

# フランス電力会社 ルナルディエ研究所滞在記

甲斐田武延 [(一財)電力中央研究所]

### 1. はじめに

筆者は、フランス電力会社（EDF）と電力中央研究所との間の研究協力協定に基づき、産業用ヒートポンプに関する研究連携を目的として、2019年6月より1年間の予定で、EDF ルナルディエ研究所に滞在した。本稿では、EDFにおけるヒートポンプ研究開発の概要とフランスでの生活について簡単に紹介したい。

### 2. EDFにおけるヒートポンプ研究開発

EDFの発電電力量の電源構成（2018年）は、原子力が78%、水力が9%、その他再エネが3%と、90%が脱炭素電源であり、CO<sub>2</sub>排出係数は0.06 kg-CO<sub>2</sub>/kWhと極めて小さい。そのため電化は脱炭素化にとって有効な手段であり、熱利用や輸送の電化に向けて積極的に取り組んでいる。

EDFはパリ郊外に3か所の研究拠点を有している。筆者が滞在したルナルディエ研究所は、パリから南に電車で50分と車で10分程度の距離にあり、85haの広大な敷地と各種大型試験設備（原子力発電、太陽光発電、高電圧絶縁、スマートグリッド、二次電池、電気自動車、ヒートポンプなど）を有する研究拠点である。ここには研究員と技術員合わせて約600人が在籍している。

ヒートポンプは約30人のチームで、家庭用・業務用・産業用のヒートポンプの研究開発を行っている。取り組み方は、革新的技術の特定と技術開発（試作またはメーカーとの共同開発）、性能評価（規格基準対応、信頼性向上など）、市場調査（ニーズ、導入障壁、法規制など）をバランスよく行っている。対象は、家庭・業務用の暖房・給湯がメインであったが、2010年に産業用高温ヒートポンプの大型試験設備を導入してから、ヒートポンプの産業加熱用途への適用拡大に向けた研究開発も行っている。

現在、EDFでは150℃程度の乾燥工程を対象としたヒートポンプの開発と実証、蒸気ボイラ代替を目的とした140℃程度の蒸気供給ヒートポンプの開発と実証を行っており、筆者もこれらに参加しながら研究連携を進めた。

### 3. フランスでの生活

生活面では、渡仏前は各種手続きなどを無事にできるかといった不安があったが、着いてみると意外に簡単だった。まず、滞在許可証の申請で苦勞すると聞いていたが、渡仏直前に仕組みが大幅に変更され、オンライン申請できるようになったため、役所に行く必要はなかった。次に、SIMカードは自動販売機で購入できるものもあるため、契約のために通信会社に行く必要がなかった。さらに、アパートは光熱費も含めてクレジットカード払いができたため、結果的にフランスで銀行口座を開設する必要もなかった。



図1 フォンテーヌブロー宮殿（アパートから徒歩5分）

筆者はフォンテーヌブロー（図1）という街に住んだが、この街にはINSEADという世界的にも有名なビジネススクールがあるため、レストランも郵便局もほとんどの公共施設で問題なく英語が通じた。フランス語が必要であったのは、パン屋とマルシェくらいであり、そのためフランス語は簡単な挨拶と食べ物の名詞くらいしか話すことはない。

日々の生活で実感したのは、挨拶をしっかりとすると。お店に入るときも出るときも、ジョギングしていてすれ違うときも、見知らぬ人であっても笑顔で挨拶をする人がとても多く、非常に気持ち良いものだと感じた。

一方、職場では毎朝（あるいは午後であってもその日最初にあったときに）、男性とは握手を、女性とはビズ（頬を触れ合わせて唇でチュッ音を鳴らすキス）を必ずする。毎朝コーヒーとビズで目が覚め、気持ちよく一日をスタートすることができる。ただし、朝一の会議のときは出席者全員とするため、握手・ビズ待ち行列ができる。初出勤のときは女性ともさすがに握手だったが、2日目の朝から早速ビズに変わり、仲間として受け入れてもらえたという実感がわいて、非常に嬉しくなったのを覚えている。

