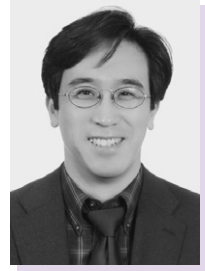


● 동절기 전력공급 부족의 원인과 대응방안

삼성경제연구소 수석연구원 이 원 희
(wonhee07.lee@samsung.com)



1. 서론

최근 동절기 전력수요가 급증함에 따라 강력한 수요조절이 없으면 2012~2013년의 동절기 예비전력이 9.15 전국적 순환정전 발생 당시와 유사한 50만kW 수준까지 급락할 것으로 예상되는 등 당분간 심각한 전력공급 부족이 지속될 것으로 전망되고 있다. 전력은 모든 사회 인프라와 산업활동의 기반이기 때문에 전력공급 부족은 사회 시스템의 마비, 산업 생산성 저하 및 제조업의 해외이전 등 심각한 피해를 야기할 수 있다. 최근의 전력공급 부족 현상은 동절기만의 일시적 문제가 아니라 전력수요 변화에 대해 적기에 대응하지 못한 구조적인 문제로, 그 원인에 대한 정확한 규명과 근본적인 대응방안 마련이 시급한 상황이다.

본고는 우선 동절기 전력공급 부족 현상과 이로 인한 국가전반과 경제활동에 미칠 수 있는 위험성을 제기한다. 다음 2절에서는 동절기를 비롯한 한국의 전력공급 부족 현황과 전력공급 부족으로 인한 피해를 제기하고, 3절에서는 이러한 전력공급 부족에 처하게 된 원인을 분석한다. 4절에서 전력공급 부족에 대응하기 위한 대응방안을 제시하고, 마지막 5절에서 시사점을 제시하고자 한다.

2. 동절기 전력공급 부족 현상

가. 동절기 전력공급 부족 현황

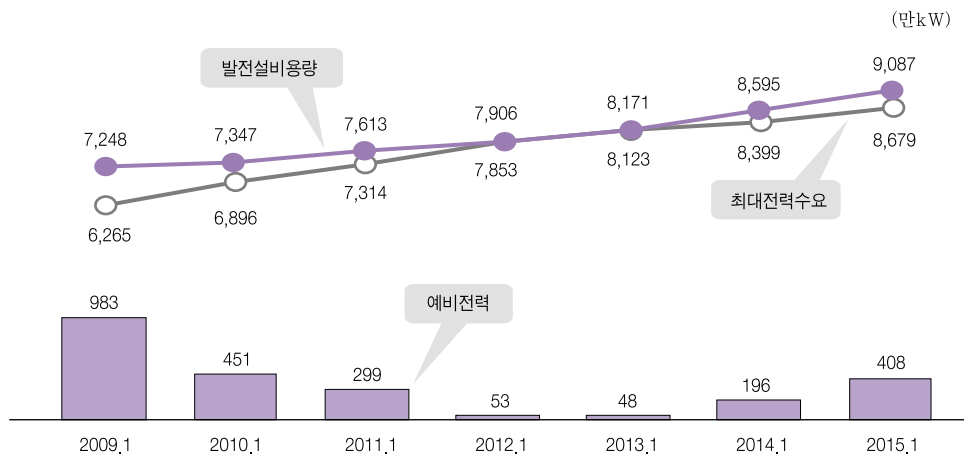
타 계절 대비 동절기 전력수요가 빠르게 증가하고 있다. 2008년부터 연간 최대 전력수요의 변화를 보면 2008년에는 하절기인 7월에 6,279만kW를 기록했으나 2009년 12월 6,680만kW, 2010년 12월 7,131만kW, 2011년 1월 7,314만kW 등 2009년 이후에는 겨울철에 연간 최대 전력수요가 발생하고 있다. 동절기 전력수급 상황의 추이를 보면, 2001년 겨울 최대전력수요는 4,060만kW에서 2011년에는 7,182만kW로 연 5.9% 증가한 반면, 동기간에 설비용량은 4,677만kW에서 7,721만kW로 증가하여 연평균 4.3% 증가에 그쳤다. 급증하는 전력수요 증가대비 공급확대 부족으로 동절기 예비전력도 2009년 983만kW에서 2011년 299만kW로 69.6% 하락하여 동절기 수급불안이 당분간 지속될 전망이다. 과거의 전력수요 증가 추세가 지속될 경우 2012년과 2013년 겨울전력수요는 전년대비 각각 7.4%, 3.4% 증가한 7,853만kW와 8,123만kW를 기록할 전망이다. 반면 전력공급은 2012년과 2013년 각각 전년대비 2.4%, 3.4% 증가한

7,906만kW와 8,171만kW로 예상된다. 따라서, 2013년 겨울철까지는 전력수급에 매우 큰 어려움이 있을 것으로 예측되고 있으며 정부는 산업체 의무절전을 시행하는 등 강도 높은 전력수급관리 활동을 전개하였다. 그 성과로 2011년 12월~2012년 2월에는 전년과 유사한 수준의 전력수요를 보이고 있다. 그러나, 정부의 강도 높은 수요관리에도 불구하고, 지난 2월2일에는 기록적인 한파가 이어지면서 사상 최대 전력수요인 7,383만kW를 기록하는 등 전력수급의 어려움이 지속되고 있다. 특히, 2012~2013년은 기존 전력소비 증가 추세가 지속될 경우 동절기 예비전력이 2011년 9·15 순환정전(46.5만kW)과 유사한 수준까지 낮아질 전망이다.

정부는 발전소 폐지연장, 정비일정 조정 등을 일부

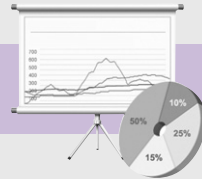
공급 능력을 확대할 계획이나, 대규모 발전소의 단기 공급은 어려운 실정이기 때문에 정부는 2013년까지는 강력한 수요조절을 통해서 전력수급을 안정화한다는 계획을 마련하고 있다. 이러한 정부의 대응에도 불구하고, 예비전력 부족으로 인한 대규모 정전에 대한 우려는 지속되고 있다. 전력수급 경보체계의 한계가 되는 400만kW의 예비전력을 확보했다 하더라도 예기치 않은 문제 등으로 2~3개의 대형발전소에 문제가 발생하면 전력수급이 심각한 단계로 전환될 수 있다. 실제로 2011년 9월15일 순환정전 시에는 이상고온에 따른 수요급증 뿐 아니라 출력저하 117만kW, 운전정지 33.5만kW 등의 발전소 운전차질이 발생¹⁾한 것이 원인이었으며, 2011년 12월 14일 발생한 울진원전 사고 당시에는 예비율이 전일대비 4.3% 급락하기도 했다.

[그림 1] 동절기 전력수급 추이



자료: 2011년까지는 실적치(전력거래소, 전력통계정보시스템), 2012년 이후는 지식경제부(2011.11.10), “전력수급 안정 및 범국민 에너지절약 대책” 참조

1) 전기신문(2011.9.22), 다시 보는 9.15 전력대란



〈표 1〉 전력수급 경보체계 및 대응내용

	예비전력(kW)	대응내용
관심 (Blue)	300~400만	• 중유발전기 기동 지시 • 석탄발전소 상향운전
주의 (Yellow)	200~300만	• 발전정지계획 조정 • 열병합발전 최대출력 준비
경계 (Orange)	100~200만	• 열병합발전 최대출력 운전 • 수요조절 시행
심각 (Red)	100만 미만	• 강제부하차단 등 긴급조치 - 1~3순위 선로 부하차단 - 지역별 윤번제 부하조정

자료: 전력거래소

나. 전력부족으로 인한 사회·경제적 손실

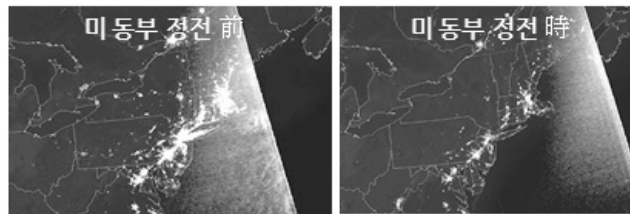
사회 인프라의 대부분이 전력에 기반하기 때문에 대규모 정전은 정상적인 생활이 불가능할 정도로 사회 시스템을 마비시키고 엄청난 사회적 혼란을 일으킬 수 있다. 예를 들어 2003년 북미 동북부지역의 대규모 정전으로 인해 5,500만명의 시민이 크나큰 불편을 겪었으며, 최대 100억 달러에 달하는 경제적 피해를 입기도 했다. 전력부족으로 정전이 자주 발생하거나 지속되는 경우 시위나 범죄가 증가해 사회를 위협하기도 한다. 1977년 뉴욕 정전 시 5,000여 건의 범죄 사고와 방화가 발생했으며, 2011년 파키스탄에서는 만성적인 전력부족으로 대규모 시위가 발생하기도 했다.

