

급증하는 수도권 전력수요, 기존 계통체계로는 대응 안돼: 시스템의 근본적 변화 없이는 탄소중립 달성 못한다

사단법인 넥스트 정세록 saerok.jeong@nextgroup.or.kr

사단법인 넥스트 송용현 yh.song@nextgroup.or.kr

HIGHLIGHTS

(현황) 반도체 산업과 데이터센터 대규모 신증설에 따라 수도권 전력수요 2034년까지 최소 19GW 이상 증가하는 등 급증 예상

- (반도체 산업) 2025년 이후 삼성전자의 평택캠퍼스와 SK 하이닉스의 용인클러스터가 계획대로 완공, 가동될 경우 현수준 대비 최소 3.5GW 이상의 수요 추가 발생 예상
- (데이터센터) 2029년 데이터센터 전력수요 14.7GW(수도권 13.5GW) 추가 발생 전망(한국전력공사)

(이슈 & 문제점)

- 제 9차 전력수급기본계획, 송변전설비계획 수도권 전력수요 급증 현황 미반영
 - 제 9차 전력수급기본계획상 수도권 전력확충(용통전력 포함)은 정격용량 기준 10.5GW 예정으로 일부 전력수요를 비수도권 지역으로 이전 혹은 수도권 내 발전설비·용통선로 추가 확보 필요
- 수도권-비수도권 전력 수급불균형 심화로 계통불안정 초래
 - 전국 총 34기 이상의 석탄화력발전기가 계통 안정유지를 위한 필수운전(must-run) 발전기 운영
 - 현 시스템 하에서는 계통안정화 위해 수도권·비수도권 연계지역(중부권)에 화력발전기가 더 확보되어야 하는 역설 발생 → 기존 석탄화력 발전 폐지 계획의 실행 차질 가능

(시사점)

- 반도체 산업·데이터센터의 전력수요를 비수도권 지역으로 이전하거나 수도권 내 추가적인 발전설비 및 용통선로 확보 필요
- 탄소중립 달성하면서 계통안정성을 지키려면 기존 전력 체계의 변화 필요

(제안사항)

- 전력계통영향평가를 도입, 중앙집중형 전력망에 대한 의존도를 낮추는 조치 필요
- 반도체 제조 시설, 데이터센터 사업계획 승인 전 분산에너지 활성화 특별법안의 통과 및 전력계통영향평가의 조속한 시행 필요
- 필수운전 발전기 외 동기조상기 등 계통 관성공급자원의 구체적 도입계획 필요

1. 현황분석 및 전망 : 수도권 전력수요 부담 요인

1.1. 반도체 산업 대규모 신증설 및 K-반도체 벨트 조성 계획

- (반도체 산업 전력 수요 증가) 다양한 산업에서 반도체 수요가 증가하면서 삼성전자(평택)와 SK 하이닉스(용인) 등 국내 반도체 기업들이 대규모 신증설 계획을 추진 중
 - 용인 반도체 클러스터는 2018 년 정부의 기업투자 활성화 프로젝트에 포함된 내용으로 대·중소 협력업체가 입주하는 반도체 특화 클러스터를 조성하였으며, 이곳에 SK 하이닉스가 4 개 Fab 신설할 계획([그림 1])
 - ※ 반도체 제조업은 대표적인 전력다소비 업종으로서, 2019 년 기준 국내 반도체 산업은 27,454GWh(국가 전체 발전량 대비 4.9%)를 소비

표 1. 국내 반도체 산업 주요 신증설 계획

구분		예상 Capacity ^{주)}		착공·준공 계획 ^{주)}
삼성전자	경기 평택	P3	24 만장/월	2020 년 9 월 착공, 2021 년 중 준공
		P4~P6	미정	2025 년까지 순차적 준공 목표
SK 하이닉스	경기 용인	미정	80 만장/월(4 개 Fab 예정)	2021 년 하반기 착공, 2025 년 준공 목표
	충북 청주	M17	미정	미정

