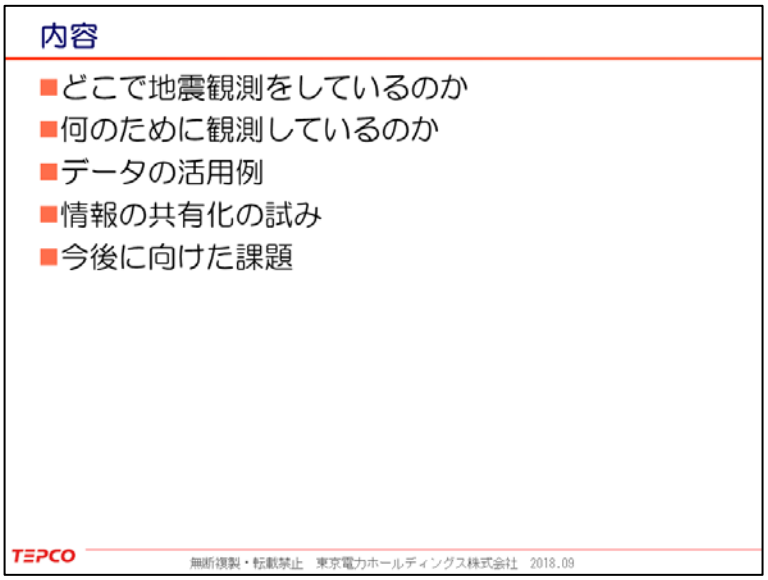
プレゼンテーション

企業より①「東京電力における地震観測とデータ利用の現状」

植竹　富一（東京電力ホールディングス株式会社　経営技術戦略研究所技術開発部主席研究員）

今日は、弊社で実施している地震観測の現状や、データ利用を社内でどのようにしているかについて紹介します。弊社の観測は、あまり外向きの宣伝やデータ配布をしていないので、そもそもどこで観測しているか、何のために観測しているか、社内でどのように使っているかということを中心に紹介したいと思います（図表1）。



1

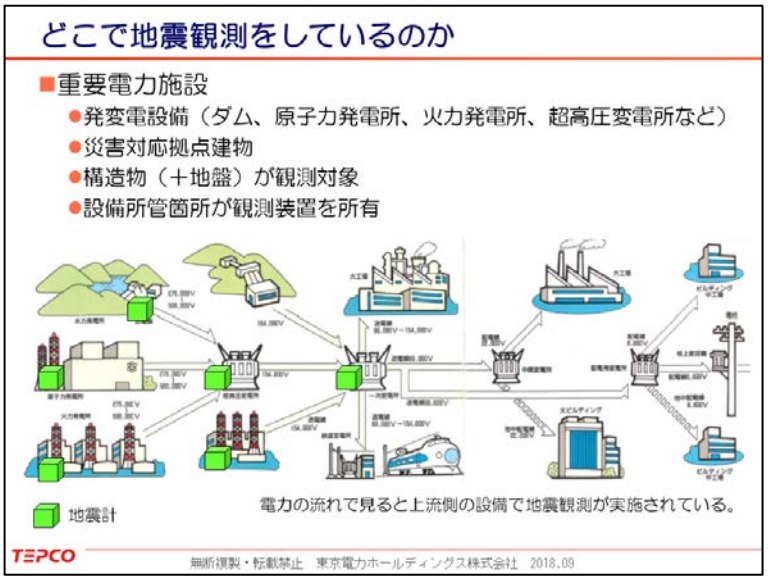
1.どこで地震観測をしているのか

まずは、どこで地震観測しているかということです。図表 2は少し前の電気の流れなので、太陽光や風力がありませんが、いわゆる大規模電源から電気が工場や各戸まで流れていく図になっています。

その中で特に地震計を置いて観測しているのは、大きな発変電施設（火力発電所、原子力発電所、水力ダム、超高圧変電所）です。なぜこれらの施設で観測しているかですが、原子力発電所やダムなどは特殊な構造物なので、元々は設計の検証やどういう揺れを示すのかを知りたいというところから始まりました。そういう意味では地震観測自体は結構昔から行っています。特に大型ダムで開始したのは 1960～1970 年代です。

変電所でも昔から観測していますが、観測数が増えたのは、1987 年に発生した千葉県東方沖地震がきっかけです。首都圏、特に千葉の方で地震による停電が起き、それを機にいろいろなところに観測装置を置こうということなりました。さらに 1995 年の兵庫県南部地震を受け、変電所では地震計の入れ替えなどを行いました。ただ、1995 年というと 25 年前なので、東京電力ホールディングスが抱えている地震計は古いものが多いです。

