

# 2017년 해외 전력산업 동향

WORLD POWER MARKET TREND *Biennial Report*

작성자 : 경영지원처 직원 김강희(☎061-330-8251)

## 인 도

2017. 11.



동 자료에 수록된 각종 통계자료, 조사결과 등은 내부 업무목적에 따라 작성된 것으로 수집된 자료의 범위, 작성시기, 작성기준 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 참고용으로만 활용하시기 바랍니다.

우리소는 동 자료 내용의 정확성, 타당성 등에 대하여 보장하지 않으며 동 자료의 내용을 임의로 인용하거나 상업적으로 활용함으로써 발생하는 문제들에 대하여 우리소에 법적 책임이 없음을 알려드립니다.

# 인도 전력산업동향

I. 전력산업 개요 및 전력시장 구조 .....	3
II. 전력수급 .....	10
III. 전기요금 .....	19
IV. 신재생 에너지 .....	22
V. 주요현안 및 시사점 .....	28

# I . 전력산업 개요 및 전력시장 구조

## 1. 전력산업 역사 · 개요

인도에 처음 전기가 들어온 것은 1879년 7월 24일로, 당시 PW Fleury & Co.사가 전기 조명에 첫 시연을 하였으며. 이후, 뭄바이 크로포드 마켓에서 1882년 전기 조명이 시연되었고, 봄베이 전력회사가 트램웨이에 전기를 공급하기 위해 1905년 첫 발전소를 설립하였다.

인도는 2017년 8월 31일 기준으로 329.23 GW의 용량을 갖춘 전력계통을 보유하고 있으며 이중 재생에너지 발전소는 30.8%를 차지한다. 2016년 1년 동안 공공전력 부문에서 생산된 전기는 총 1,236.39TWh 인데, 민간 전력설비까지 고려한다면 인도의 총 전력생산은 1,433.4TWh이다.

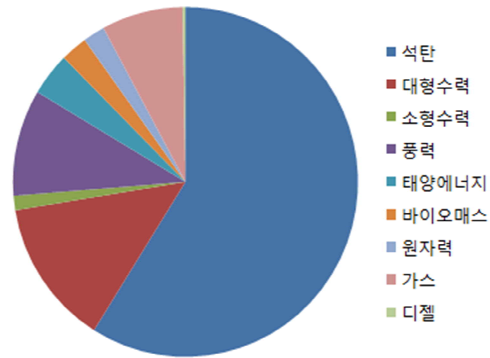
인도는 세계에서 세 번째로 큰 전력생산국이자 네 번째로 큰 전력 소비국이지만, 저렴한 전기 요금에도 불구하고 1인당 전기소비량은 2016년 기준으로 1인당 1,122kWh에 불과해 낮은 편이라고 할 수 있다.

2017년 3월 29일, 인도 전력청은 인도가 처음으로 순수 전기 수출국이 되었다고 발표했는데, 2016년 5,798 GWh의 전기를 이웃 국가들에 수출하였으며 총 수입량은 5,585 GWh였다.

인도 전력수급의 최대 이슈는 “Power for All”이라는 프로젝트로, 이는 2019

그림 1 인도 발전원별 발전설비(2017년 7월)

2017년 7월말 기준 발전설비



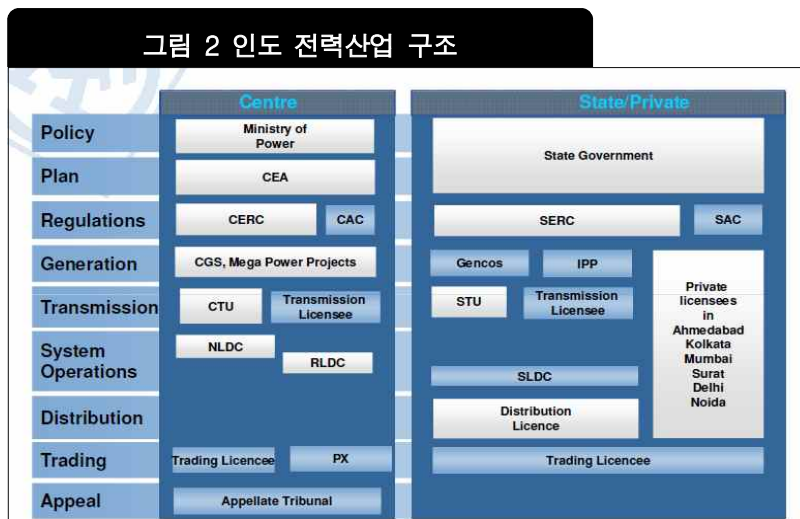
발전원	용량(MW)	비중(%)
석탄	194,433	59
대형수력	44,614	14
소형수력	4,385	1
풍력	32,508	10
태양에너지	13,115	4
바이오매스	8,296	3
원자력	6,780	2
가스	25,185	8
디젤	838	0
합계	330,154	100

출처 : CERC “All India Insntalled Capacity of Utility Power

년 3 월까지 인도의 모든 국민에게 적절한 전력 공급 부족 문제를 해결하기 위해 인도 정부가 추진하는 전력 사업을 의미한다. 이 계획의 주요 내용은 전력공급원을 충분히 만들고, 송배전 등 시스템을 개선함으로써 모든 가정, 산업 및 상업 시설에 지속적인 전력 공급을 보장하는 것으로. 인도 정부는 이러한 목표를 달성하기 위해 전력 공공부문의 성장과 더불어, 주변 국가들과의 협력을 추진하고 있다.

## 2. 전력산업 구조

### 2.1 전력산업구조 도표 및 설명



출처 : AF-Mercados EMI, Overview of Indian Power Sector, 2013

인도 전력산업구조는 크게 중앙정부와 주정부-민간, 두 분야로 양분되어 있다. 연방제를 기본으로 하는 인도의 전기사업은 중앙정부와 주정부의 공동관할 사업이다. 중앙 및 지방 주정부 기관은 각각 정책입안이나 사업규제, 감독 등을 맡고 있고 전력공급체제는 주마다 다르다.

전력부(Ministry of Power)와 중앙전력청(CEA : Central Electric Authority)이 국가 차원의 전력정책을 입안 및 시행하고 각 주에서 추진하는 신규 사업의 최종 타당성을 판정하는 등 감독기능을 수행하고 있다. 특히 전력부는 중앙정부, 주정부 및 민간 전체의 전력산업을 총괄하는 기관으로 발전 및 송배전 인프라를 구축하고 농촌 전화 사업 등 전력사업을 관리, 감독한다. 전력사업은 각 주정부의 소관사항으로 주정부의 위임을 받은 주 전력청이 해당 주의 발전, 송전, 배전, 판매 등 전력사

업에 관한 모든 권한과 책임을 보유하고 있다.

중앙전력규제위원회(CERC : Central Electricity Regulatory Commission)는 발전 회사의 전력공급 요금을 결정하는 역할을 수행하며 전력공급 요금과 전기요금이 일치되도록 조정한다.

인도 국영화력발전공사(NTPC)는 인도 내 최대 규모의 발전회사이다. 인도 전력부 산하에 있는 공기업의 형태이며, 전력 발전 뿐 아니라 전력산업과 관련된 일반적 업무를 폭넓게 수행하고 있다.

인도 국영수력발전공사(NHPC)는 회사법(Companies Act)을 근거로 1975년 설립되었다. NHPC는 청정하고 경제적인 전력을 생산하기 위해 인도의 풍부한 수력 및 조력, 풍력 자원을 활용하는 것이 주어진 임무이다. NHPC는 조사, 계획, 설계, 건설, 운영 및 유지보수 등을 아울러 중심에서 수력 및 조력, 풍력 사업을 효율적이고 종합적으로 개발하는 중요한 역할을 한다.

## 2.2 기업형태 및 소유권

전력산업 구조 도표에서 알 수 있듯이, 대부분의 전력 기업들은 중앙정부와 주 정부에 소속된 공기업의 형태이다. 다만, 주정부의 경우 발전과 송배전은 라이선스를 발급받은 민간 업체가 참여하는데, 대표적으로 Delhi, Noida, Surat, Mumbai, Kolkata, Ahmedabad 주에 민간 발전회사나 송배전 업체가 등록되어 사업을 전개하고 있으며 점점 민간 범위가 늘어나는 추세이다.

## 2.3 규제 감독

각 주별 독립된 규제법을 제정하게 된 이래로 현재 28개 주 가운데 25개 주에서 주별 전력규제위원회가 운영되고 있으며 주정부끼리 연합으로 공동 규제위원회를 갖기도 한다. 큰 맥락에서는 중앙정부의 정책에 따라 규제가 이뤄지지만, 점점 중앙정부와 주정부가 서로 협력을 하여 전력시장을 발전시키기 위한 법안과 규제를 진행하고 있다.

2003년 전력법이 개정된 이후 발전회사들은 반드시 라이선스를 발급받은 후 사업을 개시할 수 있게 되었으며 특히 수력발전소의 경우 중앙정부 당국이 정한 재무 기준을 준수해야 한다.

전력 발전사는 라이선스를 발급받은 모든 이용자에게 차별 없이 전기를 공급해야할 의무가 있으며 설비 등의 비상상황이 아닌 이상 주정부의 전력 운영

에 따라야 한다.

전력요금에 관한 결정권은 그 방법과 원칙이 중앙정부에게 있으며 중앙정부는 발전, 송전, 배전에 관한 요금을 시장주의 원칙에 의해 정해야 한다. 또한 가격 결정 절차는 항상 투명한 과정에 의해 결정되어야 한다.

전기 사업자들은 해당 주의 기관이 정해놓은 기술적, 재무적, 신뢰적 기준을 지켜야 하며 또한 명시된 전기 공급의 의무를 갖는다.

