

9.4 電力

9.4.1 はじめに

新潟県中越地震により、中越地方に位置する電力施設が被害を受け、地震発生直後には停電戸数約28万戸に達する供給支障が生じた。既往地震被害事例から明らかなように、電力施設をはじめとするライフライン施設の地震被害は度々都市機能を麻痺させてきた。このようなことから、今回の地震による電力施設の被害像を調査・分析して、そこから得られた教訓を今後同種の地震災害を想定した地震対策に反映することが必要である。

本編では、インターネット等で公開されている情報、電気事業者（東北電力）へのヒアリング調査ならびに提供いただいた資料などに基づいて電力施設の被害状況を取りまとめている。まず、公表されている被害額や被害箇所の面的な分布に着目して被害を概括している。次に、設備種別ごとに地震の影響や構造的被害の統計や特徴を整理している。引き続き、供給支障や復旧活動の状況について説明している。

9.4.2 被害概況

表9.4.1に過去の被害地震による電力設備被害額を示す¹⁾⁻⁴⁾。今回の地震では、約40億円という直接被害額⁴⁾が東北電力より公表されている（2004年12月17日現在）。この被害額は、東北電力管内で近年発生した被害地震の中で、最も額が大きい。また、同じ震度7を記録した1995年兵庫県南部地震における関西電力の被害額の約1.8%に相当する。

図9.4.1は震源域において被害が確認された東北電力所有の電力設備と震央との位置関係⁵⁾を示している。これらには、被害を受けた水力発電所、送電線路、変電所などが含まれている。以下、設備ごとの構造的被害に関連する箇所において、この図を適時参照することとする。

表9.4.1 電力施設被害額の比較¹⁾⁻⁴⁾

地震	電力施設被害
1993年釧路沖地震	9億円(北海道電力) ¹⁾
1994年北海道東方沖地震	12.5億円(北海道電力) ¹⁾
1995年兵庫県南部地震	2260億円(関西電力) ²⁾
2000年鳥取県西部地震	54億円(中国電力) ³⁾
2001年芸予地震	7億円(中国電力) ³⁾
東北電力管内過去の大規模災害	電力施設被害
1978年宮城県沖地震	15億円(東北電力) ⁴⁾
1983年日本海中部地震	31億円(東北電力) ⁴⁾
2004年新潟県中越地震	40億円(東北電力) ⁴⁾

9.4.3 設備被害

(1) 発電設備

いくつかの水力発電所において短時間運転停止したと報告されている⁵⁾⁻⁷⁾。しかしながら、発電機やダムなどの発電本体にかかわる構造的被害は生じなかった。運転停止は付属構造物の異常によるものである。表9.4.2⁵⁾⁻⁷⁾に発電設備に対する地震の影響をまとめて示す。

