

東京電力の地震防災対策と 地震被害想定システム InfoRisk

大橋 裕 寿・末 広 俊 夫

電気はあらゆる社会活動、産業活動に不可欠な社会基盤であるため、停電しない設備形成を目指してきたが、首都直下地震のような大地震時にはある程度の停電が避けられない。そのため、東京電力では、停電しても早期に復旧するための大規模災害対策を日常的に強化している。耐震性の確保・向上はもとより、電力システムのネットワーク強化、情報収集・発信機能の充実、実践的な訓練の実施、そして地震被害想定システム InfoRisk による事前の被害想定などの対策について述べる。

キーワード：電力系統、ネットワーク、地震防災、大規模地震、被害想定、災害復旧

1. はじめに

東京電力が電気をお届けしている首都圏は、面積では全国の約 10% に過ぎないものの、人口は日本全体の約 3 分の 1、GDP は約 4 割を占める日本の政治・経済の中心である。近年は経済の低成長化に加え、省エネルギー機器の普及などにより電力需要の伸びは緩やかになっている。しかし社会の成熟化に伴い、ゆとりや豊かさが追求され、また社会の基盤を支える IT 技術の発展によって高度情報化が進展するなど、利便性や快適指向の高まりを背景に、電気はあらゆる社会活動・産業活動に欠かせないものとなっている。また同時に、停電しない良質で信頼できる電気が社会から求められている。そのため本稿では、停電発生リスクの捉え方、大規模災害時の対策、大規模地震発生時の電力供給の姿などについて述べ、地震防災対策を概説する¹⁾。最後に、地震被害想定システム InfoRisk について紹介する。

2. 停電発生リスクマネジメント

(1) 停電発生リスク

停電発生リスクとしては、地震や雷、台風などの自然災害、設備の経年劣化などの内部要因、クレーンが送電線に接触するなどの外的要因等により、電力設備が損傷し、停電が発生することなどがある(図-1)。このうち、広範囲・長時間停電となり社会・経済システムに重大な機能障害をもたらすような場合、また、電力設備の損傷等により人身災害発生や周囲環境に多

