

電力リアルタイム地震防災システムの技術展望

朱牟田善治¹

¹正会員 工博 (財)電力中央研究所 地盤耐震部 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災小委員会では、今日の観測・情報通信処理技術の進展状況を背景とし、時々刻々変化する現象に対応したリアルタイム地震防災システムのありかたについて検討を重ねてきた。この成果を踏まえ、本論では電力システムに焦点を当て、今後のリアルタイム地震防災システムのあり方や技術展望を明らかにすることを目的とする。電力システムの特徴、電力リアルタイム地震防災システムの考え方、電力各社における阪神大震災以降の取り組みなどを調査する。さらに、雷や台風などを対象とする気象情報システムの目的や活用状況を調査し、電力リアルタイム地震防災システムとの類似性や相違点を明らかにする。これらの調査を通じて、今後のリアルタイム地震防災システムの技術展望を考察する。

Key Words: *real-time seismic information system, restoration, monitoring system, electric power system, lifeline, earthquake disaster prevention*

1 はじめに

一般に、『リアルタイム地震防災システム』という、地震動を遠隔監視（モニタリング）し、その情報に基づいて、被害防止、もしくは軽減のための対応を迅速に開始することを支援する情報システムと考えられている¹⁾²⁾。この考え方を基本とし、これまでにユレダス³⁾やSIGNAL⁴⁾などに代表されるシステムが数多く開発され、実用化されてきた。ところが、大災害を引き起こす地震⁵⁾⁶⁾は低頻度にしかならないこともあり、上記のシステムの有効性については、これまでほとんど議論の対象とならなかった。その結果、ユーザや目的のはっきりしない『リアルタイム地震防災システム』が数多く存在するのが現状である。『リアルタイム地震防災システム』のブームが去った今、技術的展望が読めない閉塞した状況を迎えている。

これに対し、土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災小委員会では、今日の観測・情報通信処理技術の進捗状況を背景とし、時々刻々変化する現象に対応したリアルタイム地震防災システムのありかたについて上記の基本コンセプトを拡張することも含めて検討を重ねてきた。小委員会の活動として筆者らは、リアルタイム地震防災システムの本質的な目的とは何か、どのようなニーズがあるのか、既存のシステムの問題点とは何かなど、基本的な事項の整理を、地震時の活用例を調査することにより進めようと試みた。ところが、実際にリアルタイム地震防災システムが地震時に活用された事例はほとんどなく、活用例を通して上記のような検討を行うことは難しいとの結論に至った。

このような背景から本論では、ライフラインシステムのうち特に電力システムに焦点をあて、4つの視点から電力における今後のリアルタイム地震防災システムの技術課題を明らかにする。第1の視点は、電力システム特有の特徴を挙げ、地震を含む災害時に最も問題視されてきた事項を整理する。第2の視点は、電力会社で実際に活用されている地震防災情報システムを整理し、その概要を示すとともに、筆者が考える『リアルタイム地震防災システム』の考え方を明確にする。第3の視点は、兵庫県南部地震以降の電力各社の『リアルタイム地震防災システム』への取り組みを概観し、その方向性を明らかにする。第4の視点は、地震以外の気象情報（雷や台風など）を提供する既存の気象情報システムの目的や活用状況を調査し、『リアルタイム地震防災システム』との類似性や相違点を明確にする。これらの検証を通じて、電力リアルタイム地震防災システムの意義やニーズ、および今後の課題を考察する。

2. 電力ライフラインの特徴

(1) 電力貯蔵の困難性、システムの同期性による被害波及

電力を他の供給系ライフライン（ガスや水道）と比較した場合、共通点が多い。しかしながら、電力貯蔵の困難性（生産と消費の同時性）や全系統が同一の周波数で運転されている同期性など他の供給系ライフラインと大きく異なる特徴がある⁷⁾。

電力システムは、常に発電量と消費量は均衡している必要がある。災害時にこの均衡が崩れると、その影

響は同期連系されているすべての設備やシステムに電力変動や周波数変動をもたらす、最悪、系統崩壊につながる。電力貯蔵の困難性やシステムの同期性という電力システム特有の特徴が、地震時に予期せぬ被害の拡大を引き起こす可能性がある。