### **3. 전력시장 구조**

#### **3.1 전력시장 구조**

##### **3.1.1 전력시장 발전 역사**

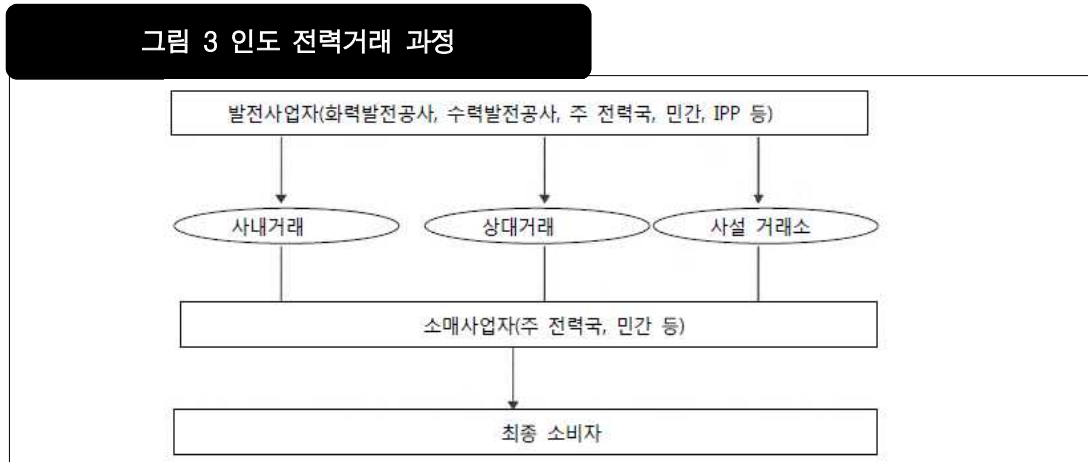
전력산업 개혁은 경제자유화를 실시한 1991년을 계기로 본격화되어 발전부문에 IPP 참가 인정되었다. 제1단계(1991년~)는 발전부문에 중점을 두었으며, 제2단계(1996년~)는 전력재정의 건전화(특히 SEB 개혁, 요금구조의 시정 등)와 전기사업의 효율화(특히 배전부문의 개혁, 손실율의 저감 등)에 역점을 두었다. 또한 최근에는 에너지 부문 전체에 정책의 정합을 꾀하려는 움직임이 있다.

2000년 2월 Grid Code를 제정하였고, 2002년부터 2003년까지 정산 시스템을 구축한데 이어, 2003년에는 현재 전기사업의 기본법이 된 “2003년 전기법”이 제정되어 주 전력국에 의한 100% unbundling 실시, 화력발전사업의 라이선스제 철폐, 자가발전설비의 설치 자유화, 송배전선로 접속 개방, 전력거래의 자유화, 전기요금의 합리화, 민간투자의 촉진, 계량기 설치 의무화와 도전 방지 등이 포함되어 있다. 2003년 전기법은 인도 전력부문의 운영에 광범하고 근본적인 변화를 가져왔으며, 특히 민간 부문의 투자가 활성화되어 많은 정책이 변화하였다. 또한 2005년 2월 12일에는 같은 법에 기초해 2012년까지 전력부족을 해소하는 목표로 한 “국가전력정책”이, 다음해인 2006년에는 전기요금 제도를 새로 규정한 “국가요금 정책” 등이 공표되었다.

##### **3.1.2 도매 전력시장의 구조**

도매전력거래소는 2003년 전기법에 기초해 2007년 2월에 중앙전력규제위원회(CERC)가 사실 도매전력거래소의 설립과 운영에 관한 가이드라인을 공표했다. 이 영향으로, 2008년에 인도 에너지거래소(IX)와 2009년 인도

전력거래소(PXIL)가 설립되었고 계통혼잡 관리 정책이 공표되었다. IEX는 전일 현물시장을 개설하고 다음날 분을 1시간마다 거래하고 있다. PXIL은 전일 현물시장 외 주간 상품 등의 시장을 개설하고 있다.



시장에서 전력을 거래하는 방법에는 3가지가 있다. 장기 전력수급계약(PPA), 쌍무계약(Bilateral Contract), 전력거래소를 통한 거래가 그것인데, 각각 전체 거래량의 90%, 5%, 2%를 담당하고 있다. 전력거래소에 의해 운영되는 전력시장의 특징은 아래와 같다.

- 하루전 현물 시장 : 익일 공급을 위한 단일 가격 입찰
- 하루전 상정고장 시장 : 익일 상정고장을 대비한 쌍무적(양방향) 차별 가격 입찰
- 주간 시장 : 주간 공급을 위한 쌍무적(양방향) 차별 가격 선도입찰
- 신재생에너지 인증서 시장(Renewable Energy Certificates) 운영
- 최소 입찰은 1 MW 이상이고, 최소 증발출 단위는 0.01 MW
- 배전회사(DISCOMs)의 전력 구매방법
  - 장기 Cost Plus PPA/ PPA 가격 장기 경쟁적 입찰
  - 1년~7년 기간 동안 PPA를 통한 중기 계약
  - 1년 이상의 단기 계약
  - 단기 계절별 계약(거래자를 통하거나 직접적 계약)
  - 거래소를 통한 기간 전 계약
  - 거래소나 개방형 접속을 통한 하루 전 계약
  - 실시간 시장의 계획되지 않은 교환

### 3.1.3 송전 부문의 경쟁시장 도입

Power Grid Corporation of India Ltd(PGCIL)는 1,200km의 송전선 건설을 위해 Tata Power와 합작투자에 참여했다. Tata Power는 51%의 지분을, PGCIL은 49%의 지분을 가졌다. PGCIL은 송전망을 건설하기 위한 허가를 얻어내고, 주전력국(State electricity Board)을 매수하여 재원을 확보하며, 필수적으로 Tata Power의 프로젝트 참여를 보증한다.

World Bank 리포트에 따르면, 송전사업의 개방은 갈수록 더 큰 효용증대를 가져오고 있다. 160개가 넘는 최종소비자는 설문지에서 송전 사업의 개방시스템에 따라 좀 더 안정적이고 유리한 사업계획을 세울 수 있을 것이라 기대하고 있다.

### 3.1.4 배전 부문의 경쟁시장 도입

NTPC와 POWERGRID 두 회사는 배전분야에서의 사업추진을 시작했다. NTPC는 100% 출자한 자회사 NTPC Electricity Supply Company Limited(NESCL)을 2002년 8월에 설립하였다. NESCL은 Madhya Pradesh주에 있는 Kanpur, Gwalior시의 배전사업을 떠맡기로 했다. NTPC는 63개 배전사업체에 대한 APDRP(Accelerated Power Development and Reforms Programme)의 일환으로 SEBs에 컨설팅 서비스를 제공하고 있다. POWERGRID 또한 배전분야에 부가가치 서비스를 제공하고자 100% 출자한 자회사를 설립할 계획이다. POWERGRID는 배전사업을 소유하거나 운영하는데 관심이 있는 사업파트너를 모집하고 있다.

### 3.1.5 신재생 에너지 부문의 경쟁시장 도입

CERC는 신재생 에너지 부문에서도 경쟁시장을 도입하였는데, 이는 REC 메커니즘의 적극적인 활용을 통해 실현된다. 아직은 기초단계이지만, REC는 점점 더 인도 내에서 입지가 커지고 있고, 긍정적 평가를 받고 있다. 현재 REC의 수요, 공급량이 크게 차이가 나는 것은 현재 수요가 REC 시장의 초기단계임을 고려해서 생각해야 하며, 시간이 지남에 따라 점점 더 많은 사업자가 참여하면 수급의 균형이 어느 정도 안정화 될 것이라고 예상된다.



## 3.2 전력시장 감시 및 규제

### 3.2.1 전력시장 감시

전력 시장 규칙 준수를 위해 용량철회 등을 한 위반자에게는 페널티를 부과하고, 또한 비합법적으로 송전망 접속을 제한했을 때 이에 개입하여 페널티를 부과한다. 정기적으로 거래이익 및 단기 시장 가격을 모니터링하고 시장가격이 비정상적으로 급등했을 때, 하루전시장에 가격 상한선을 씌우는 시장개입이 가능하다.

### 3.2.2 전력시장 규제

중장기 송전망을 개방하여 공공 및 민간회사를 동등하게 취급하며 송전가격은 국가 전체의 요금 정책에 의거하여 거리, 방향, 전력량에 따라 다르고 모든 시장참여자가 경쟁적 입찰에 따라 동일한 규칙을 적용받는다. 또한 새로운 시장 개발의 발전을 위하여 새로운 발전 사업자들은 용량의 일정 부분(15%)을 장기 계약을 통하지 않고 거래 시장의 규제에 따라 판매해야 한다. 재생에너지의 요금을 투자 가능한 요금제도로 개선하고, REC 거래 시장을 규제한다.

## 3.3 전력시장 관련 기관

### 3.3.1 IEX(Indian Energy Exchange LTD)

IEX는 인도의 전력거래 플랫폼이다. 투명하며 중립적이고 시장 친화적이며 기술적으로 자동화된 거래장을 제공하고 있는데, 이러한 시스템을 통해 전력 산업 참여자들에게 효율적인 가격정보와 위험 관리를 가능케 한다. 오늘날, 약 4,000개 이상의 사업등록자가 전국의 29개 주에 걸쳐서 참여하고 있으며 1,000개 이상의 민간 발전기, 그리고 3000개의 open Access 참여 소비자들이 그들의 최적 포트폴리오를 추구하기 위해 전력 거래시장을 형성하고 있다. IEX는 전일 현물시장을 개설하고 다음날 전력 거래분을 1시간, 15분마다 거래한다. REC는 추후에 선도거래로도 거래될 예정이다.

