

平成28年熊本地震を受けた
電気設備自然災害等対策ワーキンググループ
とりまとめ（案）

はじめに（略）

※検討のスコープ（原発は対象外、太陽光や風力は新エネWGで検討）を明示。

1. 平成28年熊本地震の概要（略）

2. 主要設備（水力発電設備を除く）

（1）送電設備（特に、66キロボルト黒川一の宮線）

① 電気事業者からの報告

（ア）設備被害の概要

- 送電設備については、九州電力管内全域の鉄塔総数約28,000基のうち、その23%が震度5弱以上の地震動を受けたものの、早期復旧を要する被害は、支持物で16基、がいし3基、電線1径間のみであった。また、地中送電設備については、被害は発生しなかった。
- 鉄塔については、地震動そのもので倒壊・折損したものはなかったが、大規模な土砂崩れにより鉄塔1基が傾斜した。当該鉄塔（黒川一の宮線のNo.7）の周辺地域では、最大震度6強を観測している。また、地盤変状による部材損傷のため、建て替え等の改修が必要となった鉄塔は14基であった。傾斜・部材損傷の被害が生じた鉄塔の大半が、黒川一の宮線で発生したものである。
- 送電設備における被害が集中した黒川一の宮線については、電力系統としては末端部にあたり、系統切り替えによる対応ができなかったことから、仮鉄塔・仮鉄柱により対応した。速やかに復旧計画を立案するとともに、九州電力社員及び協力会社計650名による、昼夜交代制の復旧体制を構築した。並行して、自治体（南阿蘇村）の協力も得ながら、用地交渉にあたった。なお、今回の災害現場の特殊性から、一部の現場において、仮鉄塔・仮鉄柱での復旧対応が困難なことが判明したため、他の送電線工事現場で使用予定であった鉄塔を、急遽この現場で使用することとした。工事は順調に進み、4月27日（水）22時に、仮復旧工事を終了した。

(イ) 電気事業者の評価

- 送電設備のうち、架空送電設備の被害率¹は、鉄塔等の支持物 0.25%、がいし 0.05%、電線 0.02%と極めて僅少であり、基本的な耐震性は確保されていると評価できる。また、液状化を原因とする供給支障やケーブル系統での電気事故も発生しておらず、設備に問題はなかったといえる。
- なお、傾斜した黒川一の宮線の No. 7 鉄塔については、建設時のボーリング調査などを踏まえ、崖崩れなどの影響を受けないよう、もともと、崖から 50 メートル離れた平地側に建設したもの。しかしながら、今回のように、設備近傍の地面そのものがなくなるという事態は、稀な事象と考えている。
- また、設備被害に伴う供給支障への対応については、黒川一の宮線において系統切り替えによる対応ができず、仮鉄塔・仮鉄柱により対応した。しかしながら、この仮復旧工事については、本震発生から 12 日間という短い期間の中で、用地交渉を完了させ、仮鉄塔 3 基・仮鉄柱 14 基を設置し、総計約 5 キロメートルの仮送電線ルートを構築して電力供給を再開することができており、概ね迅速に電力供給再開できたといえる。なお、このように迅速な仮復旧が実現できた要因としては、①用地交渉における自治体の協力、②復旧資機材の事前準備と臨機応変な対応（他の送電線建設工事で使用予定であった鉄塔を融通）、③DNAとして継承されている作業員の高い使命感といった点が挙げられる。

② 当WGの評価

- 今回の地震を受け、供給支障につながる設備被害が複数箇所で発生したものの、設備被害が発生した震度 5 弱～7 の各震度における設備の被害率は、いずれも極めて低く、設備の基本的な耐震性能は確保されていたといえる。これまでの地震対策が有効に機能していると評価できるものであり、引き続き、今回の地震及び過去の自然災害から得られた教訓を踏まえ、継続的に対策を講じていくことが望まれる。
- 傾斜が生じた鉄塔 1 基については、傾斜の原因は地震動ではなく、土砂崩れにあると考えられる。当該鉄塔は、建設の際に行った地盤評価を踏まえ、崖から 50 メートル離れた地点に建設されていたところ、当該事情が今回の被害拡大防止にどれだけ寄与したか、その因果関係の詳細は不明であるものの、土砂災害が非常に多発した地域にあって、当該鉄塔

