

# 新潟下越地域及び東京都心部における大規模停電の要因と対策

Hiroyuki, KASAHARA  
笠原 弘之 (電気電子)

## Abstract

Cause and measures of large-scale power failure in Niigata Kaetu region generated by abnormal weather.

Cause and measures of large-scale power failure in surrounding of Tokyo generated by the accident of power line.

### 1-1. はじめに

昨年 12 月 22 日 8 時 10 分ごろから風雪の影響により送電線に多重事故が発生した影響で新潟県内の下越地域を中心として停電が発生した。その後も送電を再開しては、新たな事故が発生するという状況が続いた。停電の範囲は約 60 万 kW(最大で約 65 万戸)という広範囲にわたり、倒木による配電線事故も含めて送電線、配電線の系統の切り替えや送電線の絶縁用がいしに付着した塩分の除去、電源車の投入など東北電力株の総力をあげて復旧に取り組み、完全に停電が解消したのは 23 日の午後 3 時 10 分であった。

### 1-2. 停電の要因

#### (1) 停電時の気象

停電が発生した 12 月 22 日午前は、-14 以下の非常に強い寒気が日本海上空に張り出しており、さらに、太平洋側および日本海側には低気圧が存在していた。この影響で、新潟県下越地方には多量の降雪を伴う台風なみの強風が吹いていた。

また、22 日未明から、着雪が起こりやすいとされる 0~2 程度の気温(着雪適温帯)が長時間継続していた。

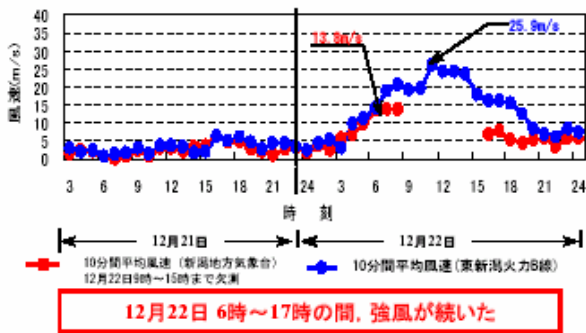
このような着雪適温帯で非常に強い風が長時間にわたって吹いていたことに加え、多くの降雪量があったのは、新潟地方気象台の 30 年間の気象データ(data)によれば過去に類例がないものであり、送電設備にとってはこれまでに経験したことのない極めて過酷な気象状況であった。

#### (2) 広範囲停電の原因

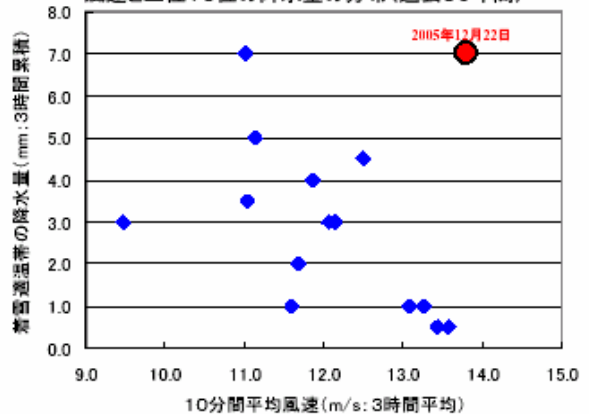
今回の停電は、新潟変電所に接続する多重化された送電線のがいしへの塩雪害(海塩粒子などを含む雪ががいしなどに付着し絶縁が低下しアース(earth)する現象)により、これまで経験したことのないような複数回の故障が同時に生じ、さらに復旧を補うため北新潟変電所から新潟市方面に供給すべく使用していた送電線もギャロッピング(garopping)現象(電線に翼状となった雪が付着することで強風下で電線の振動が大きくなる現象)により故障し、広範囲の長時間停電に至った。また、一部地域については倒木による配電線断線などの故障が発生し、復旧に時間を要した。