### 3.3.2 PXIL(Power Exchange India Limited)

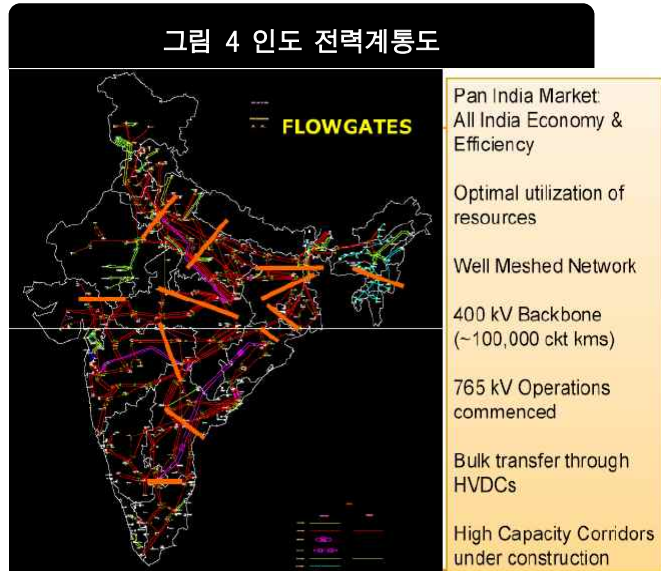
PXIL은 혁신적이고 신뢰 가능한 전력 시장을 추구하는 기관이다. PXIL의 핵심 가치는 통합, 우수성, 지속가능한 혁신이다. PXIL은 지역에 관한 통찰력을 강점으로 전력 사업과 투자결정에 도움을 주고 있으며 특히 인도에서 유일하게 용량 관리 시스템인 “ISO”를 제공하고 있다. PXIL에서는 주로 전일 현물시장 외 주간 상품 등의 시장을 개설하고 REC를 거래한다.

## II. 전력수급

### 1. 전력설비

#### 1.1 전력계통 개요

인도 전력계통의 역사를 살펴보면, 1991년 10월 동쪽과 북동쪽 계통이 연계, 동기화되었고, 2003년 3월 기존 동쪽, 북동쪽 계통과 서쪽 계통이 연계, 동기화 되었으며, 2006년 8월 중앙지역과 북쪽 계통이 연계, 동기화되었다. 향후 5개 지역을 2개의 주파수 계통으로 정리할 계획이다.



출처: CERC, Snapshot of Indian Power Sector

#### 1.2 발전설비 용량 및 전원구성

표 1 인도 발전원별, 연도별 발전 설비용량

설치된 용량	발전 (MW)				핵무기 (MW)	재생 가능 (MW)			총 (MW)	성장 % (매년 기준)
	석탄	가스	디젤	소계 열의		하이드로	다른 재생 가능	소계 재생 가능		
1983년 3월 31일	26,311	542	177	27,030	1,095	14,460	-	14,460	42,585	9.94%
1990년 3월 31일	41,236	2,343	165	43,744	1,565	18,307	-	18,307	63,636	9.89%
1997-3월 31일	54,154	6,562	294	61,010	2,225	21,658	902	22,560	85,795	4.94%
2002-03-31	62,131	11,163	1,135	74,429	2,720	26,269	1,628	27,897	105,046	4.49%
2007년 3월 31일	71,121	13,692	1,202	86,015	3,900	34,654	7,760	42,414	132,329	5.19%
2012년 3월 31일	112,022	18,381	1,200	131,603	4,780	38,990	24,503	63,493	199,877	9.00%
31 Mar 2017 (PM)	192,163	25,329	838	218,330	6,780	44,478	57,260	108,518	326,841	10.31%

에너지원별로는 화력 66.8%, 수력 15.66%, 원자력 2.1%, 풍력 등 재생에너지가 15.4%로 화력발전이 주종이며(2017.3월 기준), 화력발전 내에서는 석탄이 88%로 압도적인 비중을 차지하고 있다.

## 1.3 주요 발전원별 발전 현황(신재생은 <IV. 주요 정책방향>참조)

### 1.3.1 화력발전

연료별 발전 설비 비중에서 화력은 전체 설비의 삼분의 이를 차지하고 있으며, 특히 그중 석탄은 화력발전의 88%를 차지하고 있는 인도의 핵심 연료이다. 또한 실제 연간 전력발전량을 보더라도 석탄은 전체 전력생산의 70% 이상을 차지하고 있는데, 인도 내에서 생산되는 대부분의 석탄을 화력 발전에 사용하고 있다. 필연적으로, 인도 정부 역시 앞으로 몇 세대 동안은 급속한 전력산업 육성을 위해 화력발전에 의존할 수밖에 없다는 예측을 하고 있다.

### 1.3.2 수력발전

인도 내 수력발전 용량은 2017년 3월 기준으로 약 48,999MW인데 이는 인도 총 발전량의 약 14.8%에 이른다. 이 외에도 개발 가능한 것으로 판단되는 대형 수력 발전 지역을 모두 고려하면 추가적으로 94,000MW의 잠재력을 보유하고 있으며 또한 소형 수력발전소의 역시 추가적으로 670MW가 개발 가능한 것으로 평가된다. 인도는 이러한 엄청난 수력발전 잠재력을 보유하고 있으며 현재 전 세계에서 5위를 차지하고 있다. (수치근거-pumped storage hydro power plant/NPTI) 그러나 2012 년도의 여름 가뭄 현상처럼, 수력발전은 외생변수의 영향을 많이 받기 때문에 안정성이 떨어지고, 그럴 때마다 화력발전으로 부족한 모든 부문을 대체해야 한다는 한계가 존재한다. 한편 인도 수력발전의 96% 이상은 공공부문에서 관리가 되고 있으며, 국립 수력 발전 공사 (NHPC), 동북 전력 회사 (NEEPCO), 사투리 (SJVNL), Tehri Hydro Development Corporation, NTPC-Hydro가 인도의 수력 발전 개발을 책임지는 회사들이다.

### 1.3.3 원자력발전

인도의 원자력 발전 개발은 1964년부터 시작되었다. 이후 미국의 GE와 계약하여 핵연료의 수로를 건설하도록 하였고, 1987년 원자력의 상업화를 위해 Nuclear Power Corporation이 설립되었다. Nuclear Power Corporation은 온전히 인도 정부가 소유한 공기업이고, Atomic Energy 정부기관에서 관리한다.

## 1.4 송전설비

### 1.4.1 송전설비 개요

송전선은 일반적으로 132kV이상의 고압설비를 의미하며 1950년 총 공장 3,708c.km에서 2015년 3월 기준 313,497c.km 로 크게 증가하였다. 인도의 송전 시스템은 북부, 북동부, 동부, 남부, 서부 등 5개 지역으로 구분되는데, 주(州)간 전력거래 및 각 주를 연계하는 송전망은 1989년 설립된 POWERGRID가 담당하고, 주내 송전은 각 주 전력청(SEB)이 담당하고 있다.

표 2 인도 송변전 설비현황

	변전소 (MVA)	전송 라인 (c.km)	c.km / MVA 비율
± 500 kV HVDC	13,500	9,432	0.699
765 kV	121,500	18,644	0.153
400 kV	192,422	135,949	0.707
200 kV	268,678	149,412	0.556

출처 : CERC / progress of Transmission lines 2015

### 1.4.2 송전설비 현황

인도의 전력계통(Grid network)은 그물망형 Grid(Meshed Network)로 400kV 주력 송전망(100,000c.km), 765kV 환선형 송전망, 대용량의 전력 전송을 담당하는 HVDC로 구성되어 있다. 765kV 환선형 송전망은 링 형태로 수력은 주로 북쪽에 발전소가 위치해 있고, 동쪽과 동북쪽에 광산(유연탄)이 많이 위치해 있어서 발전소에서 생산한 전력을 765kV 송전선로를 이용해 수요지로 전력을 공급하고 있다.

인도 송전 라인의 전체 길이는 미국 전역의 것과 거의 비슷하지만, 송전량은 훨씬 적다. 이는 시스템적인 문제와 기술적인 문제에서 기인하는데, ATC(Associated Transmission and Commercial)에 따르면, 2013년 기준으로 미국의 송배전 손실률이 9.43%인 것에 비해, 인도의 손실률은 27%인

(65억 달러 규모) 것으로 드러났다. 주요 원인은 기술력의 차이이며, 그 외에도 불법적인 송전선의 테이핑과, 전기요금을 실제 사용량보다 적게 내기 위한 계량기 결함이 있다. 특히, 불법적인 계량기 개조와 도전범죄는 인도 송전망 관리에 있어서 가장 시급한 과제라고 할 수 있다.

이러한 고질적 문제가 계속된 결과 2012년 북쪽지방의 대정전은 역사상 가장 많은 인구에 영향을 끼친 대 정전으로 기록되고 있다. 이후 인도는 ABT ( Availability Based Tariff)의 도입으로 송전망에서의 안정성을 크게 향상시켰지만 여전히 선진국의 계통에 비하면 그 안정성과 효율성이 크게 뒤떨어지는 편이다이에, ATC는 송전 손실률을 2017년까지 17.1%로, 2022년까지 14.1%로 줄이는 것을 목표로 연구개발에 심혈을 기울이고 있다.

## 1.5 배전설비

인도 중앙정부는 배전설비의 증강을 위해 제10차 개발계획부터 RGGVY(Rajiv Gandhi Grameen Vidyutikaran Yojna)를 통해 막대한 투자를 해오고 있다. 이러한 투자의 목적은 전기에 대한 접근성을 끌어올리고 전력 손실을 15% 수준으로 내리기 위해서인데, 다양한 정책과 규제들이 기술적 경쟁력을 확보하기 위해 실행되고 있다.

## 2. 전력수급 실적 및 전망

### 2.1 전력수급 개요

인도 전력수급의 가장 큰 문제는 수요에 비해 공급능력이 부족하다는 것인데, 특히 피크시간대에 더욱 심각하다. 2016년 1년간 평균 전력부족량은 4.4%이다.(출처\_CEA report)

### 2.2 전력수요

2016년도에 인도의 에너지 수요는 11.33 억 4 천 7 백만 KWh였는데, 이는 생산 대비 1.1%가 적은 수치이다. LGBR 2017 보고서에 의하면 인도의 중앙 전기 당국 (Central Electricity Authority)은 2017년도 에너지 잉여 전력을 약 6.8%로 예상했으며 몇몇 지역은 수급의 불균형으로 자체 생산한 에너지만으로는 전력이 부족하지만,

전력 생산 용량이 큰 잉여 지역에서 전력을 공급받아 적절한 전력공급을 할 수 있다.

지역별 피크시 전력수요와 전력공급을 살펴보면, 공업이 가장 발달한 북부가 전력부족이 두드러지며, 발전소가 많은 동부에서는 전력부족이 많지 않음을 알 수 있다.