¹早急復旧を要する被害数/設備数(震度 5 弱以上所在)

が倒壊を免れたことは、評価できると考える。

- 一方、鉄塔近傍まで土砂崩れが迫り、このため鉄塔が傾斜し、結果として鉄塔が使用不能となった。この事実を踏まえ、今後鉄塔等の送電設備を建設する際には、引き続き、地盤調査等を通じて可能な限り強固な地盤を選択することは勿論であるが、地滑りリスクも勘案した上で、建設地点を決めるべきである。また、特にカルデラ地域においては、火山灰の介在によって地滑りが起こりやすいので、そのような地域にあっては、斜面近傍に建設しない等の配慮が必要である。既存設備については、周辺地域のハザードマップ等の更新があった際には、必要に応じ、補強（抑止杭等）や基礎の打ち直し、設備の移転といった対策を講じることが必要である。
- 次に、送電設備の設備被害に伴う供給支障に対するバックアップについては、送電ルートの冗長性が概ね確保されていたことで、系統切り替え等により大規模な供給支障は回避されており、バックアップは十分な水準であったと評価できる。一方で、今回傾斜した鉄塔が配置されていた系統（黒川一の宮線）は、系統末端に位置することもあって単一路線となっており、系統切り替えによる対応が困難な地域であった。立地やコストの問題から、冗長性が確保されていないルートは一定数存在することを前提とすると、冗長性が確保されていないルートのうち、電力供給という観点から重要なものについては、あらかじめ、送電設備損壊時の復旧対応²を考えておくことが必要である。

（2）変電設備

① 電気事業者からの報告

（ア） 設備被害の概要

- 変電設備については、九州電力管内全域の変電所総数 488 か所のうち、約 22%が震度 5 弱以上の地震動を受けたものの、運転継続が困難となる被害は、変圧器で 5 台、断路器では 19 台のみであった。このうち変圧器については、ブッシングのずれやそれに伴う漏油等が発生したものの、防油堤の存在により、構外への油の流出や、周辺環境への影響はなかった。
- 変電設備については、上記のような設備被害が発生したものの、系統切り替えや復旧資機材による取り替えにより、電力供給に大きな支障を及ぼすような事態は生じなかつた。

² 今回の地震対応にあっては、電気事業者において 20 万ボルトといった大型鉄塔の在庫があったこと、また、こうした鉄塔を応急的に建てる際の工法を保持していたことが、早期の仮復旧に貢献した。

(イ) 電気事業者の評価

- 変電設備のうち、主要設備の被害率³は、変圧器 1.6%、断路器 1.1%、遮断器の被害なしと極めて僅少であった。また、変圧器からの漏油も、周囲の環境に影響を及ぼすほどの被害には至っておらず、変電設備については、基本的な耐震性は確保されていると評価できる。
- 設備被害に伴う供給支障については、系統切り替えや復旧資機材による取り替えにより、大規模かつ長期にわたる供給支障は回避されており、変電設備のバックアップは十分であるといえる。

② 当WGの評価

- 今回の地震を受け、運転継続不可につながる設備被害が複数箇所で発生したものの、設備被害が発生した震度 5 弱～7 の各震度における設備の被害率は、いずれも極めて低く、設備の基本的な耐震性能は確保されていたといえる。これまでの地震対策が有効に機能していると評価できるものであり、引き続き、今回の地震及び過去の自然災害から得られた教訓を踏まえ、継続的に対策を講じていくことが望まれる。
- 変電設備の設備被害に伴う供給支障に対するバックアップについては、系統切り替えや復旧資機材による取り替えにより、大規模かつ長期にわたる供給支障は回避されており、バックアップは十分な水準であったと評価できる。
- なお、変圧器については、ブッシングのずれやそれに伴う漏油等が発生したものの、防油堤の存在により、構外への油の流出や、周辺環境への影響はなかった。当該変圧器に講じられていた対策と同等のものであれば、現状、変圧器における地震発生時の対策は、十分な水準にあると評価できる。
- また、WGでは、変電設備のうち重要なものについて震度計を設置し、地震発生時に当該設備がどれほどの地震動を受けたのか等に関する基本的なデータを取得・分析することで、当該設備に対する今後の耐震対策の検討に役立てることが有益であるとの指摘もあった。