(2) 保護リレーシステムによる被害波及の防止機能

災害時などに発生する電流などの異常状態が、他の設備に被害を生じさせる恐れがある場合、電気の流れを遮断する遮断器が動作する。この遮断器の動作を制御しているシステムが保護リレーシステムである。保護リレーシステムは、電力システムに発生した事故を局限化し、事故が全系に波及するのを防止することを目的としている。たとえば、線路に短絡（線路が地震動などにより接触すること）が発生した場合、発電機が同期はずれ（負荷の急激な変動により同一系統上の発電機が同一の回転速度を保てなくなる状態）を起こした場合などは、保護リレーシステムが自動的に動作し、不具合箇所を選択的に分離し、復旧箇所を結合する。

保護リレーシステムは、自動制御を基本としているため、対処できる事故の規模はおのずと小規模なものに限られてくる。地震などにより同時多発的に発生した大規模事故に対しては、完全に自動制御することは不可能であり手動制御を行う。たとえば、地震後に負荷への送電を再開する際は、系統の周波数や電圧の回復特性、予備力などを考慮し、一度に過大な負荷を投入しないようにする。しかし、地震直後は負荷量や地絡、短絡、断線の有無などの把握が難しく、大きな不平衡が生じる可能性もある。このような場合、周辺情報をできるだけ多く収集し、経験に基づく適切な判断が電力システムの運用者には要求される。

以上、電力システムは他のライフラインに比べ、災害時に発生した事故が系統全体に瞬時に波及する危険性が高い。

3. リアルタイム地震防災システムの目的と概要

(1) 地震情報システムの目的と概要

本報では、地震情報システムを、『リアルタイム地震防災システム』の一部とする。地震情報システムは、地震情報を主に事後対応に活用するシステムとして従来の意味と等しくとらえるとともに、以下に示すように事前対策のために活用されるシステムも含むものとする。

電力分野における地震情報システムは、地震動を収集する目的に注目すると、①地盤特性を研究するための強震観測システム、②構造物の耐震研究のための

表-1 制御用地震計の主な目的

施設	目的
新幹線、鉄道	変電所の電源遮断
原子力発電所	制御棒の挿入
火力発電所	タービンの停止
変電所	変圧器保護リレーロック
ガス、燃料施設	緊急遮断弁の閉鎖
水道施設	元栓の遮断
エレベータ	主モータの電源遮断
一般の工場	受電施設の継電器遮断
化学プラント	取り付け弁、受け入れ弁遮断
病院、デパート等	非常放送に連動

地震観測システム、③二次被害防止のための制御用地震観測システムの3種類に分けることができる。

① 地盤特性を研究するための地震観測システム

表層地盤や不整形地盤および震源特性などが強震動に与える影響を適切に評価することを目的としている。たとえば、電力中央研究所では、岩盤上で定点観測を行い、設計入力地震動策定に関する研究などを行っている⁹⁾。また、余震観測や微動観測などを行い、地盤構造特性や基盤構造推定などの研究を行っている。

② 構造物の耐震研究のための地震観測システム

強震時の構造物や地盤の応答記録を得ることを目的とした地震観測システムで、あらかじめ設定していた大きさ以上の地震を記録する。

一般に、この地震観測システムは、地震の加速度を測定する方式が多い。これは、構造物に影響を与える成分は比較的大きい加速度であると考えられてきたためである。実際に、電力設備の耐震設計は、加速度を単位として入力レベルが設定されていることが多い。

③ 二次災害防止のための制御用地震観測システム

地震動の大きさがあらかじめ設定したレベルを超えたとき、即時に警報信号を発生し、自動的に電力システムを制御することを目的に開発された地震観測システムである。このため、必ずしも時刻歴の地震波を記録していないが、誤動作は大きな経済的損失に直結するため、その制度と信頼性については上記2つの地震観測システムにはない厳しさが要求されている⁹⁾。