전력은 모든 산업활동의 원동력을 공급하는 ‘혈관’ 같은 존재로 전력부족은 산업의 ‘동맥경화’를 야기하여 생산차질 등 산업 및 국가 경제에 심각한 타격을 발생시킨다. 후쿠시마 지진 이후 전력 부족을 겪고 있는 일본은 전력부족으로 인한 산업생산성 저하와 에너지 수입 증가로 인한 GDP 감소분이 0.8~1.2%p에 달할 것으로 전망되고 있다²⁾. 한국의 경우 주력 산업인 반도체, 철강, 석유화학 등의 연속공정 장치 산업은 정전 발생시 설비 복구에 장기간이 소요되어 정전에 따른 피해는 더욱 치명적일 수 있다. 반도체의 경우, 정전이 되면 가공 중이던 고가의 웨이퍼를 모두 폐기해야 할 뿐 아니라 핵심공정인 노광, 식각, 클리닝 등의 장비를 새롭게 안정화하는데 상당한 시간이

2) Mizuho Research Institute(2011.8), “電力不足と日本經濟”

〈북미 동북부 대정전 사고 개요〉

- 2003년 8월 14일부터 북미 동북부지역(美 8개주, 加 2개주)에 대규모 정전피해가 발생
 - 정전 규모는 6,180만kW로 2003년 한국 총 전력설비의 1.3배 수준
 - 미시간 주에서 본격화된 정전이 동부 전 지역으로 확대되는 데 단 1분 소요
 - 15:06 오하이오 주에서 송전선로 2개 차단(수목접촉)
 - 16:10 미시간 주 발전소 및 송전선로 연속고장
 - 16:11 캐나다 및 미국 동부지역 광역 정전
- 사회 인프라가 마비되며 약 5,500 만명의 시민이 크나큰 불편을 감수
 - 발전소 운전정지에 따른 제한 송전, 펌프 가동 중지 등에 따른 급수 제한 등으로 기본적인 생활 유지 곤란
 - 통신 및 방송망의 마비, 금융거래 불능, 항공 운항 취소, 교통 마비 등이 발생했으며 특히, 뉴욕은 지하철 운행이 중단되며 수만명의 노숙자도 발생



자료: 전력거래소, 미국 동북부지역 광역정전 분석 보고, 2004

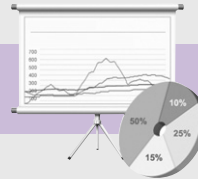
소요되게 된다. 2010년 일본 도시바는 0.07초의 아주 짧은 정전에 100억엔의 피해가 발생하기도 했다³⁾. 전력 불안은 기업경쟁력 약화와 투자환경 악화 등 산업성장의 걸림돌이기도 하다. 일본의 경우 전력부족 현상이 장기화되면서 제조업의 해외이전도 가속화되고 있으며, 해외이전 분야도 기존 단순 조립분야 뿐 아니라 전력사용이 많은 반도체, IT, 석유화학 등 주요 제조업의 해외이전이 확대되는 경향이다. 파나소닉은 일본에 설립하기로 계획했던 태양전지 신규공장을 안정적이고

저렴한 전력공급이 가능한 말레이시아로 변경하였고, 소프트뱅크도 전력공급이 안정적인 한국에 20억엔 규모의 데이터센터를 신설하기로 결정한 바 있다.

전력부족은 경제성장이 본격화되는 신흥국에서도 성장을 방해하고 해외자본을 유치하는데 상당한 걸림돌로 작용하고 있다. 중국 조선업계는 하계 전력부족에 따른 전력제한 조치로 생산이 지연되어 납기지연금을 지불하는 등 손실이 발생하고 신뢰도가 악화된 경험이 있다⁴⁾. 고속 성장하던 남아공은 극심한 전력

3) KOTRA(2011.6.22), “中 조선업체, 전력난으로 생산 차질 불가피”, 『해외투자속보』.

4) 전계서



〈표 2〉 일본 제조업의 해외이전 사례

기업	해외이전 내용
르네사스	200mm, 300mm wafer 생산 일부를 미국, 대만에서 위탁생산
히타찌 디스플레이	대만 CMI에 중소형 제품 위탁생산 대폭 증가
소프트뱅크	데이터 센터를 한국으로 이전(20억엔 규모 신설)
파나소닉	태양전지 신규공장 건립 계획을 자국에서 말레이시아로 변경

자료: KOTRA(2010), 일본 기업의 생산거점 이전 현황 조사, Kotra Executive Brief-011; 岡部貴典(2011.12.27), “最大リスクは電力不足 円高が追い打ちをかける”, 『エコノミスト』

공급 부족으로 2008 년부터 전력공급 배분제를 실시, 하루 1~2회, 평균 2~3시간 정전이 지속되면서 산업 생산에 큰 차질을 초래하고 있다⁵⁾. 베트남은 전력 부족으로 2010년 4월부터 주 1~2회 정전되어 주요 수출산업인 의류 등의 생산량이 15~20% 감소하는 등 피해가 발생하였다⁶⁾.

3. 전력공급 부족의 구조적 원인

전력부족은 동절기만의 일시적인 현상이 아니라 수요변화에 적기 대응하지 못한 구조적인 문제로 정확한 원인규명과 근본적인 대응방안 마련이 시급하다.

우선 수요측면에서는 기후변화, 산업구조와 라이프 스타일의 변화로 전력사용 패턴이 바뀌고 있다. 냉난방 전력기기의 보급확대와 기후변화에 따라 계절성 수요가 급증하고 있으며, 산업 고도화에 따른 서비스

산업의 발달로 상업용 수요가 급증하고 있다. 또한 소득증가와 편리한 삶에 대한 요구가 높아지면서 새로운 전력수요가 지속적으로 발생하고 전력에 대한 의존도도 높아지고 있는 실정이다.

반면, 공급측면에서는 이러한 수요변화를 적기에 반영하지 못한 발전소 공급계획과 계획된 발전소의 건설 지연으로 공급차질이 발생했다. 과소 평가된 수요예측에 기반하여 공급계획을 수립함에 따라 발전소 공급이 부족하게 되었으며, 민원이나 투자재원 부족으로 이미 계획된 발전소 건설도 지연되는 상황이 전개되었다. 이하에서는 수요측면의 변화 요인과 공급측면의 대응 부족에 대해 좀 더 자세히 설명한다.

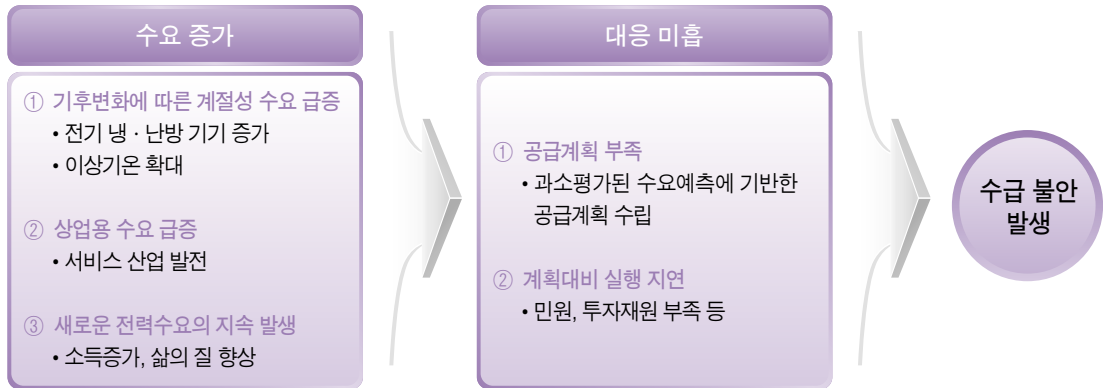
가. 수요측면 원인 분석

1) 기후변화에 따른 계절성 수요 급증

5) 황규완(2011), “아프리카의 전력산업”, 대한전기협회, 『2011 전기연감』(pp. 1125~1126).

6) 무역진흥공사, 글로벌 윈도우(<http://www.globalwindow.org/>)

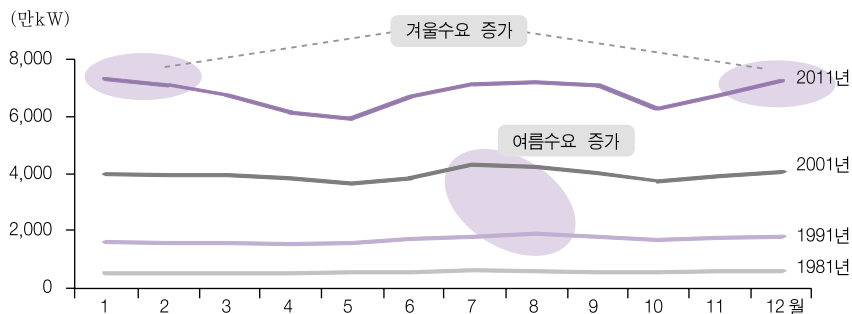
[그림 2] 전력부족의 구조적 원인



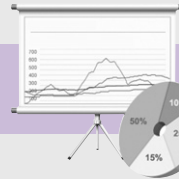
하절기와 동절기의 냉·난방기기 증가로 계절성 전력수요가 급증하면서 연간 수요 변동폭이 지속적으로 확대되고 있다. 연간 최소 전력수요 대비 최대수요는 1981년 1.18배에서 2011년에는 1.23배로 확대되었다. 연간 최대수요의 변화 추이를 보면 1990년 이전에는 조명수요와 난방수요가 겹치는 겨울철 5~6시에 최대 전력수요를 형성하였다. 1990년~2000년 대에는 에어컨 보급이 확대되면서 여름철 전력수요가 급

증하였으며 7~8월에 최대 전력수요를 형성하였고, 2005년 이후에는 심야전력 및 전력 난방기기가 증가하면서 겨울철에 최대 전력수요가 발생하기 시작했다. 하절기 최대전력은 2000년 4,001만kW에서 2011년 7,219만kW로 1.8배 증가하였다. 반면, 동절기 최대 전력수요는 2000년 3,527만kW에서 2011년 7,314만kW로 2.0배 증가하여 하절기 전력수요 증가를 초과했다.