(3) その他設備（配電設備等）

① 電気事業者からの報告

(ア) 設備被害の概要

- 架空配電設備については、供給支障につながる被害として、支持物（電

³運転継続不可となる被害数/設備数（震度 5 弱以上所在）

柱) の倒壊が 35 本、流出が 56 本発生した。これらは、いずれも地盤の影響(崖崩れ等) や建物倒壊によるものであり、地震動そのものによる支持物倒壊等の被害は、確認されていない。次に、電線については、322 径間で断線し、また変圧器については 316 台でブッシングの破損が生じた。一方、地中配電設備については震度が大きい震源地付近に設備がなく、それ以外の地中設備も被害はなかった。また、上記配電設備の被害に伴う感電等の公衆災害も発生しなかった。

- 配電設備については、上記のような設備被害が発生したものの、発電機車による供給や復旧資機材による取り替えにより、電力供給に大きな支障を及ぼすような事態は生じなかった。
- また、発電設備については、管内の火力発電所・地熱発電所ともに、最大で震度 5 強の地震動を受けたものの、発電支障に至る設備被害は発生しなかった。(水力発電所については後述)

(イ) 電気事業者の評価

- 架空配電設備の被害率⁴は、支持物 0.13%、電線 0.04%、変圧器 0.14% と極めて僅少であり、基本的な耐震性は確保されていると評価できる。また発電設備(火力・地熱)については、発電支障に至る設備被害がそもそも発生しておらず、こちらも、基本的な耐震性は確保されていると評価できる。
- 設備被害に伴う供給支障については、発電機車によるスポット・エリア供給や復旧資機材による電柱、架空配電線等の取り替えにより、大規模かつ長期にわたる供給支障は回避されており、配電設備のバックアップは十分であるといえる。

② 当WGの評価

- 今回の地震を受け、設備被害が複数箇所で発生したものの、設備被害が発生した震度 5 弱~7 の各震度における設備の被害率は、いずれも極めて低く、基本的な耐震性能は確保されていたといえる。これまでの地震対策が有効に機能していると評価できるものであり、引き続き、今回の地震及び過去の自然災害から得られた教訓を踏まえ、継続的に対策を講じていくことが望まれる。
- 設備被害に伴う供給支障に対するバックアップについては、発電機車によるスポット・エリア供給や復旧資機材による電柱、架空配電線等の取

⁴供給支障につながる被害数/設備数(熊本県、大分県における震度 5 弱以上所在)

り替えにより、大規模かつ長期にわたる供給支障は回避されており、バックアップは十分な水準であったと評価できる。（復旧オペレーションの詳細は後述）

- その他設備（火力・地熱発電所、地中配電設備）については、特に目だった被害もなかったため、現状取り組まれている対策に新たな課題は見つけられなかった。

3. 復旧オペレーション

(1) 停電の復旧

① 電気事業者からの報告

(ア) 復旧経緯等

- 前震（4月14日（木）21時26分頃）発生後、九州電力は直ちに非常災害対策本部を設置するとともに、九州各県から、被害が集中した熊本配電センターへの応援を派遣した。地震により最大16.7千戸の停電が発生したものの、益城町役場や避難所等の重要施設に対しては発電機車によるスポット送電を行うとともに、配電設備の復旧を行い、4月15日（金）の23時には、高圧配電線までの送電を完了（停電状態を解消）した。
- 本震（4月16日（土）1時25分頃）発生時には、地震に伴う変圧器の停止や鉄塔傾斜、配電設備の流出等により、最大476.6千戸の停電が発生した。発電機車によるスポット送電を行うとともに、順次設備の復旧を行い、阿蘇地区以外については、2日後の4月18日（月）21時50分に高圧配電線までの送電を完了した。
- スポット送電に関しては、本震発生から3時間後に、四国電力より応援に関する打診あり。これを受け同日6時30分に、九州電力から中国電力・四国電力に対し、スポット送電に必要となる発電機車の応援を要請した。その後、自治体や経済産業省等からの要請も踏まえ、自社及び中国電力・四国電力の発電機車を使い、避難所や医療施設等へのスポット送電を逐次開始した。
- 阿蘇地区については、鉄塔が傾斜した黒川一の宮線の仮復旧には時間を要するため、停電が長期化すると見込まれたことから、発電機車による面的送電を実施し、5日後の4月20日（水）19時10分に、崖崩れや道路の損壊等により復旧が困難な箇所を除き、高圧配電線の送電を完了した。なお、黒川一の宮線の仮復旧工事は、4月27日（水）22時に終了し、その後発電機車から商用電源に随時切り替えを行い、翌4月28日（木）21時36分に全ての発電機車の切り離しを完了した。

