

送電設備の雪害対策について

平成 18 年 6 月
原子力安全・保安院

1. 昨年末の雪害の状況

平成 17 年 12 月 22 日に風雪の影響を受け、東北電力管内の新潟下越地域を中心として約 60 万 kW（最大供給支障：約 65 万戸）の停電が発生した。停電事故の直接的な原因は、風雪による塩雪害とギャロッピングの発生であった。同日、関西電力管内でもギャロッピングの影響により約 40 分であったが約 70 万戸の供給支障が発生した。

送電設備は、電力流通設備の要となるものであり、各電力会社もその重要性から送電ルートの多重化を行うことなどによって、仮に何らかの事故が発生した場合でも、需要家への電力供給が途絶えないよう、あるいは短時間に復旧できるように電力供給システムとして強固なものとしている。

しかしながら、新潟下越地域を中心とした停電事故は、多重化された系統の中で長時間にわたり発生したものであった。

また、北陸電力管内及び関西電力管内では、12 月 13 日～15 日にかけて送電線への着雪が原因となり設備損傷があった。

北陸電力では、過去にも着雪による送電設備への大きな被害を経験していることから雪害対策は着実に実施してきており、今回被害を生じた設備についても難着雪リングなどの対策を施していたものであった。

今冬の雪害による停電事故や設備損傷事故は、過去の経験等をもとに所要の対策等を実施してきている中で生じている事故であるため、今後同様の事故が他の地域で発生することがないかどうか、また、発生しないような対策としてどのような手段を講じるべきかについて検討を行う必要がある。

2. 事実関係

- ① 今般の雪害は過去に例のない降雪状況であった。
- ② 新潟の停電は、塩雪害、ギャロッピングを原因として停電は発生したが、重大な設備損傷はなかった。
- ③ 設備損傷がない一方で、天候が回復するまで停電の復旧ができなかった。
- ④ 北陸電力の送電線では、難着雪リングを使用していたにもかかわらず着雪による設備被害が生じた。
- ⑤ 関西電力の超高压送電線でも着雪による鉄塔損傷やギャロッピングによる供給支障が生じた。