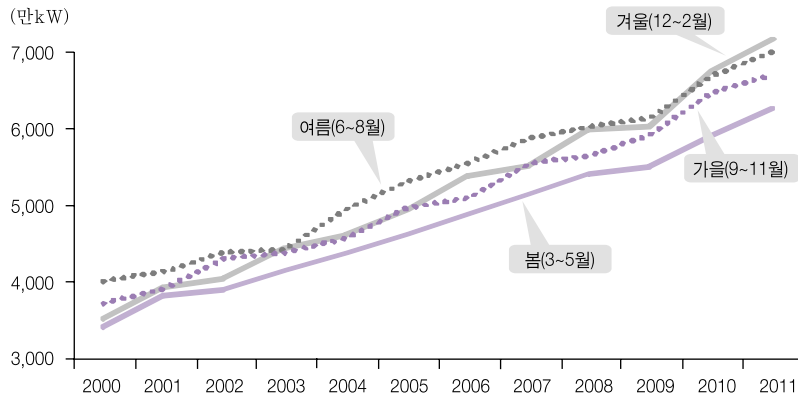
[그림 3] 연도별 전력수요 변화



자료: 전력거래소, 전력통계정보시스템(<http://epsis.kpx.or.kr/>)



[그림 4] 계절별 평균 전력수요 변화



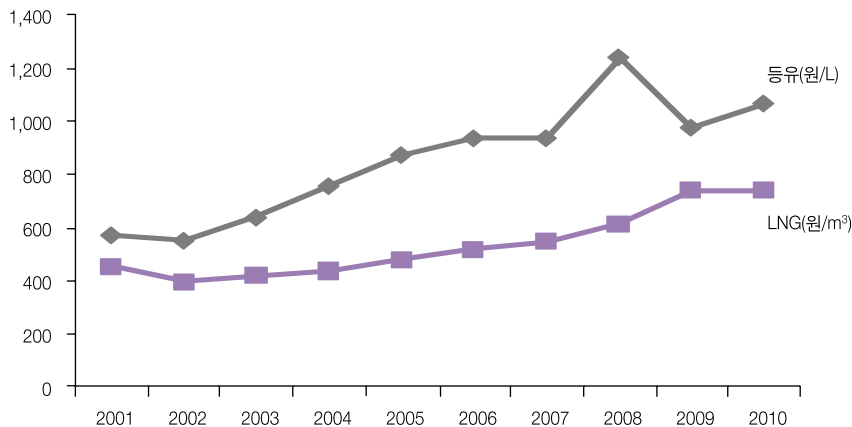
자료: 전력거래소, 전력통계정보시스템(<http://epsis.kpx.or.kr/>)

최근의 동절기 전력수요 급증은 2007년 말부터 등유·가스 난방이 전기난방으로 전환하였기 때문이다. 2007년 말부터 등유와 가스 가격이 급등하여 각각 전년대비 32%와 12% 상승하였는데, 이러한 등유와 가스 가격의 인상은 전기난방의 보급을 급격히 증가시

켰다. 전기난방 기기의 증가로 인해 동절기 난방부하의 급증을 초래했다.

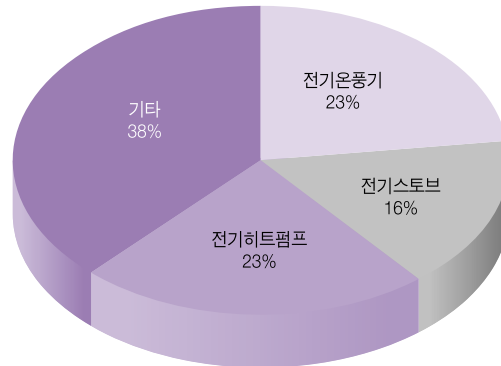
동절기 난방부하 비중은 2006년 18.6%에서 2011년 25.4%로 급증하였는데, 기기별로는 전기온풍기(23%), 스토브(16%), 전기히트펌프(23%) 3개 품목이

[그림 5] 에너지 가격 추이



자료: 에너지경제연구원, 국가에너지통계종합정보시스템(<http://www.kesis.net>)

[그림 6] 난방기기별 부하 비중



자료: 지식경제부(2011), “전자제품 에너지 효율향상 종합대책”

난방수요의 62%를 차지하여 난방수요 증가의 주원인으로 작용하였다. 특히, 전기히트펌프의 경우 2005년 32만대 수준에서 2011년 140만대로 연평균 34.4% 급증하면서 난방수요 증가를 견인하였다⁷⁾.

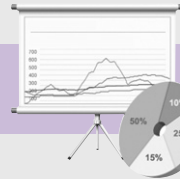
기후변화로 인한 혹서·혹한의 증가도 냉·난방 수요를 증가시키는 원인으로 작용하고 있다. 겨울의 경우 2006년 1월 평균기온은 -0.2°C 이었는데 2011년 1월 평균기온은 -7.2°C 로 하락하면서 난방수요 증가를 증폭시켰다. 기온이 1°C 하락 시 전력수요 증가량도 2007년 19.9만kW에서 2010년에는 48.7만kW로 증가했다. 이상고온이나 이상저온이 수시로 발생하여 혹서·혹한기 외에도 전력부족 현상이 발생할 가능성도 높아졌다. 2011년 ‘9·15 순환정전’도 하계 비상수급 기간이 종료된 이후 기상관측 이래 9월 최고 기온(서울 31.3°C , 평년 26.0°C)을 기록하면서 발생했다.

2) 상업용 수요의 급증

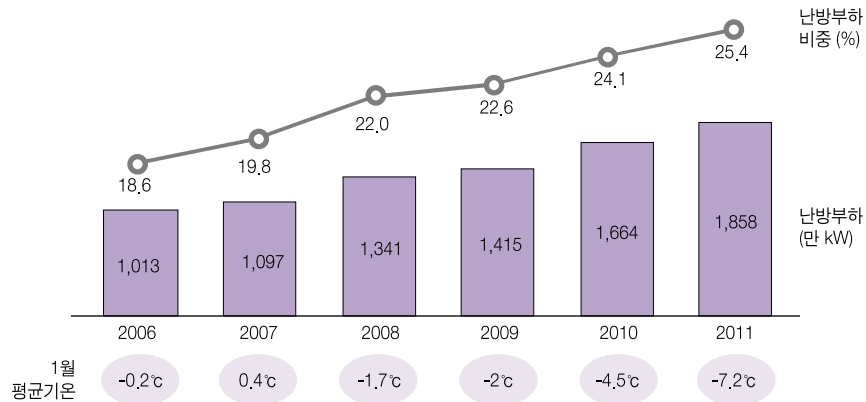
산업구조 고도화로 서비스 산업이 확대되면서 상업용 수요도 급증했다. 상업용 전력사용량은 1990~2011년까지 연평균 11.4% 증가하여 산업용(6.9%)이나 주택용(6.4%)에 비해 빠른 속도로 증가했다. 전체 전력사용량 중 상업용이 차지하는 비중도 1990년 18%에서 2011년 35%로 급증했다. 경제가 발전할수록 이러한 상업용 전력수요는 더욱 증가할 가능성이 높다. 일본의 경우 상업용 전력 비중은 1973년 7.3%에서 2009년 38.0%로 급증하였다.

특히, 겨울철 난방부하의 경우 상업용의 비중과 증가폭이 더욱 뚜렷하여 2011년 처음으로 상업용 난방부하의 비중이 산업용 난방부하 비중을 넘어섰다. 2010년 12월~2011년 2월의 용도별 난방부하를 살펴

7) 지식경제부(2011), “전자제품 에너지 효율향상 종합대책”.