(イ) 電気事業者の評価

- 設備被害率は低く、崖崩れや道路の損壊等により復旧が困難な場所を除き、地震発生から5日で高圧配電線への送電が完了したことから、速やかな停電復旧を果たせたといえる。すなわち、ハード・ソフトを含めた総合的な電力供給システムとしての耐震性は、十分確保されていたと評価できる。黒川一の宮線における仮鉄塔・仮鉄柱による仮復旧工事についても、前述のとおり、迅速な対応ができたといえる。
- また、停電解消までの間における発電機車によるスポット送電についても、熊本県の災害対策本部や経済産業省とも連携の上、50カ所に及ぶ重要施設に対し、速やかに送電できたといえる。なお、スポット送電先については、多方面から一度に数多くの情報が寄せられたため、社内でその優先順位付けに苦慮した面もあったことから、今後は、情報の連絡窓口を一本化する等の検討が必要ではないか。
- 発電機車への燃料供給については、今回は大きな支障は生じなかったものの、円滑な燃料供給に向けては、燃料供給事業者と電気事業者との間で、平時からの関係構築と密なコミュニケーションが必要ではないか。また、大規模災害時などは、一企業だけでは十分な燃料確保が困難な場合も想定されることから、国（経済産業省）も交えた、燃料供給体制の検討・構築が必要ではないか。

② 当WGの評価

- 今回の地震を受け、最大476.6千戸の停電が発生したものの、平時からの資機材の備えや訓練等により、速やかな停電復旧対応がなされたと評価できる。引き続き、万一に備えた資機材の確保と、平時からの訓練等を継続していくことが期待される。
- また、電気事業者間における災害時の相互応援・協力体制については、応援が実施された経緯を踏まえると、適切に構築されていると評価できる。
- 停電復旧を待つ間のスポット送電については、結果として、当時の状況にかんがみ概ね適切に実施されていたと評価できる。しかしながら、優先的にスポット送電すべき施設等の情報伝達ルートについては、改善の余地があると考える。すなわち、当時、どの施設に優先的にスポット送電すべきかについて、複数のルート（災害対策本部、県、市町村、等）から電気事業者に情報がもたらされたことから、電気事業者内において情報の整理等を行う際に、一部混乱が見られた。災害時において、優先

復旧すべき重要設備の状況をどのように把握し、優先順位を、誰がどう決定し、それをどういうルートで電気事業者に伝えるべきか、改めて検討する必要がある。また、電気事業者においては、平時から、管轄地域内の実情も踏まえつつ、管轄地域内的重要施設⁵の把握を進めており、その取組を継続することが肝要である。

- 発電機車への燃料供給については、周辺電気事業者、燃料供給事業者からの応援等もあり、概ね円滑に実施されたと評価できる。ただし、今回の燃料供給にあたって、現場で多少の混乱⁶が生じたこともまた事実であり、今後の災害時において、一層円滑な燃料供給を実現するべく、燃料供給事業者と電気事業者との間で、平時からの関係構築に努めるとともに、災害時における協力協定の締結など、具体的な協力体制を構築していくことが必要である。

(2) 電源車による面的送電

① 電気事業者からの報告

(ア) 対応の経緯等

- 本震発生から3時間後に、四国電力より応援に関する打診あり。これを受け、同日6時30分に、九州電力から中国電力・四国電力に対し、スポット送電に必要となる発電機車の応援を要請した。その後、自治体や経済産業省等からの要請も踏まえ、自社及び中国電力・四国電力の発電機車を使い、避難所や医療施設等へのスポット送電を逐次開始した。【再掲】
- 阿蘇地区については、本震発生日早朝のヘリ巡視の結果、送電線による供給が可能と判断したため、追加の発電機車の要請等は不要と判断。しかしながら、同日午後実施した地上からの巡視の結果、当該地区の送電線が使用不能と判明した。これを受け、電源容量等諸条件の検討を行った結果、発電機車について他電気事業者からの追加応援を受けることがより早期の復旧に資すると判断し、同日夕方、追加応援を要請した。また、合わせて、燃料確保のためのタンクローリーの派遣についても、他電気事業者に依頼した。
- 追加要請の結果、4月20日（水）朝までに、他電気事業者から合計110台の発電機車が阿蘇地区に集結。自社分59台と合わせて、計169台の