停電発生時の気象状況について

新潟地方気象台および当社東新潟火力日線の風速

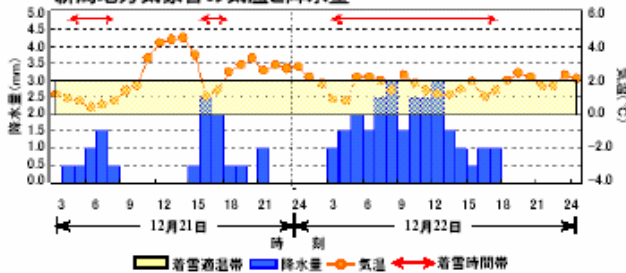


新潟地方気象台の着雪適温帯(0°C～2°C程度)における風速と上位15位の降水量の分布(過去30年間)



着雪適温帯における風速・降水量(降雪量)とも過去最大であった

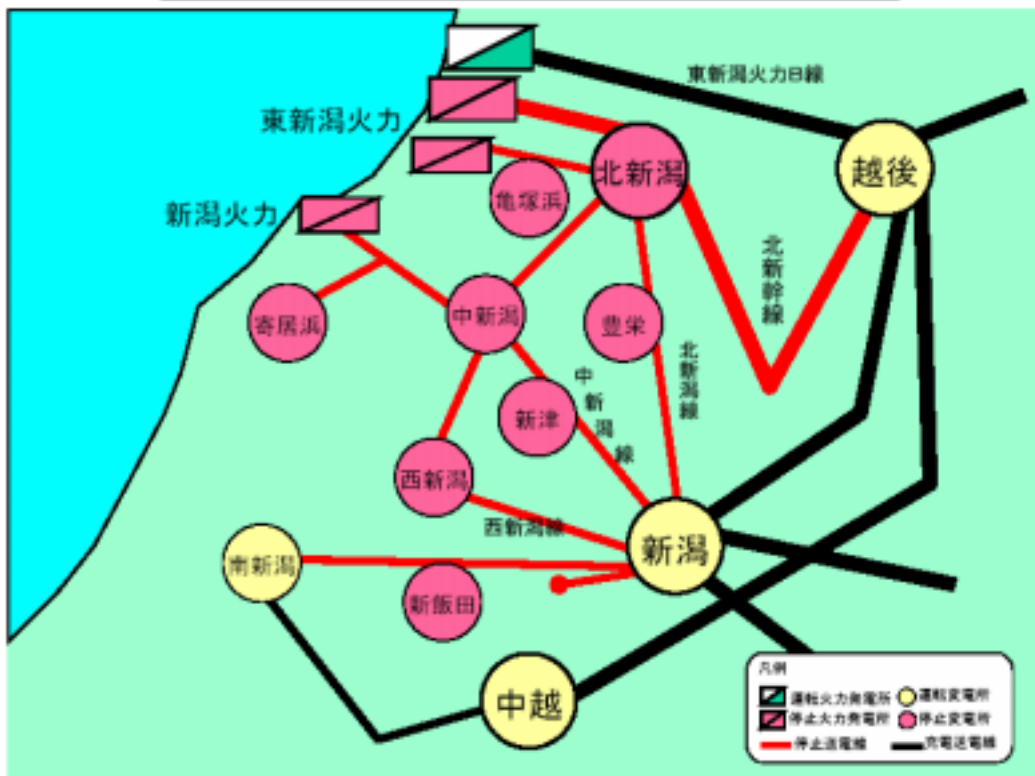
新潟地方気象台の気温と降水量



着雪適温帯で非常に強い風が長時間にわたって吹いたことに加え、多くの降水量(降雪)があり、送電線に対しては過去に経験のない過酷な気象条件でした。