### 4. おわりに

女子サッカーW杯やレオナルド・ダ・ヴィンチ没後500年を記念する特別展が開催されるなど、当たり年であったが、フランスでの生活や研究を楽しんでいたところ、新型コロナウイルスの影響により、2020年3月に緊急帰国し、残念ながら滞在期間短縮で終了となった。また、2019年12月から1か月以上に及ぶ大規模ストライキに遭遇するなど、散々な年でもあった。しかし、このような時期にフランスに滞在できたことは貴重な経験であり、生活面や研究面でも充実した日々を送ることができた。今回の長期国外滞在中で得られた経験を今後の研究業務等に活かしていきたい。

(2020年7月21日受付)

## 配電用変電所保護リレーシステム技術調査専門委員会

幹事 天雨 徹

### 1. はじめに

今後、持続可能な社会を実現しSDGs（持続可能な開発目標）のターゲット項目「2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させる」には、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー電源の導入を一層促進していく必要がある。これらの電源は小容量のものが多く、配電系統に広く分散して大量に連系されるため、バンク逆潮流、電圧変動などの問題が生じている。また、再生可能エネルギーの出力の不確実性、事故の影響を受けやすいインバータ連系は、配電系統の事故現象の複雑化を招き、配電線の保護をより難しくしている。他方、高度情報化社会において電力品質の重要度は高まり、これに応えるために、保護リレーの責務もこれまで以上に重要となると想定される。このような背景から、大量の太陽光発電設備が直接連系する配電線ならびに配電用変電所保護リレーシステムの重要性は、ますます高まりつつある。

これまで保護リレーシステム技術委員会では、保護リレーシステムそのものに加えて、関連する周辺機器やその技術について、主に特別高圧変電所をはじめとする電力系統の保護リレーシステムを中心に、国際標準化の流れなどにも留意しながら調査活動を展開してきたが、高圧配電系統を含めた「配電用変電所保護リレーシステム」は、これまで十分な調査が行われた実績がなかった。そこで今回は、配電用変電所や配電線、その先の区分開閉器等を対象に調査を行い、現状の実態把握と今後の課題などをまとめることにしている。

わが国の高圧配電系統は、電気事業創業期には中性点非接地3kV方式が主体であったが、高度成長期に6kV昇圧を行い、以降、中性点非接地6kV方式を採用している。現在、配電用変電所保護リレーシステムとして、配電線においては基本的に、短絡事故には過電流リレー、地絡事故には地絡方向リレーや地絡過電圧リレーを適用している。このシステムは電気事業創業期から適用しており、配電用変電所に設置した計器用変成器から得られる電流電圧情報のみで事故判定するものである。また、全国的にみると、非接地系統における地絡事故検出感度の考え方やその確認試験方法等、それぞれの違いがある。昨今ではこれらに加え、バンク逆潮流の対策や高調波をはじめとする電力品質対策等も主回路設備の実態に合わせて個別に対応をしている。しかしながら、こうした優れた点をまとめた書籍は少ない。

本調査専門委員会は、いままで取り纏められたことのない配電用変電所保護リレーシステムについて、変電所

基本設備形態、高圧配電線保護方式、中でも非接地系統における保護方式の電力各社の実態調査を行う。あわせて高圧母線保護方式、特別高圧側の母線や受電保護方式等を調査したうえで、バンク逆潮流の対策、運用保守支援の状況、さらには配電自動化システムにおける保護機能の実態調査を行う。

### 2. これまでの活動

本委員会は令和元年10月に発足し、令和3年9月までの2年間の調査研究を予定しており、現在まで委員会を2回開催した。調査検討事項は以下のとおり。

- (1) 配電用変電所の基本設備形態
- (2) 高圧配電線保護方式
- (3) 高圧母線保護方式
- (4) 特高母線・受電線保護方式
- (5) 変圧器保護方式
- (6) 配電用変電所のバンク逆潮流対策の概要
- (7) 運用・保守支援機能
- (8) 配電自動化システムによる保護機能の実態
- (9) 配電用変電所保護リレーシステムの課題と今後の動向