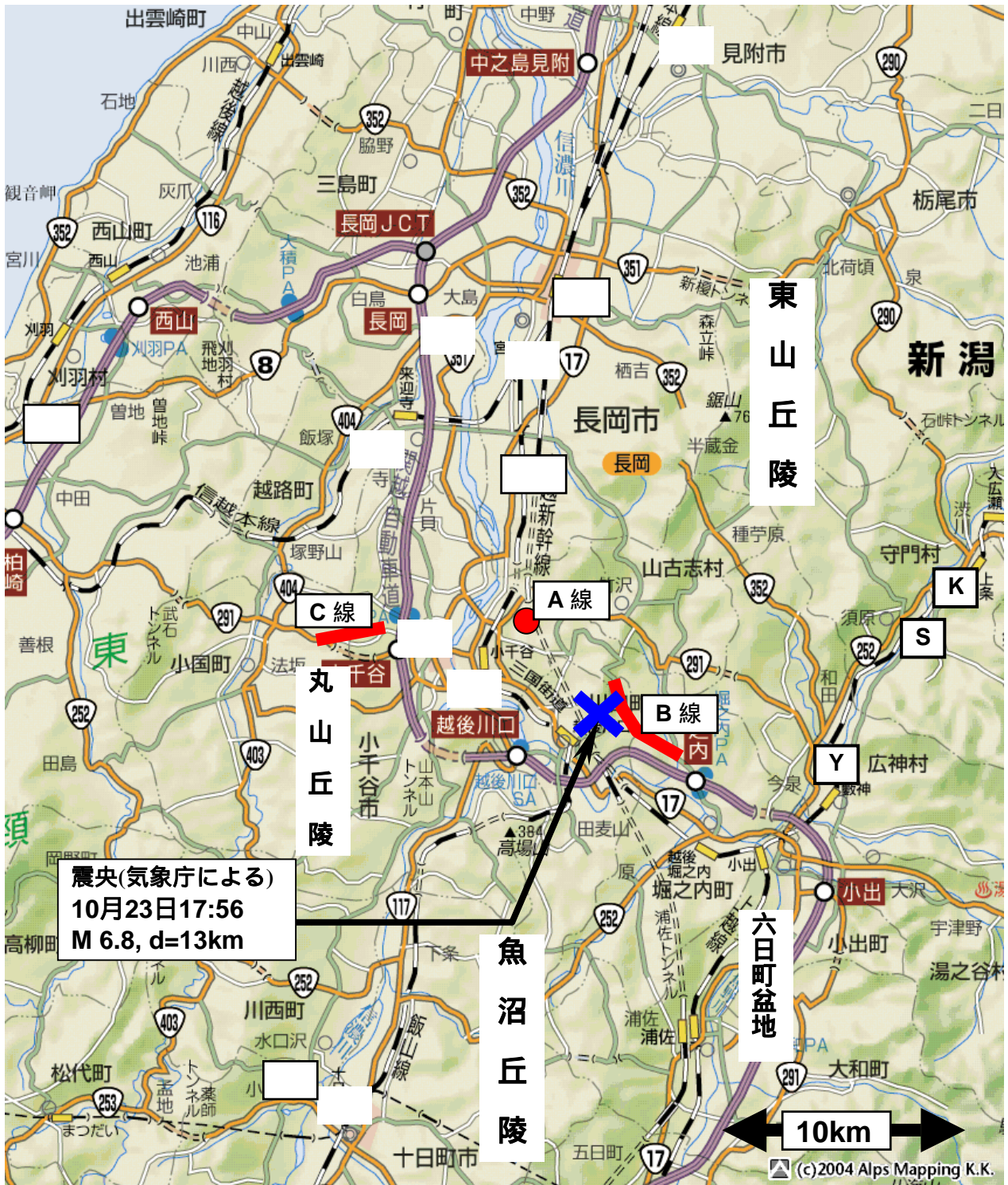
表9.4.2 発電設備に対する地震の影響⁵⁾⁻⁷⁾

発電所名	状況
【水力】K,S,Y (東北電力)	冷却水配管損傷1件、 建物一部損傷など8件
【水力】O(J- POWER)	3号機、4号機が地震発生直後停止
【水力】O(維 持流量)(J- POWER)	地震発生直後停止
【原子力】K (東京電力)	7号機タービンが余震により自動停止

震源域の東縁、信濃川水系破間川沿いの3つの水力発電所(K, S, Y; 東北電力所有, 図9.4.1参照)において、冷却水配管損傷1件、建物一部損傷など8件の被害が認められた⁵⁾。このうち、ダム水路式の2発電所の取水源であるKダムおよびYダムとも運転上支障となる損傷は認められなかった。これら水力発電設備は図9.4.1に示されているように、東山丘陵・魚沼丘陵とは六日町盆地をはさんで東側の越後山脈側に設置されており、基盤の構成地質は中生界から下部中新統までの堅固な岩盤となっている。

J-POWERが所有するO発電所3号機(出力120,000kW)、4号機(200,000kW)ならびにO(維持流量)発電所(出力2,700kW)が地震発生直後に停止した⁶⁾。停止原因は、発電所構内の発電機と送電線とを接続する機器である開閉所の一部屋外機器の損傷と報告されている。

火力発電設備には何らの異常はなかったが、原子力発電設備については、2004年11月4日の余震(8時57分頃発生, M5.2)に伴い、東京電力K原子力発電所7号機の原子炉が自動停止した⁷⁾。定格出力で運転中のところ、タービンスラスト軸受摩耗トリップ信号の発生によりタービンが自動停止し、タービンの停止に伴い原子炉自動停止に至ったことが確認されている。1号機、2号機、3号機、5号機、6号機については、定格出力で運転が継続された。また、4号機は定期検査中であつた。



