

---

2017년 한일 심포지움 참석을 위한

# 공무 국외출장 결과보고

---

2017. 11.

작성자 : 계통기술팀 차장 김상민 (☎8628)

---

## 국외출장 결과 요약 보고

---

### □ OCCTO 기관 방문(11.9)

- 기관의 운영현황 및 역할
  - 지역 연계선로의 수급상황 감시 및 조정(2016년부터 실시간 감시)
  - 전력수급기본계획 수립, 지역간 연계 송전망 계획, 그리드코드 개발
- OCCTO 네트워크 감시실 관람
  - 일본 전역의 수급상황 및 지역간 연계선로 감시 및 조정
  - 수급불안에 따라 OCCTO가 직접 조정하는 사례는 연 1~2회로 낮음

### □ 2017년 한일 심포지움 본행사 참석(11.10)

- 한일 심포지움은 전력산업의 이슈사항을 공유하고 기술 발전방향을 논의하기 위해 산학연 공동으로 구성된 자발적 협의체임
- 2년에 1번 정기모임을 개최하여 한일 산학연간의 기술적 경험 공유
  - ☞ 차기회의는 2019년 경상대에서 개최할 예정
- 4개 세션 및 특별세션에서 주제 발표 및 논의
- 심포지움 주요 발표 내용(일본측)
  - 신재생전원 확대에 따른 전력산업 이슈(와세다대)
  - 신재생전원 확대와 WAMS 운영 방향(CRIEPI)
  - 후쿠시마 원전의 현 상황 진단(TEPCO)
  - 수요반응자원의 활용(와세다대)
  - 전력계통에서의 ESS 활용방안(TEPCO)

### □ 시사점

- OCCTO의 전력산업에서의 주 역할은 송발전설비 계획 및 그리드 코드 개발에 집중되어 있으며, 실계통운영에 대한 개입은 제한적
- 일본에서도 신재생발전기 확대에 따라 수요자원, 용량시장, ESS 등 다양한 측면에서 대응책이 마련되고 있음

# I. 출장 개요

## 1. 출장목적

- 2017년 한일 심포지엄 참석을 통해 해외 전력계통 유관기관과 실질적 협력 및 기술공유 관계를 형성
- 신재생전원 확대 정책기조에 따라 향후 전력계통 운영측면의 도전과제를 공휴하고, 대응방향을 함께 모색

## 2. 출장내역

- 출 장 자 : 계통운영처장 김우선, 계통기술팀장 주준영, 차장 김상민
- 출장기간 : '17.11.8(수) ~ 11(토) [3박 4일]
- 출 장 지 : 일본 도쿄
- 주요일정

| 일 시       | 내 용       | 비 고         |
|-----------|-----------|-------------|
| 11.8.(수)  | 출국        | 김포→일본 하네다   |
| 11.9.(목)  | 테크니컬 투어   | OCCTO 기관 방문 |
| 11.10.(금) | 심포지움 참석   | TEPCO 전기박물관 |
| 11.11.(토) | 귀국 및 국내이동 | 도쿄→김포→나주    |

## 3. 주요 접촉인물

- OCCTO(11/9)

| 이 름            | 전 문 분 야  |
|----------------|--|
| Junichi Naito  | Executive Vice President                                 |
| Takao Shinji   | General Manager / General Planning Dept                  |
| Kazuhiko Ogata | Deputy General Manager / Cross-regional Operation Center |
| Hajime Hirano  | Manager / General Planning Dept                          |

