 등으로 재원을 조성하여 고효율 에너지기자재 등의 지원 사업, 신재생에너지 보급 장려 등의 사업을 지원하고 있음.

〈표 9〉 분야별 에너지 관련 조례 운영 현황

구 분	주요 내용
신재생 에너지 및 에너지 이용합리화 지원	- 에너지 프로슈머 활성화 지원 조례(경기도) - 신재생에너지 보급 촉진 지원 조례(광주광역시) - 에너지 절약 및 이용합리화 조례(서울특별시 종로구) - 에너지이용합리화와 온실가스 배출감소를 위한 조례(부산광역시 해운대구) - 친환경에너지 시설 보급 촉진에 관한 조례(광주광역시 북구) - 신재생에너지 보급 지원 조례(광주광역시 서구) - 재생에너지 개발 촉진에 관한 조례(인천광역시 동구) - 집단에너지 확대보급을 위한 지원 조례(경기도 성남시) - 신재생에너지 이용·보급·촉진에 관한 조례(경기도 연천군) - 신재생에너지설비 보급사업 지원 조례(강원도 삼척시) - 농업시설 신재생에너지 설비 융자금 이차보전에 관한 조례(강원도 삼척시) - 단독주택 청정에너지 공급사업 보조금 지원에 관한 조례(전라북도 전주시) - 신재생에너지 보급 지원 조례(전라남도 나주시) - 신에너지 및 재생에너지 지원 조례(전라남도 담양군) - 신재생에너지 발전사업 지원 및 육성에 관한 조례(전라남도 해남군)

구 분	주요 내용
에너지 관련 기금 설치	- 에너지사업기금 설치 및 운용 조례(인천광역시) - 에너지기금 설치 및 운용 조례(경기도) - 신재생에너지사업 특별회계 설치 및 운영 조례(강원도) - 에너지사업육성기금 설치 및 운용 조례(경상북도) - 에너지제로주택사업 특별회계 설치 및 운영 조례(서울특별시 노원구) - 에너지융합 일반산업단지 조성사업 특별회계 설치 및 운영 조례(울산광역시 울주군) - 신에너지 및 재생에너지 발전사업 특별회계 설치 및 운용 조례(강원도 인제군)
공사 등 설립 및 운영	- 에너지공사 설립 및 운영에 관한 조례(서울특별시) - 그린에너지 주식회사 설립 및 운영에 관한 조례(부산광역시) - 인천종합에너지 주식회사 운영 조례(인천광역시) - 녹색에너지연구원 설립 및 운영 조례(전라남도) - 제주에너지공사 설립 및 운영 조례(제주특별자치도) - 서남권청정에너지기술연구원 설립 및 운영 지원 조례(전라남도 목포시) - 에너지사업기금 설치 및 운용 조례(전라북도 전주시) - 신에너지 및 재생에너지 발전사업 특별회계 설치 및 운영 조례(경상남도 함양군)
기타	- 에너지 복지 조례(부산광역시) - 집단에너지 공급시설의 관리·운영에 관한 조례(부산광역시) - 에너지밸리 조성 조례(광주광역시) - 신재생에너지 전시관 관리 및 운영 조례(강원도) - 부안 신재생에너지단지 분양 및 운영 조례(전라북도) - 에너지밸리 조성 지원 등에 관한 조례(전라남도) - 울릉도 친환경에너지자립섬 조성 특수목적법인 설립 및 출자 등에 관한 조례(경상북도) - 고덕천 에너지마루 운영 조례(서울특별시 강동구) - 신재생에너지 홍보관 관리·운영 조례(경기도 구리시) - 에너지사용자 등에 대한 과태료 징수 조례(경기도 의정부시) - 클린에너지파크 운영·관리 조례(충청북도 충주시) - 에너지밸리 지원에 관한 조례(전라남도 나주시) - 신재생에너지 전시관 관리 및 운영 조례(경상북도 영덕군) - 에너지 자립도시 조성 조례(경상남도 거창군) - 울릉군 친환경에너지자립섬 조성 특수목적법인 설립 및 출자 등에 관한 조례 (경상북도 울릉군)

- 저탄소 녹색성장 기본조례는 중앙 정부가 제시한 표준조례안을 따른 경우가 대부분이지만, 지역 특성에 맞춰 특성화된 조례를 제정·운영하고 있는 지방자치단체도 존재함.

2. 지방자치단체만의 독자적인 에너지 전환 정책 추진

서울특별시 원전하나줄이기

- 서울특별시는 2012년 4월 원전하나줄이기 종합대책을 통해 2014년까지 에너지 생산 및 절감을 통해 원전 1기가 생산하는 에너지량인 200만 TOE를 대체하겠다고 선언하였으며, 동 대책은 6개 분야에 21개 정책 과제, 78개 사업으로 구성(표 10 참조).

〈표 10〉 서울시 원전하나줄이기의 정책 과제

분 야	정책 과제
신재생에너지 확대	- 도시 전체가 태양광발전소인 햇빛도시 건설 - 수소연료전지 등 활용 주요 시설 에너지 자립 확보 - 버려지던 열에너지 활용, 지역난방 공급 확대 - 신축건물 신재생에너지 생산 확대
건물부문 에너지 효율화	- 신축건물 에너지총량제 등 설계기준 강화 - 건물 에너지효율 개선 사업 확대 - 건물 에너지 컨설팅 및 우수 건물 인증 확대 등 - LED 보급의 획기적 확대
친환경 고효율 수송시스템 구축	- 카 셰어링 사업 확산 - 승용차 이용 억제 - 대중교통 이용 활성화를 위한 인프라 지속 개선 - 친환경 운전문화 확산
에너지 분야 녹색 일자리 창출	- 사회적 기업 발굴 및 육성 등 창업 지원 - 중소중견기업 경영지원 강화 - 우수기업, 제품, 일자리 정보망 구축 및 운영
에너지 저소비형 도시공간 구조로 개편	- 에너지 저소비형 도시공간을 위한 컴팩트시티 구축 - IT와 조명의 접목을 통한 스마트 조명 도시 구현
에너지 저소비 실천 시민문화 창출	- 시민 주도 에너지 절약 실천 운동 전개 - 공공부문 에너지 감축 및 규제 강화 - 원전 하나 줄이는 착한 에너지 홍보 강화 - 원전하나줄이기 지원 기구 설치 및 운영

- 2014년 7월 원전하나줄이기 2단계 계획을 수립하여 총 에너지 생산 및 절감 400만 TOE, 2020년까지 에너지 자립률 20%, 온실가스 감축 1천만 톤 감축을 목표로 제시함(표 11 참조).

〈표 11〉 에너지살림도시, 서울의 정책 과제

분 야	정책 과제
에너지 분산형 생산도시	- 시민햇빛발전으로 건강하고 깨끗한 전기생산 - 서울형 건물 미니발전소 등 분산형 전원 보급 - 버려지는 에너지 적극 발굴 활용
혁신으로 좋은 에너지 일자리	- 초록특별시, 서울형 녹색에너지 산업 육성 - 에너지 생산·효율화 정책이 일자리로 - 창업지원부터 기술개발, 판로확보까지
효율적 저소비 사회구조	- 건축물 에너지 진단과 설계기준 강화 - 시장원리 도입으로 에너지 효율화 투자의 주택가치 반영 - LED 빛 도시 서울, 공공시설 100% 도입 - 사람중심 에너지 절약형 교통환경 조성 - 자원을 절약하는 시민생활 문화 정착 - 기후에너지 지도 제작, 도시계획 단계 반영
따뜻한 에너지 나눔 공동체	- 취약계층 에너지 기본권 보장 및 지원 - 에너지수호천사단, 자립마을 등 에너지 공동체 확산

- 신재생에너지법에 근거하여 운영되던 발전차액지원제도가 폐지되었으나, 일조량 부족으로 인한 수익률 저하 문제를 보완하기 위해 『서울형 발전차액지원제(FIT)』를 도입하고 있음.

- 서울특별시는 2012년 4월부터 2016년 12월까지 재생에너지 생산 확대 및 에너지 절약을 통해 원자력발전소 1기가 생산하는 에너지량을 절감하려는 원전하나줄이기 정책을 통해 366만 TOE의 에너지 생산 및 절감 및 819만 톤 CO_2eq의 온실가스 감축 성과를 달성함.

경기도 에너지비전 2030

- 경기도는 2015년 6월 3대 혁신전략, 10대 핵심 사업의 중점 추진을 통해 2030년까지 전력자립도 70%, 2030년 소비 전력의 20% 감축, 신재생에너지 비중(전력) 20%를 목표로 하는 경기도 에너지비전 2030을 발표(표 13 참조).

〈표 13〉 경기도 에너지비전 2030의 주요 내용

3대 혁신 전략	10대 핵심 사업
도민과 기업이 함께하는 에너지 효율 혁신	- 공공기관과 아파트 전체 조명을 100% LED로 교체 - 모든 신축 공공청사는 에너지 자립 건물로 - 노후산단 중심 그린 리모델링 및 생태산업단지 조성 - 컨설팅에서 사후관리까지 에너지 원-스톱 서비스
안전하고 깨끗한 에너지 생산 혁신	- 공공청사, 공장, 주택, 학교, 농장을 발전소로 - 주민과 이익을 나누는 에너지타운 조성
ICT와 융합한 에너지 신산업 혁신	- 제2판교를 IoT와 에너지가 융합된 혁신허브로 조성 - 경기도 북부에 에너지 클러스터 조성 - 도시가스 미공급지역 중심으로 에너지자립 스마트시티 조성 - ICT 융합 에너지 강소기업 육성

3 지방자치 조직 혁신을 통한 에너지 전환

기후변화 및 에너지 정책의 통합 관리를 위한 조직 개편

- 17개 광역지방자치단체 중 서울특별시를 제외한 16개 시·도는 과나 팀 단위로 에너지 관련 업무를 수행하고 있으며, 기후변화 대응 업무는 환경 관련 조직에서 별도로 수행하고 있음.

- 특히, 서울특별시는 2006년 조직 개편을 통해 환경국, 산업국, 맑은환경추진본부 등 여러 부서에 분산되어 있던 에너지 관련 업무를 총괄하는 조직으로 맑은환경본부를 신설하였으며, 2008년에는 맑은환경본부 산하에 에너지정책담당관을 신설하여 신재생에너지 보급 촉진, 에너지 효율 개선, 기후변화 대응과 관련된 종합적인 정책 수립을 담당하도록 함.

- 현재는 에너지를 기후변화 및 환경 부문과 묶어 환경정책과, 대기정책과, 기후대기과, 녹색에너지과, 자원순환과, 생활환경과, 에너지시민협력과로 구성된 기후환경본부 체계를 운영하고 있으며, 이 중 녹색에너지과와 에너지시민협력반은 원전하나줄이기 종합대책의 실행 목적으로 조직 개편을 통해 신설함.

〈표 14〉 서울특별시 에너지 관련 조직 변천 현황(2007~2014)

연도	조 직 명	에너지 정책 관련 성과 목표
2007	맑은서울추진본부 (3담당관 1반, 78명)	양질의 행정서비스 제공을 위한 대기질 개선 기반 구축
2008	맑은환경본부 (7담당관, 221명)	신재생에너지 보급 확대 및 에너지이용합리화
2009	맑은환경본부 (7담당관, 220명)	
2010	맑은환경본부 (6담당관, 245명)	
2011	맑은환경본부 (5담당관, 1사업소, 248명)	
2012	기후환경본부 (6과, 1사업소, 237명)	신재생에너지 보급 확대 및 에너지이용합리화 환경협력의 사전예방기능 강화 에너지 절약과 생산으로 원전하나줄이기
2013	기후환경본부 (6과, 1반, 241명)	
2014	기후환경본부 (6과, 1반, 235명)	

※ 출처: 이주헌, 2017.

지방공기업을 통한 에너지 전환 정책 추진

- 현재 서울특별시(서울에너지공사), 경기도(경기도 에너지센터), 전라남도(녹색에너지연구원), 제주특별자치시(제주에너지공사) 등 일부 광역지방자치단체에서는 지방공기업을 설립하여 운영하고 있음.

- 서울에너지공사는 집단에너지사업은 물론 태양광 발전사업, 연료전지 발전사업, 에너지 프로슈머 사업 등의 신재생에너지사업을 추진하며, 공사의 정책에 대한 거버넌스 기능 및 시민 참여를 통한 공공성·효율성 확대를 위해 시민위원회를 운영하고 있음.

- 경기도 에너지센터는 경기도 에너지비전 2030의 체계적·효율적인 실행을 위한 정책기구로서, 민간에너지 투자 촉진사업, 에너지 비전확산 및 역량강화, 에너지 네트워크 구축사업, 에너지데이터센터 구축사업 등을 추진하고 있음.

- 제주에너지공사는 제주특별자치도의 에너지의 기술 개발, 이용 및 보급 촉진을 위해 설립된 제주특별자치도청 산하 지방 공기풍력발전 운영관리, 에너지 기술연구 등을 주요 사업으로 추진하고 있음.

시민사회단체와의 협력을 통한 신재생에너지 정책의 확산

- 에너지나눔과평화, 부산기후변화에너지대안센터는 시민, 지방자치단체, 기업, 비영리단체 등 다양한 사회 주체 간의 협력을 통해 발전소를 설치한 후 운영 수익을 장학금이나 빈곤층 지원 등에 활용하고 있으며, 서울특별시, 대전광역시, 경기도 안산시 등에서 시민발전소 건설을 위한 기금 모집을 추진 중임.

- 에너지시민연대는 에너지 절약 100만 가구 운동을 통해 매년 참여할 아파트 및 기관·시설을 선정하여 실천단을 조직하고, 에너지 진단 및 컨설팅, 교육, 절전제품 보급, 캠페인, 전기사용량 모니터링 등의 활동을 진행함.

Ⅲ. 신기후체제 하 에너지 전환을 위한 지방자치단체의 법제도적 과제

1. 에너지 기본법 중심의 에너지 법제 체계 재정립

- 저탄소 녹색성장기본법에서 다루고 있는 에너지 정책 관련 내용은 에너지 정책의 기본원칙 및 국가에너지 기본계획 수립에 그치고 있어, 에너지 정책에 관한 포괄적인 기본법으로서의 역할을 수행하기에는 체계적으로 미비함.

- 현행 에너지법은 (구)에너지기본법에서 포섭하고 있었던 에너지 정책의 기본원칙, 국가에너지 기본계획 등의 내용이 삭제되어 규범적 역할에 한계를 가지고 있음.

- 에너지 기본법 중심으로 에너지 법령 체계를 재정립하는 한편, 에너지기본법 내 에너지 정책 및 에너지 관련 계획의 수립·시행에 있어 기본 원칙으로 지방자치단체와의 적극적인 협력에 관한 내용을 명시해야 함.

- 또한, 저탄소 녹색성장기본법에는 기후변화 및 에너지와 관련한 녹색성장 5개년 계획, 에너지 기본계획, 기후변화대응 기본계획의 수립 근거가 마련되어 있으나, 계획 기간 및 수립 주체가 상이한 반면 주요 내용은 유사한 점이 많아 연계성 및 정합성 확보가 필요함(표 15 참조).

〈표 15〉 기후변화·에너지 관련 기본계획의 현황

구 분	녹색성장 5개년 계획	에너지 기본계획	기후변화대응 기본계획
수립 시기	2차(2014~2018)	2차(2014~2035)	1차(2017~2036)
수립 주체	국무조정실	산업통상자원부	국무조정실
근거 법령	저탄소 녹색성장기본법 제9조	저탄소 녹색성장기본법 제41조	저탄소 녹색성장기본법 제40조
계획 기간	2050년까지 매 5년마다 수립	계획기간 20년 매 5년마다 수립	계획기간 20년 매 5년마다 수립

- 특히, 국가에너지 기본계획은 에너지 정책의 최상위 국가 전략으로서 에너지 정책 및 관련 계획 수립에 있어 원칙 및 방향을 제시할 수 있어야 하며, 에너지 관련 타 계획과의 체계적 정합성이 확보되어야 함.

2. 재생에너지 보급 확대를 위한 지원 강화

소규모 발전사업자를 위한 발전차액지원제도 재도입

- 우리나라에서는『신재생에너지 의무비율할당제(Renewable Portfolio Standard, RPS)』의 도입으로 발전차액지원제도를 폐지하였으나, 신재생에너지 보급이 확대될 때까지 시장 성장을 촉진하기 위한 지원책으로 발전차액지원제도의 재도입을 적극 고려할 필요가 있음.

- 독일은 태양광 등 재생에너지로 전력을 생산하는데 소요되는 발전 단가가 화력연료 발전 단가와 일치하는 지점인 그리드패리티(Grid Parity)에 도달하였고, 2015년 기준 신재생에너지 비중이 14.9%에 달하는 등 관련 산업의 경쟁력이 확보된 상태에서 발전차액지원제도를 축소한 것으로 우리나라의 상황과는 차이가 존재함.

- 발전차액지원제도 폐지 이후 발전용량 100킬로와트 이하의 소규모 신재생에너지 발전사업자는 수익성이 악화되면서, 시민이 자발적으로 운영하는 시민발전소, 마을에너지사업, 시민출자형 태양광 협동조합 등 지방자치단체에서 추진하는 소규모 발전사업이 위축됨.

- 현재 소규모 발전사업자에게 발전차액의 전부 또는 일부를 지원할 수 있는 근거를 마련하는 내용의 신재생에너지법 일부개정법률안(손금주의원 대표발의, 고용진의원 대표발의, 우원식의원 대표발의, 홍익표의원 대표발의, 정운천의원 대표발의)이 계류되어 있어 개선이 기대됨.

지방자치단체의 신재생에너지 설치 규제에 대한 개선

-「지방자치법」제22조에서는 지방자치단체는 법령의 범위 안에서 그 사무에 관하여 조례를 정할 수 있고, 주민의 권리 제한 또는 의무 부과에 관한 사항이나 벌칙을 정할 때에는 법률의 위임이 있어야 한다고 규정하고 있음[8].

8) 주민의 권리 제한 또는 의무 부과에 관한 사항이나 벌칙을 규정함에 있어서는 법률의 위임이 있어야 하므로, 법률의 위임 없이 주민의 권리 제한 또는 의무 부과에 관한 사항을 정한 조례는 효력이 없음(대법원 2012. 11. 22. 선고 2010두19270 판결).

- 일부 지방자치단체는 신재생에너지 조례의 제·개정을 통해 신재생에너지 시설의 개발행위허가 시 이격거리에 관한 규정을 마련하는 등 인·허가 및 입지 규제를 강화하고 있음.

- 한편, 최근 국회에서는 일정 규모 이상의 발전사업 허가 시 전기위원회의 심의 전에 지역 주민이 참여하는 공청회를 실시하도록 하고, 풍력발전소는 주민 거주 지역으로부터 1㎞ 이상 이격하도록 하는 내용의 「전기사업법」 일부개정법률안이 발의됨.

3. 효과적인 에너지 전환을 위한 지역인프라 구축의 제도적 과제

- 중앙정부 집중형 보급 중심의 양적 정책 방향에서 탈피하여 지역에너지 체계를 구축하고 질적 정책을 강화하는 방향으로 패러다임을 전환해야 하며, 분산형 지역에너지 정책 실현을 위해 기 제정된 에너지 조례의 개정 및 제정이 필요함.

- 지방자치단체는 분산형 에너지 시스템 도입을 위해 온실가스 배출 및 에너지 소비를 직접 관리하는 주체이며, 국가 차원의 기후변화 및 에너지 관련 계획 수립 등의 의사결정과정에 참여가 실효적으로 보장되어야 함.

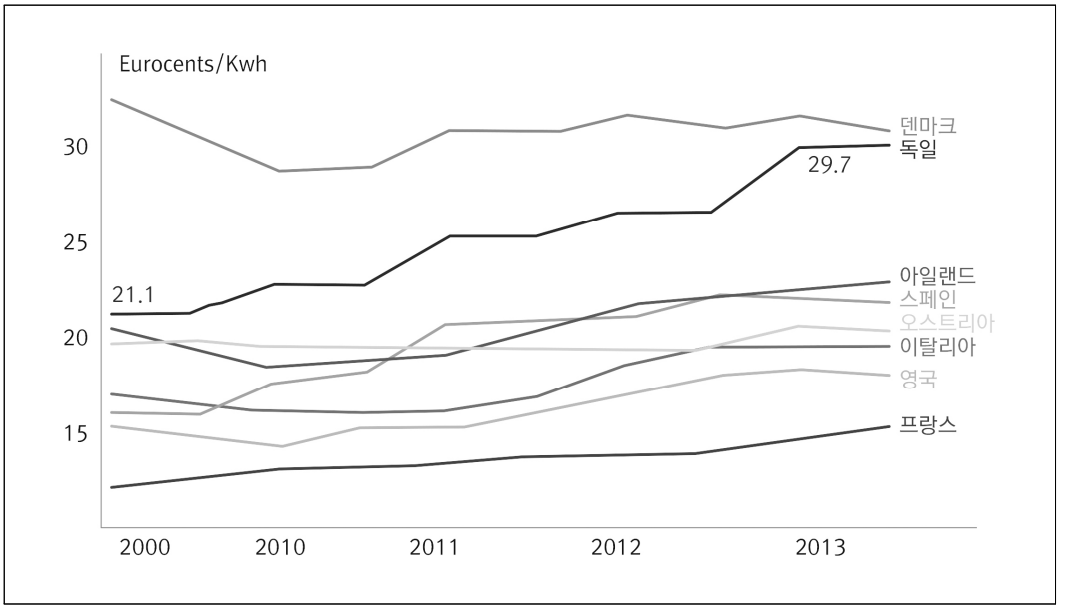
- 2017년 12월 서울특별시는 “태양의 도시”를 선언하고 서울특별시 내의 공동주택에 100만개의 소형태양광발전시설을 보급·설치하겠다고 발표하였고, “빌딩에너지관리시스템(BES)”이나 “공개공지에 대한 태양광시설 설치의 의무화” 등을 에너지관리의 효율성과 에너지전환을 시의 중점 정책으로 추진하려 하나 이와 관련된 국가의 법령, 즉 「공동주택관리법」이나 「건축법」 등 기존 제반법령들의 규정으로 인해 제도개선과 에너지정책 실현에 곤란을 겪고 있는 바, 이와 같이 에너지 전환이나 신재생에너지 보급확대 등을 규범적 전제로 설정하고 있지 못한 법령들에 대한 체계적 정비가 필요한 실정임.

4. 중·장기적인 관점의 전기요금 체계 개편

- 에너지경제연구원에서는 현 정부의 脫원전-脫석탄 시나리오가 현실화될 경우 2030년 발전 비용은 2016년 대비 21%(11조 6천억 원) 증가할 것으로 전망하고 있음.

- 독일의 경우 전력가격이 도매요금 및 연계 비용, 송전 비용, 세금, 부가가치세, 재생에너지 부담금으로 구성되며, 가동 중단된 원전설비의 전력생산량을 석탄화력 및 신재생에너지로 대체함에 따라 소비자가 납부하는 재생에너지부담금 비중이 높아지게 됨.

[그림 7] 유럽 국가의 주거용 전력가격 추세



※ 출처: 한전경제경영연구원, 2015.9.

- 신기후체제 대응을 위한 탈원전, 신재생에너지 확대 등 에너지 정책 패러다임의 변화는 전기요금의 인상을 가져올 수밖에 없으며, 사용 용도에 따라 계약종별(주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농사용, 가로등)로 구분하는 용도별 차등요금제, 주택용 전기요금 누진제, 가정용보다 저렴한 산업용 전기요금에 대한 개선이 전제되어야 함.

Ⅳ. 결 론

- 최근 전 세계적으로 기후변화를 원인으로 하는 재해가 빈번하게 발생함에 따라, 교토의정서 이후 체제로서 파리협정이 발효되는 등 기후변화에 적극적으로 대응하기 위한 국제적인 노력이 진행되고 있음.

- 우리나라는 2030년 BAU 대비 37%(국내 감축 25.7%, 국외 감축 11.3%)의 국가온실가스 감축목표를 수립하여 UNFCC에 INDC로 제출하였으며, 기후변화 대응 체계 개편, 기후변화대응 기본계획 및 2030 국가온실가스 감축 기본로드맵 수립 등 정책적인 대응을 추진하고 있음.

- 주요국에서는 원자력 발전 비중을 축소하고 재생에너지 비중을 확대하기 위한 지원을 확대하는 한편, 관련 법제 개선을 통해 온실가스 배출량을 저감하기 위한 에너지 전환 정책을 추진하고 있으나, 태양광 발전 편중, 전기요금 상승으로 인한 가계 부담 증가, 원전 폐쇄로 인한 이산화탄소 배출량 증대 등 여러 경제·사회·환경적 문제도 발생하고 있어 국내 정책 수립에 시사하는 바가 큼.

- 우리나라의 신재생에너지 공급량은 2008년부터 2015년까지 지속적으로 증가하는 추세이나, 2015년 기준 공급 비중은 전체 에너지 공급량의 4.6%에 불과하며, 이 중 폐기물 에너지의 점유율이 63.5%에 달하고 있어 개선이 요구되는 상황임.

- 우리나라의 에너지 법제는 「저탄소 녹색성장기본법」과 「에너지법」을 주축으로 하여, 에너지 정책, 에너지(원)의 이용 및 관(석탄, 석유, 가스, 전기)리, 에너지 세제, 에너지 관련 기관의 설립 및 운영, 기타 분야에서 다양한 법령으로 구성되어 있음.

- 종래에는 「에너지기본법」이 에너지 전체를 총괄하는 법률로 마련되어 있었으나 2010년 「저탄소 녹색성장기본법」의 제정으로 「에너지기본법」의 핵심 내용이 이관되었으며, 「저탄소 녹색성장기본법」 및 현행 「에너지법」내에도 지방자치단체에 대한 규정은 책무, 지방자치단체 관련 계획 수립 등 몇 개 조항에 불과한 상태임.

- 또한, 지방자치단체는 국가에너지 기본계획 수립 등 에너지 정책에 대한 의사결정과정에 참여하지 못하고 있으며, 지역에너지계획은 전체적인 체계가 획일적으로 규정되어 있어 지역별로 상이한 사업 추진 현황을 반영하지 못하고 있음.

- 한편, 서울특별시, 경기도 등 일부 지방자치단체는 에너지 기본 조례는 물론 에너지 기금 설립 등 에너지 관련 조례 제정, 지방자치단체만의 독자적인 에너지 전환 정책 추진(원전하나줄이기, 경기도 에너지비전 2030), 기후변화 및 에너지 정책의 통합 관리를 위한 조직 개편 및 지방공기업 설립, 시민단체와의 협력을 통한 신재생에너지 정책 수립 및 확산 등 의미 있는 행보를 가속화하고 있음.

- 특히 서울특별시는 “원전하나줄이기” 정책의 시행과 나아가 “태양의 도시 선언”을 통해 신재생에너지 보급확대 및 에너지 전환을 본격화 하고 있고, 에너지를 기후변화 및 환경 부문과 통합한 기후환경본부의 체계적 운영하고 있으며, “서울형 발전차액지원제도”의 도입 등 에너지 전환을 위한 독자적인 구조적 및 정책적 노력을 추진하고 있음.

- 요컨대, 화석에너지 및 원자력에너지 중심의 중앙집중적 에너지 체계가 아닌 지역에너지로의 전환이 필요하며, 신재생에너지를 중심으로 한 에너지 전환은 중앙 정부와 지방자치단체 간의 유기적인 협력을 통해서만 달성할 수 있음.

- 이 글에서는 신기후체제 하 에너지 전환을 위한 지방자치단체의 법제도적 과제로, 에너지 기본법 중심의 에너지 법제 체계 재정립, 재생에너지 보급 확대를 위한 규제 완화 및 지원 강화, 분산형 에너지 시스템 도입을 위한 인프라 구축, 중장기적인 관점의 전기요금 체계 개편을 제시하였음.

- 최근 서울특별시, 경기도, 충청남도, 제주도는 지역의 에너지 자립도 향상을 위해 원자력과 석탄을 대체하고 에너지 신산업 육성 등 지역에너지 정책 활성화를 위해 적극정인 정책을 발굴·시행하고 중앙정부와의 협력 가운데 지역에너지 전환을 공동 선언하는 등 에너지 정책 결정과정에 적극 참여하고 있으나 이를 현실화 시킬 수 있는 법제 개혁이 수반되지 못함으로 상당한 법제적 제한을 받고 있음.

- 또한, 국회에서도 기후변화대응법을 제정하는 한편 지속가능발전법과 에너지법을 기본법적 지위로 환원하는 연계 입법이 계류 중에 있어 에너지 법제의 체계 개편에 대한 긍정적인 결과가 기대되는 상황임.

- 신기후체제에 대응하기 위해 재생에너지를 중심으로 한 분산형 발전으로 나아가기 위해서는 지방자치의 실현 방안으로서 에너지 분권에 대한 논의 및 정책 수립이 요구되며, 지방자치단체의 권한을 확대하고 중앙정부 주도의 사업별 지원 방식에서 포괄보조금으로의 전환을 통한 재정 확보가 전제되어야만 함.

참고문헌

< 논문 >

강지현, 프랑스 에너지전환법의 주요 내용 및 시사점, KIET 산업경제, 산업연구원, 2015.4.

관계부처 합동, 제1차 기후변화대응 기본계획, 2016.12.

김건식, 국내 신재생에너지 보급의 문제점과 개선방안, 국회입법조사처, 2014.5.

김길환, 파리협정 채택과 우리나라의 대응방향, 과학기술정책 제211호, 과학기술정책연구원, 2016.2.

김봉금, 독일 에너지전환 정책의 추진 배경 및 전망, 세계 에너지시장 인사이트 제13-22호, 에너지경제연구원, 2013.6.

김은정, 에너지관련 정책과 법제의 개선방안에 관한 연구, 법제, 2016.6.

산업통상자원부·에너지경제연구원, 2016 지역에너지통계연보, 2016.

송용주, 독일 에너지전환 정책의 추이와 시사점, KERI Brief, 한국경제연구원, 2016.3.

양의석·김아름·김비아, 독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건, 세계에너지시장 인사이트 제17-28호, 2017.8.

윤순진, '저탄소 녹색성장'의 이념적 기초와 실재, ECO 제13권 제1호, 한국환경사회학회, 2009.

윤영주, 프랑스 에너지전환법안의 논의 과정과 주요 쟁점, 세계에너지시장 인사이트 제15-9호, 에너지경제연구원, 2015.3.

이주헌, 대안적 에너지 정책에 대한 탐색: 서울시 원전하나줄이기 정책과 거버넌스의 역할, 의정연구 제50권, 한국의회발전연구회, 2017.

최봉석, 원자력에너지에 대한 미국법의 대응과 시사점, 미국헌법연구 제25권 제1호, 미국헌법학회, 2014.4.

---- , 저탄소 녹색성장기본법(안)과 지방자치단체의 대응, 자치행정, 한국지방자치연구소, 2009. 7.

---- , 지역에너지관리에 관한 입법과제, 시민과 도시, 서울특별시, 2007. 12.

---- , 에너지에 관한 기본법제의 현황과 과제, (계간)석유, 한국석유공사, 2006. 12.

---- , 전력공급체계의 법적 문제점과 분산형전원보급확대, 전기학회지, 대한전기학회, 2006. 1.

< 정부자료 >

관계부처 합동, 제1차 기후변화대응 기본계획, 2016. 12.
산업통상자원부·에너지경제연구원, 2016 지역에너지통계연보, 2016.
한전경영경제연구원, 獨, 에너지전환 정책에 따른 전력산업의 위기, 2015.9.

< 외국문헌 >

Choi B. S., Aktuelle Rechtsinstitutionen und Reformsaufgaben über Energie-Politik bezüglich in Korea, Our Planet Bd.2004-01, UNEP, 2005. 1.
Fichtner W., Emissionsrechte, Energie und Produktion, ESV Frankfurt, 2015.
Germer/Loibl(Hrsg.), Enerierecht Handbuch, 4.Aufl. ESV Frankfurt, 2014.
Koenig C./Kueling J./Rachbach W., Energierecht, UTB 2738, Berlin, 2006.
IEA, Energy Policies of IEA Countries-Germany 2013 Review, 2013.

< 언론보도 >

동아일보, "[데이터 비키니]'탈 원전'가능할까? ... 원전 발전량 1위 프랑스, 한국은?"
http://news.donga.com/East/MainNews/3/all/20171025/86948722/1
(최종방문일 2017.12.14.)

CHAPTER
3

에너지분야 빅데이터 활용현황 및 육성방안

기 서 진 (광주과학기술원 교수)
오 병 철 (국제기후환경센터 책임연구원)

Ⅰ. 서 론

○ 에너지, 기후변화 및 지능정보 시대

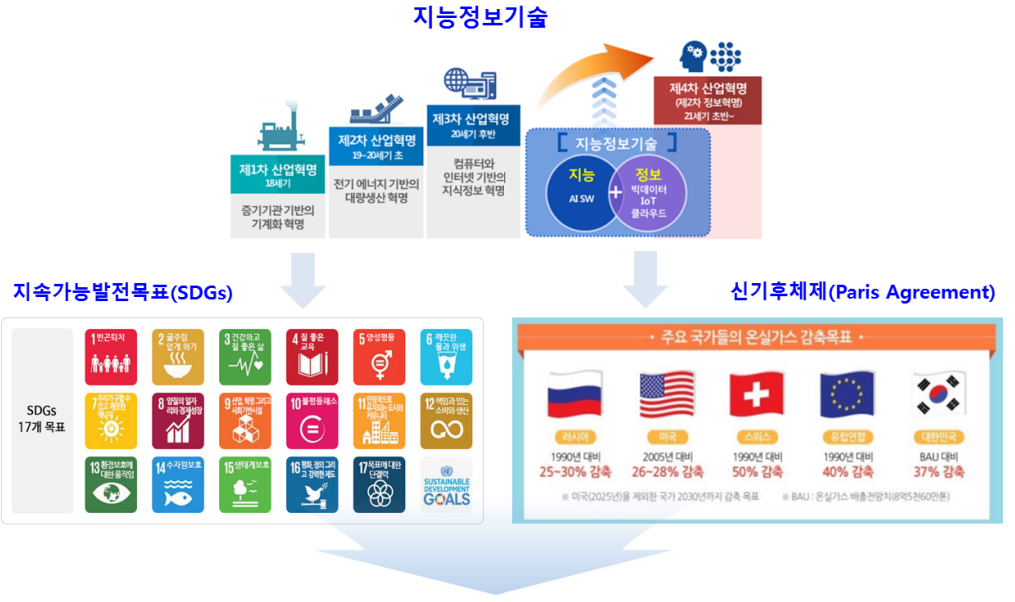
- 최근 국제사회는 지구환경 보호, 경제 및 사회 양극화를 해소하기 위한 협력방안으로 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)를 수립하고 신기후체제(Paris Agreement)의 출범을 확정함.

- 지속가능발전목표(SDGs)는 유엔(United Nations, UN)과 국제사회가 각국 공통의 지속가능발전 위협요인들을 완화해 나가기위해 (새천년개발목표 후속사업으로) 설정한 중장기 발전계획으로서, 에너지 분야는 17개의 목표 중 하나의 독립된 영역(목표 7. 모두에게 지속가능한 에너지 보장)으로 설정될 만큼 매우 중요한 주제로 부각 됨.

- 파리협정은 선진국 및 개도국 모두가 전 지구적인 기후변화 대응에 참여하고자 (교토의정서 후속으로) 새롭게 채택한 규범으로서, 현재 우리나라의 경우 국제사회에 약속한 온실가스 감축 목표(2030년까지 배출전망치 대비 37% 감축)의 원활한 이행과 신기후체제의 일원으로서 국제사회의 대응노력에 적극 동참하기 위한 다양한 에너지 관련 기술개발과 촉진정책들을 추진 중에 있음.

- 4차 산업혁명 기술은 기술, 산업, 경제 및 사회 전반에 광범위한 혁신과 변화를 초래할 것으로 전망되고 있으며, 특히 정보통신기술 또는 지능정보기술은 국제사회가 합의한 중장기 글로벌 아젠다를 해결하기 위한 미래 핵심기술로 부각되고 있음(그림 1 참조).

[그림 1] 에너지, 기후변화 및 지능정보와의 관계



참조 : 지속가능발전목표(SDGs)(Web sources 1); 신기후체제(Web sources 2); 지능정보기술(Web sources 3)

에너지 분야의 빅데이터 중요성

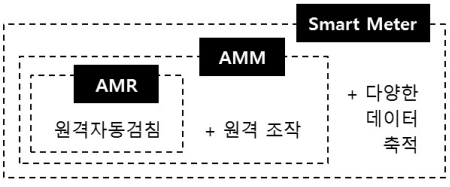
- 우리나라의 온실가스 배출량 감소 목표를 달성하기 위해서는 에너지 저소비형 경제사회구조로의 전환이 불가피하며, 대표적으로 대체에너지의 보급 확대, 저탄소 에너지원의 사용을 강화하는 정책과 함께 에너지 효율성 증대가 요구됨(산업통상자원부, 2016).

- 에너지의 효율적인 사용을 촉진하기 위해서는 에너지(생산, 전달, 소비) 전반에 실시간으로 수집되는 빅데이터와 이를 효과적으로 분석 및 활용하는 기술이 필수적이며, 이를 통해 크게 1) 에너지수요관리 프로그램의 효과 증대, 2) 증거기반(에너지수요관리) 의사결정체계 구축, 3) 다양한 새로운 비즈니스 모델 창출 등의 효과가 예상됨(산업통상자원부, 2016; 에너지경제연구원, 2014).

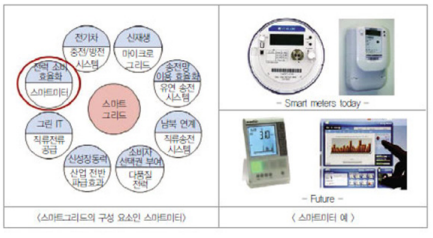
- [그림 2]는 에너지 분야의 다양한 종류의 빅데이터 중 스마트미터(Smart Meter) 또는 원격검침인프라(Advanced Metering Infrastructure, AMI)로부터 실시간으로 수집되는 정보(전력 사용)를 통해 에너지 분야의 신규 비즈니스(스마트그리드 포함)가 제공되는 과정을 나타냄.

- AMR(Automatic Meter Reading) : 에너지 사용량을 계량 후 데이터를 송신하는 미터(일방향 통신)
- AMM(Advanced Meter Management) : 에너지 사용량을 계량할 수 있고 원격제어가 가능한 미터(쌍방향 통신)
- Smart Meter(Advanced Meter Management) : AMM 기능 이외에 다양한 정보 축적 및 제공이 가능한 미터(예시 : 고객에게 정보 전달)

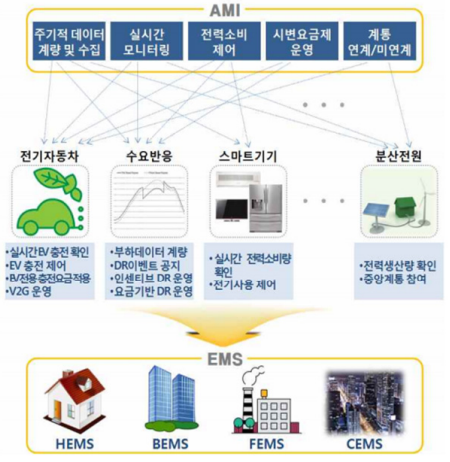
[그림 2] AMI, 스마트그리드 및 빅데이터와의 관계



스마트미터 (또는 원격검침인프라) 정의



스마트그리드와의 관련성



AMI 기반 빅데이터 활용 비즈니스 모델 적용 예시

HEMS(Home EMS) : 가정용 에너지관리시스템; BEMS(Building EMS) : 빌딩용 에너지관리시스템;
FEMS(Factory EMS) : 공장 에너지관리시스템; CEMS(City EMS) : 지역 에너지관리시스템

참조 : 한전경제경영연구원(2016); Web sources 4; Web sources 5

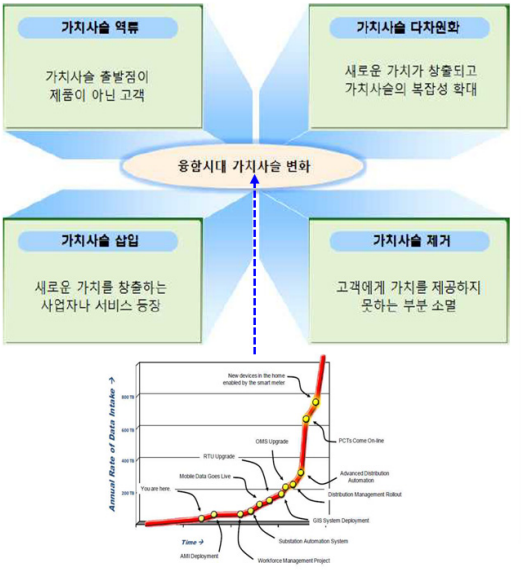
- 또한, 빅데이터는 에너지지능화를 가속화하여 에너지산업의 가치사슬을 변화를 유도하고 다양한 이해관계자를 출현시킬 것으로 전망되며, 보다 세부적으로는 에너지 프로슈머 증가, 플랫폼 영향력 증대, 데이터 급증과 분석가치 확대, 에너지 부분 신규 사업자의 진출 및 참여, 기존 전력사업자의 역할 변화, 신규 리스크 증가(위험관리 및 보안관제 등) 등과 같이 에너지 산업 전반에 막대한 변화를 줄 것으로 예상됨(그림 3; 에너지경제연구원, 2015).

- 따라서, 빅데이터를 포함한 정보통신기술은 에너지 산업의 경쟁력을 자원중심에서 기술력 중심으로 이동하는 중요한 매개체 역할을 할 것으로 전망(에너지경제연구원, 2014).