주) 증권사 보고서와 언론보도 내용 등을 종합하여 정리한 것으로 실제 계획과 차이가 있을 수 있음

- (「종합 반도체 강국 실현을 위한 K-반도체 전략」(이하 “K-반도체 전략”) 수립) 2021 년 5 월 산업부 등 관계부처 K-반도체 전략 조성 계획 발표
 - K-반도체 전략의 핵심은 국내 반도체 공급망 보안을 위해 소부장 특화단지, 첨단장비 연합기지(경기 화성, 경기 용인, 충남 천안), 첨단 패키징 플랫폼, 팹리스 밸리(경기 판교) 등을 조성하는 것([그림 1])으로, 삼성전자와 SK 하이닉스의 공장 인근 지역을 중심으로 인프라와 산업 생태계 구축 예정

그림 1. 수도권 지역 반도체 투자 관련 계획



자료: 산업통상자원부

- (전망) 2025 년 이후 삼성전자의 평택캠퍼스와 SK 하이닉스의 용인클러스터가 계획대로 완공, 정상 가동될 경우 현수준 대비 최소 3.5GW 이상의 수요 추가 발생 예상
 - 에너지사용계획서¹에 따르면 삼성전자의 평택 P3 공장은 연간 5.4TWh 의 전력을 소모할 예정이며, 이는 2020 년 삼성전자의 전사 국내 전력소비량 22.9 TWh 의 23.6%에 달하는 수준으로 아직 계획이 공개되지 않은 P4, P5, P6 공장이 P3 와 유사한 규모로 설계, 준공될 경우 총 21.6TWh(약 2.5~3.0GW) 추가 전력수요 발생

표 2. 주요 신증설(평택 P3~P6, 용인 반도체단지)에 따른 2020 년 대비 전력수요 증분 추정

구분	전력소비량 (TWh)	설비용량 ³ (GW)	근거
삼성전자	21.6	2.5~3.0GW	P3 에너지 사용계획서 기반 P3~P6 합산 추정
SK 하이닉스	10.0	1.1~1.4GW	기존 wafer capa 단위당 전력소비량 기반 추정

주 1) 삼성전자 P3~P6, SK 하이닉스 용인단지 준공 이후 모든 Fab 정상 가동 시 예측되는 추가 전력소비량 추정
 2) 삼성전자 P4~P6는 P3와 동일한 규모로 준공되어 유사한 양의 전력 소비할 것으로 가정
 3) 시간별 전력소비량은 대체로 일정하다고 가정

1.2. 데이터센터 대규모 신설에 따른 전력 수요 증가

- (데이터센터 수요 증가) 최근 네이버와 NHN 은 각각 세종, 김해 등 지방에 대규모 데이터센터를 설립하고 있으며, 인구통계학적 특성상 수요가 수도권 지역에 밀집되어 있고 상업용 부동산으로서 데이터센터 투자에 대한 관심이 높아져 수도권 지역 데이터센터 설립 수요 지속 증가 예상
- (전망) 제 9 차 장기송변전설비계획 2026 년 데이터센터 전력수요 8.7GW(수도권 8GW) 발생 전망
 - 2021 년 10 월 한국전력공사는 2029 년까지 총 14.7GW, 수도권에서만 13.5GW 발생 예측*
 - * 본 자료는 동일 사업자의 다수 장소 중복 통지 건이 포함되어 있어 실수요는 이보다 적을 수 있으나 장기적으로 절대적으로 많은 양의 전력수요가 수도권에서 발생할 가능성 농후

표 3. 한국전력공사 전국 데이터센터 전기공급 현황 및 전망 (단위: MW)

구분	서울	인천	경기	그 외	계
현재	580	39	532	507	1,658
2029 년 전망	3,237	1,494	8,789	1,140	14,660

주) 동일 고객의 다수 장소 중복 통지 건이 포함됨

자료: 더불어민주당 이소영의원실

¹ 자료: 더불어민주당 이소영의원실

2. 이슈 & 문제점

2.1. 반도체 제조시설 신증설, 데이터센터 설립 계획이 수년전부터 예정된 만큼 수도권 전력 수요 급증 및 집중화 현상은 예측된 현상이지만, 제 9 차 전력수급기본계획과 장기송변전설비계획은 이러한 수급변화 전망 미반영