電力分野において制御用の地震観測システムが用いられている事例は以下のとおりである。

a) 原子力発電所: 制御棒の挿入

強震時に警報を出力し、発電所を「停止させること」を目的に設置されている。原子力発電所では、制御棒を挿入して核反応を停止させる。

表-2 地震情報システムの実態調査

	地震観測点	目的	今後のシステム増強予定
A社	あり(ダム25地点、火力2地点、変電所3地点)	安全審査対応、構造物の耐震検討用	なし(社内ニーズ調査中)
B社	あり(多数)	安全審査対応、入力地震動策定等の基礎資料収集、震後点検	なし
C社	あり(オンライン44観測点 + α 、オフライン87観測点)	安全審査対応、入力地震動策定等の基礎資料収集、震後点検	あり(研究中)
D社	あり(16~17点)	地震動把握、ダムの地震応答解析のための基礎資料(震後の点検には、気象庁情報を利用)	なし
E社	あり(3観測点)	設計基準等の検証用、震後点検	なし
F社	あり(独自に5地点;1地点本店へオンライン化、他地点は1年に1回データ回収)	波形合成法により地震動を予測する上で重要となる主地震を収集、サイトでの地震動特性を把握	なし
G社	あり(計測震度計2つ、加速震度計34)	非常時の点検、安全審査対応、耐震設計等の基礎資料	なし
H社	あり(20弱)	広報用、震後点検	なし(社内ニーズ調査中)

b) 火力発電所:タービンの停止

火力発電所では、発電用のタービンにある閾値で停止させる。

c) 変電所保護リレーシステムのロック

地震時に変電設備に発生した振動をシステムの内部異常と誤判断した場合、保護リレーシステムにより電気が自動的に遮断されることを防止することにある。たとえば、変圧器に設置されている機械式のリレー(継電器)が地震による振動を内部異常と誤判断した場合、電気の流れを「止めない」ように制御用地震計と連動したシステムがリレーをロックする。

制御用地震計は電力システムのほかに、鉄道、石油コンビナート、ガス施設などのライフライン防護に使用され、主な用途を表-1に示す。

これらの国内重要施設に最も多く設置されている制御用地震計の設定加速度は10Gal から500Gal まで広く分布している⁹⁾。その設定値は構造物の耐震設計加速度の基準値に見合う値である場合と、システム誤作動防止用として50Gal 以下に設定されている場合とがある。

(2) キャリア情報システムの目的と概要

電力を運用管理している中央給電指令所、給電所、制御所は、システムの監視や制御(自動制御も含む)に必要なキャリアと呼ばれる電力オンライン情報(電流や電圧値、遮断器の開閉情報など)を、常時観測している。キャリア情報により、①停電している部分、単独系統となっている個所、ループ状態の識別、②動作したリレー、トリップした遮断器、③潮流、過負荷設備、電圧異常、④供給支障、⑤脱落した電源および

立ち上がり時間、⑥監視不能な設備、制御不能設備、などの状況を系統運転員がリアルタイムで把握できる¹⁰⁾。たとえば、キャリア情報の一つである遮断器(主に送電系統)や開閉器(主に配電系統)の開閉情報は、事故が発生した区間(遮断器や設置されている区間)を特定するのに有益な情報であり、かつシステム全体の供給支障範囲を瞬時に把握することが可能となる。キャリア情報システムは、まさにリアルタイム地震情報システムに求められる機能を備えていると言える。本報では、電力リアルタイム地震防災システムの一つとしてキャリア情報システムを位置付ける。

キャリア情報システムを用いれば、地震情報システムに比べ、電力システムに発生した供給支障の範囲をより確実に把握することができる。

(3) オフライン情報システムの目的と概要

複数の送電線の遮断器が同時にトリップ(電流が遮断された状態)したときなどは、リアルタイムで入手できるキャリア情報だけでは電力システムに発生した事故の状況把握が困難な場合がある。また、配電システムのように広域的に分布する膨大な数の設備から構成される場合は、キャリア情報だけで迅速に事故区間(個所)を特定することは不可能である。このような状況では機器の異常の有無、事故原因、トリップ信号などを、巡視などにより現場から直接収集する。この主に人間系により収集・伝達された情報を情報源とするシステムをオフライン情報システムと呼ぶ。本報はオフライン情報システムもリアルタイム地震防災情報システムの一つとして位置付ける。

4. 兵庫県南部地震以降のリアルタイム地震防災システムに関する電力各社の取り組み

(1) 地震情報システムに関する電力各社の取り組み

表—2は、日本の主要な電力各社に対しアンケート調査を実施した結果である。このアンケートでは、地震観測システム（制御用の地震計は含まれない）の有無とその目的および今後のシステム増強の予定などについて調査した。その結果、調査対象としたすべての電力会社で地震観測を行っているものの、その利用目的は耐震設計の高度化や安全審査対応のための強震観測記録の収集が主であることが明らかとなった。また、地震観測システムの復旧支援などへの応用を指向した研究を行っている電力会社もあるが、ほとんどの電力会社で、上記以外の目的で地震情報システムにニーズがないことが明らかとなった。