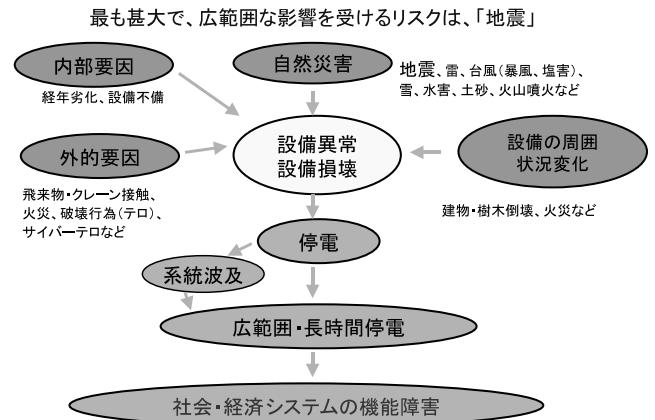


図-1 停電等のリスクの例

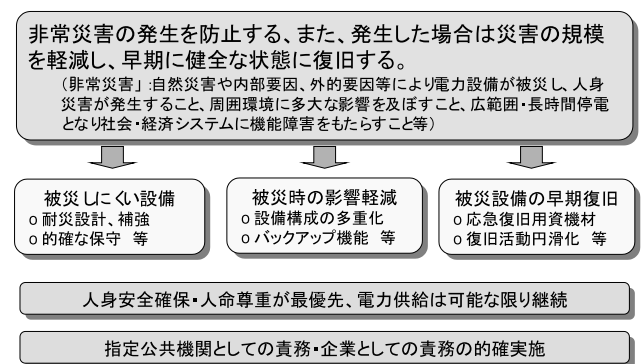


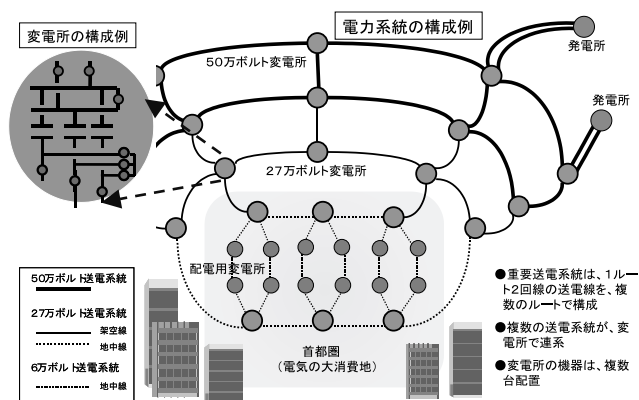
図-2 防災対策の基本方針

大な影響を及ぼす場合などを非常災害と位置づけ、その発生防止と万が一発生した場合の災害規模の軽減、健全な状態への早期復旧を防災対策の基本方針としている(図-2)。

(2) 耐災性の確保

非常災害の発生防止は、自然災害などに対し設備異常・損壊に至らないように耐災性を高めることである。しかしながら、非常に過酷な自然災害や発生確率の低いリスクに対し全てが耐えるようにするには、技術的・経済的に困難な面があること、設備損壊等による影響度にも違いがあることから、次のような考え方で耐災性を確保することとしている。

- (1) 原子力発電設備、ダム、石油・LNGタンクなど、被災すると人身災害や周囲環境に重大な影響を及ぼしかねないものについては、過酷な自然災害に対してもそのような状況に至らないようにしている。
- (2) 送変電・配電設備などについては、一般的な自然災害のレベルに対しては、設備の機能に重大な支障が生じないように耐災性を確保し、過酷な災害に対しては、長時間・広範囲停電にまで進展しないように、電力系統全体でバックアップできるようにしている（図—3）。



図—3 電源システムのバックアップ機能

(3) 停電範囲の局限化

設備に異常が生じた場合には、保護システムや監視システムが異常状態を検知し、その設備を電力系統から自動で切り離す制御が行われる。重大な設備事故の場合には、電力系統全体に影響が及ばないような制御が行われる場合もある。設備が常時多重化（瞬時にバックアップ）されていない場合には、この時点で停電が発生する。停電発生後は、自動停電復旧システムや給電所・制御所に24時間常駐の運転員の判断に基づく系統切替え操作が行われる。常駐している保守員が被災現場に出向し、現地で切替え操作が行われることもある。このような初期対応により、電力システムのリダンダンシー（余裕分）を活用した復旧が可能な限り行われ、停電エリアが局限化される。

(4) 非常災害対策本部による復旧活動

大規模災害の場合には、常駐の運転・保守員あるいはその統括箇所の判断の下に行う初期の停電復旧に併行して、非常態勢を発令し非常災害対策本部による戦略的な復旧活動を行う。この段階では、被災した設備の状況や停電影響、関係機関からの要請などをできるだけ早く正確に、詳しく把握することが大切である。これとともに、被災設備をどのように仮復旧して応急送電するのか、どのエリアから優先するのか等を判断し、復旧資機材・要員の効果的な投入方法等、適切な対処方法を決定していくことが重要となる。このように重要な役割をもった非常災害対策本部による復旧活動が円滑に行われるよう、常日頃からハード・ソフト面でのさまざまな準備（予防対策）を進めている。

3. 平常時の準備事項

(1) 対応要員の速やかな参集

予め非常災害対策要員を定めるとともに、夜間・休祭日に対策要員を速やかに呼集できるよう自動呼出しシステムを整備している。また、交通が途絶した場合に備え、事業所近傍への初動要員の居住と宿日直体制を行っている。供給エリア内等で震度6弱以上の地震が発生した場合は、社員の自主的判断で職場や近隣事業所に自動出勤すること等を定めた行動指針を策定するなど、速やかに対策要員を確保できるよう諸対策を実施している。

(2) 情報収集・発信機能の充実

非常災害発生時の復旧戦略の立案、関係各機関と連携した災害対応、広報などを行う上で、情報の果たす役割は大きい。特に、被害が発生している現場に極力近いところから、初期情報をいかに速やかに収集・集約し、何が起きているかを共通認識として持てるかが極めて重要となる。このため、情報の収集・集約、発信、判断支援などに必要なさまざまな防災システムを独自の通信網と組み合わせて構築している（図—4）。また、気象庁からの一般気象データと、電力設備に影響の大きい雷、台風時の碍子への付着塩分量などの独自観測データの表示および地震発生時の被害想定、送電線への着雪予測などが可能な防災情報システムと呼ばれるシステムを開発し活用している。

このようなシステム構築をする上で電力会社の場合には、独自の通信網を保有しているという点で有利である。電力の通信網は、発電出力の調整、電力設備の監視・制御、緊急時の対応など、電力安定供給のための