- 에너지, 기후변화 및 지능정보시대에 에너지분야의 빅데이터의 중요성이 전망됨에 따라 본 이슈페이퍼에서는 우선 국내외 기술개발 현황을 분석하고 국가 및 기업의 적용사례 조사하여 에너지분야 빅데이터 활용 및 육성 방안을 검토하고자 함

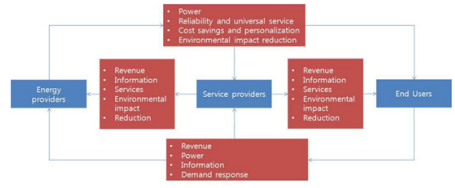
- 다음으로 에너지분야 빅데이터를 활용하고 있는 선진국과 국내에서 현재 도입하고 있는 제도, 정책, 그리고 법령 등을 검토하여 향후 에너지 분야 빅데이터 기술을 활용 및 육성에 있어 요구되는 사안을 논하고자 함

[그림 3] 빅데이터를 포함한 정보통신기술과 에너지 융합에 따른 에너지 산업변화 예시



특정 전력회사의 스마트그리드 구축에 따른 데이터 증대

에너지 산업 가치사슬 변화 (소비자 참여)



에너지 부분 잠재적 플랫폼

생태계 기능	참여자	플랫폼 제공자
탄소 저장 및 포집(CCS)	발전사, 탄소 제품 사용자	CCS 발전소 운영자
탄소 정보 공개	정부, NGO, 소비자, 전력사	제3 리포팅 (reporting) 기관
수요반응	소비자 및 사업체, 배전사	수요반응 기업
전기 자동차 충전	소비자, 전력 소매업자, 자동차 제조업체	공공장소 제공자 (상점, 주차장 등)
전력 비교 구매	소비자, 전력 소매업자, 광고업자	포털 제공자
전력 전달	전력소매업자, 에너지 사용자, 분산발전 제공자	송·배전 업체
에너지 거래	전력 소매업자, 에너지 사용자, 분산발전 제공자, 발전사	에너지 브로커/거래자
에너지 관리	소비자 및 사업체, 에너지관리서비스 제공자, 애플리케이션 및 콘텐츠 제공자	장비/시스템 제조사 또는 포털 제공자
에너지 저장	분산발전 제공자, 에너지 사용자	에너지저장시스템 운영자
정보 통합 (장비 기반)	소비자 및 사업체, 에너지 제품 및 서비스 제공자, 애플리케이션 및 콘텐츠 제공자	장치/시스템 제조사
정보 통합 (포털 기반)	소비자 및 사업체, 에너지 제품 및 서비스 제공자, 애플리케이션 및 콘텐츠 제공자	포털 제공자
재생 에너지 또는 탄소 배출권 종합/거래	재생에너지 발전설비 소유자, 석탄/가스/석유 발전설비 소유자, 전력 소매업자, 정부	제3 시장조성자 (market maker)

신규 사업자의 전력산업 진출

기 업	Google(IT)	Apple(IT)	Verizon(통신)
제품/상품	Nest	iHome	Grid Wide
진출 분야	주택에너지관리	스마트홈	전력망 IoT

참조 : 에너지경제연구원(2014); 산업통상자원부(2015); 한전경제경영연구원(2017)

주요 활용 분야 및 기대효과

- 빅데이터는 에너지 산업 전 분야에 걸쳐 적용이 가능하며(한전경제경영연구원, 2017), 에너지원별(전력, 석유, 가스, 재생에너지, 원자력 등) 및 에너지 생애주기별(생산, 전달, 소비) 에너지 시스템의 효율성, 안정성 및 친환경성을 향상할 것으로 전망(에너지경제연구원, 2015).

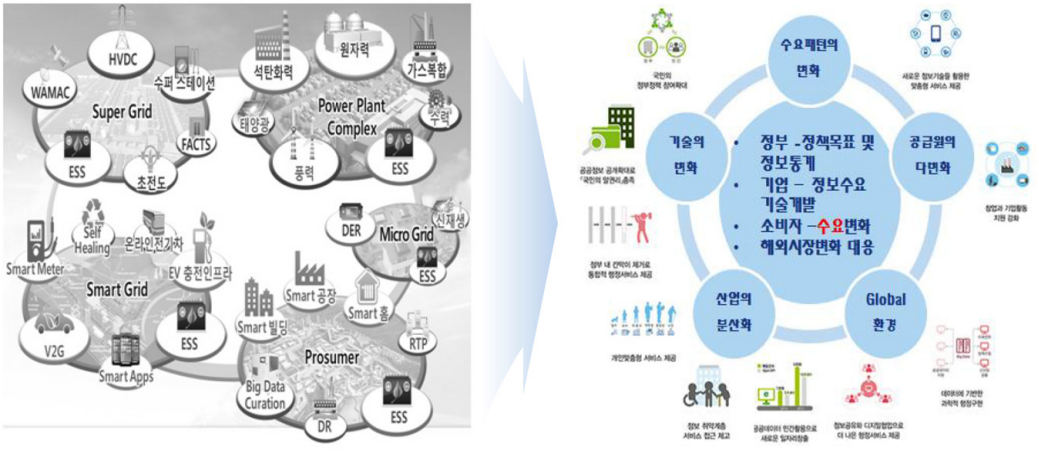
- 특히, 전력 및 재생에너지 분야와 전달 및 소비과정에서 급속한 디지털화가 이루러질 것으로 예상되며(에너지경제연구원, 2015), 빅데이터를 통해 다양한 공간적 범위의 전력자원이 상호 공유(슈퍼그리드, 스마트그리드 및 마이크로그리드)가 이루어지고 기존 에너지의 효율적인 활용과 신에너지자원의 융합(에너지믹스)을 통해 급증하는 에너지 수요에 효율적으로 대응하는데 활용될 수 있을 것으로 전망(그림 4. 좌측 참조).

- 전력산업 분야의 경우를 보다 세부적으로 살펴보면 빅데이터를 통해 발전자산을 관리하고 전력망을 현대화하는 업무에 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 예측되며, 이외에 고객 서비스 분야의 비즈니스(고객유치, 고객혜택 공유 및 보안강화 등)를 확대하거나 에너지 솔루션 및 분산자원 분야의 수익을 창출하는데 큰 기여를 할 것으로 전망됨(한전경제경영연구원, 2017).

- 또한, 빅데이터를 활용한 에너지 정보(통계) 시스템이 구축될 경우 주체별 니즈에 적합한 다양한 공공서비스 창출이 예상되며(그림 4. 우측 참조), 기타(대형) 에너지 자원개발, 에너지 품질 및 생산성 향상, 에너지 소비관리 강화에도 긍정적인 역할을 할 것으로 기대됨(오도은, 2014; 산업통상자원부, 2015; 한전경제경영연구원, 2017).

- 이외에, 글로벌 컨설팅회사 맥킨지는 단순한 빅데이터 활용만으로도 에너지 및 전력기업의 순이익을 20-30% 높일 수 있을 것으로 예상하고 있음.

[그림 4] (빅데이터를 통한) 에너지신산업 미래 전개방향 및 주체별(정부, 기업 및 소비자) 니즈에 적합한 에너지 정보서비스



참조 : 산업통상자원부, 2015; 이승은 외 2명, 2016.

〈표 1〉 빅데이터 활용을 통한 에너지 기업의 예상되는 순이익

분야	발전	송배전전력망	판매/서비스	사무실운영	전체
순이익	10-20% 증가	20-30% 증가	20-30% 증가	15-20% 증가	20-30% 증가

참조 : Web sources 6

Ⅱ. 국내외 기술개발 현황 및 국내외 사례 분석

1. 에너지 분야 빅데이터 기술개발 현황 및 국외사례

선진국 기술개발 현황

- 이미 여러 선진국에서는 다양한 센서 네트워크(예시 : AMI 포함 스마트미터)로부터 실시간 수집되는 빅데이터 활용하여 다양한 요소 기술과 응용 서비스를 제공하고 있음 (표 2 참조).

- AMI 구축은 통신방식의 선정이 중요한데 미국의 경우 최초에는 ZigBee 방식을 선호하였으나, 대부분의 수용가의 밀집도가 낮다는 문제점이 발생하여 SUN 기반의 원력검침의 통신방식을 적용하여 근거리 및 중거리 통신망을 구축하는 추세임(산업통상자원부, 2016).

- 반면, 유럽에서는 기후변화협약에 대응하고자 신재생에너지의 적극 도입과 스마트그리드를 위한 통합요구사항에 더욱 집중하는 투자형태가 확인되고 있음.

- 특히, 유럽의 대부분 국가는 대규모 AMI 사업 추진시 저압구간에는 저속 PLC와 GPRS(General Packet Radio Service, 무선통신망을 기반으로 데이터 트래픽을 전송하기 위해 확장된 2.5세대 이동통신 표준)를 기반에 둔 기술을 활용하는데 이것은 미국의 통신방식과는 차별화되는 점이며, 최근 미터링(Metering) 및 스마트그리드를 목적으로 협대역 OFDM PLC 기술을 사용하는 통신방식이 보편화되고 있는 실정임(산업통상자원부, 2016).

- 스마트미터 관련 기술개발 현황에 대한 보다 다양한 현황을 살펴보면, 프랑스의 경우 지능형 전력망 구축 및 Linky를 통한 스마트미터 통신 기술의 표준화를 개발하여 사용하고 있음.

- 스위스는 세계 AMI 시장의 선도와 함께 정보자산(에너지관리 솔루션 및 서비스 분야)을 중심으로 비즈니스 모델을 개발 중에 있으며, 미국의 경우 전세계 100여 개국 8,000여개의 유틸리티를 지원하는 다양한 기술제품의 포트폴리오를 구축하고 스마트그리드 분야의 비즈니스 모델을 상용화하고 있는 실정임.

- 일본은 스마트미터 개발과 이를 첨단 계량기 및 통신시설 등과의 결합하는 기술개발에 주력하고 있으며, 해외시장 개척을 위한 다양한 국가와의 파트너십을 구축하고 있음.

- 요코하마(일본)의 경우 2011년 동일본 대지진으로 인한 전력난에 대응하기 위한 사회 현안 해결형 접근으로 전력 사용량을 일정 비율로 줄이는(피크 컷) 목표 달성을 위해 빌딩, 가정, 전기차 등을 연계하여 '스마트미터'를 부착하고, 에너지 수급을 자동 조정하여 전력소비 감축을 유도함.

〈표 2〉 스마트미터 분야 기술개발 현황(산업통상자원부, 2015)

국가	기업	주요 기술 또는 특징
프랑스	EDF	지능형 전력망 구축 및 Linky를 통한 스마트미터 통신 기술 표준화
스위스	Landis+Gyr	세계 AMI 시장 선도 및 정보자산 중심으로 비즈니스 모델 개발(2011년 Toshiba가 인수)
미국	Itron	다양한 제품 포트폴리오 및 스마트그리드 분야 비즈니스 모델 구축
일본	Mitsubishi Elec.	파트너십을 통한 스마트미터 사업 글로벌화 추진 및 첨단 계량기와 통신시설 결합

- 서비스 분야의 경우 에너지 분야 빅데이터 기술을 활용하여 사용자가 필요로 하는 다양한 정보의 제공 관점에서 서비스 기술이 제공되고 있음(표 3 참조).

- 세부적인 서비스 사례로는 발전자산 통합관리, 전력설비의 상태를 분석한 전력망 예지 및 정비, 에너지 솔루션, 신재생 발전 예측, 가상발전소, 클라우드 기반 가상계정, 전력데이터 공유, 스마트 시티 실증 등이 있음.

- 발전자산 통합관리란 IoT 플랫폼을 기반으로 원자력, 수력, 가스발전, 신재생 발전 등의 개별 발전소의 운영효율 및 신뢰도 제고를 위한 서비스를 의미함.

- 전력망 예지정비란 전력설비의 상태를 분석한 결과에 기반을 두어 전력망을 예측하여 정비할 수 있는 유지보수 체계를 의미, 과거부터 현재까지의 막대한 데이터를 수집하여 분석하여 최적의 상태를 제시하여 전력망 설비의 수명, 정비기록 관리, 자산 손상 위험의 예측 및 사고 방지에 활용하는 서비스를 지칭함.

- 배전망 운영 최적화는 배전선로의 전압과 전류, 고장정보 등을 배전망 상태에서 실시간 감시 및 제어가 가능하도록 산업인터넷의 기반이 필요하며 이를 통한 다수의 분산전원과 다양한 형태의 전력망이 연계되는 통합적 배전망 플랫폼의 구축으로 제공될 수 있음.

- 에너지 솔루션은 IoT를 기반에 두어 스마트홈을 구현하고 이를 통해 에너지 요금 절감서비스, 보안 및 라이프 스타일을 결합한 토탈 솔루션 서비스를 제공하는 것을 의미하며, 장기적으로는 스마트홈, 전기차, 분산전환 등을 연결하여 미니(마이크로)그리드, 스마트그리드 등으로의 확대를 통한 에너지 솔루션 서비스로 발전할 전망임.

- 에너지 효율화의 경우 최근 우리나라에서도 활발하게 연구되는 서비스로서 빅데이터 분석을 통해 전력 사용량 분석 및 절감 솔루션을 제공하는 서비스를 지칭함.

- 실시간 에너지 사용에 따른 수용반응 데이터와 스마트미터 데이터, 그리고 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘 등을 통해 사용량 패턴분석, 전력기기별 사용량 분석, 사용량 예측 등을 통한 요금절감방안 마련 등의 서비스가 제공될 수 있음.

- 신재생 발전 예측은 기상 빅데이터를 활용하여 신재생 발전을 예측하거나 현재의 발전시설의 확대에 대비하기 위한 기상 모델링, 이미징 소프트웨어, 구름 이동 카메라, 풍향, 풍속, 온도, 습도 등의 모니터링 센서 등을 활용하여 빅데이터를 수집한 후 최적의 신재생에너지 발전 예측 및 확대가능성 여부의 정보를 제공함.

- 클라우드 기반 가상 계정은 최근 국내에서도 연구가 진행 중에 있으며, 가정에서 태양광과 ESS(Energy Storage System) 발전 설비를 설치하고 여기에 태양광 발전량을 가상계정에 적립하여 소비자가 사후 이를 활용할 수 있는 서비스 제품임. 적립된 발전량으로 소비자는 전기요금 납부, 전기차 충전 등의 다양한 서비스를 이용할 수 있음.

- 가상 발전소는 소규모 신재생, 수요자원, 프로슈머 등을 하나의 가상 발전소 형태로 전력시장에 참여할 수 있도록 제시된 서비스임.

- 스마트 시티 실증 분야는 전력, 수도, 가스, 통신 등의 다양한 서비스를 통합하고 여기에 IoT, 빅데이터, 통신 인프라 구축을 통해 스마트 시티 구현을 위한 기술개발 분야임. 주로 거주공간과 정주여건 등을 대상으로 한 네트워크 사업의 일환이며, 마이크로 그리드에서부터 스마트그리드로 확장될 수 있음.

- 전력 데이터 공유는 다양한 발전사업자들이 참여하여 표준화된 전력 데이터를 교환할 수 있도록 신규 발전사업자들의 진입장벽을 완화 및 전력시장에서의 참여자간의 역할을 명확히 구분하기 위한 목적으로 개발된 서비스임. 이는 기존 사업자간 상호 운영성을 제고하고 신사업자의 비즈니시 활성화를 유도할 수 있음.

- 고객 정보 관리는 (전력시장의 소매화 및 자유화에 따른) 전력 판매사간의 경쟁으로 인한 소비자 이탈률을 관리하는 것임. 이탈률 예방 및 예측 등을 위한 다양한 모델을 개발하고 평가결과를 분석하여 최적의 정보 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대됨.

〈표 3〉 서비스 분야 기술개발 현황(한전경제경영연구원, 2017)

분야	기업	주요 기술 또는 특징
발전자산 통합관리	Exelon	IoT 플랫폼 기반 발전 자산 통합관리
전력망 예지 정비	Engie, Enel	전력설비 상태 분석 기반 전력망 예지 정비
배전망 운영 최적화	American Electric Power	배전망 운영 플랫폼을 활용한 배전망 운영 최적화
에너지 솔루션	Enel, Innogy	IoT 기반 스마트 홈
에너지 효율화	E.ON, Innogy, Constellation	빅데이터 기반 전력사용량 분석 및 절감 솔루션
신재생 발전 예측	State Grid Corporation of China	기상 빅데이터 활용 신재생 발전량 예측
클라우드 기반 가상 계정	E.ON SolarCloud	가정용 태양광 및 에너지저장장치 발전 계정 서비스
가상 발전소	Next Kraftware	IoT 기반 분자자원 연결 가상발전소
스마트시티 실증	Engie	전력, 수도, 가스, 통신 서비스 통합 스마트시티 구축
전력 데이터 공유	Energinet.dk	전력 데이터 교환 중앙 IT 시스템 운영
고객 정보 관리	EDF Energy	빅데이터 분석 기반 고객 이탈률 관리

- 데이터 구축 플래폼 분야는 전술한 스마트미터 등의 그리드 서비스를 통합적으로 묶어 실질적인 데이터의 공유와 인프라 구축을 위해 추진되는 기술임(표 4 참조).

- 현재까지 해외 주요 선진국들을 중심으로 플랫폼 구축을 추진하여 왔으며, 이미 다양한 형태의 정보 공동활용 체계가 형성되어 이해당사자 간의 정보교류 활동도 활발하게 이루어지고 있는 것으로 판단됨.

- 주요 특징으로는 해당 국가별로 선호하는 데이터 플랫폼이 나라별 환경에 따라 차이가 존재하고 있다는 점과 선택한 플랫폼에 기반 한 에너지 데이터 제공 및 공동활용 체계 등이 구성되어 있다는 점을 들 수 있음.

- 플랫폼에 활용되는 모델별 세부 특징은 다음과 같음.

  • 중앙저장 기반 중앙접근형 모델

    · 수집된 정보는 중앙에서 마련한 표준화된 데이터 모델을 활용하여 중앙에서 수집, 저장, 관리하는 것으로, 대규모 인프라 구성 시 유리한 장점이 있음

- 타 분야 부가서비스 제공시 해당 인프라를 활용이 가능한 확장성을 가지고 있어 비용절감 효과가 기대됨
- 분산형 통신 방식에 비해 장기간 지능형전력망 서비스 육성을 위한 기반 마련이 기대되며, 이를 통한 다양한 스마트그리드 서비스가 육성될 수 있을 것으로 기대됨
- 보안의 관점에서는 가장 종합적이고 일반적인 보안방식을 채택하고 있어 효과가 일정 수준 이상 보장될 수 있지만, 만약 보안상 문제가 발생하는 경우 모든 정보가 집중되어 활용되는 구조이기 때문에 그 피해규모가 막대해질 수 있어 예방적 노력이 필요함
- 데이터 활용에 따른 분쟁의 측면에서는, 정보 공동활용 절차의 간소 등의 특징이 있어 사업자간 분쟁발생 소지가 적고, 데이터 자체의 공공성이 정립되어 있어 불필요한 논쟁 감소할 수 있는 장점이 있음
- 다만 중앙에서 대규모의 데이터관리 및 서비스 제공 등의 방식으로 운영되고 있기에 고객 혹은 참여사업자들의 요구사항에 대한 신속한 대응이 어렵다는 문제가 제기됨
- 또한 관리 및 운영 기간이 중장기적 성격을 가지고 있어 신규개발 및 제공되는 최신의 트렌드를 신속하게 반영할 수 없는 단점이 존재 함

• 분산저장 기반 중앙접근형 모델

- 단일사업자가 수집한 데이터를 복수의 사업자가 공유하여 가공 및 전환 등의 과정을 거쳐 공동의 활용데이터를 생산해 내는 방식임
- 소비자의 경우 보다나은 서비스 제공업자를 선택할 수 있어 관련 연관사업의 확장, 창출 등의 가능성이 제고됨
- 보안 관점에서는 보안역량은 사업자에 따라 분산되지만 피해발생시 피해규모는 분산되지 않기에 중앙저장 기반 중앙접근형 모델보다 보안위험이 적다고 평가하기 어려운 점이 있음
- 데이터의 저장, 관리 등의 시스템이 참여사업자에 따라 달라질 수 있으며, 이에 대한 서비스 방식도 달라질 수 있기에 일관성이 결여될 수 있는 단점이 있음
- 이외에 참여사업자간 우위에 있는 업체로 인한 과점시장의 성격으로 변화될 경우 파생되는 다양한 문제의 대응방안 필요가 예상되며, 이 경우 복수의 판매사업자들이 소매시장을 자유화하는 경우 해결할 수 있지만 국내실정은 에너지 판매사업자와 시스템 사업자가 불일치하기에 적절한 해결방안은 아닐 수 있음

• 분산저장 기반 분산접근형 모델

· 정보를 저장 및 관리하는 개별사업자가 각각의 분산형 서버에 해당 정보를 저장하고 이를 중앙에서 제공 및 관리하는 공통플랫폼을 활용하여 정보에 접근/취득 하는 방식으로 데이터 교환 등의 활동 내역은 플랫폼에 기록됨

· 분산되어 관리하기에 다양한 부분에서 자유로운 활동이 보장되며, 이러한 특성으로 인해 에너지 분야의 빅데이터를 활용한 신산업 창출에 가장 최적화된 모델로 평가되고 있음

· 또한 소비자를 대상으로 한 서비스의 제공형태도 참여사업자간 특장점이 반영되어 개발 및 제공되므로 차별화된 서비스 공급이 가능할 것으로 예상되며, 이로 인한 소비자의 만족도도 향상할 것으로 기대되고 있음

· 보완적 측면에서는 분산형 수집 및 저장 방식은 보안상 위험마저도 분산될 수 있어 보안위험 발생 시 피해규모가 가장 최소화 될 수 있다는 장점이 있음

· 그러나 중/대규모적 데이터 활용을 위한 데이터 수집 및 관리비용, 서비스 형태 및 제공 비용과 편익에 대한 고민은 비교적 수월하지 않다는 한계를 보임

· 이는 다양한 사업자가 참여하므로 정보의 형태 및 관리체계에 대한 다양성의 요구 가능성에서 기인되는 부분으로 이를 극복하기 위해서는 부차적인 규제체계 정립이 요구됨

- 데이터 구축 플랫폼과 관련한 기술개발 현황을 국가별로 검토하면, 오스트리아의 경우 중앙집중형 모델에 분산형 저장을 하고 있는데 특징으로는 규제기관에서 정해놓은 표준화된 데이터 기반 방식으로 데이터를 교환하고 있음.

- 미국과 캐나다의 경우 중앙집중형 모델에 분산형 저장을 사용하고 있으며, 특징으로는 북미에너지 표준위원회에서 제공하고 있는 표준에 기반을 둔 데이터를 전송하고 있지만 최종 승인을 정보주체인 소비가가 동의할 수 있는 방식을 연동하여 제 3자 자동전송이 가능하도록 한 방식을 채택하고 있음.

- 독일의 경우 다른 국가와 달리 분산형 모델에 분산형 저장 방식을 사용하고 있는 유일한 국가로서, 전력시장에서 다수의 이해당사자가 존재함을 감안했을 때 독특한 결과라 할 수 있으며, 그러한 특성을 반영하여 규제 프로세스를 제공하여 계량 데이터를 교환하고 있음.

〈표 4〉 데이터 구축 플랫폼 분야 기술개발 현황(산업통상자원부, 2016)

국가	모델	주요 기술 또는 특징
오스트리아	중앙집중형 접근 / 분산형 저장	규제기관이 정한 표준화된 데이터 기반 데이터 교환
벨기에	중앙집중형 접근 / 분산형 저장	개별 DSO를 통한 DB 보유 및 데이터 허브에 필수적인 데이터 제공
독일	분산형 접근 / 분산형 저장	규제 프로세스에 따른 계량 데이터 교환
이탈리아	중앙집중형 접근 / 분산형 저장	전기와 가스 시장의 정보흐름 관리용 통합 정보 시스템 구축 중(분산형에서 중앙집중형 접근으로 전환 중)
영국	중앙집중형 접근 / 분산형 저장	데이터 통신 사업자(DCC)를 통한 중앙 기록 기능과 데이터 집계 서비스 제공 예정
미국 및 캐나다	중앙집중형 접근 / 분산형 저장	북미에너지표준위원회에서 제안한 ESPI(Energy Services Provider Interface) 표준에 기반한 데이터 전송 및 소비자 승인 하에 제3자 자동전송 가능

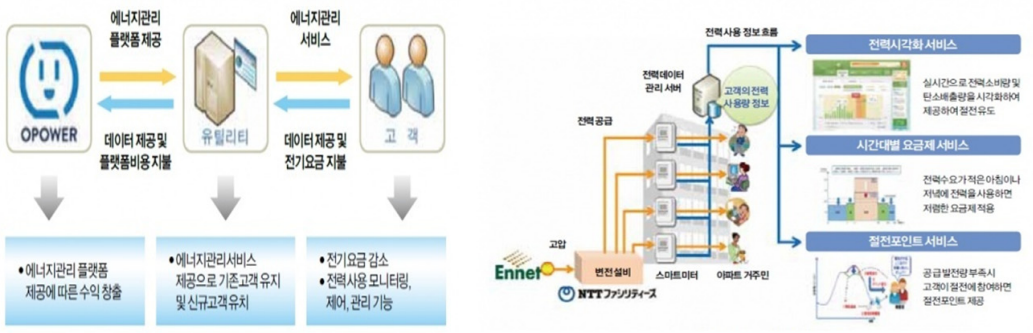
글로벌 기업 적용 사례

- 해외 글로벌 기업의 경우 이미 상당한 수준의 에너지 분야 빅데이터를 활용하고 있는 것으로 파악되고 있으며, 주요 적용 사례로서 감시시스템, 스마트 교통안내 시스템, 가정의 데이터 전송 및 관리 체계, 예측 및 정보제공 시스템 등이 확인됨.

- 스마트미터, 서비스, 플랫폼 분야의 대표적인 사례 3가지는 다음과 같음.

  • 미국 Opower사와 일본 Ennet사의 경우 AMI 데이터를 기반으로 한 에너지관리 서비스(전력 사용량 분석, 전기요금 예측, 요금 절감 방안 등)를 제공함으로써 고객 스스로 전력 사용량을 줄일 수 있도록 유도함

[그림 5] AMI 기반 미국 Opower사(좌) 및 일본 Ennet 수요관리 서비스(우)



참조 : Web sources 7

• 독일 Innogy사의 경우 가정 내 전력사용량 정보와 빅데이터 분석기술을 사용하여 에너지 요금 절감 서비스와 함께 보안, 라이프 스타일 결합한 에너지 솔루션을 제공하고 있으며, 미국 IBM 사의 경우 방대한 기상 및 환경데이터를 수집하고 분석하여 신재생 발전량 예측 정확성을 개선하고 있음

그림 6. 독일 Innogy 스마트 홈 사업 구조(좌) 및 미국 IBM 신재생 에너지 발전 예측 시스템 (Hybrid Renewable Energy Forcasting System, Hyref)(우)

참조 : Web sources 8; Web sources 9

• 미국 그린버튼은 소비자, 전력회사, 제 3자간 전력정보 공유를 장려하기 위해 구축한 제도로서 그린버튼을 통해 표준화된 전력계량데이터를 전력회사에게 제공하고, 고객이 자가 전력정보를 확인할 수 있으며, 고객의 승인을 통해 전력수요 사업자에게 전력정보를 제공할 수 있는 기능들을 제공하고 있음

[그림 7] 미국 그린버튼 에너지 데이터 활용 개요(좌) 및 관련 비즈니스 모델(우)

그린버튼 데이터 사업자 및 비즈니스 모델

구분	그린버튼 활용 내용
Melon Power	• 그린버튼에서 제공하는 건물 에너지정보를 활용하여 효율검사를 대행함으로써 검사비용 감축
Energy AI	• 그린버튼에서 입수한 데이터를 기반으로 기업들의 에너지 사용 행태를 유의미한 정보로 변환해 주는 서비스 제공
FirstFuel	• 그린버튼 데이터를 이용하여 소형건물의 에너지소비 패턴 정보를 제공하고, 에너지 효율 증대 및 비용 절감 영역 제시
PEV4me Calculator	• 전기자동차의 유지비용, 환경영향, 절약가능 금액 뿐만 아니라 최적의 충전플랜, 전기차 모델 등 제시(SDG&E 및 PG&E 고객 대상)
Green Button Gamer	• 그린버튼의 데이터를 이용, 30일 단위로 친구, 직장동료, 익명의 상대 등과 경쟁을 게임화하여 전력사용량 절감을 유도하는 서비스

참조 : Web sources 10; Web sources 11

- 기타 사례들로서, 미국의 정유회사인 코노코필립스은 석유시추선에서 발생 가능한 장애에 대해 사전 예측 시스템을 구축·운영 중에 있음. 세부 기술로는 석유시추선의 각 부품에서의 장애전후 전송된 데이터를 비교·분석하여 장해발생의 징후 패턴을 확인하여 장애를 최소화 하고 생산량 및 운영비용을 제고하였음.

- 일본NEC(일본전기주식회사)는 플랜트에서의 사고를 미연에 방지하기 위해 플랜트의 고장전조 감시시스템을 개발하여 활용 중에 있으며, 플랜트 운영 시 측정한 다양한 항목을 분석 및 평가하여 고장 징후를 판단하는 등의 데이터 분석 방법으로서 에너지 생산과 공급의 지속가능성을 확보하고 있음.

- 미국의 Inrix사는 스마트폰용 교통정보 앱을 개발하여 사용자의 교통정부 수집 및 관련 정보를 제공함으로서 최적의 운행 환경 조성하고 있으며, 이를 통해 수송부문에서의 에너지 사용절감에 큰 기여를 하고 있는 것으로 알려짐.

- 유사한 교통정보 서비스로서 일본 노무라연구소는 UTIS(Ubiqlink Traffic Information System)를 활용한 도로교통망 정보를 구축하고 이를 스마트폰과 네비게이션 등에 제공하고 있음. 특히, 택시, 응급차량, 복구차량 등에 탑재하여 최적의 교통정보 서비스를 제공하여 수송용 에너지 사용절감에 많은 기여를 한 것으로 평가됨.

- 영국은 2020년까지 모든 가정에 스마트미터 설치를 추진 중이며, 가정에서 사용되는 에너지소비를 DCC(Data and Communications Company)를 통해 관리하고 있음. 특히, 이 과정에서 에너지 소비량 데이터 보호의 중요성을 인식하여 개인정보보호법을 개정한 것은 매우 주목할 만한 사안인 것으로 사료됨.

- 덴마크의 전력시장 참여자들은 데이터 표준화, 신사업자 진입장벽완화, 전력시장 참여자간 역할구분(TSO, DSO 등) 등을 목적으로 Data HUB를 구축함. DSO는 고객의 데이터를 수집하고 이를 Data HUB에서 소비자에게 전력요금을 청구하면 소비자는 Data HUB에 접속하여 실제 소비량을 확인하는 방식으로 운영되고 있음.

- 중국의 국가전력망공사(SGCC)는 기상 빅데이터를 활용하여 신재생에너지 발전량을 예측하고 있음. 이는 향후 시설의 확대에 대비하고 발전량 예측의 정확성을 담보하기 위해 IBM의 솔루션을 도입하였으며, 이미 다양한 실증사업을 통해 발전사업자의 리스크(Risk) 감소와 전력수급 안정 효과를 확인한바 있음.

- 미국내 최대 송전회사 AEP사는 배전망 운영 플랫폼을 활용하여 배전망 운영의 최적화 시스템을 도입함. 세부 기술로는 스마트미터와 전력망 센서, 그리고 GE솔루션을 활용하여 기존에 분산되어 있던 네트워크 계획, 최적화 운영계획, 오류 및 고장진단 등을 통합적으로 관리하고 있으며, 이를 통해 실시간 전력망 정보의 시각화, 표준화된 데이터 등의 서비스를 제공하고 있음.

- 볼보(스웨덴)와 오므론(일본)의 경우 빅데이터 플랫폼 도입으로 제조공정에 따른 불량원인 추적 및 생산성 향상을 위한 개선사항을 파악하여 전체 공정관리 시스템을 개선, 이를 통해 단위 노동자당 생산성 향상 및 에너지 사용 효율화를 도모하고 있음.

2. 에너지 분야 빅데이터 기술개발 현황 및 국내사례

국내 기술개발 현황

- 국내에는 2011년 이후 공공데이터 개방과 이용활성화에 대한 제도적인 토대가 마련되면서 본격화됨.

- 우리나라의 경우 스마트그리드 분야 중 스마트계량기의 기술수준이 선진국 수중의 기술력을 보유하고 있는 것으로 알려짐.

- 스마트그리드 기술은 발전에서 송전, 배전, 그리고 소비자에 이르기까지 전력시스템 전반에 걸쳐 다양한 기술이 적용되어 분포되어 있음.

- 다만 이러한 기술에 기반을 둔 에너지 데이터 활용은 각 제조사별로 자체 프로토콜을 이용한 원격검침 방식을 채택하고 있어 에너지 데이터 활용성 및 보안성에 문제가 제기되고 있는 실정임.

- 또한 아직까지는 선진국과 같은 다양한 분야를 대상으로 응용 및 적용되는 실정은 아니어서 향후 다양한 응용에 대한 검토와 기술개발이 필요할 것으로 판단됨.

- 국내와 선진국의 기술개발 수준을 지능형전송망, 지능형소비자, 지능형 운송, 지능형 신재생, 지능형 서비스의 5가지로 측면에서 살펴보면 다음과 같음.

- 먼저 지능형 전송망의 경우 세부사항을 구성하고 있는 배전시스템, 통신망 시스템, 송전시스템 등의 항목이 선진국과 기술격차가 크거나 아직 실증단계에 있는 것으로 확인되고 있으나, 전력기기의 경우 연구개발이 완료되어 활용단계 수준에 있는 것으로 확인됨.

- 지능형 소비자의 경우는 AMI 기술이나 양방향 통신 네트워크 기술은 선진국과 대등한 수준이지만, 에너지관리시스템(EMS) 기술의 경우 에너지절약전문기업이나, IT기업, 통신사업자 들을 중심으로 이루어지고 있으며, 특히 모니터링용 센서, 제어기기 등의 기술수준이 아직 미흡한 것으로 확인됨.

- 지능형 운송의 경우 선진국의 기술수준과 전반적으로 상당한 격차가 있는 것으로 판단되며, 특히 충전과 인프라 부문 등의 서비스 기술 분야는 매우 격차가 큰 것으로 확인되어 관련 기술, 정보 등에 대한 연구개발과 이를 기반에 둔 서비스 기술의 향상이 요구됨.

- 지능형 신재생의 경우 전력거래기술은 선진국과 대등한 수준의 기술을 보유하고 있으며, 마이크로그리드 기술 및 에너지저장기술도 단시간 내에 선진국 수준의 기술을 보유할 것으로 전망됨. 다만, 전력품질보상기술은 중/대형급 전력품질 보상기기의 실제 적용 및 상효화가 미진하여 기술격차가 발생하고 있음.

  ※ 전력품질이란, 전력회사에서의 전력 공급의 신뢰도를 의미하며, 소비자입장에서는 소비자가 사용하는 전력기기에 공급되는 전력의 상태나 특성으로 정의됨. 이에 따라 양호한 전력품질에 대해서는 전력기기사용에 오작동, 회로파괴 등의 문제를 야기하지 않는 전력을 의미하는 것으로 이해할 수 있음

- 지능형서비스는 선진국과 많은 격차를 보이고 있으며, 특히 지능형 수요반응의 경우는 선진국은 이미 연구개발, 실증을 거쳐 실용화 단계의 수준을 보이고 있지만 국내에서는 아직 연구개발 단계에 머물고 있음. 또한 지능형 전력거래의 경우 관련제도의 부재로 인한 전력거래 불가로 격차가 발생하고 있는 것을 확인할 수 있음.

  ※ 표 5에서의 단방향 전력거래 재판매 관련제도의 부재란 기존 전력산업에서의 거래는 '발전 → 송배전 → 판매'와 같은 단방향 형태였으나, 소비자 구매 및 신재생에너지 발전 전력을 되팔 수 있는 양방향 혹은 순환형 형태를 지원하는 제도의 부재로 인해 거래가 불가능 하다는 것으로 이해할 수 있음

〈표 5〉 에너지 서비스 관련 주요 분야의 선진국 대비 국내 기술 수준
(하나금융경영연구소, 2010)

구분	상세구분	수준	비고
지능형 전송망	송전시스템	4	분산전원 제어 및 이용기술 격차 발생
	배전시스템	0	계획 및 운영기술 격차 발생
	전력기기	-2	해외기술(초전도기기 등) 도입 및 활용단계
	통신망시스템	0	보안 분야 격차 발생
지능형소비자	AMI 기술	0	스마트미터 및 IHD 개발 수준 격차 발생
	EMS 기술	2	DR 분야 기술 격차 발생
	양방향 통신 네트워크 기술	0	통신망의 표준화 및 검증 요구
지능형 운송	부품/소재	6	원천 소재기술 취약
	충전/인프라	18	서비스 기술 취약
	V2G	7	서비스 사업 부분 격차 발생
지능형 신재생	마이크로그리드기술	1	실증 시작단계로 선직국과 비슷한 수준
	에너지저장기술	1	중/대용량 장치 격차 발생
	전력품질보상기술	7	중/대형급 기기 상용화 미진
	전력거래기술	0	실시간 발전요금제도 도입 초기단계
지능형 서비스	지능형 요금제	7	시범단지용 개발이 진행 중
	지능형 수요반응	16	선진국은 실용화, 국내는 연구 진행 단계
	지능형 전력거래	5	단방향 전력거래 재판매 관련제도 부재

* 수준에 부여된 점수는 각 상세분야가 갖고 있는 선진국과 국내의 기술수준에 따른 자료를 점수화하여 나타낸 것임
(※ 점수의미 : 미래기술=1, 연구개발=2, 실증=3, 시범적용=4, 실용화=5, 실용직전=6, 부분실용=7, 실용=8)
** 점수의 산정은 '(선진국 기술수준)-(국내 기술수준) = 수준' 방법으로 도출, 양의 값인 경우 국내기술 수준의 미진함을, 음의 값인 경우 국내기술 수준이 양호 또는 높음을 의미함

- 국내의 관련 기술개발 및 적용에 대해서는 한전KDN 사례가 대표적임. 특히, 초전력 빅데이터 사업 추진 및 서비스 제공을 위해 다음과 같은 시범사업을 추진 중에 있음.

  • 스마트계량기 데이터를 활용한 에너지 컨설팅 서비스

  • SNS 분석을 통한 Risk 실시간 예보서비스

- 스마트계량기 데이터를 활용한 에너지 컨설팅 서비스는 소비자가 자발적으로 전력소비량을 줄이도록 고안된 서비스로 스마트계량기 데이터로 수집된 소비자의 전력소비 패턴 분석 후, 실시간 전력요금을 예측과 유사 업종 및 규모와 비교 정보 등을 제공함.

- SNS분석을 통한 Risk 실시간 예보 서비스는 SNS데이터와 한전 보유의 민원 데이터를 종합 분석하여 Risk를 체계적으로 관리하고 신속하게 대처할 수 있도록 제공하는 서비스임. 이는 급증하는 대내외 환경변화에 능동적으로 대응하여 국민편익을 증진시킬 수 있고 더 나아가 공공서비스의 품질을 향상할 수 있을 것으로 기대되는 부분임.

- 스마트미터 분야의 기술개발 현황은 주로 국가기업과 통신회사, IT회사 등에서 활발하게 추진되고 있는데 현재의 수준을 보면 AMI 하드웨어 제조역량은 세계적 수준이지만 소프트웨어의 경우 격차가 발생하고 있는 것으로 확인됨(표 6 참조).

- 표 7은 스마트미터 분야와 관련하여 국내 업체현황 및 제품을 요소 기술 및 응용 기술별로 구분한 자료를 나타냄.

〈표 6〉 스마트미터 분야 기술개발 현황(산업통상자원부, 2015)

국가	기업	주요 기술 또는 특징
국내	한전KDN, LSIS, 옴니시스템, KT, SK텔레콤, LG U+, 누리텔레콤	AMI 하드웨어 제조역량은 세계적 수준이지만 소프트웨어 경쟁력 향상이 요구

〈표 7〉 스마트미터 분야 국내 업체 현황 및 주력 제품(하나금융경영연구소, 2010)

구분	회사	주력 기술 또는 제품
통신부품	젤라인	초고속전력선통신시스템
	플레넷	홈네트워크시스템
	누리텔레콤	배전자동화시스템 SW
	TSC Systems	SW, 무선 통신장비
	Radlopulse	무선통신반도체, 모듈설계
	SKTelecom	통신서비스
	Maxfor	USN관련 센서모니터 및 SW
	옥타컴	센서 제조

구분	회사	주력 기술 또는 제품
AMI	LS산전	전선, 중전기, 송/배전, 장비 및 시스템
	미텍	무인측정계량기, 속도 및 적산계기
	한국마이크로닉	배전반, 자동제어반
	피에스텍	전원장치 제조 설계
	옴니시스템	속도 및 적산기 제조
	위지트	AMR 시스템, 정밀계측기기
	누리텔레콤	미터기, IHD 관련 SW 개발 및 공급
	삼성전기	전기부품
AMI 시스템	한전KDN	송배전 솔루션 및 스마트미터
	LS산전	스마트미터, 전기차 컨버터 및 재생 에너지 저장시스템
	누리텔레콤	AMI 관련 통합 솔루션 제공
	옴니시스템	속도 및 적산기 제조
	SKTelecom	통신서비스
	삼성SDS	네트워크 및 SW 시스템 구축
그리드 솔루션	한전KDN	배전 관리 및 자동화, 송변전 관리
	LS산전	전선, 중전기, 송/배전, 장비 및 시스템
	일진전기	전선, 중전기, 송/배전, 장비 및 시스템

- 기술개발에 따른 응용은 서비스 분야로 확대되고 있는데 서비스 분야에 대한 기술개발은 크게 수요반응, 공공서비스 품질 향상, 에너지관리시스템으로 구분이 되어 진행이 이루어지고 있음(표 8 참조).