## 2.3 분야별 및 1인당 전력소비

표 3 인도 분야별 연도별 전력소비

회계 연도 결말	소비 (GWh)	총 대비 %						1인당 소비 (kWh 단위)
		가정용	상업용	산업	건민	농업	기타	
1947년 12월 31일	4,182	10.11%	4.36%	70.78%	6.62%	2.99%	5.24%	16.3
1950년 12월 31일	5,610	9.36%	5.51%	72.32%	5.49%	2.89%	4.44%	18.2
1963년 3월 31일	10,150	9.20%	5.38%	74.03%	3.99%	3.11%	4.29%	30.9
1961년 3월 31일	16,804	8.88%	5.05%	74.67%	2.70%	4.96%	3.75%	45.9
2007년 3월 31일	525,672	21.12%	7.65%	45.89%	2.05%	18.84%	4.45%	559.2
2012년 3월 31일	785,194	22.00%	8.00%	45.00%	2.00%	18.00%	5.00%	883.6
2013년 3월 31일	824,301	22.29%	8.83%	44.40%	1.71%	17.89%	4.88%	914.4
2014년 3월 31일	881,562	22.95%	8.80%	43.17%	1.75%	18.19%	5.14%	957
2015년 3월 31일	938,823	23.53%	8.77%	42.10%	1.79%	18.45%	5.37%	1010.0
2016년 3월 31일	1,001,191	23.86%	8.59%	42.30%	1.66%	17.30%	6.29%	1075
2017년 3월 31일	1,066,268	24.32%	9.22%	40.01%	1.61%	18.33%	6.50%	1122

출처 : CERC / groth of Electricity sector in India

인도의 전력 소비 구성은 가정, 상업, 산업, 수송, 농업, 기타 분야로 구분할 수 있는데, 과거에 비해 산업용 전기소비의 비중이 감소하고 있으며, 가정용과 농업용 전기소비가 눈에 띄게 증가하고 있음을 알 수 있다.

1인당 전력소비는 연도별로 조금씩 증가하고는 있지만 아직도 매우 낮은 편이라고 할 수 있다.

## 2.4 전력생산 실적

2016년 1년 동안 인도 공공 전력부문에서 생산된 전기는 총 1,236.39TWh 인데, 민간 전력설비까지 고려한다면 인도의 총 전력생산은 1,433.4TWh이다.

매년 전력설비의 보강과 전력수요의 증가로 전력생산량 자체는 증가하고 있지만, 증가량 대부분이 석탄발전에 기인한다는 한계를 가지고 있다.

표 4 인도 연료별 연도별 전력생산량

인간 총 발전량 - (GWh)

년	화석 연료			핵무기	하이드로	보결합계	RES			
	석탄	기름	가스				미니수력발전소	솔라	바람	바이오질량
2016-17	944,861	275	49,094	37,916	122,313	1,154,523	7,673	12,086	46,011	14,159
2015-16	896,260	406	47,122	37,413	121,377	1,102,578	8,355	7,450	28,604	16,681
2014-15	835,838	1,407	41,075	36,102	129,244	1,043,666	8,060	4,600	28,214	14,944
2013-14	746,087	1,868	44,522	34,228	134,847	961,552	없음	3,350	없음	없음
2012-13	691,341	2,449	66,664	32,866	113,720	907,040	없음	없음	없음	없음
2011-12	612,497	2,649	93,281	32,286	130,511	871,224	없음	없음	없음	없음

출처 : CERC / groth of Electricity sector in India

## 2.5 부하율

인도 발전시설의 2016년 부하율은 67.2%로 매우 낮은 수준이다. 그 이전의 2014~2015년도에 발전설비 용량의 증가는 역대 최대였으나, 부하율이 65%인 상황에서 계속된 발전설비 증가를 수용할 경제성에 의문이 제기되고 있다. 전력부는 주로 연료의 수입과 같은 외부적 상황에 대해서만 고려하고 발전소 증가에 대한 지출 증가에는 크게 고려하지 않았지만, 이제는 새로운 시각의 고려가 필요한 시점이 온 것이다. 물론 수급현황에서 볼 수 있듯이 항상 수요가 공급을 초과하고 있지만, 인도의 전력수요자들은 공급의 비용을 모두 충당할 만큼 경제적으로 풍요롭지는 않다. 인도의 경제부 장관은 이러한 상황이 지속된다면 발전단가와 전기요금의 괴리가 더욱 커질 것을 우려하였으나, 사실 정치적으로 인도의 전기요금을 올리는 것은 쉽지 않다. 더 나아가, 이렇게 낮은 부하율은 새로운 신재생 발전에 대한 투자의 회피에 치명적인 이유가 되고 있다.

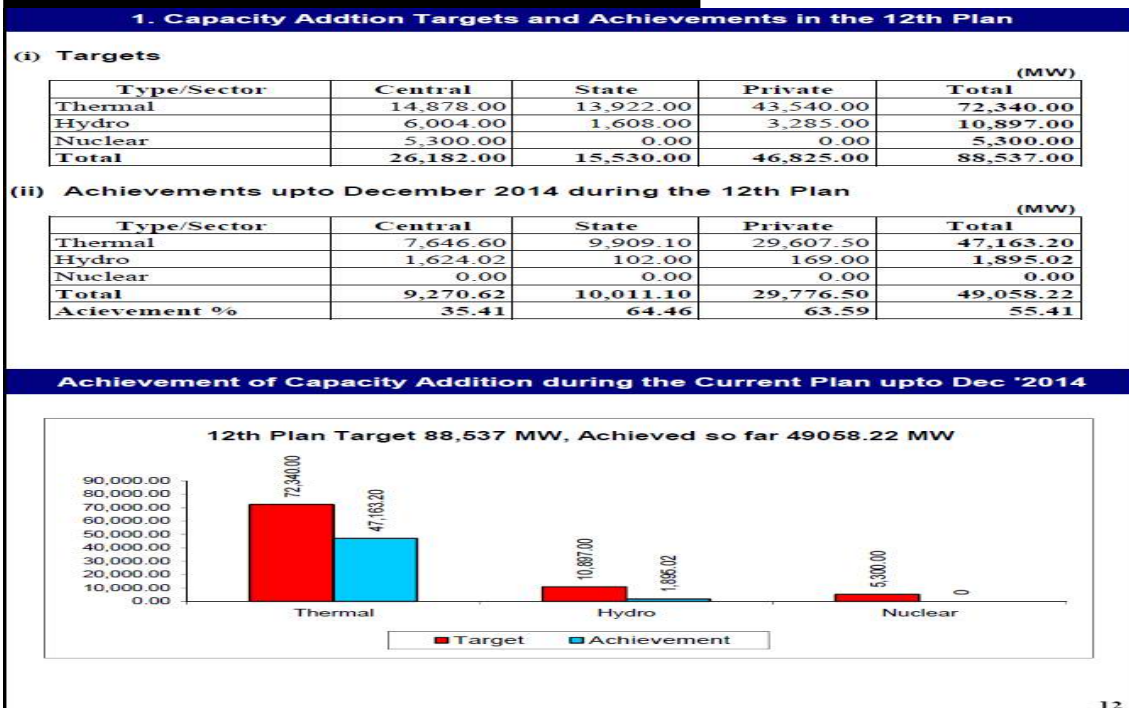


## 2.6 전원개발계획

### 2.6.1 제12차 계획 발전계획

인도의 5개년 계획 중 12차 계획에서 가장 많은 투자 규모를 차지하는 것이 전력부문이다. 12차 계획 기간 중 GDP 성장률은 연간 9%정도로 예상하고 있으며, 에너지 수요는 연간 6.5%가 상승할 것으로 전망된다. 이에 따라서 대규모 발전계획이 수립되었는데, 특히 민간 부문의 비중이 비약적으로 커졌다. 제 12차 계획에서는 민간 투자가 50%까지 올라갈 것으로 예상되는데, 대부분의 새로운 발전은 화력으로 구성된다. 12차 계획에서 설정된 전원 증설은 총 88,537MW인데, 특히 수력 발전용량의 잠재력을 앞세워 유리한 지역에서 개발을 가속화 하고 있는 반면, 경제성과 환경성을 갖고 있는 원자력 에너지의 경우 증설 계획이 매우 작을 뿐 아니라, 실제로는 전혀 진행되지 않고 있다.

그림 5 제12차 계획의 발전설비 증설 목표 및 달성



출처 : Ministry of Power

### 2.6.2 제12차 계획의 송전계획 전망

전력 생산과 소비의 대규모 확장을 위해서는 송배전 네트워크가 확장되고 강화 되어야 한다. 제11차 계획에서는 몇몇 민간 부문의 투자가 송전 부분에서 이뤄졌으



며, 제12차 계획에서 더 많은 민간 부문의 투자가 이뤄질 수 있도록 정책의 틀을 수립하는 것이 중요하다. 북동지역으로부터 전력을 송전하는 것에 관한 특별한 계획이 실시되어야 한다. 방글라데시를 통과하는 라인의 가능성은 상호 호혜적 의존 관계를 반영하는 것으로 고려될 수 있다. 765kV 및 1,000/1,200kV 이상의 송전선로의 기술적인 개발은 송전에 필요한 토지 의존도와 송전손실을 줄이는 데에 크게 중요하다.

### 2.6.3 제12차 계획의 배전계획 전망

인도 전력산업에서 배전부문은 가장 약한 부분이다. 주 정부 보조금을 제외하면 현재 배전회사들에서 발생하는 손실액은 약 7조 루피에 달한다. 이렇게 큰 손실은 세 가지 주요 원인이 있다. 첫째, 주 정부 전력 담당관들은 대부분의 경우 1년 단위로 하는 요금제 개선을 주저한다. 이는 대개의 경우 정치적 압력의 반영이며 어떤 경우에는 요금제도에 대한 개선을 요구하지 않도록 배전 회사들에 가해지는 정치적 압력의 반영이기도 하다. 둘째, 농업 부문에 무료로 또는 사실상 무료로 전력을 공급하는 것은 상당량의 누출로 이어진다. 마지막으로, 주 정부 소유의 전력회사들은 대규모의 손실을 감내해 왔는데, 이는 종종 배전업체와 소비자가 결탁한 결과이다. 이 회사들은 송전 손실을 줄이기 위해 필요한 투자를 하지 않았고, 전력 누수를 점검하고 바로잡기 위해 수립된 계량화 프로그램을 충분히 적용하고 있지 않다.