変電設備などに設置されている制御用地震計も最近では、振動で誤動作を起こさない電気式リレー（継電器）が普及するようになり、その数は限られたものとなってきている。

(2) キャリア情報システムに関する電力会社の取り組み

兵庫県南部地震以降、電力各社はキャリア情報システムを応用した技術開発を行っている。特に、各社とも需要家サービスという視点からのシステム開発が増加している。

兵庫県南部地震で多大な被害を被った関西電力では、キャリア情報をGISに取り組んで事故直後から各営業所の端末に停電範囲が地図表示されるシステムを構築した¹¹⁾¹²⁾。配電線の停電範囲・復旧状況等の系統の状況がリアルタイムに色替え表示されるので、確実な需要家対応が行える。停電情報地図表示システムの主な機能は以下のとおりである¹²⁾。

- ①事故が発生した配電線の停電・復旧区間の系統情報が地形図上にリアルタイムで表示される機能。
- ②複数の配電線事故や復旧情報が一覧できる配電線事故一覧表示機能。
- ③高圧および低圧需要家の停電範囲がリアルタイムで一覧表示される機能。

また、地震などにより事故が発生した場合、瞬時に変電所名や配電線名等のわかる事故発生メールが各営業所端末に表示、提供できるようになっている。

さらに、需要家への対応として96年4月から供給エリア内で震度5以上の地震が発生した場合や、地震のために100万kW以上の停電が発生した場合、停電発生時刻・地域・規模について災害発生後30分程度を目標に、近畿2府4県、3政令都市に停電状況などに関する

情報を提供するようにしている。

(3) オフライン情報システムに関する電力会社の取り組み

電力各社とも情報集約の迅速化の取り組みが多い。先にも述べたように、電力システムにおいてキャリア情報は、地震直後の自動制御や系統運用という視点からの活用が主であるが、オフライン情報は、事後復旧戦略策定のため、確実な被害情報把握を主な目的としている。災害時に、合理的に作業員を派遣する体制づくりや、派遣した作業員から迅速に情報を収集する情報集約システム構築への取り組みが中心となっている。

たとえば、関西電力では、「情報調整チーム」を災害時に組織することが決められた¹²⁾。このチームは、各班から上がってくる被害情報や復旧情報を集約し、非常対策本部に付議する事項を整理する。その一方で、社外の防災機関などとの対応を行うことになっている。同じく関西電力では兵庫県南部地震以前、被害情報の集約や配信は電話やFAXに頼っていたため、情報が輻輳したり、途絶えたりしていた。その後、社内LANを活用して災害情報を集約・配信する「災害情報システム」を構築し、98年7月から運用を開始した。この結果、大規模な災害で従来数時間程度を要していた情報収集を数十分程度にまで短縮できるとしている。

5. 電力における気象情報システムの目的とニーズ

主に災害時の事後対応を目的として電力各社は、地震以外にも雷や台風などの情報を収集、伝達する独自の気象情報システムを所有している。これらの気象事象システムと、本論で議論する『リアルタイム地震防災システム』との類似性や相違点を比較することは、今後の課題を明確にする上で有用である。本章では、電力における気象情報システムの概要を述べ、その目的やニーズを明確にする。

(1) 気象情報システムの目的¹³⁾

電力システムは、地震以外にも様々な自然災害に晒されている。地震情報システム以外にも各社独自の様々な気象情報システムが実用化されている。電力各社では気象庁からの気象情報収集はもとより、気象観測からデータの分析までを行う独自システムをすでに実用化している。これら気象情報システムの目的は、以下の4つに大別できる。

- ① 気象現象により電力システムが受ける被害予測と被害の局限化

表一3 気象情報の活用方法例(文献13)に一部加筆

部 門	活 用 方 法
系統運用部門	1. 短期の天候、気温、日照予測から需要予測を行い経済的な発電計画を立てる 2. 降水量の実況、予測値から河川の出水量を算出し水力発電所の経済運用を行う 3. 雷害・雪害などによる電力系統事故が予想される場合、事故波及を極小に抑える系統運用を行う
送変電部門	1. 台風、季節風などによるがいし汚損量を推定し、洗浄時期を判断する 2. 電線着雪量を推定し、事故発生時の早期復旧体制を確立する 3. 風力によって塔上作業可否を判断する 4. 強風が予想される場合は変電所周辺のビニールや防雀テープ飛来防止のパトロール要否を判断する
配電部門	1. 雷発生時の屋外作業中止の判断材料とする 2. 当日、翌日の気象予測を参考に、作業計画を立案する
営業部門	1. 需要家対応（電話等による問い合わせに対する返答等）
水力部門	1. 台風、融雪出水、集中豪雨に対応して、ダムを水位を調整し、洪水などの災害防止、水資源の有効活用をはかる