<凡例>

水力発電所 K, S, Y

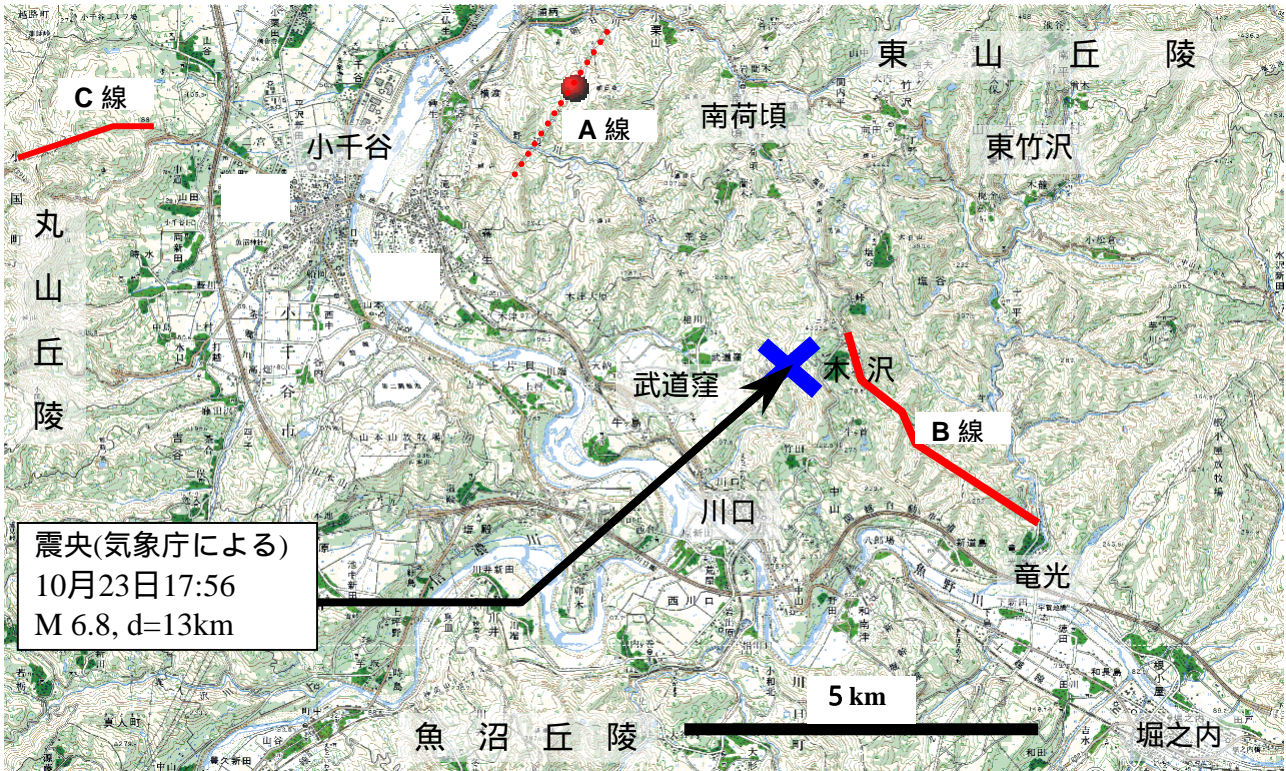
変電所 一次 (, , ,)

変電所 二次 (, , , , ,)

送電線 A線(66kV)、B線(66kV)、C線(154kV)

(送電線については鉄塔倒壊箇所を丸印で、鉄塔傾斜や部材変形が連続的に確認されたおよその範囲を太線で示す)

図9.4.1 東北電力の設備被害分布状況(配電設備を除く)⁵⁾



< 凡 例 >

変電所 /

送電線 A 線(66kV), B 線(66kV), C 線(154kV)


(鉄塔倒壊箇所を  で、鉄塔傾斜・部材変形が連続的に確認されたおよその範囲を実線で示す)

図9.4.2 被害があった送電線路の位置⁵⁾



図9.4.3 倒壊した鉄塔⁵⁾



図9.4.4 傾斜した鉄塔⁵⁾

(2) 送電設備

東北電力と東京電力が所有する送電線路の一部が斜面崩壊や崖崩れなどの影響を受けた。被害モードは倒壊、傾斜、部材変形、敷地内地盤の軽微な亀裂、などである。これまでに報告されている路線別の被害モードと被害件数を表9.4.3^{8),9)}に示す。