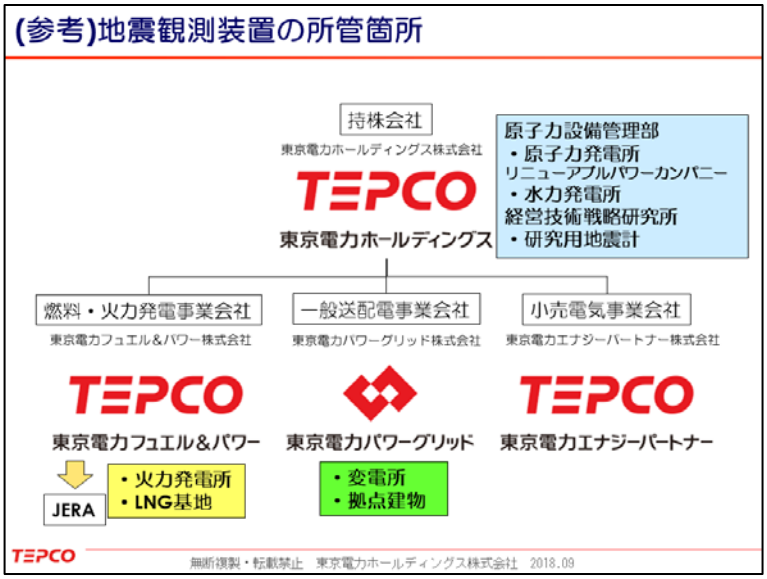
また、災害対応拠点建物、つまり本社や支社の建物は、災害が発生したときに災害対応拠点として機能しなければならないので、そこが無事かどうかを確認するための地震計もあります。発変電設備にしても災害対応拠点建物にしても、地盤にも地震計を置きますが、基本的には構造物が観測対象になっています。



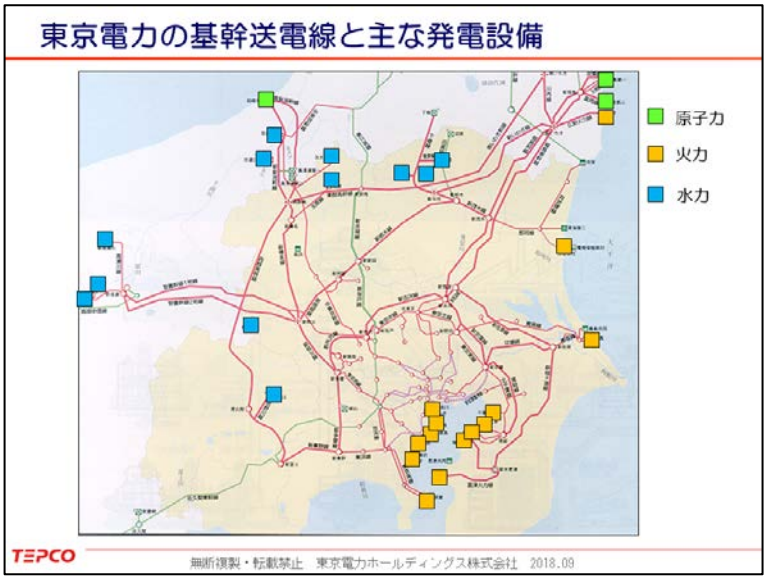
2

特徴的なのは、設備所管箇所が地震観測装置を所有していることです（図表 3）。建物なら建物管理箇所が、水力なら水力発電所を持っているところが、原子力発電所なら原子力部門が観測装置を所有して観測しています。いわば東京電力という大きな傘の下に別々の会社があって、それぞれが地震計を持っているようなものでした。実際、現在は分社化して別々の会社になっています。そういう意味では、この協議会がやろうとしていることに近いことを社内では行ってきたのかもしれません。

図表 4は東京電力の基幹送電線を示しています。赤が当社のもので、太い線は 50 万ボルトの送電線、細い線は 27 万 5000 ボルトの送電線です。青い四角は水力発電所で、基本的に山側にあります。黄色い四角は火力発電所で東京湾岸に多く、太平洋側にも幾つかあります。緑の四角は原子力関係で、福島と新潟にあります。大