⁵ 重要施設としては、官公庁等の復旧対策本部や主要病院、避難所といったものが考えられるが、熊本地震の際は、水道施設、ガソリンスタンド、小規模な病院等への優先供給ニーズが寄せられた。

⁶ 発災初期、電源車の台数や配置場所が刻々と変化する中、電気事業者が燃料配送を依頼した事業者が他の事業者に配送を依頼するケース等において、その旨が現場へ十分に伝わっておらず、受入が円滑に進まない場面があった。

発電機車を活用し、面的送電を実施した。

(イ) 電気事業者の評価

- 時々刻々と状況が変化していたことを踏まえると、面的送電による対応への方針転換や、それを受けた他の電気事業者に対する応援要請は、妥当なタイミングで行われたといえるのではないか。また、今回面的送電が実施できた背景には、当該エリアに配電線の設備被害がほとんどなかったことや送電すべきエリアの負荷とバランスがとれること、あるいは発電機車の駐車スペースが容易に確保できたこと等、いくつかの好条件が重なったこともあるのではないか。
- また、他の電気事業者において、追加応援要請がなされていない段階から、連絡体制の強化や応援可能な車両の確認を進めるなど、先手先手で応援要請を見据えた準備を行ったことも、早期復旧を果たせた要因といえるのではないか。

(②) 当WGの評価

- 意志決定のタイミングについては、各局面において九州電力が把握できていた情報（鉄塔の状況の確認結果等）や、面的送電の実施可否にあたって様々な検討（電源容量、必要となる発電機車の台数、輸送ルート、燃料調達手段等）が必要であったことを踏まえると、九州電力による面的送電実施の決断及び他の電気事業者への追加応援要請のタイミング（本震発生日の夕方）は、概ね妥当であったと評価できる。
- 九州電力からの要請を受け、他の電気事業者から速やかに発電機車と必要な人員が提供されており、電気事業者間における災害時の相互応援・協力体制は、適切に構築されていると評価できる。また他の電気事業者においては、発電機車の追加要請がまだなされていない段階から、「もしも」に備えて、連絡体制の強化や応援可能な車両の確認などの準備を行っていた。災害時においては、今後とも、先手先手で自発的に準備を進めていくことが強く期待される。また、各電気事業者において、今回の面的送電に係る一連のオペレーションに参加したことで得られた気づき・教訓を、適切かつ確実に社内で引き継いでいくとともに、業界内においても水平展開していくことが期待される。
- 次に、面的送電の評価であるが、仮鉄塔等による復旧に時間要することが予想されていた中、被災エリアにおける長期的な停電を速やかに解消する上で、発電機車による面的送電は、非常に大きな役割を果たしたと評価できる。これほどの規模（計 169 台）での発電機車による電力供給は、初の試みであったが、今回の一連の対応は、今後地震等の災害に

より同様の状況に陥った場合の対策の「ひな形」の一つとなりうる事例であるといえる。

- ただし、同時に、面的送電は必ずしも『万能薬』ではない、という点は、改めて認識する必要がある。電気事業者の評価にもあるとおり、送電すべきエリアの設備被害や負荷の状況、駐車スペースの有無等の諸条件によっては、面的送電が必ずしも実施が可能ではない場合もある点に留意が必要である。したがって、今後の停電復旧対応としては、従前より行っている系統復旧による再送電を基本ラインとしつつも、現場の状況等によっては、面的送電が有効なオプションになりうることを踏まえ、復旧計画を立案していくべきと考える。

<以下の項目については、今回の議論を踏まえて作成>

4. 水力発電設備

5. 報告書を踏まえた今後の対応

おわりに（略）

以上