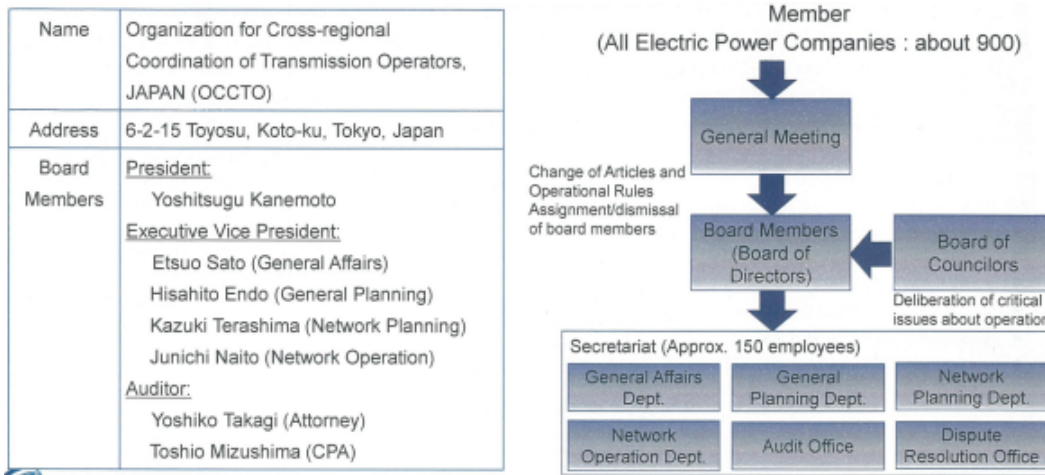
## II. 출장 수행내용

### 1. OCCTO 방문

#### ○ 기관현황

- 기관명은 전력 광역운영 추진기관(Organization for Cross- Regional Coordination of Transmission Operators) 또는 약어로 OCCTO 사용
- 제3단계로 시행되는 전력체제개혁의 제1단계에 해당하는 발·송전설비의 계획 및 전국 수급조정기능 감시·강화를 목적으로 2015년 4월 설립
- 이전 중립기관으로써 역할을 하였던 전력계통이용협의회(ESCJ)의 기능이 OCCTO로 이관됨에 따라 ESCJ는 소멸
- 기관의 규모는 6개 부서, 150명 규모로 구성되어 있으며 이 중 약 90%는 타 기관에서 파견근무 형태로 인력이 운영되고 있음

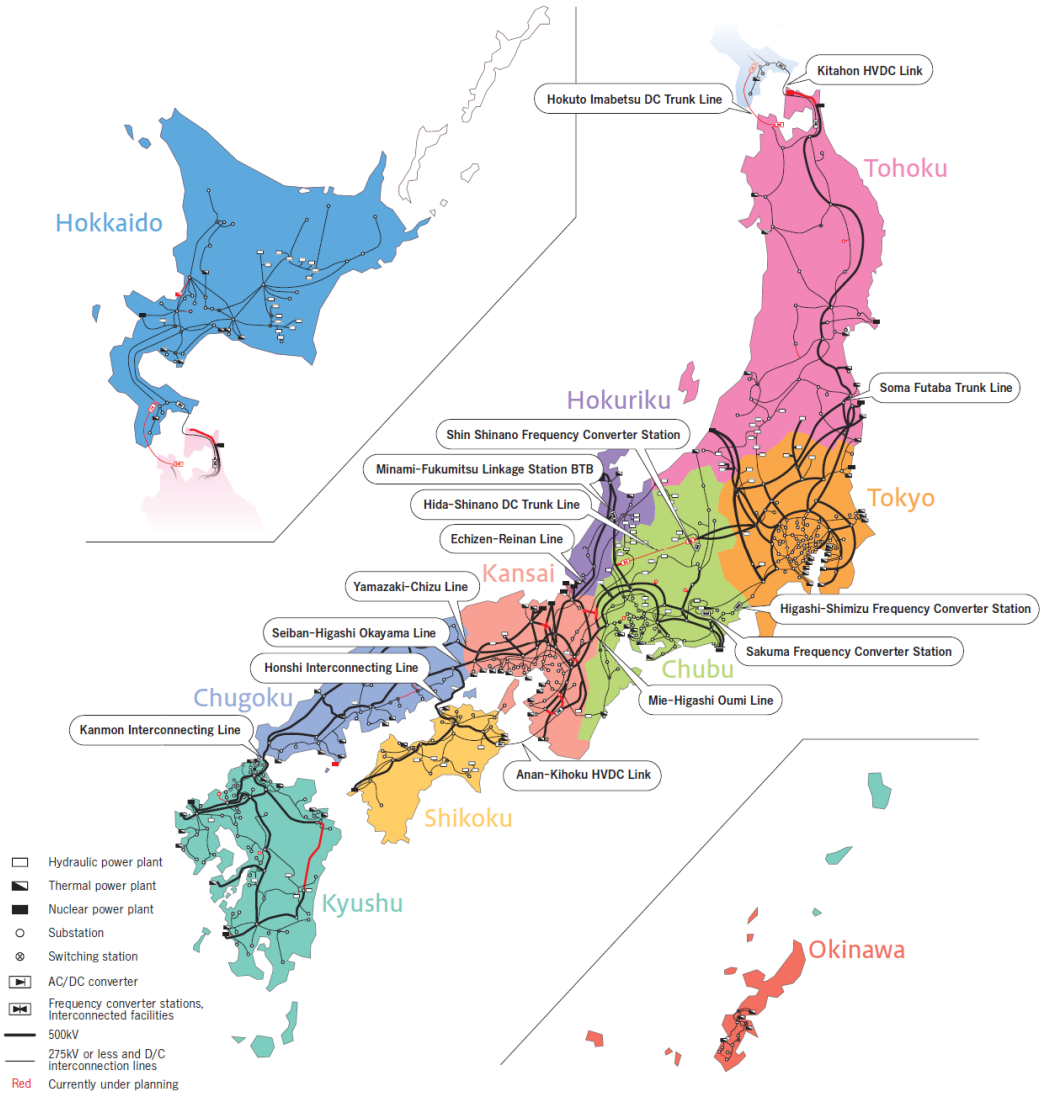
#### [ OCCTO 조직구성도 ]