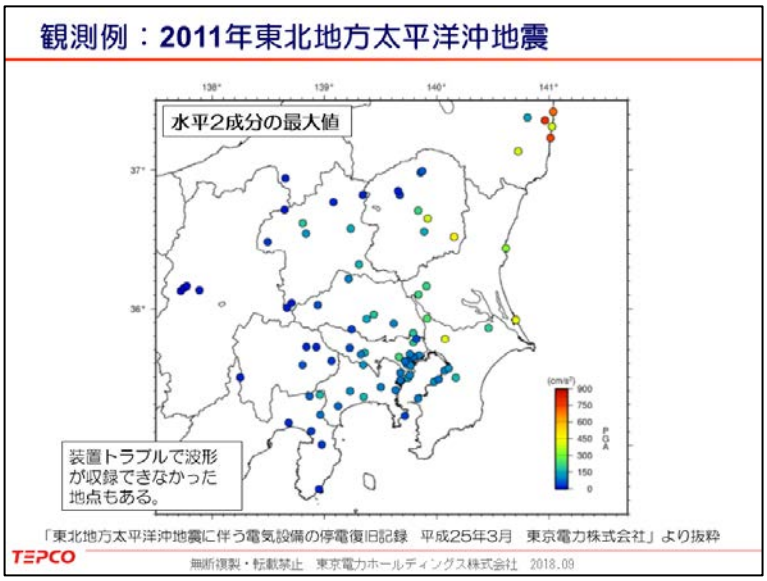
3



4

規模発電所が分散していることが分かります。小さい丸がたくさんあるのは、拠点になる変電所です。

観測例を示します。図表 5は、2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震における観測各地点の最大値をマッピングしたものです。福島側は値が大きく、首都圏側になるとせいぜい 150 ガルから 200 ガルぐらいだったことを、社内の観測データから把握できています。ただし、実際には停電や、装置がなぜか動かなかったなどのトラブルがあり、波形が取れなかった地点も幾つか存在します。観測装置の維持はなかなか難しいという感じがあります。



5

2.何のために観測しているのか

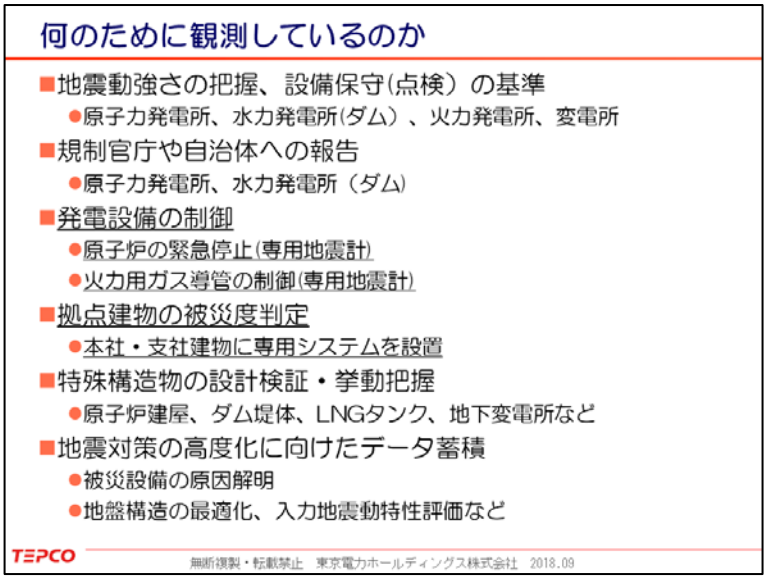
次に、何のために観測しているかということです（図表 6)。元々、地震計ですから、地震の揺れの強さを把握し、設備保守の基準にしています。各発電設備や変電所では、例えば 250 ガルを感知したらこれぐらいの点検をしなさいということがマニュアルで決められています。ただ、そこで使われているのは基本的に最大値なので、記録を残さなくてもいいという発想があります。従って、火力発電所などでも測ってはいますが、記録を取っているという意識は現地の人にはありません。たまたま点検のときに地震計から取り出された記録が残っているという程度です。

観測は、規制官庁や自治体への報告のためでもあります。原子力発電所が最も厳しいと思いますが、水力発電所なども何ガルを感知したのか、国土交通省関係の事務所や地元自治体に報告したりしています。

地震計の使用法として真っ先に浮かぶのは、発電設備を制御しているのではないか、決められた加速度を感知したら止めたりするのではないかということかもしれませんが、実は、地震の揺れで止める装置は二つしかありません。