- 수요반응 분야의 경우 한전 등에서는 이미 독자적인 기술을 개발하고 있고 그밖에 KT, 아이알서비스, SK텔레콤 등은 스마트그리드 기술을 이용한 지능형 수요반응 시범사업을 추진 중에 있는 것으로 파악됨.

- 공공서비스 품질 향상도 한전에서 진행하고 있는 것으로 에너지 사용에 대한 컨설팅 서비스 및 SNS 분석을 통한 리스크를 실시간 예보 형태로 제공하고 있음.

- 에너지관리시스템의 경우 국내의 공공건물의 경우 규모 및 조건에 따라 의무화가 되고 있는 실정으로, SK텔레콤, KT, LG전자, 한국전력 등이 각각 컨소시엄을 구축하여 스마트 그린홈 구축, 전력과 통신의 융합서비스, 스마트 가전기술 개발, 홈 및 빌딩의 에너지 효율적 이용 등을 위한 기술들을 개발하고 있음.

- 기타 에너지관리시스템(실증) 사례로는 K-MEG(Korea-Micro Energy Grid) 사업, ICT 기반 ESCO 시범사업, 스마트그리드 보급사업, 공공기관 ESS 시범보급사업, 국토부 BEMS 시범사업 및 민간차원 BEMS 구축 사업 등이 있음.

〈표 8〉 서비스 분야 기술개발 현황(산업통상자원부, 2015)

분야	기업	주요 기술 또는 특징
수요반응	한전 및 KPX	수요반응 분야에 독자적인 기술개발
	KT, 서브원, 벽산파워, 아이알서비스, SK텔레콤, 한국산업기술컨설팅,	스마트그리드 기술을 이용한 지능형 수요반응 시범사업(2012년도 기준)
공공서비스 품질 향상	한전	에너지 컨설팅 서비스 및 SNS 분석을 통한 리스크 실시간 예보 제공
에너지관리 시스템(실증)	SK텔레콤 컨소시엄	최첨단 스마트 그린홈 구축(참여기업 29개사)
	KT 컨소시엄	전력과 통신의 융합서비스(참여기업 14개사)
	LG전자 컨소시엄	스마트 가전기술 개발(참여기업 15개사)
	한국전력 컨소시엄	홈 및 빌딩의 에너지 효율적 이용(참여기업 37개사)

- 한편, 공공부문의 경우 공공기관이 생성 또는 취득하여 관리하고 있는 공공데이터를 한 곳에서 제공하는 취지에서 공공데이터포털을 구성 및 운영하고 있음.
  ※ 설치 및 운영근거 :「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」제21조
- 공공데이터 포털에서는 용이한 이용을 위해 공공데이터를 파일데이터, 오픈API, 시각화 등 다양한 기능의 서비스로 제공하고 있음(그림 8 참조).

  • 데이터셋 : 파일데이터/오픈API/데이터시각화 검색 및 활용신청

  • 활용사례 : 국내외 활용사례 및 가공된 데이터 공유

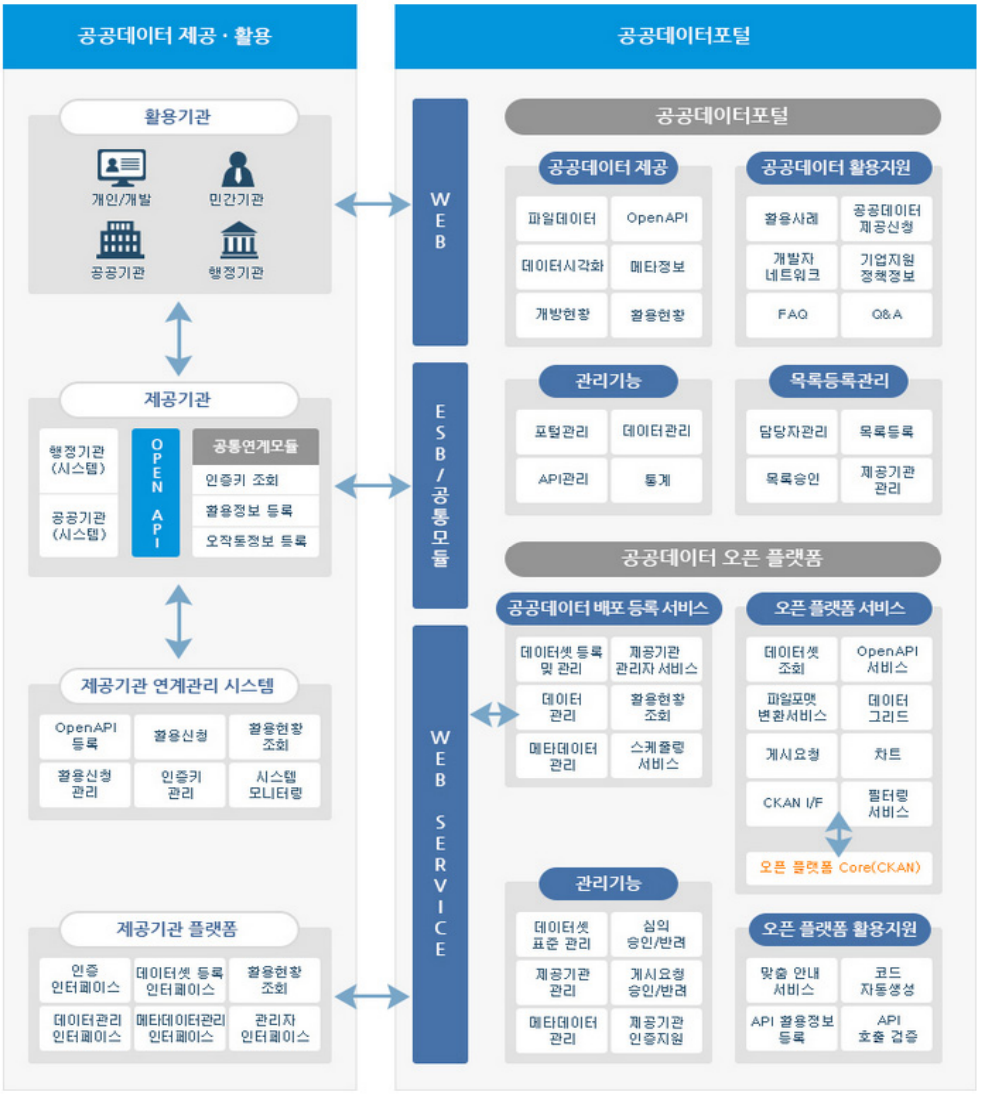
  • 기업탐방 인터뷰 : 공공데이터를 활용한 기업 인터뷰 기사 제공

  • 공공데이터 제공 신청 : 미(未)제공 공공데이터를 신청할 수 있는 접수창구 제공

  • 기업지원 정책정보 : 각종 기업지원 정보 제공

  • 개발자 네트워크 : 공공데이터 관련하여 개발자간의 지식 기술공유

[그림 8] 공공데이터포털 시스템 구성도



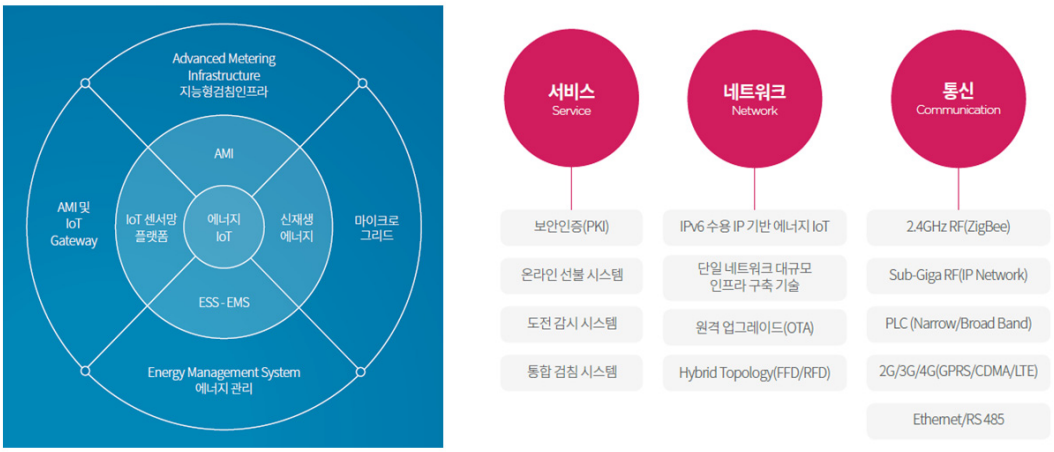
참조 : Web sources 12

국내 주요 기업 적용 사례

- 국내 기업의 대표적인 기술적용 사례는 다음과 같음.

  • ㈜누리텔레콤은 AMI를 기반으로 통신 및 네트워크 기술을 이용하여 다양한 에너지 관련 솔루션(홈 에너지관리시스템, 신재생에너지의 융복합 솔루션 등)을 제공 중이며, 국제 규격의 지능형 AMI 개발(아이미르)로 해외시장 개척 중임(그림 9)

[그림 9] ㈜누리텔레콤 사업 분야 및 AMI 관련 보유 기술



참조 : Web sources 13

- 한전KDN은 스마트그리드 구축을 위한 스마트미터와 광역 전력계통 감시시스템 등 제품 9종에 대한 개발 완료 및 실용화하고 있음. 그림 10은 제주 스마트그리드 실증단지에 적용한 주요 사례를 나타내며 주요 특징은 다음과 같음

  · 에너지 정보 표시장치 : 액자형 및 포터블형 모델 개발하여 가정 내에서 사용한 전력 정보를 고객에게 실시간으로 전달하여 에너지 절감 동참 유도

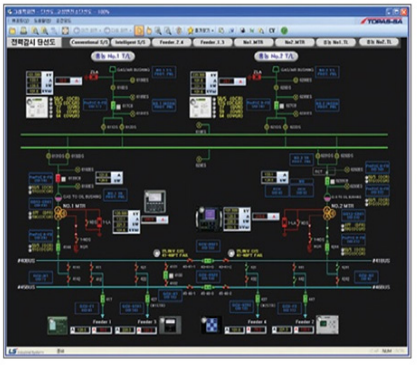
  · 디지털변전소 종합 운영 시스템 : 변전소 내 각종 전력설비의 상태 감시 및 제어를 목적으로 개발. 특히 디지털변전소와 급전(분)소 송변전 SCADA 시스템간 연계를 위한 게이트웨이, OLTC와 SC에 대한 개별 및 통합 감시 기능이 탑재된 전압 안정화 제어, 변전소 자동복구 절차 가이드 등의 기능을 탑재함

  · 송전설비 온라인 감시 시스템 : 가공송전설비의 기상 및 선로 정보를 사용하여 최적의 송전용량을 제공하는 시스템으로, 일사량 감시, 외부 기온 감시, 선로장력 감시, 선로 기울기 감시 등의 기능을 탑재함

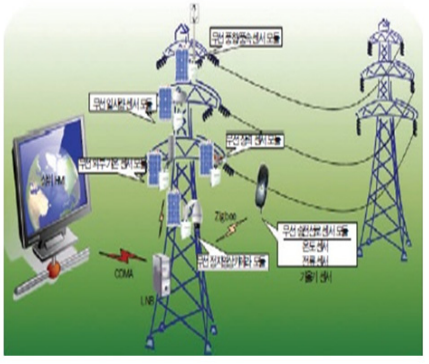
  · 능동형 텔레메트릭스 전력설비 상태 감시 시스템 : 센서 네트워크와 감시 진단 알고리즘을 통해 전력설비 운영상태 정보를 제공하는 시스템으로, 전력설비의 진단 분석을 위해 통신 트래픽이 발생하지 않고 정전 상태에서도 감시가 가능한 자율전원 등의 기능을 탑재함

[그림 10] 한전KDN의 제주 스마트그리드 실증단지 적용제품 및 기술 사례

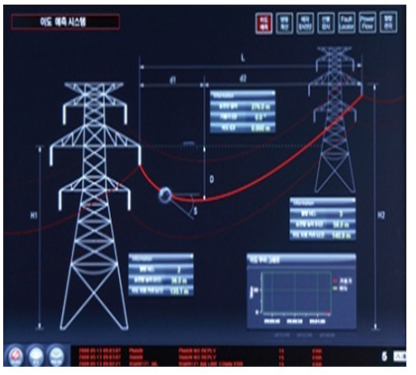
에너지 정보 표시장치



디지털변전소 종합 운영 시스템



송전설비 온라인 감시 시스템



능동형 텔레매트릭스 전력설비 상태 감시 시스템

참조 : Web sources 14

- 기타 국내기업의 적용사례로서 한국석유공사는 오피넷(국내 유가예보 서비스)을 개발하여 국내 석유제품 판매가격과 유가 예측가격 등의 정보 제공형 서비스를 시행 중임. 2009년 '석유 및 석유대체연료 사업법'이 개정되면서 보다 광범위한 정보공개 서비스 제공이 가능하게 됨.

- SK텔레콤은 클라우드 BEMS 및 FEMS을 개발 및 상용화 중인데 클라우드 BEMS는 건물(빌딩, 병원, 호텔 등)내 에너지 설비를 유무선 네트워크로 연결하여 에너지 사용량 추이와 설비 성능 데이터의 실시간 수집 및 분석 결과에 기반을 둔 정확한 에너지 사용량 예측과 설비 최적화를 위한 맞춤형 서비스를 제공하고 있음.

- 클라우드 FEMS의 경우는 에너지 사용량이 많은 산업체 및 공장을 기반으로 에너지의 원격관리 솔루션을 적용하여 에너지 효율성을 향상시키기 위해 개발된 것으로 클라우드 BEMS가 에너지 소비

발생부분에서의 효율성 제고가 목적이라면 클라우드 FEMS는 각 사업체에서 활용하고 있는 생산 공정을 사전에 면밀히 분석한 뒤 해당 공정별로 맞춤형 처방을 내린다는 것이 특징임.

- 한국전력은 SG(Smart Grid)종합운영시스템 구축을 완료하였음. SG종합운영시스템은 송변전, 배전, 영업, 스마트그리드 등 한전의 업무영역별 운영시스템의 정보를 종합하여 문제해결형 서비스를 제공함.

- 최근에는 여기에 AMI 데이터기반의 에너지 컨설팅을 제공하여 고객의 전기소비 패턴을 분석, 실시가 요금을 예측한 정보를 제공하여 고객이 자발적으로 전기사용량을 줄이도록 유도하고 있음.

- 지자체 사례로서 서울시는 심야버스 노선 설계를 위해 KT의 통화량 데이터와 서울시의 교통데이터를 연동하여 심야의 유동인구 분석 및 교통수요를 산출하고 이를 통해 최적의 버스노선을 확정하여 수송부문 에너지 소비의 효율성을 제고함.

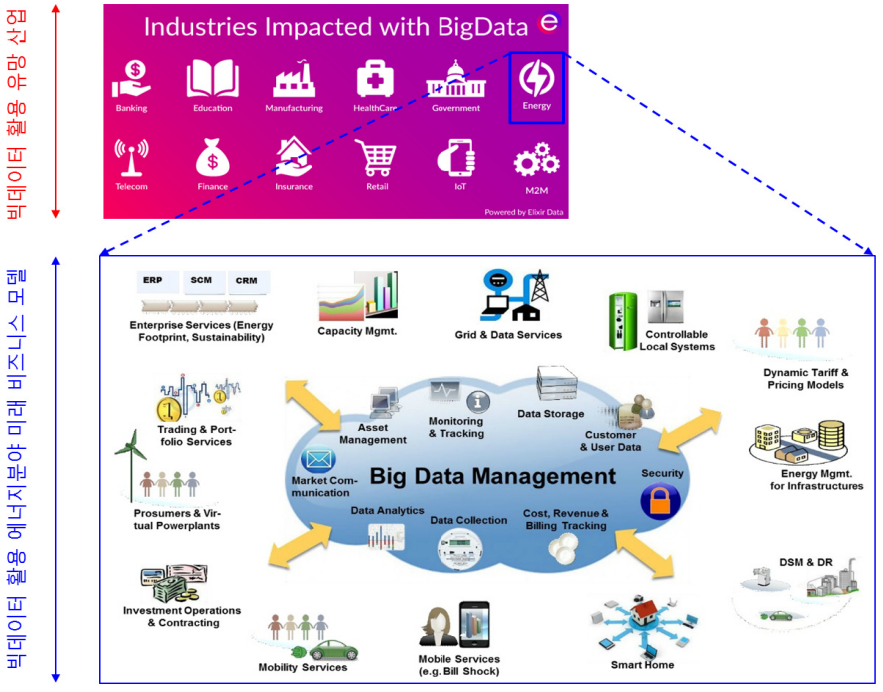
Ⅲ. 국내외 육성 제도 및 정책 비교 분석

1. 제도 및 정책관련 해외동향

○ 선진국 빅데이터 육성 정책 및 에너지 분야와의 관련성

- 빅데이터의 육성정책은 은행, 교육, 산업, 병원, 에너지 등 다양한 유망산업이 제시되고 있으나, 현재 시점에서는 빅데이터를 특정 산업분야만을 대상으로 한정하여 개발하지 않고 포괄적인 개발을 위한 정책이 진행되고 있는 실정임.

[그림 11] 빅데이터 활용 주요 유망 산업 및 에너지분야 미래 비즈니스 모델 예시



- 그럼에도 불구하고 에너지 분야는 빅데이터를 활용할 경우 에너지 프로슈머, 에너지의 효율적인 수요관리체계 구축, 건물에너지 효율화사업, 모바일서비스, 이동형 서비스, 스마트그리드, 스마트시티 등 환경·경제·사회분야 전반에 기반을 구축할 수 있어 미래에 가장 활용가능성이 높은 비즈니스 모델로 인식되고 있음.

- 하지만 아직까지 주요 선진국에서는 빅데이터를 에너지 분야만을 연동한 제도나 정책 등으로 시행하고 있지는 않으며, 전술과 같이 다양한 연동성을 통합적으로 고려하며 구축된 제도적 기반에 따라 기술개발, 서비스 보급 등이 진행되고 있는 상황임.

- 미국은 정부 주도의 빅데이터 전략 추진 및 정부 서비스의 혁신과 데이터로부터 새로운 부가가지 창출 및 국민생활 향상을 목표로 관련 정책을 추진하고 있음.

- 이를 위해 국가차원에서 빅데이터 핵심기술의 확보, 사회 각 영역에 활용, 그리고 인력양성 등 3가지 측면을 강조한 빅데이터 연구개발 이니셔티브를 발표하였음.

- 특히 오픈데이터 정책, 인권보호, 데이터 법, 공공데이터 제공 및 활성화 방안, 기본계획, 중장기 종합대책 등 다양한 사안을 검토하고 있으며 이와 관련된 플랫폼을 제공하고 있음.

- 미국내 주정부에서도 지역 현안 등의 해결을 위해 빅데이터를 활용하고 있는데, 예를 들어 범죄예방, 치안유지, 사회안전, 금융사기방지, 행정서비스 개선, 에너지 효율화 등의 다분야의 관련 데이터를 분석한 활용 사례가 증가하고 있음.

- 영국은 공공부문의 정보공유 및 활용을 위해 데이터의 공개 및 공유 중심의 정책의 일환으로 오픈 데이터 전략을 추진 중임. 또한 이러한 오픈 데이터를 새로운 가치창출 수단으로 활용하기 위해 데이터 전략위원회를 구성하고 운영하고 있음.

- 전략위원회와 내각사무처는 데이터의 접근성 강화 및 데이터의 개방지침, 데이터 목록 등을 소개하는 오픈 데이터 백서를 발표한 바 있으며, 또한 내각사무처는 오픈 데이터 연구소를 설립하여 오픈 데이터를 활용하여 국가전반의 혁신을 촉진하고 관련 산업체의 육성과 가치 창출을 위한 노력을 진행 중임.

- 일본의 경우 주로 사회 현안 해결을 위해 빅데이터 정책을 수립하고 있는데 이는 지난 2013년 동일본 대지진을 계기로 데이터의 중요성 인식 및 데이터의 자원적 가치, 에너지 운영관리의 중요성이 사회적으로 높게 평가되면서 시작된 정책임.

- 기존에는 경제산업성과 문부과학성이 각각 독립적 데이터 구축 및 관련 연구개발 사업을 추진하였지만 이후 총무성을 중심으로 둔 산·학·연 참여형태의 빅데이터 추진체계를 구축하여 운영 중임.

- 2012년 총무성은 5개의 추진전략과 빅데이터 이용과 활용에 의한 사회경제 성장을 목표로 한 액티브 재팬 ICT 전략을 발표하였으며, 이 전략에 기반을 둔 민간분야, 산업분야 등의 활성화 정책을 추진하고 있음.

- 표 9 및 10은 주요 선진국들의 빅데이터 관련 육성 정책, 전략, 체계의 차이점을 나타내고 있으며, 표 11은 이러한 육성정책 및 전략 등에 기반을 두어 활성화되고 있는 방대한 에너지 분야의 빅데이터 중 기본 데이터를 구성하는 AMI 보급 및 운영 현황을 나타내고 있음.

〈표 9〉 주요 선진국의 빅데이터 관련 육성 정책

국가	방향	주요 전략 또는 정책	플랫폼
미국	정부 주도의 빅데이터 전략 추진 및 정부 서비스 혁신	• 오픈데이터정책(2013), 데이터법(2014) • 빅데이터, 기회 포착과 가치보호(2014) • 알고리즘과 인권 보호(2016)	https://www.data.gov/
	데이터로 새로운 부가가치 창출 및 국민생활 향상	• 공데이터의 제공 및 이용 활성화(2013) • 제2차 공공데이터 기본계획(2016) • 지능정보사회 중장기 종합대책(2016)	https://www.data.go.kr/
영국	정보공유·활용을 위한 데이터 개방 중심의 정책	• 정보경제전략(2013) • 데이터 역량 강화 전략(2013) • 오픈데이터 전략(2014) • 오픈데이터 로드맵(2015)	https://data.gov.uk/
EU	공공-민간 파트너십 강화 및 경제 개발 활용	• 개인정보보호규정(2016) • 유럽 데이터 경제육성(2017)	https://www.europeandataportal.eu/
일본	사회 현안 해결	• 전자행정 오픈데이터 전략(2012) • 액티브 재팬 ICT(2012)	http://openlabs.go.jp/

* 윤미영, 2013; 정보통신정책연구원, 2017

〈표 10〉 주요 선진국의 빅데이터 관련 육성 정책 전략 및 체계

구분	미국	영국	일본
의사결정기관	과학기술정책실	내각사무처	총무성
전담기구	국가과학기술위원회	기업혁신기술부	정보통신심의회
추진기구	빅데이터 협의체	데이터전략위원회 오픈데이터 연구소	빅데이터 활용특별부회 정보통신기술종합전략실
정책 및 전략	빅데이터 연구개발 이니셔티브	오픈 데이터 전략	Active Japan ICT 전략과 새로운 정보통신기술전략 내 일부포함 전자행정 오픈 데이터 전략 병행

* 윤미영, 2013; 정보통신정책연구원, 2017

〈표 11〉 주요 선진국 AMI 보급 및 운영 현황(한전경제경영연구원, 2016)

국가	내용
미국	재원 지원 및 AMI 확산 가이드라인 제공 등의 정부지원 하에 유틸리티들의 적극적인 참여로AMI 보급 및 다양한 실증사업 추진
유럽	EU 회원국은 '20년까지 의무적으로 전체 계량기의 약 80%를 AMI로 구축하는 사업을 진행 중
일본	주요 유틸리티(일반전기사업자)는 소매경쟁에 대비하여 자발적인 AMI 조기전환 및 에너지 서비스 기업과 협업 강화

선진국 에너지 부분 빅데이터 육성을 위한 법령

- 대부분의 선진국의 경우 빅데이터 육성 및 활용을 위해 가장 문제가 되는 점을 개인정보로 인식을 하였으며, 이를 해결하기 위해 개인정보에 대한 비식별조치를 추진하여 관련 정보 활용에 대한 규제를 완화하고 있는 상황임

- 일본은 빅데이터의 활용, 육성, 활성화 등을 위해 직접적으로 규제하는 법률이 존재하지 않으며, 개인정보보호 체계상에서 간접적으로 체계를 규율하고 있는 실정이지만, 이미 빅데이터에 관련된 정보 중 비식별조치를 거친 정보는 상품·서비스 개발용도로 매매가 허용되어 있는 실정임.

- 독일은 빅데이터를 '스마트 데이터'로 격상하여 전략적으로 활용하고 있으나 법제도 측면에서 보면 일반법이 존재하는 것은 아님.

- 이러한 내용의 검토를 위해서는 독일의 연방정보보호법, 통신법, 텔레미디어법과 EU의 정보보호지침 등을 통해서 개략적인 내용을 검토할 수 밖에 없음

- EU는 빅데이터 활성화에 관한 법률규정은 확인되지 않으나 다채로운 전략 및 지침 등을 통해 유관정책의 제도화를 도모하고 있음.

- 이를 통해 빅데이터 활용을 위한 개인정보 중 비식별 조치정보는 개인정보보호지침 규제에서 제외하고 학술·통계 등의 목적에 활용하는 경우에는 동의없이 이용이 가능하도록 조치함.

- 영국도 빅데이터 활성화를 위한 일반법이 존재하고 있는 것은 아닌 것으로 파악되지만 오픈데이터 전략을 사용하고 있기에 정보자유법이 빅데이터와 관련된 법률로 해석하는 것이 가능함.

- 미국은 빅데이터 활용에 대한 일반법이 존재하지 않지만 효율적이고 투명한 정부 구현과 민간의 정부정보 활용을 위해 행정명령에 서명함으로써 오픈데이터정책을 공식적으로 추진을 선언했으며, 그 일환으로 비식별 조치 정보는 제한없이 이용이 가능토록 규제를 완화한 상황임.

〈표 12〉 선진국 에너지 분야 빅데이터 관련 법령

국가	내용	세부내용
일본	• 정부표준이용규약	• 민간에 의한 공공데이터의 재이용에 관한 일반기준과 제한 • 제3자에 대한 권리 및 저작권 침해 금지 • 소송관할 및 이용자 책임 • 올바른 활용방안 등이 규정되어 있음
독일	• 연방정보보호법(BDSG) • 텔레미디어법(TMG) • 통신법(TKG) • EU 정보보호지침	• 개인정보 관련 법제안에서 스마트 데이터에 대한 법적 규율체계를 확인할 수 있음
영국	• 정보자유법 (Freedom of information Act 2000)	• 정부기관이 관리하고 있는 정보에 대한 접근권, 정보공개의무, 국민 정보공개청구권 등이 규정되어 있음
EU	• 공공데이터 재사용에 관한 지침(Directive 2013/37/EU) • EU 정보보호지침	• 개인과 기업은 공공데이터를 재가공하여 상업적으로 활용할 수 있는 권리 보장
미국	• 고성능 컴퓨팅법 (High performance computing, Act)	• 빅데이터의 연구 및 개발에 대한 지원을 규정에 두고 있음 • IT 연구 및 네트워크 전반을 지원하기 위한 근거규정으로 파악됨

* 이상윤, 한국법제연구원, 2014

2. 제도 및 정책관련 국내동향

국내 빅데이터 육성 정책 및 에너지 분야와의 관련성

- 국내의 경우 빅데이터를 주요 신사업 모델로서 인식하고 있으며 정부의 주요 부처에서도 이를 연계하기 위한 다양한 검토를 하고 있어 관련 기술분야가 사회전반의 공통의 핵심 신기술로서 가지는 비중을 확인할 수 있음.

- 정부는 빅데이터와 관련된 범정부 추진체계를 구성하여 데이터 개방, 공유, 활용에 이르는 전반에 걸쳐 문제점을 파악하고 해결방안을 도출하로자 노력하고 있으며, 더불어 관련 정책의 수립과 시행 등이 활용하고 있는 것으로 파악됨.

- 또한 정부는 민간에서의 요구되는 다양한 공공데이터의 개방과 이를 활용한 새로운 사업의 창출 등을 지원해야하는 역할을 맡고 있기에, 민간에서 요구되는 데이터 개방과 활용을 위한 정책의 마련과 제도의 개선 등을 위한 다양한 노력을 수행중임.

- 이러한 노력의 일환으로 정부는 빅데이터가 국가경쟁력 제고에 필수임을 인식하고 빅데이터를 활용한 스마트 정부 구현계획(2011), 스마트 국가 구현을 위한 빅데이터 마스터플랜(2012) 등을 발표하였음.

- 그리고 정부3.0 추진 기본계획(2013)과 공공데이터 제공 및 이용활성화 기본계획(2013) 등의 계획수립을 통해 공공데이터 개방을 활발하게 추진하고 있음(표 12 참조).

- 최근 정부는 제2차 공공데이터 기본계획(2016) 및 지능정보사회 중장기 종합대책 (2016)을 수립하였는데 제2차 공공데이터 기본계획은 데이터 기반의 산업 생태계 확산으로 새로운 부가가치를 창출하고 더불어 생활 속 데이터 활용 확산으로 보다 윤택해진 국민생활 조성을 목표로 하고 있음.

- 주요 전략은 질 높은 데이터의 개방 및 산업생태계의 성장지원, 국민참여 확대와 데이터 개방·활용의 생활화, 그리고 데이터 기반의 플랫폼 정부 및 민관 거버넌스를 조성하는 것 등이 마련되어 있음.

- 지능정보사회 중장기 종합대책의 경우 기술, 산업, 그리고 사회로 연결하여 데이터를 단지 산업관점이 아닌 미래의 경쟁력이자 기초적 인프라로 규정하여 최우선 추진과제로서의 데이터 자원 가치창출을 목적으로 두고 있음.

- 세부적인 계획의 일환으로 우선 국가적인 데이터 관리체계를 확립해 머신러닝을 위한 대규모 데이터를 구축할 계획임.

- 이를 위해 정부는 보유하고 있는 공공데이터가 머신러닝이 가능하도록 오픈포맷형으로 전환 및 개방하고 스마트 시티에서 생산된 사물인터넷 기반의 센서 데이터의 개방체계를 구축 중임.

〈표 13〉 국내 빅데이터 육성 정책(한국데이터진흥원, 2017)

국가	방향	주요 전략 또는 정책	플랫폼
대한민국	데이터로 새로운 부가가치 창출 및 국민생활 향상	• 공공데이터의 제공 및 이용 활성화 (2013) • 제2차 공공데이터 기본계획(2016) • 지능정보사회 중장기 종합대책(2016)	https://www.data.go.kr/

- 빅데이터 육성정책에 기반을 두어 국내의 주요 부처에서는 실질적 활용을 위한 에너지 신산업 모델 및 빅데이터와 연동을 한 다양한 사업모델을 개발하고 있음(표 14 참조).

- 산업통상자원부의 경우 관련개발 및 비즈니스 모델을 구축하는 형태로서 네가와트 발전, 에너지충전, 에너지관리 통합시스템, 전기차, 태양광 발전 등을 다루고 있음.

- 미래부(현, 과학기술정보통신부)의 경우 기초 및 응용 개발관점에서 접근을 하는 형태로 태양전지, 연료전지, 이차전지, 이산화탄소 포집 및 처리장치 등의 모델을 개발하고 있음.

- 이러한 내용은 공통핵심 신기술인 스마트그리드, 마이크로그리드, 제로에너지빌딩 등의 구현을 위한 요소기술로서 활용되고 있음.

- 표 15는 국내 에너지 분야 빅데이터를 구성하는데 가장 기본적인 데이터를 수집하기 위한 AMI 보급 및 운영 현황을 나타냄.

〈표 14〉 국내 주요 부처 에너지 신산업 모델 및 빅데이터와의 관련성

부처	산업부	미래부(현, 과학기술정보통신부)
주요 신사업 모델	1) 네가와트 발전, 2) ESS·EMS 통합서비스, 3) 전기차 충전, 4) 태양광 렌털, 5) LED 금융, 6) 에너지 자립성, 7) 화력발전 온배수 및 CO_2 활용	1) 태양전지, 2) 연료전지(자동차), 3) 바이오에너지(바이오화학제품 포함), 4) 이차전지(ESS), 5) 전력 IT(EMS, 신재생에너지 하이브리드), 6) 이산화탄소 포집 및 처리장치(CCS)
공통 핵심 신기술	스마트그리드, 마이크로 그리드, EMS, ESS, EV, HFCV, 제로에너지빌딩, 신재생에너지 하이브리드, PV, LED, CC(US), 바이오에너지	

* 산업통상자원부, 2015

〈표 15〉 국내 AMI 보급 및 운영 현황

국가	내용
국내	• 한전을 중심으로 AMI 전환을 추진 중 • 정부정책에 공조하여 2020년까지 2,194만대 전환 목표

* 한전경제경영연구원, 2016

국내 에너지 분야 빅데이터 육성을 위한 법령

- 전술한 선진국의 빅데이터 육성을 위한 법령 실정과 같이 국내에서도 빅데이터 육성이라는 관점에서의 독립법은 존재하지 않으며, 개인의 정보제공의 관점에서 몇몇 법률이 확인되고 있는 수준임

- 국내의 현행 유관법령들을 보면 빅데이터의 활용보다는 보호에 주안점을 두고 있는 상황으로 파악이 되고 있으나, 전술과 같이 일본, EU, 미국, 독일 등의 선진국은 이미 비식별 처리된 개인정보의 활용은 상업적으로까지 권장하고 있는 상황으로서 빅데이터를 개인정보 전체 수집·처리에 사전 동의 방식의 적용은 대한민국이 유일한 실정으로 이해할 수 있음

- 다만 국가법령은 없으나 10여개 지자체에서 빅데이터 활용을 위한 조례를 만들어 활용하고 있지만 관련정책, 평가, 분석, 민간협력, 관련산업 육성 등을 다루고 있어 에너지 분야와는 온도차가 있음.

〈표 16〉 국내 에너지 분야 빅데이터 관련 법령

국가	내용	세부내용
국내	• 국가정보화 기본법	정보통신망 및 기반, 초고속정보통신망 및 기반 등
	• 지능형전력망의 구축 및 이용촉진에 관한 법률	• 개인소비자의 전력정보에 대한 사용 규제 • 에너지 이용효율 극대화 • 지능형전력망 개인정보의 수집 및 정보의 보호 • 지능형전력망 정보의 수집 · 관리 등
	• 개인정보보호법	개인소비자의 전력정보에 대한 사용 규제
	• 스마트도시의 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률	• 정보통신망 • 개인정보보호
	• 통계법	• 이용자 범위 제한 • 공공데이터법 준용
	• 공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률	• 공공데이터 등록 및 개방 • 공공데이터 활용

Ⅳ. 시사점 및 정책제언

1. 시사점

요약 및 시사점

- 본고에서는 에너지 분야 빅데이터 활용현황 및 육성을 위해 국내외 기술개발 현황, 사례, 육성책 등을 다양한 검토를 수행함.
- 에너지 분야의 기술개발의 흐름은 결국 빅데이터 수집, 응용 서비스, 정보 공유 플랫폼 구축 현황의 정도에 따라 국가별로 크게 상이할 것으로 전망됨.
- 표 17는 에너지 분야의 정보 공유 플랫폼 구축 시 세부 분야별로 요구되는 데이터를 도시한 한 예로서, 차후 에너지 분야의 다양한 서비스를 창출하기 위하여 보다 방대한 유무형의 에너지 빅데이터 축적이 필요함.

표 17. 효율적인 에너지 사용을 촉진하기 위해 요구되는 분야별 에너지 빅데이터

분야	요구 DB	근거
에너지효율정보	HEMS, BEMS, FEMS 실시간 데이터, 공정별 및 기기별 효율정보, 수용가 에너지 사용정보 등	기초자료 및 경제성 평가
신재생에너지 원별 통계	월별 보급 통계 및 발전실적, 원별 발전 원가 및 시장규모 등	기초자료 및 경제성 평가
에너지 R&D 정보	에너지 R&D 선진 사례 및 통계, 에너지 신기술 및 신제품 정보, R&D 실증 사례, 국내외 기술동향 및 시장전망, 에너지기술 전문가 정보 등	기초자료 및 향후 전망
산업동향	국가별 에너지 생산 및 사용 관련 분석 동향 보고서, 산업별 에너지 분석 모형, 신규 프로젝트 및 시장 물량/분석 정보, 에너지자원 기업 정보 등	기초자료 및 향후 전망

분야	요구 DB	근거
지자체, 산업단지 에너지 정보	지자체별 에너지 생산 및 사용, 산업단지별 에너지 생산 및 사용 등	기초자료 및 향후 정책 결정
수요자원 거래시장	수용가별 전력소비 정보, 시간대별 전력예비율 정보 등	수요관리 효과 및 경제성 분석
에너지관리 통합서비스	신재생에너지 발전설비 정보, 에너지 다소비 기기 정보 등	효율 평가 및 경제성 분석
독립형 마이크로그리드	도서지역별 에너지 정보 및 신재생에너지 자원량 정보 등	마이크로그리드 보급 기초자료 및 경제성 분석
발전소 온배수열 활용	농수산업에서 활용가능한 온배수열 정보, 화력발전소 온배열 이용 가능 지역 통계, 신재생에너지 공급인증서 통계 등	사업계획 수립 및 경제성 분석
충전식 전기자동차	전기자동차 보급대수, 충전인프라 및 충전패턴 정보 등	전기자동차 보급 및 전력수급 계획
태양광 대여	가정용 태양광 설비 DB, 신재생에너지 생산인증서 가격 통계 등	사업성 및 경제성 평가
제로에너지 빌딩	건물 에너지 통계 및 가정용 태양광/태양열/지열 설비 정보 등	사업성 및 경제성 평가
친환경 에너지 타운	타운별 에너지소비 통계 및 소규모 지역별 신재생에너지 자원량 통계 등	신재생에너지 보급 경제성 분석 기초자료

* 산업통상자원부, 2015

- 시사점을 보다 상세하자면 우선 빅데이터 활용을 통해 세분화된 데이터를 실시간으로 수집할 수 있다면 전력수요예측의 정확성 제고, 차별화된 수요관리정책의 설계 및 지원, 구체적인 수요관리 정책의 성과 평가, 에너지소비통계의 정확성 제고, 이러한 내용에 기반을 둔 다양한 서비스 제공 등 많은 장점을 기대할 수 있음.

  • 현재 해외 선진국들은 다양한 기술개발과 그에 따른 서비스 기술도 병행가면서 실용화 단계를 이미 넘어서고 있지만 아직 국내는 AMI 부문을 제외하고는 기술개발 내용만 많은 실정임

  • 이로 인해 다양한 분야에서의 관련 데이터의 확보가 충실하게 진행되고 있지 못한 실정으로 이로 인한 경제성 평가, 전망, 사업성평가, 운용성 평가 등의 결과의 도출 및 관련 서비스가 활성화되고 있지는 못한 실정임

- 즉 우리나라는 빅데이터 활용을 위한 접근으로 에너지 데이터 현황조사, 에너지 데이터 관련 표준화, 보안기술 등을 면밀히 분석할 필요가 있음

- 각각의 에너지별 계량기의 기술수준을 명시하고 있는 기술기준에서는 물리적인 검침기준에 대한 규격만이 명시되고 있어 원격검침 등에 대한 필요한 통신주기, 암호화 방식, 통신프로토콜 등의 세부적인 규격의 명시가 필요함

– 다음으로 국내와 선진국의 기술개발 현황 비교에서는 많은 부분에서 국내 기술수준이 선진국 기술수준에 미치지 못하는 부분이 많은 것으로 확인되어 향후 보다 적극적인 기술개발 및 연구와 관련된 투자 등의 지원이 필요할 것으로 판단됨.

- 기술분야(하드웨어/시스템)에서는 통신/전력망구성체계, 각종 플렛폼, AMI 등에 대해 Open Architecture 설계, 모듈화 및 솔루션개발(AMI, 전력거래, 마이크로 그리드 등), 불확실성을 예측하고 계통안정화를 위한 지속적인 연구개발

– 그리고 데이터 수집활동은 현재는 참여사업자가 각자의 특성에 기반을 둔 다양한 유형의 데이터를 수집하고 관리하고 있으나, 이는 표준화되지 않았기 때문에 별도의 기술을 요구하는 경우가 발생할 수 있어 불필요하게 예산이 소모될 수 있음.

- 데이터 수집활동이 어떠한 목적 및 역할, 그리고 성격을 지니는지, 수집 방법은 타당한지, 표준과 연동이 되는지 등의 명확한 검토가 선행되어야 함

- 이를 위해 효율적인 에너지 사용을 촉진하기 위해 관련 분야에서의 다양한 데이터가 확보되어야 할 것임

- 데이터 통합 관리시스템의 경우 어떠한 모델을 적용하는 것이 국내실정에 맞는지에 대한 고민이 필요하여 불필요한 예산소모가 예견되므로 이에 대한 표준화가 필요할 것임

– 또한 에너지데이터의 공동활용 모델은 다양한 특성을 가지고 있으며 국가마다 모델 선정 시 사회구조적적 특성을 충분히 반영하여 접근하고 있다는 점이 확인됨.

- 공동활용 모델의 선정에 앞서 국내현황, 기술실정, 소비자요구, 사업자 참여 등 다양하고도 전반적인 검토가 필요함

- 이미 선진국 사례에서 다양한 모델 활용 및 결과, 그리고 시사점 등에서 다양한 사안을 확인할 수 있으므로 국내의 전략사업의 구조 및 특성, 기술적 구현, 법제적 특성 등을 다방면으로 검토하여 최적의 모델 선정을 할 필요가 있을 것으로 판단됨

- 더불어 기존에는 한전의 내부기술 규격만 만족하면 전력계통 운영시스템의 상호 운영성은 별로 문제가 없었지만 최근 국내 전력산업이 다각화되고 해외로의 진출 기업이 증가하고 있어 국제표준의 준수가 필수가 될 것으로 전망되고 있음.