#### ○ 광역계통운영

- 현재 홋카이도전력, 토호쿠전력, 도쿄전력 등 10개 전력회사가 운영 중이며, 안정적 계통운영이라는 관점에서는 상호 협력관계 유지
- 각 지역간 연계는 아래의 그림에서 보는 바와 같이 교류송전선로 또는 직류 해저케이블로 연계 운영하며 OCCTO에서 연계선로 실시간 감시

## [ 일본 광역 계통도 ]



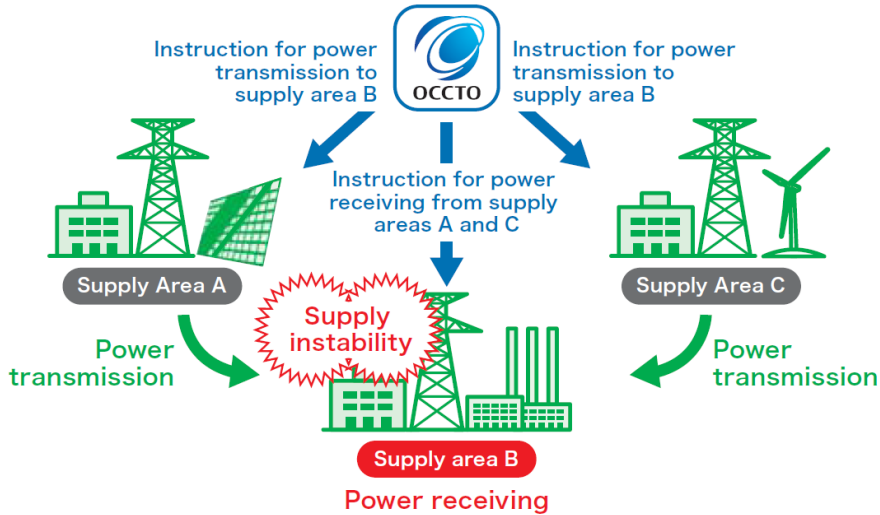
### ○ OCCTO 역무

#### ① 지역간 연계선로 융통전력량 관리

- 기존에는 수급관리를 지역별 전력회사가 실시하였으나, OCCTO 설립 이후, OCCTO가 지역 수급상황 및 연계 융통전력량 관리
- OCCTO가 전국 수급상황을 모니터링하고, 전력부족 지역을 파악하여, 전력여유가 있는 전력 회사에 송전 지시를 함으로써 전력 부족 문제를 신속히 해결할 수 있도록 함