一つは、原子力施設の原子炉の緊急停止です。これには専用地震計があり、波形を記録するのではなく、設定された加速度を建物の中で複数箇所で観測したらトリップのスイッチやスクラムのスイッチがかかるという、ある種のスイッチです。

もう一つは火力用ガス導管の制御です。これも同じように、何ガル以上の最大値がどれぐらい継続したら導管を閉めるということが決められています。実は火力発電所は地震の揺れそのものでは止まりません。設備のモニタリングをしていて、何か不具合があったとき、圧力に異常があったり、温度に異常があったり、回転して



6

いるタービンの軸が必要以上に振れたりしたときに止めます。地震の加速度が何ガルだから止めるというのではなく、設備の方のモニタリングで止めます。

最近は、観測データによる拠点建物の被災度判定も行っており、本社・支社建物に専用システムを設置しています。社内に建物を管理できる技術者が少ないので、一時的な判断を代行できるシステムを設置しようということです。

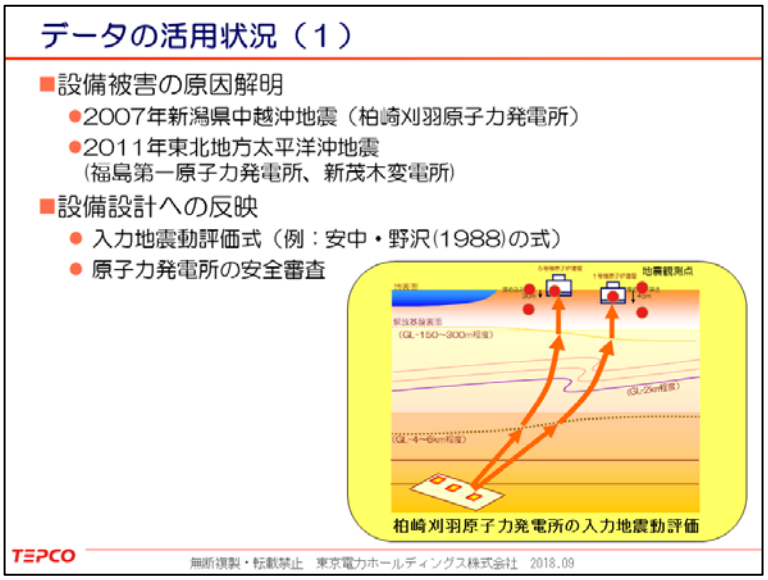
特殊構造物の設計検証や挙動把握も観測の目的であるということは、最初に申し上げたとおりです。原子炉建屋やダム、LNG タンク、地下変電所などがこういうことを目的に観測を行っています。

また、取れたデータは、地震対策の高度化に向けて蓄積されています。特に被災設備の原因解明など、飛行機のブラックボックスのような使われ方をする場合が多いです。

3.データの活用状況

活用事例を紹介します（図表 7）。まずは設備被害の原因解明です。2007 年の新潟県中越沖地震では、柏崎刈羽原子力発電所が全停止し、それまでの設計用地震動を超えたことに対して、観測データを基に設備状態を把握し、原因解明をして再び立ち上がりました。

2011 年の東北地方太平洋沖地震でも、福島第一原発事故の原因解明の一つとして地震記録を活用しました。新茂木変電所も被災しましたが、ここの記録も使って設備被害を説明しました。記録がないときは近くにある防災科学技術研究所の記録