  • 국내에서는 우선적으로 기술개발 내용의 표준화를 위한 다양한 실증이 필요할 것이며, 이를 통해 최적의 모델 및 시스템의 개발이 진행될 수 있을 것임

  • 급변하는 국제사회 환경에 능동적, 선제적 적응을 위해 전력계통운영시스템을 타 시스템과 연계하는 표준 프로토콜과 표준 정보모델을 유연하게 적용가능하도록 구축할 수 있는 방법마련이 필요할 것으로 사료됨

- 향후 문제의 소지가 가장 높을 것으로 판단되는 부분이 데이터의 수집 및 저장, 그리고 공유 및 활용 등 일련에 과정에서 발생 가능성이 높은 데이터 보안의 취약성이므로 이로 인해 야기되는 피해방지를 위해 적극적인 노력이 필요한 것으로 판단됨.

  • 실제 국내외를 막론하고 서비스를 사용하는 소비자의 개인정보가 유출된 사례는 심심치 않게 접할 수 있음. 그만큼 서비스를 제공하는 측의 보안시스템의 허점에 대한 중요성이 대두되고 있음

  • 개인정보의 유출에 따른 피해가 빅데이터 산업에 미치는 피해를 무시할 수 없기에 이와 관련된 보안솔루션의 동반성장을 눈여겨 볼 필요가 있음

- 상기와 유사한 주제로 빅데이터와 관련 있는 법률의 경우 아직까지는 개인정보를 보호하고자 하는 성격만을 가지고 있어 이로 인해 발생 가능한 다양한 장애요소에 대한 대비가 필요할 것으로 판단됨.

  ※ 에너지 빅데이터는 개인의 에너지 사용패턴이 담겨 있어 개인정보에 해당함

  • 현행법에서는 개인정보로 규정한 보호 대상의 범위가 불명확 혹은 추상적이라는 문제점을 가지고 있음

  • 빅데이터 가진 방대함, 다양성 등으로 인해 빅데이터를 활용하게 되는 경우 개인정보보호법 이외에 다른 법들이 규정상 충돌하는 경우도 발생가능하며, 이 경우 빅데이터를 활용이 어려워진다는 점이 있음

  • 특히, 현행법에 따르면 에너지 분야 빅데이터 활용을 위해서는 개인정보 수집이 필수적이지만 원칙적으로 개인의 동의없이 개인정보 이용이 불가능하다는 점과 함께 개인이 사용한 에너지 데이터에 접근하기 위해서는 사전 동의를 받아야 하는데 이러한 절차가 복잡하고 번거로울 수 있다는 점 등의 문제가 있음

2. 정책제언

○ 제도 및 정책 제언

- 현재의 중앙공급식 에너지 체계가 소규모 혹은 분산공급이 가능하게 될 경우 다양한 사업자와 이해당사자들의 허가권, 판매권, 참여권에 대한 등의 기준 마련, 몇몇에 의한 독과점식의 운영 방지를 위한 관련 제도 마련, 그리고 이와 함께 양질의 에너지 서비스 제공을 위한 정보 활용의 완화 방안을 마련이 필요함.

  • 현재 신재생에너지의 경우 전기판매사업의 허가를 받은 일부사업자가 존재하긴 하지만 허가 및 판매 이외에 양질의 에너지 생산과 공급의 가능여부, 투명한 거래 성사여부 등에 대해 다양한 이해당사자들의 참여와 감시가 필요할 것임

  • 공급체계의 개선과 정보 활용화에 대한 완화 방안 마련은 경쟁시대에 있어 공급자가 다양한 정보를 받고 수요자 요구에 따른 맞춤형 서비스 콘텐츠의 개발 및 제공이 가능할 것으로 기대할 수 있음

  • 정보 활용화가 완화된다면 허가권 및 판매권을 가진 사람들은 소비자 혹은 수요자에게 다양한 서비스 제공을 위한 협력과 경쟁 체계를 구축하게 될 것이며, 이때 공급되는 콘텐츠에 대한 소비자 만족 및 가치창출에 실패한 경우에는 자연스럽게 도태되는 시스템의 운영이 자리잡을 것임

- 원격검침의 통신 프로토콜과 정보 활용을 위한 데이터의 표현방법에 대한 표준화 및 이용의 의무화 정책이 필요한 시점임.

  • 에너지 분야 빅데이터 활용에 있어 에너지의 소비량 예측이 차지하고 있는 비중이 막대하기에 소비량 예측을 위한 표준모델을 개발에 대한 지원과 이를 통한 관리 및 예측결과의 신뢰도 향상 노력이 필요함

  • 모델 개발에 대한 지원 부분은 결국 서비스의 제공을 위한 부분으로 귀결되는데 여기서 문제는 소프트웨어의 개발 및 사용자, 판매자 등 다양한 이해당사자가 존재하고 있다는 점임

  • 특히 통신 프로토콜 및 정보 활용에 대한 표준화가 없이 다양한 방법이 존재한다면 이를 관리할 수 있는 소프트웨어도 다양한 내용으로 개발될 수 있으며, 이로 인해 향후 새로운 문제 발생의 우려가 있기 때문에 표준화 마련과 의무적 활용을 지침하고 있는 정책이 필요할 것임

- 정보의 공동활용 모형 선정은 국내 실정에 대한 면밀한 분석과 국제사회의 동향 및 전망 등에 기반을 두어 모형 선정에 따른 객관성 및 타당성을 확보할 수 있도록 제도적 근거 제시가 필요함.

- 유럽국가 등의 정보 공동활용 모형은 소비자들의 소비데이터를 계량하고 공유하는 것에만 초점을 맞추고 있으나 우리나라의 경우 소비데이터 계량 및 공유를 넘어서 이를 활용한 신산업창출의 가능성을 인식하는 접근을 하고 있음

- 우리나라가 관련 신산업을 창출했을 때 국제사회에 이에 대한 영향력 및 파급력 발휘 등의 선도역할 정립을 위해서는 국내외적으로 통용가능한 객관성 및 타당성을 가진 정보의 공동활용 모형이 필요할 것임

- 에너지 데이터의 세분화 및 신뢰도 향상을 통해 빅데이터의 활용성을 향상과 파생되는 정책 추진에 따른 효과 분석필요

- 아직 국내에서 관리하는 에너지 데이터의 경우 통계수준에서 에너지 사용에 대한 증감요인을 구분할 수 있을 정도로 세분화되어 있지 못하고 에너지 총조사 주기가 시계열로 연결되지 않기 때문에 에너지 통계데이터에 대한 신뢰도를 보장할 수 없다는 문제가 있음

- 그러나 최근 다양한 스마트 기기의 보급이 확산되고 있어 이를 활용하여 에너지사용에 대한 지능형 계측과 통계데이터의 구축이 가능하기에 향후 보다 능동적인 에너지 수요관리 및 효과분석이 가능해 질 것으로 기대됨

- 또한 실시간으로 수집되는 통계데이터로 인해 데이터의 누락 감소 및 통계의 시계열적 특징을 확보할 수 있어 데이터의 신뢰도도 향상할 수 있을 것임

- 더불어 유관 정책의 추진에 따른 효과에 대한 검증이 실시간으로 가능해 질것으로 기대되어 정책의 발굴, 추가, 확대 등에 따른 타당성 자료로 활용하는 것도 가능할 것임

- 국내외 기술 비교 내용 중 제도결여에 의한 격차(수준차이) 발생은 제도마련을 통해 해결 가능할 것으로 판단할 수 있지만 이 과정에서 다양한 이해당사자의 참여 및 검토, 그리고 시범적용 등의 과정을 거쳐 최적화된 제도의 구축이 요구됨.

- 현재 전력거래의 경우 단방향으로 이루어지므로 양방향 거래가 제한적이며, 이에 따른 다양한 서비스 개발 및 확대적용에도 한계 노정

- 양방향거래를 위한 제도 구축과 이에 기반을 둔 시장의 확대는 에너지 및 데이터 공유 활동에 대한 합리적인 시장가격이 형성될 수 있을 것이므로 다양한 분야에서의 참여와 활성화가 기대됨

- 국내의 망을 국제사회의 망과 결합하기 위해 국제 표준과의 연동을 고려한 개발정책 필요.

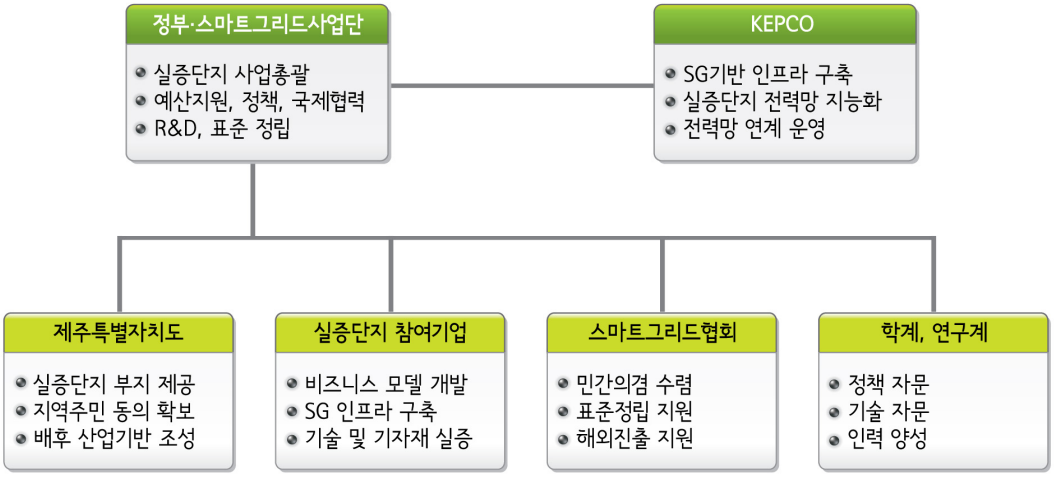
- 국내 전력산업이 다각화되고 해외로의 진출 기업이 증가 추세에 있기에 국내의 기업의 국제사회의 원활한 활동을 지원하기 위해 관련 정책의 개발 필요

- 여기에 현재 집중 투자되고 있는 사업을 다른 에너지 지능화 사업과의 연계하여 확장성을 갖도록 해야 할 것임
- 특히, 발송배전 및 계통운영, AMI, 전기차, 충전소, 배터리표준화가 우선적으로 추진되어야 할 사항일 것임

- 에너지 분야 빅데이터 활성화 과정에서 최종 소비자의 관련 제도의 수용이 전제될 필요가 있음.

- 해당 기술의 적용 및 활용 등으로 기술의 유용성에 대한 인식 제고도 좋지만 이와 함께 리스크를 줄이려는 노력이 동반될 필요가 있음
- 도매전력시장 연계 및 실시간 가격제도(RTP, CPP)도입과 에너지 이용정보의 소비자 소유권 등의 절차, 체계, 범위 등을 위한 법적 제도 마련이 필요
- 에너지 산업의 진입장벽을 완화하여 전력시장을 활성화하여 관련 산업의 고부가가치까지 창출 할 수 있다면 해당제도 마련 및 시행이 소비자의 권익보호 차원을 넘어 관련 제도의 활성화를 위한 원동력이 될 것임
- 기술 적용으로 인한 소비자의 만족도 향상 노력은 분명히 필요한 부분이지만 역으로 너무 많은 기대 지양하도록 할 필요가 있기에 이와 관련된 지속적인 교육과 홍보활동을 병행하여 소비자의 인식 제고에 기여해야 할 것임
- 또한 막대한 재원 및 시간이 투자되므로 에너지 절약을 위하여 스마트그리드를 능동적으로 활용하도록 소비자를 위한 교육 및 홍보필요

[그림 12] 한전KDN의 제주 스마트그리드 실증단지 적용제품 및 기술 사례



- 에너지 분야 빅데이터와 관련된 기술 및 활용이 새로운 가치의 원천이 되고 있기에 이에 대한 법적 뒷받침을 위해서라도 우선적으로 에너지 빅데이터 소유권을 1차적으로는 개인이 보유하더라도 서비스 제공 등 제한적인 목적으로는 제3자가 접근 가능하도록 허용할 수 있는 법령 마련 혹은 관련법령 개정이 필요할 것임.

  • 이것은 법률을 제정할 때 현실에서 발생가능한 모든 사건을 염두에 둘 수 없다는 한계와 아직은 관련 법제 정비가 완비되지 않았다는 점 때문에 우선적으로 추진할 수 있는 접근이 될 수 있음

  • 이와 같은 접근으로 정보의 제공이 진행되는 과정에서 에너지 빅데이터 사용과 관련한 모호, 혹은 추상적인 규범과 조항에 대한 개선은 행위의 목적을 뒷받침 할 수 있는 검토와 해석을 통해 충분히 수정 보완해 나갈 필요가 있을 것임

- 보안 리스크 감소의 관점에서 보안요구사항이 일반적인 망에서 사용되는 인증과 접근제어방법을 전력선통신 환경에 적합하도록 관련분야의 연구와 이를 위한 정책 마련이 필요함.

  • 특히, 적극적으로 빅데이터를 활용하고 있는 기업들을 대상으로 하는 설문조사 결과 58%가 강력한 보안 및 관리 프로세스를 구비하고 있다는 것이 확인되었으며, 데이터의 보안, 특히 데이터 프라이버시에 대한 엄격한 규제와 감시 장치의 마련이 요구되고 있다는 점은 시사하는 바가 큼

  • 우리나라의 경우 공공데이터의 제공 및 이용활성화에 관한 법률에서도 공공데이터의 이용 및 활용을 위한 법제 정비에만 초점이 맞추어있을 뿐 빅데이터 시대에 가장 중요한 정보보호에 관련된 내용은 거의 없음

  • 이에 따라 AMI보안, 스마트그리드 운영 통신보안, 전력거래 보안체계 수립이 우선적으로 추진되어야 할 내용임

참고문헌

1. 단행본

관계부처 합동, 창조경제 및 정부3.0 지원을 위한 빅데이터 산업 발전전략, 경제관계장관회의, 2013.12.11.
대한상공회의소, 『빅데이터 활용현황 및 정책과제』연구, 연구보고서, 2014. 7.
산업통상자원부, 『효율적인 국가에너지정보시스템 발전방안에 대한 연구』, 별책 4: 에너지 신산업, 2015. 8. 12.
(재)한국스마트그리드사업단, IoT 기반 에너지 데이터 생성 및 관리·활용방안 연구, 산업통상자원부, 2016. 02.
임재규·김종익, 에너지부문 빅데이터 활용사례 조사 연구, 에너지경제연구원, 2014. 9. 25.
박찬국·김현제·유학식, 에너지 부문 정보통신 융합의 전개구도와 영향, 에너지경제연구원, 2015. 2. 23.
정보통신기술진흥센터, 중국의 빅데이터 활용현황, 해외 ICT R&D 정책동향, 2016.
김규남·정원준, 사물인터넷 기반 지능형 빅데이터 산업 활성화 방안 연구, 정보통신정책연구원, 2015.11.
정용찬, 4차 산업혁명 시대의 데이터 경제 활성화 전략, 정보통신정책연구원, 2017, 6. 14.
한국데이터진흥원, 2017 데이터산업 백서: 제7부 데이터산업 정책 동향, 2017. 7. 12.
이상윤, 빅데이터법제에 관한 비교법적 연구–종합보고서–, 한국법제연구원, 2014. 10. 31.
윤석진, 빅데이터법제에 관한 비교법적 연구–일본–, 한국법제연구원, 2014. 10. 31.
한국산업기술진흥원, 글로벌기술협력기반육성사업 심층분석보고서 미국의 빅데이터 산업 육성정책, 2016. 1. 16.

2. 논 문

김규남, 기획특집1-3, 스마트시티 산업의 빅데이터 비즈니스 실태와 발전 방향, 부동산 포커스 제99권(2016).
김광섭, 빅데이터산업의 부상 및 시사점, 이슈분석, 산은조사월보 제731호(2016).
오도은, 전력산업에서의 빅데이터 활용 현황 및 전망, 전기저널 제455호(2014).
윤미영, 주요국의 빅데이터 추진전략 분석 및 시사점, 과학기술정책 제192호(2013).
이승은·정은호·박민혁, 빅데이터를 활용한 에너지신산업 트렌드 분석, 한국혁신학회지 제11권 제1호(2016).
김남훈, 스마트그리드 동향 및 업체 분석, 하나금융경영연구소 제18호(2010).
김지희, 해외 AMI 비즈니스 모델 및 소비자 서비스 사례 분석, 전기저널 제478호(2016).
손서은, 전력산업 IoT, 빅데이터 기반 Biz 모델 및 적용 사례 분석, 전기저널 제491호(2017)

3. 기 타

지속가능발전 포털 홈페이지 〈http://ncsd.go.kr/app/sub02/20_tab2.do〉
EKNews 2015년 12월 15일자 기사
〈http://www.eknews.net/xe/?mid=kr_politics&category=26886&document_srl=471116〉
과학기술정보통신부 블로그
〈https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=with_msip&logNo=220658572480&proxyReferer=https:%2F%2Fwww.google.com.hk%2F〉
HelloT 첨단프리미엄
〈http://magazine.hellot.net/magz/article/articleDetail.do?flag=all&showType=showType1&articleId=ARTI_000000000003958&articleAllListSortType=sort_1&page=1&selectYearMonth=201208&subCtgId=〉
HelloT 첨단뉴스 2012년 2월 21일자
〈http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=203&sub=001&idx=497〉
서울경제 2017년 4월 11일자
〈http://www.sedaily.com/NewsView/1OELUVHLLH/〉
전기저널 2016년 10월 11일자
〈http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=1099〉
전기저널 2017년 11월 10일자
〈http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=1749〉
IBM News room 홈페이지
〈https://www-03.ibm.com/press/us/en/photo/44326.wss〉
한국에너지 2017년 11월 13일자
〈http://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=93282〉
공공데이터포털 홈페이지 〈https://www.data.go.kr/guide/guide/introduce.do〉
누리텔레콤 홈페이지 〈http://www.nuritelecom.co.kr/main/main.php〉
월간전기 2010년 2월 25일자 〈http://www.energy.co.kr/atl/view.asp?a_id=3704〉
Hackernoon 및 Digitalist Magazine 홈페이지
〈https://hackernoon.com/arising-need-of-modern-big-data-integration-platform-bbc650b18613〉 &
〈https://www.digitalistmag.com/industries/utilities/2013/07/25/transforming-utilities-success-based-on-a-fitness-diagnosis-0252390〉
국가법령정보센터 홈페이지〈http://www.law.go.kr/main.html〉

부록: 주요 핵심용어

용어	설명
AMI	‣ Advanced Metering Infrastructure : 첨단계량인프라 ‣ 수용가 에너지 사용량을 지정 계획대로 측정, 수집, 분석을 위한 디지털전자식 계량기 ‣ 양방향 통신망 및 계량데이터 관리 소프트웨어 등으로 구성된 에너지 계량 시스템
AMR	‣ Automatic Meter Reading : 자동계량기 ‣ 전기, 가스, 수도 등의 사용량 검침 IT기술 활용 중앙검침센터에서 자동으로 수행
AMS	‣ Asset Management System : 자산관리시스템 ‣ 설비 및 자산의 건전성 유무 판단 혹은 운전 상태의 온/오프라인 제어, 감시 및 평가하는 시스템
BEMS	‣ Building EMS : 빌딩용 에너지관리시스템 ‣ 빌딩의 에너지 관리시스템 (EMS 참조)
BMS	‣ Battery Management System : 배터리관리시스템 ‣ 배터리의 충전 및 방전을 제어 및 관리하는 시스템
CPP	‣ Critical Peak Pricing : 피크요금제 ‣ 일반적으로 저부하시에는 일반 가격보다 낮은 요금을 청구, 피크부하 예상시에는 일반 요금의 몇 배의 요금을 적용하여 청구하는 요금제
DER	‣ Distributed Energy Resource : 분산전원 ‣ 신재생에너지 발전 설비에 의해 소규모로 생산된 전력은 대부분 예비전력으로 사용, 그러나 전체 전력망에 유기적으로 연결되어 있지 않음. ‣ 이들을 기존 전력망에 통합하기 위해서는 보다 정교하고, 자동화된 제어 시스템을 통해 신뢰도 향상 및 근거리 발전으로 인한 전력 손실감축과 전력발전으로 인한 열 손실 감소
DR	‣ Demand Response : 수요 반응 ‣ 전력공급, 피크 부하율, 전력생산·공급가격 등의 상황에 따라 소비자가 전력사용량을 조정 체계
DSM	‣ Demand Side Management : 수요 관리 ‣ 전력공급, 피크 부하율, 전력생산·공급가격 등의 상황에 따라 소비자가 전력사용량을 조정하여 부하를 관리하는 기법
EMS	‣ Energy Management System : 에너지관리시스템 ‣ 전력계통의 원격감시 및 제어와 자동발전제어 및 경제급전기능, 전력계통 해석, 자료 기록 및 저장기능, 그리고 급전원 모의훈련기능 등을 수행하는 급전용 종합 자동화시스템
FEMS	‣ Factory EMS : 공장용 에너지관리시스템 ‣ 공장의 에너지 관리시스템(EMS 참조)
HEMS	‣ Home EMS : 가정용 에너지관리시스템 ‣ 가정용 에너지관리시스템
PCS	‣ Power Conversion System : 전력변환시스템 ‣ 교류를 직류로, 직류를 교류로, 교류를 크기가 다른 교류로, 직류를 크기가 다른 직류로 변환하는 설비
RTP	‣ Real Time Pricing : 실시간 요금제 ‣ 소비자측 실시간 요금제로서 실제 발생되는 발전비용과 수용에 따른 시장가격이 반영된 요금제
SCADA	‣ Supervisory Control And Data Acquisition : 원방감시시스템 ‣ 발전, 송·변전 시설 등 여러 종류의 장치를 중앙 집중식으로 감시 제어하는 시스템
Smart Meter	‣ 에너지사용량을 실시간으로 계측해서 통신망을 통해 계량 정보를 제공 ‣ 가격정보에 대응하여 수용가 에너지 사용을 적정하게 제어하는 디지털 전자식 계량기
V2G	‣ Vehicle to Grid : 전기차 역송전 ‣ 전기차와 전력망이 연결된 상태에서 전기차의 전력을 전력망으로의 전송 체계

안전한 에너지 활용을 위한 제도 연구

CLIMATE CHANGE ISSUES PAPER 2017

기후변화법제연구 이슈페이퍼 17-03

CHAPTER
4

해양에너지정책의 현황과 향후 과제
- 환경과 안전을 중심으로

박 수 진 (한국해양수산개발원 박사)

Ⅰ. 해양에너지의 연구 및 개발동향

1. 해양에너지의 개념

에너지

- 「에너지법」(2006년 3월 3일 제정, 2016.3.22. 최근개정) 제2조제1호에 따르면 "에너지"란 연료, 열 그리고 전기를 의미함. 연료는 석유, 가스, 석탄, 그 밖에 열을 발생하는 열원을 말하며, 신·재생에너지는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제1호 및 제2호에 따른 에너지를 말함.

- '제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)'[1]에 따르면, 향후 신재생에너지는 연평균 5.4% 증가율을 보여 수요비중이 지속적으로 상승할 것으로 전망되었음.[2]

- '제1차 국가에너지 기본계획'에서는 신재생에너지를 성장동력화하여, 2030년까지 풍력, 바이오, 해양에너지 등 보급효과가 큰 분야를 중심으로 "에너지 대량보급체계"를 구축하고, 2030년에는 보급률 11%를 달성하는 것으로 목표로 하였음.

재생에너지

- 재생에너지(renewable energy)는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지 등이 있음. EU의 재생에너지 지침과 미국의 에너지정책법(Energy Policy Act 2005)은 '비화석연료'인 태양력, 풍력, 해양 등의 재생에너지원으로부터 얻어지는 에너지라고 정의하고 있음.[3]

---

1) '제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)'은 국무총리실, 기획재정부, 지식경제부, 교육과학기술부, 환경부, 외교통상부, 국토해양부 등이 참여한 범부처 계획으로 수립되었으며, 2008년 8월 27일에 제3차 국가에너지위원회에서 의결되었음.

2) 관계부처 합동, 「제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)」, 2008, p.24.

3) 함태성, "재생에너지 산업의 전망과 법적 과제", 「법제연구」 제51호, 2016, p.287.

- 우리나라는「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제2호에서 재생에너지를 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지라고 정의하고 있음. 한편,「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」은 제2조제1호와 제2조제2호에서 신에너지와 재생에너지를 각각 구분하여 정의하고 있음(〈표 1〉 참조).

〈표 1〉 신에너지와 재생에너지의 구분

구분 및 정의	세부내용
신에너지 - 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소·산소 등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 에너지	• 수소에너지 • 연료전지 • 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油)를 가스화한 에너지 (석탄을 액화·가스화한 에너지로서 다른 화합물과 혼합되지 않은 증기공급용·발전용 에너지, 중질잔사유를 가스화한 공정에서 얻어지는 연료와 그 연료를 연소 또는 변환하여 얻어지는 에너지)
재생에너지 - 햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)· 생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지	• 태양에너지 • 풍력 • 수력 • 해양에너지 • 지열에너지 • 생물자원을 변환시키거나 생물자원 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 바이오에너지 (바이오가스, 바이오에탄올, 바이오 액화유 및 합성가스, 매립지 가스, 바이오디젤, 생물유기체를 변환시킨 땔감, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료) • 폐기물 에너지 (폐기물을 변환시켜 얻어지는 연료, 폐기물을 변환시켜 얻어진 연료를 연소·변환시켜 얻어지는 에너지, 폐기물의 소각열을 변환시킨 에너지) • 해수의 표층의 열을 히트펌프(heat pump)를 사용하여 변환시켜 얻어지는 에너지

해양에너지

- 해양에너지(marine energy or marine power or ocean energy)는 해양의 파력(wave), 조류(tide), 염분(salinity), 조류(ocean current), 온도차(ocean temperature differences) 등을 통해 얻어지는 에너지를 의미를 한다고 볼 수 있음.[4)]

- 현행 법률에서 해양에너지에 대한 법적 정의는 없으나, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행규칙」 제2조제7호의 "해양에너지 설비"에 대한 용어정의를 통해 유추할 수 있음.

- "해양에너지 설비"란 해양의 조수, 파도, 해류, 온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 설비를 말함. 따라서, 해양에너지는 해양의 조수, 파도, 해류, 온도차 등을 변환시켜 얻어지는 에너지라고 정의할 수 있음.

- 해양에너지원(sources of marine energy)은 크게 재생에너지원과 비재생에너지원으로 구분할 수 있는데, 재생에너지원은 파력, 조력, 염분, 조류, 온도차 발전 등을 의미하며, 비재생에너지원은 해저면 하부에 부존하는 석유(petroleum)와 천연가스(natural gas)를 의미함.[5)]

- 해양에너지는 미래 사업화 가능성이 큰 신·재생에너지 분야로서 제1차 국가에너지기본계획 (2008~2030)에 따라서 파력, 조류, 온도차 발전 등 보급 잠재력이 큰 해양에너지의 지속적인 기술개발 및 보급을 지원하고, 해조류(micro-algae, macro-algae), 해양 미생물 등 바이오 연료 및 수소 대량 제조원의 개발을 추진하고 있음.[6)]

- 해상풍력 발전(offshore wind power)에 대해서는 해양에너지의 일부라는 주장도 있고, 바람을 통해 얻어지는 풍력발전(wind power)이므로 발전시설 설비가 해상에 설치되어 있더라도 해양에너지가 아니라 풍력발전이라고 보는 주장도 있음.

- 본 연구에서는 이미 우리나라에서 부유식 해상풍력과 파력이 결합된 융복합 발전도 추진되고 있다는 점을 고려하여 해상풍력발전도 해양에너지의 한 유형으로 구분하여 분석하고자 함.

- 현재 해상풍력 발전정책의 주관부처는 산업통상자원부이며, 해양수산부는 유관 부처로서 함께 참여하고 있음.

---

4) https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_energy#Forms_of_ocean_energy
5) https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_energy 〈최근검색일 : 2017.12.10.〉
6) 관계부처 합동, '제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)', 2008, p.100.

2. 해양에너지의 연구개발 동향

개관

- 해양수산부와 산업통상자원부가 공동으로 수립한 「해양에너지 중장기 개발계획(''15~'25)」을 비롯하여 해양수산부의 「해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)」, 관계부처 합동의 「제2차 국가에너지기본계획('14~'35)」, 산업통상자원부의 「제3차 에너지기술 개발계획('14~'23)」 및 「제4차 신·재생에너지 기본계획('14~'35)」 등에 근거하여 파력발전, 조류발전, 해수온도차 발전, 융·복합 발전을 위한 연구개발이 진행되고 있음.

- 해상풍력 발전의 경우는 산업통상자원부가 원천기술 개발 및 실용화 사업 등을 진행하고 있으며, 해양수산부는 파력발전, 조류발전, 온도차발전, 해상풍력·파력·조력 등이 결합된 융복합 발전 등의 연구개발에 중점을 두고 있음.

- 해양에너지 연구개발 가운데 상용화 속도가 빠른 분야는 해상풍력발전이며, 조류발전, 해수온도차 발전은 실증사업 및 실용화를 위한 연구개발이 진행되고 있음.

- 시화호 조력발전소는 254MW급 전력을 생산하고 있어 상용화된 해양에너지의 대표적인 사례임. 다만 시화호 조력발전소가 준공된 이후 신규로 조력발전소가 설치되지는 않고 있음.

파력발전

- 파력발전은 파도가 치는 힘을 전기 발전에 이용하는 방식으로, 파력발전을 하기 좋은 지역으로 제주도, 울릉도, 독도, 흑산도가 손꼽히고 있음.

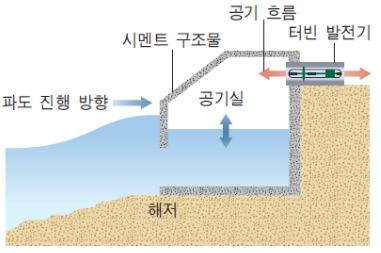
- 현재 파력발전에 관한 연구개발 사업은 '제주 시험파력발전소('03~'15, 500kw)'의 시범 운영을 통하여 연안지역에 최적화된 파력 발전시스템의 개발과 심해역 파랑에너지를 이용하는 "부유식 파력발전시스템 고도화", "도서지역의 전력공급을 위한 소형 파력시스템 개발"과 같은 사업을 추진하고 있음.

- 부유식 파력발전시스템은 '15~'16년에 300kw급 발전시스템을 개발하고, 도서지역 공급용 소형 파력발전시스템은 '16년부터 연구개발을 진행하고 있음.

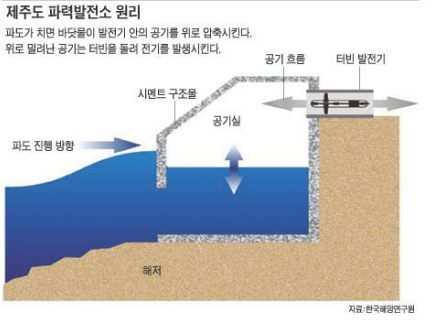
- '16년부터 '21년까지는 제주 시험파력발전소와 연계된 실해역 시험장을 구축하는 사업을 진행 중이며, '25년부터는 민간기업 중심의 실증단지 건설로 상용화를 추진할 예정임.

– ’16년 7월에 제주시 한경면 용수리 앞바다에 국내 처음으로 조성된 시험파력발전소가 ’17년 10월 12일에 상용화를 위한 운영체계로 돌입하였음.[7] 제주 용수파력발전소는 파도가 밀려오면서 수면이 높아지면 발전기 안의 공기를 압축하여 터빈을 돌리는 방식임.

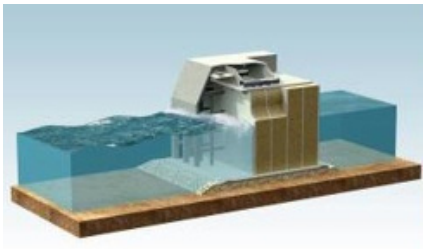
[그림 1] 파력발전의 원리 및 제주 용수파력발전소[8]



파력발전의 원리



제주 용수파력발전소의 원리



제주 용수파력발전소 조감도[9]

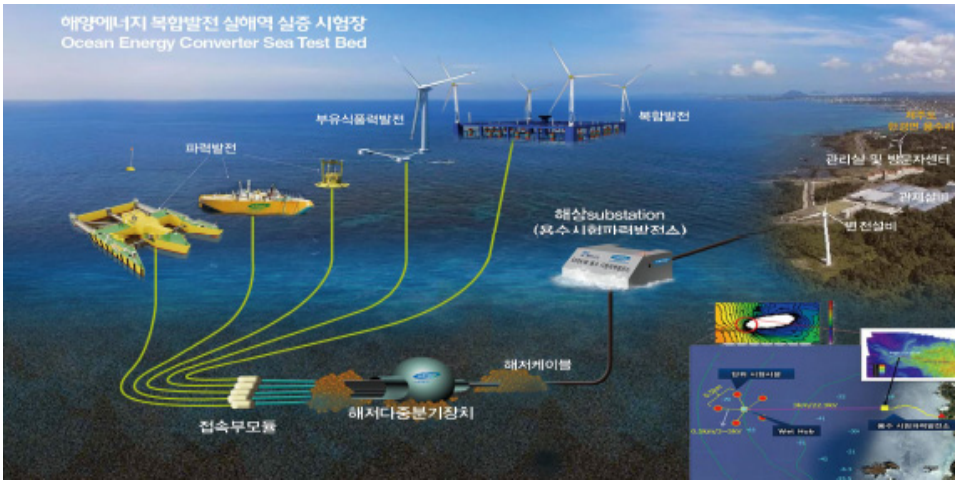
제주 용수파력발전소 현황

7) 연합뉴스, 제주 용수 파력발전소 내달부터 24시간 가동 전력생산, 2017.10.12. 기사, http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/10/11/0200000000AKR20171011136300056.HTML 〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

8) http://koc.chunjae.co.kr/Dic/dicDetail.do?idx=9702, http://www.newsje.com/news/articleView.html?idxno=16554 〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

9) http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/10/11/0200000000AKR20171011136300056.HTML

[그림 2] 파력발전 실해역 시험장의 개념도



자료 : 해양수산부·산업통상자원부, 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 2015, p.10.

- 기존에 개발된 파력발전 설비에 대한 소형화 작업을 위한 연구가 진행되고 있으며, 어항의 신·개축시 방파제 탑재형 소규모 파력발전 설비를 포함하여 건설·운용하도록 하여 파력에너지의 보급을 확대시키려고 하고 있음. 또한 전기어선의 충전, 제빙공장, 냉동창고 등에 전력을 공급하는 것을 진행할 예정임('18년~).

조류발전

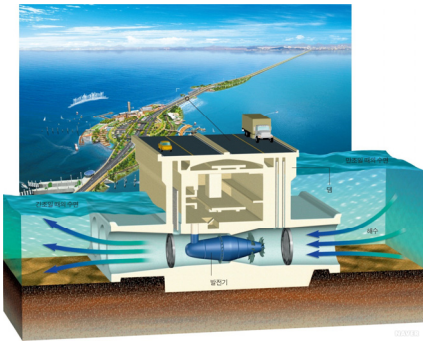
- 조류발전은 빠른 해수의 흐름이 나타나는 해역에 댐이나 방파제의 설치 없이 해류를 이용하여 바닷속에 설치한 터빈을 돌리는 발전방식임. 방파제를 건설할 필요가 없기 때문에 해안 방파제 건설이 필수조건인 조력발전에 비해 건설비용이 적게 들고, 선박의 통항과 어류의 이동에 제약이 상대적으로 적다고 알려져 있음.

- 해양수산부는 조류발전의 상용화의 조기정착을 위하여 ① 조류발전 상용화의 조기 정착을 위해 민간기업이 참여하는 능동제어형 발전시스템 수평축 터빈 개발 및 실해역 운영, ② 능동제어형 발전설비의 실증을 통한 준상용화 단계 진입 후 민간기업에 대한 기술이전 으로 사업화 촉진, ③ "울돌목 조류시험발전소"를 확대한 실해역 시험장의 구축을 통해 산학연 발전시스템의 실증 및 상용화 확대 등을 추진하고 있음.[10)]

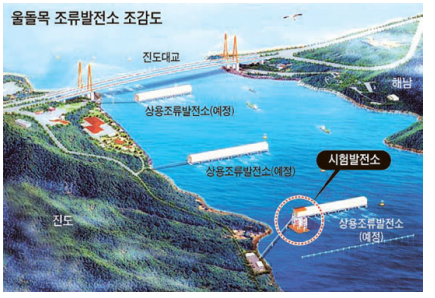
10) 해양수산부·산업통상자원부, 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 2015, p.11.

- ’17년부터 ’21년까지 울돌목 시험 조류발전소 인근에 5개 사이트에 1MW급 4개, 0.5MW급 1개의 실해역 시험장을 구축할 예정임.

[그림 3] 조류발전의 원리 및 울돌목 조류발전소 조감도[11)]



조류발전의 원리



울돌목 조류발전소 조감도

해수 온도차 발전

- 해수 온도차 발전은 열용량이 큰 해수는 일정 깊이의 수심에서 온도가 대기의 온도보다 여름에는 낮고 겨울에는 높다는 점을 이용하여 전력을 생산하는 것으로, 열교환 방식을 통해 에너지를 발전하는 방식임.

- 우리나라 주변해역의 수심 10m층에 대한 해수 수온분포는 위도에 따라 다르며 계절적 변화를 보이고 있지만 겨울철 표층수온은 8~12℃로 기온보다 따뜻하며, 여름철 표층수온은 22~26℃로 기온보다 차가운 편임. 이는 히트펌프를 활용한 해수열을 통해 냉방이나 난방에 효과적으로 이용할 수 있다는 것을 의미함.[12)]

- 해수온도차 발전과 관련하여, 해양수산부는 해수온도차 발전의 상용화 모듈개발과 실해역 실증을 통한 해외시장 진출기반을 위한 연구개발을 추진해 오고 있음.

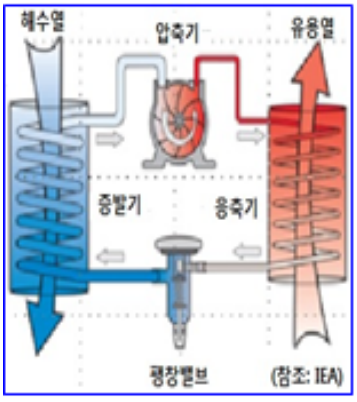
- 즉, ’16~’17년에 1MW급 해수온도차 발전설비를 개발하고, ’17~’18년에 실해역 실증사업을 계획하고 있음.

---

11) http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1524342&cid=47341&categoryId=47341, http://www.ajunews.com/ 〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

12) 김현주, 「신재생에너지 원별 기술동향」, 2016.

[그림 4] 해수온도차발전의 원리 및 울돌목 조류발전소 조감도[13)]

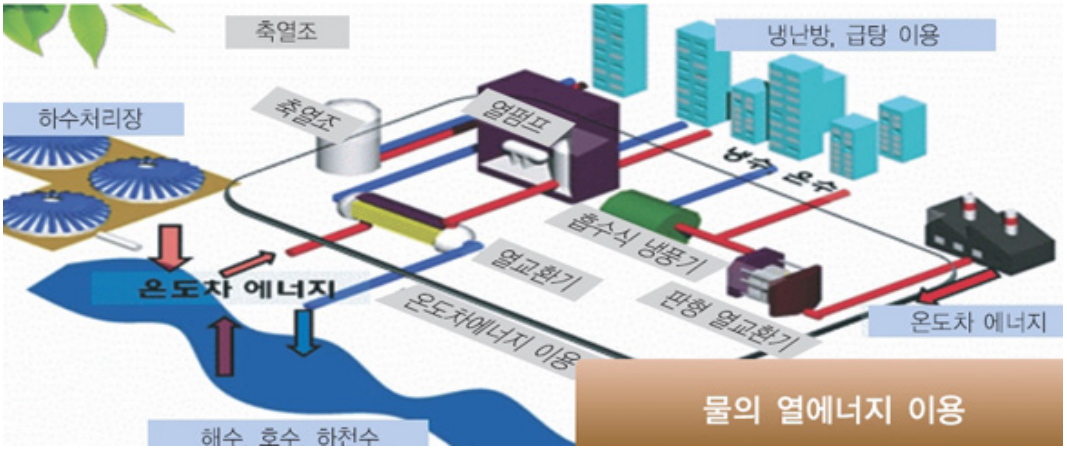


해수 냉난방을 위한 히트펌프 원리

강원 해수심층수센터의 60RT 탠덤형 해수히트펌프

- 한편, 1,000RT급 보급형 해수냉난방 시스템을 개발한 이후 '14년부터는 2,000RT급 해수냉난방 시스템을 제작하고 있음. 키리바시 해역에 이를 설치·운영함으로써 해외 기술수출을 위한 "실해역 실적보유"가 가능할 것으로 전망되고 있음.

[그림 5] 해수열원 열펌프를 이용한 냉난방시스템 구성요소



자료 : 워터저널, 2013.3.28.일자 기사 (http://waterjournal.co.kr/news/articleView.html?idxno=16437)

13) http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1524342&cid=47341&categoryId=47341, http://www.ajunews.com/ 〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

- 또한 ’11년부터 ‘친환경 에너지사업’으로 해수열원 히트펌프를 수산양식장에 국고보조사업으로 추진하고 있으며, ’25년까지 722천kW 설치를 목표로 하고 있음.