## [ 수급비상시 OCCTO 역무 ]

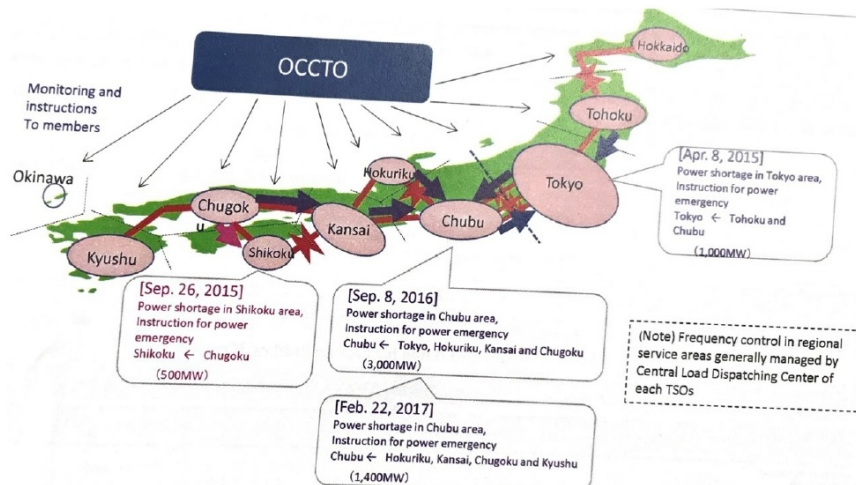
Image of Instructions In Case of Power Instability



☞ 실제 수급상황에 OCCTO가 관여한 사례는 연 1~2회로 낮은 수준이며, 이 모든 행위가 자동으로 이뤄지는게 아니라 전화를 통한 매뉴얼 지시 동작으로 이뤄짐

## [ OCCTO의 지역간 수급밸런스 조정 실적 ]

| 일시        | 대상  | 전력부족 지역 | 조정량[MM] |
|-----------|---|---------|---------|
| 2015.4.8  | Tokyo ⇔ Tohoku and Chubu                    | Tokyo   | 1,000   |
| 2015.9.26 | Shikoku ⇔ Chugoku                           | Shikoku | 500     |
| 2016.9.8  | Chubu ⇔ Tokyo, Hokuriku, Kansai and Chugoku | Chubu   | 3,000   |
| 2017.2.22 | Chubu ⇔ Hokuriku, Kansai, Chugoku, Kyushu   | Chubu   | 1,400   |



## [ 네트워크 감시실 운영 ]

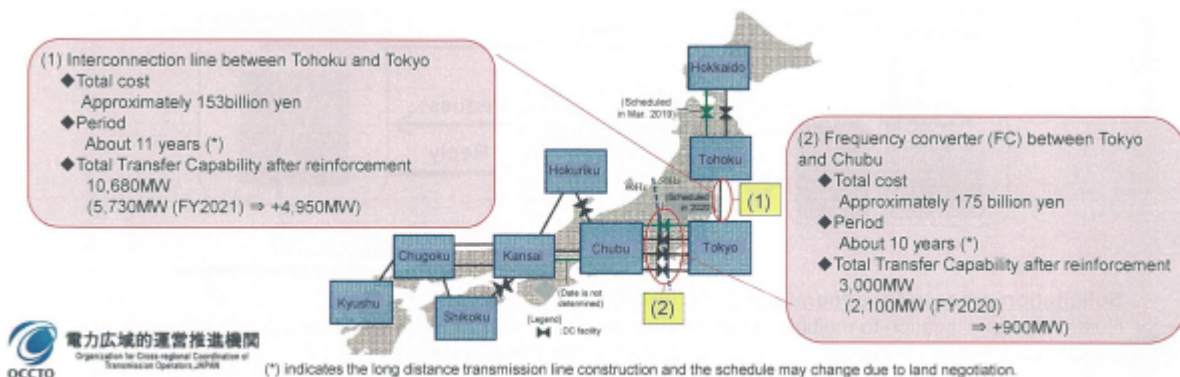


- ☞ 이를 위해 네트워크 감시실을 365일 24시간 운영하며, 주요감시 대상은 지역별 연계선로 계획대비 실적편차, 지역별 수급상황, 주파수 등 전력수급에 크게 집중하여 운영 중이며, 안정도 평가감시는 없음
- ☞ 실시간근무(교대)는 5인 1부 형태로 부장 1명, 부원 4명으로 구성