- 수도권 전력수요는 2034년까지 최소 19.7GW 이상* 증가할 전망이나 제 9 차 전력수급기본계획상 수도권 지역 전력확충은 정격용량 기준 10.5GW 예정
- *제 9 차 송변전설비계획상 최대수요 증분 평균 2.7GW + 반도체 영향 최소 3.5GW + 데이터센터 영향 13.5GW

표 4. 제 9 차 장기 송변전설비계획 상 권역별 전력 최대수요 전망 (단위: GW)

구분	수도권	충부권	영동권	호남권	영남권	제주	계
2020	39.9	13.5	2.1	8.9	23.9	0.8	89.1
2034	43.1	17.9	2.7	10.4	26.0	1.2	101.2
증분	+3.2	+4.4	+0.6	+1.5	+2.1	+0.3	+12.1
2020	39.8	13.8	2.7	9.5	23.8	0.9	90.6
2034	42.0	18.2	3.4	10.4	27.4	1.2	102.5
증분	+2.2	+4.4	+0.7	+0.9	+3.6	+0.3	+12.0

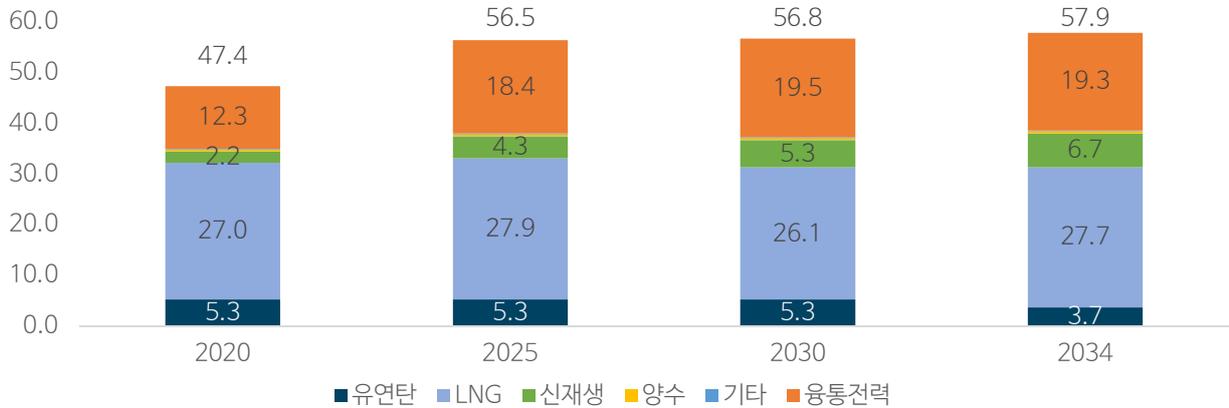
- 2020년 기준 수도권 유통선로의 여유용량은 평균 751MW 로 1GW 미만

표 5. 수도권 유통전력 (단위: GW)

구분	수도권 최대전력 수요	한계량(상한)	평균실적	여유용량
1월	53.5	10.4	9.2	1.2
2월	55.5	10.7	10.4	0.3
3월	61.7	10.4	9.8	0.6
4월	58.3	11.1	10.7	0.4
5월	55.0	11.6	11.1	0.5
6월	54.1	11.1	9.7	1.4
7월	69.6	12.1	11.4	0.7
8월	58.9	11.8	11.4	0.4
9월	58.5	10.6	9.9	0.7
10월	45.5	10.8	10.5	0.3
11월	57.8	11.0	9.4	1.6
12월	70.8	11.6	10.7	0.9

자료: 전력거래소, 2020년 전력계통운영실적

그림 2. 제 9 차 전력수급기본계획 상 수도권 전원구성 전망 (단위: GW)



2.2. 발전설비·용통선로 확충되더라도 수도권-비수도권 전력 수급불균형 심화로 계통불안정 초래

- 현재 전국 총 34 기 이상의 석탄화력발전기 계통 안정유지를 위해 필수운전(must-run) 발전기로 운영
 - 영흥, 태안, 당진, 보령 등의 화력발전기들은 수도권 전압을 지지하는 역할 담당
 - 호남, 여수 발전단지 발전기를 제외하면 필수운영 문제 해소에 대한 계획이 확인되지 않음
- 현시스템에서 수도권 전력수급 불균형 심화될 경우, 기존 석탄화력 발전 폐지 계획 실행 차질 가능
 - 해소가 예정된 호남, 여수 제외 32 기의 용량은 약 20GW 이며, 이들 전체가 필수 운전할 경우, 연간 129.3TWh 전력이 생산(이용률 75% 가정)되며 이 과정에서 113.0 백만톤 CO₂ 배출