- 한편, 산업통상자원부는 ’14년부터 ‘해수온도차(현재, 수열) 에너지 설비기준’을 마련하여 신재생에너지 보급사업 대상이 될 수 있는 기반을 마련하였고, ’15년에 공공건물 신재생에너지 설치의무화 대상으로 포함시켰음.

조력발전[14)]

- 시화호 조력발전소는 경기도 안산시 대부동에 위치한 시화방조제에 건설되었으며, ’04년에 착공하여 ’11년 11월에 본격적인 전력 생산을 시작하였음. ’12년 2월에 발전생산량 1억 kWh를 달성하였고, ’12년 12월에 전력공급량 5억 kWh를, 13년 12월에 전력공급량 10억kWh를 달성하였음.

- 시화호 조력발전소는 세계적으로 조석간만의 차가 큰 서해바다에 위치한 세계 최대 규모의 조력발전소임.

- ’15년 1월에는 전력공급량 15억 kWh를 달성하였으며, 현재 연간 552.7GWh의 전력에너지를 생산하고 있는데 이는 인구 50만 규모 도시에 전력을 공급할 수 있는 규모임.

  • 청정에너지 개발을 통한 대기환경오염 저감
  –연간 315천톤 CO_2 발생저감

  • 대체에너지 개발로 인한 에너지 자급도 향상
  –연간 862천배럴 유류수입 대체효과

  • 해수유통으로 시화호 수질개선
  –외해와 비슷한 수준으로 개선, COD 2.0ppm 수준

[그림 6] 시화호 조력발전소 전경 및 개요[15)]

시화호 조력발전소 전경

시화호 조력발전소 개요

14) 시화호 조력발전소 홈페이지 자료, https://tlight.kwater.or.kr/ 〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

15) https://www.kwater.or.kr/web/images/water/img_50029610_plant01.jpg,

- 시화호 조력발전소 이후 가로림만 조력발전소, 강화 조력발전소 등의 건립이 추진되었으나, 발전소 건설이 환경과 수산자원 등에 미치는 부정적인 영향에 대한 우려 등으로 인한 지역주민의 반대로 잠정 중지된 상태임.

융·복합발전

- 해양수산부는 해양 신재생에너지의 경제성을 확보하고, 개발지역이 유사한 파력과 부유식 해상풍력을 연계하는 융·복합 발전을 위한 원천기술 개발과 실증 인프라를 구축하는 사업을 '25년까지 단계별로 추진하고 있음.

- '13년에 이미 해양에너지 기술 선도국인 EU, 일본 등은 복합발전 상용화 실증연구를 착수한 바 있음.

- 한편, 해수온도차, 심해수압 등 그동안 활용되지 못했던 해양에너지원을 활용한 발전기술 개발, 해수열, 조류력 등을 활용한 해수담수화 기술 개발 등 융복합 기술에 대한 연구개발도 추진되고 있음.[16]

  • (1단계) 부유식 해상풍력과 파력의 통합제어시스템 개발(~'16년), 파력발전과 에너지저장시스템 등을 연계하여 도서지역 등에 독립전원으로 사용할 수 있는 복합 발전 개발('16년~)

  • (2단계) 실해역 실증 및 설계 표준화('18년~), 불규칙한 해상풍력발전과 규칙적은 조류발전을 연계한 "해상풍력-조류 복합발전"의 통합제어장치 및 구조물 설계기술 개발 및 적지 적용성 조사('18년~), 수소에너지 활용에 대비하여 해양에너지를 수소로 전환 및 저장하는 핵심기술 개발('20년~)

- '16년 8월 2일에 한국에너지기술연구원은 제주시 구좌읍에 위치한 제주글로벌 연구센터 내에 "육해상에너지 융복합 실증 플랫폼" 건설을 위한 착공식을 개최하였음. 향후 1,600평 규모로 건설되는 실증 플랫폼 건설에는 총 175억원이 투입될 예정이며, 해양염분차 발전 등 기술의 실증을 통한 상용화 기술 개발과 에너지 자립 및 기술수출을 위한 융복합 에너지 개발을 위한 대규모 통합실증 인프라가 구축될 예정임.[17]

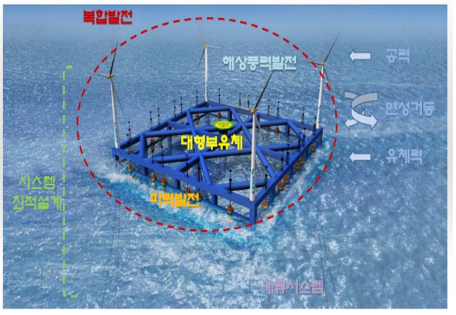
---

http://dimg.donga.com/wps/NEWS/IMAGE/2011/09/04/40067550.1.edit.jpg
〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

16) 해양수산부, 해양수산R&D 중장기계획('14~'20), 2014, p.14.

17) http://energium.kier.re.kr/sub040101/articles/view/tableid/news/category/2/view_type/gallery/id/3161〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

[그림 7] 융복합발전의 원리 및 제주 육해상에너지 융복합 실증플랫폼 조감도[18)]



융복합 발전의 원리

제주 육해상에너지
융복합 실증플랫폼 조감도

해상풍력발전

- 해상풍력발전은 서남해 해상풍력 실증단지를 통한 '국산 3MW급 해상풍력발전시스템 사업화'를 추진하고 있음.[19)]

- 2014년 9월에 해상풍력 5MW급 대형 해상풍력발전시스템에 대한 국제공인인증을 획득하였음.[20)]

- 해상풍력발전은 개발비용의 절감을 통한 상용화에 노력을 기울이고 있으며, 그 일환으로 풍력터빈과 단지의 대형화, ICT를 활용한 운전유지 보수 및 공정의 효율화에 주력하고 있음.[21)]

- 서남해 해상풍력 실증단지에 대한 수정계획의 수립과 병행해서 핵심기술을 발굴하고 지원하기 위한 노력을 경주하고 있음.

- 서남해 해상풍력 실증단지 사업은 실증단계-시범단계-확산단계의 3단계로 구성되어 있으며, 단계별 목표를 설정하고 있음.

18) http://www.ctman.kr/news/9749,
http://energium.kier.re.kr/sub040101/articles/view/tableid/news/category/2/view_type/gallery/id/3161
〈최근검색일 : 2017.11.5.〉

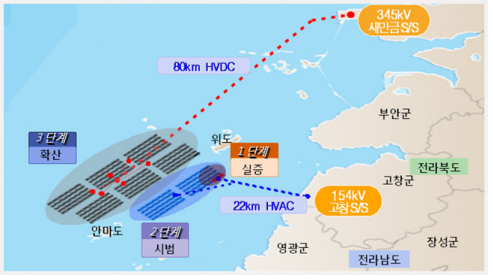
19) 산업통상자원부, 「2016년도 에너지 기술개발 실행계획」, 2016.4, p.4.

20) 산업통상자원부, 「2015년도 에너지 기술개발 실행계획」, 2015.9, p.5.

21) 산업통상자원부, 「2015년도 에너지 기술개발 실행계획」, 2015.9, p.10.

[그림 8] 서남해 해상풍력개발사업 단지

서남해 해상풍력단지 위치도1



서남해 해상풍력단지 위치도2

자료 : 한국해상풍력(주), 서남해 해상풍력실증단지 개발사업 사업설명회자료, 2015.6

- 【실증단계】 : 해상 Test Bed 구축 및 핵심기술 개발을 목표로 하며, 7.5㎢ 면적에 수심 10~11m에 건설될 예정임. 발전용량은 80MW이며, 발전량은 175GWh/년으로 2018년까지 추진될 예정임. 한국해상풍력(주)가 사업주체로 참여하고 있음. 175GWh/년의 발전용량은 약 5만 가구에 전력을 공급할 수 있는 공급량임.

- 【시범단계】 : Track Record를 확보하고, 비즈니스 모델을 개발하는 것을 목표로 함. 시범단계 해상풍력 시범단지 사업은 수심 11~18m에서 진행될 예정이며, 발전량은 1,096GWh/년으로 2018년부터 2020년까지 3년간 추진될 예정임. 사업주체는 실증단계와 동일하게 한국해상풍력(주)이 참여할 예정임.

  · 시범단계에서는 풍향, 수심, 연안에서의 이격거리, 전력계통 연계성, 단지 확장성 등을 고려하여 위치를 선정함.

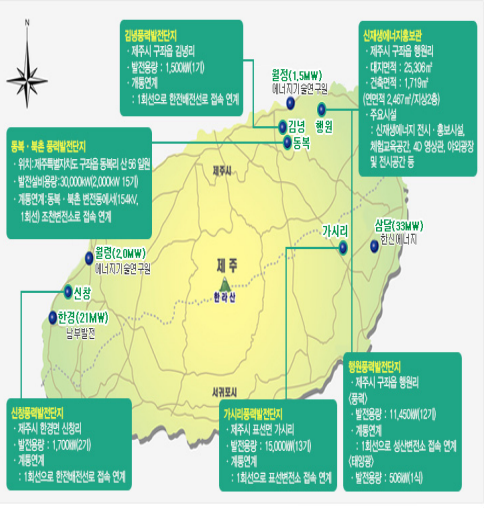
- 【실증단계】 : 해상 Test Bed 구축 및 핵심기술 개발을 목표로 하며, 7.5㎢ 면적에 수심 10~11m에 건설될 예정임. 발전용량은 80MW이며, 발전량은 175GWh/년으로 2018년까지 추진예정임. 한국해상풍력(주)가 사업주체로 참여하고 있음.

- 전국적으로 분포되어 있는 해상 또는 연안에 위치한 주요 풍력단지와 예정지는 ① 전북 부안-고창 새만금지역에 위치한 서남해 해상풍력단지, ② 제주도 행원풍력발전단지, ③ 부산광역시 고리~청사포 해기·해상풍력발전단지가 있음.

- 제주도 행원풍력발전은 제주시 구좌읍 행원리 연안과 육지 일대에 설치되어 운영되고 있으며, 750kW 4기 + 660kW 5기 + 1,500kW 1기 + 1,650kW 1기 + 2,000kW 1기 등 총 12기의 발전설비가 설치되어 운영되고 있음. 발전용량은 11,450kW이며, 발전량은 이용율 26%를 기준으로 연평균 16,057 MWh임.[22)]

[그림 9] 서남해안 해상풍력단지 및 제주 풍력발전단지

서남해 해상풍력단지의 송전 체계(안)[23)]



제주 풍력발전단지[24)]

- 부산광역시는 “부산을 해상풍력 메카로 육성한다”는 계획 하에 해상풍력발전 사업을 추진하고 있음. 2010년에 국토해양부는 전국 바람지도를 작성하면서 부산항, 포항항, 목포항을 ‘연안해상 풍력단지 대상 사업지’로 선정한 바 있음.

---

22) http://www.jejuenergy.or.kr/index.php/contents/energy/facilities/facilities01 〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

23) 조선비즈, “정부, 태양광·풍력 등 재생에너지 확대 추진...”, 2017.11.20. 기사
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/04/18/2017041802075.html
〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

24) 제주에너지공사 홈페이지 자료
http://www.jejuenergy.or.kr/index.php/contents/energy/facilities/facilities01
〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

- 현재 부산광역시는 '2030년 클린에너지 도시의 원년정책'을 추진하고 있는데, 특히 고리~청사포 해안일대에 '해기·해상풍력발전단지'를 조성하는 계획이 있음.

- 이는 신재생에너지 수급사업을 통해 현재 고리 1호기 발전용량의 대체전력을 확보하는 계획인바, 2020년까지 해운대와 기장군 장안읍 고리원전까지 해변과 산지에 540MW 발전용량의 해기해상풍력 발전단지를 조성하는 것임.

- 1단계에는 2020년까지 220MW, 2단계는 2020년부터 2022년까지 225MW, 3단계는 2023년부터 2025년까지 95MW 규모로 건설하는 사업으로 진행되며, 1단계는 2개 구간에서 진행되는 데 먼저 기장군 학리에서 발전설비 용량 100MW 규모로 2018년 착공해 2019년 준공을 목표로 하고 있으며 이어 기장군 죽성~대변에서 120MW 규모로 2019년 착공해 2020년 준공할 예정임.

- 그밖에 부산광역시는 다대포~가덕도 앞바다에 해상풍력 발전단지를 조성하는 계획도 추진하고 있음.

[그림 10] 부산지역 해상풍력발전 단지 추진지역

부산 신재생에너지 지도[25]

부산 해상풍력발전 단지 추진지역[26]

25) 국제신문, "해상풍력 신선장동력 육성... 저탄소 녹색도시로", 2010.10.25. 기사
http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0200&key=20101026.22018201809
〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

26) 한겨레, "부산 첫 해상풍력발전단지 싸고 논란", 2017.1.16. 기사
http://www.hani.co.kr/arti/society/area/778926.html 〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

Ⅱ. 해양에너지정책 및 법제도 현황

1. 해양에너지정책

개관

- 해양수산부의 해양에너지에 관한 정책은 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」 및 연차별 시행계획, 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」를 중심으로 추진되고 있으며, 「해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)」이 구체적인 정책사항을 포함하고 있다고 볼 수 있음.

- 한편, 범부처 차원의 에너지 계획에 근거하거나 산업통상자원부가 수립한 에너지 관련 계획에 근거해서도 해양에너지 정책이 추진되고 있음.

- 즉, 「제2차 국가에너지기본계획('14~'35)」과 「제3차 에너지기술 개발계획('14~'23)」, 「제4차 신·재생에너지 기본계획('14~'35)」 연차별 에너지기술개발 실행계획 등의 세부 정책 이행사항으로 추진되고 있음.

제2차 해양수산발전기본계획

- 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」은 2010년에 기획재정부, 해양수산부 등 12개 부처와 기상청 및 해양경찰청 등 2개 청이 함께 참여한 범부처 계획으로 수립되었음.

  • 비전 : 2020 해양한국 비전 : 세계를 주도하는 선진 해양강국 실현

  • 3대 목표 : ① 지속가능한 해양환경의 관리 및 보전, ② 신해양산업의 육성 및 전통적 해양산업의 고도화, ③ 신해양질서의 능동적 수용을 통한 해양영역 확대

  • 5대 추진전략 : ① 건강하고 안전한 해양 이용·관리 실현, ② 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발, ③ 미래형 고품격 해양문화관광의 육성, ④ 동아시아 경제 부상에 따른 해운·항만 산업의 선진화, ⑤ 해양 관할권 강화 및 글로벌 해양영토 확보

- 제2차 해양수산발전기본계획은 「해양수산발전기본법」에 근거한 법정계획으로서 해양수산 분야에 대한 국가 종합계획 성격을 가짐.

- 5대 추진전략 하에 26개 중점추진과제가 선정되어 추진되고 있으며, 해양에너지 정책은 해양과학의 기술개발 역량 강화의 일환으로 추진되고 있음.

- 제2차 해양수산발전기본계획에서는 해양에너지를 조력, 해류 및 조류, 파랑, 해수면 온도차, 염분, 공간이용의 6개로 분류하고 있음.[27)]

〈표 2〉 해양에너지의 형태 및 최적지

종류	에너지 형태	최적지
조력	해면의 상하운동에 따른 위치 에너지	조석이 큰 지점
해류 및 조류	해수의 유동에 의한 운동에너지	흐름이 강한 지점
파랑	파랑의 위치, 운동에너지	파고의 평균치가 높은 지점
해수면 온도차	해수온도의 연직방향의 온도차	표면해수온도가 높은 해역
염분	염분의 위치에 의한 농도차	담수가 있는 하구역
공간이용	해상 : 풍력, 태양, 해중 : 바이오매스	-

자료 : 관계부처 합동, 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」, 2010, p.33.

- 제2차 해양수산발전기본계획은 화석에너지의 고갈과 에너지 해외의존도 심화에 대비하여 국내 에너지 자급도를 제고하고, 해양에너지 등 청정 재생에너지의 개발 필요성을 강조하고 있음.

- 더불어 "녹색 해양에너지 자원 관련 기술 개발"을 미래 해양자원 개발을 위한 주요사업 중 하나로 선정하였는데, ① 조력에너지 개발 및 산업화, ② 조류에너지 실용화 기술개발 및 산업화 기반 구축, ③ 파력에너지 실용화 기반 구축, ④ 심해 해양에너지 및 에너지 복합이용 핵심기술 개발, ⑤ 해수온도차(해수열) 에너지 요소개발 및 산업화 촉진, ⑥ 국가해양에너지 자원도 개발 등의 사업이 포함되어 있음.[28)]

  • 조력에너지 개발 및 산업화
    : 친환경 조력발전 시스템 기술개발 및 상용화 기반 구축, 환경영향을 최소화하는 방안을 강구하여 산업화를 촉진. 조력발전소의 플랜트 가동을 통한 실제 운용·유지·보수에 관한 노하우를 축적 및 건설기술을 고도화. 민간기업과 연계한 산업화 및 표준화 기술을 개발

27) 관계부처 합동, 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」, 2010, p.33.
28) 관계부처 합동, 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」, 2010, pp.106-108.

• 조류에너지 실용화 기술개발 및 산업화 기반 구축
: 1MW급 “울돌목 시험조류발전소”를 활용한 조류발전 시스템 효율성 제고, 조류에너지 실용화 기술개발 및 해양발전농장(ocean power farm) 개념의 조류에너지 발전단지 건설 기술확보 및 산업화 기반 구축

* ’15년까지 총 450MW급 상용조류발전 (울돌목, 장죽수도, 맹골수도) 실용화 기반 구축

• 파력에너지 실용화 기반 구축
: 다양한 방식의 파력발전 기술의 개발을 통한 원천기술 확보, 표준 플랜트 개발을 통한 신 해양산업 창출을 위한 기반 구축

* ’12년까지 500MW급 착저식 진동수주형 시험 파력발전소 건설
* ’15년까지 다종의 파력발전장치 실해역 검증 및 실용화 기반 구축

• 심해 해양에너지 및 에너지 복합이용 핵심기술 개발
: 심해 가동물체형 파력발전 기술, 해양에너지 연계 수소에너지 생산 기술 개발, 부유식 해상풍력단지, 파력·풍력·조류력 복합발전, 해양에너지 복합이용 아일랜드 등 해양에너지 복합이용 핵심기술 개발

• 해수온도차(해수열) 에너지 요소기술 개발 및 산업화 촉진
: 심층수와 표층수의 온도차를 활용한 지역 단위의 해수 냉난방 및 온도차 발전기술을 개발하고, 산업화를 촉진함. 부존자원에 대한 조사, 열펌프, 열교환기, 취수시스템, 부유식 플랜트, 발전소 온배수 활용방안 등 해수열 에너지 이용을 위한 핵심기술 개발

* ’15년까지 2,000RT급 지역 냉난방 시스템 개발(’12년까지 1,000RT급 시험), 온도차발전 파일럿 플랜트 (50KW급) 개발 및 실용화 모델(1MW급) 설계
* ’15년 이후 심층수와 발전소 온배수를 이용한 고출력 발전시험 추진

• 국가해양에너지 자원도 개발
: 녹색 해양에너지 자원도 개발 및 에너지 개발 지원 정보시스템 구축

* ’09년 조류에너지 자원지도 시범제작, ’16년까지 파력, 해상풍력, 태양광 자원도 개발

2017년도 해양수산발전기본계획 시행계획

- '17년 해양수산발전기본계획 시행계획을 분석한 결과, ① 해양에너지 실용화 기술개발(해양수산부 해양개발과), 신재생에너지 핵심기술개발(해양)(산업통상자원부 신재생에너지과), 해양에너지 전문인력 양성(해양수산부 해양개발과), ③ 해양바이오 에너지 개발(해양수산부 해양수산생명자원과), 가스하이드레이트 탐사 및 개발연구(미래창조과학부) 등을 추진하고 있음.

  • 해양에너지 실용화 기술 개발(2000~2019년) : 200kW급 능동제어형 수평축 조류발전시스템 설계 완료 및 제작 진행, 방파제 연계형 파력발전 융복합 기술개발 신규 착수, 1MW급 해수온도차발전 실증플랜트 개발 신규 착수, 5MW급 파력발전 실해역 시험장 구축 추진

  • 신재생에너지 핵심기술 개발(2006~2019년) : 해양에너지 개발·이용·보급 기반 조성을 위한 조류, 파력, 해수염분차 등 해양에너지원별 실용화 기술 개발 지속 추진

  • 해양바이오 에너지 개발(2004~2018) : 해양생물 유래 친환경 바이오 디젤 및 수소의 생산을 위한 원천기술 및 실용화 기술 확보를 위하여 육·해상 하이브리드 시스템 구축('16.9월), 산업 부생가스 이용 해양바이오 수소 1톤 규모 연속생산 실증 성공('16.8~12월), 제철소 부생가스를 이용한 해양바이오 수소 생산성 개선, 해양바이오 디젤 바이오매스 생산 및 생산공정 표준화 추진

  • 가스하이드레이트 탐사 및 개발연구 : 가스하이드레이트는 석유, 천연가스를 장기적으로 대체할 해양에너지 자원으로서 2005년에 동해남부에 위치한 유망I지역을 정밀조사하여 자원부존을 확인하였음. 2단계사업(2008~2011) 이후 현재는 3단계(2012~2019) 사업이 진행 중인바, 동해 심해저 부존지역 특성분석 및 분포현황 파악 등을 수행하고 있음.

해양에너지 중장기개발 계획('15~'25)

- 「해양에너지 중장기개발 계획('15~'25)」은 해양수산부와 산업통상자원부의 공동계획으로, 2015년 7월 7일에 수립되어 추진되고 있음.

- 이 계획은 「해양수산발전 기본법」 제16조에 근거하여, 우리나라의 해양에너지 개발에 관한 중장기 목표 세부 실천과제 등을 반영하는 '해양에너지 중장기 개발 계획'이며, 동시에 국가차원의 '해양에너지 개발 전략로드맵'으로서의 성격을 가짐.

- 「해양에너지 중장기개발 계획('15~'25)」에서는 EU, 미국, 일본 등 선진국이 해양에너지를 미래 주요 에너지원으로 인식하고 관련 기술개발 투자를 확대하고 있다는 점과 정책지원을 강화하고 있다는 점을 강조하고 있음.

- 「해양에너지 중장기개발 계획('15~'25)」에 따르면 우리나라는 풍부한 해양에너지 부존량을 갖고 있으며, 해역별 자연특성에 따라 ① 울돌목(50MW), 장죽수도(150MW), 맹골수도(250MW) 등은 조류발전의 적지로 평가되고, ② 동해안과 제주도, 남해안은 파력발전의 적지로 평가됨. 한편, 동서남해안 모든 해역에 해수온도차 발전을 적용할 수 있는 것으로 평가됨.

- 시화호 조력발전은 이미 상용발전 단계에 진입한 것으로 평가할 수 있으며, 발전시설 용량(250MW/10기)과 발전량 기준(553GWh)으로 세계최대 수준임. 다만 시화호를 제외한 사업 가로림 인천만 등 은 환경훼손에 대한 우려로 장기적인 사업보류가 예상되고 있음.[29)]

  • 조류발전 : 울돌목 시험조류 발전소는 실증에 성공, 준상용화 단계에는 미진입 상태임. 향후 조기 상용화를 위해 민간기업이 참여하는 능동제어형 발전시스템 수평축 터빈 개발 및 실해역 운영 추진(~'20)

  • 파력발전 : 연근해역(착저식 진동수주형)과 심해역(부유식 진자형)의 파랑에너지를 활용한 파력발전 기술개발 추진 중임. 제주 시험파력발전소와 연계된 실해역시험장 구축('16~'21) 과 민간기업 중심의 실증단지 건설(~'25)로 상용화를 촉진함.

  • 온도차 발전 : '15년 1MW급 플랜트 설계를 완료했으며, 도서국가(키리바시 등) 해수온도차 발전 시스템 지원을 통한 실해역 운전이력(track record) 확보를 추진함. 보급형 해수냉난방 시스템 (1,000RT 급) 개발과 2,000RT급(6.6만 ㎡) 제작을 추진('15~)

  • 융복합 발전 : '16년까지 10MW급 "부유식 해상풍력-파력 복합발전 표준 모델 설계"를 완료하고 발전시스템 설계엔지니어링 원천기술 확보 추진(~'25)

해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)

- 「해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)」은 '14년 4월에 수립되었으며, 해양수산 R&D의 중장기 정책방향 및 투자전략을 수립한 것으로 '13년 8월에 전략안을 수립한 이후, '14년 2월의 공청회와 '14년 3월의 해양수산미래기술위원회의 심의절차 등을 거쳐 확정되었음.

- 이 계획에서는 "해양에너지 개발 활성화"를 추진목표로 설정하고, 해양 신재생에너지의 경제성 확보를 위한 복합발전 원천기술의 개발 및 실증 인프라 구축을 포함하고 있음.

29) 해양수산부·산업통상자원부, 「해양에너지 중장기개발 계획('15~'25)」, 2015, p.4.

- 70대 중점기술 목록을 설정하였는데, ① 해양에너지 복합발전플랜트 기술, ② 미활용 해양 에너지원 발전 기술, ③ 해양에너지를 활용한 해수담수화 기술 등 해양에너지 기술 개발을 중장기계획 상 중점기술 개발대상에 포함시켰음.

[그림 8] 해양수산R&D 중장기계획('14~'20) 상 해양에너지 기술개발 로드맵

자료 : 해양수산부, 해양수산R&D 중장기계획('14~'20), 2014, p.14.

제2차 국가에너지 기본계획('14~'35)

- 산업통상자원부는 2014년에 「제2차 국가에너지 기본계획('14~'35)」을 수립하였으며, '08년에 제1차 기본계획을 수립한 이후 5년 만에 수립하였음.

- 이 계획은 「저탄소녹색성장 기본법」 제41조, 「에너지법」 제10조제1항에 근거한 법정계획이며, 에너지위원회→ 녹색성장위원회 → 국무회의의 3단계 심의를 거쳤음.

- (5대 비전) 에너지 자립사회 구현, 탈석유 사회로 전환, 에너지 저소비사회로 전환, 녹색기술과 그린에너지로 신성장 동력과 일자리 창출, 더불어 사는 에너지사회 구현

- '35년까지 총 에너지 수요는 연평균 1.3%가 증가하고, 신재생, 기타 에너지는 연평균 4.44% 증가할 것으로 전망함.[30]

- 원전산업에 대해서는 “안전성 최우선의 원전정책”을 추진하기 위해 세계 최고수준의 안전성이 확보된 원전 건설을 추진하고, 체계적 관리·감독 시스템을 강화해 나갈 계획임. 또한 안전규제를 강화하고, 원자력안전위원회 등 규제인력을 확충하고, 산업통상자원부는 안전 설비투자와 기술개발을 최우선적으로 지원함.

- 신재생 에너지와 관련해서는 “사회적 수용성 제고”를 위해 민원 발생 우려가 높은 지역에 “주민참여형 발전소 건설시 인센티브”를 제공함.

- 또한 현재 에너지원별 개별지원방식을 탈피하여, 특정지역을 지정한 후 태양광 + 풍력 + ESS 등을 패키지화하여 지원함으로써 신재생 에너지 단지를 조성해 나갈 계획임.

- 한편 조력발전, 조류발전 등은 갯벌파괴 우려, 어업권 문제 등으로 추진이 쉽지 않은 것으로 평가하고 있음.[31]

「제4차 신·재생에너지 기본계획('14~35)」

- '14년에 산업통상자원부는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제5조에 근거하여 「제4차 신·재생에너지 기본계획('14~35)」를 수립하였음.

- '35년까지 1차 에너지의 11.0%를 신재생에너지로 공급하는 것을 비전으로 하고 있으며, 폐기물의 비중을 축소하고, 태양광과 풍력을 핵심 에너지원으로 육성하고자 함.

  * 신재생에너지 공급율 목표치 ('12년) 3.2% → ('14년) 3.6% → ('20년) 5.0% → ('25년) 7.7% → ('30년) 9.7% → ('35년) 11%

- 이를 위해 울릉도에 풍력·태양광·매립열·ESS 등을 연계한 시범사업을 실시하고, 글로벌 성공사례로 발전시켜 해외시장으로 사업모델 수출 추진하고 있음.

  * 현재 인천 백아도, 해남 삼마도에 태양광·풍력·ESS 시범사업중

- 또한 해상풍력, 조력, 지열 등 초기 투자비가 많이 소요되는 에너지원에 선택가능한 변동형 가중치를 도입하는 것을 계획하였음. 이는 신규 신재생에너지원의 투자 경제성을 확보하여 투자유도와 산업진입이 가능토록 선제적 가중치를 부여하는 것임.

---

30) 산업통상자원부, 「제2차 국가에너지 기본계획('14~'35)」, 2014, p.35.
31) 산업통상자원부, 「제2차 국가에너지 기본계획('14~'35)」, 2014, p.104.

- 더불어, 신재생에너지 공급실적의 원활한 거래를 도모하기 위해 판매사업자와 공급의무자간 공정한 거래환경을 조성하여 RPS 공급인증서(REC) 거래시장의 활성화를 추진하고 있음.

- 한편 부존 신재생 자원이 제약된 여건을 감안 활용가능한 신규에너지원을 적극적인 발굴을 추진하고 있음. 즉, 지열, 조류, 태양열발전 등 기술개발·실증단계에 있는 에너지원에 REC 가중치를 부여하여 본격적인 투자를 유도함.

  * 현재 인정되는 발전원(9개) : 태양광, 풍력(육상, 해상), 연료전지, 조력, 수력, 바이오, 폐기물, 부생가스, IGCC

- "부유식 초대형 해상풍력기술 개발"을 태양광, 연료전지, 바이오 등 핵심기술 분야와 함께 집중적으로 투자함.

신재생에너지 의무도입제도의 활성화

- 정부는 '2030년까지 신재생에너지 생산 비율 20% 달성'을 위하여 태양광과 풍력 등 재생에너지 사용을 확대하기 위한 인센티브를 부여하는 것을 검토하고 있음. 즉, 산업통상자원부는 '18년부터 '신재생에너지 의무도입제도(RPS, Renewable Portfolio Standard)'를 운영과정에 신재생에너지의 발전량을 계산할 때 재생에너지의 가중치를 높여주는 방식을 고려되고 있음.[32)]

- '12년부터 한국수력원자력, 한국남동발전, 한국동서발전 등 발전공기업 6개사와 발전설비 500MW 이상의 12개 민간발전 사업자에게 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지로 공급하도록 의무화한 RPS의 인센티브 방식을 조정하는 것임.

- 또한, 신재생에너지별 신재생에너지 발전공급 인증서(REC, Renewable Energy Certification)의 가중치를 조정하는 방식도 고려되고 있음. 즉, 태양광의 REC 가중치는 발전설비 용량에 따라 최대 1.2배, 건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우에는 최대 1.5배로 책정되어 있음. 해상풍력은 최대 2배이며, 풍력설비와 에너지저장장치를 연계하면 최대 5.5배까지 인증받을 수 있음.

  * 개별 발전사업자의 신재생에너지 발전비중은 '12년 2% → '17년 4% → '18년 8%→ '23년 10%로 지속적으로 상향조정될 예정임.

32) http://news.donga.com/3/all/20170629/85130934/1 〈최근검색일 : 2017.12.15.〉

〈표 3〉 연도별 신·재생에너지의 의무공급량의 비율*

연도	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23이후
공급의무비율(%)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

* 주 :「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령」 제18조의4제1항 [별표3]

「신재생에너지 2030 이행 계획」[33)]

- 산업통상자원부는 12월15일에 국회 산업통상자원중소벤처기업위원회에 보고된 '제8차 전력수급계획(안)'의 신재생에너지 부문 이행계획인 「신재생에너지 3020 이행계획」을 12월 20일에 발표할 예정임.

- 이행계획에는 2011년에 신재생에너지 의무할당제도를 도입하면서 폐지된 '발전차액지원제도(FIT, Feed in Tariff)'를 '18년부터 다시 도입할 예정임. 이는 7년만에 민간보조금이 부활하는 것임.

- 현재 7%인 신재생에너지 발전량을 오는 2030년까지 20%로 높이기 위해 소형 태양광 발전분야에 대해서 2011년에 폐지한 '발전차액지원제도'를 '18년부터 다시 도입할 예정임.

- 다만, 정부는 신재생에너지 의무할당제도와 재생에너지를 우대가격으로 장기간 고정매입하는 발전차액지원제도의 장점을 결합한 '한국형 FIT 제도'를 내놓을 방침임. 개인 태양광 발전 사업자의 경우 30kW 미만, 협동조합 형태의 100㎾ 미만인 소규모 태양광 사업에 대해 20년간 지속적 수익 창출을 보장키로 하였음. 이는 시민과 협동조합 중심의 소규모 태양광 사업에 대한 지원을 강화하겠다는 취지임.

- 한편, 신재생에너지 범주에서 '폐기물'을 제외하는 대신 재생에너지 가운데 태양광과 풍력의 비중을 88%까지 높일 예정으로, 현재 재생에너지 발전의 중심이 되고 있는 바이오매스와 폐기물 등의 비중은 축소될 것으로 전망됨.

33) http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2017121502100532027001&ref=naver 〈최근 검색일 : 2017.12.15.〉

2. 해양에너지 관련 주요 법률

『환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률』

- 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」은 1995년 12월에 제정되었으며, 25차례 개정되었음. 이 법은 환경친화적인 산업구조의 구축을 촉진하여 에너지와 자원을 절약하고 환경오염을 줄이는 산업활동을 적극 추진함으로써 환경보전과 국가경제의 지속가능한 발전에 이바지함을 목적으로 함.

- 2005년 12월의 일부개정을 통해 생태산업단지의 지정에 관한 사항을 추가하였으며, 2016년 1월에는 환경경영체제인증제도의 인정기관 지정제도 및 인정기관에 대한 자료제출 등의 의무를 폐지함으로써 민간자율로 운영되는 국제적 추세에 맞추어 민간의 다양한 인정·인증방식을 통하여 기업의 환경친화적인 경영체제가 지속될 수 있도록 개선하였음.

- 법 제3조에 따라 산업통상자원부장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 5년마다 환경친화적인 산업구조로의 전환을 촉진하기 위한 종합시책을 수립하여야 함. 또한 산업통상자원부장관은 환경친화적 산업통계 등에 대한 실태조사를 실시할 수 있음(법 제3조의2).

- 한편 정부는 ⅰ)「에너지 및 자원사업 특별회계법」에 따른 에너지 및 자원사업 특별회계, ⅱ)「중소기업진흥에 관한 법률」에 따른 중소기업진흥 및 산업기반기금, ⅲ)「환경정책기본법」에 따른 환경개선특별회계, ⅳ)「한국산업은행법」에 따른 한국산업은행의 설비투자지원 관련 자금 등을 활용하여 종합시책 또는 산업환경 실천과제의 추진을 위하여 사업자가 생산공정 개선, 설비 신설·증설하는 경우에 지원할 수 있음(법 제5조).

- 또한 법 20조에 따라 산업통상자원부장관은 자원순환형 산업구조로의 전환을 촉진하기 위한 정책을 수립·시행하여야 하며, 법 제21조에 따라 환경부장관과「산업입지 및 개발에 관한 법률」제8조의2 제1항에 따른 산업단지 지정권자와 협의하여 생태산업단지를 지정함.

- 법 제25조에 따라, 산업통상자원부장관은 환경친화적인 산업구조로의 전환을 촉진하고 유엔기후변화협약을 시행하기 위하여 필요하다고 인정하면「에너지이용 합리화법」제8조에 따라 산업통상자원부장관에게 에너지사용계획을 제출하여야 하는 자에 대하여 온실가스의 배출을 저감할 수 있도록 그 사업계획의 조정 또는 보완 등 필요한 조치를 하여 줄 것을 권고할 수 있음(법 제25조).

『신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법』

- 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(약칭, 신재생에너지법이라 한다)은 기존「대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법」을 전부 개정하는 형태로 2005년 7월에 제정되었음.

- 이 법의 입법목적은 신에너지 및 재생에너지 기술개발과 개발된 기술의 이용·보급을 촉진하고, 신에너지 및 재생에너지 산업을 활성화하여 에너지원의 다양화와 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환, 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경보전과 국민경제의 지속적인 발전에 기여하는데 있음.

- 신에너지란 ① 수소에너지, ② 연료에너지, ③ 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油)를 가스화한 에너지, ④ 기타 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지를 말한다. 재생에너지는 햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 ① 태양에너지, ② 풍력, ③ 수력, ④ 해양에너지, ⑤ 지열에너지, ⑥ 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지, ⑦ 폐기물에너지, ⑧ 기타 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지 중 산업통상부령이 정하는 에너지를 의미함.

- 법 제9조에 따라 정부는 신재생에너지의 기술개발 및 이용·보급을 촉진하기 위한 연차별 실행계획을 시행하는 데 필요한 사업비를 회계연도마다 세출예산에 계상(計上)하여야 함(법 제9조).

- 이 때 조성된 사업비는 신재생에너지의 자원조사, 기술수요조사, 통계작성, 연구·개발, 관련 기술정보의 수집·분석 및 제공, 신재생에너지 설비 및 그 부품의 공용화 지원 등에 사용하도록 규정되어 있음(법 제10조).

- 우리나라는 신재생에너지정책의 수단으로 신재생에너지법 제17조에 따라 '발전차액지원(FIT, Feed in Tariff)제도'를 2001년 10월에 도입하였으나, 시장메커니즘에 기반을 둔 '신재생에너지 의무할당(RPS, Renewable Portfolio Standard)제도'를 도입하면서 법 제17조의 효력을 2011년 12월 31일까지만 갖도록 부칙을 개정하였음.[34)]

- 신재생에너지 의무할당제도는 대규모 발전 사업자[35)]에게 신·재생에너지를 이용한 발전을 의무화한 제도로서 2012년 1월 1일부터 도입되어 시행되고 있음. 이 제도는 전력판매사업자의 총 판매량의 일정비율을 신·재생에너지원으로 충당하는 것을 규정하고 있어 연차적으로 달성해야 할 신재생에너지 보급량이 명확하게 정해져 있어 목표달성이 용이할 수 있다는 장점이 있지만, 신재생에너지의 생산을 대규모 전력생산자에게 맡기는 상황이 초래될 우려도 지적되고 있음.[36)]

---

34) 다만 유효기간 만료 당시 종전의 제17조에 따라 발전차액을 지원받는 신·재생에너지 발전사업자에 대하여는 고시된 지원기간 동안은 종전의 규정에 따라 계속하여 발전차액을 지원하도록 하였음.

35) 신재생에너지 의무할당제도의 공급의무자 대상은 발전설비 용량이 500MW 이상인 발전사업자를 말함.

36) 엄기중, 김경남, 김충재, "신재생에너지 의무할당(RPS)과 발전차액지원(FIT)제도의 비교분석 및 제도개선 방향, 「한국신재생에너지학회 학술대회 논문집」, 2012.6, p.101.

- 신재생에너지 의무할당제도는 해양에너지에 대한 연구개발을 활성화하고, 해양에너지원에 대한 산업적 수요를 촉진하는 중요한 제도로 기능하고 있음.

- 다만, 산업통상자원부가 금년 12월 20일에 발표예정인 「신재생에너지 3020 이행 계획」에서 현재 7%인 신재생에너지 발전량을 오는 2030년까지 20%로 높이기 위해 소형 태양광발전 분야에 대해 2011년 폐지한 '발전차액지원제도'(FIT)를 내년부터 다시 도입할 예정임.[37]

- 그러나 재생에너지 가운데 태양광과 풍력의 비중을 88%까지 높일 계획이라서 해상풍력발전, 융복합발전에 대한 수요는 증가할 것으로 전망됨.

○ 『해양환경 보전 및 활용에 관한 법률』

- 「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」(약칭 '해양환경보전법' 이라 한다)은 2017년 3월에 제정되었으며, 해양환경 보전 및 활용에 관한 정책의 기본방향과 그 수립 및 추진체계에 관한 사항을 규정하고 있음.

- 해양환경보전법은 해양수산부 소관의 기타 해양환경 관련 법률과의 관계에 있어서 상위법적 지위를 갖고 있는 법률이라고 볼 수 있음.

- 제정 이유서를 살펴보면, 해양환경의 특성에 적합한 기본원칙 및 정책방향 등을 규정함으로써 해양환경법 체계를 확립하고, 모법을 바탕으로 해양환경에 관련되는 각종 개별 법령을 체계화하는 것이라고 밝히고 있음.[38]

- 해양환경보전법 제11조에서는 '해양환경종합계획'을 수립할 경우에 기후변화 대응을 위한 해양환경관리에 관한 사항을 포함하도록 규정하고 있음.

- 또한 시행령 제7조는 해양기후변화 대응에 대해 명시적으로 규정하고 있는데, 국가 및 지방자치단체는 해양수산 부문에 있어서 「저탄소 녹색성장 기본법」 제2조 제12호에 따른 기후변화에 대응하기 위한 해양 조사, 영향 예측, 적응 등 시행령 제7조에서 정하는 사항에 필요한 시책을 마련하여야 함(시행령 제7조제1항).[39] 이 경우 해양수산부장관은 지방자치단체, 국민, 사업자 등의 해양기후변화 대응활동에 대하여 기술적, 행정적 지원을 할 수 있음(시행령 제7조제2항).