表9.4.3 送電設備の被害モードとその件数^{8),9)}

路線名	状況
【東北電力】A線 (66kV), B線 (66kV), C線(154kV) 他合計	倒壊 1基 傾斜 12基 部材変形29基 敷地内地盤亀裂等 315件
【東京電力】NT線 (275kV)	基礎部法面崩落 4基 部材変形 1基 敷地内地盤亀裂等 34件
【東京電力】NN線 (500kV)	敷地内地盤亀裂等 6件
【東京電力】SN線 (500kV)	敷地内地盤亀裂等 16件

東北電力の送電設備の被害路線は図9.4.2に示すとおりとなる。小千谷市内において鉄塔倒壊1件、小千谷市、川口町、堀之内町、十日町のそれぞれにおいて鉄塔12基が傾斜した。倒壊と傾斜の状況はそれぞれ図9.4.3⁵⁾、図9.4.4⁵⁾に示すとおりである。なお、これら被害は供給支障の要因となっていない。

倒壊や傾斜が確認された鉄塔においては、いずれも鉄塔敷地直下の基礎岩盤の滑落、あるいは敷地内の開口亀裂など、地すべりや斜面崩壊の影響を被っている。図9.4.2に示すように、鉄塔部材の変形は概ね六日町盆地より西側で確認され、特に被害が連続的に生じた線路は、本震の震央付近である東山丘陵地域から小千谷台地、丸山丘陵（東頸城丘陵北端部）に認められる。

倒壊鉄塔と傾斜鉄塔に対する復旧は応急復旧と本格復旧に分けて実施されていた⁸⁾。応急復旧においては、1) 鉄塔敷地およびその周辺の養生、2) 当該鉄塔への仮支線取付け、3) 当該鉄塔の仮鉄柱への建替、などの方法が採られた。一方、本格復旧に際しては、当該鉄塔の建替が実施される。

東京電力の送電設備においては、NT線の山間地の一部において、鉄塔4基について基礎部分近辺の崩落、および鉄塔1基について脚部の変形などの被害が発生した⁹⁾。当該送電線については、送電が停止されたが、電力供給に支障は生じなかった。

地震発生後直ちに、復旧作業が実施された。2004年12月9日までにNT線の一部区間（J-POWER TGK発電所～No.112鉄塔）で、送電が開始された。なお、NT線山線の一部の鉄塔については、

冬期の電力供給上支障がないため、保全上の仮復旧対策が行われ、春以降に本復旧対策を実施されることである。

復旧方法は以下のとおりである。仮復旧方法には、基礎・部材補強や簡易土留めなどが採用された。なお、NT線の一部区間（No.112鉄塔～No.122鉄塔間）では、電線撤去されている。一方、本格復旧には、当該鉄塔建替と基礎・部材補強、などが予定されている。

(3) 変電設備

東北電力所有の変電設備被害は、23変電所、53件に達した。図9.4.5に甚大な被害を受けた11変電所および2発電所の位置と本震を含め10月23日～11月8日までに震度5強以上を記録した地震の震源位置を示す⁸⁾。甚大な被害は、震源近傍の発電所に集中して発生している。変電設備被害の範囲は、主として見附市から十日町市に至る南北に延びる信濃川沿いの低地帯で、震源域の西縁に沿っている⁵⁾。それ以外の地域は、主に粘性土層が分布する軟弱地盤地域で変電所敷地内の基礎沈下が発生している。

図9.4.6～図9.4.8は、変電機器の代表的な被害状況を示したものである⁸⁾。これらの図に示すように、主要な変電機器の物理的被害は、遮断器、避雷器の基礎沈下、避雷器碍管部折損、電力用コンデンサの倒壊、などであった。既往地震被害事例に多く見られる碍管のずれや折損による被害は、154kV以上の基幹電圧階級の避雷器、変圧器に発生している。

(4) 配電設備

配電設備の被害総数は、2004年12月17日現在で8,373件である⁴⁾。表9.4.4に東北電力管内の配電設備被害件数を示す。比較のため、1995年兵庫県南部地震における配電設備の被害件数¹⁰⁾を合わせて示す。架空配電設備については、支持物被害4,775基、電線被害は、3,598箇所であった。なお、今回の地震は、郡部で発生しており、兵庫県南部地震で被災した都市部（神戸地域）とは、設備構成が大きく異なる。このため、数値はあくまで参考としていただきたい。