3. 主な論点

- ① 現状の雪害対策を行っている対象場所（地域）は適切なものと考えられるか。

過去の降雪状況、対策の種別と効果

②現状の雪害対策の内容は必要十分なものと云えるか。

現状の対策実施状況、過去の被害の発生状況、設備、地域・地点による対策の差

③技術基準に追加すべき事項があるか。

解釈の変更・追加、解説の変更・追加

④その他

単一設備故障（N－1基準）の信頼性、緊急時の応急復旧対応、リスクの軽減など

別紙 1 東北電力の送電設備への雪害被害の概要

別紙 2 北陸電力の送電設備への雪害被害の概要

別紙 3 関西電力の送電設備への雪害被害の概要

別紙 4 過去の送電設備への雪害被害

別紙 5 技術基準の規定状況

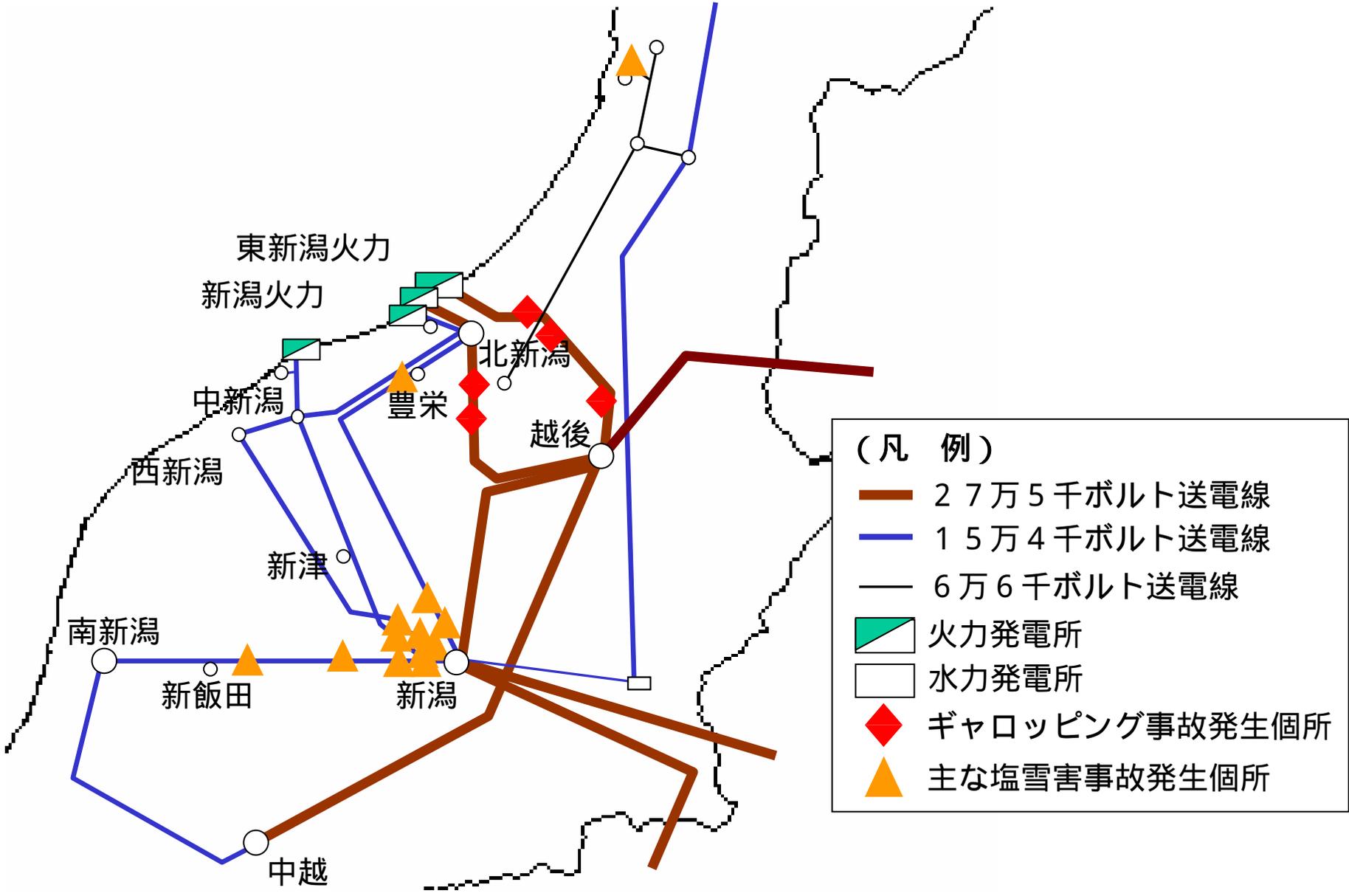
別紙 6 安定供給に係る設備形成の考え方

別紙 7 東北電力の「新潟下越地域における大規模停電に係る原因究明について」に対する評価について

東北電力の送電設備への雪害被害の概要

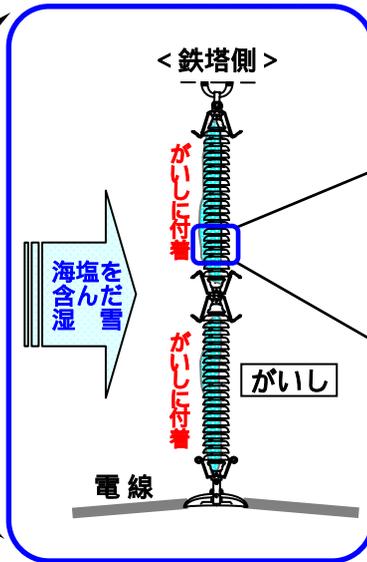
- ①送電線の事故発生箇所
- ②がいしの着雪と絶縁低下について
- ③海塩粒子を含んだ雪のがいしへの着雪メカニズム（推定）
- ④ギャロッピング現象によるショートが発生状況
- ⑤塩雪害対策
- ⑥ギャロッピング対策

