

電気学会 IEEJ プロフェッショナル アクションレポート

2025年1月・第60号

IEEJ プロフェッショナルニュース

ニュース1. IEEJ プロフェッショナル会 第142回議事メモ

1. 日 時：2024年9月26日（木）14時～16時
2. 場 所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、長瀬 博、木村軍司、古関庄一郎、佐藤勝雄、谷口元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、法貴慶一、松岡孝一、松村基史、目黒雅也、持永芳文、天雨 徹、壹岐浩幸、伊瀬敏史、岩本伸一、加藤紀光、木下繁則、小西博雄、近藤良太郎、斉藤涼夫、白川晋吾、白坂行康、鈴木 浩、寺嶋正之、前田隆文、宮本恭祐、室 英夫、森本雅之、山極時生、吉田昭太郎、渡邊 稔（IEEJ プロフェッショナル）、留目真行（日本技術士会）、加藤政一（東京電機大学：講演者）（以上38名）

4. 定例会次第

伊藤副代表から今後のスケジュールの説明があった。

5. 講演：『大規模停電は防げるか？—停電に備えて、我々は何をすべきか—』
講演者：加藤政一教授（東京電機大学）

5.1 講演要旨

(1) 大規模停電の推移と原因（電力システムにおける信頼度基準）

日本の年間停電時間は2011年の東日本大震災を除けば、世界的にも最小である。一方、米国の年間停電時間は、ハリケーンの影響を受けて、世界で最長時間である。日本における停電回数と停電時間は1960年代まで多かったが、電力設備と系統運用技術の改善で次第に少なくなり、1990年以降は横ばいになっている。しかし、近年は、地震・台風などの災害の時に、大規模な停電が発生している。

大規模停電の原因は、多数の大容量火力発電所の脱落による電力不足が周波数の大幅な低下をもたらすことに起因する。送変電設備の故障は、事故を起こした送電線や変圧器を、遮断器で高速に切り離すので、大規模停電の原因にはなりにくい。

なぜ大規模停電が発生するかを考えると、① 想定を上回る電力設備の被害（東日本大震災など）、② 電力系統を取り巻く環境が大きく変化（再生可能エネルギー太陽光発電の大量導入など）、③ 連系している電力会社間の運用情報の共有が不十分（北米・欧州の大停電など）などが挙げられる。最近の大規模停電は、ほとんどすべてが、停電範囲を極小化するため需給のバランスをとるUFR（周波数低下リレー）の動作による。

自然災害における送変電設備の故障として、雷害や雪害の比率が高い。最近では酸化亜鉛型避雷器や難着雪リングなどの対策がとれ、改善している。

(2) 首都圏電圧崩壊（1987年）

電力需要が急激に伸びて、無効電力を供給する調相設備増強が追い付いていないため、首都圏

で電圧が崩壊した停電である。無効電力補償装置（SVC：Static Var Compensator）、同期調相機（ロータリーコンデンサ）など無効電力源の急遽増設で対応した。交流の電力系統では、①送電系統の容量と②有効・無効電力のバランス以外に③発電機の安定度の観点から、最大供給できる電力には限界がある。

(3) 北海道ブラックアウト（2018年）

地震発生時に4か所の発電所（泊原子力発電所、小規模火力発電所など）が停止し、苫東厚真火力発電所に発電が集中していた。地震発生時に、北本連系設備が緊急に自動稼働した。AFC動作・潮流増加・連系設備の転流失敗、一時的な周波数低下などが起きた。周波数は一旦回復したが、北海道全域の需要増加で周波数が再度低下した。これは、夜間に地震が起きると住民が起床、点灯、テレビを見るなどの行動パターンで、電力需要が急増したためと推定される。2回目の周波数低下が起きた時は、UFRが供給を超える需要を遮断して回復した。しかし、苫東厚真1号機のボイラ損傷によって周波数がさらに低下し、北本連系設備が同期を取れず停止した結果、北海道全域のブラックアウトが発生するに至った。地震が深夜で、人の行動パターンの非常に悪いタイミングであった。

北本連系設備は、これを教訓に2019年に60万kWから90万kWに増強された。

(4) 東日本大震災（2011年）

3月11日14時に地震が発生し、北海道から沖縄にかけて太平洋岸で高い津波を観測した。地震に揺れと大きな津波で、電力設備がかなりの被害を受けた。

本震発生直後、最大466万戸の需要家が停電、3日後に約80%解消、8日後に94%が解消、4月7日に余震が発生して401万戸が一時的に停電した。

地震による事故で電力系統が分離した。東北電力・東京電力の系統内の需要が供給を上回り、周波数、電圧が大幅に低下した。太平洋岸の火力発電所の多数の停止によって東北電力・東京電力に広域停電が発生した。