気象データは気象庁より

新潟市および周辺地域の停電範囲

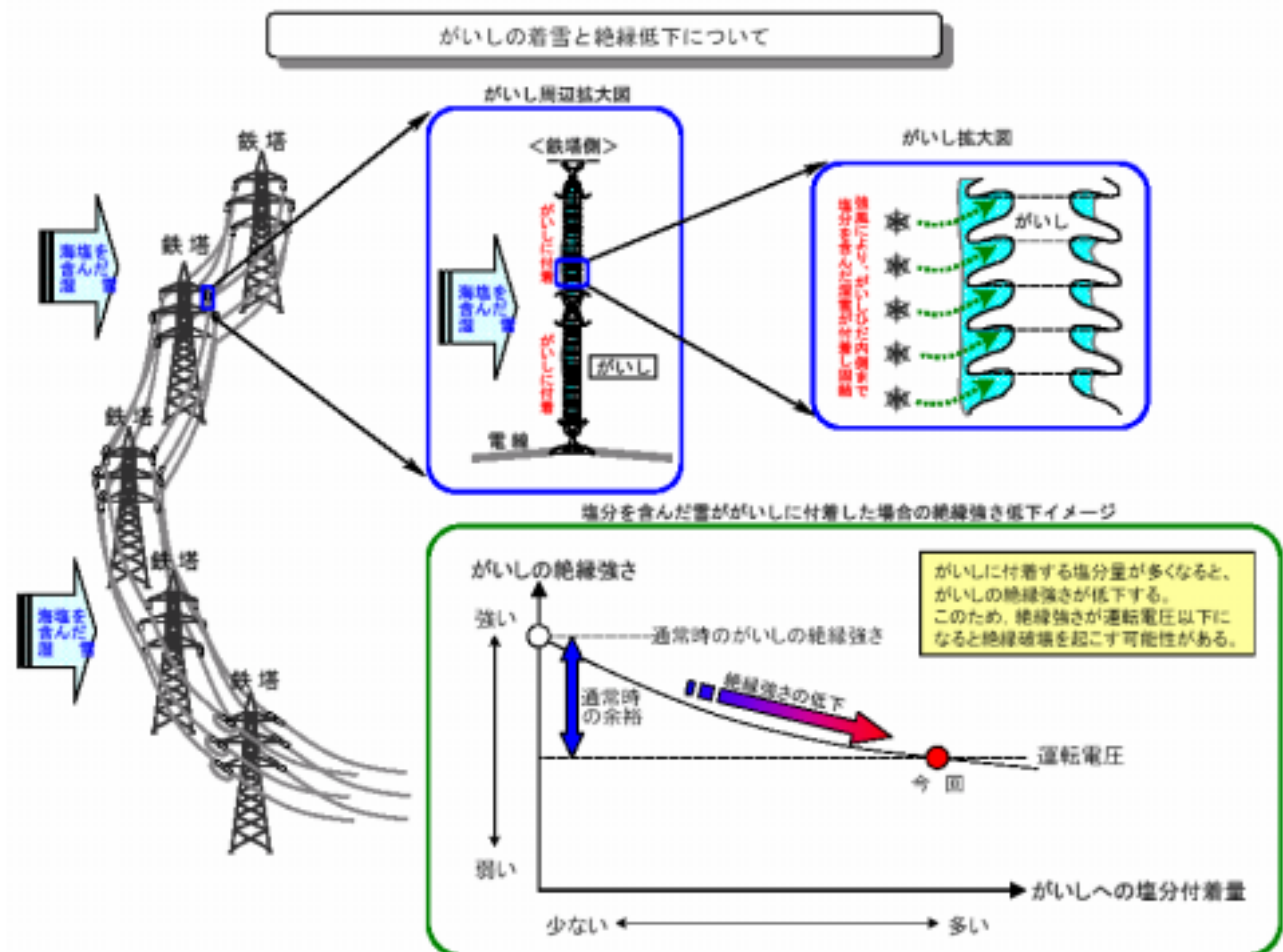


### (3) がいしへの塩雪害

15万4千V以下の送電線については、新潟変電所を起点とする送電線(北新潟線、中新潟線、西新潟線など)を中心に多数の送電線で同時に絶縁低下が発生した。

この原因は、送電線のがいしに付着した雪のサンプル(sample)調査において、海水と類似した成分が観察されたことから、海塩粒子を含む雪が送電線のがいしに付着し表面を覆い絶縁が保てなくなったことによるものと判断した。