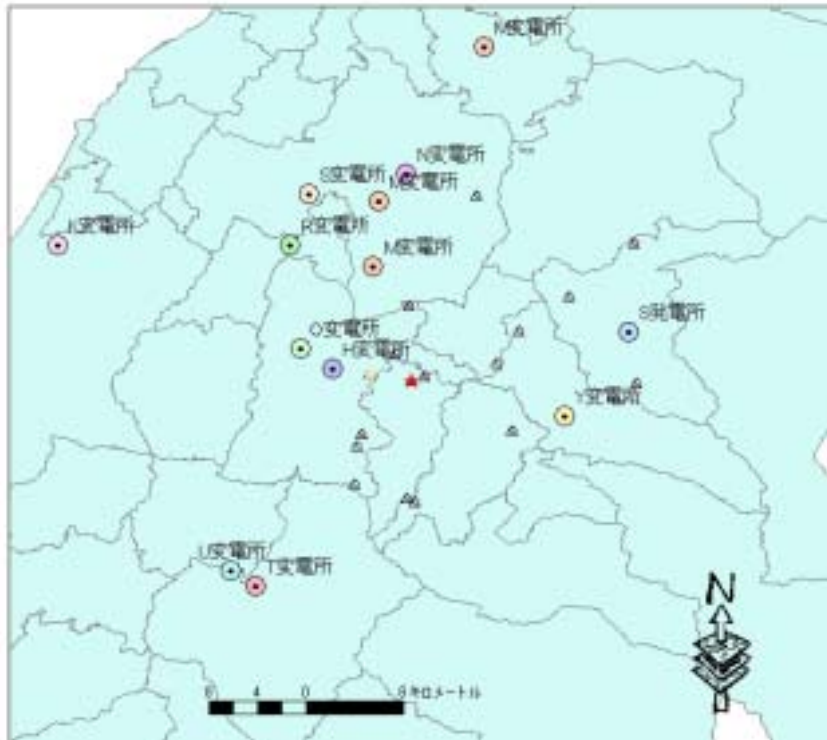


図9.4.5 被害を受けた変電所の位置と震源位置（図中 は、余震の震源位置を示す）



図9.4.6 遮断器，避雷器の基礎沈下（K変電所）



図9.4.7 避雷器碍管部折損（N変電所）



図9.4.8 電力用コンデンサの倒壊（N変電所）

表9.4.4 架空配電設備被害の比較^{4),10)}

		2004年新潟 県中越地震	1995年兵庫 県南部地震
設備名	被害内容	被害箇所数	被害箇所数
支持物 (電柱)関係	倒壊・折損	147	3295
	傾斜・沈下	4628	5625
	焼失		1239
	ひび割れ		1130
	計	4775	11289
電線関係	断線	145	1305
	バインド線 切れ等	3453	
	混線		5074
	焼失		1381
	計	3598	7760
変圧器	ブッシング 破損		245
	焼失・焼損		962
	傾斜		4139
	計		5346

バインド線：碍子に電線を固定させるための線



図9.4.9 電柱の傾斜（(財)電力中央研究所 井上研究
参事提供）

被害モードとしては、埋立地や湿地帯などの軟弱地盤地域において液状化現象による電柱の傾斜、沈下が大多数を占めている。図9.4.9は電柱傾斜の典型例である。山間部においては、地すべりによる支持物沈下・傾斜被害が多数見受けられた。特に支持物被害においては、液状化対策として一般的な根かせ（支持物の基礎部に平行に部材を設置すること）対策をしていないところに、被害が集中した。地中線においては、今回の地震では被害はほとんど生じなかった。

9.4.4 供給支障と復旧

(1) 供給支障

中越地方を中心に10月23日23時48分に最大で約28万戸の停電が発生した（図9.4.10⁸⁾参照）。停電地域は、震源域の長岡、魚沼、十日町営業所管内を含む図9.4.11に示す34市町村（6市21町7村）であった⁴⁾。迅速に復旧活動が進められたが、25日、27日、30日には余震の影響により一度復旧した地域で再び停電が発生したことにより、延べ約30万5千戸の停電が発生した。また、地震発生時の供給支障電力は434,200kWであった。

