



KEMRI 전력경제 REVIEW



이전 Review 보기

Vol.314

2025년 4월호

▶ Issue Paper

✧ 해외 전력계통 신뢰도 관리기구의 운영 현황 및 시사점

▶ Research Activities

✧ 유럽 건물 부문의 탈탄소화 동향

✧ 英, 변전소 베이(Bay) 공유정책 시행

【 Highlight 】

1. 배 경

- 전력산업이 꾸준한 성장과 함께 시장 및 기술환경이 복잡·다원화됨에 따라 지속 가능하고 효과적인 신뢰도 관리를 위한 관리체계 및 방법의 고도화 필요성 증대
- 해외 주요국들의 전력계통 신뢰도 관리기구 및 운영 현황 분석을 통해 국내의 신뢰도 관리체계 및 방법에 대한 발전 방향의 모색이 필요

2. 해외 주요국들의 신뢰도 관리기구 운영 현황

- [미국/캐나다] 경제·사회적으로 대규모 피해를 경험한 1965년, 2003년 두 번의 광역 대정전을 통해 의무적 신뢰도 기준 준수를 감독하기 위한 관리기구의 필요성을 자각하고, 독립된 전문 신뢰도기구(NERC)에 당국의 신뢰도 세부 운영 권한을 위임하여 북미 전력계통의 신뢰도 관리를 강화
- [EU] 역내 전력시장 통합을 위하여 전력계통의 연계 확대, 계통운영의 조정 등을 종합적으로 수행할 수 있는 독립된 중립기구(ENTSO-E)를 설립하고, 일원화되고 객관적인 신뢰도 기준(Network Code)을 규정하여 EU 내 송전운영기관들의 이행을 지원 및 감시
- [일본] 후쿠시마 원전사고('11년)로 인해 기존 지역적 전력수급 관리의 한계점을 인식하고, 중앙집중적인 광역 조정을 위해 독립성과 전문성을 갖춘 광역계통운영기관(OCCTO)을 설립하여 전체 수급, 계통계획 및 운영 등 조정 업무를 비롯해 광역계통의 신뢰도 감시 및 송배전사업자들의 신뢰도 기준 개정에 참여

3. 결론 및 시사점

- 해외 주요국들은 사고대응, 계통연계, 산업성장, 기술혁신 등 환경변화에 대응하여 전력계통의 신뢰도를 제고하기 위해 전문화되고 독립된 신뢰도 관리기구를 설립하고, 객관적이고 투명하게 수립한 신뢰도 기준에 근거해 지속적인 신뢰도 평가 및 관계자들의 이행을 감시·감독하고 있음
- 전력시스템이 확대되고 복잡·다원화될수록 계통의 신뢰도 기준을 수립하고, 신뢰도 평가와 기업(기관)들에 대한 감시·평가·제재 등을 이행 및 감독하는 기관의 전문성, 중립성 및 연속성에 대한 강화 요구가 꾸준히 증대하고 있음
- 해외 주요국들의 사례를 참조하여 전력계통의 지속 가능한 신뢰도 유지를 위한 신뢰도 관리체계의 고도화 방안에 대한 사회적 논의가 필요한 시점임

【 목 차 】

Issue Paper

■ 해외 전력계통 신뢰도 관리기구의 운영 현황 및 시사점

장세환 책임연구원

정현우, 이원풍 선임연구원

I. 배 경	1
II. 해외 주요국의 신뢰도 관리기구 운영 현황	2
1. 미국·캐나다 : 북미신뢰도기구(NERC)	2
2. EU : 유럽송전운영자네트워크(ENTSO-E)	6
3. 일본 : 광역계통운영기관(OCCTO)	11
III. 결론 및 시사점	15

Research Activities

I. 유럽 건물 부문의 탈탄소화 동향	17
II. 英, 변전소 베이(Bay) 공유정책 시행	21



Research Issue : 해외 전력계통 신뢰도 관리기구의 운영 현황 및 시사점

I. 배경

- [신뢰도의 개념] 전력계통을 구성하는 제반 설비 및 운영체계 등이 주어진 조건에서 의도된 기능을 적정하게 수행할 수 있는 정도로 정상상태 또는 상정고장 발생 시 소비자가 필요로 하는 전력수요를 공급해 줄 수 있는 "적정성"과 예기치 못한 비정상 고장 시 계통이 붕괴되지 않고 견디어 낼 수 있는 "안전성"을 뜻함(신뢰도 고시 제2조)
- [신뢰도 관리의 필요성] 전력시스템은 국가 핵심 인프라로서 사고 등에 의한 정전이 발생할 경우 재산상 손실뿐만 아니라 인적 피해 발생 가능성도 높으므로, 정전을 회피하고 대응하기 위한 체계적이고 합리적인 신뢰도 기준 마련과 신뢰도 유지를 위한 지속적인 관리가 중요
 - 현대 전력시스템은 전체 시스템이 연결되고 전력의 생산·수송·소비가 대용량화됨에 따라 사고 발생 시 대규모 영향과 전체 시스템으로 파급될 위험을 내재하고 있어 예방과 대비 필요
- [국내 신뢰도 관리] 전기사업법*과 하위법령에 따라 산업부가 직접적인 신뢰도 관리의 주체로서 신뢰도 기준을 수립·관리하고, 전기사업자와 전력거래소에 부여된 신뢰도 기준 유지 의무에 대한 이행을 감독하며, 필요시 조치를 명하거나 제재를 시행
 - * 제27조2 전력계통의 신뢰도 유지, 제18조 전기품질의 유지 등
 - 전력산업구조개편('01년)에 따라 단일사업자(한전)를 감독하던 체계에서 벗어나 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지 기준을 공표(신뢰도 고시, '03.4월)하고, 전력계통신뢰도협의회와 전기위원회(전문위원회)를 통해 신뢰도 기준 관리나 제·개정 관련 사항을 협의하고 심의·결정
 - 신뢰도 고시를 비롯해 전기사업자들의 운영 규정, 전력거래소의 시장운영규칙 등에 관련된 세부 기준을 규정
- 국내 전력산업이 꾸준한 성장과 함께 복잡·다원화됨에 따라 지속 가능하고 효과적인 신뢰도 유지를 위하여 해외 주요국들의 전력계통 신뢰도 관리기구 및 운영 현황을 분석하고, 국내 신뢰도 관리체계 및 방법에 대한 발전 방향의 모색이 필요
 - 에너지의 전기화 및 신수요의 지속적인 증가로 전력시스템의 규모가 확대 중이며, 전력시장에 참여하는 공급 및 수요자원과 에너지신사업자 등 이해관계자들이 급격히 증가
 - 재생에너지, 전기차 등 출력제어의 불확실성이 높은 발전 및 수요자원이 증가하고, 대용량 직류시스템이 결합하면서 전력시스템의 기술적 복잡성이 증대

II. 해외 주요국의 신뢰도 관리기구 운영 현황

1. 미국·캐나다 : 북미신뢰도기구(NERC)

* North American Electric Reliability Corporation

- [개요] 북미지역 전력계통의 신뢰성(Reliability)과 안정성(Security) 위험을 효과적이며 효율적으로 관리하기 위해 미국과 캐나다 당국이 인정한 비영리 국제 규제기관으로 전력계통의 신뢰도 기준을 수립·관리하고, 전력시스템 소유·사용·운영자들의 이행 준수를 감시하는 전기신뢰도기구
- 1965년 북미 북동부 지역의 대정전*을 계기로 계통신뢰도 증진을 목적으로 1968년 관련 기업(기관)들의 협의체 성격으로 설립되어, 자율적 신뢰도 기준을 제정하고 이행
 - * 1965.11.9일 뉴욕주를 중심으로 7개 주와 캐나다 동부지역까지 14시간 광역정전 발생
- 2003년 북동부 대정전* 이후 신뢰도 관리체계 및 기준이 강화되고 에너지법('05년)이 개정 되면서, NERC는 법적인 전기신뢰도기구(Electric Reliability Organization)로 지정('06년)되어 의무적 신뢰도 기준 수립을 위임받고 전력회사들의 신뢰도 기준 준수를 감시('07년)
 - * 2003.8.14일 북북동부 지역의 8개 주 및 캐나다 2개 주에서 최장 43시간 지속된 정전
- 법적으로 FERC(Federal Energy Regulatory Commission) 또는 캐나다 정부의 산하기관은 아니지만, 보고·승인·감사 등 감독을 받고 FERC의 정책을 이행하는 기능을 수행
 - 연간 사업 및 예산 계획(약 1억 달러)을 FERC로부터 승인받으나, NERC의 독립성을 확보하기 위해 운영 재원을 판매사가 부담하고 전기요금에 반영(에너지법, '05년)
- 등록 회원들이 선출한 12명의 이사진 및 운영조직(약 300명)과 전문위원회가 운영
 - 북미지역의 전력 관련 기관 및 기업들은 회원으로 등록하여 신뢰도 기준을 준수하며, 이해관계자들이 참여한 6개 위원회는 NERC의 운영 및 역무를 감시 또는 지원

NERC의 조직

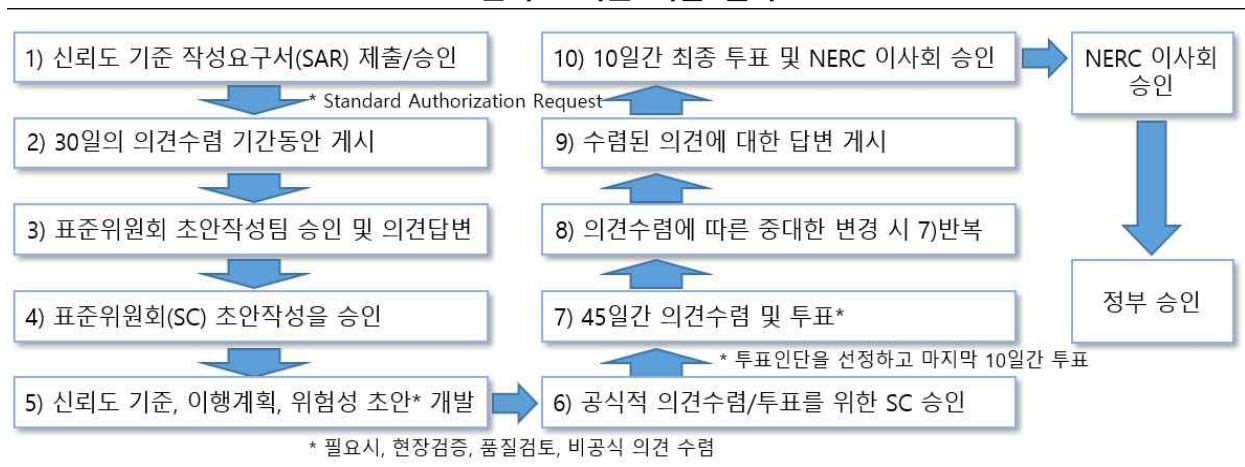


※ 출처 : NERC 홈페이지(www.nerc.com)