- ② 効率的な貯水池運用
- ③ 需要予測と電源の効率的運用
- ④ 適切な復旧戦略（要因確保、物資搬入など）の早期確立

(2) 主な気象情報システムの概要¹³⁾

① 雷害に関するシステム

電力系統事故のうち、雷事故が占める割合は最も高く、電力系統の運用に最も脅威を与える気象要因である。このため、電力各社とも落雷の強度、位置および雷雲の移動方向などを観測できる独自のシステムを保有している。

② 雪害に関するシステム

雪害事故の場合は、a) 複数の送電線が長時間にわたり被害を受ける、b) 事故様相が複雑で、ほとんどが短絡事故となる、c) 送電設備が損壊被害を受けるケースがある、といった特徴がある。

送電線の着氷雪状況を把握するための装置として、着氷雪探知装置がある。この装置は、送電線の着氷雪状況を電力線搬送信号の受信レベル低下または鉄塔の荷重変化から検出し、給電所、保守担当個所へ伝送する。また、着氷雪探知装置で得られた情報と、気象協会からの気象予測メッシュデータをもとに24時間先までの着氷雪状況を予測してCRTに地域別危険度を表示するシステムなどの開発も進められている。

③ 塩害に関するシステム

台風や季節風などによって海から運ばれた塩分ががいしに付着すると、がいしの表面にそって放電が起こることがある。これを塩害事故といい、特に雨を伴わ

ない「かぜ台風」のときに被害が多発する。塩害事故が電力系統事故に占める割合はわずかであるが、設備の破損を伴うケースが多い。最も被害を受ける設備は、がいし、遮断器、断路器である。塩害監視システムは、測定用がいしの塩分付着量を測定して、運転個所、保守個所へ転送するシステムである。

④ 強風に関するシステム

台風や突風などの強風は、送電鉄塔の倒壊など電力設備に大きな被害を与えることがある。各社とも気象庁のアメダス情報を収集して被害予測を行っている。また、アメダス情報では得ることができない鉄塔上の風向、風速を収集する風観測システムを開発運用している電力会社もある。

⑤ 降雨情報に関するシステム

貯水池の効率的な運用を行うためには、降雨による出水予測を行う必要がある。雨量、積雪、雨雲の動向などを電力会社では、マイコス情報、河川情報センタから収集している。

⑥ 河川状況を監視するシステム

河川の状態を把握するために、河川水位、ダム水位、流入量を測定している。

⑦ 積雪量を観測するシステム

冬季および融雪期の出水に対して、効率的なダム運用を行うために流域の代表地点に雪量計を設置し、積雪量を観測している。

(3) 気象情報システムのニーズ¹³⁾

気象情報は当初、電力システムを安定に運用する業務を行っている中央給電指令所および制御所などいわゆる系統運用部門だけが積極的に収集していた。他部

門は、必要があれば系統運用部門に電話などで問い合わせをする程度であった。しかし、社会活動のエネルギー源として電力のニーズが高くなるとともに、需要家への供給責任などの面からも詳細かつタイムリーな情報収集の必要性が他部門においても高まってきた。

表-3は、電力各部門の活用状況を示す。電力会社により状況は異なるが、気象情報を必要とする部門が等しくいつでも活用できることを目標として、システムの拡張が図られている。現状では、電力設備を保守、管理する部門が、巡視の要否など早期復旧体制の確立を目的として気象情報を積極的に活用している。

6. 電力リアルタイム地震防災システムの課題

これまでに、『リアルタイム地震防災システム』をその情報ソースの違いにより、『地震情報システム』、『キャリア情報システム』、『オフライン情報システム』と3つに分類した。この3つの情報システムの今後の課題について考察する。