발전부문 전체의 재정적인 자립 가능성은 배전부문에서 획득되는 요금수입에 의존한다. 그러므로 제12차 계획에서는 배전회사가 재정적으로 자립될 수 있도록 하는 것이 절대적으로 중요하다. 이는 현대적인 경영기법을 도입하고, IT기술을 사용하며, 회계를 강화한다면 기존의 정부 소유 배전 회사의 틀 내에서 충분히 가능한 일이다. 또 다른 방법은 몇몇 주 정부가 취한 방식으로 공기업을 민영화하는 것이다. 가령, 텔리 주는 배전부문을 민영화함으로써 AT&C의 손실을 줄였다. 다른 주들은 민간 기업들에게 독점 사업권을 주는 방식을 취해오고 있다. 이 경우 민간 기업은 배전 시스템 운영을 맡으며, 미리 확정된 수익 분배모델에 기초하여 요금 징수에 관여하고 있다. 독점 사업권 부여는 몇몇 분야에서 좋은 결과를 낳고 있으며, 이 실험은 반복되고 있다. 배전은 전적으로 주 정부의 영역이므로 배전을 향상시키려는 시도는 주 정부에 의해 이뤄져야 한다. 주 정부들은 이 문제를 우선적인 과제로 설정해야 한다. 중앙 정부는 기껏해야 더 낫은 결과를 획득하는 다양한 방식들

을 시험할 수 있는 여지를 주 정부들에 마련해 주는 방식으로 다양한 시도들을 촉진시킬 수 있을 뿐이다.

여러 주들에서 새로운 발전회사들이 생겨남에 따라 개방적인 접근 정책(Open Access policy)을 실행해야 한다. 이 정책의 도입이 2003년의 전기법에 전력산업 해외진출 협의체 및 정보시스템 구축 의무조항으로 명시되었음에도 불구하고, 주 정부들은 1MVA 및 그 이상을 필요로 하는 소비자들에게 공급자를 선택할 자유를 부여하기를 주저해왔다. 하지만 이는 전력시장의 확대와 심화를 위해서 신속히 시행되어야 한다.

## 2.7 전력수급의 이슈

현재 인도 전력 수요의 가장 큰 요인은 급속히 성장하는 경제와 수출 증가, 그리고 이에 따른 가계 소득 증가이다. 1950 년에서 1985 년까지 인도의 발전량은 선진국과 비교했을 때 매우 낮았지만. 1990년 이후로 발전량 및 수요량이 빠르게 증가하여, 2016 년 1,433 TWh에 달하는 전력을 생산했으며, 특히 석탄 화력 발전소와 신재생 에너지 원(RES)의 발전이 총 발전량의 증가에 기여했다.

그럼에도 불구하고, 전 세계에 전기가 공급되지 않는 14 억 인구 중, 인도에 사는 사람만 3 억 명이 넘는다. 국제 에너지기구는 인도가 국가 규모나 산업의 발전, 국민의 전기 이용을 고려할 때 2050년까지 최소 600 GW에서 최대 1,200 GW의 추가 발전 용량을 증설할 것으로 예상하고 있는데, 이 새로운 용량은 글로벌 자원 사용 및 환경 문제에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

현재 약 5 억명의 인도인(40 %)은 농업 폐기물 및 바이오 매스와 같은 전통적인 연료를 사용하여 요리 및 일반 난방 수요에 사용하고 있으며 이러한 전통적인 연료는 비효율적인 에너지원으로, 연료를 태울 때 나오는 여러 매연(PM10 미립자 물질, NOx, SOx, PAHs, polyaromatics, 포름 알데히드, 일산화탄소 및 기타 대기 오염물질 등)은 대기에 심각한 악영향을 미치고 있다. 세계 보건기구 (WHO)가 발표한 보고서에 따르면 위에서 언급한 매연으로 인해, 대기오염 또는 일산화탄소 중독으로 매년 30 만에서 40 만 명의 사람들이 사망하고 있으며, 따라서 전기 또는 청정 연료 보급이 인도 전력 부문의 성장에서 매우 중요한 이슈라고 할 수 있다.

### III. 전기요금

#### 1. 소매

##### 1.1 소매시장 가격결정 메커니즘

소비자에 대한 가격 메커니즘은 다음과 같은 식으로 결정된다.

$$\text{Total Cost} = \text{Fixed Cost} + \text{Semi Fixed Cost} + \text{Variable Cost}$$

여기서 제일 첫 번째 요소인 Fixed Cost는 고정요금으로 최대 수요나 실제 소비량과는 무관하게 결정되며 지대나 인건비, 자본이자율 등을 포함하는 금액이다. 두 번째 요소인 Semi Fixed Cost는 최대 kW 수요에 상수를 곱하여 구성된다. 즉, 최대 전력수요가 발전소의 발전규모를 결정하기 때문에 발전소의 발전규모를 고려한 요소이다. 세 번째 요소는 변동비로, 실제 소비한 kWh 전력량을 곱해야 한다. 이 구성요소가 전력발전을 하는데 필요한 원료에 대응되는 개념이다.

##### 1.2 소매시장 전기요금 구조와 문제점

주 전력국의 인도 소매전기요금의 가장 큰 특징은 공급비용을 충분히 반영하지 못하고 소매요금이 공급비용보다 낮은 역마진 요금구조라는 것이다. 공급비용 중 전기요금으로 회수하는 것은 약 80%에 지나지 않으며 나머지는 보조금으로 충당하고 있다. 이에 더해, 요금의 청구나 수금 효율 역시도 낮는데 이는 계량기의 성능저하, 부정확한 사용, 요금 징수자와 수용자의 낮은 도덕성, 배전 네트워크와 영업에 대한 허술한 관리가 원인으로 지목되고 있다. 인도 전기요금의 또 다른 특징은 전력 수요의 형태에 따른 요금의 격차와 내부 상호보조이다. 판매 전력의 과반수를 차지하는 농업용과 가정용의 요금이 정책적으로, 정치적으로 공급비용보다 낮은 수준으로 되어 있는 상황에서 그 손실을 보전하기 위해 주 정부로부터 보조금이나 산업용, 상업용 요금 수입이 충당되고 있는 것이다.

구체적으로 각 주의 직종별 전기요금 단가 요금은 아래와 같다. 모든 주에서 가정용 요금이 산업용, 상업용에 비해 낮다. 특히 농업용 요금은 주에 따라서 다르나, 종합적으로 매우 낮으며 남부 일부 주에서는 무료이다. 정책적으로 매우 높게 설정된 산업, 상업용 요금은 산업경쟁력 저하의 주요 원인이 되고 있기도 하다.

### 1.3 소매시장 전기요금의 개선방향

소매 전력의 가격체계에 대한 개선방향에 대해 생각해 보면, 일단 가격을 책정하는 주 담당관으로부터 정치적 압력에서 자유로워야 한다. 정치적 압력에 의해, 많은 지역의 전기요금이 매우 낮을뿐더러 특히 농업 부분은 매우 낮기 때문에 전력회사, 배전회사의 재무 상태를 위태롭게 한다.

사실상 현재 가장 필요하며, 또한 단기간에 가능한 개정은 전기요금을 올리는 것인데, 가능한 한 많은 국민의 이해와 관련 원칙에 대한 총체적인 당국의 이해가 선행되어야 한다. 충분한 조정이 2~3년 동안 이뤄질 수 있도록 시작되어야 하며, 높은 에너지의 시대에 빠른 성장의 달성 여부는 이러한 가격들을 조정하는 능력에 핵심적으로 달려있기 때문이다.

현재의 보조금 제도는 너무나 보편적이고 일반적인 것이므로, 보조금 제도가 나아가야 할 방향은 특정 계층을 겨냥한 보조금 제도로 가격 상승으로부터 가난한 계층을 보호할 수 있어야 한다.

## 2. 도매

### 2.1 도매시장의 ABT 가격결정 메커니즘

불안정한 주파수 변동으로 인해 인도는 ABT(availability based tariff : 가용성 기반요금 가격) 하에서 주파수 연계 가격을 갖는 UI 메커니즘을 고안하게 되었다. 상업적 메커니즘의 ABT는 2002년 이후 CERC 명령에 따라서 인도의 5개 그리드지역에서 모두 시행되었다. ABT 하에서 각 주와 중앙정부 발전소는 하루 전에 발표된 수요와 발전량의 스케줄을 갖는 제어지역으로 지정된다. 이러한 스케줄은 중앙정부 할당과 개방접속 스케줄 거래를 고려한다. 스케줄로부터의 이탈은 UI라고 부르고 주파수 연계가격에 청구된다. ABT 하에서 모든 UI 전력은 지역 UI 전력 풀로 주입되고 여기에서 참여전력업체들은 전력을 인출할 수 있다. 따라서 지역의 UI 전력 풀은 미리 결정된 수요스케줄을 갖는 모든 지역의 주정부, 미리 결정된 주입스케줄을 갖는 모든 중앙정부발전소 및 미리 결정된 연결스케줄을 갖는 기타 모든 지역으로 구성된다.

인도의 모든 지역에서 ABT를 도입한 결과 계획된 쌍무계약을 통하거나 상업적 문제가 없는 계획되지 않은 전력으로서 전력의 교환이 가능하게 되었다. 사실상 한 지역에서 다른 지역으로 전력을 전송하기 위한 결정은 실시간으로 이루어질 수 있

으며 그러한 교환 가격은 보편적으로 얻을 수 있는 신호인 주파수와 연계시켜 결정 되기 때문에 가격을 흥정할 필요가 없다. ABT 메커니즘은 단순하고 투명한 균형 잡힌 시장으로 볼 수 있다. ABT 하에서는 농업용 수용가에게 6시간 동안 전력을 공급하는 것이 충분하다는 점은 희망적이다. 동일한 양의 물을 모터에 손상을 주지 않고 펌프를 사용하여 공급 할 수 있기 때문이다.