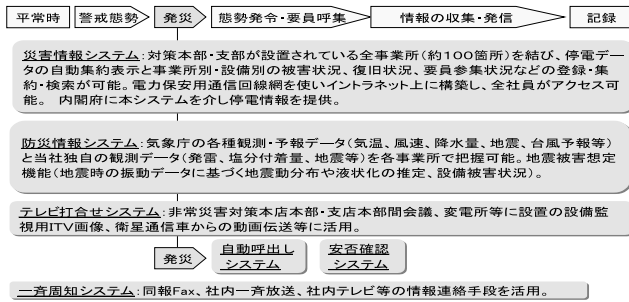


図-4 各種防災システムの活用

情報伝達用として、有線通信回線、地上マイクロ波回線、衛星通信回線等で設備間・事業所間を結ぶように構築されており、大規模災害時に情報連絡手段を確実に確保できる。

(3) 復旧用資機材・工事力の確保

大規模地震時の被害想定等に基づき、復旧用資材を確保する。電柱や柱上変圧器などは、大規模地震発生時に広範囲に被害が発生した場合でも、各地の資材センター等に確保している応急復旧用資材と通常の工事対応のための在庫で対応可能である。主要送変電設備の部品類（変圧器ブッシング、電線、碍子）で製作に時間がかかるものや特殊な設備、旧型設備の場合には、該当する重要設備については予備物品を保有している。事故時や災害時に使用される特殊車両については、電力応急送電用として高圧発電車、低圧発電車、変電設備応急復旧用として移動用変圧器・開閉器（車載型）、通信設備応急復旧用と被災現場からの通信確保用として衛星通信車、その他に、現地指揮車、緊急自動車、広報車を第一線事業所に分散して配備している。また、ヘリコプター（常時は送電線巡視用）も利用できる。この内、発電車は、救急救命に必要な病院や避難所、非常災害対策本部など復旧活動拠点等に応急的な電力供給を行うもので、阪神・淡路大震災以降、50/60 Hz 両用のものに順次取り替えている（図-5）。また、必要な請負工事力等が間違いなく確保できるよう、工事請負会社・メーカー・業務委託会社のうちか

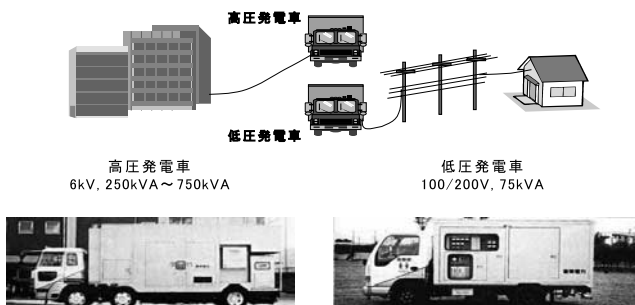


図-5 発電車による応急送電

ら、非常災害時の予防・復旧等を実施する会社を指定・協定を締結している。他電力会社とは復旧用資機材・要員の応援等に関する取り決めを策定、資機材の輸送力等についても関係会社と協定を締結している。

(4) 実践的な復旧訓練、情報訓練等の実施

災害発生時、迅速で安全な復旧ができるよう、「総合防災復旧訓練」や「情報連絡訓練」などを毎年実施し、非常災害対策活動の反復訓練による習熟、マニュアルやチェックリストに定められている事項や各種防災システムの検証、フォローを図っている。最近は、標準化された復旧方法に対する応用動作訓練の導入、情報連絡訓練におけるシナリオ非公開、ロールプレイング方式の導入など、より実践的な訓練となるよう工夫している。また、国や地方公共団等が主催する防災訓練にも積極的に参加し、地域との連携強化に努めている。

(5) 非常災害対策要員および被災社員支援

対策要員が安心して対策活動に従事できるよう、社員と社員の家族が安否を確認できるシステムを整備するとともに、社員およびその家族が被災した場合の支援方法等についても予め定めている。また、対策要員および帰宅困難社員を想定し、保存食、飲料水、毛布、浄水器、仮設トイレなどを備蓄している。