これら調査項目について各電力会社へアンケートを実施し配電用変電所約5,400箇所を集計した。今後はさらにアンケートをもとに内容の調査・整理を進めていく。

### 3. 今後の活動計画

今後は、これまでの調査結果を技術報告としてまとめていき、令和3年末までに原稿を完成させる予定である。本委員会での調査が、配電用変電所保護リレーシステムの理解の助けとなり、また今後のシステムの進展に活用されることを期待する。

#### 委員会構成メンバー

委員長	竹下隆晴（名古屋工大）
委員	青木 睦（名古屋工大）、福山良和（明治大）
	三浦友史（長岡技科大）、高野浩貴（岐阜大）
	餘利野直人（広島大）、上村 敏（電力中央研究所）
	長野俊幸（北海道電力ネットワーク）、宮平佳亮（沖縄電力）
	千葉 孝（東北電力ネットワーク）、佐藤雅敏（電源開発）
	佐藤 賢（東京電力パワーグリッド）、田島久嗣（愛知電機）
	桑原 真（中部電力パワーグリッド）、鈴木隆一（東光高岳）
	梅田哲宏（北陸電力送配電）、坂口淳則（日新電機）
	植西権蔵（関西電力送配電）、伊藤健司（三菱電機）
	小林弘和（中国電力ネットワーク）、吉岡秀幸（日立製作所）
	森 昌之（四国電力送配電）、大森智生（東京電設サービス）
	牛島大輔（九州電力送配電）、寺田 努（明電舎）
	杉浦秀昌（東芝エネルギーシステムズ）
委員兼幹事補佐	上薮誠二（富士電機）
幹事	天雨 徹（中部電力パワーグリッド）
幹事補佐	萩原史聡（中部電力パワーグリッド）

# 用語解説 第 117 回テーマ：核融合発電

中村 一也（上智大学）

## 1. 核融合発電とは

核融合発電は化石燃料を必要としないため次世代の発電方式として期待されている。核融合発電では核融合反応を用いる。核融合反応とは、2つの軽い原子核が結合してより重い原子核を形成する現象である。例えば、プラズマ状態にある重水素 (Deuterium) と三重水素 (Tritium) が反応すると、ヘリウム (Helium) が生成され同時に中性子 (neutron) が放出される。次の反応式で表される<sup>(1)</sup>。



この中性子がプラズマ空間を取り囲むブランケット（核融合炉の内壁）に衝突してブランケットを加熱する。ブランケット内部には冷媒が流れており、これにより反応熱を炉外に取り出し、汽力発電させる方法が現在計画されている核融合発電である<sup>(2)</sup>。核融合発電の特徴として以下の3点が挙げられる。

- ・発電に必要な燃料は海水から取り出せる
- ・発電時に二酸化炭素を排出しない
- ・核融合反応は燃料や電源を切れば停止する

上記の特徴から日本ではエネルギー資源を輸入に頼らず、地球環境に優しく、電気エネルギーを安定に供給する将来の発電方法の一つとして考えられている。

## 2. 核融合炉の研究開発動向

現在、核融合エネルギーの実現性を研究するための国際プロジェクトとして国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画が進められている。ITER 計画は核融合実験炉の開発である。参加国は日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国、インドである。ITER 計画では実験炉にてプラズマ実験を行い、計画が順調に進めば、原型炉、実証炉と続く。運転開始が 2025 年、核融合運転が 2035 年の予定である<sup>(3)</sup>。また日本では、この ITER 計画と並行して日本と欧州が共同で JT-60SA 計画も進められている。JT-60SA 計画は ITER の技術目標達成のための支援研究、原型炉に向けた ITER の補完研究、核融合研究開発の人材育成が目的とされている。この他にも日本では独自の大型ヘリカル装置計画も進められている。

## 3. おわりに

核融合発電はエネルギーを安定に供給する究極の方法として全世界で盛んに研究が行われている。研究分野が電気工学だけでなく多岐にわたる分野のため、各分野での技術革新が望まれている。

## 文 献

- (1) 関 昌弘：核融合炉工学概論，日刊工業新聞社（2001）
- (2) 岡崎隆司：核融合炉設計入門，丸善ブラネット（2019）
- (3) 文部科学省 HP ITER 計画の概要