供給支障については、立入り禁止や非難勧告を受けた地域を除き、10月28日17時55分までに解消した。図9.4.11に示すように、震源から離れた市町村では地震後2、3日で供給支障が解消された。しかし、震源地に近い市町村においては、土砂崩れや亀裂などによる道路寸断箇所が多く、道路復旧に時間を要したことによって孤立した集落が多く存在していた。このため、復旧活動に着手できず、送電されるまでに多くの日数を要した。10月28日には孤立地域の7,897戸を除いた地域への電力供給が再開された。

図9.4.12は、地震発生から1週間後の未送電地域を示している。特に、山古志村と川口町、小千谷市の南部・東部地域は道路復旧に時間を要し、立入り禁止の解除が遅くなった地域である。これらの地域に、本震の断層¹²⁾を重ねてみると、断層の西側（逆断層運動した上盤側）に位置していることがわかる。また、これら地域では、斜面崩壊等による国道の通行停止箇所が多かったこと¹¹⁾もわかる。このことは、上盤側の地域での地震動強度が大きかったことを示唆している。したがって、今回の地震については、斜面崩壊のような典型的な山地被害が大きく影響したと考えられる。

10月28日以降、孤立地域の立入り禁止が徐々に解除され、12月28日までには、道路崩壊および土砂崩れで依然立入の目途が立っていない山古志村東竹沢地区と小千谷市十二平地区の334戸を除き送電された。

(2) 復旧活動

a) 設備被害対応

鉄塔倒壊（小千谷市内）により送電不能となった箇所に対しては、送電ルートのループ化を利用した送電可能なルートに切り替えて電源供給を行っており、送電面では問題はないとのことであった。