[그림 7] 난방부하 및 평균기온 추이



주: 1월 평균기온은 서울 기준

자료: 전력거래소(각 연도), "동계 피크분석 보고서"; 기상청

〈표 3〉 동계 최대전력 분석결과

(단위: 만kW)

구 분			2008~2009		2009~2010		2010~2011	
최대전력(P)			6,264		6,896		7,313	
전년대비 증가율(%)			(2.8)		(10.1)		(6.1)	
난방부하	전 체(D)	D/P	1,415	22.6%	1,664	24.1%	1,857	25.4%
	상업용(A)	A/D	447	31.6%	618	37.1%	702	37.8%
	산업용(B)	B/D	575	40.6%	621	37.3%	680	36.6%
	주택용(C)	C/D	393	27.8%	425	25.5%	475	25.6%

자료: 전력거래소, 홈페이지(www.kpx.or.kr) 보도자료

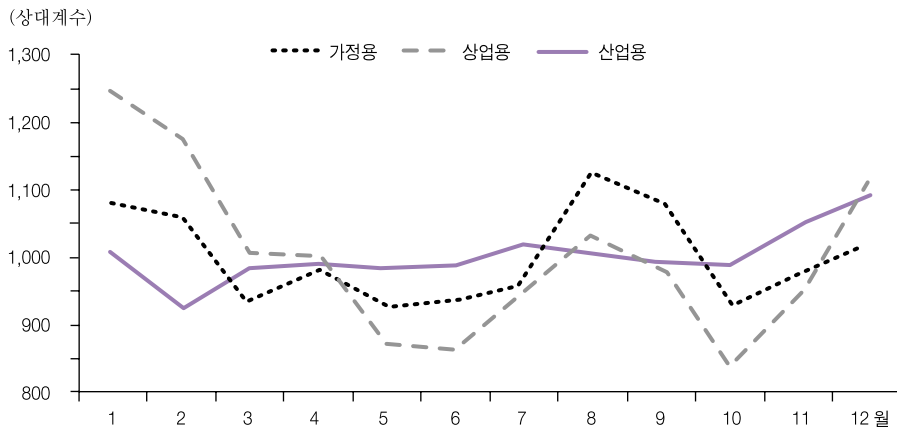
보면, 상업용은 702만kW, 산업용은 680만kW, 주택용은 475만kW를 기록하였고 상업용 난방이 가장 많은 비중을 차지하고 있다.

또한, 상업용 전력수요는 계절별, 시간대별 변동성이 높은 특징이 있다. 상업용 전력수요의 연간 변동폭⁸⁾은 산업용의 1.33배이며, 일간 변동폭은 1.84배에 이

8) 연간 변동폭 = 월별 최대수요/월별 최소수요, 일간 변동폭 = 시간대별 최대수요/시간대별 최소수요

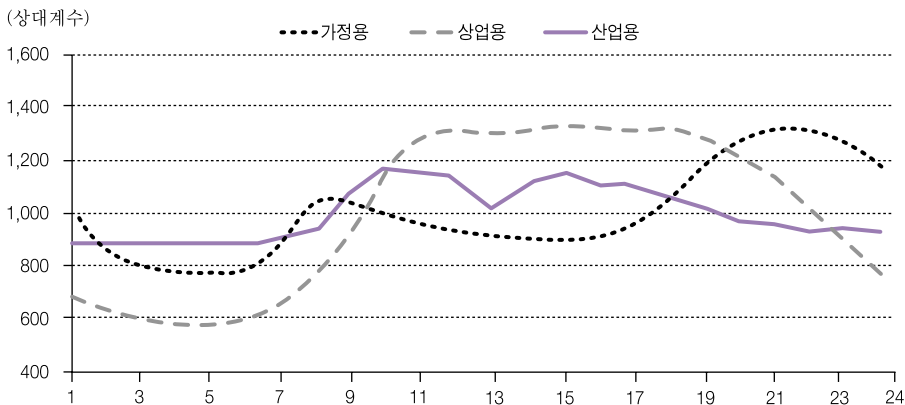
른다. 전력시스템은 특성상 일시적인 최대 수요에 맞춰 전력공급을 하게 되면 평상시 가동률이 떨어져 비효율적이 된다. 따라서, 변동성이 큰 상업용 전력수요는 수요 예측을 어렵게 하고 발전소의 경제성을 저하시켜 안정적인 공급계획의 수립에 어려움을 가중시키게 된다.

[그림 8] 월별 전력수요 패턴

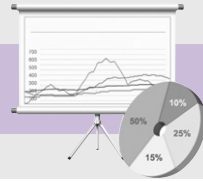


주: 상대계수는 평균 전력수요(평균=1,000) 대비 해당 시점의 상대적 수요를 의미
 자료: 전력거래소, 전력통계정보시스템

[그림 9] 겨울철 시간별 전력수요 패턴



주: 상대계수는 평균 전력수요(평균=1,000) 대비 해당 시점의 상대적 수요를 의미
 자료: 전력거래소(2009), "08~09년 동계 최대전력 분석 및 시사점"



3) 신규 전력수요의 발생

소득 증가에 따른 삶의 질 향상, 전력기기로의 전환 등으로 인한 신규 수요 발생으로 전력 의존도가 지속적으로 증가하고 있다. 편안하고 편리한 삶에 대한 요구 증가로 인해 ‘웰빙 가전’이나 홈 네트워크 등 새로운 가전제품이 지속적으로 보급되면서 새로운 전력수요를 지속적으로 창출하고 있다. 정수기, 공기청정기, 음식물 처리기 등 ‘웰빙 가전’은 2006~2009년 기간 연평균 18% 성장했으며, 원격제어 등 홈 네트워크 시장도 같은 기간 연평균 58.2% 성장했다⁹⁾.

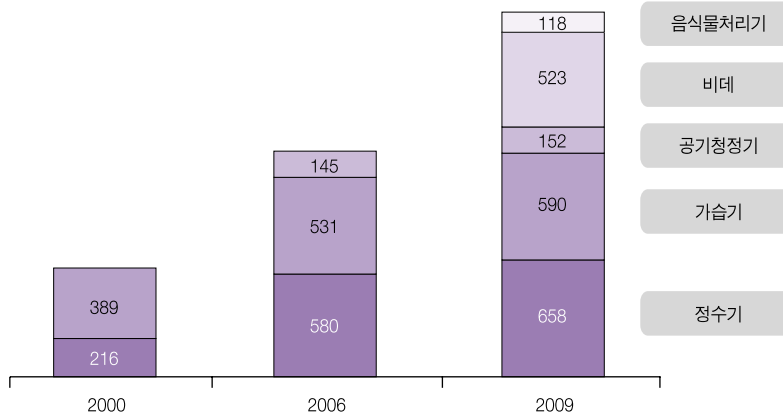
전력은 다른 에너지에 비해 이용 편리성, 안전성, 공간 활용성이 높아 전력기기로의 전환수요도 지속적으로 발생했다. 2005~2010년 동안 전력사용량은

31% 증가한 반면, 도시가스는 18%증가에 그쳤고 등유는 오히려 25% 감소하였다.

향후 정보화 사회와 친환경 사회로 진화하면서 새로운 기기 도입에 따른 전력수요 증가는 더욱 확대될 전망이다. 우선 IT 서비스 고도화로 데이터센터 등 IT 인프라의 전력사용이 급속히 증가할 전망이다. 한국의 데이터센터 전력사용량은 2010년 15억kWh¹⁰⁾로 울산시 사용량 수준과 비슷하며, 향후에도 연평균(2011~2014년) 46% 성장이 예상된다. 미국의 경우 2011년 말 민간협회 중심으로 서버의 동작모드 효율 측정방법을 개발하는 등 전 세계적으로도 데이터센터의 전력사용 증가에 대한 대응을 강화하는 추세이다. 친환경 규제에 따라 자동차나 선박 등 기존 엔진을 전기모터로 대체한 차세대 운송수단의 보급도 전력사용

[그림 10] 월별 전력수요 패턴

(단위: 천대)

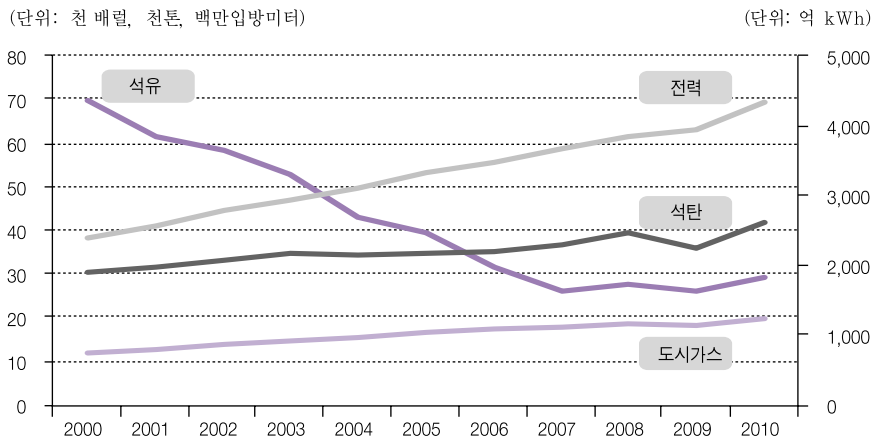


자료: 전력거래소(2010), “가전기기보급률 및 가정용 전력 소비행태 조사결과”; 통계청, KOSIS.

9) 전력거래소(2010), “가전기기보급률 및 가정용 전력 소비행태 조사결과”; 통계청, KOSIS.

10) 지식경제부(2011), “전자제품 에너지 효율향상 종합대책”

[그림 11] 겨울철 시간별 전력수요 패턴



자료: 에너지경제연구원, 국가에너지통계종합정보시스템(<http://www.kesis.net>)

을 증가시킬 것이다. 전기차 1대의 평균 연간 전력사용량은 3,200kWh로 1가구의 평균 연간 전력사용량(2,904kWh)을 초과할 전망이다¹¹⁾.