(5) 幸田碧南線事故（2016年・中部電力）

強い雷で、幸田碧南線に再閉路で回復しない永久故障が発生した。これをきっかけに、九州電力管内の太陽光発電が順番に停止して、だらだらと周波数が下がり続け、低下量が0.71Hzになるまで下がった。再生可能エネルギーである太陽光発電の大規模導入で、系統特性が大きく変化していた。太陽光発電のインバータには、旧式の制御方式を採用していたことが原因である。新しい太陽光発電では、系統特性に合った制御や遠隔制御ができるようになっている。

(6) 新座洞道火災（2016年・東京電力）

この事故は、加藤教授が解説者としてテレビに呼ばれるきっかけになり、印象に残っている。

2016年10月12日14時49分に新座と練馬・豊島を結ぶ地中送電系統のOFケーブルで火災が発生した。系統切替によって都心の停電地域に練馬変電所から8分で送電、豊島変電所から10分で送電を開始した。復旧が比較的早かったが、需要家では受電しても安全を確保してから復電する必要がある。

南狭山線の自衛隊航空機事故で役立った都心系安定システムは、東京湾岸の大井火力発電所が廃止されたので、存在しなかった。そこで日本中枢の霞が関境界が停電した。停電エリアが都

心部でまだらであったのは、幾つかの系統に事前に分割されており、隣接の変電所からの復旧を考えた運用が行われているからである。

(7) 御母衣事故 (1965 年・関西電力)

ダム近くの斜面で落石が発生、岩石が変電所の鉄塔に激突した。架空地線のクランプが抜けて、遮断器上に落下、地絡事故が発生した。これが送電系統保護上の盲点事故であったため、急激な周波数低下へと発展し、関西電力の 7 割の大規模停電事故が発生した。

(8) 海外の大停電事故

ニューヨーク大停電 (1965 年)、北米大停電 (2003 年)、イタリア大停電 (2003 年) などがある。これらの原因には、電力設備トラブルとともに、異なる電力会社間の系統運用の情報伝達不足など不適切な運用があるのではないかとと思われる。

(9) 停電への備え

絶対に大規模停電が発生しないとはいえない。

自然災害を想定し、停電による被害を最小化することが重要である。

家庭用の屋根に太陽光パネルを設置するには、建物の強度が十分ないと屋根が重くなり倒壊する。

- ・ 大規模ビルなど都市部ではディーゼルエンジンによる発電機の設置が、燃料・冷却水確保の観点から難しい。
- ・ 非常用発電機はコスト高になるので、平常時にも使用できる常用電源でコージェネを行うなどコスト抑制をすることも重要である。
- ・ 蓄電池は、非常時に備え浮動充電することも必要である。

5.2 質疑応答

(1) 佐藤勝雄氏

巻線機器は雷や過負荷がないと 50 年以上の寿命がある。

わが国で発生した停電事故を例にどのような対策を考えればよいかを考える。

インバータ機器は、電力一定制御であるので、系統電圧が低下すると、電流は減らず逆に電流が増える特性がある。

加藤教授：電力会社が供給していた時代は、電力会社だけが事故情報を解析し保有していた。

電力自由化で新たな事業者が電力系統を使用する 2000 年以降は、詳細な電力系統の事故情報が開示されるようになった。

東日本大地震で携帯電話が繋がらなかつた以降、携帯電話基地局のバッテリー容量を 2 時間から 24 時間もつように増強した。

(2) 鈴木氏

- ・ 東京電力電圧崩壊の論文が出ているが、北海道ブラックアウトでは出ていない。オープンな議論がなされているのか。

加藤教授：北海道胆振東部地震に伴う大規模停電電圧崩壊は、解析がしやすかつた。ブラックアウトは電気学会全国大会でシンポジウムがなされた。

テロ対策について、言葉では出てくるが、直接的な攻撃はあまり考慮されていないのではないか。

(3) 古関氏

- ・ 停電時間は、どのように計算されているのか。

加藤教授： エネ庁が出したデータである。分からない。

佐藤勝雄氏： 工務系と配電系では、対象となる系統電圧が異なるので、停電範囲の把握方法が異なる。営業では、需要家・配電線単位に把握し、コンピュータで集計していた。

佐野氏： 以前はマクロ的だったが、現在では各戸に機械式の電力計の代わりにスマートメータが設置され、無線で使用状況を瞬時に集計できる。

(4) 佐野氏

- ・ ニューヨークの学会に行った時、ホテルに米国の電力会社の人が訪ねてきた。「ニューヨーク停電に関して、マンハッタンの地下変圧器の負荷状況が分かっているようにしているが、配電系がループで、1台ごとの負荷は分からない。大停電に影響してはいないか。1台ごとの負荷が分かるとよい」とのことであった。「日本は放射状である」と回答した。