送電線の事故発生個所

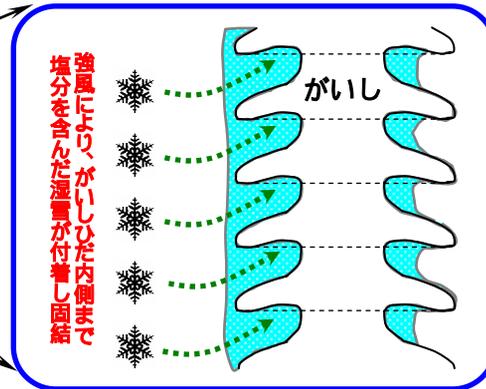


がいの着雪と絶縁低下について

がいの周辺拡大図

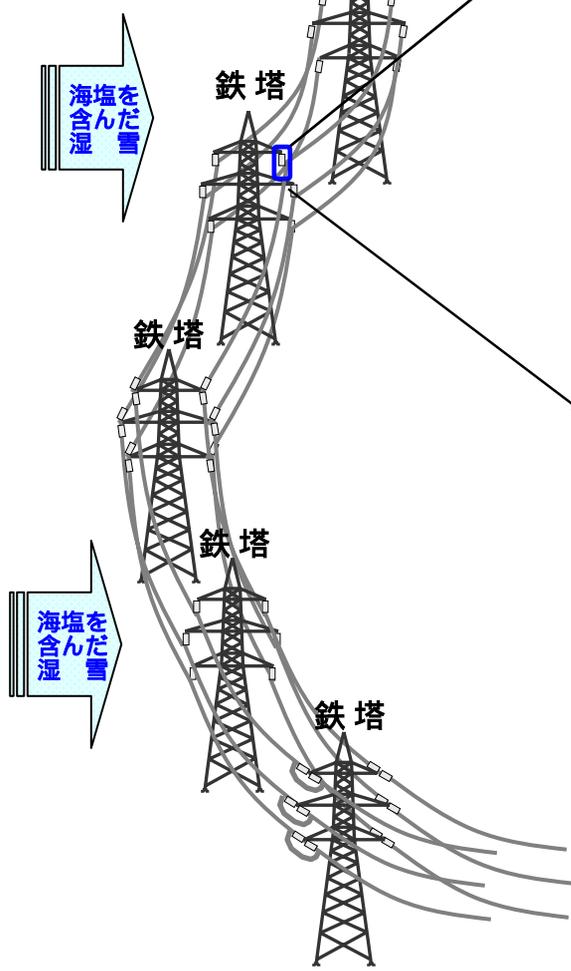
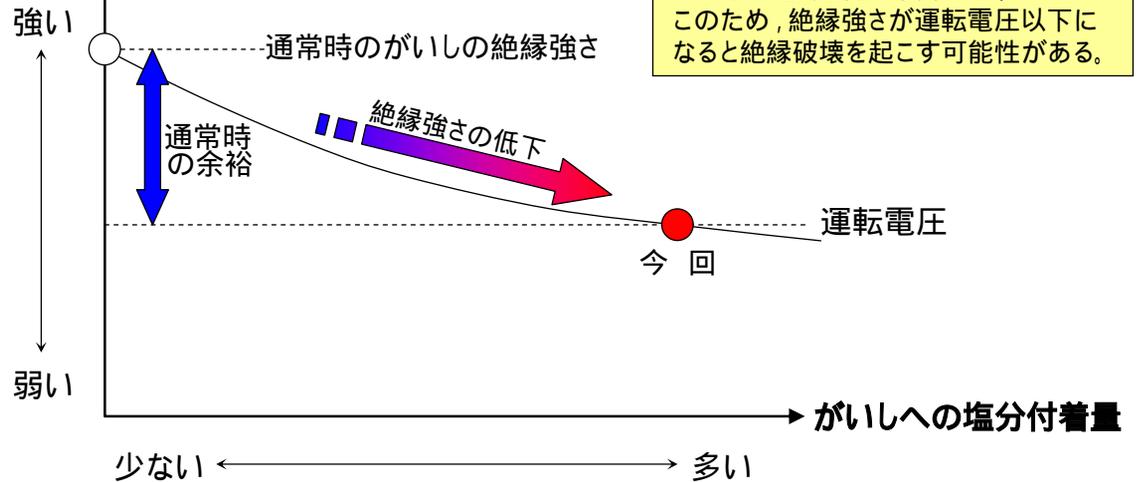