나. 공급측면 원인 분석

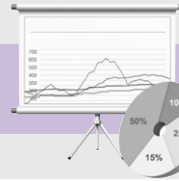
1) 발전소 공급계획 미흡

공급측면에서는 실제 수요증가에 못 미치는 수요예측에 기반해 장기 전력공급계획을 수립함에 따라 발전설비가 부족하게 되었다. 우선, 수요예측 측면에서 다양한 수요 변화 요인이 제대로 반영되지 못하며 전력수요 실적과 전망간에 지속적으로 격차가 발생했다. 4차에 걸친 '전력수급계획'에서 최근 3년(2009~2011년)

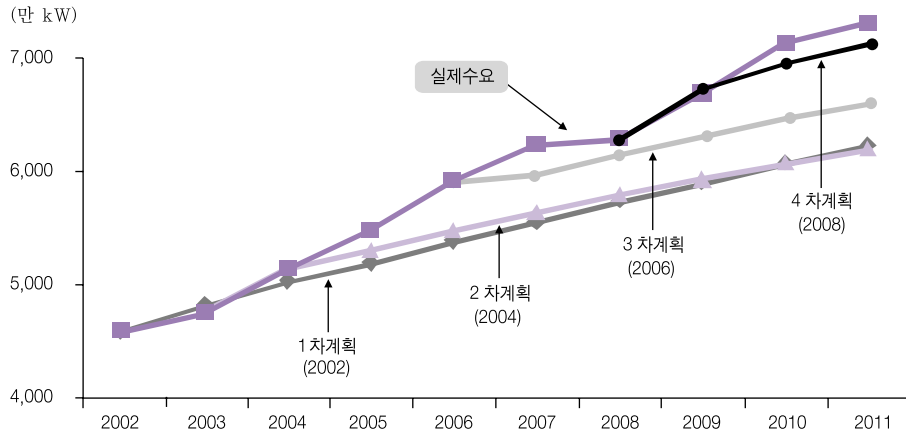
에 대한 수요 증가율 전망은 2%대 수준이었으나 실제로는 5.2%를 기록하였다. 이러한 실적-전망간의 격차는 이상기온에 따른 냉난방 전력수요의 급증, 유가 상승에 따른 전환수요 발생 등의 반영이 부족한 것이 원인이었다.

또한, 정책적 목표에 따라 수요관리 목표가 과다하게 반영된 것도 예측 오류를 심화시킨 원인으로 지적된다. 수요전망은 과거 사용 실적에 기반한 추정과 정부의 수요관리 목표량이 반영되어 결정되는데, 2000년 이후 에너지 정책의 초점이 '공급확대'에서 '수요관리'로 전환되며 과도한 수요관리 목표량을 설정하게 되었다. 전력수요 관리에 대한 정책적 의지로 수요관리 목표는 과도하게 설정된 반면 이행실적은 목표대비 저조하여 지난 5년간 이행실적이 28%~78%에 불과했다.

11) 전력거래소(2009.11.), "전기자동차 보급에 따른 전력수급영향 및 시사점".

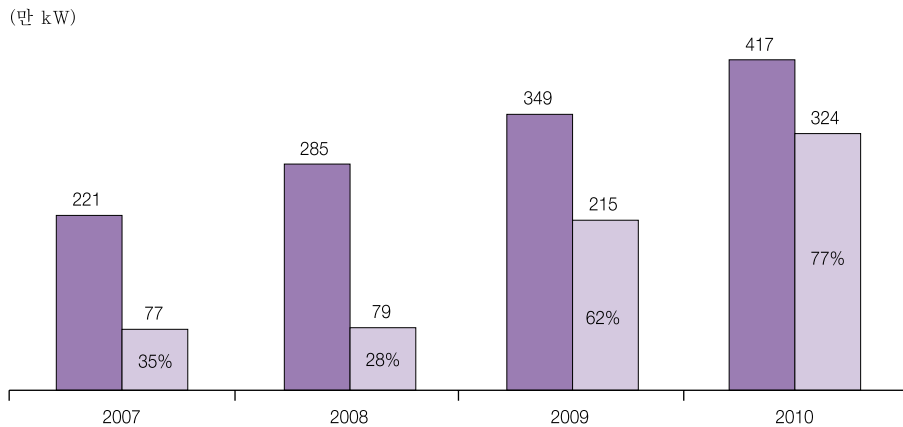


[그림 12] 차수별 전력수급 기본계획



자료: 전력수급 기본계획 각호

[그림 13] 수요관리 실적 추이



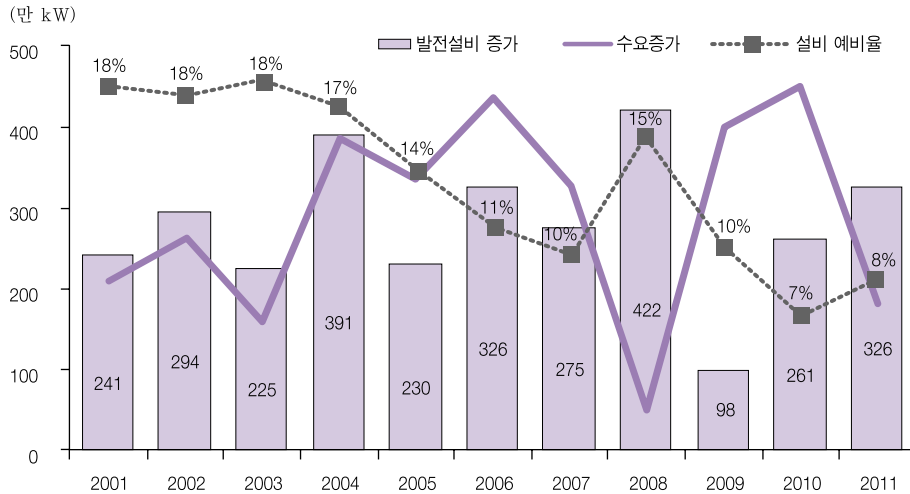
자료: 전력수급 기본계획 각호

급증하는 수요대비 시의적절한 공급계획을 수립하지 못해 발전설비 확충이 부족해지면서 수급불안이 발생하기 시작했다. 2005년 이후 발전소 건설은 수요 증가를 지속적으로 하회하여 2001년 18%이던 설비

예비율이 2011년 8%로 하락하였다. 예비율 하락이 심화됨에도 불구하고, 2006년 3차 전력수급계획에서 기존 대비 전력공급계획을 오히려 축소하여 2006~2010년 기간 동안 연간 4.9% 증설 계획이던 공급계

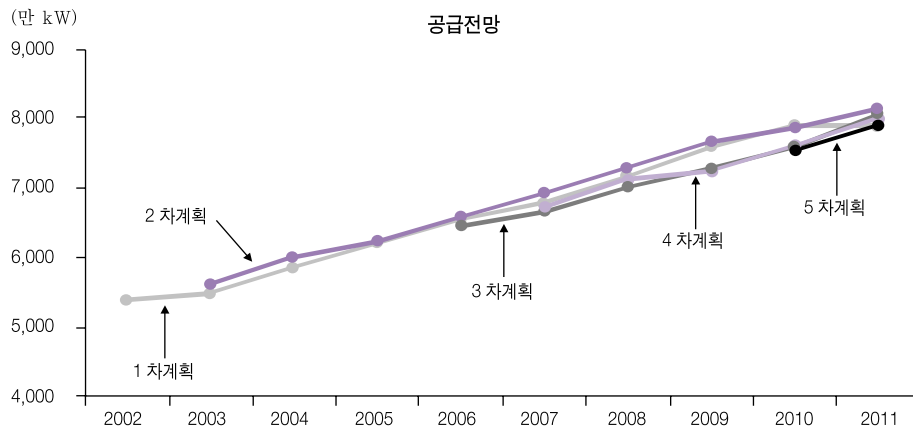


[그림 14] 차수별 전력수급 기본계획



자료: 한국전력(2011), 한국전력현황 자료

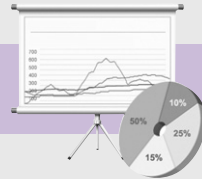
[그림 15] 수요관리 실적 추이



자료: 전력수급 기본계획 각호

획은 2006년 '3차 전력수급계획'에서 연 4.2% 증가로 축소되었다. 발전소 건설은 계획기간을 제외하고 원자력이 6~10년, 석탄화력이 4~5년이 소요된다.

따라서, 중장기 수요전망에서 오차가 발생하면 전력 수요 증가에 빨리 대응하기 어려워 전력수급 문제가 발생하게 된다.



2) 既 계획된 발전소 건설 지연

증설이 예정된 발전소도 정책환경 변화, 민원, 송전선 연결 등의 문제로 인해 증설에 차질이 발생했다. 이로 인해 2009년까지 발전소 건설계획 대비 실제 이행률은 80%에 불과했다. 특히, '1차 전력수급계획'에서 2006~2009년 준공을 확정하기로 한원전이 방폐장 선정 문제 등으로 인해 3~4년 지연되면서 공급에 심각한 차질이 발생했다. 민원에 따른 고압 송전선 구축 지연도 대형발전기 운전을 제약하고있다. 신고리

~북경남의 765kV 송전선과 신당진~신온양의 345kV 송전선이 민원 등으로 지연되면서 신규 원전의 가동이 제한되는 등의 문제도 발생하고 있다.