---

37) http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2017121502100532027001&ref=naver 〈최근검색일 : 2017.11.10.〉

38) http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=192592&lsId=&efYd=20170922&chrClsCd=010202&urlMode=lsEfInfoR&viewCls=lsRvsDocInfoR#0000 〈최근검색일 : 2017.10.1.〉

39) 「해양환경보전법」 시행령 제7조에 따라, 국가 및 지방자치단체는 ① 기후변화가 해양에 미치는 영향에 대한 조사 및 그 영향 예측에 관한 사항, ② 해양수산 부문의 탄소흡수원 확충 등 기후변화 적응에 관한 사항, ③ 해양을 통한 온실가스 배출 저감에 관한 사항 , ④ 그 밖에 해양수산부장관이 기후변화 대응을 위하여 필요하다고 인정하는 사항에 대한 시책을 마련하여야 한다. 해양수산부장관은 기후변화 대응을 위한 시책을 마련하기 위하여 필요한 경우에 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 관계 기관·단체의 장에게 자료의 제출을 요청할 수 있다. http://www.law.go.kr 〈최근검색일 : 2017.10.1.〉

- 해양에너지의 연구개발도 기후변화에 대한 대응수단의 한 분야이지만, 해양에너지의 연구개발, 상용화 과정에 발생될 수 있는 해양환경에 대한 영향 최소화에 대한 규정은 포함하고 있지 않음.

- 해양환경보전법은 기본법적 성격을 갖고 있으므로, 해양에너지 개발시 해양환경에 대한 영향을 최소화하는 사항은「해양환경관리법」,「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」등의 개별법에서 규율하고 있음.

『해양환경관리법』

- 「해양환경관리법」은 2007년에 「해양오염방지법」을 폐지하고 전부개정 형태로 법제화되었음.

- 이 법의 입법목적은 선박, 해양시설, 해양공간 등 해양오염물질을 발생시키는 발생원을 관리하고, 기름 및 유해액체물질 등 해양오염물질의 배출을 규제하는 등 해양오염을 예방, 개선, 대응, 복원하는 데 필요한 사항을 정함으로써 국민의 건강과 재산을 보호하는 데 이바지하는데 있음.

- 앞서 살펴본 바와 같이 해양에너지의 개발은 파력발전, 조류발전, 온도차발전, 조력발전, 융복합발전 등이 있으며, 광의의 개념에서는 해상풍력발전도 포함된다고 볼 수 있음.

- 파력, 조류, 온도차, 융복합 발전은 아직까지 연구개발단계이거나 실용화 초기단계에 있어서 환경이나 안전문제가 덜 부각되어 있는 상황임.

- 조력발전, 해상풍력발전의 경우는 상용화되어 전력을 공급하고 있어 해양환경에 미치는 영향에 대한 심도있는 검토가 요구됨.

-「해양환경관리법」상 조력발전과 해상풍력발전에 대한 주요 규제조치는 다음과 같음.

  • 법 제22조에 따라 해양공간의 일부인 발전소에서는 누구든지 오염물질을 해양에 배출해서는 안 됨. 다만 특정 폐기물은 해양수산부령이 정하는 배출방식에 따라 예외적으로 배출이 허용됨.

  • 이산화탄소 포집공정으로부터 발생한 “이산화탄소 스트림(stream)”으로서 해양수산부장관이 이산화탄소스트림의 성질과 상태, 해저지질구조와 위치, 처리방법 등을 정하여 고시하는 폐기물은 해저지질구조내 고립격리하는 방법으로 배출이 허용됨.

  • 다만, 원자력발전소에서 수증기를 냉각하는데 사용하는 온배수에 대해서는 안전성과 환경위해성에 대한 논란이 있으며, 구체적인 온배수 배출기준이 없는 상황임.

- '15년 온배수 배출현황에 따르면 '12년 기준으로 원전에서 배출되는 온배수는 연간 374억t이며, 동해 290억t(46.9%), 서해 84억t(38.5%)임.[40]

- 해양수산부는 온배수가 해양생태계에 미치는 영향에 대한 연구조사를 지속적으로 실시하고 있으나, 아직까지 배출기준이나 해양환경 영향을 저감하기 위한 구체적인 대응조치는 마련되어 있지 않은 상황임.

〈표 4〉 해양환경관리법 제34조 상 해양공간의 범위

구분	범위
해수욕장	광역해수욕장, 일반해수욕장 및 마을해수욕장
하구역	조석의 영향을 받는 감조구역(感潮區域)의 상류경계 및 하구로 유입되는 유입하천의 유역
항만구역	「항만법」 제2조제4호에 따른 항만구역
어항구역	「어촌·어항법」 제2조제4호에 따른 어항구역
면허수면	「수산업법」 제8조에 따른 어업면허를 받은 수면
발전소	발전소와 최근 거리로 인접한 바닷가에서 20㎞ 이내의 해역
제철소	제철소와 최근 거리로 인접한 바닷가에서 10㎞ 이내의 해역
정유소	정유소와 최근 거리로 인접한 바닷가에서 10㎞ 이내의 해역(저유소를 포함한다)

- 해상풍력발전, 조력발전이 해양환경에 미치는 영향과 해역이용의 적정성은 「해양환경관리법」 제84조에 근거한 "해역이용협의제도"를 통해 검토할 수 있음.

- 다만, 해상풍력발전의 건설과 운영과정에서 발생되는 소음과 진동, 통항금지구역으로 인한 어장 축소, 조류변화에 따른 해양생물 서식지 변화, 남방큰돌고래 등의 보호대상 해양생물에 미치는 영향 등을 충분히 검토하기에는 평가항목, 평가방법, 평가절차 등에 있어서 한계가 있음.

- 또한 「전원개발촉진법」의 적용대상이 되는 발전소의 건립은 제85조에 따른 해역이용영향평가대상에서 제외되어, 환경영향평가만 받도록 되어 있음. 이는 해양환경보전 책무를 담당하고 있는 해양수산부의 해양환경정책에 중요한 제약이 되고 있음.

40) 연합뉴스, 2016.9.27.일자 기사,
http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/09/27/0200000000AKR20160927133300054.HTML?input=1195m
〈최근 검색일 : 2017/11/15〉

- 해역이용영향평가 대상에는 ①「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조제1항제3호에 따른 공유수면의 바닥을 준설하거나 굴착하는 행위, ②「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조제1항제8호에 따른 흙·돌을 공유수면에 버리는 등 공유수면의 수심에 영향을 미치는 행위가 포함되지만,「환경영향평가법 시행령」별표 3에 따른 환경영향평가대상사업이 제외되기 때문에 해상풍력발전, 조류발전 등에 대해서는 해양수산부가 해역이용영향평가를 실시할 수 없음.

• 〈해역이용협의의 적용대상〉

①「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조에 따른 공유수면의 점용·사용허가(제5호 및 제6호에 따른 바다골재채취의 허가 및 바다골재채취단지의 지정에 따른 공유수면의 점용·사용허가는 제외함) 및 같은 법 제28조에 따른 공유수면의 매립면허

②「수산업법」제8조의 규정에 따른 어업의 면허. 다만, 대통령령이 정하는 해역에서의 어업의 면허에 한정하여 적용함.

③「골재채취법」제21조의2의 규정에 따른 바다골재채취예정지의 지정

④ 「골재채취법」제22조의 규정에 따른 바다골재채취의 허가

⑤「골재채취법」제34조의 규정에 따른 바다골재채취단지의 지정

• 〈해역이용영향평가의 적용대상〉

①「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조제1항제3호에 따른 공유수면의 바닥을 준설하거나 굴착하는 행위

②「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조제1항제6호에 따른 공유수면에서 흙이나 모래 또는 돌을 채취하는 행위

③「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제8조제1항제8호에 따른 흙·돌을 공유수면에 버리는 등 공유수면의 수심에 영향을 미치는 행위

④「해저광물자원 개발법」제2조제1호에 따른 해저광물을 채취하는 행위

⑤「광업법」제3조제1호에 따른 광물을 공유수면에서 채취하는 행위

⑥「해양심층수의 개발 및 관리에 관한 법률」제2조제1호에 따른 해양심층수를 이용·개발하는 행위

⑥「골재채취법」제22조에 따른 골재채취 중 바다골재채취

⑦「골재채취법」 제34조에 따른 바다골재채취단지의 지정

⑧ 그 밖에 해양환경에 영향을 미치는 행위로서 대통령령으로 정하는 행위

- 전남 여수의 풍력발전 2기(2.3㎿급, 0.75㎿급), 전북 부안군 위도 인근 해상의 서남해 해상풍력단지 공사구역에 대해 지역주민들이 블레이드(날개)의 회전소음, 철새의 이동경로 및 고래류 서식지의 훼손 가능성, 어업활동의 영향 등을 이유로 반발을 하고 있는 상황임.[41]

『해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률』

- 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」(이하, '해양생태계법'이라 약칭함)은 해양생태계정책의 근간이 되고 있으며, 해상풍력발전, 조류발전 등 해양에너지의 개발과정에 있어서도 국가 또는 지방자치단체는 법 제16조에 따라 회유성해양동물 및 해양포유동물의 서식지, 산란지, 회유경로 등을 보호해야 함.

- 제주도 서귀포시 대정읍에 조성하려던 풍력단지 사업에 대해 주민동의가 없었다는 이유로 제주도의회에서 지난 7월에 보류된 바 있음. 이때 환경단체는 남방돌고래가 출몰하는 지역으로 서식지 보호를 반대 이유로 제기하기도 했었음.

- 만약 해상풍력발전, 조류발전으로 인해 고래류와 같이 해양포유동물의 서식지, 산란지, 회유경로 등에 대해 피해가 예상된다면 이는 사업지역을 재검토할 필요가 있다고 판단됨.

- 다만, 해양생태계법 제16조제1항을 위반한 경우에 벌칙규정이 없으므로 실효성 측면에서는 한계가 있음. 법 제16조제3항에 따라, 해양수산부장관, 관계 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 회유성 해양동물 및 해양포유동물의 산란·번식환경을 보전·관리하기 위하여 포획을 금지하거나 제한할 수 있는데, 이를 위반한 경우에만 벌칙이 적용되기 때문임.

- 한편, 해양생태계법 제49조에 따라 해양생태계에 미치는 영향이 현저하거나 해양생물다양성의 감소를 초래하는 개발사업을 하는 자에 대하여 "해양생태계보전협력금"을 부과·징수함.

- 해상풍력발전과 조류발전 등 해양에너지 개발은 해양생태계보전협력금 부과대상에 포함되나, 해양생태계의 보전을 위한 직접적인 규제조치라기 보다는 해양생태계 훼손행위에 대해 부담금을 부과하는 것이라고 볼 수 있음.

41) 조선일보, "날개 40m 풍력발전기 종일 웅웅… 주민들 "돌로 깨부수고 싶다", 2017.9.11.일자 기사
http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/11/2017091100244.html
〈최근검색일 : 2017.11.15〉

- 따라서 해양생태계보전협력금은 해양에너지 개발이 해양생태계에 미치는 부정적인 영향을 저감하거나 복원하기 위한 정책수단으로 충분하지는 않다고 볼 수 있음.

  • 해양생태계보전협력금의 부과대상 사업

  ①「환경영향평가법」제22조에 따른 영향평가대상사업 중 공유수면 내에서 이루어지는 개발사업

  ②「광업법」제3조제2호에 따른 광업 중 대통령령이 정하는 규모 이상의 공유수면 내 탐사 및 채굴사업

  ③「해양환경관리법」제85조에 따른 해역이용영향평가 대상사업 중「골재채취법」제22조에 따른 50만세제곱미터 이상의 바다골재채취 및 같은 법 제34조에 따른 바다골재채취단지의 지정

  ④ 그 밖에 해양생태계에 미치는 영향이 현저하거나 해양자산을 이용하는 공유수면 내의 사업 중 대통령령으로 정하는 사업

Ⅲ. 해양에너지 정책의 문제점 및 향후과제

1. 해양에너지 정책의 문제점

○ 해양에너지 정책과 해양환경정책의 연계성 부족

- 해양은 다양한 이용행위가 하나의 공간에서 동시에 이뤄진다는 점에서 에너지 개발정책은 해양환경정책, 이해관계자의 갈등관리 정책과 필연적으로 연계되어 추진되어야 함.

- 그러나 해양에너지 개발을 위한 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 「제2차 국가에너지기본계획('13~'35)」, 「신·재생에너지 기본계획('14~'35)」 등에는 해양에너지 개발이 해양환경에 미치는 부정적인 영향을 방지하고, 관리, 복원하기 위한 정책이 거의 포함되어 있지 않음.

- 이는 원전정책이 안전을 최우선으로 하는 것으로 정책이 전환된 것과 비교했을 때 해양환경에 대한 정책적 관심도가 낮은 상황이라는 것을 보여주는 것임.

- 마찬가지로 「제1차 해양생태계 보전·관리기본계획('09-'18)」, 「제4차 해양환경종합계획('11~'20)」 등에서는 해양에너지정책과 관련된 사항이 거의 포함되어 있지 않음. 따라서, 현재는 해양에너지 개발정책과 해양환경정책의 상호 연계성을 확보할 수 있는 정책수단이 미흡한 상황이라고 볼 수 있음.

○ 산발적인 정책 추진 및 해양에너지에 대한 정책고려 미흡

- 해양은 다양한 이용행위가 하나의 공간에서 동시에 이뤄진다는 점에서 에너지 개발정책은 해양환경정책, 이해관계자의 갈등관리 정책과 필연적으로 연계되어 추진되어야 함.

- 그러나 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 「해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)」, 「제2차 국가에너지기본계획('13~'35)」, 「신·재생에너지 기본계획('14~'35)」 등의 수립주기가 상이하고, 세부 정책과제나 사업도 산발적으로 추진되고 있음.

- 해양에너지 정책에 대한 이행점검과 평가를 통해 보다 체계화된 정책수립과 이행이 요구됨. 이를 위해서는 해양수산부와 산업통상자원부 상호간의 정책협력과 연계가 우선되어야 할 것임.

발전소 입지선정시 환경적 가치 고려 부족

- 2020년에 520MW급 가로림만 조력발전, 420MW급 강화조력발전소의 설치가 추진되었으나, 환경훼손 우려 등에 따른 지역주민의 반대로 잠정 보류되어 있는 상태임.[42]

- 이는 해양에너지 개발을 과학적 근거에 입각한 적정입지 선정과정에서 환경적 가치에 대한 고려가 부족하였다는 점을 반증하는 것이라고 판단됨.

- "가로림만 조력발전소 환경영향평가서"에 대하여 한국환경정책평가연구원과 국립환경과학원, 국립생물자원관은 불가 및 재검토 의견을 제출하였고, 충남도와 서산시 등 해당 지방자치단체도 부정적 검토의견을 환경부에 제출하였음.[43]

- 한국환경정책·평가연구원은 해수교환율 감소로 적조발생 등 해양오염 우려를 지적하여 사업의 적정성에 대한 면밀한 검토가 필요하다는 의견을 제출하였으며, 국립환경과학원은 가로림만 입구의 자연훼손과 개펄 축소가 불가피한 점을 지적하면서 건설사업의 타당성을 재고할 필요가 있다는 의견을 제출하였음.

- 국립환경과학원은 멸종위기 점박이물범의 서식지 훼손 등 2012년 평가서가 반려될 당시의 미비점이 보완된 환경영향평가서에서 보완되지 못하였다는 점을 지적하였고, 태안군은 가로림만 조력발전소 건설이 주민들에게 미치는 경제활동 영향이 분석되지 않다는 점을 지적하였음. 갯벌을 이용한 어업활동이 조력발전 건설로 사실상 불가능하게 될 수 있다는 우려를 표명하였음.[44]

- 당해 사업에 대해 해양수산부도 환경영향평가서(본안)에 대한 검토의견을 통해 가로림만 조력발전사업을 통해 1,743ha에 이르는 어장 대부분이 폐업하게 되고, 습지보호지역으로 지정될 만큼 양호한 갯벌이 여의도 4배 만큼 훼손되어 가로림만의 가치가 크게 훼손된다는 의견을 제시하였음. 해양수산부가 제시한 가로림만의 가치는 2007년을 기준으로 연간 1,007억 원에 이르는 것으로 추정되었음.

- 환경부는 2014년에 가로림만 조력발전소의 환경영향평가서를 반려하였으나, 당시 산업통상자원부 전기위원회가 사업준비 기간을 2020년까지 연장하면서 사업취소가 아닌 잠정 중지된 상태임.[45]

---

42) 해양수산부·산업통상자원부, 「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 2015, p.18.

43) 경향신문, "사설 가로림만 조력발전 백지화하라", 2014.7.10. 기사, http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201407102108195&code=990101

44) 경향신문, "사설 가로림만 조력발전 백지화하라", 2014.7.10. 기사 내 심상정 의원의 자료 재인용

45) 대전일보, "보전과 소득 창출 조화 이뤄야 할 가로림만", 2017.10.25.일자 기사,

[그림 2] 가로림만 조력발전소 조감도 및 위치도

가로림만 조력발전소 조감도

가로림만 조력발전 위치도

해양환경보전을 위한 정책수단의 부족

- 해양에너지의 개발과정에서 해양환경을 보전하기 위한 유용한 정책수단은 해역이용협의제도와 해역이용영향평가제도임.

- 그러나, 앞서 살펴본 바와 같이 실용화, 시범사업단계를 넘어서 상용화 전력을 생산하고 있는 해상풍력발전과 조력발전에 대해서 해역이용협의제도와 해역이용영향평가제도를 적용하기에는 법률적·정책적 한계가 있음.

- 즉, ① 해역이용영향평가 대상사업에서 제외되어 있으며, ② 해역이용협의제도를 적용하는 과정에서도 해양소음, 보호대상 해양생물에 미치는 영향, 해양경관 등 해양관광에 미치는 영향, 갯벌 등의 환경적 가치에 대한 연구가 미흡하고, ③ 평가기간도 짧기 때문에 적절한 검토가 이루어지기 어려운 상황임.

http://www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=1282924 〈최근검색일 : 2017.11.14.〉

2. 향후 정책개선 방향

해양에너지 정책과 해양환경정책의 연계성 강화

- 단기적으로는 해상풍력발전, 조류발전에 대한 해양에너지 정책, 중장기적으로는 파력발전, 조류발전, 온도차발전, 융복합 발전 등에 대한 해양에너지 정책을 수립할 때에는 해양환경 영향을 검토하고, 기 수립된 해양환경정책과의 연계성을 확보하기 위한 제도개선이 필요함.

- 해양에너지는 화석연료에 비해 청정에너지라고 볼 수 있으나, 해양환경에 미치는 영향을 간과해서는 안될 것임. 향후 탈원전정책이 가속화되면, 태양광과 더불어 해상풍력발전에 대한 수요가 증가할 것으로 전망되므로 해양환경정책과 연계된 해양에너지 정책이 추진되어야 할 것임.

- 올해 12월 20일에 발표될 예정인 「신재생에너지 2030 이행계획」에 따르면, 2017년 11.3GW 수준인 신재생 발전설비를 2030년까지 지금의 5배 규모인 58.5GW로 늘리기 위해 신재생에너지 확대의 최대 걸림돌인 입지 규제를 대폭 완화할 계획임.

- 「신재생에너지 2030 이행계획」에서 염해농지와 발전소 유휴부지 등에서 태양광 발전용량을 확대하는 과정에서 주민의 수용성을 높이기 위한 정책에 대해서는 포함하고 있으나, 해양환경에 대한 고려는 충분하지 않은 것으로 보임.

해양에너지 개발이 해양환경에 미치는 영향에 대한 기초연구

- 해상풍력발전은 신재생에너지의 한 축으로서 산업통상자원부는 지속적으로 확대해 나간다는 정책방향을 수립하였음.

- 그러나 해상풍력발전의 건설과정에서 이루어지는 타공작업과 터빈회전의 회전 반경, 소음 등이 해양환경과 해양환경과 사회경제적인 측면에 미치는 부정적인 영향을 평가하기에는 평가항목, 방법, 절차 등에 한계가 있음.

- 따라서 해역이용협의와 환경영향평가를 위해 필수적으로 전제되는 해상풍력발전, 조력발전 예정지에 대한 해양환경 현황과 이용실태에 대한 기초 연구조사, 사회적 수용성에 대한 기초 연구를 강화해 나가야 할 것임.

주민건강과 안전을 고려한 정책 강화

- 해상풍력발전과 조류발전을 건설하는 과정에서는 통항안전을 고려하지만, 날개와 터빈의 회전, 건설과정에서 지역주민의 건강과 안전에 대해서는 검토가 충분히 이루어지지 않는 상황임.

- 향후에는 해상풍력발전, 조류발전 등 해양에너지의 연구개발, 상용화 과정에서 소음, 진동 등이 지역주민(어민 포함)의 건강과 안전에 미치는 영향에 대한 검토가 이루어질 수 있도록 제도적 개선이 요구됨.

사회적 수용성 확보를 위한 정책수단 개선

- 가로림만 조력발전, 강화 조력발전의 건설이 중단된 이유는 사회적 수용성에 대한 체계적인 대응이 이루어지지 않았기 때문임.

- 또한, 서남해 해상풍력 사업은 지역주민과 어업권 및 피해보상, 지자체와 인허가 갈등 등으로 7년간 지연되었는데, 서남해 해상풍력사업 과정에서 정부주도의 Top down 방식의 단지개발 방식으로 정책공감대 형성에 실패하고, 사업자와 주민간 갈등이 심화된 것이 가장 큰 이유였음.[46]

- 단순히 어민보상이라는 단편적인 접근을 탈피해야 하며, 지역주민의 신뢰를 확보할 수 있는 지속적인 정책적 노력이 필요함. 지역주민 참여형 해양에너지 사업모델을 발굴하고 확산해 가야 할 것임.

- 또한 환경영향평가는 초안에 제시된 항목별 의견에 대한 검토의견을 제시하고, 사업자는 개진된 검토의견을 바탕으로 수정된 평가 결과를 본안에 제시하게 되는데, 주민의 참여는 계획수립 초기단계부터 시작되는 것이 바람직하기 때문에 주민참여와 관련된 설계는 환경영향평가 준비서 단계에서부터 이루어지도록 「환경영향평가법」이 개정되어야 할 것임.[47]

46) 조선비즈, "해상풍력, 亞서 순항…韓 성장 잠재력 크지만, 주민 신뢰·체계적 지원 확보 시급, 2017.6.20.일자 기사 http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/06/19/2017061902185.html 〈최근 검색일 : 2017.11.15.〉

47) 이상윤·주용준, 「환경영향평가에서 활용가능한 주민참여 방법 기초 연구」, 한국환경정책·평가연구원, 2016, p.33.

Ⅳ. 맺는 말

친환경 해양에너지정책의 추진

- ’17년 산업통상자원부는 에너지 수급 안전과 “친환경 정책기조의 확립”을 정책방향으로 설정하였음. 즉, 고리 1호기 영구정지 결정, 원전 내진보장, 노후 석탄발전소 폐지와 신규건설 원칙적 제한 등을 통해 에너지정책을 “안전과 친환경”위주로 전환하기로 결정하였음.[48)]

- 따라서 향후 해양에너지정책은 친환경정책이 더욱 강화되어야 할 것이며, 지역주민의 건강증진과 안전도 에너지정책 수립과정에 고려되어야 할 것임.

사회적 수용성 확보와 합리적 참여 교육

- 신재생에너지 분야에 있어서는 합리적인 방식을 규제를 개선하고, “주민참여형 프로젝트”와 해양수산부와 산업통상자원부가 함께 시너지를 낼 수 있는 융복합발전을 강화해 가야할 것임.

- 지역주민의 정책공감대가 형성되지 않는 상태에서 해양에너지 개발정책을 추진할 경우에는 사회적 갈등이 지속되어 오히려 해양에너지 개발사업이 지연되고 사회적 비용이 증가할 수 있음.

- 따라서 해양에너지 개발을 위한 전 과정에 주민이 참여하고 함께 고민할 수 있는 정책기회를 확대하여 사회적 수용성을 높여 나가야 할 것임. 단순히 공청회 단계서 일회성 의견수렴이 아니라, 해역이용영향평가서 또는 환경영향평가서의 전 단계에서 이해관계자의 실질적인 참여기회를 확대하고, 관련 검토의견을 제시할 수 있도록 지역주민에 대한 역량강화 교육이 이루어져야 할 것임.[49)]

- 또한 이해관계자의 의견수렴이 사회적 수용성을 제고하기 보다는 보상규모를 두고 다투는 부작용을 방지하기 위해서는 정책참여를 위한 교육과 인식제고 프로그램도 함께 마련되어야 할 것임.

---

48) 산업통상자원부, 「2017년도 주요업무계획」, 2017.1.5., p.4.
49) 이상윤·주용준, pp.33-34.

해양환경정책 수단의 강화

- 해상풍력발전으로 인한 소음, 통항금지구역으로 인한 어장 축소, 조류발전 또는 조력발전으로 인한 조류변화가 해양생물과 해양생태계에 미치는 영향, 남방큰돌고래 등의 보호대상 해양생물에 미치는 영향 등을 충분히 검토하기에는 현재의 「해양환경관리법」 상 해역이용협의제도와 해역이용영향평가제도, 「환경영향평가법」 상 환경영향평가제도는 한계가 있음.

- 즉 해상풍력단지 건설사업은 전원개발예정구역 지정을 대부분 생략하고 있어 사업의 계획단계에서 입지의 타당성에 대한 검토가 이루어지고 있지 않으며, 시범사업의 경우는 해역이용협의제도에서 입지가능 여부를 검토할 수 있는데, 법령상 규제지역에 대한 사항과 간소화된 절차만 이루어지고 있어 심도 있는 환경적인 영향을 고려하기에는 한계가 있음.[50]

- 예를 들면, 해상풍력발전단지 조성 전에 주변 해양환경, 해양활동 및 해양 동·식물 상에 미칠 수 있는 영향을 최소화하는 노력이 선행되어야 함. 또한, 해양풍력발전단지 입지선정 시 수심과 연안 이격거리를 고려하고, 해양보호구역, 생태학적 가치, 역사문화재, 해상교통, 어장 및 어업권, 해저 케이블 및 송유관로, 해양관광 및 해양경관 등을 종합적으로 고려해야 함. [51]

- 제도적인 측면에서는 해양환경 보호를 위하여 현행 환경영향평가제도와 해역이용협의제도를 적극적으로 활용하고, 단계적으로는 해양부문 환경영향평가제도의 체계를 개편하는 제도개선이 이루어져야 할 것임.

- 즉, 해양환경정책을 담당하고 있는 해양수산부가 '신재생에너지 기본계획', '국가에너지개발계획' 등을 수립하는 단계부터 전략환경영향평가를 실시하고, 환경영향평가를 충실하게 수행할 수 있도록 제도개선이 필요함.

- 향후 (가칭) 「해역이용영향평가법」의 제정 작업과 현행 「해양환경관리법」과 「환경영향평가법」의 합리적인 개정작업을 적극적으로 추진하는 것이 필요하다고 판단됨.

50) 김태윤 외, 「해양에너지 개발을 위한 전략환경평가방안 연구(Ⅱ) - 해상풍력사업의 입지선정을 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원, 2015, p.86.

51) 권영한 외, 「환경성을 고려한 재생에너지 자원관리의 발전전략」, 한국환경정책·평가연구원, 2016, p.75.

참고문헌

관계부처 합동, '제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)', 2008.

_____, 「제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)」, 2010.

_____, 「제2차 국가에너지기본계획('14~'35)」, 2014.

_____, 「2017년도 해양수산발전기본계획 시행계획」, 2017.

권영한 외, 「환경성을 고려한 재생에너지 자원관리의 발전전략」, 한국환경정책·평가연구원, 2016

김현주, 「신재생에너지 원별 기술동향」, 2016.

김태윤 외, 「해양에너지 개발을 위한 전략환경평가방안 연구(Ⅱ) – 해상풍력사업의 입지선정을 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원, 2015.

산업통상자원부, 「제3차 에너지기술 개발계획('14~'23)」, 2014.

_____, 「제4차 신·재생에너지 기본계획('14~'35)」, 2014.

_____, 「2017년도 주요업무계획」, 2017.1.5.,

_____, 「2016년도 에너지 기술개발 실행계획」, 2016.

_____, 「2015년도 에너지 기술개발 실행계획」, 2015.

엄기중, 김경남, 김충재, "신재생에너지 의무할당(RPS)과 발전차액지원(FIT)제도의 비교분석 및 제도개선 방향, 「한국신재생에너지학회 학술대회 논문집」, 2012.

이상윤·주용준, 「환경영향평가에서 활용가능한 주민참여 방법 기초 연구」, 한국환경정책·평가연구원, 2016.

한국해상풍력(주), 서남해 해상풍력실증단지 개발사업 사업설명회자료, 2015.6

함태성, "재생에너지 산업의 전망과 법적 과제",「법제연구」 제51호, 2016.

해양수산부·산업통상자원부,「해양에너지 중장기 개발계획('15~'25)」, 2015.

해양수산부, 「해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)」, 2014.

<인터넷 자료>

시화호 조력발전소 홈페이지 자료(https://tlight.kwater.or.kr/)

제주에너지공사 홈페이지 자료
(http://www.jejuenergy.or.kr/index.php/contents/energy/facilities/facilities01)

https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_energy#Forms_of_ocean_energy

https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_energy
http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/10/11/0200000000AKR20171011136300056.HTML
http://koc.chunjae.co.kr/Dic/dicDetail.do?idx=9702,
http://www.newsje.com/news/articleView.html?idxno=16554
http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1524342&cid=47341&categoryId=47341
http://www.ajunews.com/
http://waterjournal.co.kr/news/articleView.html?idxno=16437
https://www.kwater.or.kr/web/images/water/img_50029610_plant01.jpg
http://dimg.donga.com/wps/NEWS/IMAGE/2011/09/04/40067550.1.edit.jpg
http://energium.kier.re.kr/sub040101/articles/view/tableid/news/category/2/view_type/gallery/id/3161
http://www.ctman.kr/news/9749
http://energium.kier.re.kr/sub040101/articles/view/tableid/news/category/2/view_type
http://www.jejuenergy.or.kr/index.php/contents/energy/facilities/facilities01
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/04/18/2017041802075.html
http://www.hani.co.kr/arti/society/area/778926.html
http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=192592&lsId=&efYd=20170922&chrClsCd=010202&urlMode=lsEfInfoR&viewCls=lsRvsDocInfoR#0000
http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/09/27/0200000000AKR20160927133300054.HTML?input=1195m
http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/11/2017091100244.html
http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201407102108195&code=990101
http://www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=1282924
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/06/19/2017061902185.html
http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2017121502100532027001&ref=naver
http://www.constimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=113801
http://news.donga.com/3/all/20170629/85130934/1

안전한 에너지 활용을 위한 제도 연구

CLIMATE CHANGE ISSUES PAPER 2017

기후변화법제연구 이슈페이퍼 17-03

CHAPTER
5

저탄소 에너지 전환 정책의 국제적 동향 및 시사점

이 상 훈 (녹색에너지연대 박사)

Ⅰ. 기후변화 대응과 에너지부문 탈탄소화 전망

국제사회는 2009년 코펜하겐 회의에서 합의 도출에 실패한 후 장기간의 사전 협상을 거쳐서 2주간에 걸친 협상 끝에 2015년 12월 12일, 파리에서 열린 제21차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국총회(COP21)에서 파리협정(Paris Agreement)을 채택하였다. 선진국과 개도국이 함께 지구 기온 상승을 2℃ 미만으로 제한하려는 장기 목표를 위해 국가별 기여방안(NDC)을 실행에 옮기고 매 5년마다 감축 행동을 더 강화해가기로 약속하였다.

세계 주요 언론은 파리협정 타결을 "세계가 화석연료 시대의 종말에 서명"했다고 의미를 부여했고, 국제재생에너지기구(IRENA)는 "세계 에너지 전환의 분수령"이라고 평가했다. 또한 국제에너지기구(IEA)는 "경제성장과 온실가스 배출 증가 사이의 행복한 결별을 환영한다"면서 앞으로 세계는 저탄소 경제로 전환할 것이라고 전망하였다.

파리협정은 국제협약으론 유례가 드물게 1년도 지나지 않아서 2016년 11월 4일에 발효되어 드디어 선진국과 개도국이 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 행동에 함께 참여하는 새로운 시대가 개막되었다. 미국 트럼프 대통령이 파리협정 탈퇴를 선언하였지만 현재 미국을 제외한 모든 당사국들은 파리협정에 서명하였고, 170개국이 비준을 하였으며 국가별 기여방안을 이행하고 있는 중이다.

저탄소 기술 중에서 재생에너지는 가장 빠르게 성장하는 에너지원이며 특히 전력생산에서 차지하는 비중이 2040년에는 40% 가까이 근접할 전망이다[1]. REN21의 2017년 세계 재생에너지 현황 보고서[2]에 따르면 세계 에너지 소비량의 약 19.3%, 전력생산 24.5%를 재생에너지가 담당하고 있다. 특히 발전부문에서 재생에너지 보급이 활발한데 2016년에만 재생에너지 설비용량 161GW가 증가하였다. 전 세계 신규 발전 설비용량의 62%가 태양광, 풍력, 수력 등 재생에너지 설비였다. 신규 설비용량은 태양광이 75GW, 풍력이 55GW, 수력(대수력 포함)이 25GW에 달하였다.

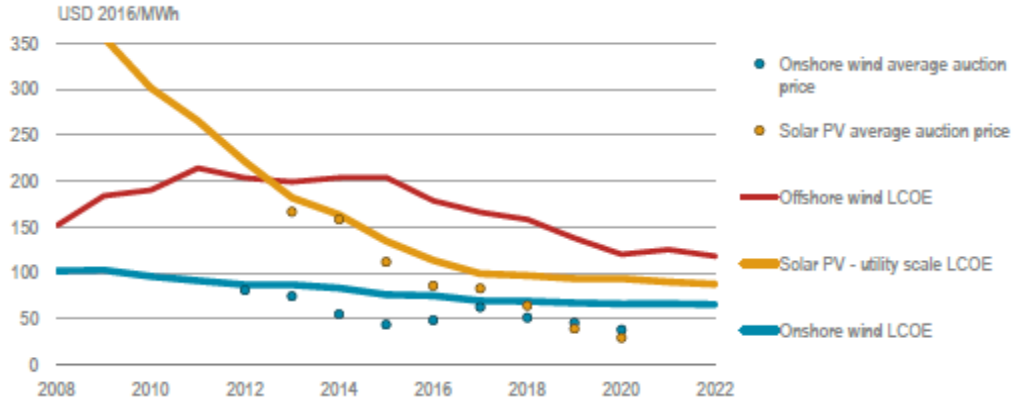
1) IEA, World Energy Outlook 2016, 2016

2) REN21, Renewables 2017 Global Status Report, 2017. 세계 에너지 소비량은 2015년 기준, 다른 통계는 2016년 기준

재생에너지 분야는 2016년에 2,648억 달러가 투자되었고 간접 고용을 포함하여 세계적으로 980만 명에게 일자리를 제공하고 있다. 태양광에 1,137억 달러가 투자되었는데 이는 화력발전 전체 투자액 1,138억 달러와 비슷하며 원전 투자액 300억 달러를 크게 넘어서는 규모이다.

재생에너지 확대의 원동력은 재생에너지 발전비용의 하락이다. 세계적으로 재생에너지의 평균적인 발전비용(LCOE)는 빠르게 하락하고 있다. 2020년 전후로 평균적으로 유틸리티 규모의 태양광은 kWh당 9센트, 육상풍력은 7센트, 해상풍력은 12센트 정도로 발전비용이 떨어질 전망이다. 2017년에서 2022년 사이에 세계 평균발전비용(LCOE)은 유틸리티 규모 태양광의 경우 1/4 정도, 육상풍력은 13%, 해상풍력은 1/3 정도 떨어질 것으로 보인다.

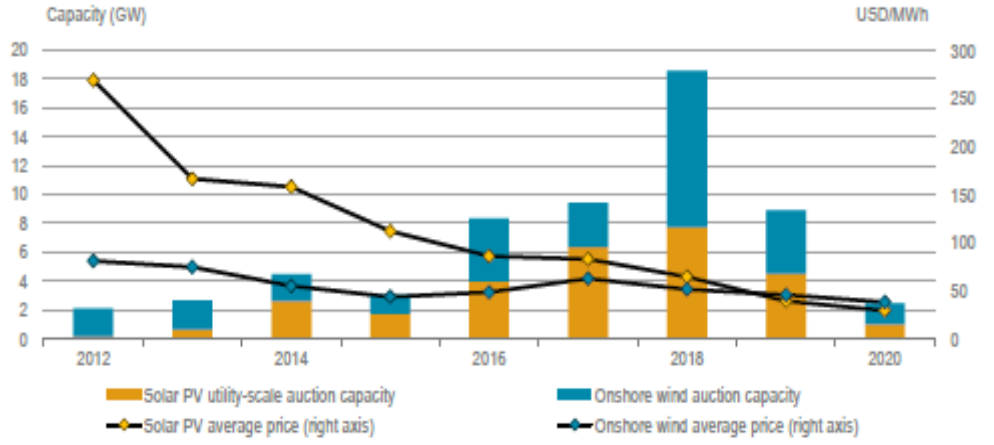
[그림 1] 세계 평균 균등화발전비용(LCOEs)과 준공시기별 프로젝트 경매 결과



자료 : IEA, Renewables 2017- Analysis and forecasts to 2022, 2017

대규모 태양광 경쟁입찰의 경우 2014년 완공된 설비의 평균 전력구매가격이 160달러/MWh(16센트/kWh)에 달했으나 2020/21년 완공 예정인 프로젝트의 경우 경매를 통한 평균 전력구매가격이 30달러/MWh 아래로 떨어졌다. 육상풍력의 경우 경쟁입찰로 결정된 장기전력구매계약 평균 가격은 2014년 70달러(USD)/MWh(7센트/kWh)에서 2020년 50달러(USD)/MWh 아래로 떨어질 것이다. 2016년 태양광 경쟁입찰의 경우(2019년 완공 예정) 처음으로 육상풍력보다 낮은 가격에서 장기전력구매계약이 결정되었다.

[그림 2] 완공시기별 육상풍력과 태양광 경매 용량과 평균 전력구매가격

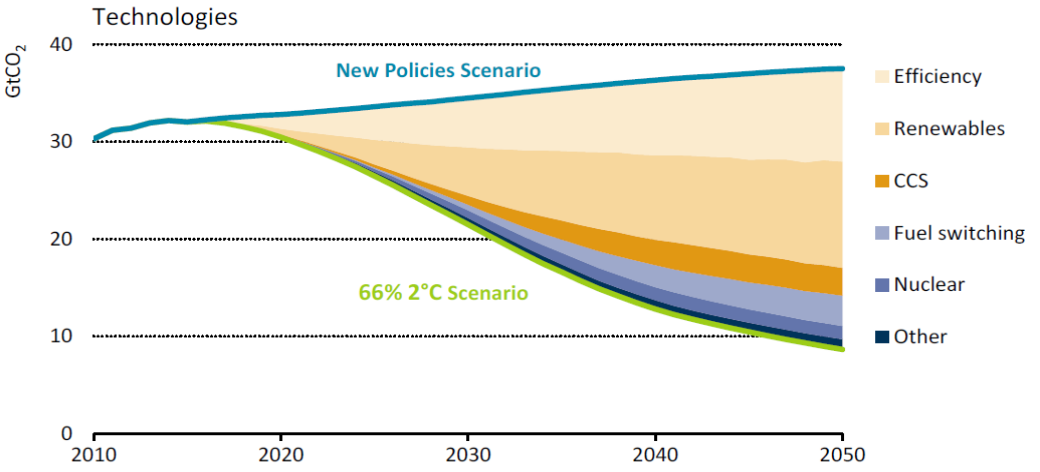


자료 : IEA, Renewables 2017- Analysis and forecasts to 2022, 2017

국제에너지기구는 기후 목표를 달성하기 위해서는 현재 추세보다 재생에너지 확대를 더 가속화해야 할 것으로 보고 있다. 지구 평균 기온 상승을 2℃ 미만으로 억제하려면 세계 온실가스의 2/3를 배출하는 에너지부문의 탈탄소화가 핵심적 과제이다. OECD/IEA/IRENA(2017)는 2100년까지 66% 확률로 세계 평균 기온을 2℃로 억제하기 위해서 2050년까지 전력의 95%를 비화석연료로 발전하고, 신차의 70%는 전기차로 대체하며, 신축 건물은 물론 기존 모든 건물의 단열을 개선하고, 산업부문의 CO2 집약도는 지금보다 80% 개선해야 한다고 권고한다. 현재의 기술수준을 고려할 때, 2℃ 시나리오는 상당한 도전이 필요한 수준이다. 대부분의 국가들이 한층 더 적극적인 에너지부문의 탈탄소화를 추진해야 66% 수준에서 2℃ 시나리오를 현실화할 수 있는 것이다.

[그림 3]은 새로운 정책 시나리오(현재 발표된 감축정책을 반영한 배출전망) 대비 66% 확률에서 2℃ 시나리오로 이행하기 위해 주요 감축기술별로 달성해야 할 온실가스배출량 감축분을 표시한 것이다. 에너지와 소재의 효율성 제고의 경우, 세계 GDP대비 에너지 사용량으로 계산한 에너지집약도(energy intensity)를 2014년에서 2050년 기간 동안 연간 2.5%씩 감소해야 한다. 이는 지난 15년간 에너지 집약도 개선율의 3.5배에 해당하는 매우 높은 수준이다. 재생에너지 비중도 비약적으로 증가해야 한다. 태양광과 풍력 등 재생에너지 확대가 가속화되어야 하고 발전부문에서 변동하는 재생에너지 비중의 증가에 따라 전력망 유연성을 확보하기 위한 조치가 수반되어야 한다.