## 2.2 도매시장의 전력거래 현황

단기 거래의 구성을 보면 쌍무계약이 약 절반을 차지하고 있으며 나머지 중 약 30%가 전력거래소(2개의 전력거래소 : PXIL, IEX) 를 통한 하루 전 시장에서, 나머지 20%는 DSM을 통해 이뤄지고 있다.

두 개의 각 전력 거래소 간의 거래량을 비교해보면, 모든 형태의 전력거래에 있어 IEX가 PXIL보다 현저히 큰 규모를 보이고 있음을 알 수 있다.

## 3. 송전설비 요금

### 3.1 송전설비 요금

송전 사용에 관한 요금 책정은 CERC에서 규정한 기준에 의해 이뤄진다. CERC 에서는 송전 설비에 관한 요금 뿐 아니라, 요금과 관련된 라이선스의 자격기준, 지급 불가 사항들 등의 규정을 전력법으로 규제하고 있으며 송전 설비요금은 다음과 같다.

표 5 설비 요금표

Sr. No.	Type of Transmission System	Line Capacity	Rates and Charges for Long-term Access and Medium term Open Access	Rates and Charges (for Short-term Open Access)
		MW	Rs/MW/year	Rs./MWh
1	400 kV (D/C)	900	97,584	11.14
2	400 kV (S/C)	450	109,006	12.44
3	220 kV (D/C)	500	118,198	13.49
4	220 kV (D/C)	250	145,318	16.59
5	132 kV (D/C)	180	182,525	20.84
6	132 kV (S/C)	90	325,209	37.12
7	66 kV (D/C)	54	540,339	61.68
8	66 kV (S/C)	27	682,244	77.88

D/C Double Circuit  
S/C Single Circuit

출처 : CERC Regulation for Rates, Charges, Terms for use of Transmission Tariff

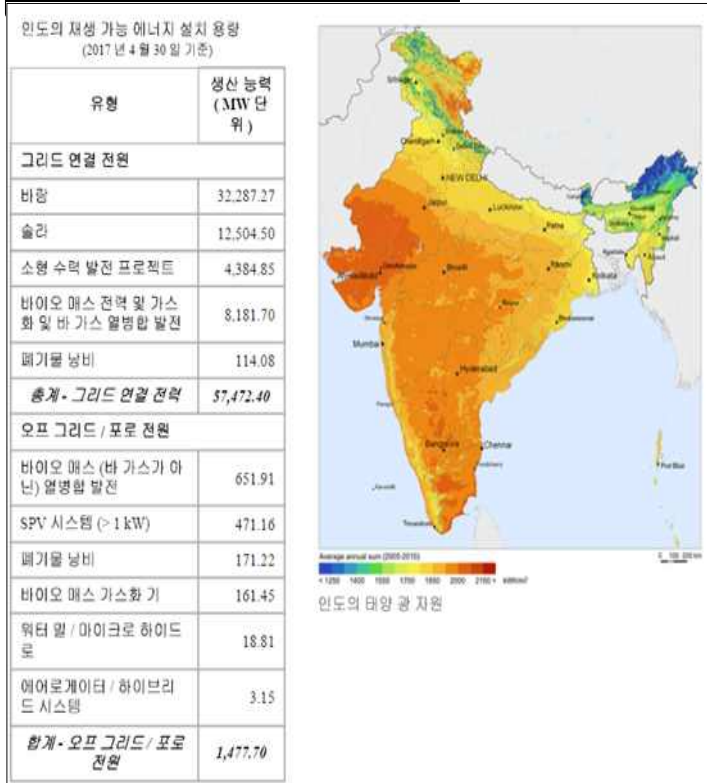
# Ⅳ. 신재생에너지

## 1. 신재생에너지 관련 추진현황

### 1.1 신재생 에너지 개요

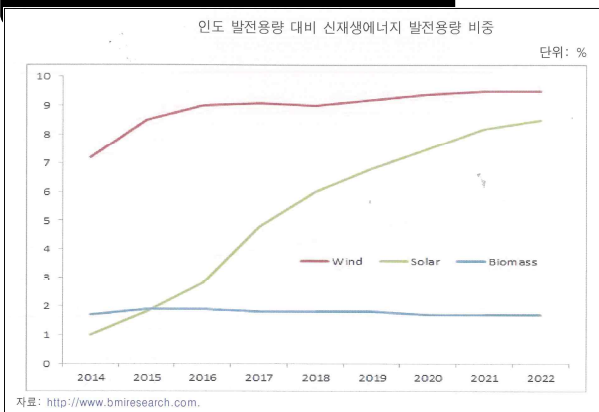
인도는 세계에서 가장 빠르게 신재생 부문이 성장하는 국가 중 하나이며, 특히 태양 및 풍력 발전의 성장이 두드러지고 있다. 2017년 3월말 기준으로 인도는 약 57.24 GW의 신재생 용량을 갖추고 있으며 이는 총 용량의 약 16 %인데, 이는 처음으로 수력 발전 용량을 넘어선 수치이다. 또한 계통에 연결되지 않은 소규모의 독립적인 재생에너지 발전설비는 약 1300MW로, 대부분이 사탕수수 연료를 통한 소규모 발전이다.

그림 6 인도 재생에너지 현황



출처 : CEA / All India Installed Capacity of Utility Power

그림 7 인도 신재생에너지 비중 추이



출처 : <http://bmiresearch.com>

인도의 모디 총리는 파리기후협약의 이행에 큰 관심을 보이고 있는데, 정부의 강력한 신재생에너지 육성 정책에 따르면 신재생에너지 비중은 2021년 19퍼센트까지 확대될 전망이며, 그 중 대부분은 태양광 에너지의 비약적 성장으로 달성될 계획이다.

## 1.2 태양광에너지

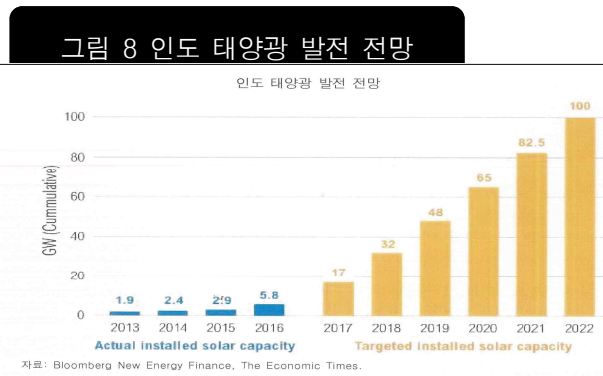
### 1.2.1 태양에너지 현황

인도는 국가 면적이 넓은 것과 지리적 특성상 엄청난 태양 에너지 잠재력을 가지고 있다. 1년에 약 5,000 조 kWh의 태양열 잠재에너지가 인도에 발생하고 있는데, 2017년 1월 31일 기준으로 태양광 설치 용량은 9GW이며 전력 발전량의 1%를 차지한다. 2017년에만 약 4.8GW의 신규 태양광 발전설비가 추가적으로 설치될 예정이며 앞으로도 인도의 태양광 발전소는 계속 증가할 전망이다. 현재 측정된 태양광 설치 가능 면적이 모두 실용화된다면, 위에서 언급한 인도의 엄청난 태양광 잠재력을 고려했을 때, 미국과 동등한 인구당 에너지 소비를 수용할 수 있을 정도라 평가되고 있다. 구체적으로, 인도에는 전 면적의 8%가 황폐한 땅인데 이곳의 8분의1만 태양열 발전을 하여도 2000 billion kWh를 연간 생산할 수 있을 것으로 계산된다

\* 인도 태양광 발전소의 전기 가격은 2017년 5월 기준으로 kWh 당 2.44 (3.8 US\$)인데, 이는 인도의 다른 신재생 발전보다 낮은 수치이다.

### 1.2.2 인도 태양광 발전의 특징, 전망

인도 태양광 발전에서 가장 중요한 것은 토지 취득이다. 특히 인도의 태양광 농장 프로젝트의 성공을 위한 첫걸음인데, 최근에는 대규모 관개 운하 프로젝트 위에 태양력을 배치하여 태양 에너지를 수확하면서 동시에 태양 증발로 인한 관개용수의 손실을 줄이는 방법을 적극 활용하고 있다. 예를 들어 구자라트주는 태양광 패널을 설치하기 위해 주 전역에 걸쳐 19,000km (12,000 마일)의 Narmada 운하 네트워크를 사용하는 Canal Solar Power Project를 최초로 구현했다.



인도 태양광 발전은 향후 2022년까지 비약적으로 증가할 계획이며, 불규칙한 발전량 리스크를 해결하기 위해 양수발전의 원리를 적극 이용하는 것이 그 특징이다.

출처 : Bloomberg New Energy Finance, The Economic Times

### 1.3 풍력발전

인도는 세계에서 다섯 번째로 큰 풍력 발전 설비를 갖추고 있다. 가장 큰 풍력 발전회사는 Sulzon이며 약 6.2GW의 설비용량을 갖추고 있는데, 2016년 풍력 발전 설비용량은 26.74GW로, 인도의 총 설치된 전력 용량의 8.5 %를 차지하였으며, 전체 전력생산량의 2.5%를 생산하였다. 신재생 에너지의 증설 계획에 따라 인도는 2022 년까지 60 기가의 풍력 발전 설비를 추가로 설치할 계획이다 .