(2020年9月16日受付)

## 目 次

# 電力・エネルギー部門誌 2020年12月号

(論文誌電子ジャーナル版 <https://www.iee.jp/pub/journal/>)

### 〔解説〕

脱炭素社会を支えるモビリティの電動化最新動向  
…… 中津欣也

### 〔論文〕

複素対称線形システム向けの COMINRES-QLP 法  
…… 劉 麗君, 関谷和明, 荻野正雄, 榊井晃基

PV が連系された配電線の PV 出力推定と実負荷の短時間  
予測 …………… 金尾則一, 石丸雅章  
三相非対称電流遮断時の過渡回復電圧  
…………… 中本哲哉  
深層学習を用いたトポロジー最適化—同時および追加  
学習の比較— …… 佐々木秀徳, 日高勇気, 五十嵐 一

## 学会カレンダー

国際会議名	開催場所	開催期間	URL, 連絡先, 開催・延期・中止の情報	アブストラクト	フルページ
IEEE CIS SSCI 2020 (2020 IEEE CIS Series Symposium on Computational Intelligence)	Canberra (オーストラリア)	20.12.1~4	<a href="http://ieeessci2020.org">http://ieeessci2020.org</a> 森啓之 明治大学 hmori@meiji.ac.jp Virtual event として開催	済	済
IEEE PES ISGT 2021 (Twelfth Conference on Innovative Smart Grid Technologies)	Washington D.C. (米国)	21.2.15~18	<a href="https://ieee-isgt.org">https://ieee-isgt.org</a> (Virtual event として開催)	済	済
RPG 2020 (The 9th International Conference on Renewable Power Generation)	Dublin (アイルランド)	21.3.1~2 に延期	<a href="https://events2.theiet.org/rpg/about.cfm">https://events2.theiet.org/rpg/about.cfm</a>	済	済
CIREC SHANGHAI WORKSHOP 2021	Shanghai (中国)	21.3.4~5 に延期	<a href="http://www.cired2020shanghai.org">http://www.cired2020shanghai.org</a>	済	済
iEECON2021 (International Electrical Engineering Congress)	Pattaya (タイ)	21.3.10~12	<a href="https://www.ieecon.org/ieecon2021/home.html">https://www.ieecon.org/ieecon2021/home.html</a>	済	済
WREC 2020 (World Renewable Energy Congress)	Lisbon (ポルトガル)	21.3.15~19	<a href="https://wrec2020.tecnico.ulisboa.pt">https://wrec2020.tecnico.ulisboa.pt</a>	済	済
ICSGSC 2021 International Conference on Smart Grid and Smart Cities	東京	21.6.18~20	<a href="http://www.csgsc.net/">http://www.csgsc.net/</a>	—	21.2.1
PVSC 48 (48th IEEE Photovoltaic Specialists Conference)	Florida (米国)	21.6.20~25	<a href="https://www.ieee-pvsc.org/PVSC48/">https://www.ieee-pvsc.org/PVSC48/</a>	21.1.25	21.5.23
CIREC 2021 (26th International Conference & Exhibition on Electricity Distribution)	Geneva (スイス)	21.6.21~24	<a href="https://www.cired2021.org/">https://www.cired2021.org/</a>	済	21.1.25
PowerTech 2021 (2021 IEEE PES PowerTech Madrid)	Madrid (スペイン)	21.6.27~7.2	<a href="https://www.powertech2021.com/">https://www.powertech2021.com/</a>	済	21.3.31
GM 2021 (2021 IEEE PES General Meeting)	Washington DC (米国)	21.7.25~29	未定	未定	未定
CIGRE Centennial Session	Paris (フランス)	21.8.20~25	<a href="https://www.cigre.org/article/GB/events/cigre-e_session/e-session-registration">https://www.cigre.org/article/GB/events/cigre-e_session/e-session-registration</a>	未定	未定
SEST2021 (4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies)	Vaasa (フィンランド)	21.9.6~8	<a href="https://sites.univaasa.fi/sest2021/">https://sites.univaasa.fi/sest2021/</a>	20.12.15	21.3.15
EPE 2021 ECCE Europe (The 23rd European Conference on Power Electronics and Applications)	Ghent (ベルギー)	21.9.6~10	<a href="http://www.epe2021.com/">http://www.epe2021.com/</a>	済	21.6.3
EU PVSEC (38th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition)	Lisbon (ポルトガル)	21.9.6~10	<a href="https://www.photovoltaic-conference.com/">https://www.photovoltaic-conference.com/</a>	未定	未定
EUCAS 2021 (15th European Conference on Applied Superconductivity)	Moscow (ロシア)	21.9.12~17	<a href="https://ieeesc.org/event/15th-european-conference-applied-superconductivity">https://ieeesc.org/event/15th-european-conference-applied-superconductivity</a>	未定	未定
IEEE PES GT&D (Generation, Transmission & Distribution International Conference and Exposition)	Istanbul (トルコ)	21.9.14~17	<a href="https://ieee-gtd.org/">https://ieee-gtd.org/</a>	21.3.5	21.6.18
ISES Solar World Congress 2021	New Delhi (インド)	21.10.24~28	<a href="https://www.ises.org/webinars/689">https://www.ises.org/webinars/689</a>	未定	未定
ICLP/SPIDA 2021 (35th International Conference on Lightning Protection/ XVI International Symposium on Lightning Protection)	Colombo (スリランカ)	2021 Fall	<a href="https://iclp2020.org">https://iclp2020.org</a> 道下幸志 静岡大学 michishita.koji@shizuoka.ac.jp 2020.8.31~9.4 から延期	21.3.30	21.7.1
ISGT Asia 2021 (11th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference – Asia)	Brisbane (オーストラリア)	21.12.5~8	<a href="https://www.ieee-pes.org/meetings-and-conferences/conference-calendar/monthly-view/165-sponsored-by-pes/892-isgt-asia-2021">https://www.ieee-pes.org/meetings-and-conferences/conference-calendar/monthly-view/165-sponsored-by-pes/892-isgt-asia-2021</a>	未定	未定