4. 大規模地震発生時の電力供給

大規模地震発生時の電力供給は、地震規模や季節・曜日・時間帯、気象条件等によって異なるが、一般的には次のように想定している。

- (1) 発電所や送電線・変電所の内、重要な設備については被災すると広範囲・長時間停電や環境影響の原因となるため、設備が被災しないよう十分な耐震対策を実施しており、停電に結びつくような深刻な被害は発生しにくい。
- (2) 一般的な変電所については、強い地震や火災影響により変電所の機器等が損傷し、一旦、広範囲に停電が発生することが想定されるが、送電線の多重連系や変電所の機器の複数配置などにより、被害機器を経由せずに電力が供給されるバックアップ機能が働き、かなりの範囲の停電は比較的短時間に復旧する。
- (3) 強い揺れがあった地域では、阪神・淡路大震災並びに新潟県中越地震でみられたような電柱倒壊や電線が切断（多くは家屋の倒壊、火災の影響、地

盤の崩壊により発生)し、停電することは避けられない。

- (4) 上記のような場合、広い範囲で設備の損壊が発生するため、バックアップができない場合が多い。また、道路が使えず、復旧に必要な資機材、要員が十分に投入できないことも想定されること、設備を復旧し送電を再開する時点で、電気火災防止等のため一戸一戸の安全確認を行うことなどから、何日にもわたり(概ね6日後くらいまで)停電が継続することが予想される。

阪神・淡路大震災時は、電気はライフラインの中では比較的早い復旧であったが、電力設備を復旧し応急送電を完了するまでに7日を要している。図-6に阪神・淡路大震災時の停電復旧がどのように推移したかを示す。

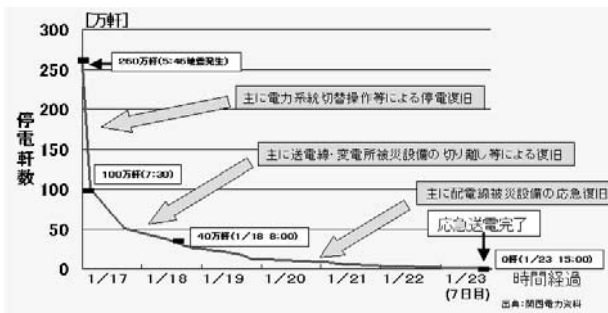


図-6 阪神・淡路大震災の停電復旧過程

5. 地震被害想定システム (InfoRisk)

前述のとおり、発電所や重要な送変電設備については、十分な耐震設計が行われ、ハード面での耐震対策は概ね完了している。しかし、いつ起きてもおかしくないと言われている首都直下地震のような震度6強以上の大地震が発生すれば、一部に損傷する設備が生じるかもしれない。このような影響を事前にシミュレートするために東京電力で開発し、InfoRiskと名付けた地震被害想定システム²⁻⁴⁾について述べる。

InfoRiskは、社内の地震観測記録に基づいた経験式と500m×500mの地盤メッシュモデルのデータベースから構成されており、地理情報システム(GIS)を活用して各種地図情報を同時に表示する機能を有している。得られた被害想定に対して復旧シナリオ策定や、復旧体制の早期確立検討において有効活用できるように環境整備をすすめている。想定結果は、ハザードマップや被害数量一覧表、あるいはワンクリックによるポップアップ表示にするなど、地震工学の専門知識を持っていない防災対策部門や設備管理部門の担当

者にとって扱いやすいように配慮されている。

具体的な評価項目を以下に示す。

- (1) 地震動の揺れの強さ：震度(図-7)、加速度、速度を推定するとともに、工学的基盤面および地表面における加速度応答スペクトルを推定する。

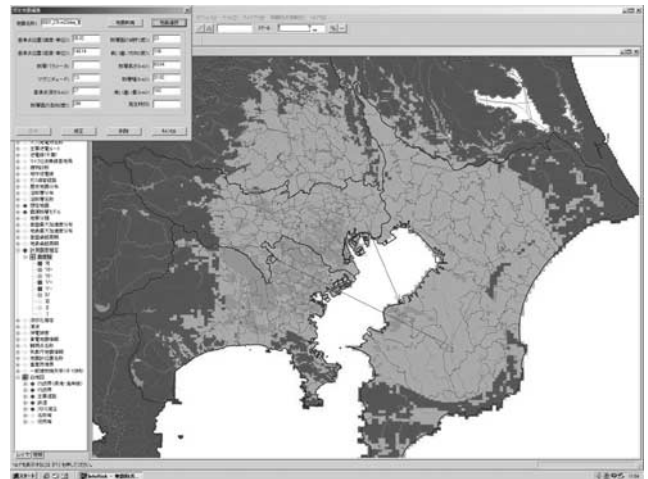


図-7 東京湾北部地震の震度分布図 (InfoRiskによる推定)