がいの拡大図

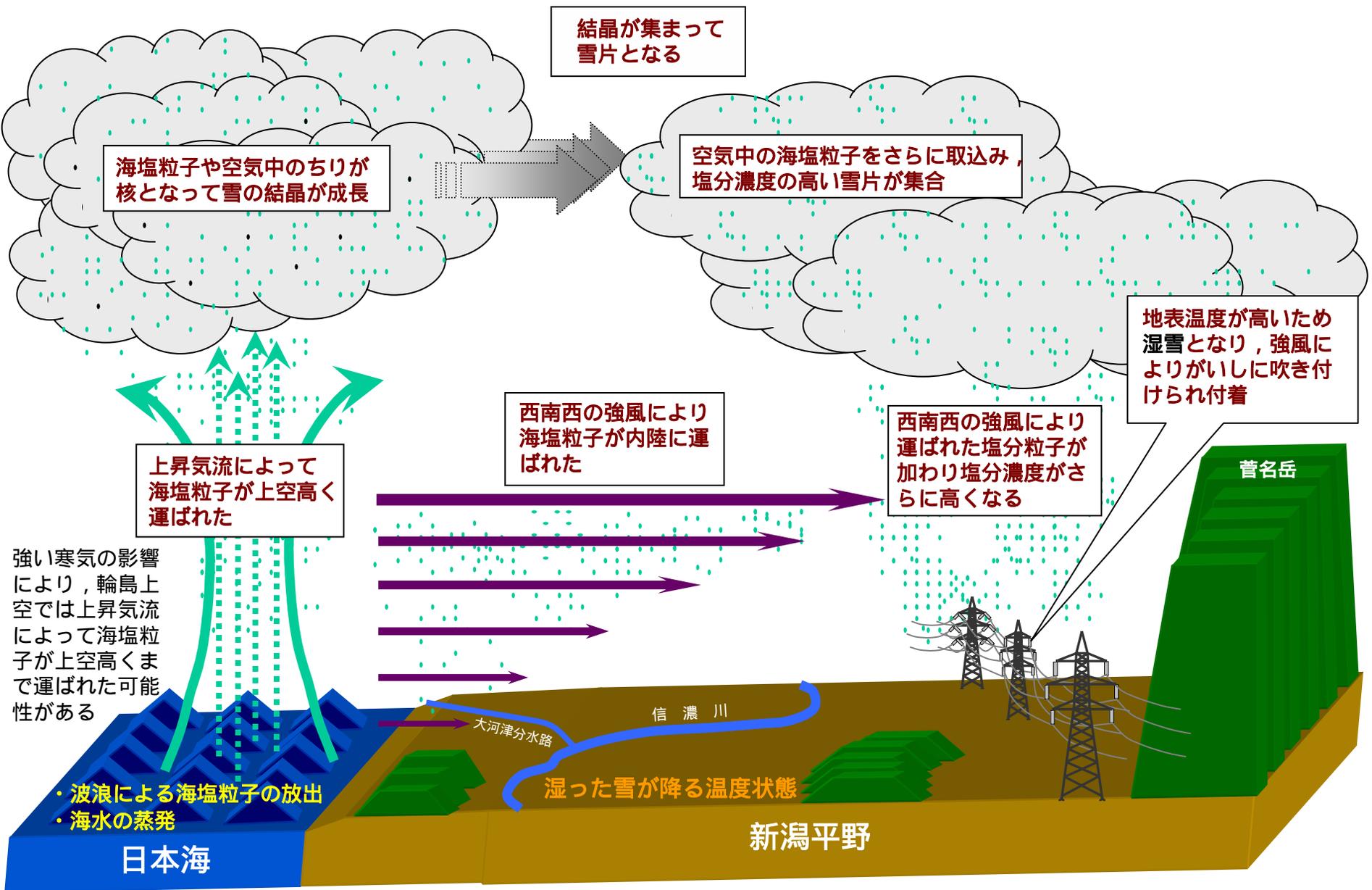


塩分を含んだ雪ががいに付着した場合の絶縁強さ低下イメージ

がいの絶縁強さ



海塩粒子を含んだ雪のがいしへの着雪メカニズム（推定）

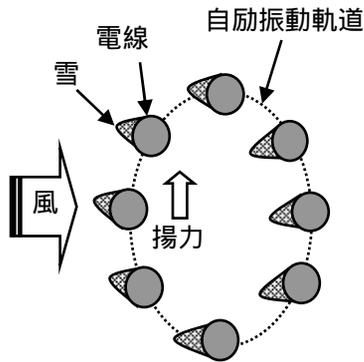


ギャロッピング現象によるショートが発生状況

ショート発生原因

気温・風向・風速・雪の各要素がある一定条件を満足した時、電線に雪が羽根状に付着し、揚力が発生

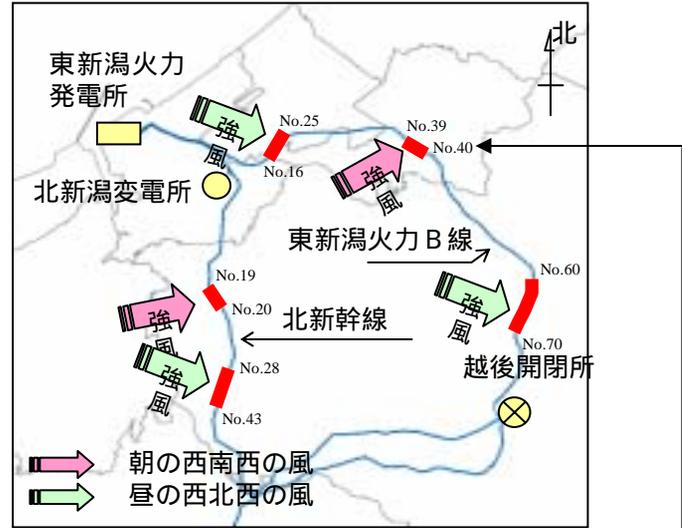
電線の振動と相まって大きな振動へ発達し、電線同士が接触や接近