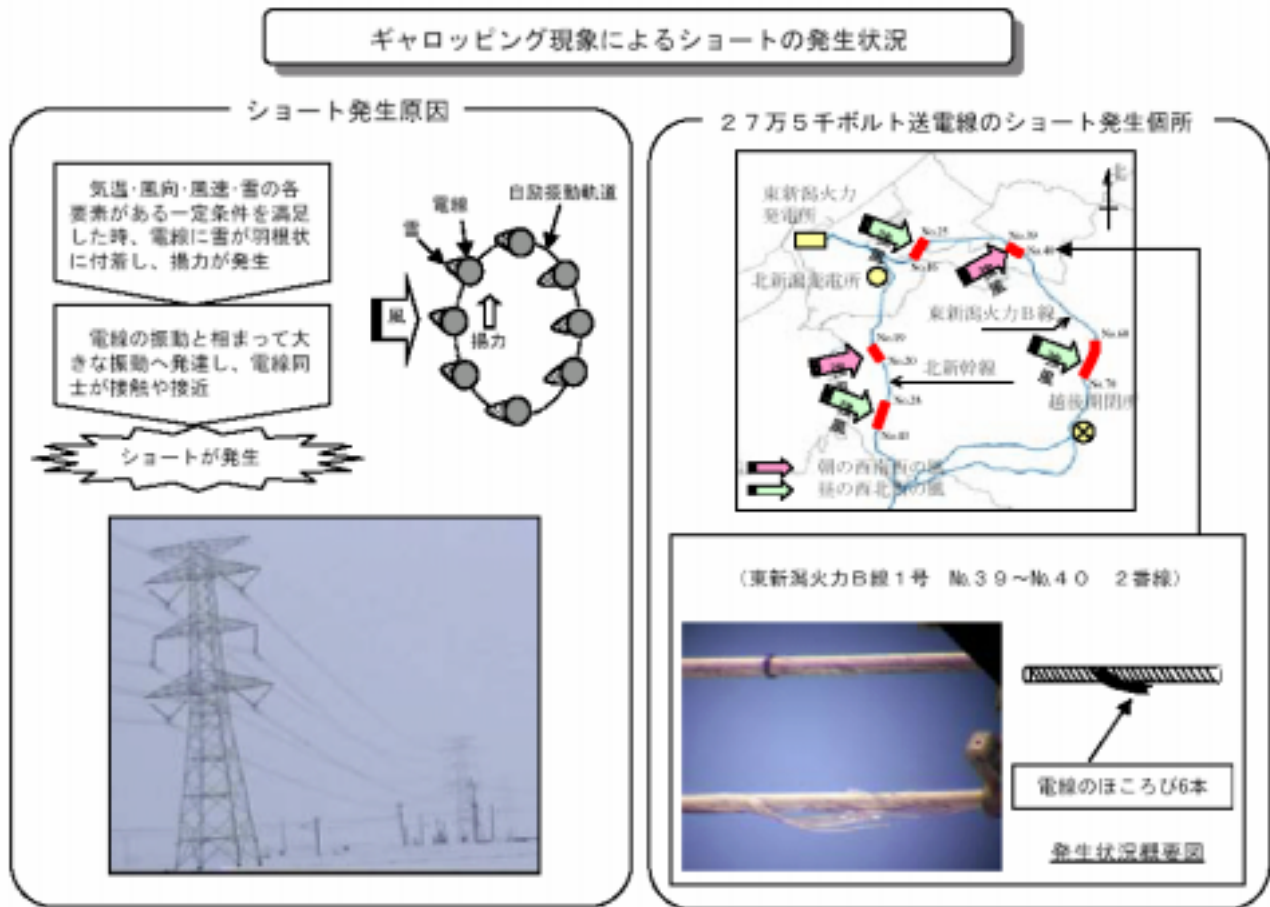
なお、送電線に付着した雪の除去とがいしの清掃作業を終えるまで、送電を行うことができず、最終復旧までに長時間を要した。