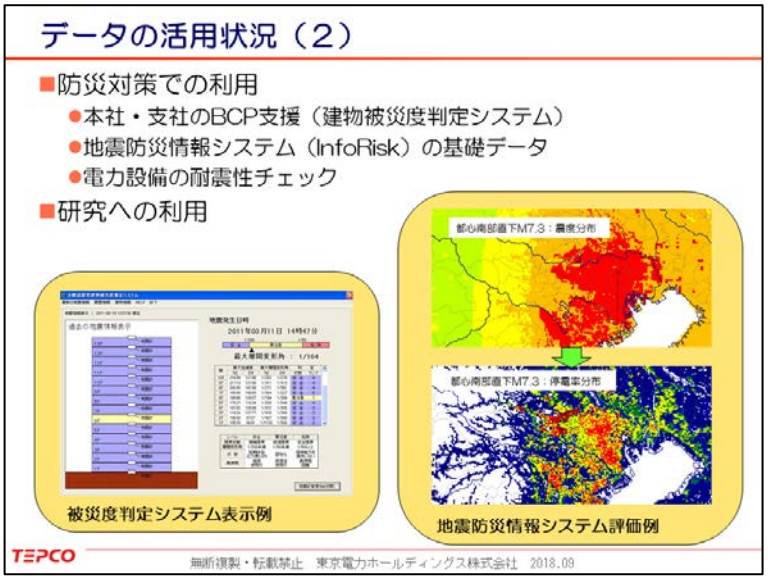
7

や電力中央研究所の記録を借りて、地盤の影響を考慮し、どのぐらいの揺れだったかを推理しています。

次に、設備設計への反映です。次に造る設備への利用ということで、入力地震動評価式、特に土木関係者には有名な安中・野沢式があります。これは 1988 年にできた式なので、千葉県東方沖地震より前の記録で作っています。式を作れるぐらいのデータが社内的にダムや発電所でそろっていたということです。その後の式の改訂に当たっては、気象庁や防災科学技術研究所の記録を借りてリバイスアップが図られています。また、原子力発電所の安全審査として、柏崎刈羽原発では地盤の影響を評価することにも記録を使っています。

次に、防災対策での活用です。本社・支社での BCP 支援（建物被災度判定システム）ということで、図表 8の左のイメージ図のように、建物の各フロアに地震計を設置し、その記録を基に各階の層間変位を計算し、その層間変位が建物被災度判定に照らして使えるものかどうか評価するシステムを、本社・各支社の建物に展開しています。これは東北地方太平洋沖地震のときも主要な建物にありましたが、コンピューターの電源が落ちて記録が取れなかった建物もありました。

また、地震防災情報システム（InfoRisk）という評価システムを、主に社内の防災訓練などで使ってきました。例えば図表 8 の右は都心南部直下の地震の例です。上の図の真ん中右寄りの縦の細い線がモデルの位置で、そのモデルに対して震度を推定し、停電率の分布などを出して防災訓練の際のデータとして利用しています。その他、電力設備の耐震性チェックや研究にも利用しています。