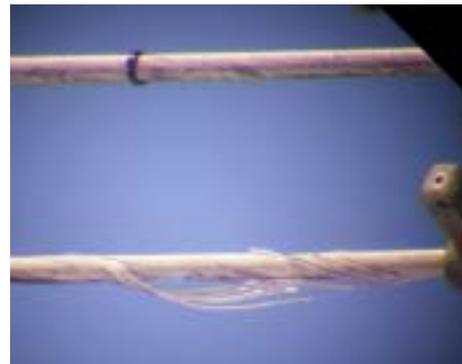
ショートが発生



27万5千ボルト送電線のショート発生箇所



(東新潟火力B線 1号 39 ~ 40 2番線)



電線のほころび6本

発生状況概要図

塩雪害対策

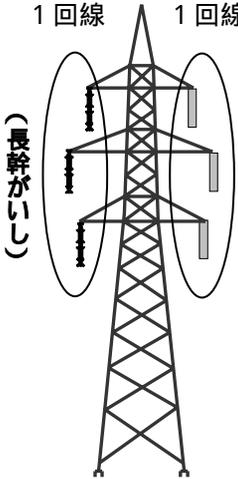
本格対策（がいし種類の変更）

懸垂がいしの難着雪効果を実証試験で確認

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



1回線 1回線



(長幹がいし)