- [역할] NERC는 북미 신뢰도 기준 개발 및 관리, 신뢰도 평가, 신뢰도 위험관리, 전기정보공유 분석센터 운영, 신뢰도 기준의 준수 여부 모니터링, 교육 및 인증의 업무를 수행

- (신뢰도 기준 개발 및 관리) 연방전력법(제215조)에 의거해 전력시스템을 계획하고 운영 하기 위한 신뢰도 요구사항을 정의하며, 성능, 위험관리 및 운영자의 역량을 고려해 실증론적인 접근법을 사용하여 합리적인 표준절차에 따라 수립 및 관리
 - FERC가 규정과 정책을 제공하면, NERC는 기준수립절차서(Standard Process Manual)에 따라 이해관계자들과 협력하여 신뢰도 기준을 작성
 - 신뢰도 기준은 개발, 채택 및 승인 과정을 거쳐 FERC 명령 또는 북미 관할권의 해당 당국에 의해 발효되며, 14개 분야에 대한 88개의 세부 기준을 규정하여 운영 중

신뢰도 기준 개발 절차



신뢰도 기준(14개 분야 88개 세부 기준)

분야	세부 기준	항목 수
수급균형(BAL)	수급균형제어, 예비력, AGC 등	8
핵심설비 보호(CIP)	사이버보안, 정보자산 관리, 공급망 위험 등	13
통신(COM)	통신설비구축, 기관 간 협조 등	2
비상시 대비 및 조치(EOP)	비상시 운영계획, 훈련 준비 및 운영 등	7
설비설계, 접속 및 유지보수(FAC)	설비접속기준, 시설용량산정, 송전망유지보수 등	7
융통전력 조정(INT)	융통전력 관리, 조정 방법, 예외 대상 등	2
계통연계 신뢰도 운영 및 협조(IRO)	신뢰도협조, 송전망과부하해소 등	11
모델링, 데이터 및 분석(MOD)	송전용량, 계통해석, 수요예측 등	6
원자력 발전(NUC)	안정적인 원자력발전소 운영	1
인력성과, 교육 및 자격(PER)	운전원 훈련, 교육, 자격 기준 등	3
보호 및 제어(PRC)	발전 및 송전설비 보호 기준 등	18
송전 운영(TOP)	송전운영, 안전도 감시, 휴전계획 등	4
송전 계획(TPL)	상정고장, 계통계획, 지역신뢰도평가 등	2
전압 및 무효전력(VAR)	무효전력 및 전압제어, 자동전압조정 등	3

※ 출처 : NERC, Reliability Standards for BES of North America, 2024.10

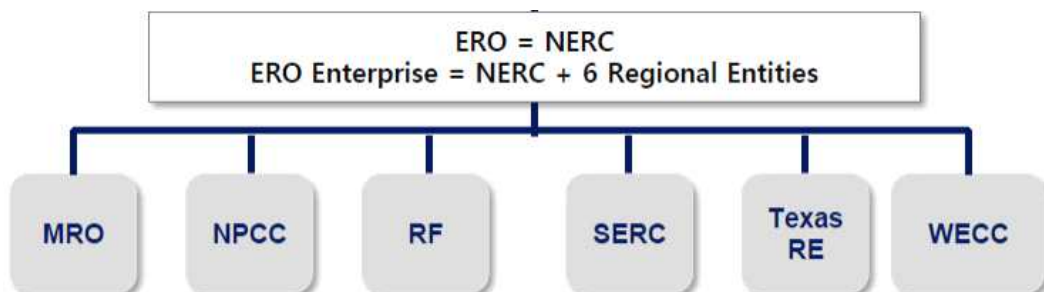
- **(신뢰도 평가 및 이벤트 분석)** 전력시스템의 과거 추세, 현재 상태 및 미래 예측에 대한 조사, 측정, 평가를 위해 이벤트 분석, 신뢰성 평가 및 성능 분석을 수행함으로써 우려 사항을 파악하고 해결을 위한 권장 방안을 제시
 - ※ NERC는 전력설비 보강 명령 또는 관련 시행을 위한 권한이 없으며, 전기가격 및 시장의 효율성에 대한 예측이나 결론을 결정하지 않음
 - 매년 북미 전력계통의 신뢰도 전반, 적정성(Adequacy), 위험도(Risks)를 평가하기 위해 향후 10년간의 장기신뢰도 평가*와 하계·동계 평가 및 특별평가를 수행
 - * 향후 10년간 각 지역의 예비율, 에너지 위험, 극한기상 위험, 주파수응답, 전원믹스 등을 평가
- **(신뢰도 위험관리)** 전력시스템을 실시간으로 모니터링하여 시스템 교란 요인과 이벤트들에 대한 정보를 수집하고, 기술 분석을 수행하여 필요시 등록기관에 공유 및 지원
 - 다른 지역에까지 영향이 미칠 것으로 예상되는 중요한 사고에 대해 고위급 연락망을 유지하고, 정부 기관과 협력하여 산업활동 조정 등의 조치와 함께 정보를 관련기관 및 기업에 공유
- **(전기정보공유분석센터 운영)** 전력시스템의 사이버 및 물리적 위협, 취약성 및 사고 등 신뢰도 위협요인을 인지하고 대응하기 위해 E-ISAC*를 통해 데이터를 수집 및 분석하고, 이해관계자들과의 정보 공유, 사고관리 조정 및 위험완화 전략을 공유
 - * 1998년 국가 경제와 공공복지에 중요한 8개 인프라산업에 대한 정보공유센터(ISC)를 설립할 때 전력분야에 설치된 시스템으로, NERC가 전력분야를 대표해 운영 중
- **(신뢰도 기준 준수 감독)** 계통운영자, 전력회사 등이 신뢰도 기준을 공정하고 일관되게 준수하는지 감시하고, 만약 위반할 경우 이에 대한 제재 및 완화·해소 조치를 시행
 - 현장 확인, 주기적 자료 제출, 자체 보고, 예외사례 보고, 자체 인증, 감사 등을 통해 신뢰도 기준의 준수 여부를 모니터링
 - 확인된 위반 사항에 대한 제재는 NERC의 제재 지침에 따라 위반 요소, 심각도, 기간 등을 고려하여 결정되며, 위반한 기관은 대응계획을 NERC에 제출하고 승인받아 시행해야 함
- **(등록 및 인증)** 신뢰도 기준 준수의 책임이 있는 모든 전력시스템의 소유·운영·사용자를 등록하고, 신뢰도 기준을 준수할 수 있는 체계 및 운영 능력을 검증 후 인증
 - 계통운영자(System Operator)의 무결성과 독립성을 구현하고 유지하는 데 사용되는 정책과 프로세스를 감독하며, 자격 인증 및 유지 프로그램을 개발하고 관리

- [운영] NERC는 북미의 전기신뢰도기구(ERO, Electric Reliability Organization)로서 FERC로부터 승인받은 위임계약을 통해 별도로 독립된 6개의 지역신뢰도기관(Regional Entities)에 특정 권한을 위임하고 신뢰도기구 협력체(ERO Enterprise)를 구축해 북미 전체의 신뢰도 유지 역무를 수행

- NERC는 산업 전체의 관점에서 감독을 수행하며, 지역 신뢰도 기관들은 지역 업계가 신뢰도 기준을 준수하도록 감시·관리하는 동시에 지역 구성원의 요구사항을 검토
 - NERC는 ERO Enterprise를 통해 지역간 차이를 고려한 신뢰도 위험 요인에 대한 유연하고 혁신적인 대응 환경을 구축하고, 지역신뢰도기관(RE)에 위임되는 권한들의 범위 및 조건들의 설정과 RE의 ERO 프로그램들에 대한 감독, 평가, 교육 및 피드백을 담당
 - 지역 신뢰도 기구들의 역할을 존중하고, 책무에 대한 적극적인 협력 및 정보 공유
- 지역 신뢰도 기관들은 독립된 사업 및 예산을 운영하며, FERC와 NERC의 승인을 받아 해당 지역의 감시, 보고, 규제, 지역 신뢰도 기준 작성 등을 수행

Ⅰ 6개의 지역 신뢰도 기구들과 위임된 권한 Ⅰ

- (1) 지역 신뢰도 기준 개발
- (2) 신뢰도 기준 준수 및 집행 모니터링
(북미 전역 및 지역 모두)
- (3) 전력설비의 소유·운영·사용자 등록
- (4) 신뢰도 기관 인증
(독립계통운영자 등 수급균형기관, 송전운영자 등)
- (5) 신뢰도 평가 및 성과 분석
- (6) 교육 및 훈련
- (7) 이벤트 분석 및 신뢰도 개선
- (8) 상황 인식 및 인프라 보안



* MRO(Midwest Reliability Organization), NPCC(Northeast Power Coordinating Council), RF(ReliabilityFirst), SERC(SERC Reliability Corporation), Texas RE(Texas Reliability Entity), WECC(Western Electricity Coordinating Council)

※ 출처 : NERC, 2025 Business Plan and Budget, 2024.7

2. EU : ENTSO-E*

* European Network of Transmission System Operators for Electricity

■ [개요] ENTSO-E는 유럽 36개국의 40개 송전망운영기관(TSO)들이 모인 협의체(Association)로, EU 역내 전력시장의 통합과 전력망의 효율적 운영을 목표로 설립된 비영리법인