\*連絡先: 伊藤雅一 (福井大学, itomasa@u-fukui.ac.jp) 2021年2月以降に開催予定の国際会議の情報がありましたらお寄せください。

## B 部門主催 タイ合同シンポジウム 発表論文募集のご案内

IEEJ PES-IEEE PES Thailand Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems 2021

**概要：**タイ合同シンポジウムは、電気学会の国際化を目的に 2000 年に電気学会（本部）とタイ王立工学会の間で締結された協力協定にもとづくものであり、2006 年にタイ国王在位 60 周年記念行事の一環として電力・エネルギー部門が参画する形で本部行事として合同シンポジウムを開催したことを契機としています。2010 年には電気学会 電力・エネルギー部門と IEEE PES Thailand の間で協力協定と合同シンポジウム協定が締結され、2012 年からは毎年シンポジウムを開催\*しています。

今年度は 2021 年 3 月 19 日にタイ国 Chulalongkorn 大学において開催されます。奮ってご参加ください。

なお、新型コロナウイルス感染症の影響により集合開催が困難な場合には、オンライン開催とします。

**テ ー マ** 電力システムの新技术／Advanced Technology in Power Systems

**日 時** 2021 年 3 月 19 日（金）

**会 場** タイ国 Chulalongkorn 大学（バンコク）

**発表登録締切** 2020 年 12 月 11 日（金）

発表登録は、研究会投稿システムによる web 投稿となります。

詳しくは、次の URL をご参照ください。

<https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-workshoplist.cgi>

**参 加 費** 無料（現地までの旅費、宿泊費等は参加者の負担となります）

**資 料** 会場にて頒布します。

**連絡事項** 論文は英文に限定します。

研究会としての開催ではないため、研究会資料の頒布はありません。

**問合せ先**（株）明電舎 植田 ueda-yo@mb.meidensha.co.jp

**主 催** 電気学会 電力・エネルギー部門

**共 催** IEEE PES Thailand

※今後、詳細が確定しましたら、B 部門 HP で公開いたします。

<https://www.iee.jp/pes/>

\* 2014 年は日本のみでの開催、2020 年は日本からは不参加