2回線送電鉄塔

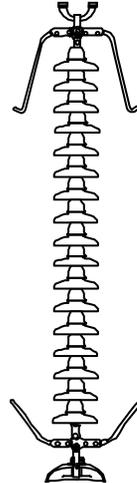
(長幹がいし)
現状



がいし種類を変更



(懸垂がいし)
対策



	長幹がいし	懸垂がいし
形状	<ul style="list-style-type: none"> 棒状の磁器に適当な笠を設け、その両端に金具を取付けたもの ひだの間隔が短く、ひだの幅が小さい 1個から数個を連結して使用 	<ul style="list-style-type: none"> 帽子状の磁器を絶縁体とし、これにキャップおよびピンの連結金具をセメントで接着したもの 笠～笠間の間が長い 連結部外径と笠径の差が大きい 数個から10数個を連結して使用
特性	<ul style="list-style-type: none"> 累積汚損（長時間の汚損）に強い 	<ul style="list-style-type: none"> 塩雪害および急速汚損（台風や季節風による海塩粒子飛来による短時間の汚損）に強い

汚損とは、電氣的絶縁低下を引き起こす塩分や工場ばい煙などががいしに付着すること

暫定対策（シリコン塗布）

特徴

- 優れた撥水性を発揮します。
- 塗布面は、降雨時に水分が水滴となり一様には広がりません。（下写真参照）



シリコン膜表面の水滴