○ ENTSO-E는 EU 제3차 에너지 패키지*의 핵심 법령 중 하나인 “Regulation(EC) No 714/2009”에 근거하여 공식 설립되었으며, 구체적인 법적 권한을 부여받음

* EU에서 유럽 내 에너지(전력, 가스) 시장의 경쟁과 효율성을 높이고자 마련한 입법 패키지

- EU 내 규제기관과 TSO 간 협력체계를 강화하기 위한 목적으로 기존에 지역 단위로 운영되던 여러 TSO 협의체를 하나로 통합('08년 12월 설립, '09년 7월 공식 출범)

○ 36개국의 40개 송전망 운영기관(TSO)들이 ENTSO-E 회원으로 참여 중

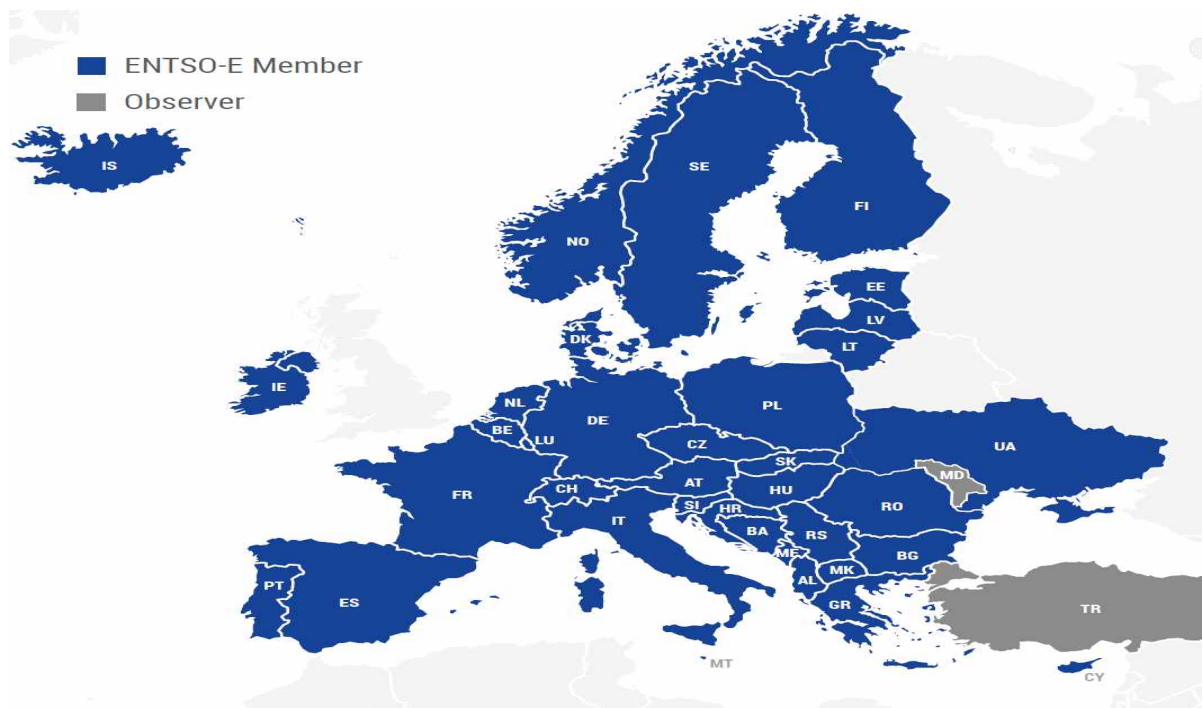
- 우크라이나의 TSO Ukrenergo는 가장 최근에 ENTSO-E의 회원이 됨('24년 1월)

○ 운영예산은 연회비(Membership Fees), 기타 수입 등 다양한 재원을 통해 충당

- 2023년 ENTSO-E의 예산은 총 6,120만 유로(약 968억 원)로, 4,240만 유로의 연회비와 1,880만 유로의 EU 지원금 및 TSO 추가 부담금으로 구성됨

○ 직원 수는 2023년 12월 기준으로 145명이며, 인적 자원은 정규직 직원과 송전망 운영기관(회원)의 파견 직원, 외부용역 인원(IT 지원 서비스 등)으로 구성

■ ENTSO-E 회원 현황('24년 1월 기준) ■



※ 출처 : ENTSO-E, Annual Report 2023, 2024.6

■ [조직 구성] ENTSO-E는 총회(Assembly)를 중심으로 이사회(Board), 위원회(Committees), 법·규제 그룹(Legal&Regulatory Group), 사무국(Secretariat)이 수평적으로 구성된 조직

- (총회) ENTSO-E의 최고 의사결정 기구이며, 송전망 운영기관의 대표자들로 구성됨
 - 조직의 전략적 방향을 결정하고, 주요 임원을 선출(이사회 멤버, 위원회 위원장 등)
- (이사회) 총회에서 선출된 12명의 이사로 구성된 운영·관리 기구
 - 총회가 결정한 방침을 바탕으로 실제 ENTSO-E의 사업 및 활동 전반을 감독하고 실행하며, 위원회 등 산하 조직을 조정 및 지휘
- (위원회) 활동 영역에 따라 6가지 위원회가 존재하며, 각 위원회는 전문가들로 구성되어 해당 분야의 과제·프로젝트를 추진하고, 필요시 워킹그룹, T/F 등을 운영
 - 위원회 간 서로 수평적으로 협력하는 구조이며, 필요시 공동 프로젝트를 수행

■ ENTSO-E 위원회 현황 ■

위원회	주요 업무
시장 (Market)	<ul style="list-style-type: none"> - 유럽 내 전력시장 통합을 위한 규정과 방법론 개발 - 시장 투명성 제공 및 실시간 데이터 공개 플랫폼 운영
연구 및 혁신 (Research & Innovation)	<ul style="list-style-type: none"> - 전력망 운영 혁신을 위한 연구 개발 - 신기술 도입, 재생e 통합을 위한 기술적 연구
전력망 개발 (System Development)	<ul style="list-style-type: none"> - 유럽 전역의 장기 송전망 계획 수립 - 전력망의 연결성 향상 및 국가 간 전력망 연계 강화
전력망 운영 (System Operations)	<ul style="list-style-type: none"> - 유럽 전력망의 안정적 운영을 위한 신뢰도 기준 개발 - 비상 상황 대응 및 시스템 복구 절차 마련
정보 및 통신 기술 (ICT)	<ul style="list-style-type: none"> - 전력망의 효율적 운영을 위한 IT 시스템 개발 및 디지털화 추진 - 데이터 통합 및 관리를 위한 표준화 작업
법률 (Legal)	<ul style="list-style-type: none"> - 전력시장의 법적 기준 마련 및 규제기관 협력 - 규제 준수와 관련된 법적 조언 및 지침 제공

※ 출처 : <https://www.entsoe.eu/about/>

- (법·규제 그룹) 송전망 운영기관들의 법·규제 전문가들로 구성되며, ENTSO-E의 모든 활동과 관련된 법률 및 규제 검토를 수행
 - EU 법체계(Regulation, Directive 등)와 송전망 운영기관의 활동 간 정합성을 확보하고, ENTSO-E 내부 규정·계약서·지침 등 법무 문서의 표준화·개선 등을 담당
- (사무국) ENTSO-E 운영의 실질적 실행부서로, 총회·이사회·위원회의 활동을 지원
 - 내부 문서 작성, 회의 운영, 프로젝트 관리, 외부 협력 등 전반적인 행정 업무 수행
 - 프로젝트 관리 및 보고, 홈페이지·플랫폼 운영, 회원사 간 정보 공유 등도 수행

- [주요 업무] ENTSO-E는 EU 전력시장의 통합과 계통의 안정적 운영을 위해 네트워크 코드(Network Code) 개발 및 운영, 장기 송전망 계획 수립, 전력시장 설계 및 개선, TSO 연구, 데이터 플랫폼 구축, 대외 협력 및 정책 대응 등 전력망 전반을 아우르는 업무 수행

Ⅰ ENTSO-E 주요 업무 Ⅰ

주요 업무	세부 업무 및 역할
① 네트워크 코드 개발 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> - EU 단일 전력시장 통합을 위한 시장 및 계통 운영 조건 등 공통 규칙 제정 - 네트워크 코드 개발(ENTSO-E 초안 작성, ACER*·EU 집행위원회 검토·채택) - 네트워크 코드의 실질적 이행과 회원사 간 협조 지원
② 장기 송전망 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 10년 단위의 장기 전력망 계획 수립 - 재생e 연계, 계통 혼잡 등을 고려한 전력망 투자 우선순위 결정
③ 전력시장 설계 및 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 도매시장 구조 검토, 용량 메커니즘 등 전력시장 설계 - 장·단기 시장 통합, 국가 간 계통혼잡 개선 등 단일시장 완성을 위한 제도 개선
④ TSO 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 계통 안정성, 예비력, 재생e 통합 등 TSO 관련 R&D 수행 - EU R&D 프로젝트(Horizon 등) 참여, 기술 로드맵 수립
⑤ 데이터 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 전력 수급, 가격, 혼잡도 등 데이터 공개 플랫폼 운영 - 데이터 표준화 및 통합, 시뮬레이션 툴 등 공동 인프라 구축
⑥ 대외 협력 및 정책 대응	<ul style="list-style-type: none"> - 유럽연합(EU), 규제기관(ACER), 국제기구(IEA, CIGRE** 등)와 정책·기술 협력 - TSO 간 협력 및 정보 공유 체계 유지