(1)地震情報システムの課題

他の気象情報システムが観測データをリアルタイムで処理して刻々と変化する現象を事前に推定し、適切な事前対応をとることに有効に活用されているのに比べ、地震情報システムは、事前の予知が現状では不可能であるとともに、事後の被害推定精度が気象情報システムに比べ、極端に悪い。

この原因として電力システムに被害を発生させるような地震現象は、気象現象と比較して極端に少ないことを挙げる。たとえば、図-1は、昭和58年から平成4年の10年間に電力システムに発生した系統事故の原因別事故比率を示している。この図から明らかなように地震は、事故原因の0.1%程度にも満たない。このことは、地震被害予測に対する推定精度が一向に改善しない要因となっている。

このため地震情報システムを特に、事後対応支援システムとして有効活用することは、現実には難しい。5(1)で示した気象情報システムの目的と同様な活用をするためには、今後より一層の地震予知研究、および被害推定研究の進展が望まれる。現状では、画期的な研究の進展は望めないが地震予知の精度が高まれば、地震が発生する前に緊急対応をとる時間を稼ぐことができる。被害推定精度が高まれば、地震後の被害箇所検知時間を短縮することができる。このように地震情報システムに関する研究の進展は、より地震被害の軽減に有用となる可能性がある。

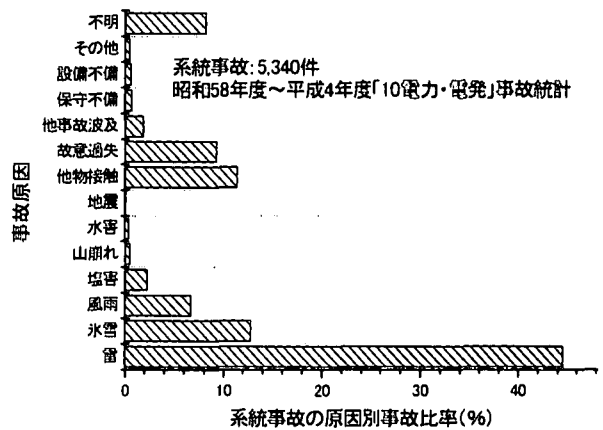


図-1 系統事故の原因別事故比率 (文献13) を参照

(2)キャリア情報システムの課題¹⁴⁾

3(2)で述べたように、キャリア情報システムは供給支障の範囲を把握するのに優れている。しかしながらキャリア情報からいつ停電が解消するかという情報を得るための予測研究は、あまりなされていない。被災者にとって停電がいつ解消するかという情報は、重要な情報であり、兵庫県南部地震においても、電力会社への問い合わせ件数をもっとも多い用件であった。特に、兵庫県南部地震のような大災害時には、被災後なるべく早い時点で地域別の復旧日時についておおよその見通しを示すことで、公衆の不安を解消することが必要である。

ところが、情報を提供する電気事業者側からすれば停電時間を正確に評価することは、現時点では非常に困難である。まず、正確な復旧の見通しをつけるには、復旧の進捗状況に応じて確実な情報が必要であり、緊急時の混乱しているときにそのような情報を収集し、総合的に判断できる立場にある実務者がほとんどいない。また、低頻度でしか発生しない地震に対して、過去の記録や経験的な知見などもほとんど残っていることはなく、どのくらい復旧に時間がかかるのかについては起きてみないと判らないというのが実情である。さらに、たとえ地震後の復旧時間にある程度見通しをつけたとしても、一般に公開するためには、情報提供対象者、広報手段、具体的内容、情報提供のタイミングなどの検討が必要となる。

このように停電予測手法とその伝達方法については、まだ多くの課題が残されている。しかし、キャリア情報は地震後瞬時に収集される情報のうち、設備被害に関連したもっとも確実な情報を含んでいる。停電時間予測を行う上でもっと積極的にその活用法を検討すべきであろう。

(3)オフライン情報システムの課題

オフライン情報は、被害個所を特定する上でもっとも有効な情報といえる。しかしながら、その情報を得るには、巡視に代表されるように、作業員が被害個所を現場で直接確認することを基本としている。災害が大規模になればなるほど、巡視作業には時間がかかるため、巡視に代わる被害個所の検知システムの開発が必要と思われる。すなわち、構内監視テレビの設置、新型事故センサーの開発、巡視ロボットの開発など人間系でしか収集できなかった被害情報を迅速にモニタリングできるシステムの開発が望まれる。キャリア情報システムと同様にオフライン情報の収集状況に応じて、より精度の高い復旧時間予測を行う手法を検討することも必要である。