発電施設（発電所・変電所）に関しては、施設の被害状況を確認した後、被害が軽微な施設については運転を継続した。一方、修繕が必要な施設につ

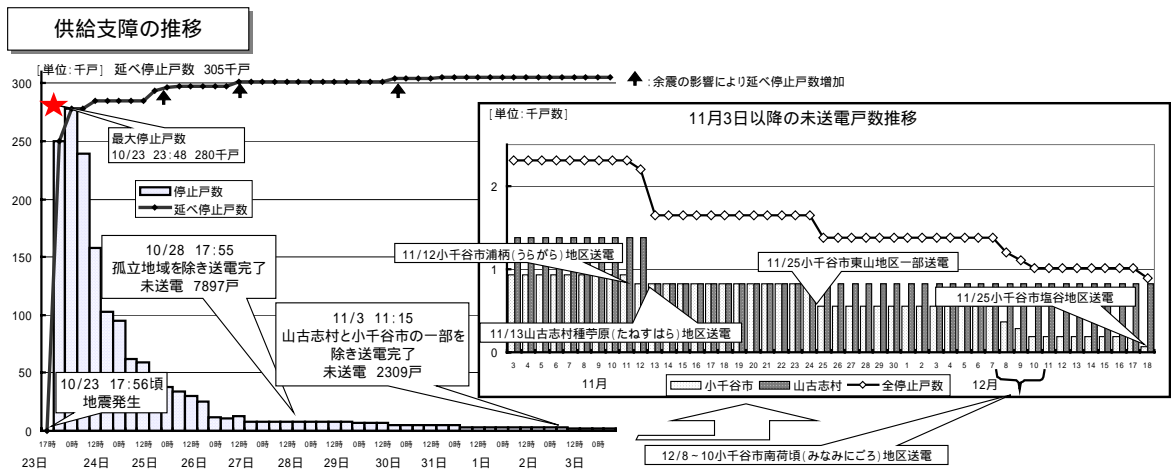


図9.4.10 東北電力における供給支障戸数の推移⁸⁾

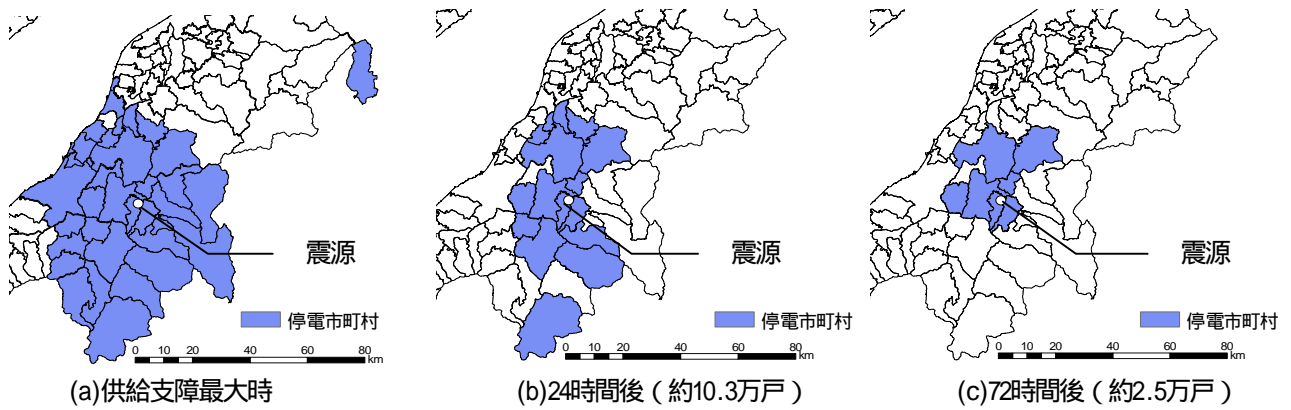


図9.4.11 市町村別の一部・全域供給支障地域⁹⁾

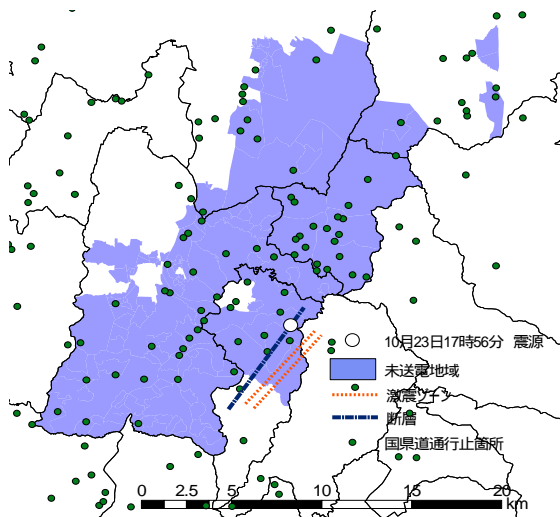


図9.4.12 地震1週間後の未送電地域 (新潟大による断層と激震ゾーンを引用¹²⁾)

いては、一旦母線から切り離した後、修繕作業を実施し、作業終了後運転を開始した。ヒアリング調査によれば、構造体にまで被害が及びることがなかったため、被害を受けた部品の交換により対応可能とのことであった。

配電設備（配電線・トランスなど）に関しては、復旧方針として「通電による2次災害の防止」を重視し、避難住民に対して繰り返し広報活動を行っていた。また、住民の立会いのもと点灯確認を行うようにし、不在家屋に対しては送電を再開しないとのことであった。

b) 復旧体制

東北電力では、地震発生直後に災害対策本部（幕田圭一本部長）を立上げ、地震被害を受けた各事業所の自動出社社員により初期対応を行った。表9.4.5に復旧に投入された要員数と車両数を示す。加えて、新潟支店社員及び工事会社、他支店応援隊（工事会社含む）により、一日最大約2,100名の作業員を充てて被害状況の把握及び復旧作業にあたった。

また、電源車104台（他電力応援34台含む；表9.4.6参照）を現地に投入し、公共施設や病院等の重要施設への電源確保を行った。

表9.4.5 東北電力の復旧体制⁵⁾

	要員(人/日) (最大時)	車両(台)	
		電源車	その他
送電	196		65
変電	150	0	35
配電	2,100	70	1,050

c) 他電力からの応援

停電の早期復旧を図るため、地震発生を受け「東地域非常災害対策要綱」に基づき電力各社との連絡体制を構築した。地震発生翌日の10月24日には、各社からの応援申出があり、表9.4.6に示すような要員と電源車の支援を受けた。

他電力からの電源車の提供にあたっては、阪神淡路大震災の教訓が生かされていた。当時は東地域から派遣できる周波数60Hz対応の電源車が少なかった。一方、今回、提供された電源車は50Hz・60Hzとも対応できる仕様であり、中部電力ならびに北陸電力からの電源車は復旧活動に際して、期待された役割を果たせた。

表9.4.6 他電力からの応援⁵⁾

	要員(人/日) (最大時)	車両(台)	
		電源車	その他
東京電力	115	29	24
中部電力	15	2	6
北陸電力	24	3	9
合計	154	34	39

d) 復旧活動上の課題

東北電力へのヒアリング調査によれば、新潟県中越地震に対する復旧活動においては、各地で発生した崖崩れや下水道マンホール浮上などによる道路の通行障害により、復旧に遅れが生じたり、復旧作業ができないなど、復旧作業への影響を大きく受けたとのことであった。