### (4) ギャロッピング(garopping)現象

送電線の故障箇所を調査した結果、27万5千送電線2ルート(route)(北新幹線、東新潟火力B線)他において、電線どうしの接触や接近によるショート(short)の痕跡を複数発見した。一部送電線においては、停電発生直後の現場パトロール(patrol)において、東北電力(株)の社員が実際に電線の異常動揺を確認していること、また、当時の気温や風向などが、電線の異常動揺を生じやすいとされる気象条件の気温0~2(着雪適温帯)、風速5m/秒以上(10分間平均)、風向きは層流(規則正しい空気の流れ)に近い状態で、送電線に対し45度以上の角度であたることなどが合致していることなどから、この送電線における故障は、強風下での電線着雪によるギャロッピング(garopping)現象が原因であると特定した。

なお、当日は、日本海に発生した小低気圧の通過により、強風が長時間継続し、7時前から発生した電線動揺が17時頃に収まり、その後再送電したため系統復旧に長時間を要した。



### 1-3. 再発防止策

#### (1)設備面の対策

##### a . 塩雪害対策

本格対策として、がいしへの塩雪害が発生した15万4千以下送電線については、今回の原因に基づき、懸垂がいしの難着雪効果を実証試験で確認した上で懸垂がいしを雨洗効果の高い既設の長幹がいしと併用し、種々の過酷な気象に対してより信頼性を高める。対策については、多数の線路にわたり物量も多く停電などの作業調整が必要となることから、順次計画的に行い、2007年11月完了を目途に工事を進める。

なお、暫定対策として、新潟変電所を起点とする送電線(北新潟線、中新潟線、西新潟線)のがいし表面に、有効期間はあるものの撥水性が高く難着雪効果が期待できるシリコン(silicone)塗布を進める。

## 塩雪害対策

本格対策（がいし種類の変更）

懸垂がいしと既設長幹がいしを併用し、それぞれの特性を生かし、種々の過酷な気象に対してより信頼性を高める

	長幹がいし	懸垂がいし
形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・棒状の磁器に適切な笠を設け、その両端に金具を取付けたもの</li> <li>・ひだの間隔が狭く、ひだの出幅が小さい</li> <li>・1個から数個を連続して使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・棒状の磁器を絶縁体とし、これにキャップおよびピンを導線金具をセメントで接着したもの</li> <li>・笠一笠間の間隔が長い</li> <li>・導線許容径と笠径の差が大きい</li> <li>・数個から10数個を連続して使用</li> </ul>
特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・劣化内傷（長時間の汚損<sup>※</sup>）に強い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塩害および急速汚損（台風や季節風による塩塵粒子飛来による短時間の汚損<sup>※</sup>）に強い</li> </ul>

※ 汚損とは、電気的絶縁低下を引き起こす塩分や工場ばい塵などががらみ付着すること

暫定対策（シリコン塗布）

特徴

- ・優れた撥水性を発揮します。
- ・塗布後は、降雨時に水分が水溜となり一様には広がりにません。（下写真参照）

シリコン塗布面の水滴

効果

がいし表面に塗布することで撥水性が高まることから、着雪しにくくなり、耐電圧特性の向上が期待できます。

塗布前がいし状態
塗布後がいし状態

### b . ギャロッピング(garopping)対策

ギャロッピング(garopping)現象による故障が発生した多導体の27万5千送電線については、従来のスペーサ(spasa)を、片側電線保持部が自由に可動することにより揚力特性が変化しギャロッピング(garopping)を抑制するルーズスペーサ(loose spasa)に取替え、また単導体の15万4千以下送電線については電線間を把持し電線どうしの接近を防止する相間スペーサ(spasa)を設置するなどの対策を行う。