7. まとめ

本論では電力リアルタイム地震防災システムのあり方や技術展望を明らかにすることを目的に、4つの視点から基礎的な調査を行った。これらの検討から以下のような結論を得た。

(1) 電力システムは、電力貯蔵の困難性、設備の同期性など他のライフラインにはない特徴を有し、システム全体に被害が瞬時に波及する危険性のあるシステムである。このため、地震時においてもシステム全体への被害波及を防止する技術を開発することが本質的に電力分野のニーズとしてはもっとも高いものである。

(2) 電力リアルタイム地震防災システムとは、地震情報を活用する地震情報システム、運用に必要なオンライン情報を活用するキャリア情報システム、および人間系により収集される被害情報を活用するオフライン情報システムに分類できる。電力各社においては、自動制御や緊急制御などは主にキャリア情報システム、復旧対策は主にオフライン情報システムが活用され、事後対応に地震情報システムはほとんど活用されていない。

(3) 電力各社は、阪神大震災以降、地震情報システムの改善・増強には必ずしも積極的ではない。その理由として、耐震対策（事前対策）は、すでに妥当であるとの判断がなされており、事後対応には、キャリア情報システム、オフライン情報システムの活用のほうが有効であるとの判断がなされているからである。一方、キャリア情報システムは、需要家サービスという視点からGISなどと連動した停電情報システムの開発などが行われている。オフライン情報システムについては、マニュアルや非常事態体制の整備、LANなどを用いた通信情報システムの整備などが積極的に行われ、情報収集の迅速化が図られている。

(4) 雷や台風などの気象現象は、地震と比べて発生頻度が高く、電力各社はその予測技術を積極的に開発してきた。このため、台風などの災害時には、気象情報システムが時々刻々変化する災害現象に応じてリアルタイムで活用され、その有効性が確認されている。一方で、地震情報システムは、地震予知や被害予測技術がまだ実用レベルにまで達していないため、上記のような活用方法がなされていないのが現状である。

(5) 今後のリアルタイム地震防災システムの技術展望としては、地震情報システムを用いた、地震予知・地震被害予測技術の高度化、キャリア情報システムを用いた復旧時間予測手法の開発、さらに、巡視に代わる被害個所検知技術の開発が挙げられる。

謝辞：本研究を行うにあたり、電力各社からはアンケート調査にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山崎文雄：リアルタイム地震防災システムの現状と課題，土木学会論文集No. 577/I-41, 1-16, 1997. 10.
- 2) 都市防災と環境に関する研究会編：地震と都市ライフライン—システムの診断と復旧—，京都大学出版会，1998.
- 3) 中村豊：総合地震防災システム，土木学会論文集No. 531/I-34, 1-33, 1996. 1.
- 4) 山崎文雄，片山恒雄，野田茂，吉川洋一，大谷康昭：大規模都市ガス導管網の地震時警報システムの開発，土木学会論文集，No. 525, pp. 331-340, 1995.
- 5) 資源エネルギー庁編：地震に強い電気設備のために，電力新報社，1996. 4.
- 6) 朱牟田善治：最近の地震による変電設備の被害の特徴と耐震対策，土木学会論文集 No. 598 / I-44, pp. 427-438, 1998. 7.
- 7) 大規模システムの安全管理支援の高度化協同研究委員会，大規模システムの安全管理支援の高度化，電気学会技術報告，第703号，電気学会，1998. 11.
- 8) 矢島 浩：強地震観測資料集 第1-16巻，電力中央研究所 調査報告，U90058~U98026, 1981~1997.
- 9) 鹿熊英昭：キャッチ・ザ・“地震”，新電気，オーム社，1995. 6.
- 10) 電力系統の事故時復旧操作調査専門委員会編：電力系統の事故時復旧操作，電気学会技術報告（Ⅱ部），第354号，電気学会，1990.
- 11) 震災の教訓を生かして：電気新聞，2000年1月17日.
- 12) 関西電力ワンストップサービスシステム，電気新聞，1999年6月22日.
- 13) 系統運用と気象情報調査専門委員会：系統運用と気象情報，電気学会技術報告，第548号，電気学会，1995. 6.

- 14) 朱牟田善治：電力における地震防災システムの現状と課題，第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集，土木学会地震工学委員会，リアルタイム地震防災小委員会，1999.1.