### 1.4 바이오메스

바이오메스는 생체 유기물을 원료로 사용하여 열을 얻는 발전을 의미한다. 주로 바이오매스, Bagasse(사탕수수나 사탕무의 찌꺼기), 산림, 기타 농작물 찌꺼기, 배설물 등이 사용되며 연간 최대 750million 톤의 바이오매스 연료를 공급받을 수 있다. 인도 정부에 따르면 바이오매스의 잠재 가능 발전량은 18GW이며, 그중 5GW는 Bagasse로부터 사용 가능할 것으로 평가된다. 특히, 인도에서의 바이오가스 산업은 충분히 투자자들에게 매력적이며, 실제로 매년 INR에서 6billion 달러를 투자받고 있다. 이에 더해, 지역의 고용창출에 있어서도 장기적으로 최대 1000만명의 일자리 창출이 가능할 것으로 판단된다.(India, Biofuels annual/USA Department of agriculture)

### 1.5 지열발전

지열발전은 지층의 열을 사용하여 전기를 만들어내는 형태로, Green clean guide에 따르면 2013년 말을 기준으로 인도의 잠재적인 지열발전량 추정치는 10,600MW에 이른다. 아직 열을 전달해 내는 기술이 발전중이기 때문에, 인도의 지열발전은 당장 상업적인지가 중요하기보다도, 실험적인 단계라고 할 수 있다.

인도 대륙 전역에는 340개의 온천근원지가 있으며, 그중 62개는 히말라야의 북서쪽에 포함되는 것들이다. 인도는 2011년에 가장 지열발전에 적합한 6개 장소(Chhattisgarh, Jammu & Kashmir, Gujarat, Manikaran, Jharkhand, Jammu & Kashmir)를 발표하였고, 2~5MW 크기의 지열발전소를 Chattisgarh에 건설하였다.



## 2 신재생 에너지 정책 · 제도

### 2.1 신재생에너지 정책

#### 2.1.1 신재생에너지 정책 개요

인도 신재생에너지의 발전 잠재력은 2032년까지 183GW에 달할 것으로 전망되는 가운데, 인도 정부는 2022년까지 총 170GW에 달하는 신재생 설비를 증설할 계획이며, 이 중 특히 태양에너지 발전용량을 100GW까지 끌어올릴 계획이다. 100GW 가운데 20GW는 Solar park에서 공급될 전망이며, 지붕형 태양광과 분산형 전원에서 각각 40GW씩 공급될 전망이다. 인도정부의 적극적인 태양광 확대 정책과 글로벌 기업들의 대규모 투자에 힘입어 2020년 이후에는 중국과 더불어 세계 최대 태양에너지 발전 설비용량 보유국이 될 것으로 전망된다.

#### 2.2.2 태양광 프로젝트 대량 도입에 따른 문제점

인도는 태양광 프로젝트에 대규모 투자를 하고 있지만, 동시에 프로젝트의 수익성이 악화되는 문제가 대두되고 있다. 투자한 기업들은 신산업에 대한 수익률을 20% 이상으로 기대하고 있지만, 최근 태양광 전력 매입가격이 점차 내려가고 있어 수익률이 10%에 가깝게 내려가기도 하면서 장기적 성장에 대한 걱정이 커지고 있는 것이다.

송배전 손실로 대표되는 인도의 낙후한 전력망은 신재생에너지의 수익률을 높이는데 가장 큰 장애요인으로 분석되고 있으며, 특히 송배전 손실로 인한 프로젝트의 재무적 손실은 사업개발 단계에서부터 고려되어야 한다.

#### 2.2.3 외국 및 민간 부문 참여 유도 정책

인도는 발전차액지원제도를 통해 신재생에너지원으로 생산한 전력요금을 최대 25년간 보증함으로써 신재생에너지 산업으로 많은 투자를 유치하는데 성공하였다. 또한 동북지역에는 태양광 발전에 약 70%까지를 보조금으로 조달하였고, 태양광 패널의 관세를 줄여 많은 가정의 지붕에 태양광패널 설치를 장려하고 있다.

## 2.2 REC 제도

### 2.2.1 신재생에너지 인증서 도입 배경

현재 인도의 신재생에너지는 화력발전 등의 전통적 방법과 비교했을 때, 생산 비용 대비 효율성이 너무 낮기 때문에 이를 육성하기 위해서는 정부의 인센티브와 지원 정책이 필요하다. 따라서 신재생 에너지부(Ministry of New and Renewable Energy)는 환경오염으로 인한 기후변화의 대응방안으로 인도 내 국영기업에 신재생 에너지 프로젝트 마련을 요청하였고, 2003년 SERC는 국영 공기업들을 대상으로 신재생 에너지 전력의 일부량을 구매해야 하는 재생에너지 구입의무 RPO(Renewable Purchase Obligation) 법안을 발표하였다.

신재생에너지 증서는 생산기업의 RPO 달성을 위해 정부에 제시하기 전까지 유효기간 1년 이내에 자유롭게 거래가 가능하며, 에너지 생산기업은 부족한 RPO 할당량을 만회하기 위해 REC를 거래하여 손실방지가 가능하다.

### 2.2.2 신재생에너지 인증서 운영 현황

REC 운영방안은 신재생 에너지를 매체로 전력이 생산됐을 때, 신재생에너지 증서와 실물 상업용 전기로 나누어져 공급 거래가 이뤄지는 시스템이다. 상업용 전기의 경우 각각 배전회사와 국영 공익회사로 구매 공급되고, REC의 경우에는 거래에 참여하는 기업간의 교환으로 유통된다. 신재생에너지 증서 1단위는 1MW(1REC=1000kWh)의 전력과 동일하며 동일 가격 내에서 거래 또는 교환이 가능하다. REC를 발행하는 기관은 NLDC 이며, 모든 거래는 거래소에서 이뤄진다.

## 3. 기후변화에 대한 대응

### 2.1 인도의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량 동향과 관련 국가 정책

인도의 1인당 이산화탄소 배출량은 2013년도 기준 1.9 metric tons으로 낮은 편이며, 이는 미국, 러시아, 한국의 20%에도 안되는 미미한 수준이다. 그러나 12억이 넘는 인구를 보유한 인도의 이산화탄소 총 배출량은 미국, 중국에 이어 세 번째로 높으며 또한 증가율이 매우 높기 때문에 국제 사회로부터 온실가스 감축 의무 이행에 대한 강한 압박을 받고 있다.

지난 2008년 싱 전 총리는 최초로 기후변화법안(National Action Plan on Climate Change(NAPCC))을 도입하였으며, 동 법안에 감축과 대응에 대한 정책 및

프로그램을 포함시켰다. 이 법안은 8개의 핵심과제를 설정하고 2017년까지 달성하는 것을 목표로 하였으며, 주요계획 실행을 위해 총리 직속의 기후변화위원회(Council on Climate Change)를 설립하였다. 또한 기후변화에 효과적으로 대응하는 동시에 개발(development)을 도모할 수 있는 방법론을 강조하고 있다.

# V. 주요 현안 및 시사점

## 1. 주요 현안

### 1.1 농촌 지역의 전기 보급

농촌 주거지역의 전기 상황은 특별히 낙후되어 있다. (RGGVY) Rajiv Gandhi Grameen Vidyutikaran Yojana은 모든 마을에 전기를 제공하고, 빈곤선 이하의 가정들에는 무료로 전기를 공급함으로써 이 문제를 해결하고자 고안되었다. 그러나 여전히 전기가 닿지 않는 많은 지역들이 있으며, 매우 많은 인구는 전기를 공급받지 못하고 있다. 12차 계획에는 전력에 대한 접근성을 더욱 키우고 보편화할 필요가 있다. 이는 Uttar, Pradesh, Bihar, Orissa, Asam, 그리고 몇몇 다른 북동부 주들에서 미처 시행하지 못한 사업들을 실시할 것을 요구한다. 하지만 전기에의 효과적인 보편적 접근을 위해서는 RGGVY 프로그램이 재구성되어야 한다. 전기를 연결시키는 것 자체는 문제의 한 부분일 뿐이다. 왜냐하면 많은 주들에서는 전력의 실제적인 부족 또한 문제이기 때문이다. 게다가 RGGVY는 오로지 가정용 전원에만 집중하지 3상 전원을 필요로 하는 농업용 전기 공급 문제는 다루지 않고 있다. 이는 RGGVY가 취급하는 가정용의 직접적인 연결 뿐 아니라, 농촌 지역의 전력 네트워크 전반을 강화시켜야 할 필요성을 제기한다.

빈곤선 이하의 사람들에게 전기적 접근성을 제공하는 다른 계획들도 있다. 태양광 랜턴은 보조금이 지급된 비율로 보급되었고, 농촌지역에서 청정 에너지를 개발하기 위한 계획들이 확대되고 강화되어야 한다는 여론이 확산되고 있다.

### 1.2 해외 에너지 자원 확보

인도는 전력설비의 확충을 위한 자원 마련을 위해 외국인 투자를 유치하고, 전력산업 구조개편을 통해 제도적 기반을 마련해야 하는 구조적인 문제점이 있는 반면 전력수요에 턱없이 부족한 발전설비를 확충해야 하는 현실적인 어려움이 있다. 또한 대부분의 전력생산을 석탄에 의존하기 때문에 석탄 수요량은 이미 생산량을 추월하였다. 따라서 설비 확충과 안정적인 전력 공급을 위한 에너지자원의 확보가 전력산업의 구조개선보다 시급한 현안으로 보인다.

이에 나아가 더 큰 문제는 세계에서 두 번째로 많은 인구를 가진 인도의 에너지 문제가 전 지구적인 문제로 대두된다는 데 있다. 현재 11.5억인 인도 인구는 2030년이 되면 14억 이상으로 늘 것으로 보인다. 이러한 인구 증가 추세를 유지하면서 2030년까지 8%대의 경제 성장을 계속 한다면 인도의 에너지 소비량은 현재의 4배에 달할 것이다. 또한 인도의 주요 에너지 자원의 소비 비중을 보면 석탄 51.7%, 석유 36.4%, 가스 8.9%, 원자력 1.5% 이다. 인도 총 에너지 소비에서 석탄이 차지하는 비중이 높은 것은 인도에 가장 풍부한 에너지원이 석탄이기 때문이다. 그러나 문제는 석탄을 제외한 다른 에너지자원의 매장량과 생산량이 턱없이 부족하다는 것이다. 특히 석유 문제는 심각한 상황이다. 현재 인도는 석유의 75%를 수입에 의존하고 있지만 향후 석유 수입의존도는 2020년에 92%에 달할 것으로 보인다. 이렇게 날로 증가하는 에너지 소비문제와 부족한 자원 확보를 위해 인도는 원자력 에너지와 해외 에너지 자원을 적극적으로 확보하려 하고 있다.