* ACER(EU Agency for the Cooperation of Energy Regulators) : EU 에너지규제협력기구

** CIGRE(International Council on Large Electric Systems) : 국제대전력망협의회

※ 출처 : ENTSO-E, ENTSO-E at a Glance, 2015.6 및 <https://www.entsoe.eu/about/>

- [신뢰도 기준] ENTSO-E는 별도의 독립된 신뢰도 기준(Reliability Standard)을 운영하지 않지만, 신뢰도 관련 조항을 네트워크 코드(Network Code) 내에 포함하여 신뢰도 기준 수립 및 관리
 - 네트워크 코드가 실질적인 신뢰도 기준 역할을 하며, ENTSO-E는 각 회원국의 송전망 운영기관들이 네트워크 코드를 충실히 이행하도록 지원 및 모니터링
 - Connection, Operation, Cybersecurity 분야의 네트워크 코드에는 주파수 및 전압 유지 범위, 사고 시 대응 절차 등 신뢰도 유지를 위한 규정들을 담고 있음
 - 네트워크 코드는 EU 내 전력시장 및 전력망 운영에 대한 세부 규칙을 담고 있으며, 법적 구속력을 가지고 있는 규정(Regulation)임
 - EU 조약하에서 규정(Regulation)은 모든 회원국에 적용되며, EU 회원국의 국내법에 우선하여 적용됨
 - 네트워크 코드는 망 접속 및 운영, 시장, 사이버 보안 등 4개 분야 총 9개 규정으로 구성됨

Ⅰ 네트워크 코드 운영 현황 Ⅰ

분야	네트워크 코드	규 정	제정시기
Connection	① Demand Connection Code	Commission Regulation (EU) 2016/1388	2016.08
	② High Voltage Direct Current Connections	Commission Regulation (EU) 2016/1447	2016.08
	③ Requirements for Generators	Commission Regulation (EU) 2016/631	2016.04
Operation	④ Emergency and Restoration	Commission Regulation (EU) 2017/2196	2017.11
	⑤ System Operations	Commission Regulation (EU) 2017/1485	2017.08
Market	⑥ Capacity Allocation & Congestion Management	Commission Regulation (EU) 1222/2015	2015.07
	⑦ Electricity Balancing	Commission Regulation (EU) 2017/2195	2017.11
	⑧ Forward Capacity Allocation	Commission Regulation (EU) 2016/1719	2016.09
Cybersecurity	⑨ Network Code on Cybersecurity	Commission Delegated Regulation (EU) 2024/1366	2024.03

※ 출처 : https://www.entsoe.eu/network_codes/

- [네트워크 코드 수립 절차] 주제의 복잡성과 정책 우선순위에 따라 평균 2년 내외의 기간을 거쳐 수립되며, 고정된 수립 주기는 정해져 있지 않음

○ ENTSO-E는 네트워크 코드 수립 과정에서 초안 작성, 이후의 이행 지원까지 전 단계에 걸쳐 네트워크 코드의 실질적인 수립 및 운영 주체 역할 수행

○ 에너지 정책의 변화나 기술 발전 등에 맞춰 필요한 경우 네트워크 코드의 개정* 추진

* ⑤ System Operations, ⑥ Capacity Allocation & Congestion Management, ⑦ Electricity Balancing, ⑧ Forward Capacity Allocation 네트워크 코드는 2021년에 일부 개정됨

Ⅰ 네트워크 코드 수립 절차 Ⅰ

기관	역할	소요 기간
EU 집행위원회	네트워크 코드 수립 필요성 제기	6개월
ACER	네트워크 코드에 대한 프레임워크 가이드라인 제시	
ENTSO-E	네트워크 코드 초안을 작성하고 ACER에 제출 (공공의견 수렴 및 이해관계자 협의 포함)	12개월
ACER	네트워크 코드의 검토 및 최종 확정	6개월
EU 집행위원회	네트워크 코드의 공식 채택 및 발효	

※ 출처 : ENTSO-E, Process for Developing Network Codes and Amendments to Network Codes and Guidelines 2023.9 및 <https://eudsoentity.eu/network-codes-market-rules/#network>

Ⅰ 네트워크 코드 주요 내용 Ⅰ

네트워크 코드	주요 내용
① Demand Connection Code	<ul style="list-style-type: none"> • 수요 고객의 계통접속 시 필요한 기술적 요구사항을 정의 - 전압, 주파수 등 기술적 표준을 설정하여 수요 고객이 계통접속 시 전력망에 미치는 영향을 최소화
② High Voltage Direct Current Connections	<ul style="list-style-type: none"> • HVDC에 대한 기술적 요구사항을 정의 - HVDC 연계 시 송전망 시스템의 보호를 위한 기준 설정
③ Requirements for Generators	<ul style="list-style-type: none"> • 발전소의 계통접속 시 필요한 기술적 요구사항을 정의 - 발전소의 주파수 및 전압 유지, 고장 발생 시 자동 차단 등에 대한 기술적 표준을 설정하여 발전소가 전력망에 미치는 영향을 최소화
④ Emergency and Restoration	<ul style="list-style-type: none"> • 비상 상황 대응 및 복구 절차를 정의 - 대규모 정전 시 전력망 복구를 위한 절차와 시스템을 규정 - 시스템 복구를 위한 국제적 협력 절차와 비상 지원 체계를 마련하여 신속하게 계통 안정성을 회복할 수 있도록 함
⑤ System Operations	<ul style="list-style-type: none"> • 전력망 운영의 기본 규칙과 절차를 정의 - 계통 안정성 확보를 위해 전압 및 주파수 유지 규정을 설정 - 안전한 시스템 운영을 위한 기술적 요구사항을 정의하고, 전력수급 유지, 보조 서비스 등을 규정
⑥ Capacity Allocation & Congestion Management	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 간 전력 거래를 위한 송전용량 할당과 송전혼잡 관리 규정을 정의 - 국가 간 송전망을 통한 전력 거래 시 송전용량 배분과 송전혼잡 상황 발생 시 관리 방안에 대해 규정
⑦ Electricity Balancing	<ul style="list-style-type: none"> • 전력망의 수급 불균형을 해소하는 규정을 정의 - 실시간 수급 불균형 정산 절차와 가격 책정 방법을 규정 - 발전소와 소비자 간 수급 유지를 위한 역할 명확화
⑧ Forward Capacity Allocation	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 송전용량(재무적 송전권) 거래를 위한 규정을 정의 - 미래 송전용량 할당 및 거래에 관한 규칙을 정의
⑨ Network Code on Cybersecurity	<ul style="list-style-type: none"> • 사이버 보안과 관련된 규정을 정의 - 전력망의 사이버 보안을 강화, 데이터 보호에 대한 보안 표준 설정 - 사이버 공격에 대응하기 위한 보안 프로토콜과 위험 관리 절차 마련

※ 출처 : https://www.entsoe.eu/network_codes/

3. 일본 : 전력광역적운영추진기관(OCCTO*)

* Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators

■ [개요] 전기사업법 개정에 의해 2015년 4월 정부의 감독 아래 독립적 법인으로 설립됨

○ (배경) 2011년 동일본 대지진에 의한 후쿠시마 원전 사고로 인해 기존 지역적 전력 수급 관리의 한계점을 확인하고, 중앙집중적인 광역 조정을 위하여 OCCTO를 설립

- 기존에는 수직독점체제를 갖춘 10개의 전력회사가 지역별로 전력공급을 수행하고, 관할 구역을 넘나드는 송전망 조정 및 관련 업무는 일본 ESCJ*가 수행

* 일본 전력계통이용협의회(Electric Power System Council of Japan) : 2004년 설립된 중립기관

※ 일본은 지역별로 10개 대형 전력회사의 수직적 구조에서, 발전·판매 부문의 경쟁을 허용하고 송배전 부문(계통운영 포함)은 법적 분리된('20년) 10개의 송배전회사가 지역독점적으로 운영

○ (근거) 전기사업법 제28조 제3항에 OCCTO의 설립 및 운영 절차, 업무 등을 명시

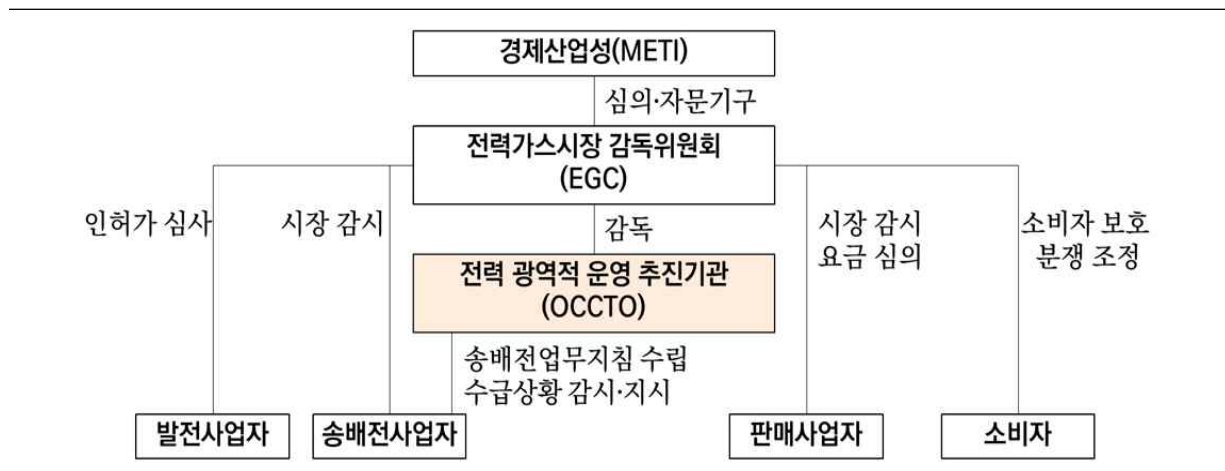
○ (규제체계) OCCTO는 경제산업성* 산하 기관으로 전력가스시장 감독위원회**의 규제를 받으며 모든 전력회사(발전사업자, 판매사업자, 송배전망 사업자)는 의무적으로 OCCTO의 회원사로 등록됨

* METI(Ministry of Economy, Trade and Industry) : 일본 행정조직으로 산하에 자원에너지청이 있으며, 국내 산업통상자원부와 중소벤처기업부의 기능을 수행