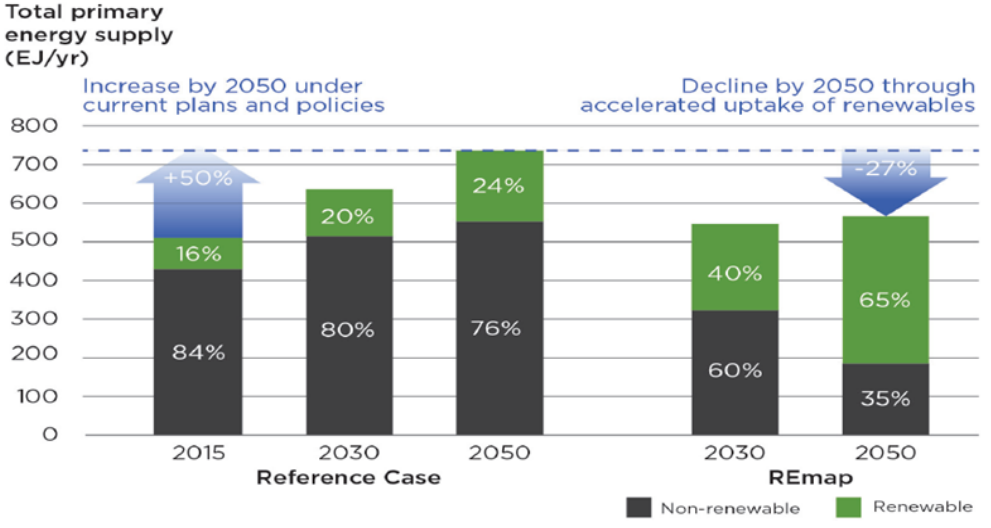
[그림 3] 새로운 정책 시나리오 대비 66% 2℃ 시나리오 목표달성을 위한 기술별 온실가스 감축



자료: OECD, IEA and IRENA (2017), Perspectives for the energy transition: Investment needs for a low-carbon energy system.

IRENA가 발표한 재생에너지 전환 로드맵(REmap)에 따르면 2℃ 시나리오를 현실화하려면 일차 에너지 공급이 2050년까지 기준 시나리오(Reference scenario) 대비 27% 감소해야 하고 재생에너지 비중은 2015년 16%에서 2030년 40%, 2050년 65%로 증가해야 한다.

[그림 4] IRENA 2050년 재생에너지 로드맵(REmap)에서 재생에너지 비중 변화

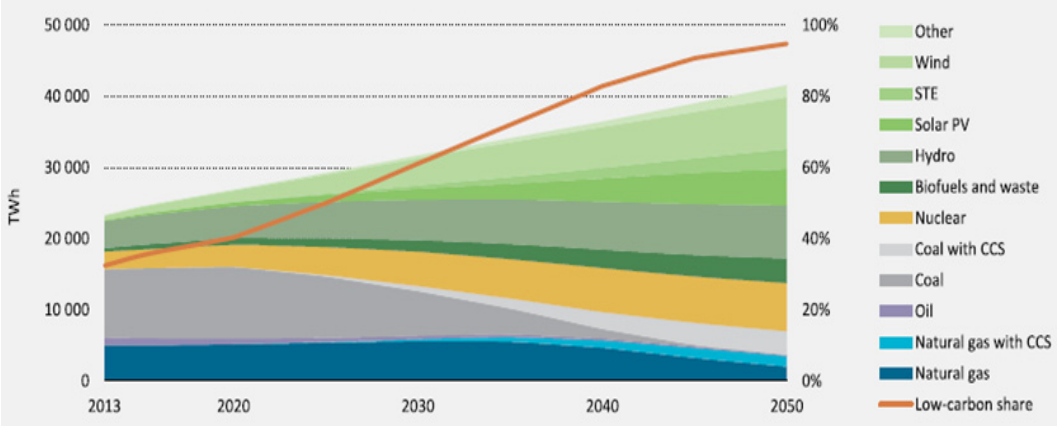


자료: OECD, IEA and IRENA (2017), Perspectives for the energy transition: Investment needs for a low-carbon energy system.

특히 에너지부문 이산화탄소의 거의 40%를 배출하는 발전부문의 탈탄소화가 가장 빠르게 진행될 것으로 보인다. IEA 에너지기술전망(2016)의 2℃ 시나리오(2DS)에 따르면 2050년까지 세계 발전부문은 거의 완전히 무탄소(zero carbon) 기술로 전환해야 한다. 이 시나리오가 현실화된다면 2013년 전력의 이산화탄소 집약도 528 gCO2/kWh가 2050년에는 40 gCO2/kWh으로 감소한다. 이것은 광범위하게 무탄소 발전 기술을 보급해야 달성할 수 있다. 2DS에서는 재생에너지가 발전부문 이산화탄소 감축에서 주도적인 역할을 한다. 세계적으로 전력믹스(electricity generation mix)에서 재생에너지의 비중은 2013년 22%에서 2050년 67%로 증가해야 할 것이다. 재생에너지원별 발전량은 대부분 수력, 태양광, 풍력이 차지하며 이 세 가지 발전원이 비슷한 비중을 점유할 것으로 전망된다.

IEA는 재생에너지 외에도 원자력과 CCS 같은 무탄소 기술이 발전부문 이산화탄소 감축에서 일정한 역할을 할 것이라고 평가하고 있다[3]. 하지만 원자력은 위험성과 사용후 핵연료 문제로 사회적 수용성이 낮고 계획에서 발전까지 10년이 넘게 걸린다는 약점이, CCS는 경제성과 기술적 안정성을 개선하려면 2030년이 되어야 상용화가 될 것으로 보여 단기적으로 이산화탄소 감축에 기여하기 어렵다는 한계가 있다.

[그림 5] 2DS에서 세계 발전믹스 전망



Notes: STE = solar thermal electricity. Low-carbon share refers to the combined share of the generation of electricity from renewables, nuclear and CCS.
Source: IEA analysis and IEA (2015f), *World Energy Statistics and Balances*, www.iea.org/statistics.

자료 : IEA, Energy Technology Perspective 2016, 2016

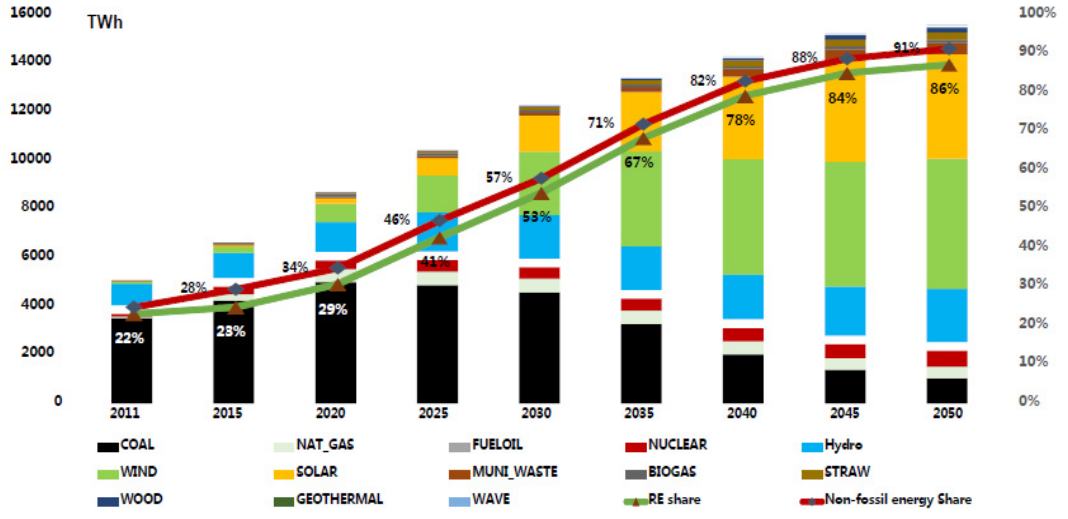
3) 세계 에너지 전망(BP,2017)에 따르면 2035년까지 원자력은 유럽연합에서는 노후 원전의 점진적인 폐쇄로 발전량이 30% 이상 감소하고 일본은 일부 원전이 재가동되지만 후쿠시마 이전 수준에 미치지 못할 것으로 보이지만 중국은 세계 원전 증가의 3/4을 차지할 정도로 빠른 확대가 예상된다. 중국의 원전 확대 프로그램에 따르면 20년 간 매년 약 4기의 신규 원전이 늘어나는 추세이다.

세계 기후변화 대응에서 온실가스 배출량 비중이 가장 큰 중국의 온실가스 감축이 중요한 관심사 중의 하나이다. 파리협정의 타결과 이행에서 결정적인 역할을 해온 중국은 탈탄소 에너지 전환을 강력하게 추진하는 중이다. 중국은 기후변화 문제와 함께 심각한 대기오염을 완화하기 위해 강력한 탈석탄 에너지 전환 정책을 추진 중이다. 중국 국가개발개혁위원회와 중국에너지연구소는 공동으로 '중국의 재생에너지 고비중 시나리오'와 로드맵을 제시한 바 있다. 이 시나리오에 따르면 중국의 석탄 소비량은 급격히 감소한다. 에너지 소비 중 현재 26%인 전력의 비중이 2050년 62%로 증가할 정도로 전기화가 빠르게 진행되고 발전부문의 탈탄소화 계획이 중국의 에너지부문 온실가스 배출량 감축에서 결정적인 역할을 하게 된다.

고비중 재생에너지 시나리오의 핵심은 발전량의 91%를 비화석연료로, 특히 86%를 재생에너지로 공급한다는 것이다. 재생에너지 전력생산량이 2015년 1,63TWh에서 2050년에는 13,87TWh로 증가하는데, 2015년 대비 795% 증가한 수준에 해당한다. 재생에너지원별로 보면, 중국은 풍력과 태양광발전 확대에 집중하고자 한다. 풍력의 경우 2020년까지 300GW, 2030년까지 1,100GW로, 태양광의 경우 2020년까지 200GW 그리고 2030년까지 1,000GW로 용량이 늘어난다.

이 시나리오의 비화석에너지 비중에는 원자력도 고려된다. 원자력이 2050년 전력생산의 약 4%를 담당할 것이다. 원자력은 2015년 88TWh에서 2050년 649TWh(2015년 대비 638% 증가)로 증가한다.

[그림 6] 중국 Energy Research Institute와 NDRC가 발표한 '중국 고비중 재생에너지 시나리오 2050'에 제시된 발전부문 연료비중



자료: Energy Research Institute & National Development and Reform Commission, China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study, 2015.

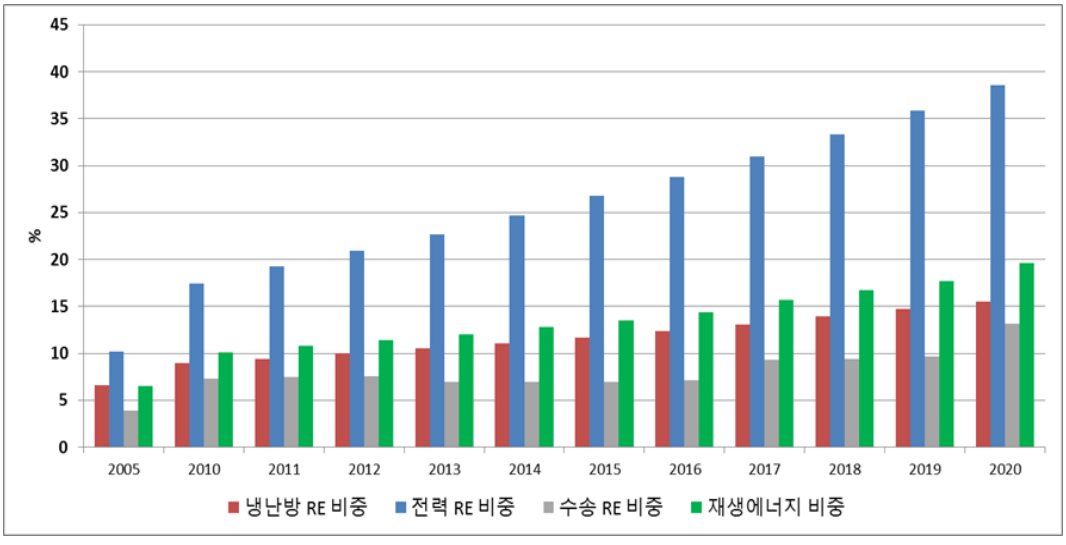
Ⅱ. 저탄소 에너지 전환 정책 관련 주요국 사례

1. 독일

1) 에너지 현황

유럽연합에 제출한 국가재생에너지실행계획(NREAP)에 따르면 독일은 2020년까지 1차 에너지 소비 중 재생에너지 비중을 약 20%, 전력생산 중 재생에너지 비중을 약 38%로 높이려고 한다. 독일 정부는 최근 재생에너지법 개정 과정에서 2025년까지 재생에너지 전력 비중을 40~45%, 2035년까지 55~60%로 확대하겠다고 다소 유연한 목표를 밝힌 바 있다.

[그림 7] 독일의 국가 재생에너지 실행계획



자료 : Federal Republic of Germany, National Renewable Energy Action Plan in accordance with directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, 2012

2015년 기준 독일의 1차 에너지소비 중 재생에너지의 비중은 12.5%이다[4]. 독일은 에너지 소비가 안정세를 유지하고 있어 지난 10년 간 에너지 소비가 3.5% 감소하였다. 1차 에너지소비 비중을 보면 석유, 석탄, 천연가스, 재생에너지 순이다.

독일 경제에너지부[5]에 따르면 2016년 독일 총 전력소비 중 재생에너지 비중은 31.7%에 달하였다. 반면 냉난방 에너지소비 중 재생에너지 비중은 13.4%, 수송에너지 중 재생에너지 비중은 5.1%에 머물렀다.

2016년 독일 재생에너지 발전량은 188TWh에 달하였는데 풍력의 비중이 41.1%로 가장 크고 그 다음 바이오매스 발전(27.4%), 태양광 발전(20.3%), 수력발전(11.2%)이 뒤를 이었다. 기상의 영향으로 풍력발전 이용률이 감소하여 설비용량 증가에도 불구하고 풍력발전의 비중이 전년 44.9%에 비해 눈에 띄게 감소하였다.

주로 바이오가스를 연소하는 독일의 바이오 발전은 설비이용률이 태양광에 비해 매우 높기 때문에 설비용량은 태양광 용량의 1/5도 되지 않지만 발전량(폐기물 연소를 포함)은 오히려 더 많은 편이다.

한편, 재생에너지 발전량이 증가하면서 재생에너지 전력 구매에 따른 보상액(remuneration)도 크게 증가하였다. 독일은 재생에너지법에 따라서 기준가격구매제(FIT)나 직접 판매를 통한 재생에너지 전력 생산에 대한 투자비를 회수할 수 있도록 보상을 하고 있는데 그 총액이 2015년에 275억 유로로 증가하였고 이것이 재생에너지 부과금 명목으로 전기요금에 부과되고 있다. 2005년에는 재생에너지 전력에 대한 총 보상금액이 45억 유로였다.

2016년 말 기준으로 재생에너지 발전설비 용량은 총 104GW에 달했다. 2000년 11.7GW에 비해 9배 가까이 증가하였다. 수력발전 용량은 별로 변화가 없는데 비해 풍력과 태양광이 크게 증가하였다.

기술별로 비중을 살펴보면 풍력 용량이 49.5GW로 재생에너지 설비용량의 47.6%의 비중을 차지하고 그 다음은 태양광발전이 41.3GW(39.7%), 바이오매스 발전이 7.6GW(7.3%), 수력발전이 5.6GW(5.4%)를 기록하였다.

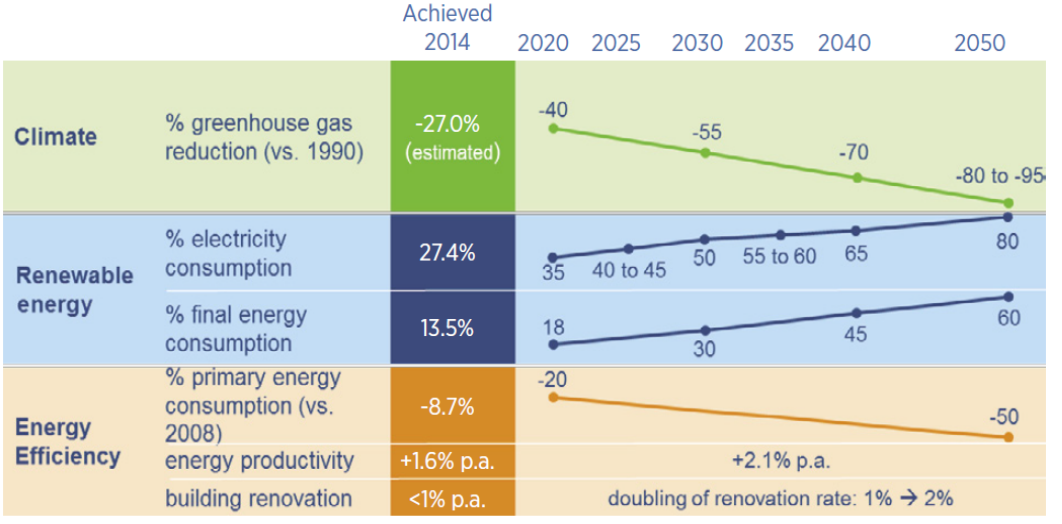
4) BP, Statiscal Review of World Energy 2016, 2016. 신·재생에너지백서 2016(2016) 재인용

5) Federal Ministry for Economic Affairs and Eenrgy(BMWi), Development of Renewable Energy Sources in Germany 2016, 2017

2) 저탄소 에너지 정책 동향[6)]

독일은 에너지 전환(Energiewende)을 선도하는 국가이다. 장기 온실가스 감축 목표(1990년 대비 2050년까지 온실가스 배출량 80~95% 감축)를 달성하고자 에너지 효율 향상과 재생에너지 확대를 양대 축으로 하는 에너지 전환 정책을 추진 중이다. 독일은 에너지 수요를 2008년 소비량을 기준으로 2020년까지 20%, 2050년까지 50% 줄이는 목표를 설정했고 1차 에너지 소비에서 재생에너지 비중은 2050년까지 60%로 높이는 목표를 설정했다. 저탄소 에너지의 하나인 원전을 2022년까지 모두 가동을 중단하면서 전력소비 중 재생에너지 비중을 2050년까지 최소 80%로 확대하는 목표를 추진하고 있다.

[그림 8] 독일의 장기(2050년) 재생에너지, 에너지 효율, 기후 목표



자료: Based on BMWi, 2014b, with updates for 2014 by IRENA

독일 재생에너지 확대는 재생에너지법(EEG)을 기반으로 하는데 그 핵심은 재생에너지 전력에 대한 기준가격구매제(FIT) 적용과 재생에너지 전력의 전력망 접속 보장이다. 재생에너지 전력 생산에 대한 보상을 위해 재생에너지 부과금을 소매 전기요금에 반영하고 있다. 초기에는 가정용 전기요금에만 부과하던 것을 점차 중소기업, 에너지다소비 기업으로 확대하여 부과하고 있다.

독일 정부가 2000년부터 시행해 온 기준가격구매제(FIT)는 세계 여러 나라로 확산되었고 독일뿐만 아니라 세계적으로 태양광과 풍력의 시장 확대와 그에 따른 발전 비용 하락에 상당한 영향을 미쳤다.

6) Federal Republic of Germany Progress report under Article 22 of Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. 2016

최근 독일 정부는 재생에너지 지원 확대로 인한 소비자 부담에 대해 부정적 여론이 확산되자 지원금 규모를 축소하고 경쟁체제를 도입하는 등 정책 변화를 꾀하였다. 독일은 2014년 재생에너지 담당부서를 환경부에서 경제에너지부로 이관하고 2014년 재생에너지법(EEG)을 대폭 개정하였다. 재생에너지법 2014년 개정의 주요 목표는 효율적인 방식으로 재생에너지를 보급하여 비용 상승을 완화하고 재생에너지 확대에 대한 통제 능력을 키우면서 시장을 기반으로 재생에너지를 확대하는 것이다. 재생에너지 보급 속도를 조절하기 위해 신규 설치용량 상한선을 규정(신규 설치용량을 초과하는 경우 신규 설비에 대한 기준가격을 낮추어서 적용)하였다. 만약 재생에너지 생산을 위한 신규 설비가 계획보다 더 늘어나면 추가 발전소에 대한 지원 비율이 자동적으로 감소하는 시스템도 작동 중이다. 태양광과 육상풍력은 매년 신규 설치용량을 각각 2.4~2.6GW로 제한하고 해상풍력은 2020년까지 6.5GW, 2030년까지 15GW 설치, 바이오매스 매년 신규 설치용량을 100MW로 제한하였다.

최근 독일 재생에너지 정책에서 가장 큰 변화는 경쟁 입찰제도(tender)의 도입이다. 독일은 2017년 이후 신규 재생에너지 발전설비에 대해서 경쟁 입찰제도를 적용하고 있다. 신규 재생에너지 발전사업자에 대해 경쟁 입찰을 통해 결정된 시장프리미엄을 보장하는데 1MW 이상 태양광과 풍력 발전설비에 적용한다.(신규설비의 약 80% 예상) 2015년~2017년 지상형 태양광 설비(1.2GW)에 대해서 시범사업을 진행하고 시범사업 시행결과를 토대로 2017년 이후 전체 설비로 확대하고 있다.

한편, 독일은 주택용 태양광에서 생산된 전력의 배터리 저장에 대해서 2016년부터 3천만 유로의 지원을 시작하였다. 2018년까지 지속되는 이 프로그램에 따라 태양광 시스템에 대해 kW당 최대 2천유로의 소프트론과 적합한 태양광 설비의 최대 25%까지 포괄하는 보조금이 제공된다.

2. 영국

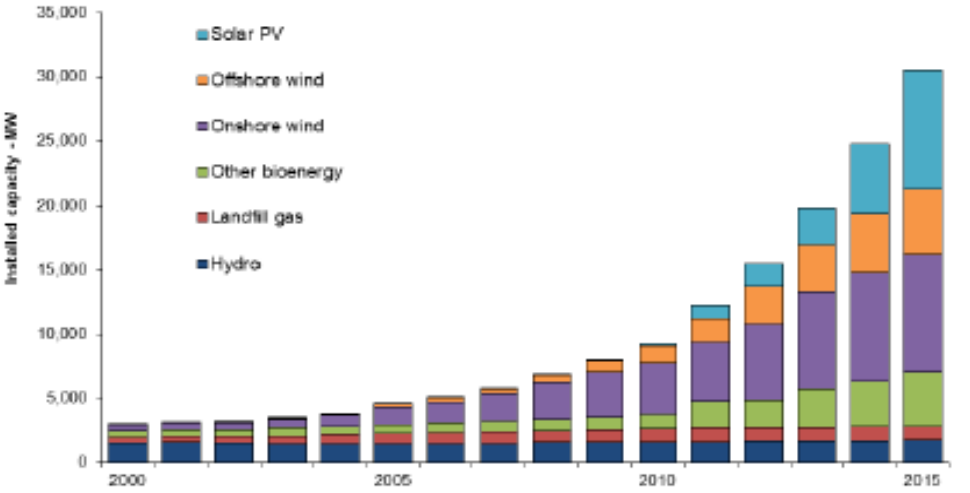
1) 에너지 현황

영국은 산업구조 조정과 에너지 효율 향상의 결과로 1차 에너지소비가 점차 감소하고 추세이다. 2015년 기준 영국의 1차 에너지소비 중 재생에너지의 비중은 9.1%이다. 산업구조 변화와 에너지수요 안정으로 2015년 1차 에너지소비량은 2005년에 비해 16.5% 감소하였다. 1차 에너지소비에서 석유, 천연가스, 석탄 순으로 비중이 높으며 석탄이 감소하는 반면에 재생에너지 비중이 빠르게 증가하고 있다. 2005년 1차 에너지 소비 중 재생에너지 비중은 1.3%에 불과했으나 태양광과 해상 풍력이 확대되면서 재생에너지 비중이 크게 증가하였다.

영국 재생에너지 발전량은 2000년 이후 8배 이상 급속히 증가하였다. 바이오에너지, 육상풍력이 증가세를 주도하였고 2010년 이후부터 해상풍력과 태양광도 빠르게 증가하고 있다. 재생에너지 발전량 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 바이오에너지이다. 2015년 전체 재생에너지 발전량은 83.6TWh에 달하였다. 2015년 기준으로 매립가스를 제외한 바이오에너지 발전량은 24.5TWh로 전체 재생에너지 발전량의 29.3%에 달하였다. 두번째는 육상풍력으로 22.9TWh(27.4%)를, 그 다음 해상풍력은 17.4TWh (20.8%)를, 태양광은 7.6TWh(9.0%)를 각각 생산하였다.

영국정부에 따르면, 2015년 말 기준으로 영국의 재생에너지 설비용량은 30.5GW이다. 전년 대비 23%, 약 5.7GW가 증가하였다.[7] 재생에너지 설비용량 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 육상풍력과 태양광이다. 육상풍력과 해상풍력 용량을 합치면 영국의 풍력 용량은 14.3GW에 달한다. 최근에는 해상풍력 보급이 빠르게 증가하고 있다. 그 다음 태양광(9.2GW), 바이오(5.2GW), 수력(1.8GW) 순이다. 최근에는 태양광 설비가 가장 빠르게 증가하였다. 2015년 3,763MW의 용량이 추가되어 전년 대비 69.4%나 증가하였다.

[그림 9] 2000년 이후 영국 재생에너지 발전 설비용량



자료 : Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Renewable sources of energy : Chapter 6, Digest of United Kingdom Energy Statistics(DUIKES), 28 July 2016

7) Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Renewable sources of energy : Chapter 6, Digest of United Kingdom Energy Statistics(DUIKES), 28 July 2016

냉난방 분야에서 영국은 재생에너지 비중 4.5%를 달성하면서 국가재생에너지실행계획에서 계획한 보급 목표를 초과하여 달성하고 있다. 영국은 세계 최초의 재생에너지 열 인센티브(Renewable Heat Incentive : RHI)를 통해 재생에너지 열 보급 증가를 추진하는 중이다. 수송 부문에서는 재생에너지 수송연료 의무(Renewable Transport Fuel Obligation:RTFO)가 시행 중이다. 현재 수송 부문 중 재생에너지 비중은 4.9%이다.

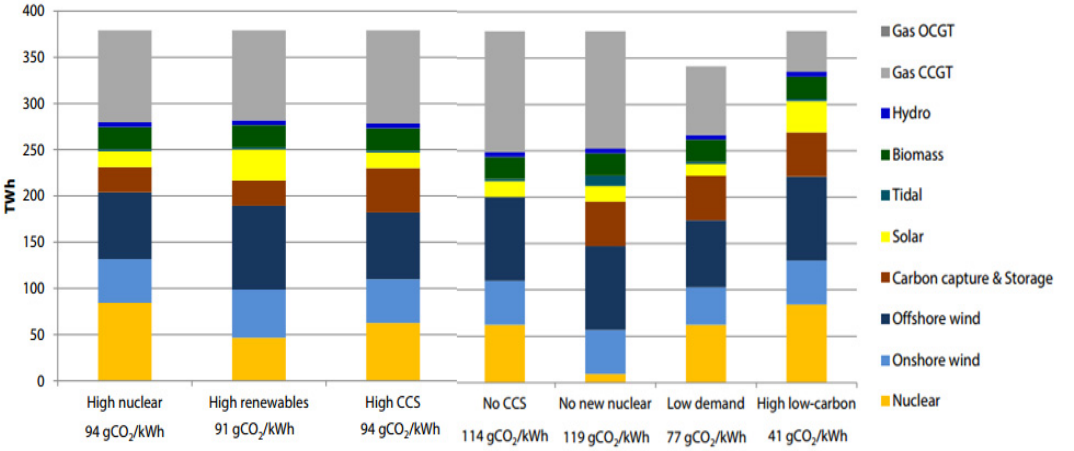
2) 저탄소 에너지 정책 동향

영국은 2008년에 제정된 기후변화법 2050년까지 온실가스 배출량을 80% 감축하는 목표를 명시하고 있는데 재생에너지는 이 목표를 달성하는 핵심적 수단이다. 영국은 2015년 12GW의 석탄 및 중유 발전설비를 폐쇄했고 2025년까지 석탄발전소 완전 폐쇄 방침을 추진 중이다.[8] 석탄발전을 대체하는 저탄소 기술로 재생에너지, 원자력발전, 탄소포집및저장(CCS) 장치를 적용한 화력발전을 추진하고 있다. 저탄소 기술 중에서 경제성, 기술신뢰성을 확보하고 사회적 수용성이 더 좋은 해상풍력과 태양광이 가장 빠르게 확대되고 있다.

영국 기후변화위원회는 2050년 장기 감축목표(1990년대비 80% 감축)를 달성하기 위해 2030년까지 발전부문에서 탄소 배출을 최소화하는 저탄소 전략을 모색한 바 있다. 원자력발전과 CCS 등 다른 저탄소 기술의 역할에 따라서 재생에너지 비중과 역할을 달라질 수 있다. 저탄소 전원을 확대하는 계획에는 원자력 발전소의 신규 건설, CCS의 경제성과 신뢰성, 해상풍력과 해양에너지의 비용, 육상풍력 입지 같은 다양한 불확실성이 존재한다. CCS는 경제성과 기술 신뢰성 때문에 상용화 시점이 2025년 이후로 미루어지고 있고 원자력발전소는 경제성과 수용성 신규 건설에 제약이 크기 때문에 상대적으로 재생에너지의 역할과 비중이 커질 가능성이 있다. 또 재생에너지 비중이 늘어나는 시나리오의 경우 재생에너지 변동성에 대처하기 위해 수요반응(Demand Response), 국가 간 계통연결, 전력에너지저장(EES), 백업 전원 확대 등을 고려해야 한다.

8) KOTRA 해외시장뉴스, 영국 2025년까지 석탄발전소 완전 폐쇄 방침, 2015년 12월 1일
https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/3/globalBbsDataView.do?setIdx=242&dataIdx=147073

[그림 10] 영국 기후변화위원회의 발전부문 2030 시나리오들



자료 : Committee on Climate Change, Power sector scenarios for the fifth carbon budget, October 2015

영국은 유럽연합 재생에너지 지침에 따라서 2020년까지 발전량의 30%를 재생에너지로 충족하는 목표를 설정한 바 있다. 영국은 2015년 말 기준으로 육상풍력 용량이 9.2GW인데 여기에 계획 중인 용량을 합치면 2020년 목표 12.3GW를 초과할 것이다. 태양광 보급량도 2015년 말 기준으로 9.2GW에 달하여 예상량을 훌쩍 뛰어 넘었다.

이런 변화는 보급 정책의 개선과 함께 재생에너지 발전 비용이 크게 감소하였기 때문에 가능한 것이다. 태양광 비용은 2010년 이후 60% 넘게 감소하였다. 영국은 세계 최대의 해상풍력시장으로 알려져 있다. 영국 정부는 2015년 11월, 차액계약제도(Contracts for Difference : CfD) 하에서 해상풍력 용량을 추가로 확대하는 목표를 달성하면서 비용을 최소화하기 위해 다음 회기에 세 차례 경쟁 입찰을 개최하겠다고 발표하였다.

영국은 재생에너지 의무할당제(Renewables Obligation :RO)를 종료하고 차액계약제도(Contracts for Difference : CfDs)로 전환하는 중이다. 재생에너지 의무할당제는 2002년부터 시행된 재생에너지 지원제도이다. 이 제도는 전력공급사들에게 그들이 공급하는 전력의 일정 비율을 재생에너지원으로 하도록 하고 점차 그 비율을 높이는 것인데 5MW 이상의 대규모 재생에너지 설비의 도입을 촉진하고자 하였다.

영국 정부는 대규모 재생에너지 발전사업을 지원하기 위해 2014년부터 차액계약제도를 부분적으로 도입했다. 차액지원제도에서 발전사업자는 권리행사가격(strike price)과 기준가격(reference price) 사이의 차액을 지불받는다[9]. 기준가격이 계약상의 권리행사 가격보다 낮은 경우 발전사업자는 그 차액을

9) 한국에너지공단, 신·재생에너지백서 2016, 2016

보상받아 기대 수익을 달성할 수 있으며 반대로 기준가격이 권리행사가격보다 높을 경우 발전사업자가 그 차액을 반납하여 전력소비자에 대한 부담을 줄여주는 구조이다. 이 제도는 변동하는 도매가격에 대한 노출을 줄이도록 하여 발전사업자에게 매출의 안정성과 확실성을 높여 줄 수 있다. 다른 한편, 전력요금이 높을 때 소비자가 더 높은 지원 비용을 부담하는 것도 막아준다. 이런 식으로 CfD는 모든 저탄소 발전에 대해 효율적인 장기 지원을 제공한다.

한편 소규모 설비에 대해서는 기준가격구매제(FIT : Feed in Tariff)를 적용하고 있다. 이 프로그램의 목적은 개인, 가구, 단체, 기업 그리고 마을이 추진하는 소규모 저탄소 발전 설비 보급에 인센티브를 제공하는 것이다. 이것은 5MW 이하의 태양광, 수력, 혐기성 소화, 풍력 사업과 2kW 이하 마이크로 열병합 설비를 지원한다.

FIT는 엄청나게 대중적이라 2016년 5월 말 기준으로 870.6천개 설비(5.1GW 용량)이 등록되어 있다. 이 중 99% 태양광인데 설치용량의 82%를 차지한다.

2016년 태양광 FIT를 통해 제공되는 지원금을 대폭 삭감하고 육상풍력은 모든 지원을 중단하기로 결정하였다. 2016년 1월 16일부터 태양광 기준가격은 4.39p/kWh로 약 65% 감소하였다.[10] 태양광 시장분석 기관에 따르면 2016년 상반기 보급량은 전년 대비 75%나 급감하였다.

영국은 열 분야에서 재생에너지 열 인센티브(RHI : Renewable Heat Incentive)를 시행 중이다. 비가정용 RHI는 2011년 시작부터 2016년 5월까지 14,700개 승인에 8.4Wh가 넘는 재생에너지 열 생산을 지원하였고 가정용 RHI는 2014년 이후 49,000개 승인을 지원하였다.

RHI 제도에 대한 추가 지원이 2015년 11월에 발표되었다. 영국 정부는 기후 목표 달성을 확실히 하기 위해 RHI 제도를 연장하고 RHI에 대한 지원을 4억3천만 파운드(2015/16)에서 11.5억 파운드(2020/21)로 증가할 것이다.

10) http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=United%20Kingdom
IEA/IRENA Joint Policies and Measures database, UK renewable energy policy framework summary

3. 일본

1) 에너지 현황

2015년 기준 일본의 1차 에너지소비 중 재생에너지 비중은 3.2%에 불과하다. 일본은 경기 침체와 에너지 수요 안정으로 에너지소비가 점차 감소하는 추세이다. 에너지소비 중 석유의 비중이 가장 높고 다음이 석탄, 천연가스 순이다. 후쿠시마 원전 사고 이후 대부분의 원전은 가동을 멈춘 상태이기 때문에 원전 비중은 매우 낮은 상태이다[11]. 원전의 가동을 중단하면서 석탄 화력의 비중이 높아진 상태가 지속되고 있는 가운데 재생에너지 비중도 빠르게 증가하고 있다.

IRENA에 따르면 2015년 말 기준, 재생에너지 설비용량은 수력 54.6%(49.1GW), 태양광 37.0% (33.3GW), 바이오4.5% (4.1GW) 등으로 구성되어 있다[12]. 상대적으로 풍력 용량이 매우 적은 편이다. 일본은 후쿠시마 사고 이후 태양광의 기준가격을 높게 설정하면서 태양광 붐이 일었다. 2015년 태양광 신규 설치용량이 무려 11GW를 기록하였다.

일본의 재생에너지 발전량은 2015년 165TWh를 기록했으며 전체 발전량 1035TWh의 16%를 차지하였다[13]. 2010년 재생에너지 발전량 120TWh, 발전량 비중 10.5%에 비하면 최근 태양광 발전의 보급에 힘입어 재생에너지 비중이 빠르게 증가하였다. 수력의 비중이 가장 크고 그 다음 태양광, 바이오, 풍력 순이다.

2) 에너지 정책 동향

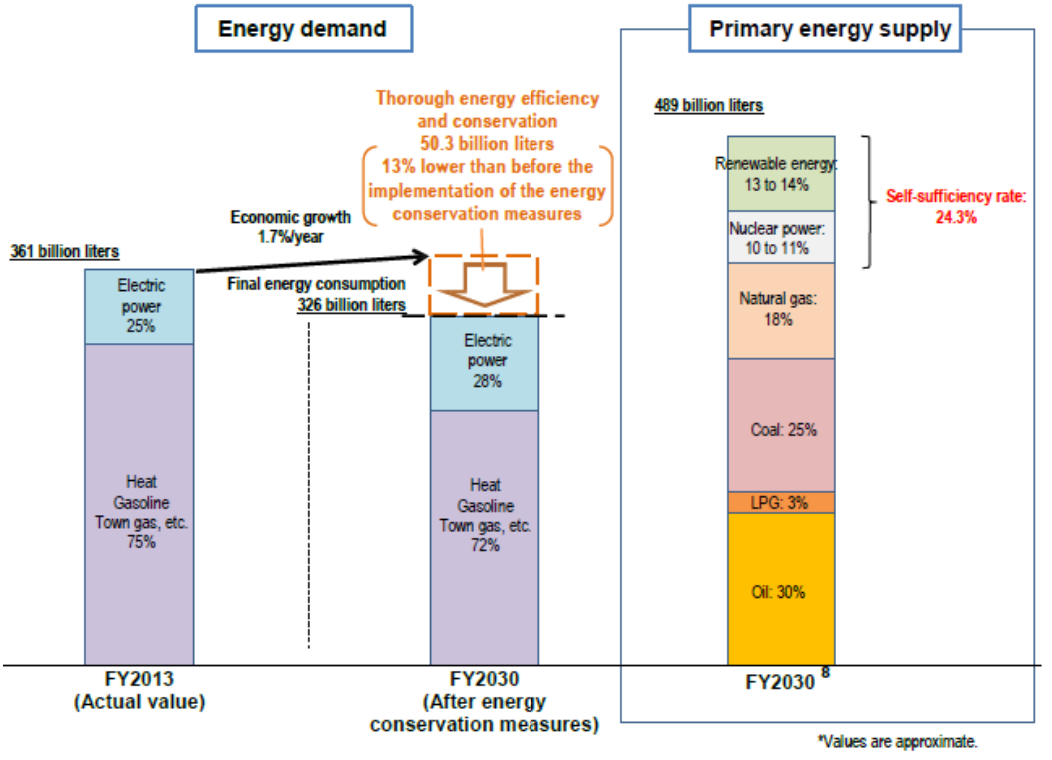
일본은 2013년 대비 2030년까지 온실가스 배출량을 26% 줄이는, 상대적으로 느슨한 수준의 온실가스 감축 목표를 제시한 바 있다. 일본은 이 감축목표를 효율 향상, 재생에너지와 원자력 등 저탄소 기술 활용, 국제 시장 활용(JCM) 등을 통해 달성하려고 한다.

2015년, 일본 정부는 전년에 수립한 전략에너지계획을 기초로 장기에너지수급전망을 발표하였다.[14] 에너지 효율 향상과 절약을 통해서 전망에 비해 약 13% 에너지 수요를 낮추며 다양한 에너지원을 고루 활용하여 에너지믹스를 구성할 전망이다. 일본은 원전 비중을 1차 에너지의 10~11% 유지하고 재생에너지 비중은 13~14%로 높이려고 한다. 2030년에도 석유 및 LPG(33%), 석탄 25%, 천연가스 18% 등

11) BP, Statiscal Review of World Energy 2016, 2016
12) IRENA, Renewable Capacity Statistics 2016, 2016
13) IEA. Renewables Information 2017, 2017
14) http://www.meti.go.jp/english/press/2015/pdf/0716_01a.pdf

화석연료 비중이 76%로 높게 유지될 전망이다. 일본은 이 계획을 통해 에너지부문에서 2013년 대비 21.9%의 온실가스 배출량 감축을 예상하고 있다.

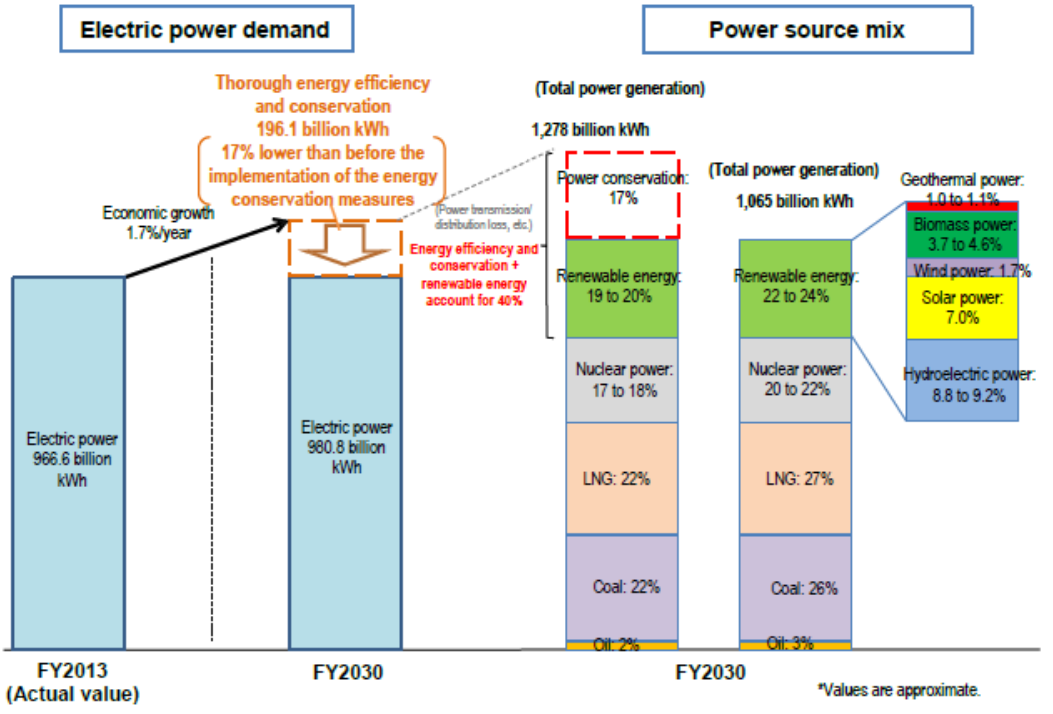
[그림 11] 일본의 2030년 에너지믹스 전망



자료 : Japan Ministry of Economy, Trade and Industry, Long-term Energy Supply and Demand Outlook, 2015

이 전망에 따르면 일차에너지공급에서 재생에너지의 비중이 13~14%를 차지하고 전력생산에서는 재생에너지 비중이 22~24%로 증가한다. 2030년 발전량은 1,065TWh에 달하며 재생에너지 발전량은 237~252TWh에 이를 것이다. 세부적으로 수력이 약 9%, 태양광이 7%, 바이오매스가 3.7~4.6%, 풍력 1.7%, 지열 1.0% 담당할 전망이다.