## ② 발·송전 전력설비 계획 관리

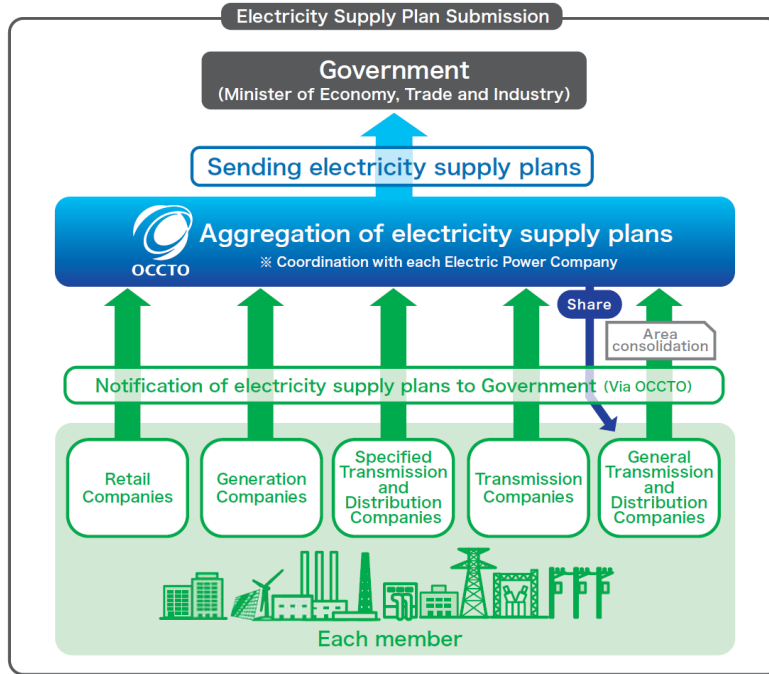
- 기존에는 전력회사가 각 지역의 발전소와 송전선 설비계획을 수립하였지만, OCCTO 설립 이후 OCCTO에서 담당
- 도쿄와 토호쿠 지역간 2021년까지 송정망 보강을 통해서 현재의 5.7GW수준에서 10.7GW수준까지 송전능력을 증가시킬 예정
- 동서에서 충분히 전력교환을 할 수 있도록 주파수 변환 시설을 강화할 계획인데, 현재 약 1GW인 변환 용량을 2020년까지 2.1GW로 올리고, 그 이후에는 가능한 한 빠른 시일 내에 3GW까지 높일 예정

## [ 지역간 송전설비 보강 계획 ]



- ☞ 지역의 수급밸런스에 기여할 수 있는 지역간 연계선로 보강에 집중

## [ 전력수급계획 업무 절차도 ]



☞ 전력수급계획에서 향후 10년 동안의 예측수요에 기반, 발·송전계획 수립

### ③ 규칙 개발

- 그리드코드 개발 분야는 크게 운영규칙(Operational Rules)과 네트워크 코드(Network Codes)가 있음
- 운영규칙은 ① 송전망 보강(장기수급계획, 송전망 접속 등), ② 송전망 운영(단기수급계획, 지역간 연계망 관리 등), ③ 송전망 운영실적 공개로 구성
- 네트워크 코드는 ① 송배전망 보강 ② 송전망 접속규정 및 영향검토 분야를 포함

| Articles of Organization   | Operational Rules   | Network Codes   |
|--|---|---|
| <p>Basic Rules of OCCTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Items related to members</li> <li>● Items related to general meetings</li> <li>● Items related to Directors</li> <li>● Items related to Board of Councilors</li> <li>● Items related to membership fee</li> <li>● Items related to finance and accounts etc.</li> </ul> <p>(Ref.) Article28-18 Electricity Business Act</p> | <p>Rules on operations and executions of OCCTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Network planning                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Assessment of long-term supply-demand balance</li> <li>✓ Facility development plan</li> </ul> </li> <li>✓ Network access</li> <li>● Network operation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Monitoring short-term supply-demand balance</li> <li>✓ Operation and management of interconnection lines between regions</li> </ul> </li> <li>● Network information disclosure etc.</li> </ul> <p>(Ref.) Article28-41 Electricity Business Act</p> | <p>Items that Members and other Electric Power Suppliers must abide by in Transmission/Distribution businesses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Reinforcement of transmission and distribution facilities owned by Vertically Integrated Power Companies</li> <li>● Network access and system impact study etc.</li> </ul> <p>(Ref.) Article 28-45 Electricity Business Act</p> |