通行規制区間や復旧状況などの道路情報は、自社内での情報収集が中心であり、自治体からの情報提供は得にくかったとのことである。止むを得ずに復旧に出動したものの、現地に到着しないと通行可能かどうか判断できないケースも多くあったとのことであった。

また、道路通行障害に関する情報も含めて、他ライフライン事業者との情報共有は必ずしも行われていなかったとのことである。このことから、今後の課題として緊急復旧において他業者との調整がスムーズに行える情報共有の仕組みを構築しておくことが望まれた。

9.4.5 まとめ

新潟県中越地震による電力施設被害について、設備種別ごとの被害統計や特徴、供給支障と復旧活動の実態についてとりまとめた。得られた結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 今回の地震による設備の構造的被害様相は過去の被害地震と比べて大きく異なるものではない。ただし、送電鉄塔の基礎地盤の変状が倒壊や傾斜などの被害原因となることが改めて認識された。また、変電機器の被害においては、碍子系機器の被害件数が少なかったことが特徴である。
- 2) 復旧活動においては、日頃からの協力体制に基づく他社からの要員ならびに電源車の支援や関連会社ならびに工事会社からの応援が復旧作業の効率化に効を奏したものと見える。
- 3) 復旧活動の妨げの最大要因は、多発した道路寸断であった。発生直後における応急復旧活動においては、復旧のためのアクセス道路の確保がいかに重要であるかが示された地震被害であったといえる。今後、自治体と他事業者間との間での道路交通障害に関する情報共有システムの構築が望まれる。

る。

謝辞：本調査結果の大部分は東北電力へのヒアリングに基づいたものである。ヒアリング調査に応じていただいた同社・土木建築部，電力流通本部電力システム部，お客さま本部配電部の各位に御礼申し上げます。

【9.4 執筆者】

大友敬三（(財)電力中央研究所）

9.4.1, 9.4.2, 9.4.3(1), 9.4.3(2), 9.4.5

朱牟田善治（(財)電力中央研究所）

9.4.3(3), 9.4.3(4)

鎌田泰子（神戸大学）

9.4.4(1)

天見正和，後藤洋三（独立行政法人 防災科学技術研究所）

9.4.4(2)

参考文献

- 1) 朱牟田善治：電力系統の地震リスク評価に基づく変電設備の耐震補強計画法に関する研究，電力中央研究所報告 総合報告U33，1997.3.
- 2) 関西電力株式会社：阪神・淡路大震災復旧記録，1995.6.
- 3) 中国電力広報部からの情報提供
- 4) 東北電力:新潟県中越地震による当社被害状況について（平成16年12月17日現在），[http://www.tohoku-](http://www.tohoku-epco.co.jp/whats/news/)

<http://www.tohoku-epco.co.jp/whats/news/>, 2004.

- 5) 橋本修一：7.ライフラインの被害(1)電気，平成16年新潟県中越地震被害調査報告会梗概集，pp.117-122，2004.12.
 - 6) J-POWER:新潟県中越地震による影響について http://www.jpowers.co.jp/news_release/news041025.html，2004.
 - 7) 東京電力：新潟県中越地震の影響について <http://www.tepco.co.jp/cc/press/04110404-j.html>，2004.
 - 8) 東北電力：新潟県中越地震への対応状況（平成16年12月18日現在），内部資料，2004.
 - 9) 東京電力：新潟県中越地震による当社送電線鉄塔基礎部分への影響に関する調査結果と対策について <http://www.tepco.co.jp/cc/press/04121001-j.html>，2004.
 - 10) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会，阪神淡路大震災調査報告，ライフライン施設の被害と復旧，1997.9.
 - 11) 国土交通省 北陸地方整備局：「平成16年新潟県中越地震」による被害と復旧状況（平成16年11月5日現在），2004. および平成16年新潟県中越地震に関する北陸地整の情報，<http://www.hrr.mlit.go.jp/road/niigata/>，2004.
 - 12) 新潟大学積雪災害研究センター：震動による建物被害の区分（暫定：11月9日版），<http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~earthquake/rep/04/ura1109/map.html>，2004.
- (2005. 1. 25 受付)