** EGC(Electricity & Gas Market Surveillance Commission) : 전력·가스·열의 적정 거래 모니터링 및 전력·가스 네트워크 부문의 중립성 확보를 위한 활동을 규제

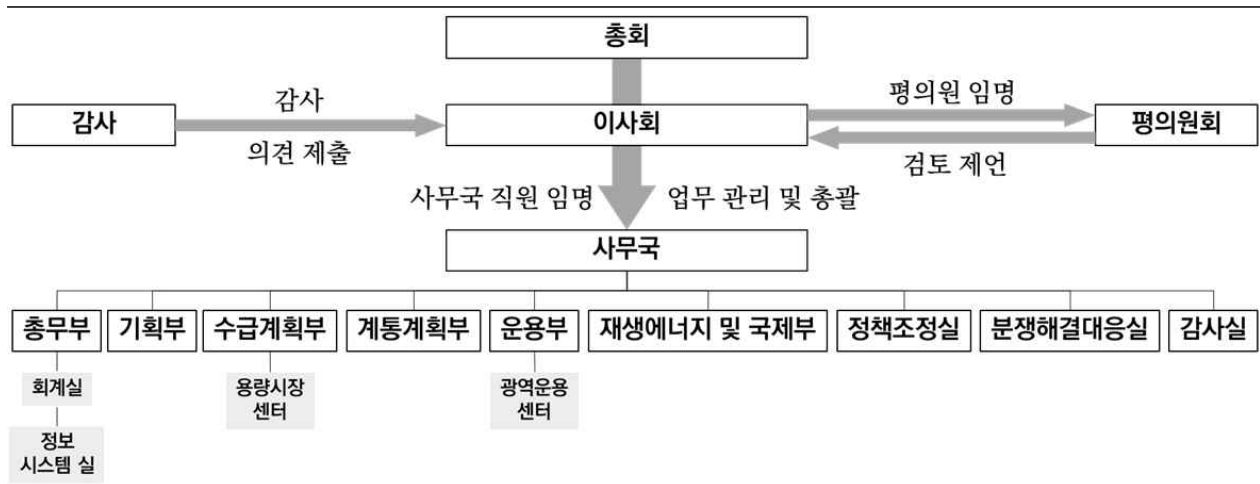
○ (기관운영) 등록회원들의 연회비 및 기타 수입('24년 약 1,400억 원)으로 운영되며, 2023년 기준 사무국 인원수는 212명이며, 등록회원(사업자) 수는 1,935개

Ⅰ 일본 전력 규제 거버넌스 구조도 Ⅰ



- [운영체계] OCCTO는 위원장 1명, 이사 3명, 비상근 감사 3명, 평의원 13명으로 구성되어 있으며, 사무국은 6부(총무, 기획, 수급계획, 계통계획, 운용, 재생e 및 국제부) 3실(정책조정, 분쟁해결, 감사)로 구성

Ⅰ 일본 OCCTO 조직도 Ⅰ



※ 출처 : OCCTO, 공식 홈페이지 (www.occto.or.jp), 재구성

Ⅰ OCCTO 내 부서별 주요 업무 Ⅰ

구 분	업 무
총회	▶ 정관 및 업무규정 변경, 예산, 결산, 임원 선임 및 해임 등을 의결
이사회	▶ 조직 운영 관련 업무 전반
평의원회	▶ 중립적인 관점에서 중요 사항들을 심의
총무부	▶ 규정들의 전체 조정, 재해 등 복구 비용 지원금 설계, 자금운용, 방재, 사무국 내의 업무 전반 총괄
- 회계실	▶ 예산, 결산, 자금관리 등
- 정보 시스템실	▶ 정보시스템 및 보안 대책, 계약 전환 지원 등
기획부	▶ 용량 시장, 수급 조정시장의 규제 설계, 조정력 및 공급신뢰도 체계 검토, 그리드 코드 검토
수급계획부	▶ 수요 상정, 수급 밸런스 평가, 공급계획 취합(계통계획부 업무 외), 전원 입찰 등 시장제도 설계 및 운용·관리
- 용량시장센터	▶ 용량 시장의 운용·관리(옥션, 평가, 청구, 교부 관련 업무 등)
계통계획부	▶ 송배전설비 계획 수립, 공급계획 취합(송배전 부문), 1만kW 이상 발전설비 등에 관련된 접속 검토 등
운용부	▶ 수급 관련 업무, 수급 악화 시 대응, 연계선로 관리, 설비 정지 계획 조정, 광역 주파수 조정
- 광역운용센터	▶ 수급 및 계통 상황 감시 및 관리
재생에너지 및 국제부	▶ 재생에너지 특별법 규정에 따라 수행할 업무 전반, 해외 조사 등 국제 관계 업무 총괄
정책조정실	▶ OCCTO 업무 관련 전체 조정, 기본 정책 기획 및 입안
분쟁해결대응실	▶ 사업자 간 문제 대응, 상담 및 중재, 조정 등
감사실	▶ 감사 업무 전반

* 모든 회원은 총회 의결권 행사, 지시 및 요청 등 규칙 준수, 공급계획 제출, 재해 대응 등의 책무를 가짐

※ 출처 : OCCTO, 공식 홈페이지 (www.occto.or.jp), 재구성

- [역할] 광역계통 정비계획 수립, 계통상황 감시, 계통접속 검토, 용량 및 수급조정 시장 설계·검토·운영, 관련 업무 규정 수립, 대규모 재해 대응 및 사업자 간 문제 대응 등을 수행

○ (광역계통 정비계획 수립) 모든 전기사업자로부터 향후 10년간의 공급계획*을 제출받아 광역계통에 맞춰진 중장기적인 수급 및 송배전망 정비계획을 수립

* 향후 10년간의 수급 전망과 발전소 개발, 송전망 정비 등을 정리한 계획

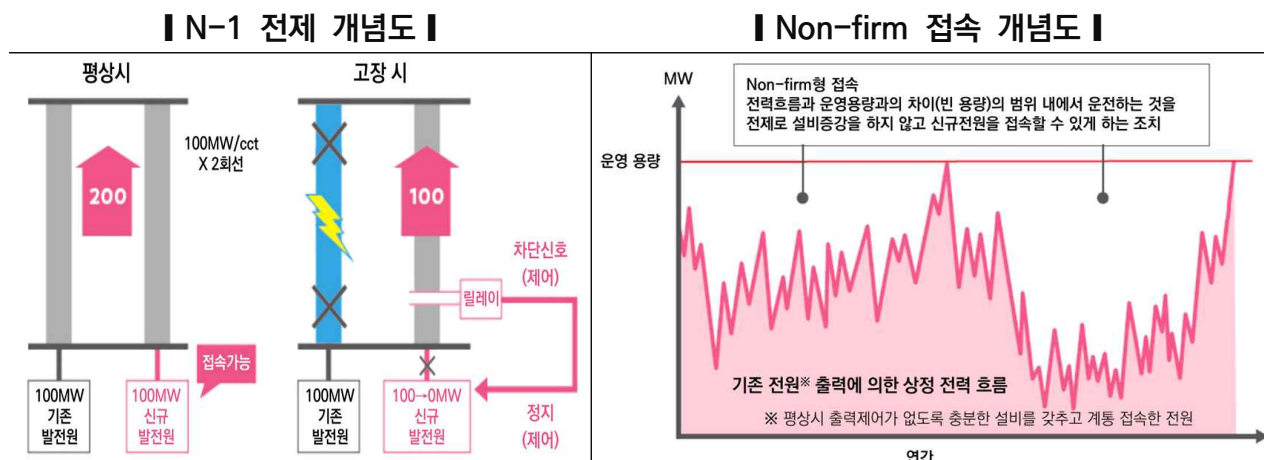
○ (계통상황 감시) 계통감시시스템을 도입해 전국 규모로 수급상황 및 운용상황 등을 파악하여 수급 악화 시 사업자에게 전력유통 또는 전원급전조정 등을 지시

○ (계통접속 검토) 발전사업자의 계통접속신청에 대해 일반 송배전사업자가 실시한 검토 결과를 검증할 뿐만 아니라 기존 전력계통의 이용을 극대화하는 조치를 수행

- 계통이용 극대화 조치 : Connect & Manage 조치(N-1 전제*, Non-firm 접속**)가 대표적인

* (N-1 전제) 고장 발생 시 지정된 규칙대로 발전원 출력 저감(평상시 선로 활용 용량 증가)

** (Non-firm 접속) 출력제어를 전제로 설비 보강을 하지 않고 신규 전원을 계통에 접속



※ 출처 : OCCTO, 공식 홈페이지 (www.occto.or.jp)

○ (시장 설계·검토·운영) 재생에너지 증가에 맞춰 중·장기적 관점에서 안정적인 전력공급과 효율적인 공급력 및 조정력 확보를 위해 용량 및 조정력 시장을 설계·운영

○ (관련 업무규정 수립) 내부정관, 업무규정, 송배전업무지침 등과 같이 사업자가 준수해야 할 규칙을 수립하고 대외적으로 법령, 심사기준, 가이드라인 수립에도 참여

○ (대규모 재해 대응) 재해 발생 시에 대비해 평상시 재해 대응 훈련 및 국가 방재 업무 계획에 근거하여, 긴급 연락 체계 및 재해 대응 태세 마련 등 국가 기관과 연동 강화

○ (사업자 간 문제 대응) 송배전 업무 등에 대한 불만 접수, 분쟁 중재 및 조정 등을 수행

- [신뢰도 기준 관련 업무] OCCTO는 10개 일반 송배전사업자들이 각각 수립한 계통이용규칙(신뢰도 기준)을 토대로 광역계통을 계획 및 운영하며, 신뢰도 기준 개정 등의 업무에도 참여
 - 일본 전력 계통은 관동(50Hz)과 관서(60Hz)로 나뉘어 지역별 특성이 존재하기 때문에 각 송배전사업자의 계통이용규칙을 OCCTO가 통합하지 않고 광역조정 역할에 집중
 - 각 송배전사업자의 계통이용규칙에는 상정사고(N-1, N-2) 기준, 동기 안정도, 전압 안정도, 주파수 변동 대응 조치, 열용량 등 신뢰도 기준이 자체적으로 명시되어 있음
 - 송배전사업자 계통이용규칙의 개정 또는 보완이 필요할 시 OCCTO는 개정사항에 대해 광역관점에서의 검토를 수행하며, 최종적으로 경제산업성(METI)의 승인을 받음
 - OCCTO와 METI는 신뢰도 기준 외에 송배전 업무 지침, 계통연계 규정, 계통접속 규칙 등 다양한 기술 요건들을 포함하는 중장기적인 그리드 코드 수립을 추진 중
 - OCCTO에서는 2020년부터 그리드 코드 검토 위원회를 통해 단기, 중기, 장기 등 단계적으로 도입이 필요한 기술 요건*을 검토하여 추가하고 있음
- * (예시) 축전지(ESS) 및 EV용 급속 충전기 등 전력 계통연계 증가가 예상되는 설비 기술 요건