## 2. 2017년 한일 심포지엄 발표별 주요내용

### 가. Issues for the Era of Large Penetration of Renewable Energy in Japan

- 발표자 : Prof.Shinichi Iwamoto(와세다대)
- 내용 : 신재생 발전력 증가에 따른 이슈사항
  - 일본의 신재생 발전력 증가 현황
  - 신재생 발전력 증가에 따른 지역적(Local) 또는 광역적(Global)으로 나타나는 문제점
    - 지역적 : 송배전망의 이용률 증가
    - 광역적 : 수요과 공급의 미스매치에 따른 주파수 안정도 저하
  - 주파수 안정도 확보의 취약점 및 사례분석 내용
  - 지역간 연계선로 강화 방안
    - Hokkaido-Tohoku : 1개 루트 신설, DC(2019년 준공)
    - Tohoku-Tokyo : 1개 루트 신설, AC(계획단계)
    - Tokyo-Chubu : DC 업그레이드, 2,100MW(2020년 준공)
    - Chugoku-Kyushu : 1개 루트 신설(검토 단계)
  - 주파수 안정도 확보를 위한 신재생 발전력 차단(Curtailment)

### 나. Spatial Prediction of Renewable Resources for reinforcing and expanding Power grid

- 발표자 : 김현진 차장(한전)
- 내용 : 신재생전원의 실효용량을 고려한 전력망 보강
  - 신재생전원의 실효용량 적용
    - 필요성 : ① 불확실성과 변동성, ② 설비용량 대비 낮은 출력량
  - 실효용량 산출을 위한 CF(Capacity Factor) 산출 절차
  - 모델링 기법 및 분석법
  - 지역별 CF 산출결과
    - 풍력 : 최고 45.883%(동해안), 최저 30.922%(서울)

- 태양광 : 최고 40.649%(동해안), 최저 35.939%(경남)
- 신재생전원의 CF 적용을 통한 실효용량 산출 및 활용방안
  - 풍력과 태양광은 CF 분석결과를 통해서 최대치를 적용할 예정
  - 해상풍력은 40~45% 적용예정

#### 다. Wide-Area Monitoring, Protection and Control(WAMPAC) System and its Communication Network to Cope with High Penetration of Renewable Energy

- 발표자 : Dr.Yoshizumi Serizawa(CRIEPI)
- 내용 : 신재생전원 확대와 WAMS 운영 방향
  - WAMPAC의 적용분야
    - ①Wide-Area Disturbance Monitoring, ②Fault Clearance, ③Wide-Area Emergency Control

#### [ WAMPAC 적용분야 상세내용 ]

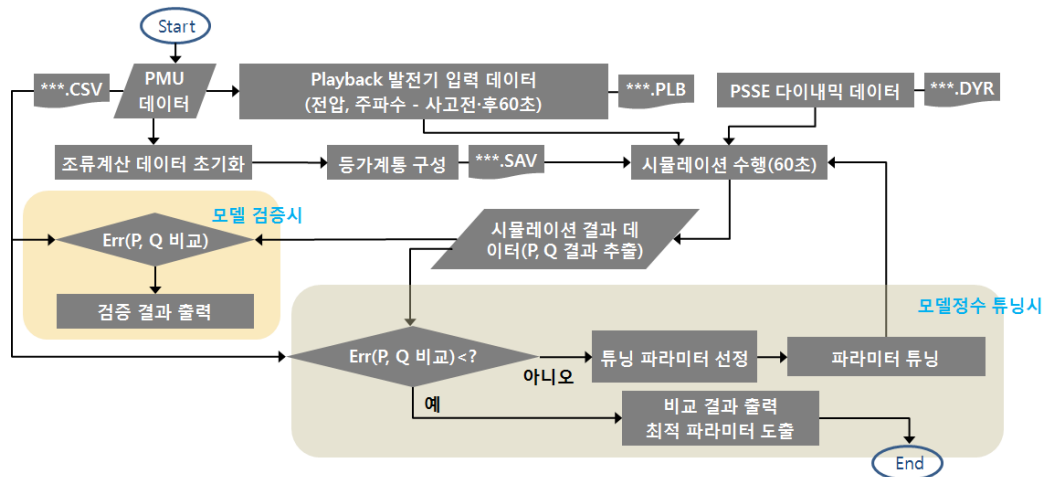
| Type                             | Contents  |
|----------------------------------|---|
| Wide-area Disturbance Monitoring | a) Security monitoring with respect to such as busbar voltage phasors throughout power system<br>b) Fault and outage monitoring with respect to such as CB and relay operations and oscillograms<br>c) Steady state operation margins monitoring with respect to such as active and reactive power flows, voltages, frequencies and harmonics |
| Fault Clearance                  | a) Primary protection such as instantaneous value or phasor-based current differential protection<br>b) Wide-area current differential backup protection  |
| Wide-area Emergency Control      | Special protection such as out-of-step, voltage/frequency anomaly and overload protection   |