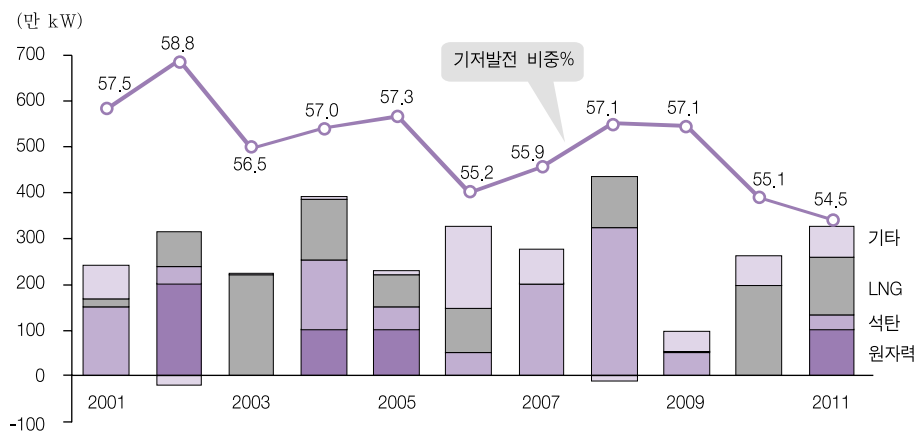
전력공급 부족 심화에 대응하기 위해 정부는 2010년부터 건설기간이 짧은 LNG 발전 공급을 대폭 확대하였다. 2010년과 2011년 신규 발전설비 중 LNG 비중이 각각 76%, 38%를 차지한 반면, 석탄발전이나 원전 등 기저발전 비중은 각각 0%, 41%를 차지했다. 이로 인해 기저발전 비중은 2009년 57%에서 2011년 54%로 감소했다.

〈기저발전 비중 감소의 리스크〉

- 글로벌 유동성 확대와 중동의 지정학적 리스크 상존으로 향후 고유가 기초가 장기화될 가능성이 높은 실정
- 일본의 2012년도 가스 수입이 전년대비 2배 이상 증가할 것으로 예상되는 등 일본의 가스발전 비중 확대로 향후 LNG 가격의 추가상승 가능성이 고조

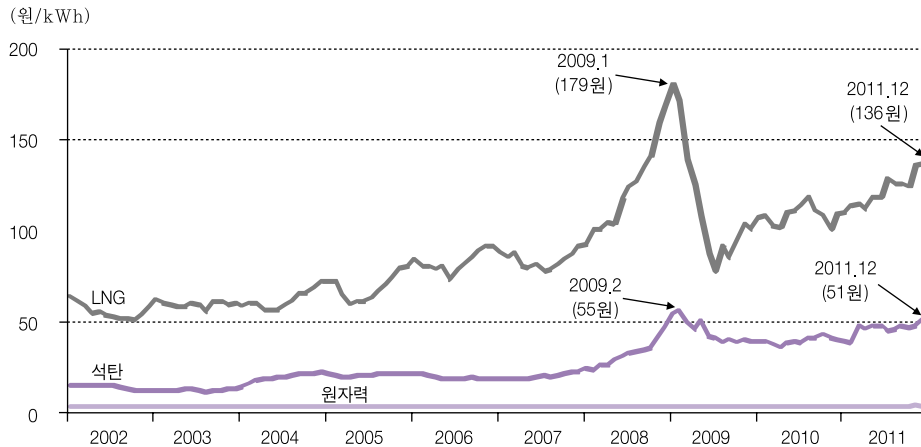
자료: Mizuho Research Institute(2011.8), “電力不足と日本經濟”

[그림 16] 발전소 증가분 및 기저발전 비중



자료: 한국전력, 한국전력통계; 전력거래소, 전력통계정보시스템

[그림 17] 발전원별 연료원가 추이



자료: 한국전력, 한국전력통계, 전력거래소, 전력통계정보시스템

기저발전 비중의 감소는 전력부족 문제뿐 아니라 전력요금의 국제유가에 대한 민감도를 높이는 부작용도 발생시켰다. 국제유가 급등으로 인해 LNG 발전단가가 2008년 1월 92원/kWh에서 2009년 1월 179원/kWh로 상승하면서 전력요금 상승과 물가불안 요인으로 작용하였다.

4. 전력수급 안정화 대책

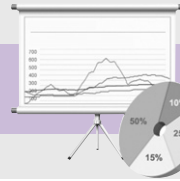
신규 발전소 건설에는 최소 2~3년이 소요되므로 단기적으로는 수요 관리를 강화해 전력수급을 안정화하는 것이 필요하다. 특히, 변동성이 큰 수요를 효과적으로 관리해 동절기와 하절기에 급증하는 계절성 수요를 절감할 필요가 있다. 또한 불시에 고장이 발생하지 않도록 발전소 운영에 만전을 기하고, 비상사태 발생 시의 부하관리 체제를 개선하는 것도 필요하다.

중장기적으로는 새로운 대규모 전력수요 등을 고려하여 수요예측을 정교화하고, 저렴하면서도 안정적으로 전력을 공급하기 위한 기저발전 공급확대 계획을 수립하는 것이 필요하다. 임기응변식 전력공급대책은 발전원별 구성비율을 왜곡시켜 전력비용 급등과 물가불안 등 새로운 문제를 유발할 수 있다. 이하에서 전력부족에 대한 단기적인 대응방안과 중장기적 대응방안을 설명한다.

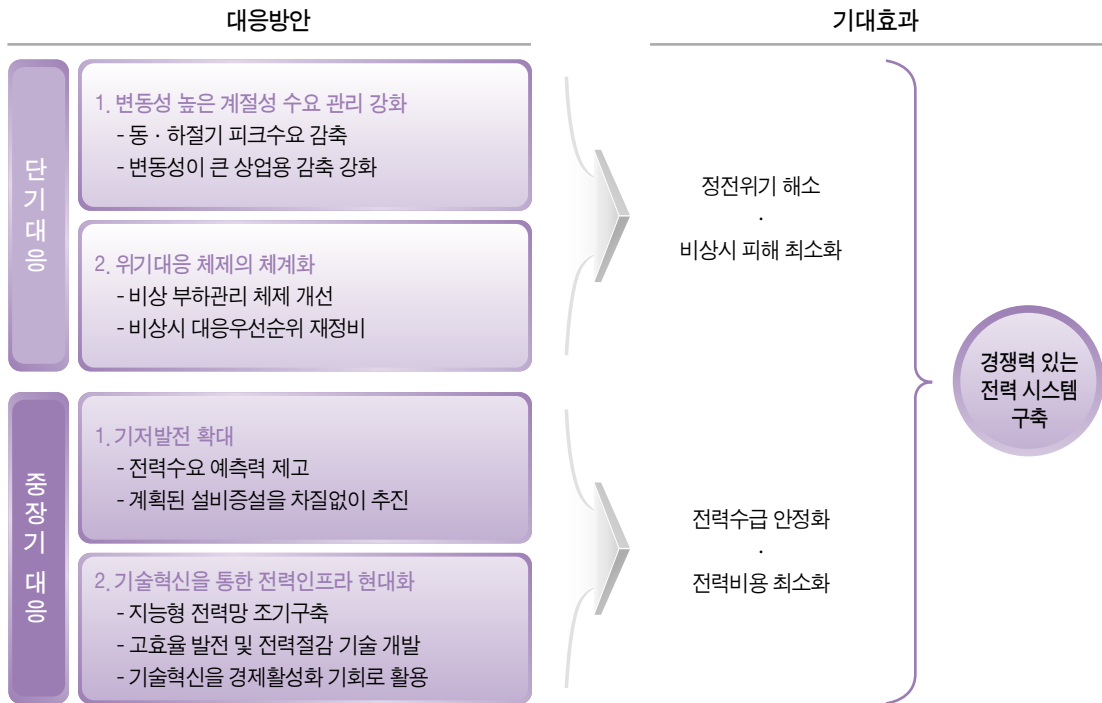
가. 단기 대응방안

1) 전력수요 관리

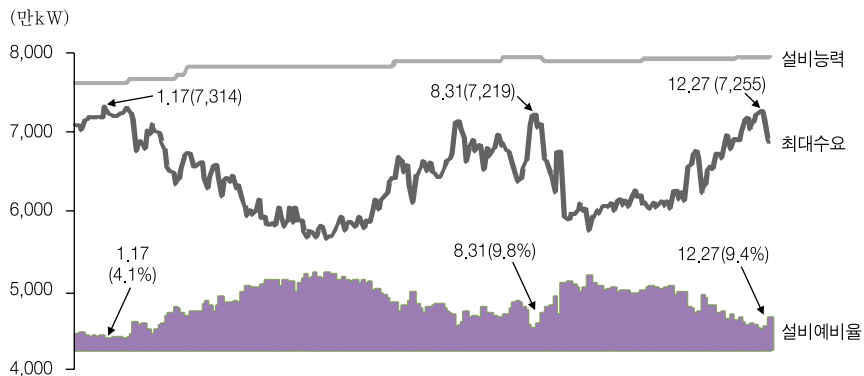
급증하는 냉·난방 수요를 중점 관리함으로써 전력수급에 어려움을 겪는 동·하절기 피크에 안정적인 수준의 예비전력을 확보하는 것이 중요하다. 최대 전력수요를 효과적으로 관리하면 발전용량 부족



[그림 18] 전력수급 안정화 방안



[그림 19] 2011년 전력수급 현황



주: 2011년 전력수급 현황은 평일기준(주말, 공휴일 등 제외)
 자료: 전력거래소, 전력통계정보시스템

문제를 단기적으로는 추가적인 발전설비 증설없이 대응 가능해진다. 2011년에 전력수요 증가로 설비 예비율이 10% 이하로 떨어진 날은 총 27일이며, 그중 26일이 동절기에 집중되어 있다. 따라서 기온이 급감하는 1월 2~3주차를 중심으로 집중적인 관리가 필요하다.