#### (2) 運用面の対策

##### a . 北新潟変電所の送電系統運用の変更

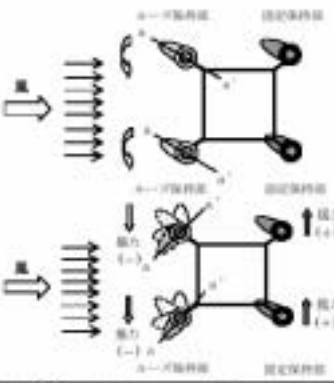
これまでは、新潟市および周辺地域への電力需要に対しては、主に新潟変電所を起点とする送電線3ルート(route)により供給していた。また、今後の電力需要の増加等に対応して、同地域の安定供給のために、新潟変電所と北新潟変電所との二方向からの供給を行うこととし、北新潟変電所の変圧器の増強工事を6月の運用開始で進めておりました。今回の塩雪害による送電線故障を踏まえ、増強工事の運用開始を2ヵ月程度繰上げることにする。なお、増強工事が終了するまでは、東新潟火力発電所の出力を制限しながら二方向供給を行い、安定供給に努める。

## ギャロッピング対策

ルーズスペーサ



各相は風向の風上側に、ルーズ保持部を設置



写真の左側電線保持部が自由に変位することにより、張力特性が変化し、ギャロッピングを抑制する。


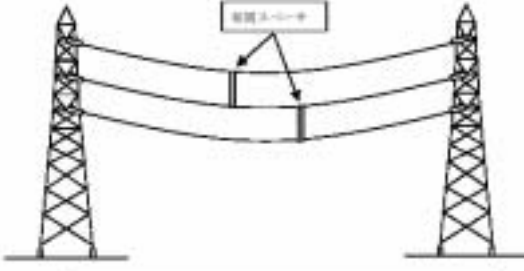
ルーズ保持部で保持している電線が偏心荷重により下方へ揺れる

風の迎え角が変化することにより、張力特性が変化してギャロッピングを抑制

凡例

- : 固定保持部
- : ルーズ保持部
- : 電線
- AAA : 負荷 (固定部)
- AAA : 負荷 (ルーズ部)

相間スペーサ

相間スペーサ

- ・ 相間スペーサの取付け点で電線長を短縮（脚を作る）ことで等価的に保線長を短縮し揺動を抑制する。
- ・ 相間スペーサを取付けることにより、各相の揺動は相間スペーサを介して他相に伝達され、電線と電線に平行な揺動を減らすことにより揺動を抑制する。

### b . 気象情報および観測データ(data)を活用した電圧低め運転

送電線のがいしは、通常の電圧よりも高い電圧でも絶縁性能を保つ余裕を持った設計としておりますが、がいしに塩分が付着すると絶縁性能が低くなり、耐電圧（絶縁性能が保てる限界電圧）が低下する。従来から、新潟県の日本海側12個所のアメダスデータ(Automated Meteorological Data)、変電所での塩分測定データ(data)、および現地情報を勘案して、電圧の低め運転を実施していたが、今後は、暴風雪警報発令などの新たな条件を付加して、塩雪害の発生をより確実に防止できるよう電圧低め運転を実施する。

### (3)体制面の対策

#### a . 送電線保守体制の強化

送電線の保守体制の強化策として、ギャロッピング(garopping)対策や塩雪害対策が完了するまでの間、暴風雪警報が発令された場合、送電線保守部門による予防巡視を行い、現地送電線の状況把握を実施するとともに、送電線保安要員および工事会社との連絡体制を確認し停電発生時の即応体制を確立する。

## 2-1 東京都心部の大規模停電のあらまし

今年の8月14日7時38分ごろ東京都心部と神奈川県、千葉県の一部で合わせて139万1千軒に上る大規模な停電が発生した。供給停止規模は約261万kWとなった。

その後、順次送電を再開し、59分後の午前8時37分には、すべての変電所が復旧し、送電を再開してほとんどの停電は解消したが、この事故をきっかけとしてなど配電用電力設備の不具合等により一部の範囲の停電が継続し、午前10時44分に全面復旧した。