Ⅰ 계통연계와 관련된 규정별 특성 Ⅰ

관련 규정	수립주체	근거	실효성	절차 적절성	변경 용이성	전문성	통일성	통일성 보완
송배전 업무 지침	OCCTO	법령	◎	◎	△	△	○	
계통연계 기술요건 가이드라인	자원에너지청	지침	○	○	△	△	○	
계통연계 규정	일본전기협회	지침	○	○	△	○	○	
계통연계 기술요건	각 일반 송배전사업자	법령	◎	◎	○	○	△*	
계통접속 규칙	각 일반 송배전사업자	지침	△	△	◎	○	△	

[정도] ◎(높음) / ○(중간) / △(낮음) * 각 송배전사업자에 의해 수립된 사항으로 지역적 차이가 존재가능

※ 출처 : 자원에너지청, 그리드 코드의 체계 및 검토 방향성에 대해서, 2019.3

Ⅲ. 결론 및 시사점

- 해외 주요국들은 사고대응, 계통연계, 산업성장, 기술혁신 등 환경변화에 대응하여 전력계통의 신뢰도를 제고하기 위해 전문화되고 독립된 신뢰도 관리기구를 설립하고, 객관적이고 투명하게 수립한 신뢰도 기준에 근거해 지속적인 신뢰도 평가 및 관계자들의 이행을 감시·감독하고 있음
- (미국/캐나다) 경제·사회적으로 대규모 피해를 경험한 1965년, 2003년 두 번의 광역 대정전을 통해 의무적 신뢰도 기준의 준수·감독과 관리기구의 필요성을 자각하고, 독립된 전문 신뢰도기구(NERC)에 당국의 신뢰도 세부 관리 권한을 위임하고 기구감독을 통해 북미 전력계통의 신뢰도 관리를 강화
- (EU) 역내 전력시장 통합을 위하여 전력계통 연계의 확대, 계통운영의 조정기능 등을 종합적으로 수행할 수 있는 독립된 전문중립기구(ENTSO-E)를 설립하여 일원화되고 객관적인 신뢰도 기준을 규정하고, EU 내 송전운영기관들의 이행을 지원 및 감시
- (일본) 후쿠시마 원전사고('11년) 이후 기존 지역적 전력수급 관리의 한계점을 인식하고 중앙집중적인 광역 조정을 위해 독립성과 전문성을 갖춘 광역계통운영기관(OCCTO)을 설립하고, 전체 수급, 계통계획 및 운영 등 조정 업무를 비롯해 광역계통의 신뢰도 감시 및 송배전사업자들의 신뢰도 기준 개정 참여

신뢰도 기구	미국/캐나다	EU	일본
	북미신뢰도기구 (NERC)	유럽송전운영자 네트워크(ENTSO-E)	광역계통운영기관 (OCCTO)
성 격	비영리 국제 규제기관	비영리법인	공공기관
법적 근거	에너지법('05년)	EU법령('09년)	전기사업법('13년)
주요 업무	신뢰도 기준 수립 및 감시·평가·감독	신뢰도 기준 수립 및 장기 망계획 등	지역 송배전사업자 역할의 전국적 조정
운영인력(연간예산)	약 300명(약 1,300억원)	약 150명(약 1,000억원)	약 200명(약 1,400억원)
감시/감독기관	연방에너지규제위원회 (FERC)	에너지규제조정국 (ACER)	전력가스시장 감독위원회(EGC)

- 국내에서는 산업부가 전력계통의 신뢰도 유지에 대한 규제 및 감독자로서 전력계통에 적합한 신뢰도 기준을 수립하고 환경변화에 따른 지속적인 개선을 통해 신뢰도를 유지 및 제고하고 있음
- 전력시스템이 확대되고 복잡·다원화될수록 계통의 신뢰도 기준을 수립하고, 신뢰도 평가와 기업(기관)들에 대한 감시·평가·제재 등을 이행 및 감독하는 기관의 전문성, 중립성 및 연속성에 대한 강화 요구가 꾸준히 증대하고 있음
- 전력계통의 신뢰도 유지를 위해 해외 주요국들의 사례를 참조하여 신뢰도 관리체계의 고도화 방안에 대한 사회적 논의가 필요한 시점임

【참고문헌】

- ▶ 간사이전력송배전주식회사, 유통설비계획에 관한 통달(流通設備計画に関する通達), 2023.4
- ▶ 산업부, 국내 전력계통 신뢰도 관리기구 설립방안 연구, 2014.2
- ▶ 일본 자원에너지청, 그리드 코드의 체계 및 검토 방향성에 대해서, 2019.3
- ▶ 일본 자원에너지청, 그리드 코드에 대해서, 2022.3
- ▶ 지경부, 전력계통 세부 운영기준 개발방안 및 신뢰도 관리체계 구축연구, 2013.2
- ▶ ENTSO-E, Annual Report 2023, 2024.6
- ▶ ENTSO-E, ENTSO-E at a Glance, 2015.6
- ▶ ENTSO-E, Process for Developing Network Codes and Amendments to Network Codes and Guidelines 2023.9
- ▶ <https://www.entsoe.eu/about/>
- ▶ https://www.entsoe.eu/network_codes/
- ▶ <https://eudsoentity.eu/network-codes-market-rules/#network>
- ▶ NERC, 2025 Business Plan and Budget, 2024.7
- ▶ NERC, Standard Processes Manual, 2023.11
- ▶ NERC 공식 홈페이지(www.nerc.com)
- ▶ NERC, Reliability Standards for BES of North America, 2024.10
- ▶ OCCTO, 공식 홈페이지 (www.occto.or.jp)

작성자 : 한전 경영연구원 장세환 책임연구원
정현우 선임연구원
이원풍 선임연구원

Research Activities I : 유럽 건물 부문의 탈탄소화 동향

자료 Decarbonizing European Real Estate Won't Be Easy (S&P Global Ratings, 2025.1)

* 상기 자료는 신용평가사 S&P Global Ratings가 평가대상 기업 중 유럽의 주거용 부동산 회사들을 대상으로 탈탄소화와 관련된 잠재적 리스크를 분석

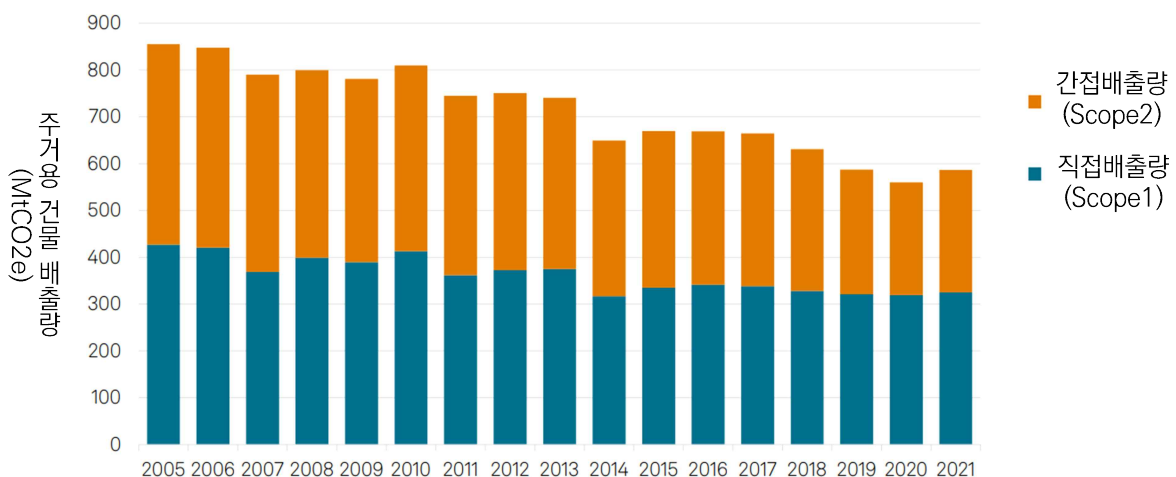
1 건물 부문 배출량 및 규제 현황

- UNEP*에 따르면 전 세계 건물의 에너지 사용과 관련된 연간 온실가스 배출량은 전 세계 배출량의 약 26%를 차지하며, 철강시멘트 등의 자재를 사용하는 건물의 건설 및 리노베이션에 따른 온실가스 배출량은 전 세계 배출량의 10%를 차지

* **U**nited **N**ations **E**nvironment **P**rogramme: 환경에 관한 활동을 조정하는 유엔 산하 국제기구

- 건물 부문은 에너지, 물, 건설 자재의 주요 소비자로서 에너지 및 운송, 철강·시멘트·유리·세라믹 제조와 같은 핵심 산업 부문의 탄소배출에도 영향을 미침
- 특히 EU의 주거용 건물 배출량은 화석연료 발전량 감소와 재생에너지 증가에 따른 간접 배출량(Scope2) 감소로 인해 최근 꾸준히 줄어들고 있는 중
- 바닥면적 기준 EU 내 주거용 부동산의 약 3분의 1이 임대됨에 따라 ‘주거용 부동산 임대회사(이하 부동산 회사)’는 향후 EU의 탈탄소 목표 달성에 핵심적인 역할 수행 가능