- WAMPAC 시스템 구성 및 적용방식
- WAMPAC 데이터 통신 적정성 평가
  - Time Synchronization errors 측정방법 소개
  - Double redundant configuration 설명
  - End to End 시지연 계산결과
- WAMPAC 퍼포먼스 평가 방법

## 라. A Validation of Generator Parameters and Control System Based on PMU Measurement

- 발표자 : 서상수 박사(한국전기연구원)
- 내용 : PMU를 활용한 발전기 모델파라미터 검증
  - 대형발전기 탈락시 주파수 변동 분석 결과
  - PMU 데이터를 이용한 모델 검증 및 튜닝 절차

[ PMU 데이터를 이용한 모델검증 순서도 ]



- 모델 검증용 등가계통 구성 및 입력데이터 준비
- 시뮬레이션과 PMU 데이터 비교 검증
- 당진화력 실제 모델 튜닝 사례 소개
  - K, T5(조속기 모델), Ks1(PSS) 파라미터 튜닝 수행
  - 튜닝 결과 유효전력 및 무효전력 RMSE 값 감소
- ☞ PMU 외란 데이터를 이용한 발전기 모델 데이터 검증
- ☞ 정밀한 해석모델이 검증되면 PMU 데이터를 사용하여, 설비의 오동작 감지, 고장예측, 유지보수 개선이 가능(설비손상 방지와 안전성 유지)
- 향후 활용방안
  - 예비력 확보방안 개선을 위한 터빈-조속기의 주파수 반응 특성 모델링 향상
  - 발전기 터빈-조속기의 실제 성능을 파악하여 효과적인 주파수 안정도 대책 방안 수립 가능

## 마. Resource Aggregation and Demand Response

- 발표자 : Prof.Hideo Ishii(와세다대)
- 내용 : 수요반응자원의 활용
  - Smart House and Building Standardization Committee 소개
    - 목적 : DR 자원들의 통신 인터페이스 규격 표준화, DR 관련 규칙 제정
    - 구성 : 약 300명의 회원이 참여 중이며, 전자기기 제조사, 가스·전기 유틸리티 업체, 통신 사업자 등으로 구성
  - 와세다대 DR 프로젝트
    - DR을 위한 통신규격 표준화
    - EMS 신쥬쿠 데모센터 개요, 기능, 역할
    - 인센티브 방안 및 운영실적
  - Promotion of VPP
    - Energy Resource Aggregaion Business Committee를 구성하여 통신 프로토콜 정의 및 사이버 보안 확보 등과 관련된 기술적 논의
    - VPP 활성화를 위해서 정부 보조금은 30M USD 지원
  - 시스템 아키텍처와 통신 인터페이스

## 바. Non-Intrusive Load Monitoring and Event Identification Technique

- 발표자 : 주성관 교수(고려대)
- 내용 : Non-intrusive 부하의 감시와 이벤트 인지 기술
  - 에너지 피드백 접근법
    - 에너지 사용자에게 개별화된 에너지 사용 정보를 가지고 피드백을 제공
    - 에너지 사용 모니터링 방법에는 ①Distributed Direct Sensing 방법과 ② Non-Intrusive Load Monitoring 방법 두 가지가 있음
  - NILM(Non-intrusive load monitoring) 개요
    - 개별 가정에 에너지 사용 모니터링을 하기 위해 넓게 적용되고 있는 방식
    - 특히, the appliance load disaggregation method는 smart home energy