표 6. 제 9 차 전력수급기본계획 상 석탄 폐지 및 연료전환 계획

구분	'20~'24년	'25~'30년	'31~'34년
석탄 폐지	삼천포#1,2 보령#1,2, 호남#1,2	-	-
석탄 폐지 후 LNG 연료전환	삼천포#3,4	태안#1~4 보령#5,6 하동#1~4 삼천포#5,6 당진#1~4	태안#5,6 영흥#1,2, 하동#5,6

3. 시사점

3.1. 반도체·데이터센터 전력수요를 비수도권 지역으로 이전하거나, 수도권 내 추가적인 발전설비 및 용통선로 확보 필요

- 데이터센터의 경우 ‘분산에너지 활성화 전략’과 연계한 전력계통 영향평가²를 통해 계통 여유지역으로 수요 분산을 유도할 계획(제 9 차 장기송변전설비계획)
- 그러나 반도체는 산업부의 K-반도체 전략 추진을 통해 전력수요 지역을 수도권으로 기확정하여 수요 분산 혹은 이전이 어려운 상황

3.2. 탄소중립 달성하면서 계통안정성 유지 위해 기존 전력체계의 변화 필요 : 전력 수급불균형 심화로 전압문제 위험 가중 → Must-run 발전기 수명연장의 이유되지 않아야

- 탄소중립 및 NDC 달성을 위한 비수도권 재생에너지 유입이 예정된 가운데 수도권 전력 수요가 더욱 증가하면서 수도권-비수도권간 전력 수급불균형은 더욱 심화될 전망
 - 수급불균형이 심화될 경우 사고 발생 시 전압 문제에 따른 정전 발생 가능성 증가 → 현 시스템 하에서는 연계지역(중부권)에 계통안정 유지용 필수운전 발전기가 더 확보되어야 하는 역설 발생

표 7. 계통안정 유지용 필수운전(MUST-RUN) 발전기 목록

발전단지	문제점	조치사항			해소시점
		봄/가을	여름	겨울	
영흥	계통 고장 시 수도권 과전압 발생	4 대 이상	4 대 이상	수립중	-
태안,당진, 보령,하동, 삼척	계통 고장 시 송전선로 과부하 발생	26 대 이상	26 대 이상	수립중	-
삼천포	계통 고장 시 전압불안정 발생	2 대 이상	2 대 이상	수립중	-
호남, 여수	계통 고장 시 전압불안정 및 과부하 발생	2 대 이상	2 대 이상	수립중	‘21.12 월 설비 보강 시 해소 전망

주) 최소 가동기수는 계통 및 수급상황에 따라 변경 가능

자료: 더불어민주당 이소영 의원실

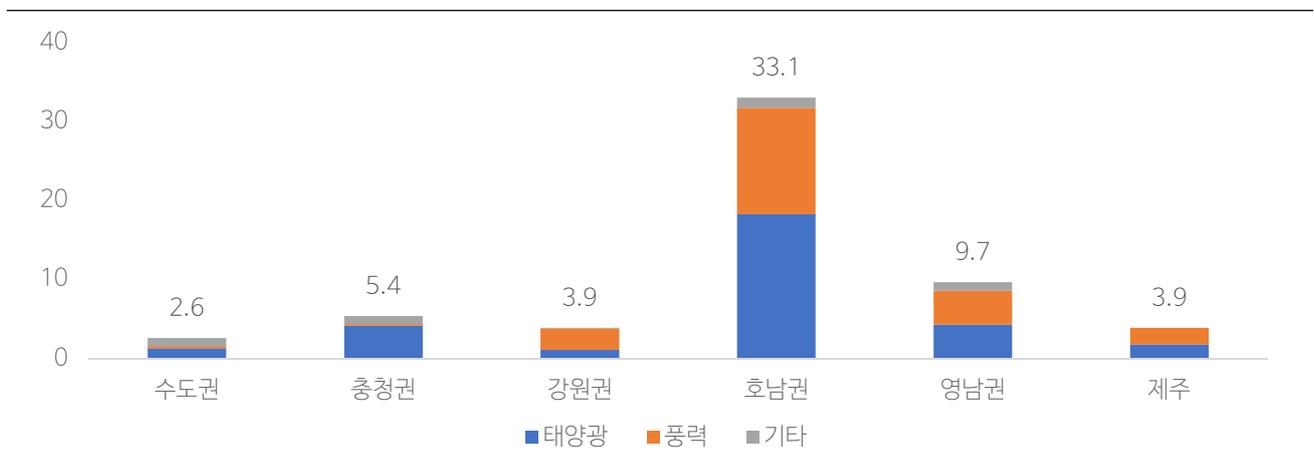
² 2021 년 7 월 27 일 발의된 “분산에너지 활성화 특별법안”의 주요 내용임