■ EU 27개국의 주거용 건물 배출량 추세 ■



※ 출처 : EU Building Stock Observatory, UNEP, IEA, S&P Global Ratings

- 최근 EU는 건물 배출량 규제 강화를 위해 주거용 건물에 대한 에너지 효율 목표, 에너지 성능 기준 등의 내용이 포함된 ‘건물 에너지 성능 지침(EPBD)’을 개정*

* Energy Performance of Building Directive: 2024년 5월 발효되었으며, EU 회원국들은 지침의 요구사항을 2026년까지 자국법에 반영해야 함

- EPBD는 2030년과 2035년의 주거용 건물 에너지 소비량을 2020년 대비 각각 16%, 22% 절감하는 것을 목표로 하며, EU 회원국들에게 건물의 에너지 효율 향상을 위한 리노베이션 전략 수립을 요구
- 국가와 지역별로 차이가 존재했던 에너지 성능 인증서(Energy Performance Certificates, EPC)의 표준안*을 마련
- * 건물의 에너지 성능 등급을 최고 등급인 A등급부터 최하등급인 G등급까지 총 7개 단계로 구분함. 참고로 한국의 제로에너지빌딩 인증 등급은 6단계(ZEB Plus, ZEB 1등급~5등급)로 구분됨
- 화석연료 기반의 난방·온수용 보일러를 점진적으로 폐기하고, 히트펌프와 같이 에너지 효율이 우수한 제품의 보급 확대를 추진

2 EU 주거용 건물 탈탄소화의 어려움

- EU 주거용 건물(약 1억 2,500만 개)의 80%는 2000년 이전에 지어진 에너지 효율이 낮은 노후 건물이며, 이 중에서 리노베이션이 가능한 건물의 비율은 연 1%에 불과
 - 부동산 회사와 건물 소유주들은 리노베이션이 어려운 이유로 숙련 노동자의 가용성, 세입자의 동의, 높은 비용, 건물별 특성 차이에 기인한 반복 작업 곤란을 꼽음
- EU 집행위원회(EC)는 EU의 단·장기 탈탄소 목표를 달성하기 위해서는 매년 기존 건물의 2~5%가 리노베이션 되어야 한다고 분석
 - 소유 건물별 특성(연식, 구조 등) 차이에도 불구하고, 많은 건물에 반복 적용이 가능한 효율적인 리노베이션 기술을 확보하는 것이 부동산 회사가 당면한 과제임
- 한편, 신축 건물의 경우 에너지 효율적 설계 등을 통해 규제 사항 준수가 비교적 용이하나, 생애주기(life-cycle)를 고려하면 여전히 상당한 배출량이 발생
 - 건물의 생애주기 중 건축 또는 보수·개조 시 사용된 자재(시멘트, 철강 등)의 생산과 운송 등에 따른 배출량이 존재하는데, 이를 ‘내재된 배출량’이라고 함
 - 관련 연구에 따르면 신축 건물은 리노베이션에 비해 내재된 배출량이 약 3배 정도임
 - 전력의 탈탄소화가 진행(배출량 중 Scope2 비중 감소)되면서 신축 건물의 내재된 배출량 문제가 점점 부각(Scope3 비중 증가)될 것으로 예상됨

3 EU 부동산 회사들의 대응

□ EU의 건물 배출량 규제로 탈탄소 압박에 직면한 유럽 부동산 회사들은 2030년까지의 온실가스 감축 목표를 설정함

- 부동산 회사들은 EU의 2030년 목표와 일치하도록 배출량을 40~50% 감축하거나, 에너지 효율을 15~20% 개선하는 것을 목표로 하고 있음
- 일부 신축 건물은 에너지 사용 수준 혹은 내재된 배출량(Scope3 간접 배출량 감축 목표 중 하나) 등과 같은 특화된 목표에 초점을 맞추고 있음

□ 설문조사* 결과에 따르면 기업들은 탈탄소 목표 달성을 위해 청정 전력·열의 사용, 에너지 효율 개선 등의 다양한 탈탄소 솔루션을 조합해 사용 중인 것으로 나타남

* 주거용 부동산의 총가치가 40억 유로 이상인 20개 기업을 대상으로 조사

- 특히 히트펌프를 통한 열 부문의 전기화는 재생에너지와 결합해 탈탄소화에 기여할 수 있다는 장점이 있어 장기적인 측면에서 핵심 역할을 담당할 것으로 예상됨

Ⅰ 주요 탈탄소 솔루션 Ⅰ

탈탄소 솔루션		개발 단계*	방해 수준**	추정 비용	탈탄소 영향 및 한계
청정 전력, 열	온사이트 재생e, ESS	채택	중간	중간/높음	전력 사용 관련 탄소배출(Scope2) 감축
	히트펌프	채택	중간/높음	중간/높음	일반적으로 히트펌프가 가스 난방보다 효율적
	기타(지열, 지역난방)	채택	높음	높음	열원에 따라 영향에 차이 발생
에너지 효율	단열재	채택	중간	중간	완전히 구현되는 경우 에너지 사용량 50% 절감 가능
	창문	채택	중간	중간	
	조명, 가전제품	채택	낮음	중간	
기술	스마트 건물 제어	실증	중간	중간	일반적으로 에너지 소비 감축률이 10% 미만
저탄소 건설	건물 설계	실증	낮음	중간	리노베이션의 배출량은 신축 대비 50~60% 수준이며, 최고 성능의 소재는 내재된 탄소량이 일반 소재의 50% 미만
	저탄소 자재	연구개발~채택	중간/높음	높음	

* 개발단계 : 연구개발(R&D) → 실증(Demonstration) → 채택(Adoption)

** 방해수준(Disruption level) : 탈탄소 솔루션으로 인해 통상의 자산 운용이 방해받는 정도를 나타냄. (예) 솔루션 완료까지 오랜 시간이 소요되어, 해당 솔루션을 적용하기 위해서 세입자가 집을 비워줘야 하는 경우 방해수준이 높다고 볼 수 있음

4 부동산 회사들의 신용에 미치는 영향

- 탈탄소 규제, 회사의 자체 목표, 탄소세라는 3가지 요인은 부동산 회사의 자본지출, 운영비, 자산 가치의 변화를 초래하여 신용 상태에 영향을 미침
- 건물 부문 탄소배출 감축을 위한 EU의 규제와 회사 목표를 충족시키기 위해서는 상당한 투자가 필요하며, 에너지 효율이 낮은 건물을 다수 보유하고 있는 부동산 회사일수록 더 큰 리스크에 직면할 가능성이 있음
 - 설문조사에 따르면, 에너지 효율이 가장 낮은 주거용 부동산 1채(면적 80~100m²)를 리노베이션하여 에너지 효율 규제 요건을 준수하기 위해서는 1만~3만 유로의 비용이 발생
 - 2030년까지 주거용 건물에 대한 EPBD 목표를 달성하려면 연간 760억 유로의 추가 지출이 필요한 것으로 추정되며, 이 중 약 420억 유로는 성능 기준 하위 15%의 건물에 필요할 것으로 예상됨
 - 다만 해당 비용을 임대료 인상을 통해 세입자에게 전가하는 경우, 부동산 회사의 신용 리스크에 미치는 영향은 크지 않을 수도 있음
 - 임대료의 상승으로 세입자들의 재정적 부담이 증가하여 공실이 발생할 수도 있으나, 현재 EU의 주택시장은 공급부족 상태이므로 이러한 영향은 제한적일 것으로 예상됨
- 탄소세 부과에 따른 에너지 가격 상승은 부동산 회사의 운영비용을 증가*시키기도 하지만, 한편으로는 에너지 효율이 높은 저탄소 자산의 매력을 증대시킴
 - 에너지 가격 상승으로 인해 운영비용이 증가하면 대부분의 경우 세입자에게 전가되지만, 공동 주택이나 건물 소유주인 부동산 회사가 일부 부담하는 경우도 발생
 - 에너지 가격이 상승할 때 에너지 효율이 높은 건물을 소유한 부동산 회사는 질 좋은 임차인을 유치할 수 있고, 상대적으로 높은 임대료를 요구할 수 있어 자산 가치 상승으로 이어지기도 함

작성자 : 한전 경영연구원 지용규 선임연구원

Research Activities Ⅱ : 英, 변전소 베이(Bay) 공유정책 시행

자료 Substation Bay Sharing Policy (NESO, 2024.11.)

1 변전소 베이(Bay)* 공유정책 개요

* 차단기를 중심으로 구성되는 변전설비 단위로, 일반적으로 전력망 사업자 1개 베이당 1개 사용자가 연결하여 사용 중

□ 영국 정부와 에너지 규제기관(Ofgem)은 전력망 운영의 효율성과 설비 활용도를 높이기 위해 2023년 Connections Action Plan(이하 'CAP')을 발표함

◦ 영국의 전력망 연계 신청 건수는 지난 5년간('18~'23년) 약 10배 증가하였으며, 현재 연계 대기 중인 용량은 500GW로 지금의 방식으로서는 탄소중립* 달성이 어려운 상황

* 영국 정부는 2050년까지 국가 단위 온실가스 순 배출량을 제로(0)로 만드는 것을 목표로 함

- 전력망 연계 관련 선착순(FCFS, First Come First Served)방식에 의해 사업 진행 가능성이 낮은 '좀비 사업'이 용량을 선점하게 되어 전력망 연계 대기열 발생을 초래함

◦ CAP은 이를 해결하기 위해 전력망 연계 관련 프로세스를 전반적으로 개선하는 방안임

- 기존 전력망 용량 최적화, 중단 사업 계약 해지 및 신청 시 토지 서류 제출 의무화 등

□ 계통운영자(NESO)는 CAP의 일환으로 사업자 연계 대기 시간 단축 및 전력망 효율성 개선을 위해 변전소 베이(Bay) 공유정책을 마련함

◦ 베이 공유정책은 송전사업자의 기존 또는 신규 베이를 여러 사용자에게 공유하는 것으로, 전력망 보강 관련 접속 대기를 완화하고 전력설비 활용도를 높여 자산 최적화 가능