(5) 停電への備えに関して

- ・ 谷口氏

停電への備えで非常電源は、消防法、建築基準法で規制されている。この電源は、消防用設備への給電など法令で要求の最低限仕様のもので多いが、停電時の建物利用者の利便性を考えると、給電負荷範囲の追加、電源容量、保有燃料量など費用は増加するが、建築主は建物計画時にこれらを考慮することが重要。なお、ガスを燃料とする上記非常電源は、「ガス専焼発電設備用ガス供給系統評価委員会」で耐震性が評価されたものについては、予備燃料の保有を要しない。

- ・ 佐藤勝雄氏

非常用電源は災害時に動くようにしておくことが大切で、月に1回試運転が義務付けられている。東京都は東日本大震災以降、防災用井戸を公園などにたくさん増設した。井戸を使用するためには、常時電力の3倍の起動電力が必要で、一般のポータブル非常用電源の容量では、不足するが多い。

法貴氏

電力系統では、事故が系統技術を発展させる要因の一つではないか。そして私ども技術者はそのためにも必要でないかと思っている。

ナイヤガラ発電所からニューヨークへの送電に苦労した1930年代に交流系統に安定度の問題があることが分かってきた。私どもの場合は、電圧低下事故があって、その啓発によって、系統技術が大きく進歩した。

対策として、コストの高い大型系統を形成すると電気のコストがかさむので、制御技術との組み合わせで考える必要がある。そこに我々の出番があるのではないかと思う。

以上

ニュース 2. IEEJ プロフェッショナル会 第 143 回議事メモ

1. 日時：2024 年 10 月 29 日（火）13 時 30 分～15 時 50 分
2. 場所：JERA 横須賀火力発電所
3. 参加者：(IEEJ プロフェッショナル) 佐野光夫、伊藤二郎、大島正明、長瀬博、河合三千夫、木下繁則、木村軍司、斎藤涼夫、佐藤勝雄、杉本敏文、鈴木 浩、谷口 元、長谷良秀、深川裕正、松岡孝一、室 英夫、目黒雅也、持永芳文（18 名）

4. 議事録

JERA の横須賀火力発電所を見学した。JERA は、東京電力ホールディングス傘下の東京電力燃料&パワー（東電 FP）と、中部電力とが 50%ずつ出資し、燃料の上流開発・調達・トレーディング・輸送から、火力発電所の建設・運営までを手掛けるエネルギー企業です。

(1) 所長ご挨拶

JERA パワー横須賀合同会社の社長を兼務しています。JERA のグループ会社であり、横須賀火力発電所のリプレース及び運転・保守を行う会社です。地域との共存を目指し、横須賀市のアーバンスポーツ政策に沿った公開広場を整備しています。

(2) ビデオ 10 分間視聴（主な説明）

JERA は、世界最大級の火力発電専門会社で、20 箇所以上の火力発電所を運用しています。横須賀火力発電所は、1960 年の 1 号機から 1970 年の 8 号機まで運転していました。主な供給先は、三浦半島と首都圏です。2017 年に既存の発電設備を全廃しました。2018 年からリプレースを開始し、2023 年 6 月に 1 号機が、2023 年 12 月に 2 号機が運転を開始しました。石炭専焼火力で、1 機 65 万 kW で合計 130 万 kW を発電しています。

ボイラー・タービン・発電機で発電されます。石炭は、すべて海外炭でインドネシア、オーストラリア、北米、南アフリカから調達し、ブレンドして使用しています。石炭ミルでは、5cm の大きさを小麦粉と同じ大きさまで粉砕します。ボイラーは 1500℃です。高温の蒸気は、高圧、中圧、低圧 2 段のタービンに送られます。50Hz で 3000 回転で発電機を回します。タービンから発電機まで 1 軸で構成されています。蒸気は復水器で海水により冷却され、循環ポンプで再びボイラーに戻ります。

発電した電気は、主変圧器で 275kV に昇圧され送電されます。遮断器などの開閉器は、GIS で縮小化されています。環境設備は、①NO_x（アンモニア⇒N に分解）②SO_x（石灰⇒石膏ボード）③ばいじん（電気集塵機）④石炭灰⇒セメントの材料⑤屋内貯炭場・カバー付きベルトコンベアの粉塵防止など公害防止と廃棄物の有効活用を行っています。今後、地域とのふれあいの場として、横浜スタジアム 5 個分の用地にサッカー場、テニスコート 2 面、イベントスペースを整備します。

今まで 60 年間電力を供給し、今後は風力発電・太陽光発電と共存する発電所を目指します。

(3) 見学

中央操作室、タービン発電機室、石炭ミル、ボイラー燃焼室、屋内貯炭場、主変圧器、275 kV 屋外開閉設備、排煙脱硝装置（NO_x 対策）、排煙脱硫装置（SO_x 対策）、電気式集塵装置（ばい

煙対策)、内航船、煙突、マイクロ波タワー、ふれあい広場などを見学した。



集合写真 (発電機前)

以上