4. 제안사항

4.1. 전력계통영향평가의 조속한 시행으로 수요지 분산화 등 유도하여 궁극적으로 기존의 중앙집중형 전력망에 대한 의존도가 낮아져야

- 2021년 7월 27일 “분산에너지 활성화 특별법안” 국회 발의
- 제 9차 장기송변전설비계획은 2034년까지 신규 보급 신재생에너지의 56.5% 호남권 공급 예정
- 기존 중앙집중형 전력망 의존 시 송전선로 길이 연장 및 고전압화 불가피하여 주민수용성 이슈에 직면할 뿐 아니라 계통사고 위험 가능성 증가

그림 3. 제 9차 장기 송변전설비계획 상 2034년 기준 재생에너지 신규 설치 전망 (단위: GW)



4.2. 반도체 제조 시설, 데이터센터 설립 계획의 상당 수 2025년까지 예정으로, 이들의 사업계획 승인 전 분산에너지 활성화 특별법안의 통과 및 전력계통영향평가의 조속한 시행 필요

- (분산에너지 활성화 특별법안 중)
 - “전력계통영향평가”란 일정규모 이상의 전기사용시설 및 공동주택단지 등의 시행에 따라 「전기사업법」 제 2 조제 14 호에 따른 전력계통에 발생하는 전기의 원활한 흐름·품질유지 및 전력의 안정적 공급과 사용에 영향을 조사·예측·평가하고 그와 관련된 각종 문제점을 최소화할 수 있는 방안을 마련하는 행위를 말한다.
 - 계통영향사업자는 대상사업 또는 그 사업계획에 대한 승인·인가·허가 또는 지정 등을 받아야 하는 경우에는 그 승인 등을 신청하기 전에 미리 산업통상자원부장관에게 대통령령으로 정하는 시기까지 전력계통영향을 평가한 결과서를 제출하여야 한다.

- 부정적인 전력계통 영향이 예상됨에도 불구하고 특별한 사유로 비수도권 이전 유도가 여의치 않을 경우 최소 일정비율 이상의 전력수요는 자체 발전 또는 구역내 인근 발전소와의 공급계약을 체결하여 중앙 전력망에 대한 부담을 줄이는 방향도 함께 검토될 수 있음
 - 다만, 디젤발전 또는 LNG 발전이 과중하게 증가할 가능성 배제할 수 없어 분산형 시스템 정착 및 탄소중립 목표에 모두 부합하는 촘촘한 설계 필요.

4.3 계통안정성 유지하면서 계획된 석탄화력발전소 폐지 이행에 차질이 없기 위해서는 필수운전 발전기 이외의 계통 관성공급자원의 구체적인 확보방안이 필요

- 제 9 차 장기 송변전설비계획은 재생에너지 확대에 따른 계통 관성의 보강을 위해 동기조상기 등 회전형 계통안정화 설비 도입 계획을 기재. 다만 실증연구 및 확대적용 목표시점 등에 대한 구체적인 계획은 미공개
 - 재생에너지 확대 뿐만 아니라 수도권 전력수요 집중화에 따른 전압유지 대책이 필요하므로 신속하고 구체적인 대응책 마련 필요.끝.