2 변전소 베이(Bay) 공유정책 주요 내용

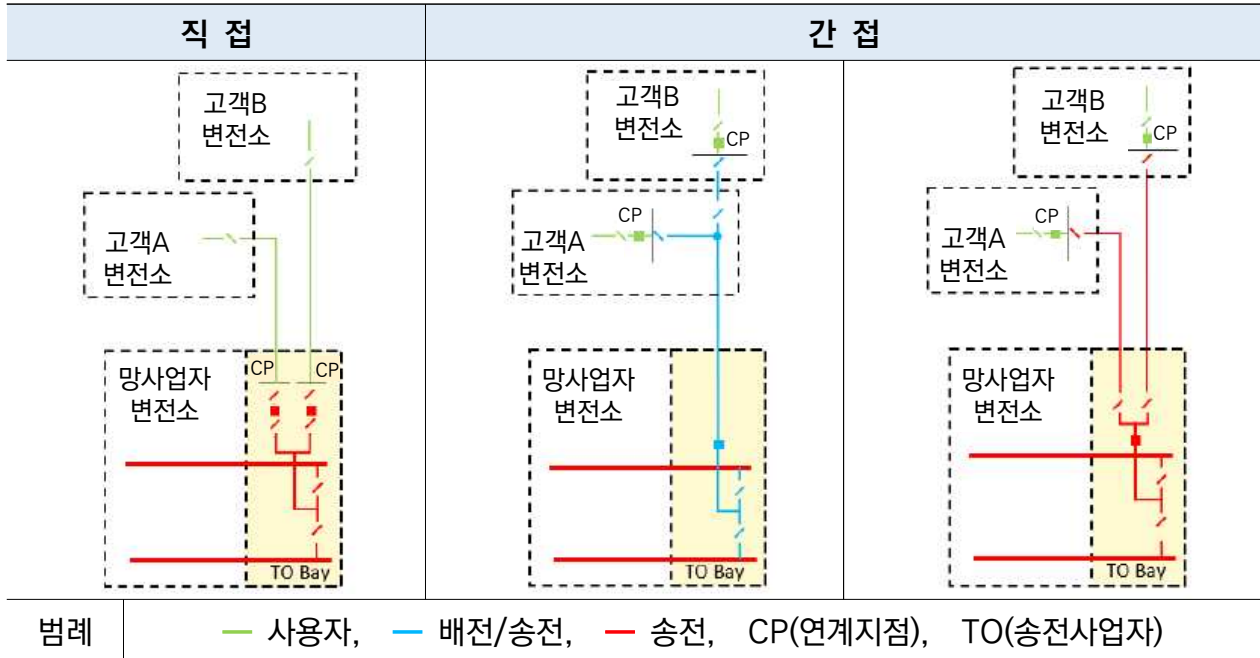
1. 베이(Bay) 공유방식

□ 변전소 베이 공유는 '직접(Direct) 베이 공유'와 '간접(Indirect) 베이 공유'로 구분

◦ (직접 공유방식) 둘 이상의 사용자가 전력망 사업자 변전소 베이에 직접 연결되는 방식

◦ (간접 공유방식) 둘 이상의 사용자가 전력망 사업자 변전소 베이 밖에서 전력망 사업자의 '방사형 회로(Radial circuits)'에 연결되어 하나의 변전소 베이를 공유하는 방식

■ 베이 공유방식 ■



2. 적용 대상 및 적합성 검토

- NESO는 송전사업자와 고객이 ‘베이 공유’를 논의 할 수 있도록 베이 공유정책을 제도화 하였으며, 송전사업자는 베이 공유 적합성 검토 및 고객 협의를 통해 진행
 - 베이 공유 관련 논의는 주로 고객의 신청서 제출 전에 진행되나, 신규 고객을 위한 변전소 또는 베이 신설이 필요한 경우 이후 단계에서도 협의가 가능함
- 송전사업자는 평가 기준에 따라 베이 공유의 적합성 여부를 결정하며, 해당 결정이 베이를 사용하고 있는 기존 고객의 권리에 영향을 주어서는 안됨

■ 적합성 평가 기준 ■

구 분	주 요 내 용
정격 및 용량	· 설비의 정격 기준 및 설비용량 초과 여부 검토
NETS SQSS* 준수	· ‘연계 설비 변경’ 기준 충족 여부 검토
공간 제약	· 변전소 내 필요한 설비 추가 및 확장 관련 공간 여부 검토
송전사업자 계통영향 분석	· 전력계통의 안정성 및 신뢰성 검토
경제적 타당성	· 전력계통 연계 관련 가장 경제적인 방안 검토
규제 준수	· 그리드 코드, NETS SQSS 및 변전소 내 다른 고객의 계약상 권리 침해 금지 등 검토
프로젝트별 요인	· 검토 중인 프로젝트의 기술유형 및 사업 일정 검토

* National Electricity Transmission System Security and Quality of Supply Standards : 영국 송전망의 안정성, 전압 및 주파수 유지, 회로 과부하 방지 등을 다룬 기술 기준

3. 역할 및 책임

□ [송전사업자] 베이 공유 관련 기술 검토, 계통운영자 및 고객과 개발 계획 논의

- 고객의 사전 신청 단계에서 베이 공유 관련 기술을 평가(NETS SQSS 준수여부 등)하고, 공유 방식(직접·간접)을 검토하며, 공유방식 확정시 고객과 개발 계획 논의

□ [계통운영자] 고객의 전력망 연계 계약 관리 및 전력망 안정성 검토

- 고객의 전력망 연계 신청 관리, 송전사업자의 베이 공유방식 검토, 베이 공유가 다른 고객 전력망 연계에 영향을 미치는 경우 송전사업자 및 영향받는 고객과 논의

3 송전사업자 베이 소유권 경계*

* 고객-송전사업자 간 경계 지점이 송전사업자의 변전소 내에 있는 '직접' 공유방식에 대한 설명임

□ 베이 소유권 경계는 송전사업자 및 절연 방식(AIS, GIS¹⁾)에 따라 구분됨

- SSEN과 SPT는 변전소 내 베이에 대한 전체 소유권을 보유하며, NGET는 AIS의 경우 송전사업자 베이에 고객의 선로를 연결할 때 사용되는 모선 클램프²⁾를 기준으로, GIS의 경우 송전사업자 베이에 고객용 베이를 추가 건설함에 따라 발생하는 가스 구획³⁾을 기준으로 소유권 경계를 구분함
- SSEN과 SPT는 베이 전체를 소유하며, 필요시 기존 고객에게 베이 공유를 제안할 수 있고, 베이 외 고객 소유자산의 일부를 송전사업자의 자산으로 변경할 수 있음
- NGET는 AIS의 경우 SSEN과 SPT와 마찬가지로 변전소 내 베이에 대한 전체 소유권을 보유하며, GIS의 경우 베이 건설 비용을 고객으로부터 보전받는 대신 베이 소유권은 고객에게 귀속되고, NGET는 베이의 유지 관리 업무를 위탁 수행함

Ⅰ 송전사업자 베이 소유권 Ⅰ

	구 분*	소유권 경계
	SSEN/SPT	· 베이 전체에 대한 소유권 보유
	NGET	· 베이 유형별 소유권 구분 보유 - AIS : 송전사업자 모선에 연결하기 위해 사용되는 모선 클램프 - GIS : 송전사업자 모선에 연결되는 고객용 베이의 가스구획

* SSEN(Scottish and Southern Electricity Network), SPT(Scottish Power Transmission), NGET(National Grid Electricity Transmission)

※ 출처 : Transmission Owner's role(NESO, '25. 4.), User connection boundaries(NGET, '24. 7.)

1) AIS(Air Insulated Switch Gear)는 공기절연, GIS(Gas Insulated Switch Gear)는 가스절연을 의미

2) 송전사업자의 모선에 고객 설비를 전기적으로 연결하기 위해 사용하는 금속제 부착품류

3) GIS는 도체를 절연 가스로 보호하는 방식으로 가스 구획은 밀폐된 절연 가스를 전기적·기계적으로 구분하는 지점

□ AIS 절연방식

- 송전사업자의 모선에 고객의 선로를 연결하기 위해 신설하는 모션클램프를 기준으로 소유권 경계 구분

■ 변전소 단선도 ■		■ 변전소 사진 ■	
<p>모선, 모선, 소유권 경계지점, 모션클램프, 고객선로</p>		<p>모션클램프, 모선, 고객선로</p>	
범례	■ : 차단기, / : 단로기	※ 출처 : NGET 홈페이지	

□ GIS 절연방식

- (SSEN, SPT) 고객의 전력망 이용을 위해 송전사업자가 송전사업자 변전소 내 베이를 신설하고 고객의 선로가 베이에 연결되는 지점을 기준으로 소유권 경계 구분
- (NGET) 고객의 전력망 이용을 위해 송전사업자 변전소 내 신설되는 베이가 송전사업자의 모선에 연결될 때 추가되는 가스구획을 기준으로 소유권 경계 구분

■ 변전소 단선도 ■		■ 변전소 사진 ■	
<p>모선, 모선, 가스구획, 가스구획, NGET 소유권 경계지점, SSEN, SPT 소유권 경계지점, 고객선로</p>		<p>고객Bay, 모선, 고객선로, NGET 소유권 구분 (가스구획), SSEN, SPT 소유권 구분 (이동Bay와 고객선로 만나는 지점)</p>	
범례	■ : 차단기, / : 단로기	※ 출처 : SINTEF 블로그	

작성자 : 한전 경영연구원 김선빈 차장

KEMRI 전력경제 Review 2025년 4월호 (Vol.314)

발행일 2025. 5. 9.

발행인 원장 강민석

편집인 경영연구원 편집위원회
 편 집 장 책임연구원 원동규(☎국선 : 02-3456-5490 / 사선 : 021-5490)
 편집위원 선임연구원 김범규(☎국선 : 02-3456-5491 / 사선 : 021-5491)

홈페이지 www.kepco.co.kr/KEMRI

문의처 경영연구원 연구기획팀(☎국선 : 02-3456-5490~1 / 사선 : 021-5490~1)

※ 한국전력 경영연구원의 사전 동의 없이 본 보고서의 내용을 무단 전재하거나 제 3자에게 배포하는 것을 금합니다.