## 2-2 停電の原因

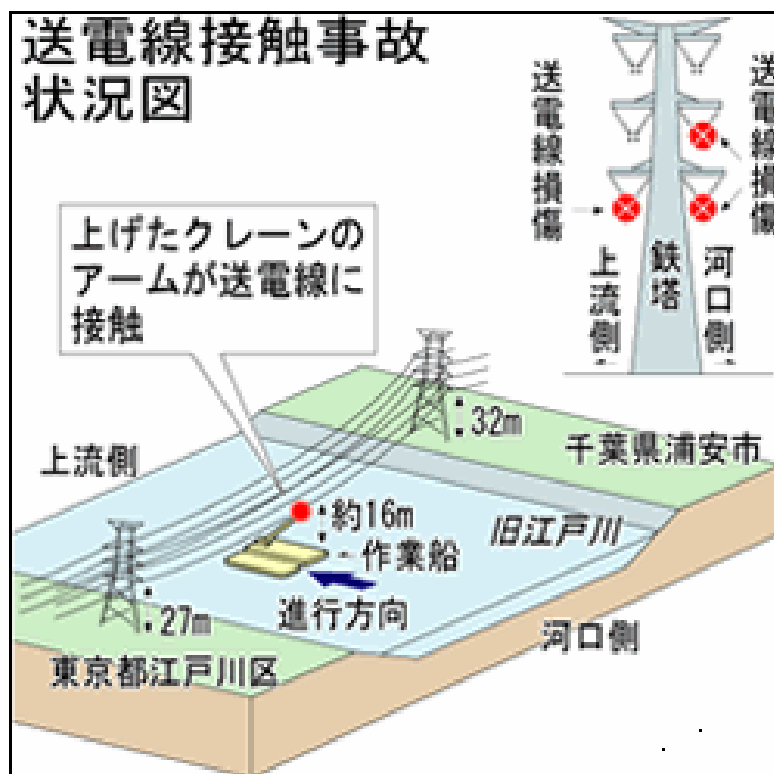
東京都江戸川区南葛西と千葉県浦安市の間を流れる旧江戸川を横断する特別高圧送電線の275kV江東線に建設会社所有のクレーン(crane)船のクレーンが接触し、鋼心アルミ(aluminum)より線の電線が損傷した。

クレーン船はしゅんせつ現場に向かう途中で33mまでクレーン(crane)を上げていた。三相で1回線ある電線は、一番下の相で水面から約16mだった。

クレーン(crane)は、江東線の1号線、2号線の両系統に接触したため、バックアップ(backup)機能が働かず、送電停止に至った。また、下流側の変電所5箇所です送電網を守るための保護装置が働き、広範囲の停電となった。

おおよその停電範囲





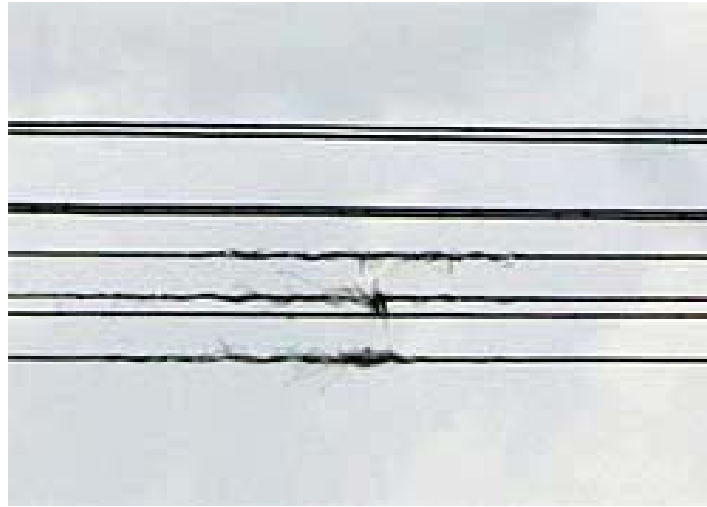
### 2-3 線路の復旧

東京電力(株)で江東線を保守管理する工務部門は14日8時20分ごろ、江東・京葉両支社から要員を派遣して鉄塔上で設備状況を確認すると同時に、ヘリコプター(helicopter)で上空から電線の損傷箇所を点検した結果、線路の断線には至らなかったが、電線3層のより線が損傷していたため、すぐに送電することが不可能と判断し、正午過ぎから作業員を動員し、電線の修復を開始した。