- management systems에 응용가능
- NILM 처리절차
  - 데이터 취득(전압·전류값 취득)→특성 추출 및 훈련→전기 이벤트 식별 및 분류
- 데이터 취득(Load Data Acquisition)
  - 전력 및 EMI(Electromagnetic interference)의 노이즈 특성은 가전기기의 ON/OFF 동작 특성을 파악하는데 활용 가능
  - 데이터 취득 모듈은 유효/무효전력과 전압 시그널을 측정하고, 전기 이벤트 감지장치에 해당 정보를 저장
- 특성 추출(Feature Extraction)
  - 파워시그널의 주기 또는 최대값 분석을 통해서 가전기기의 동작특성을 추출
- 전기 이벤트 식별 및 분류(Classification of Load Appliances)
  - K-NN방법(K-nearest neighbors) 방법을 상용하여 개별 전기기기의 전력과 전압 시그널을 추출하여 분류 가능
- ☞ NILM 싱글포인트 센서 활용은 에너지사용자에게 사용정보를 제공하는 수준까지 적용 가능

## 사. National Demonstrations Projects of Batteries for Power System in Japan

- 발표자 : Ph.D. Shuichi Ashidate(TEPCO)
- 내용 : 전력계통에서의 ESS 활용방안
  - Tohoku 지역의 ESS 실증사업
    - Nishi-Sendai Project(FY2013~2017)
    - Minami-Soma Project(FY2015~2016)
    - 대단위 ESS 설치를 통해서 수급밸런스 개선 실증사업
    - 제어불가능한 수요 변동을 가만하여 수급밸런스 개선 효과가 있는지 검증
  - HEPCO의 ESS 실증사업(FY2013~2018)
    - 대형 풍력발전단지 앞에 설치하여, 신재생 전원의 출력변동성을 완화하기 위한 목적으로 설치운영

- 단기 변동성에 대응하기 위해서 ①풍력 또는 태양광 출력 변동성 완화모드, ②가버너프리 운전모드, ③주파수 컨트롤 운전모드 가 있음
- 장기 변동성에 대응하기 위해서 신재생 전원의 출력을 예측치를 고려하여, ESS 활용

### 3. 시사점

#### 가. OCCTO 방문

- OCCTO가 규제기관으로써 역할은 수행하고 있지만, 네트워크 실시간 감시 역무는 단순 모니터링에 그치는 수준이며, 수급밸런스 문제 발생시 관제원 조치도 매뉴얼(전화)로 진행하는 등 적극적인 개입보다는 제한적인 감시 수준으로 판단됨
- 향후 OCCTO는 정부의 정책사항을 고려하여 발·송전설비 계획을 총괄 및 네트워크 그리드를 제안하는 코디네이터로서의 역할에 집중할 것으로 예상됨

#### 나. 한일심포지엄 참석

- 신재생 관련 이슈사항은 일본의 경우도 신재생전원 확대에 의해 한국과 대동소이한 이슈들에 대해서 고민하는 것을 공감
- PMU 데이터를 활용하여 발전기 동적 파라미터 값 검증 주제발표에 대해서 한일간 많은 논의를 보였음. 일본측에서는 이유나 구체적인 활용방법 등에 대해 질문이 있었음
- ESS의 활용은 한국에서는 주파수 조정자원으로 활용하는 반면에 일본에서는 대부분 신재생 전원의 출력변동성 완화하는 용도로 사용하고 있어 큰 차이를 보였으며, 아직 실용화 단계까지는 시간이 소요될 것으로 판단됨

### Ⅲ. 출장 주요 성과

- OCCTO를 방문하여 기관의 역할 및 각 직무별 세부 추진 현황에 대한 정보를 수집
- 광역계통에서의 신뢰도 확보를 위한 OCCTO에서의 운영대책들에 대해 살펴보고, 향후 개선대응책에 대한 논의
- 일본 전력산업에서의 OCCTO의 포지션과 국내와 비교했을 때 향후 우리 기관의 발전방향에 대한 국내·외 참석자들과 논의
- 한일 심포지움 참석을 통해 일본 전력산업 기술의 현재 이슈사항들에 대해 살펴보고, 도전과제 관한 최신 동향 파악
- 해외 전력계통 유관기관과 실질적 협력 및 기술공유 관계를 형성