인도는 8~9%의 고도 경제 성장을 뒷받침 할 수 있는 탄탄한 에너지원 확보가 필수적인 상황에서 총 에너지 소비의 약 45%를 차지하는 석유·가스는 향후 5년간 연평균 5%정도 수요가 증가할 것으로 보이는데, 이에 반해 국내 매장량과 생산량은 턱없이 부족하다 이 때문에 에너지 확보가 인도 경제 성장의 사활이 걸린 임무가 되었다. 인도정부는 에너지원의 확보와 국제원유가격 변화에 대한 해결책 마련을 위해 에너지부문 성장전략을 재수립하고 있으며, 성장 전략의 일환으로 석유가스 부문의 구조조정 및 규제 완화를 통한 개혁정책을 추진하고 있다.

## 2. 시사점

### 2.1 인도 전력산업의 문제점

#### 2.1.1 인도 전력산업 문제점 개요

인도의 전력 부문은 많은 문제에 직면해 있다. 전력수급은 매우 불안정하면서도 발전설비는 공급과잉상태로, 잦은 정전으로 산업체는 큰 경제적 손실을 보고 있으며 발전사업자 역시 발전소가 남아돌아 적자를 보고 있는 상황이다. 예를 들어 15년도 최대 전력수요는 총 설비용량의 절반수준이었으며, 발전하고 있지 않은 설비용량은 전기를 이용할 수없는 국내 전기 수요 (약 800 억 KWh)의 3 배를 공급할 수 있을 만큼 크다.

이러한 문제점에는 여러 가지 구조적 원인이 있겠지만 크게는 높은 송배전 손실률과 왜곡된 임금체계가 그 원인으로, 전력판매회사들이 전력을 구입할수록 손해

인 경우가 발생한다는 것이다. 가장 근본적으로는 위의 상황은 결국 전력의 도소매 요금에 정치적 압력으로부터 자유롭지 않은 결과라고 할 수 있다.

### 2.1.2 전력부문의 정치적 불확실성과 송전손실

인도의 정당은 정치적 목적을 위해 전력 회사를 만들거나 지원하기도 하는데, 정치적 싸움으로 일부 전력회사는 피해를 보거나 나아가 파산으로 이어지기도 한다. 또한 정치적 반대성향의 세력이 서로 견제하면서 기존에 확보한 수력발전 프로젝트가 방해받아 진행되고 있지 않으며, 원자력 발전소는 연일 가동하지 못하고 있다.

이에 더해, 인도에서는 전기 도난으로 인한 재정적 손실이 매년 약 160억 달러에 이르는데, 이로 인해 합법적인 사용자는 더 많은 돈을 지불하게 되고, 최근에는 전력 도둑질을 막으려고 정부가 많은 노력을 기울이면서 이에 대한 반발로 폭도들이 모여서 관계자를 공격해 사망하기까지 하였다.

결론적으로 국가 경제의 근본이 되는 전력산업의 안전성이 매우 취약하고 지속 가능하지 못한 상태에서, 모든 국민에게 전력을 공급하겠다는 인도의 야심찬 프로젝트는 전망이 밝지 않아 보인다 할 수 있다.

### 2.1.3 주 전력생산원인 석탄발전의 불안정성

인도 전력생산의 대부분을 차지하는 석탄발전 분야 역시 많은 문제점을 가지고 있다. 최근 인도 IPP가 소유한 많은 석탄발전소들은 용량을 과다하게 설정, 신고하여 플랜트 비용을 초과 청구하고 있다. 따라서 실질적으로는 계통 안정화를 유지하는데 오히려 부정적 영향을 주는 결과를 가져오는데, 이러한 부패를 제외하고도 근본적으로 석탄의 공급 역시 안정되지 못하고 있다. 인도는 풍부한 석탄 보유량에도 불구하고, 발전소에 충분한 양을 공급하지 못하고 있는데, 인도의 독점 석탄회사인 국영 석탄공사(Coal India)는 생산에 있어 원시적인 수준으로 계약을 받으면서도 절도와 부패로 가득하다. 그 결과, 엄청난 석탄 매장량에도 불구하고 국제 석탄가격보다 국내 석탄가격이 비싸져 대량으로 수입 석탄을 소비하게 되었고, 온갖 정치적 경제적 이해관계가 얽히면서 석탄 수급 문제가 풀리지 않고 있는 실정이다.

## 2.2 한국 에너지 정책에 주는 시사점

인도 전력산업은 지리적 특성과 태양광, 수자원 등을 고려했을 때 엄청난 잠재력을 가지고 있고, 정부가 엄청난 재정을 투자하여 그 인프라를 확대

하고 있다. 그럼에도 불구하고 인도의 전력 보급 증가율은 저조한 편이며, 특히 도전으로 인한 손실율이 높아 계통망의 발전에 치명적으로 작용하고 있다. 또한 여러 분야의 산업별 전기요금, 교차 지원금 등의 전력정책이 정치적 이해관계에 의해 한쪽으로 치우치거나 정권에 따라 수시로 변하는 등 불합리성이 크기 때문에 국민들의 지지를 받지 못하고 있다. 단편적인 예로, 인도 정부의 태양광 사업이 직면한 가장 큰 문제는 부지 확보인데, 많은 인도 국민들은 정부와 정부가 추진하는 정책을 신뢰하지 못하기 때문에 매우 비협조적이며, 이는 최근 한국에서 벌어지고 있는 신재생 부지 선정 문제와 유사점이 많다. 또한 인도의 발전설비는 과잉이면서도 전력수급이 불안정하여 정전으로 인한 엄청난 경제적 손실을 보고 있으며, 발전기업들은 적자를 보는 등 체계 없이 이뤄진 전력수급계획이 장기화 되면서 전력산업의 근간이 흔들리고 있다. 이러한 인도 전력산업의 현황을 종합해 볼 때 에너지, 특히 전력 분야는 모든 계층의 국민에게 공감대를 얻고, 그 정책적 연속성이 신뢰될 때 사회적 효용에 보탬이 된다고 할 수 있고 현재 대한민국의 새 정부가 강력하게 추진하는 에너지 전환 패러다임 역시 이러한 시각에서 접근해야 할 필요가 있다. 불과 몇 년 전만 해도 대부분의 국민은 전력수급이라는 개념과 기후변화에 대해 큰 관심이 없었지만 에너지 전환의 패러다임이 온갖 이권과 맞물리면서 많은 언론들이 전력수급과 에너지 정책을 비추고 있으며 원자력, 석탄화력, 신재생에너지의 우위를 따지는 형국이 결국 가치관의 대립으로 변질되는 우려스러운 상황이 벌어지고 있다.

거시적으로, 인도를 포함한 세계적 전력산업의 대세는 사실상 신재생 에너지를 비롯한 다양한 에너지 신산업으로 급물살을 타고 있기에, 한국 역시 에너지 전환의 패러다임을 거부하기는 힘들 것으로 보인다. 그러나 방향성만 주어졌을 뿐, 우리의 전력정책은 이제 막 첫걸음을 시작하는 단계이다. 그 모든 정책과 의사결정의 과정이 투명하게 공개되고, 장기적인 시각에서 체계적으로 추진되어야 할 것이다. 또한 현 정부의 에너지 전환정책이 특정 계층을 위한 것이 아니라 국민 전체를 위해 실현될 때, 많은 국민들에게 지지받고 지속 가능한 에너지 정책이 될 것이다.

〈 관련 기관 및 참조 자료 〉

○ 인도 중앙전력청(CEA) 자료

- Monthly report on broad status of thermal power projection in the country / 2016.05
- Growth in trans sector stats / 2016.02.28.
- Central Sector Generation stats / 2014,2015 allocation report
- village electrification stats / 2015.02.28.
- Briefing note Indian power prices / 2015.05.01

○ 인도 전력부(Ministry of Power) 자료

- 2016-17 annual report
- Executive summary power sector / 2016.01
- Utility wise electricity rate / 2015

○ 한국전력거래소(KPX) 자료

- 인도 대정전 사례분석 및 시사점 / 2012 최홍석
- 인도 전력산업 동향 / 2009 김진수
- 해외전력산업 정보집 / 2012

○ 인도 전력거래소 자료

- REC data at IEX / 2015.06
- REC market report / 2014
- Trade data at IEX / 2015.06.15

○ World Bank 자료

- World Development Indicators / 2014
- More power to India the challenge of Electricity distribution / 2014 report



○ CERC 자료

- Final regulation rate charges / CERC
- Regulation on Transmission charges and losses / CERC

○ KOTRA 자료

- 인도 Modi 신정부의 경제에너지 정책 / 2014.10.31.
- 인도 에너지산업 점검과 우리기업 진출기회 / 2015.08.13.

○ 기타 자료

- 2016 outlook power sector report / [www.indiarating.co.in](http://www.indiarating.co.in)
- Transmission and Distribution in India / 2013 report World Energy Council
- 주요국 에너지 제 9권 인도 / 2011 에너지 경제연구원
- Everyone is cutting Carbon emissions except India / 2015. 08 Jim urquhart
- India green actions / 2016.07 OECD report

○ 주요 홈페이지

- CEA- <http://www.cea.nic.in>
- CERC- <http://www.cercind.gov.in>
- REC- <http://www.recindia.nic.in>
- NTPC- <http://www.ntpc.co.in>
- NHPC- <http://www.nhpcindia.com>
- NEEPCO- <http://neepco.gov.in/neepco>
- POWERGRID- <https://www.powergridindia.com>
- PXIL- <http://www.powerexindia.com/pxil/>
- IEX- <http://www.iexindia.com>
- THDC-<http://thdc.gov.in/>
- 인도 석유천연가스부 홈페이지 : <http://ptroleum.nic.in>
- 인도 전력부 홈페이지 : <http://powermin.nic.in>
- 인도 대체에너지부 홈페이지 : <http://mnes.nic.in>
- 인도 국영가스공사 홈페이지 : <http://www.ongcindia.com>
- 인도 원자력공사 홈페이지 : <http://www.npcil.co.in>