連日、夜中まで作業を行った結果、8月16日午後11時32分、修復を完了し、8月17日午前0時54分に事故前の系統に全面復帰した。

#### 損傷した送電線



#### 2-4 対応と検証

まず、クレーン船については、パトロール(patrol)など防護対策を行ってきたが、注意喚起の徹底は難しかったとして、今後、注意喚起のブイ(buoy)を河川内に設置することを関係機関と調整することとしている。

一方、事故の影響範囲等については、現状の系統構成が2回線同時事故というまれな頻度の場合にも停電区間を限定でき、都心部の連携機能により短時間に停電を復旧できると評価した上で、推進中の川崎火力1号系列の都区内系統への連係など行っている。

#### 2-5 過去における首都圏の大規模停電

首都圏の大規模停電は1999年11月に埼玉県狭山市で自衛隊機が墜落し、275kV南狭山線が断線して約80万軒が停電した。東京電力(株)の停電規模としては1987年7月首都圏の電力供給による816万kW、1986年3月神奈川県の大雪による355万kW、1983年8月神奈川県西部地震による257万kWに次ぎ、今回の261万kWは4番目の規模であった。

#### 3-1 終わりに

##### 停電が与えた影響として

- 交通網：信号機が消えたことによる交通渋滞、電車の運休等。
- 学校：臨時休校等。金融機関：ATM等の取引の停止等。
- 病院：外来診療・手術の中止、入院患者対応等。
- エレベーター：エレベーター(elevator)停止及び閉じ込められる等。

商店：営業に支障、生鮮食料品の保存問題等。

ライフライン(lifeline)：電話の不通、水道の断水、照明等の消灯他。

以上、簡単に挙げただけでも社会環境に大変な影響を及ぼすことになる。

日本の電力供給は発電・送電・変電の電力需要が集中する都市のネットワーク化(making to network)が進み、加えて需要増に対応した技術革新、厳しい自然災害への対応技術の強化により、他先進国に比べ、非常に高い供給信頼度がある。

さらに、生産性向上で導入した自動化技術が、停電時間短縮に貢献している。地理的及び社会的環境条件の技術的な克服として

(1)日本の地理的・社会的な環境条件として

国土が狭く、山岳地が多い。用地事情により、多数の送電線ル(route)が確保できない。地震が非常に多い。島国であるため、周囲を海で囲まれており、塩害の影響を受けやすい。台風の影響を受けやすい。特に日本海側や山間部など、局所的な豪雪地域がある。

(2)技術的な克服として

送電線の多回線併架。設備の縮小化、地下化。

耐雷、耐震、耐塩、耐風、耐雪設計。

以上の技術的な克服をしてきたが、電気の安定供給には前述した不慮の事故にも迅速な対応ができるよう、更なる技術革新が必要である。

### 3-2 現在の設備事情と今後の課題

高度成長期に作成した送電線・変電所など流通部門の設備は平均で20年～30年を経過しており、近年の電力需要の低成長化により設備投資より設備保全が中心の時代へ移行してきた。

原価低減が進んでいる現状から、安全・品質を確保し、設備の診断技術開発と設備の保全対策と保全方針を確立して行くことが重要となる。

また、2007年問題にあるように熟練者の退職による世代交代が抱える人材育成の問題を抱えている。今後の電力業界は、いかに長期的設備の健全性を維持していくかが課題である。

#### 掲載参考文献

東北電力(株)ホームページ(homepage)

新潟県内の停電の原因と再発防止対策について

以上