[그림 12] 일본의 2030년 전력믹스 전망



자료 : Japan Ministry of Economy, Trade and Industry, Long-term Energy Supply and Demand Outlook, 2015

일본 재생에너지 보급제도의 핵심은 기준가격구매제이다. 일본에서는 기준가격구매제가 2012년 7월부터 전면적으로 시행되고 있다. 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 재생에너지 도입 확대를 위해 2012년 7월부터 FIT를 전면적으로 시행하여 큰 성과를 내고 있다. FIT 도입 이후 재생에너지 설비용량 증가율은 연평균 33%로 증가하였고 수력을 제외한 재생에너지 발전전력량 비중이 1.2%에서 6%로 급격히 증가하였다.

수력을 제외하고 2017년 말까지 재생에너지 발전 설비는 65.5GW에 달할 것으로 전망되고 그 중 10kW 이상 태양광이 37.6GW까지 확대되어 전체의 절반 이상을 차지할 것으로 예상된다. 특히 이 제도는 높은 기준가격을 적용한 덕분에 태양광 발전의 폭발적 증가를 가져왔다. 일본 정부는 점진적으로 기준가격을 낮추는 계획을 발표하였지만 상대적으로 태양광 전력구매 기준가격이 높아 수익성이 좋은 탓에 일본에서 태양광은 빠르게 증가하고 있다.

〈표 1〉 일본 태양광 기준가격의 변화

용량구분	10kW이상	10kW미만
용도	비주택용	주택용
구매전력	발전한 전력 전량구매	잉여전력 구매
발전차액기준(FIT) 금액 (‘12년 7월~‘13년 3월)	40엔/kWh + 소비세(5%) = 42엔/kWh	42엔/kWh (세금포함)
발전차액기준(FTI) 금액 (‘13년 4월~‘14년 3월)	36엔/kWh + 소비세(5%) = 37.8엔/kWh	38엔/kWh (세금포함)
발전차액기준(FTI) 금액 (‘14년 4월~‘15년 3월)	32엔/kWh + 소비세(8%) = 34.5엔/kWh	37엔/kWh (세금포함)
발전차액기준(FTI) 금액 (‘14년 4월~‘15년 6월)	29엔/kWh (소비세 제외)	33~35엔/kWh (세금 포함)
발전차액기준(FTI) 금액 (‘15년 7월~‘16년 3월)	27엔/kWh (소비세 제외)	
발전차액기준(FTI) 금액 (‘16년 4월~‘17년 3월)	24엔/kWh (소비세 제외)	
적용기간	20년	10년

태양광 설비가 급격히 증가하면서 전력망 불안정을 이유로 일본 주요 전력회사가 태양광 발전소의 계통 연계 및 전력 매입을 일시적으로 중단하는 일이 벌어지기도 하였다. 기준가격이 상대적으로 높은 태양광 설비의 급증은 전기요금 상승을 가져와서 2016년에는 가구당 월 675엔 정도가 전기요금에 추가될 전망이다. 재생에너지 설비가 증가하면서 전기요금에 반영하는 재생에너지 부과금도 증가(소매 전기요금 상승)하고 있다. 재생에너지 부과금이 2013년(0.35엔/kWh), 2014년(0.75엔/kWh), 2015년(1.58엔/kWh), 2016년(2.25엔/kWh), 2017년(2.64엔/kWh)으로 증가하였다. 월 300kWh를 소비하는 일반 가정의 재생에너지 부과금 부담액은 2012년 66엔에서 2016년 5월 675엔으로 증가하였고 2030년 재생에너지 비중 목표(22~24%)를 고려하면 2030년에는 가정의 부담금액이 1,100~1,200엔으로 추산된다.

일본 정부는 태양광 확대의 속도를 조절하고 기준가격구매제 시행에 따른 전기요금 상승을 억제하기 위해 2017년부터 경쟁 입찰제도의 도입을 검토 중이다.

4. 프랑스

1) 에너지 현황

프랑스는 다른 서유럽 국가들처럼 1차 에너지 소비가 감소하는 추세이다. 특이하게도 1차 에너지소비 중 원자력의 비중이 가장 높고 그 다음 석유, 천연가스 순이며 석탄의 비중은 매우 낮다. 2015년 기준 프랑스의 1차 에너지소비 중 재생에너지 비중은 8.4%이다.

IRENA에 따르면 프랑스 재생에너지 설비용량은 수력 57.4%(25.4GW), 풍력 23.4%(10.4GW), 태양광 14.8%(6.5GW) 등으로 구성되어 있다. 2015년 신규 용량을 보면 풍력 1.1GW, 태양광 0.9GW로 재생에너지 보급이 점차 활발해지고 있다.

2015년 기준으로 재생에너지 발전량(폐기물 제외)은 89TWh로 약 총 발전량 중 재생에너지의 비중은 15.9%를 기록했다. 재생에너지 발전량(폐기물 포함) 중 수력이 약 62%, 풍력이 22%, 태양광이 7% 정도를 차지하였다.[15)]

2) 저탄소 에너지 정책 동향

프랑스는 파리협정의 종주국답게 최근 기후변화 대응에 강한 목소리를 내고 정상들을 초대하는 이벤트를 개최하는 등 파리협정의 이행을 지원하는 노력을 전개하고 있다.

또한, 에너지 부문의 이산화탄소 배출량뿐만 아니라 에너지소비도 지난 10년 간 감소하고 있고 탄소 집약도도 2004년 수준보다 30% 감소하여 IEA 평균의 절반 수준으로 줄었다. 프랑스는 저탄소 에너지믹스의 관점에서 주목할만한 나라인데 2015년 47%의 에너지만 화석연료에 의존하고 있다. 저탄소 에너지의 하나인 원자력의 비중이 에너지믹스의 46%나 차지하고 있다[16)].

프랑스는 제1차 그르넬 환경법을 바탕으로 2010년 '재생에너지 국가행동계획'을 수립하였다. 여기에 최종 에너지소비 중 재생에너지 비중을 23% 이상으로 높인다는 강화된 목표를 설정하였다. 이 계획은 바이오 에너지, 풍력, 지역, 수력, 태양열 및 해양 에너지 등을 포함한 신재생에너지 부문 개발에 관련된 50개 정책을 명시하고 있다. 2020년 보급 목표를 보면 각각 육상풍력 19GW, 해상풍력 6GW, 조력 380MW이다. 프랑스는 최종에너지소비(TFC) 기준으로 재생에너지 비중이 15%를 넘겼지만 2020년 23% 목표를 달성하기에는 아직 부족한 상태이다. 태양광과 바이오매스는 예상한 목표를 충족하고 있지만 수력, 풍력과 열 분야는 목표에 미치지 못하고 있다.

15) IEA, Renewables Information 2017, 2017

16) IEA, Energy Policies of IEA Countries France 2016 Review, 2017

프랑스는 파리총회를 앞두고 2030년과 2050년까지의 장기 에너지 전환 정책 틀을 채택한 바 있다. 이 '녹색성장 에너지 전환법'은 에너지 전환에 대한 국가적 토론의 결과물이다. 2030년까지 온실가스 배출량을 40%까지 감축하기 위해 녹색성장 에너지 전환법은 교통, 산업 및 건물에서 기후 행동을 가속화할 것을 추구한다. 특히 전력생산에서 2015년 78%에 달하는 원전의 비중을 2025년까지 50%로 줄이면서 재생에너지의 비중을 2030년까지 40%로 확대하여 전체적으로 저탄소 에너지의 비중을 높이는 정책을 펼치고 있다. 이 법은 2030년까지 최종에너지 소비의 20%, 2050년에 50%를 줄이는 것을 지향한다. 2012년 대비 2030년까지 화석연료 소비를 30%를 줄여야 한다. 또한, 에너지효율 제고를 위한 약 1백억 유로 규모의 보조금 지원, 건물 리노베이션을 위한 무이자 대출, 디젤차량 전기차 전환시 보조금 지급 등의 내용을 포함하고 있다.

프랑스는 기후와 에너지에 대한 전략을 다시 검토하여 수정할 예정인데 새로운 국가 저탄소 전략은 21세기 중반까지 탄소 중립을 지향한다는 내용이 담길 것이다. 프랑스는 2030년까지 재생에너지 비중 32%를 달성하는 정책 경로를 채택하였다. 프랑스는 2022년까지 석탄발전을 완전 폐쇄하는 정책을 시행 중이다. 프랑스는 자국 영토에서 점진적으로 석유 생산을 중단하는 정책도 전개하고 있다.

5. 중국

1) 에너지 현황

중국의 세계에서 에너지를 가장 많이 소비하는 국가로 2005년에 비해 2015년 에너지소비가 68% 증가했다. 1차 에너지소비 중 석탄이 약 64%로 압도적인 비중을 차지하며 석유, 수력이 그 다음을 차지한다. 재생에너지의 비중은 수력을 포함하면 10.6%이다. 최근 대기오염 완화 및 기후변화 대응 노력이 가속화되면서 석탄의 비중이 점차 감소하는 반면에 석유, 천연가스, 원자력, 재생에너지 등 다른 에너지원의 비중이 조금씩 증가하고 있다.

IRENA에 따르면 2015년 재생에너지 설비용량 수력 61.8%, 풍력 27.9%, 태양광 8.3% 등으로 구성되어 있다.[17] 설비용량 기준으로 중국은 수력, 태양광, 풍력 분야에서 모두 세계 1위를 차지하였다. REN21에 따르면 2016년 중국은 풍력 23.4GW, 태양광 34.5GW, 수력 8.9GW가 신규로 설치되었다.

17) 수력용량이 REN21 보고서와 차이를 보인다. 재생에너지 최신 보급 통계는 IRENA, REN21, 각국 통계가 시점과 정의에 따라 차이를 보이는 경우가 있다.

2) 저탄소 에너지 정책 동향

중국은 에너지 안보 강화, 대기오염 저감, 기후변화 대응, 산업 육성 등을 목적으로 재생에너지 확대와 산업 육성을 가속화하고 있다. 12차 5개년 계획(2011~2015년) 수립을 통해 풍력, 태양광, 바이오매스를 중점지원 분야로 선정하고 본격적으로 보급 및 산업 육성을 해오고 있다. 2015년까지 전력의 20%를 재생에너지로 생산하고 2020년까지 비화석연료의 비중을 20%까지 높이고자 한다. 2020년 목표는 2016년 3월에 발표된 13차 5개년 계획(2016~2020)에서 다시 확인되었고 13차 에너지 개발 5개년 계획을 통해 구체화되었다. 중국은 13차 에너지개발 5개년 계획을 통해 대기오염 저감과 연계된 탈석탄 정책의 의지를 강력히 드러내며 저탄소 미래에 대한 목표 수준을 강화하였다.

〈표 3〉 중국의 에너지 계획 요약

2020년 목표	전략적 에너지 실행계획 (2014~2020)	국가 13차 계획	에너지 13차 계획	2015년 수준
에너지소비/GDP	N/A	15% 감소 (2015년 대비)	N/A	18.2% 감소 (2010년 대비)
이산화탄소/GDP	N/A	18% 감소 (2015년 대비)	N/A	20% 감소 (2010년 대비)
석탄비중/ 1차 에너지소비	62%	N/A	58% 이하	64%
비화석연료비중/ 1차에너지소비	15%	15%	15% 이상	12%
풍력 용량	200GW	N/A	210GW 이상	129GW
태양광용량	100GW	N/A	110GW 이상	43GW
수력용량	350GW	N/A	380GW	320GW
석탄설비용량	N/A	N/A	1100GW 이하	900GW

자료 : chinadialogue.net[18)]

중국은 13차 에너지개발 5개년 계획(2016년~2020년)을 통해 1차 에너지소비 중 석탄의 비중을 58% 이하로 낮추고자 한다. 상대적으로 비화석연료 비중을 높이고자 하는데 원자력도 일부 포함되지만 비화석연료의 핵심은 재생에너지이다. 중국 정부는 계획기간동안 풍력 210GW 이상, 태양광 110GW 이상, 수력 380GW로 보급 목표를 상향 조정하였다. 중국정부는 재생에너지 발전전력의 기풍현상, 기광현상을 해결하고자 서부지역의 재생에너지 전력을 동부, 중부지역에서 소비할 수 있도록 전력망을 확충하는 사업을

18) https://www.chinadialogue.net/blog/9113-China-outdid-itself-again-in-setting-2-2-low-carbon-targets-/en

진행 중이다. 13차 5개년 계획에도 송전선로와 재생에너지 발전소를 연결하고 동부 및 서부 지역의 송전망을 건설하며 교류·직류 연계 개발을 통해 전력망을 확충하는 사업이 포함되었다.

한편 중국의 성과 자치구에서 자체적으로 재생에너지 개발 및 보급에 대한 목표를 설정하고 있다. 베이징, 텐진, 허베이는 2020년까지 전력소비 중 비수력 재생에너지 비중을 10%, 내몽골, 신장, 간쑤 2020년까지 비수력 재생에너지 비중을 13%로 높이고자 한다.

중국은 수력, 풍력, 태양광, 태양열 등 대부분의 재생에너지 기술 분야에서 보급을 주도하고 있으며 국내 보급 확대를 통해 수력, 풍력, 태양광, 태양열 등 전반적인 재생에너지 산업을 주도하고 있다. 특히 태양광 전지 및 모듈 생산, 풍력 터빈 생산 면에서 압도적인 시장 점유율과 우수한 가격경쟁력을 유지하고 있다.

6. 주요국 저탄소 에너지 정책의 시사점

세계 각국은 점차 기후변화 대응과 연계한 저탄소 에너지 전환 정책을 추구하고 있으며 파리협정의 발효를 계기로 이런 흐름은 더욱 가속화될 전망이다. 영국, 독일, 프랑스 같은 서유럽 선진국들은 장기 온실가스 감축 목표를 달성하면서 동시에 안정적인 에너지 수급을 위해 에너지 효율 향상과 저탄소 에너지 확대를 양대 축으로 하는 정책을 전개하고 있다. 산업구조 개편과 저성장 기조, 에너지 효율 향상의 영향으로 영국, 독일, 프랑스는 에너지수요가 안정 내지 감소 추세를 보이고 있으며 재생에너지를 위주로 저탄소 에너지를 확대하고 있다. 영국은 기후변화법을 근거로 장기 저탄소 목표를 추구하면서 재생에너지 외에도 원자력과 탄소포집장치를 설치한 화력 발전도 개발하고 있으나 재생에너지 분야 외에는 가시적 성과가 별로 없는 상황이다. 세계에서 원자력의 에너지 비중, 발전 비중이 가장 높은 프랑스는 원자력의 비중을 78%에서 2025년 50%로 낮추면서 재생에너지 발전 비중을 높이는 정책을 펼치고 있다. 독일은 2022년까지 원전의 가동을 전부 중단하고 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 50%로 높이는 등 재생에너지 위주의 저탄소 에너지 전환을 강력하게 추진 중이다.

한편, 일본은 상대적으로 느슨한 온실가스 감축 목표를 추구하면서 화석연료의 비중을 2030년까지 76% 수준으로 유지할 전망이다. 후쿠시마 원전 사고 이후 대부분의 원전이 가동을 멈춘 상태이지만 일본 정부는 2030년까지 상당수의 원전을 재가동하여 원전의 발전량 비중을 22~24%로 회복하면서 동시에 재생에너지 발전량 비중을 22~24% 높여 저탄소 기술로 재생에너지와 원전을 동시에 활용하려는 의지를 보이고 있다. 중국은 경제성장과 함께 빠르게 증가해온 에너지수요를 에너지집약도 개선을 통해 억제하면서 비화석연료 확대를 통해 탄소집약도도 동시에 개선하는 정책을 펼치고 있다. 자국내 대기오염 완화와 연계하여 강력하게 탈석탄 정책을 펼치고 있는 중국은 전기화를 촉진하는 한편 전력의 상당한 비중을 수력, 풍력, 태양광 등 재생에너지로 공급하고자 한다. 세계 최대의 재생에너지 시장을 확보하고 있는 중국은 태양광, 풍력, 수력

등 재생에너지 산업 면에서도 세계를 주도하고 있다. 원자력도 비화석연료 청정에너지의 일환으로 일정한 수준까지 증가할 것이다.

재생에너지 확대에 있어서 각국이 직면한 과제는 비슷하다. 재생에너지 확대에 필요한 입지 확보, 계통 접속 및 계통 안정, 비용 효과적인 재생에너지 확대 등이 각국의 주된 관심사이다. 독일, 영국 등은 최근에 비용 효과적인 재생에너지 설비 확대를 위해 기준가격을 급격히 낮추고 경쟁 입찰 제도를 도입하였으며 일본도 재생에너지 부과금 증가에 대응하여 태양광 기준가격의 하락, 경쟁을 촉진하는 제도의 도입 등을 추진하고 있다. 재생에너지 확대에 따라 송배전망의 보강, 계통 안정을 위한 기반 기술의 적용 등도 주요국에서 공통적으로 발견할 수 있는 조치이다.

Ⅲ. 국내 에너지 전환 정책에 대한 검토

1. 국내 에너지 전환 정책의 등장과 진행

국내에서도 원전 및 석탄화력의 억제와 재생에너지 확대를 중심으로 하는 에너지 전환 정책이 뜨거운 관심과 논란 속에서 진행되고 있다. 지난 대선에서 안전과 환경을 고려한 에너지 전환 정책이 공약으로 등장한 것은 원전 안전에 대한 불안과 미세먼지에 대한 관심 때문이었다. 후쿠시마 사고와 경주 대지진이 원전 안전에 대한 인식 변화에 영향을 주었고 심각한 미세먼지 오염 문제로 석탄 발전에 대한 반대 활동이 더 부각되었다. 전반적으로 국민들의 안전과 환경에 대한 인식 변화의 저변에는 소득 향상과 가치의 변화가 작용하였을 것이다. 국민들의 인식과 요구가 바뀌었기 때문에 19대 대선 과정에서 문재인 후보를 포함하여 대부분의 후보들은 원전과 석탄 화력 축소, 재생에너지 확대를 골자로 하는 에너지 전환 정책을 약속한 바 있다.

문재인 정부는 신규 원전 건설 백지화, 노후 원전 수명연장 금지, 월성 1호기 폐쇄, 노후 석탄 화력 조기 폐쇄, 미세먼지 대응 노후 석탄 화력 가동 규제, 공정률이 낮은 신규 석탄 화력 9기 건설 재검토, 2030년 재생에너지 발전량 20% 확대 등을 골자로 하는 에너지 전환 정책을 국정 과제의 일환으로 추진 중이다. 원전과 재생에너지 설비용량이 가장 두드러지게 달라질 전망이다. 과거 원전 설비가 38GW까지 확대될 계획이었으나 정부가 10월에 발표한 원전 축소 로드맵에 따르면 원전의 설비용량은 2022년 28.9GW(28기)를 정점으로 감소하여 2031년 20.4GW(18기), 2038년 16.4GW(14기)로 점진적으로 감소할 전망이다. 또한 검토 중인 초안에 따르면 정부는 2018년부터 2030년 사이 48.7GW의 재생에너지 설비용량을 확대할 예정이다. 신규 설비용량의 거의 대부분을 태양광(30.8GW), 풍력(16.5GW)로 공급하려고 구상 중이다.

산업통상자원부는 재생에너지 3020 이행계획 초안에서 '2030년 전체 발전량의 20%(132TWh, 8차 기준)를 재생에너지로 공급'하겠다며 신·재생에너지 목표가 아니라 재생에너지 목표임을 명확히 밝히고 있다. 그동안 정부가 신에너지와 재생에너지를 합쳐서 신·재생에너지를 기준으로 보급 현황과 목표를 언급해왔고 이런 정책 현실을 반영하여 재생에너지 목표도 신에너지를 포함하여 신·재생에너지 기준으로 논의가 되었다. 태양광과 풍력 등 재생에너지 위주로 보급을 확대한다는 방향이 수립된 후 대선 공약과 국정 과제 수립을 거치면서 재생에너지 목표는 신에너지를 제외한 재생에너지만으로 발전량의 20%를 달성한다는 것으로 정리되었다.

다시 말하면 IGCC, 연료전지 등 신에너지는 재생에너지 발전량 산정에 포함하지 않는다. 또 정부는 현재 큰 비중을 차지하는 폐기물과 바이오가 아니라 태양광과 풍력 위주로 보급 확대를 하겠다는 방향을 분명히 하고 있다. 특히, 폐기물의 설비용량은 현 수준을 동결하는 것으로 설정하고 있다[19].

2. 국내 에너지 정책 전환의 특징과 개선 방향

국내 에너지 전환 정책은 에너지믹스가 아니라 주로 전력믹스에 초점을 맞추고 있다. 에너지 전환을 말하지만 냉난방과 수송 분야에 대한 새로운 정책은 제시된 바 없다. 또, 전력믹스를 말하지만 더 구체적으로 말하면 발전 기술별 설비용량 구성에 대해서 주로 논의하고 있다. 원전의 용량은 신규 원전 6기의 백지화와 노후 원전 수명 연장 금지 정책에 따라서 감소하고 석탄화력도 신규 증설없이 노후 석탄화력을 폐쇄하면서 설비용량이 감소할 예정이다. 하지만 전력수요가 기존 전망에 비해 약 12% 감소할 것으로 전망되고 최근 원전과 석탄 화력의 설비용량이 크게 늘어난데다 건설 중인 설비도 다수 있기 때문에 점진적인 원전과 석탄화력 감소 정책에도 불구하고 원전과 석탄화력의 발전량 비중은 상당기간 지속될 전망이다. 특히 발전부문은 온실가스 감축 목표가 느슨하게 설정되어 있어 발전부문 온실가스 감축 목표를 달성하는 가운데 석탄의 비중이 전혀 줄지 않는 양상이 벌어질 수도 있다. 원전의 발전량이 일부 감소하더라도 2030년까지 재생에너지 발전량이 20%로 늘어나면 발전부문 감축 목표 달성이 가능하기 때문에 석탄화력과 가스화력의 경제 급전 순서가 바뀌지 않는 한 현재 수준의 온실가스 제약으로는 석탄화력의 발전량 비중이 감소하지 않을 것이다.

국내 에너지 전환 정책의 또 다른 특징은 온실가스 감축 정책과 긴밀히 연계되지 않고 있다는 것이다. 해외 사례를 보면 저탄소 에너지 전환 정책의 최상위에 온실가스 감축 목표가 존재한다. 국내에서는 온실가스의 87%가 에너지부문에서 발생하기 때문에 에너지부문의 변화는 온실가스 감축에 상당한 영향을 미칠 수 있고 또 반대로 온실가스 감축 정책은 에너지믹스에 제약으로 작용한다.

저탄소 전원의 하나인 원전의 비중이 감소하면 온실가스 감축 면에서는 큰 도전일 수 있지만 재생에너지 확대, 에너지 효율 향상을 통한 수요 감소 등은 온실가스 감축에 새로운 기여를 할 수 있다.

결론적으로 에너지 전환 정책은 에너지부문을 모두 포괄하면서 온실가스 감축 정책과 긴밀히 연계되도록 보완할 필요가 있다. 2018년 제3차 에너지기본계획을 수립하면서 이런 측면이 보완되어야 할 것이다.

19) 국내 재생에너지 기준에는 화석연료 기원의 폐기물 연소를 포함하고 있어 국제기준과 차이가 있다. 하지만 폐기물 비중이 줄면서 그 차이는 줄어들 전망이다.

Ⅳ. 2030년 재생에너지 발전량 20% 목표의 도전 과제

1. 재생에너지 보급 잠재량의 문제

태양광을 30GW 이상 확대하려면 상당한 면적이 필요하다. 미국 재생에너지연구소는 1GW 태양광 설치에 부대 면적을 포함하여 10㎢ 가 필요할 것으로 보고 있다. 하지만 태양광은 기존의 원전이나 화력발전처럼 일정한 토지를 배타적으로 이용하는 방식 외에도 건물 지붕, 수면, 유휴 부지 등을 다양한 규모로 활용하는 것이 가능하다. 독일은 태양광을 40GW 넘게 보급했지만 상당부분이 기존 건물의 지붕에 설치되었고 일본 역시 태양광을 이미 43GW 이상 보급했지만 지붕과 수면, 유휴 부지를 활용하였다. 독일이나 일본은 한국과는 달리 농지나 임야를 전용해서 태양광을 설치하는 것이 매우 까다롭고 제한적이다.

육상풍력의 경우도 풍력발전기와 단지 내 통행로를 제외한 면적은 다른 용도의 토지 이용이 가능하다. 덴마크나 독일의 풍력단지는 대부분 농경지에 분포하는데 발전기 기초와 날개가 회전하는 반경을 제외하면 경작이 유지되고 국내 산지의 경우도 풍력단지 내 대부분의 공간은 식생이 그대로 유지된다. 소음 영향을 줄이려고 정온지역과 이격거리를 둔다고 풍력단지가 차지하는 면적에 이격거리까지 포함하는 것은 적절한 계산방법이 아니다.

국내에도 재생에너지 보급 잠재량이 충분하다고 평가된다. 한국환경정책평가연구원은 화석연료 대체에너지원으로서 재생에너지 발전단가의 추이를 전망하고 잠재량을 경제적, 환경적 관점에서 평가한 바 있다[20]. 이 평가에 따르면 재생에너지 발전의 보급 잠재량은 태양광 114GW, 육상풍력 15GW, 해상풍력 44GW에 이르며 2015년 총발전량의 약 60%를 태양광과 풍력으로 공급할 수 있다.

20) 이창훈외 2인, 화석연료 대체에너지원의 환경, 경제성 평가(II) : 재생에너지 발전원을 중심으로 , 한국환경정책.평가연구원, 2014

〈표 4〉 국내 재생에너지 발전의 보급 잠재량

(단위: TWh)

구분		용량(MW)	2015	2020	2025	2030	2035
태양광 (114,272MW)	건물지붕	23,277	31.6				
	지상형 발전	63,431	86.1				
	수상 및 도로	27,396	37.3				
	건물벽	168	0.1				
육상 풍력 (15,035MW)	이용률 25%	11,840	25.9				
	이용률 30%	2,720	7.1				
	이용률 35%	475	1.5				
해상 풍력 (44,415MW)	이용률 30%	19,330	50.8				
	이용률 35%	25,086	76.9				
바이오 에너지	유기성		1.9	2.2	2.5	2.7	2.9
	임산 등 고형		8.3	9.1	10	10.8	11.7
합계			327.5	328.6	329.8	330.8	331.9

자료: 한국환경정책평가연구원(2014)

이 평가에는 건물일체형태양광(BIPV)나 농업 공존형 태양광(solar sharing) 같은 새로운 기술의 보급 잠재량은 포함되어 있지 않다. 상대적으로 육상풍력 보급 잠재량은 풍력분야의 인식에 비해 높게 평가되었다. 개발 규제와 민원 때문에 육상풍력의 보급 잠재량은 대개 이보다 낮게 평가되지만 해상풍력은 가능성이 상당히 열려 있다. 네덜란드는 2030년까지 해상풍력을 13GW로 확대하려고 한다. 삼면이 바다인 우리나라는 훨씬 더 풍부한 해상풍력 자원을 가지고 있다.

에너지기술연구원과 에너지경제연구원이 공동으로 평가하는 재생에너지 보급 잠재량은 환경정책평가연구원의 수치를 훨씬 능가하는 것으로 알려져 있다[21]. 한국은 인구밀도가 높고 산지가 많아서 상대적으로 재생에너지 잠재량이 적지만 국내에서 에너지 전환 정책을 추진하는데 큰 어려움은 없는 수준이다.

21) 태양광 보급 잠재량이 300GW가 넘는 것으로 알려져 있다.

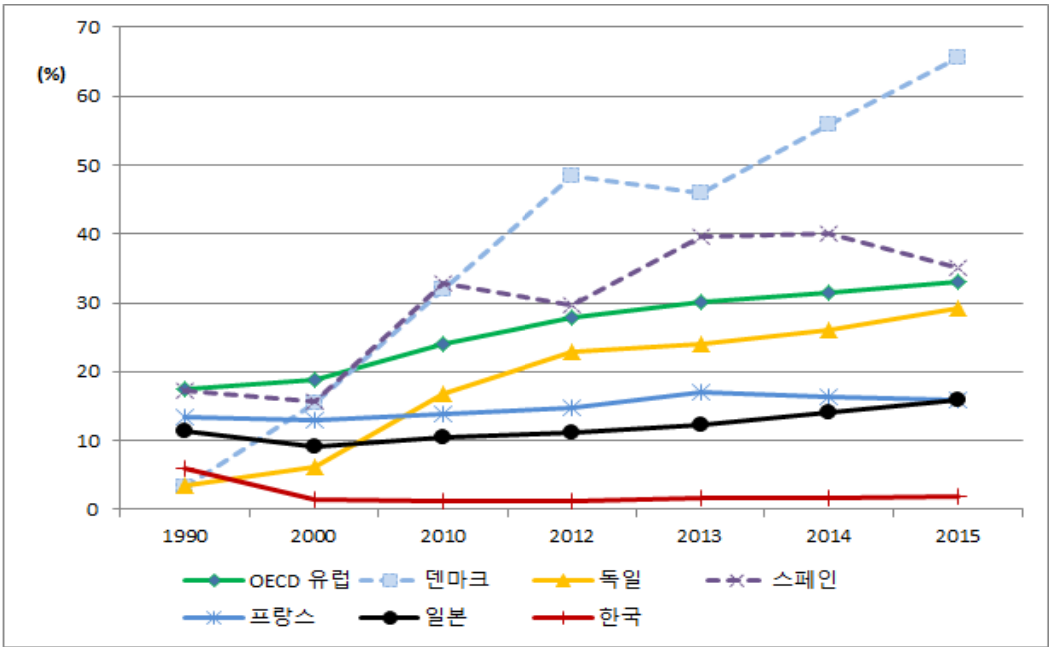
2. 재생에너지 보급 속도의 문제

재생에너지 발전량 비중을 2016년 말 7%에서 2030년까지 20%까지 높이는 목표는 매우 야심찬 목표이다.[22] 그런데 이렇게 빠르게 비중을 높인 OECD 회원국은 여러 나라가 있다. 덴마크, 스페인, 독일 등이 있고 OECD 유럽도 있다.

덴마크는 재생에너지 발전량 비중이 2000년 15.5%에서 2015년 65.5%로, 스페인은 같은 기간 15.6%에서 34.9%로 독일은 6.2%에서 29.2%로 증가했고, OECD 유럽도 재생에너지 발전량 비중이 2000년 19%에서 2015년 33%로 증가하였다. OECD 유럽은 2030년이면 대수력을 제외하고 재생에너지 발전량 비중이 약 40%에 이를 전망이다.[23]

일본도 재생에너지 발전량 비중이 2010년 10.5%에서 2015년 16.0%로 급증하였다. 일본은 후쿠시마 사고 이후 5년 만에(2011~2015년) 태양광이 30GW 이상 증가하였다.[24]

[그림 13] 주요국 재생에너지 발전량 비중 변화 (IEA, 2016)



22) 이 재생에너지 중에는 화석연료 기원의 폐기물과 신에너지가 일부 포함되어 있다. 국제에너지기구 기준으로 2015년 기준 한국의 재생에너지 발전량 비중은 1.9%이다. 정부는 향후 증가분은 국제기준의 재생에너지 위주로 보급할 계획이다.

23) BP, 2017, BP Energy Outlook

24) 2010년 기준 태양광 용량이 3.6GW에서 2015년 34.1GW로 증가하였다.

에너지 전환을 전파 중인 독일은 재생에너지 발전량 비중이 빠르게 증가한 대표적인 사례이다. 독일은 2015년 재생에너지 발전량이 187TWh로 전체 발전량의 29.2%를 차지하였다[25]. 독일의 재생에너지 발전용량은 2015년 말 기준, 수력과 폐기물을 포함하여 105.9GW이며 풍력이 44.7GW, 태양광이 39.8GW에 달하였다. 2000년에는 총 발전용량이 17.6GW인데 풍력이 6GW, 태양광이 114MW에 불과 했다. 15년 동안(2001~2015년) 88.3GW의 용량이 증가했는데 풍력이 38.7GW, 태양광이 39.8GW와 늘었다.

이런 사례들은 한국 정부의 재생에너지 목표도 충분히 달성가능한 수준임을 보여준다. 과거와 달리 국내 전력수요도 안정단계에 접어들었기 때문에 최근에는 재생에너지 발전량 비중이 높아지는 추세이다. 48.7GW의 재생에너지 발전용량을 13년(2018~2030년) 동안 신규로 확대하려면 연 평균 3.75GW의 재생에너지 설비 보급이 필요하다. 물론 최근 연평균 보급량의 2~3배 수준으로 적지 않은 양이다.

3. 재생에너지 확대 비용의 문제

세계적으로 태양광과 풍력 등 재생에너지의 발전원가(LCOE)가 빠르게 하락하여 국가별로는 유틸리티 규모의 신규 설비는 기존 발전과 발전원가가 비슷하거나 더 낮은 수준까지 떨어진 경우도 등장하고 있다. 하지만 주택용이나 상업용 규모의 태양광은 대부분의 국가에서 FIT나 RPS 같은 보급 프로그램을 통한 투자비 보상체계가 일정기간 더 필요하고 기존 설비에 대한 지원이 20년간 지속되기 때문에 재생에너지 확대에 따라 소비자들의 추가적인 부담이 늘어난다.

독일 일반 가정의 경우 전기요금의 약 20%[26]를 재생에너지 부과금 명목으로 추가 부담하고 있고 일본 가정도 태양광의 확대에 따라서 매월 6~7천원 정도 추가적으로 전기요금을 부담하고 있다.

그런데 신규 설비를 기준으로 보면 소비자들의 추가부담은 크게 감소할 전망이다. 독일은 지난 해부터 경쟁을 통해 가격하락을 유도하는 경매제도를 본격적으로 시행하고 있는데 최근에 진입하는 풍력과 태양광 설비의 경우 보상가격(remuneration)이 현저하게 하락하고 있다. 2017년 8월 1GW 용량에 대한 육상풍력 경매 가격은 4.3유로센트/kWh로 떨어졌고 10월 태양광 경매(발전소 용량 750kW 이상을 대상으로 함)의 평균 가격도 무려 5유로센트/kWh까지 떨어졌다. 총 20개 프로젝트 222MW 용량이 경매를 통해 확정되었다. 일본도 태양광에 대한 고정가격을 빠르게 낮추는 한편 경매제도를 도입하여 발전원가를 더 낮추려고 하고 있다.

25) IEA, 2017, Renewables Information 2017. 산업폐기물, 비재생가능 폐기물 등에서 나오는 전력을 포함하면 200TWh가 넘고 비중도 33%에 달한다.

26) 2014년 기준으로 주택용 전기요금은 29유로센트/kWh인데 그 중 21.4%인 6.24유로센트가 재생에너지 부과금(EEG levy)에 해당한다.

한국은 현재 상대적으로 재생에너지 전력의 보상가격이 (160~170원/kWh. SMP+REC) 높아서 기존 발전과 차이를 보이기 때문에 재생에너지 비중이 늘어날 경우 전력공급 비용이 증가하고 이것이 전기요금에 영향을 줄 수 있다. 현대경제연구원은 문재인 정부 에너지 전환 정책 이행에 따른 가구당 추가 부담이 2030년 매월 5,572원으로 추정하였다. 이것보다 더 부담이 늘어날 수도 있지만 전기요금이나 소득수준을 고려할 때 국민들이 감당할만한 수준으로 보인다.

재생에너지 확대에 대한 소비자 수용성을 높이는 한편 REC 공급의 확대, 경쟁 유도, 규제 및 시장 환경 개선 등을 통해 세계적인 흐름에 맞추어 태양광과 풍력의 보상가격을 낮추는 노력이 필요하다.

4. 계통 안정의 문제

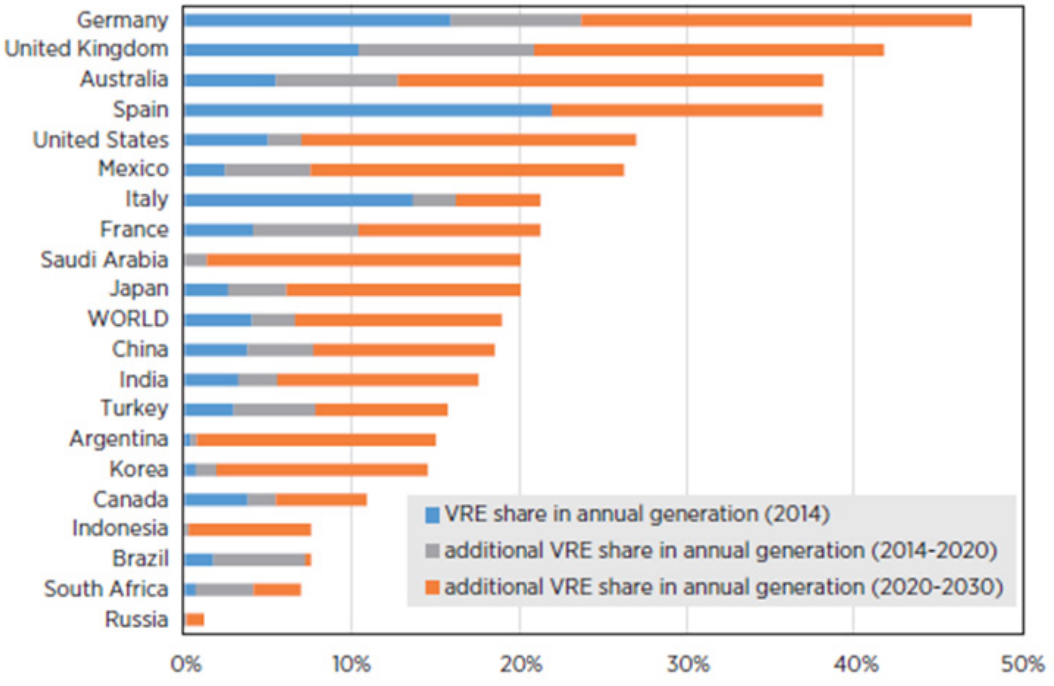
태양광, 풍력 등 변동성 재생에너지가 증가하면 전력계통에 영향을 미칠 수 있다. 태양광과 풍력은 기상 변화에 따라서 출력이 변동하는데 이런 출력 변동에 따른 전력계통의 주파수 및 전압 유지, 전력의 안정적 공급을 위한 유연성 조치가 필요하다.

먼저 재생에너지 발전량 예측 능력을 향상해야 한다. 재생에너지 발전량의 정확한 예측은 전력계통에서 필요로 하는 운영예비력을 낮추고 수급조정비용을 줄여주는 역할을 한다. 경험의 축적과 정보통신기술, 빅데이터와 인공지능의 활용으로 재생에너지 발전량 예측의 오차는 점차 감소하고 있다.

재생에너지 출력 변동에 따른 전력계통 주파수 유지를 위해 백업 용량이 요구되는데 8차 전력수급기본계획 전력계통 워킹그룹은 2030년 20% 목표를 달성할 경우 초단기(1분 이내) 변동성 유지를 위한 백업 요구량을 약 1.4GW 정도로 평가되었다. 이 백업 요구량은 2% 수준으로 설비예비율에 반영될 예정이다. 5분 이상의 재생에너지 출력 변동에 대해서는 기존 발전기의 출력 증감발 및 기동정지를 통해 유연응동력을 제공할 수 있다. 재생에너지 확대 목표 설정을 계기로 국내에서도 재생에너지 출력 변동성 대응을 위해 출력제어(curtailment), 수요반응, 전기저장장치, 가변속양수 등 다양한 대응방안이 연구되고 활용될 것이다. 또한 유럽이나 북미처럼 실시간 전력시장이 도입되고 유연성을 제공하는 전원과 수요반응에 대한 인센티브를 강화하는 방향으로 보조서비스제도가 개선될 예정이다.

재생에너지 변동성 문제는 국제에너지기구(IEA)와 국제재생에너지기구(IRENA), 재생에너지 보급을 선도하는 덴마크, 독일, 스페인 등에서 선제적으로 대응하고 있고 여러 나라에서 재생에너지 비중이 매우 높은 상황에서도 지능형 전력시스템의 구축과 전력 시장 운영 개선을 통해 계통을 안정적으로 운영하고 있다.

[그림 14] 주요국 변동성 재생에너지 전력량 비중 증가 전망 (IRENA, 2015)



변동성 재생에너지(태양광, 풍력, 해양에너지 등) 비중이 증가하면서 재생에너지를 시스템에 통합하는 것은 중요한 과제이다. 그런데 이런 기술적 도전은 에너지시스템의 유연성을 향상하는 조치를 선제적으로 취한다면 적절한 대응이 가능하며 IEA는 지능적인 에너지시스템 구축을 강조하고 있다. 지능적인 전력시스템에서 전력저장장치, 스마트그리드, 스마트에너지시스템 제어 같은 기술이 중요한 기능을 담당한다.

93360
9 788966 847617
ISBN 978-89-6684-761-7
정가 8,000원