수요관리의 강화를 위해서는 현행 부하관리 제도의 인센티브를 강화하여 고객참여를 확대하고 적용 대상도 확대하는 등의 제도개선이 필요하다. 정부는 2001년 ‘직접부하제어’ 제도를 도입했으나 한국의 직접부하제어 보상은 미국의 직접부하제어 지원금(\$6.5/kW·월)의 1/3~1/9배로 낮은 수준이며 고객 참여가 소극적인 상황이다¹²⁾. 적용대상도 산업용에서 계절별 변동폭이 큰 상업용 고객으로 확대하고 전자식 계량기, 고속PLC 등의 보급 지원을 통해 조기 적용하는 것이 필요하다. 또한 부하관리 제도를 비상수급 시에만 국한하지 않고, 상시 피크수요 관리제도로 적용하여 전력망의 전압과 주파수 안정화에 기여를 추진할 필요가 있다. 예를 들어 캘리포니아 주의 경우 운전 예비율이 5% 이상에서도 부하관리 제도를 운영하여 전력수요의 효율적 관리를 강화하고 있다. 캘리포니아는 하루 전 입찰하는 경매방식으로 부하관리를 운영하고 있으며, 운전예비율이 5% 이하에서는 부하를 차단하는 Demand Relief Program, 운전예비율이 5% 이상에서는 계통 안정을 위해 Discretionary Load Curtailment Program을 운영하고 있다¹³⁾.

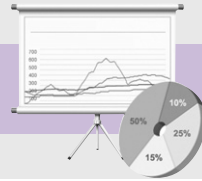
2) 위기대응체제의 체계화

이상기온, 발전소 고장 등 예기치 못한 전력수급 문제에 신속히 대응할 수 있도록 비상 부하관리체제를 개선할 필요가 있다. 현재 비상시 전력수급의 원활화를 위한 직접부하제어와 비상절전 제도가 운영되고 있다. 직접부하제어는 비상시 한전이 미리 계약한 수용가를 대상으로 통신 시스템을 통해 직접 부하를 제어하고 인센티브를 제공하는 시스템이며, 비상절전은 한전이 요청하는 경우 계약 수용가가 자발적으로 절전하는 제도이다. 위기대응 능력을 확대하기 위해서는 우선, 제어용량 300kW 이상의 일반용, 산업용 고객에 적용되는 현행 부하관리대상 범위를 확대하고 운영을 개선해 공급예비력을 확보할 필요가 있다. 이를 위해 부하제어 대상 범위를 대형 사용자뿐만 아니라 중소규모의 사용자까지 확대하여야 한다. 중소규모의 사용자에게 대한 효과적인 부하제어를 위해서는 스마트 미터 등 관련 인프라의 보급을 조기에 확대하고 적절한 보상수준을 제시하여 적극적인 참여를 유도해야 한다.

동일본 대지진(2011년 3월) 이후 전력부족에 대응하여 절전 활동을 강화하는 일본의 사례는 한국의 위기대응체계 구축에도 시사점을 줄 수 있다. 일본은 전력이 부족한 동경지역에 대해 하절기 전력피크 동안 전력사용제한령을 시행하여 절전 활동을 강화했다. 7월1일~9월9일 기간 동안 오전 9시~오후 8시 사이에 최대 사용량의 15%를 절감하도록 했으며, 미 이행시 벌금

12) “한국과 미국의 직접부하제어 운영사례 비교”(2011.11.14), 전력경제

13) Freeman, Sullivan & Co, “CAISO Demand Response Barriers Study,” 2009.4.



100만엔을 부과했다. 자동차 조업의 주말변경, 자가 발전 확대, 재택근무 및 조기 근무, Cool Biz 확대 등을 통해 결과적으로 최대전력 수요를 전년대비 18% 절감하는데 성공했다¹⁴⁾.

비상사태 발생 시 강제절전 및 전력차단 등의 전력 사용제한 대상과 우선순위도 재정비할 필요가 있다. 사회혼란 및 경제적 피해를 줄이기 위해 사회안보에 직결되는 시설과 필수 산업시설은 전력사용제한 대상에서 제외하거나 우선순위를 조정해야 한다. 2011년 '9·15 순환정전' 당시 각종 공공시설과 대형병원 등도 전력이 차단되어 사회적 혼란이 가중된 바 있다. 산업시설도 조업시간 변경이 불가능한 연속공정 등은 산업특성을 고려하여 전력사용 제한 우선순위를 결정할 필요가 있다. 일본의 경우 전력부족에 대응하기 위해 전력사용 제한정책을 시행하면서 철도, 데이터센터, 클린 룸 같은 주요 산업시설은 전력제한 대상에서 제외시켜 산업활동의 피해를 최소화하기 위해 노력하기도 했다¹⁵⁾.

나. 중장기 대응방안

1) 기저발전 용량의 확대

전력수요 증가에 대응하여 안정적인 전력공급을 위해서는 우선 미래의 수요에 대한 정확한 예측이 필수적이다. 발전소는 계획부터 완공까지 10년 이상 소요되는 장기 프로젝트로 수요예측의 오차가 커지

면 사후 대응이 불가능한 구조이다. 특히, 한국은 외부와 전력망 연결이 안 된 독립형 구조로 전력부족 시 외부수입 등이 불가능하여 위기 극복을 위한 대안 마련에 한계가 있는 실정이다. 정확한 수요추정을 위해서는 기존 수요모델을 재검토하고 최근 환경변화에 맞는 신규 모델 구축이 필요하다. 산업변화에 따른 대용량 전력수요의 발생, 석유나 가스에서 전기로 전환하는 전환수요 등 등 기존에 고려하지 않았던 신규변수를 반영하고 계절 변동, 기상변화 등을 종합적으로 고려하여 수요예측 모델을 개발할 필요가 있다.

미래의 수요증가에 대응하기 위한 전력공급 확대에 있어서도 석탄이나 원자력과 같은 기저발전 위주의 공급확대가 필요하다. 최근 기저발전 부족을 보완하기 위해 가스 및 신재생 발전이 빠른 속도로 증가하고 있다. 그러나 가스발전 및 신재생 발전은 근본적인 전력수급 문제 해결에는 역부족인 상황이다. 가스발전은 건설 기간이 2~3년으로 짧아 전력부족에 단기적으로 대응하기에는 적합하나, 연료비가 비싸고 변동성이 커서 기저발전용으로는 부적합한 상황이다. 특히, 일본이 원전사고 이후 가스발전 비중을 증가하면서 국제 가스가격이 상승하는 상황이어서 가스발전 비중 확대는 향후 전기요금 인상이나 물가상승 요인으로 작용할 수 있다. 신재생 발전은 아직 전력품질이 낮아 전력망과의 연결이 불안정하고 지형적 요인으로 용량 확대에 어려움이 있을 뿐 아니라 날씨에 따른 변동성이 크다는 점에서 한계가 있다.

14) 企業も家庭も商店もスクラムを組んで15%節電へ, 経済産業ジャーナル, 2011.7

15) 일본 경제산업성 홈페이지(<http://www.meti.go.jp/earthquake/>)

기저발전소 건설은 대규모 자금조달, 민원해결 등의 난제가 많아 계획에 차질이 발생하지 않도록 정부와 기업 간에 유기적인 협조가 필요하다. 정부는 2020년까지 원전 1,180만kW, 석탄발전 774만kW를 신규로 증설하여 기저발전 비중을 58%(6,066만kW)까지 확대할 예정이다. 기저발전소 1기를 건설하는 데 1조~2조원 이상의 대규모 자금이 필요하고, 발전소 부지도 확보해야 하므로 장기적인 계획이 필요하다¹⁶⁾. 인허가 등 행정절차를 간소화해 지원을 확대하고 자금조달을 원활히 하기 위해 기저발전 사업에 민자 참여를 활성화해야 한다. 최근 가스복합화력 뿐 아니라 석탄발전과 같은 기저발전 사업에 민자 참여가 증가하고 있다. 2010년 제5차 전력수급계획에 STX의 동해민자석탄화력 100만kW와 동부그룹의 당진민자석탄화력 100만kW가 석탄화력 최초의 민자추진계획으로 반영되었다. 이들 발전소는 사업비 2.2조~2.3조원 규모로 2015년 이후 본격 가동될 전망이다. 2011년에는 동양그룹이 동양시멘트 광구부지였던 삼척시에 200만kW 민간석탄발전 건설계획을 발표하기도 했다.