- (2) 液状化危険度：地表面における最大加速度だけでなく、加速度応答スペクトルからスペクトル強度SIを推定し、地中の最大せん断応力分布の精度向上を図っている。
- (3) 配電設備の被害：阪神・淡路大震災の被害分析に基づいた精度の高い配電設備の被害想定手法(図-8)^{5),6)}を持っており、停電軒数の高精度な推定が可能である。

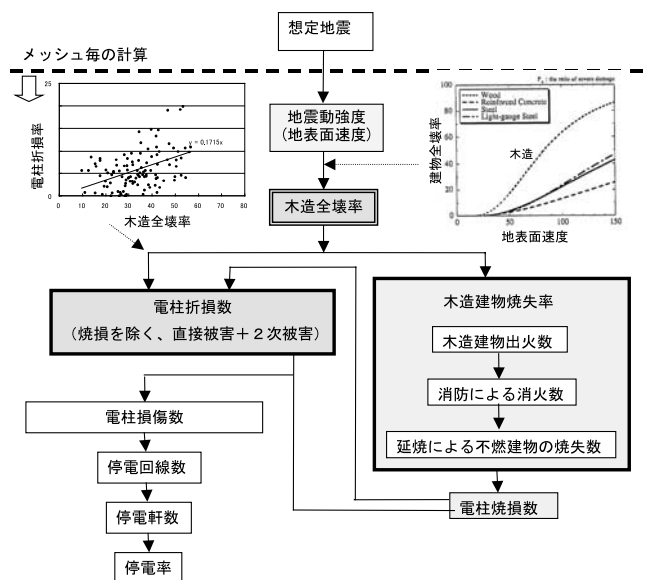


図-8 配電柱の被害想定手順

6. おわりに

あらゆる社会活動・産業活動に欠かせない電気を、大規模地震発生時においても停電させないための東京電力の地震防災対策への取組みについて述べた。最近、国や東京都の首都直下地震の被害想定などが公表される中で、多方面の方から、電力会社の防災体制や、災害時の電力供給の見通し等についての問い合わせが増えている。本稿がその一助になればと願いつつ、電気は重要社会インフラの中でも基盤を成すとの強い意識のもと、お客さまの期待に応えるべく、努力を積み重ねていく所存である。

《参考文献》

- 1) 大橋裕寿, 末広俊夫: 電気事業の地震防災対策 (東京電力株の事例), エネルギー・資源, 2007.7 (投稿中)
- 2) 高橋聡, 嶋田昌義, 末広俊夫: 東京電力の地震防災情報システムの開発, 電力土木, No.296, 2001.11
- 3) <http://www.tepco.co.jp/provide/rdplan/hozen/sub/019-j.html>
- 4) <http://www.tepsc.co.jp/products/inforisk/inforisk.html>
- 5) 中村秋夫: 東京電力における技術革新のあゆみ, 電気評論, 2007.1, pp.51-91
- 6) 末広俊夫: 解説 配電設備の地震被害想定手法の開発, 電気評論, 2007.8 (投稿中)

JCMA

【筆者紹介】

大橋 裕寿 (おおはし ひろひさ)
東京電力株
本店総務部
防災グループマネージャー



末広 俊夫 (すえひろ としお)
東京電力株
技術開発研究所
耐震技術グループ
主管研究員



建設の施工企画 2005年バックナンバー

平成17年1月号(第659号)～平成17年12月号(第670号)

1月号(第659号)

建設未来特集

6月号(第664号)

建設施工の環境対策特集

10月号(第668号)

海外の建設施工特集

2月号(第660号)

建設ロボットとIT技術特集

7月号(第665号)

建設施工の環境対策—大気環境特集

11月号(第669号)

トンネル・シールド特集

3月号(第661号)

建設機械施工の安全対策特集

8月号(第666号)

解体・再生工法特集

12月号(第670号)

特殊条件下での建設施工機械特集

4月号(第662号)

建設機械施工の安全対策特集

9月号(第667号)

専門工事業・リースレンタル特集

■体裁 A4判

■定価 各1部840円
(本体800円)

5月号(第663号)

災害復旧・防災対策特集

■送料 100円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>