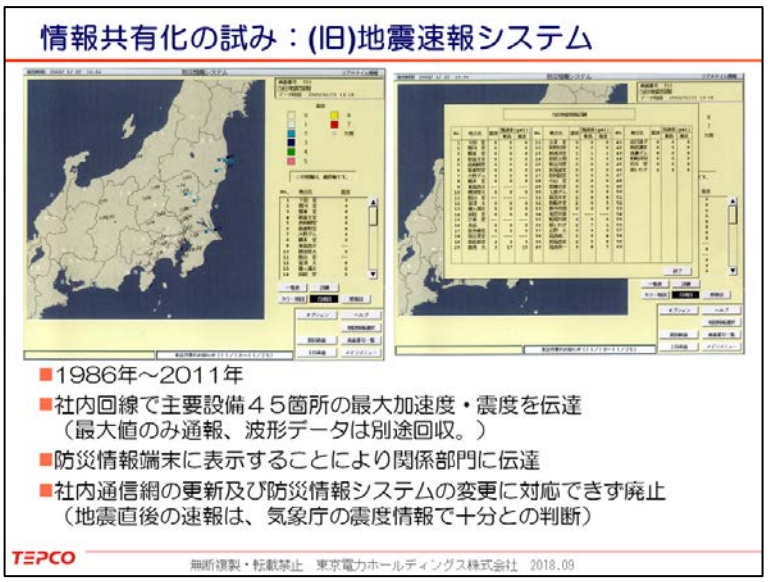


8

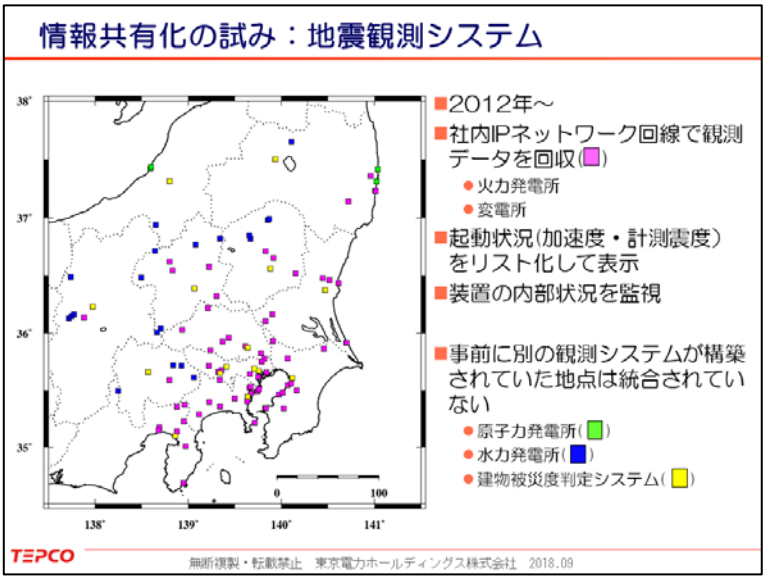
4.情報共有化の試み

社内の情報共有化に当たっては、幾つか時代的な変化があります。一つは旧地震速報システムです（図表 9)。これは 1986 年から 2011 年まで社内に存在したシステムで、社内回線で主要施設 45 カ所の最大加速度・震度（加速度から読み替えた値）をリストとして出して伝達するものでした。最大値のみ通報し、波形データは別途 MT やカセットテープを回収して処理していました。しかし、社内通信網を IP ネットワークに更新する際に対応できず廃止されました。地震直後の速報は気象庁の震度分布図で十分との判断もあったと聞いています。

2012 年からは、何とかデータの回収だけはやろうということで、社内 IP ネットワークを使った回収システムを構築し、図表 10のピンク色で示した火力発電所や変電所を中心にデータを回収しています。加速度や計測震度の起動状況をリスト化して表示し、装置の内部状況を監視し点検の代わりとしても活用しています。ただ、



9



10

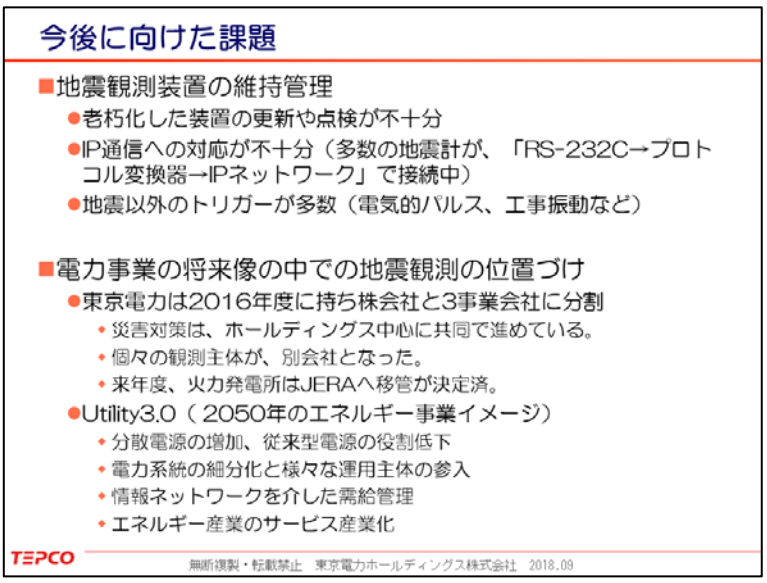
原子力発電所や水力発電所、建物被災度判定システムのように、このシステムをつくる前から独自の回収システムをつくっていた地点に関しては、システムの変更が必要になるため、今のところそれぞれ別にデータが収集されています。

5.今後に向けた課題

一番の問題は、地震観測装置を今後どうしていくかです（図表 11）。老朽化した装置は更新や点検が十分に行われていないケースが多く、装置が古いため IP 通信の対応も不十分です。ほとんどの地震計が、RS-232C という通信ポートからデータを取り出し、プロトコル変換器をかませて IP ネットワークにつないでおり、これが速度を抑えてしまっているため、せっかく IP ネットワークにつないでいても回収速度が遅いです。また、地震以外のトリガー（電気的パルス、工事振動など）が多いことも問題になっています。

電気事業の将来像の中での地震観測の位置付けも今後の課題です。現在、弊社は 2016 年度に持ち株会社と 3 事業会社に分割され、災害対策はホールディングスが中心になって進めていますが、個々の地震観測装置の持ち主は別会社になってしまいました。しかも来年度から火力発電所は、弊社と中部電力で共同設立した JERA という会社に移管が決定しています。

将来、エネルギー産業が現在の一貫した体制ではなくなり、分散電源が増加すれば、従来型電源の必要性の有無の議論になります。また、電力系統が細分化されて運用主体もたくさん参入してきます。情報ネットワークを介した需給管理が行われるなど、今と少し違う電力系統の管理にもなります。何より、エネルギー産業のサービス産業化が起こり、今のような体制が維持できるかという問題があります。



11