발전설비 건설을 확대하는 한편 송배전 설비도 함께 증설할 필요가 있다. 민원, 부지확보 문제 등으로 발전

소가 신규부지보다는 기존 부지에 추가 건설됨에 따라 발전단지가 점차 대형화되는 추세이다. 신규 원전은 기존 원전 발전소가 있는 고리(660만kW 추가), 울진(420만kW), 월성(200만kW)에 추가로 건설할 예정이다. 대용량 발전단지에 연결되는 송전선 확보에 문제가 발생하면 대규모의 전력 공급력 상실 및 발전 중단 등이 우려되므로 사전에 송전선을 확장할 필요가 있다.

2) 기술혁신을 통한 전력인프라 현대화

기술혁신을 통해 전력인프라를 현대화함으로써 전력수급 문제를 해결하고, 동시에 이를 새로운 성장동력으로 활용하는 것이 필요하다.

전력망에 IT 기술을 융합한 스마트 그리드는 실시간 전력 제어가 가능하고 피크 수요를 감축하는 효과가 있다. 스마트 그리드를 도입하면 수요 분산 효과로 2030년에는 전력피크 수요의 10%를 감축할 수 있을 것으로 전망된다. 스마트 그리드 보급을 위해서는 전력거래제도, 실시간 요금제 등 관련 제도를 정비하고 스마트 미터, 전력저장장치 등의 인프라를 조기에 구축할 필요가 있다. 미국 ComED의 실시간 요금제와

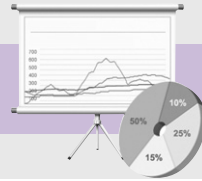
〈표 4〉 대용량 발전단지 설비용량 전망

(단위: 만kW, %)

단지구분	2011(비중)	2020(비중)
고리 원자력	414 (5.2)	1,074 (10.1)
충남(당진, 태안, 보령) 석탄발전	1,200 (15.1)	1,800 (16.9)

자료: 지식경제부(2010), “제5 차 전력수급기본계획”

16) 건설단가는 원자력 190억원/ 만kW, 석탄화력 140억원/ 만kW 수준 원자력은 울진 5·6호기, 석탄발전은 삼척화력 건설비용을 기준으로 산정.



전력절감 프로그램은 실시간 전력제어를 통한 피크수요 감축의 좋은 사례이다. 미국 일리노이 州 전력회사인 ComED는 1998년부터 실시간 요금제를 실시했다. 동사는 고객에게 하루 전에 다음날 예측 전기요금을 실시간으로 통보하는데, 전기 소비량 감소를 통해 고정요금제 대비 5~16% 정도 절감 효과가 있다고 한다. 또한 고객이 실질적으로 활용할 수 있는 전력절감 프로그램을 운영 중이다. 예로 Load Guard 프로그램은 미리 설정된 전기요금 이상으로 사용하면 에어컨이 정지되고, Central AC Cycling 프로그램은 중앙 에어컨을 소유한 고객을 대상으로 여름철 전기요금 상황에 따라 에어컨 가동을 직접관리하여 전력을 저감시킨다¹⁷⁾.

발전비용이 저렴할 뿐 아니라 발전소 건설에 가장 큰 문제로 지적되는 환경피해를 최소화하기 위한 고효율·친환경 발전기술도 개발해야 한다. GE-히타치, 웨스팅하우스 등은 운전자의 조작이나 외부 동력원이 없어도 스스로 안전하게 발전하는 차세대 원자로를 개발 중이다. 이들 차세대 원자로는 대형 비상 냉각수 탱크를 원자로 상단에 설치하여 비상시 외부 전력이 차단되도 중력에 의해 자동으로 원자로에 냉각수가 투입되는 구조로 설계되어 있다. 일본은 600℃ 초초임계압 석탄발전 기술을 최초로 개발하고 효율 50% 이상의 효과를 얻기 위해 700℃ 발전기술 개발에 주력하고 있다. 한국도 CO₂ 배출이 적은 IGCC 실증 플랜트를 최근 착공하는 등 신기술의 적용을 위해 대규모 실증사업을 전개 중이다.

전력사용을 효율화하고 소비량을 절감하기 위한 절전기술과 제어기술 개발도 필요하다. LED 조명, 고효율 냉난방기기, 각종 제어 시스템 등을 도입하여 에너지 소비를 최소화하는 기술개발과 보급촉진이 필요하다. LED 조명은 백열전등에 비해 전력소비가 20% 적으며, 전자제품의 대기전력을 없애면 가구 전력소비의 10%가 절감 가능하다. 미쓰비시전기는 2012년 1월 고효율 전력반도체를 적용한 인버터를 도쿄 지하철에 최초로 시범 탑재하여 전력손실을 30% 절감하기도 했다. 절전 구현을 위한 신기술 반도체 개발도 활발하다. 일본 NEC는 가전제품의 절전상태에서 대기전력을 “Zero”로 실현한 반도체를 개발했다. 일반 가전제품의 대기전력은 소비전력의 6% 정도를 점유한다. NEC의 새로운 절전형 반도체는 데이터 보존용 전력을 소형자석의 자성특성을 이용하여 구현하여 대기전력이 필요 없게 하였다. 이러한 반도체를 사용하면 일반 가정 뿐 아니라 데이터센터의 전력사용량도 25% 정도 절감가능하다고 한다¹⁸⁾.

안정적이고 저렴한 전력공급망은 외국기업 유치에도 많은 도움이 된다. 美 노스캐롤라이나 州는 저렴한 전기요금으로 애플, 구글, 페이스북등 주요 IT 기업의 데이터센터를 유치하며 관련 클러스터로 부상했다. 노스캐롤라이나 州는 듀크에너지의 고품질 전기를 미국 평균보다 25% 정도 저렴한 1kWh 당 0.04~0.05 달러에 공급할 수 있는 장점이 있다. 데이터센터의 전력 소비량이 급증하면서 광대역 통신 허브인 실리콘

17) 와트스팟 홈페이지<<http://www.thewattspot.com/rtsavings.php>>

18) NEC 홈페이지<<http://www.nec.co.jp/press/ja/1106/1302.htm>>

밸리보다 저렴하고 안정적인 전력공급이 가능한 노스 캐롤라이나 州의 강점이 부상하고 있다. 한국도 안정적인 전력망과 IT 기술을 바탕으로 동북아의 데이터 센터 클러스터로 부상할 수 있도록 각종 시범사업을 적극 추진할 필요가 있다.

5. 시사점

단기적으로 전력부족에 대응하기 위해서는 수요관리를 강화하고 국민의 자발적 협력을 유도하는 방법이 최우선이다. 정부는 대정전 등 대형사고를 미연에 방지하기 위해 절전 및 부하관리 프로그램을 적극 시행하고, 국민에게 전력공급과 관련해 정확한 정보를 제공하고 지속적인 소통으로 프로그램의 자발적 동참을 유도할 필요가 있다. 또한 국민은 전력수급 상황의 심각성을 인식하고 정부 활동에 적극적으로 동참해야 한다.

그러나, 근본적으로는 전력수급에 대한 장기적 계획을 바탕으로 경쟁력있는 전력 인프라 구축이 절실하다. 기후변화, 화석연료 가격상승, 라이프 스타일의 변화 등으로 미래 사회는 전력에 대한 의존도가 증가할 수 밖에 없다. 또한 향후 경제발전의 중추적 역할이 기대되는 전기차, 고속열차, 데이터 센터, 로봇 등 미래시스템의 확대를 위해서도 저렴하고 안정적인 전력공급이 무엇보다 중요하다. 따라서 전력계획은 현재가 아니라 10년 이상 앞을 내다보고 장기 계획을 수립해야 할 필요가 있다. 다양한 이해관계자의 양보와 협력을 통해 안정적이고 저렴한 전력 시스템을 구축할 수 있는 협의가 이루어지기를 바란다.

참고 문헌

〈국내 문헌〉

- 전기신문, “다시 보는 9.15 전력대란,” 2011.9.22
- 전력거래소, “미국 동북부지역 광역정전 분석 보고,” 2004
- , “가전기기보급률 및 가정용 전력 소비행태 조사결과,” 2010
- , “전기자동차 보급에 따른 전력수급영향 및 시사점,” 2009
- 지식경제부, “전력수급 안정 및 범국민 에너지절약 대책,” 2011.
- , “전자제품 에너지 효율향상 종합대책,” 2011
- 황규완, “아프리카의 전력산업,” 「2011 전기연감」, 대한전기협회, 2011
- KOTRA, 일본 기업의 생산거점 이전 현황 조사, Kotra Executive Brief-011, 2010
- , “中 조선업체, 전력난으로 생산 차질 불가피,” 「해외투자속보」, 2011

〈외국 문헌〉

- 岡部貴典, “最大リスクは電力不足 円高が追い打ちをかける,” 「エコノミスト」, 2011
- Mizuho Research Institute, “電力不足と日本経済,” 2011
- Freeman, Sullivan & Co., “CAISO Demand Response Barriers Study,” 2009