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

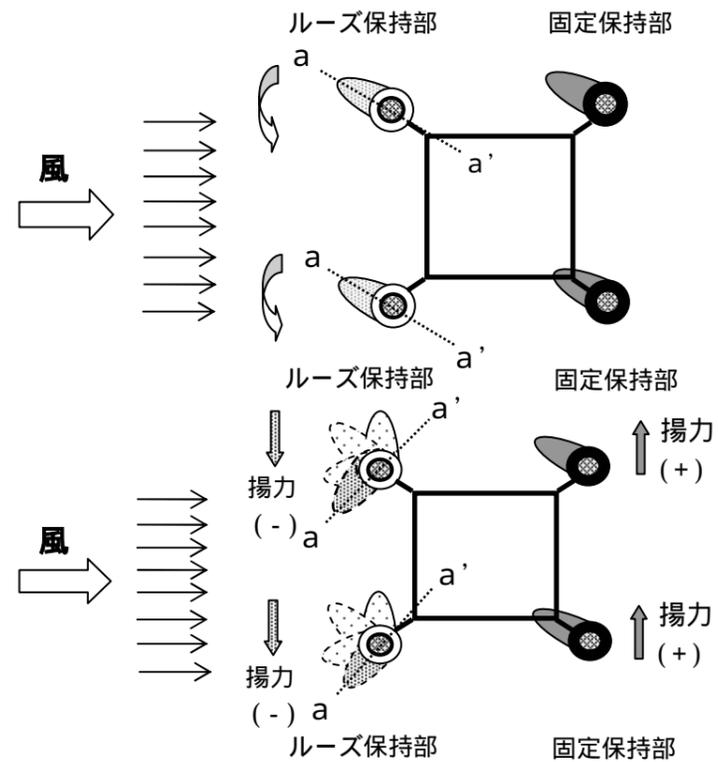
ギャロッピング対策

ルーズスペーサ



写真の左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、ギャロッピングを抑制する。

冬期主風向の風上側に、ルーズ保持部を設置

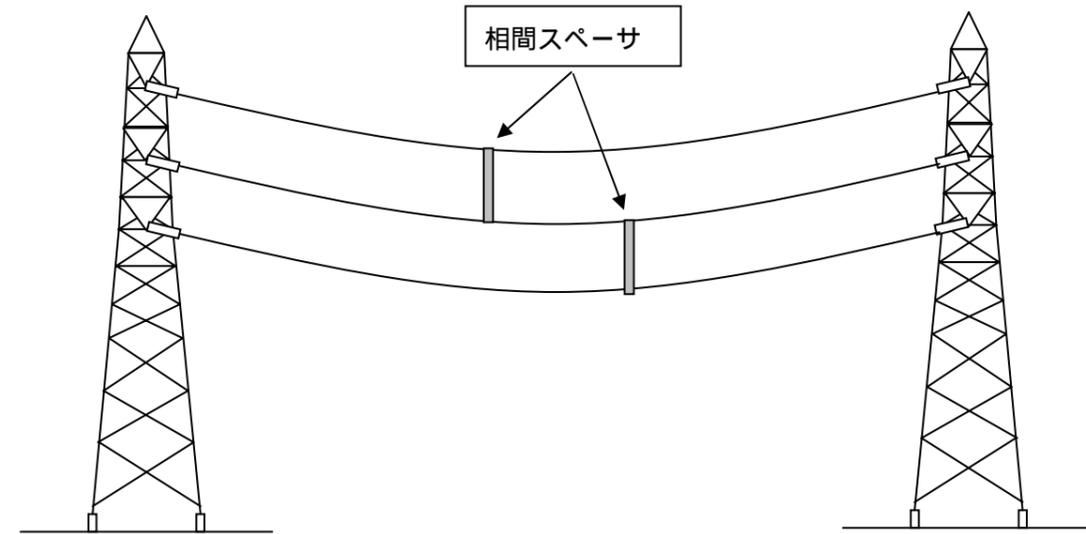
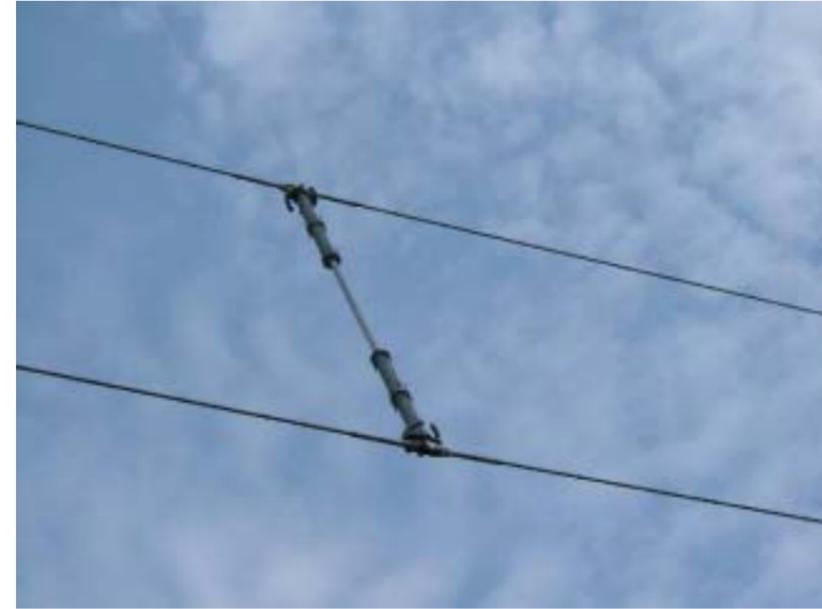


ルーズ保持部で保持している電線が偏心荷重により下方へ捻れる

風の迎え角が変化することにより、揚力特性が変化してギャロッピングを抑制

- 凡例
- : 固定端部
 - : ルーズ保持部
 - : 電線
 - ☄ : 着雪 (固定側)
 - ☄ : 着雪 (ルーズ側)

相間スペーサ



- ・ 相間スペーサの取付け点で径間長を区切る (節を作る) ことで等価的に径間長を短縮し振動を抑制する。
- ・ 相間スペーサを取付けることにより、各相の振動は相間スペーサを介して他相に伝達され、電線を相互に干渉させ位相を乱すことにより振動を抑制する。

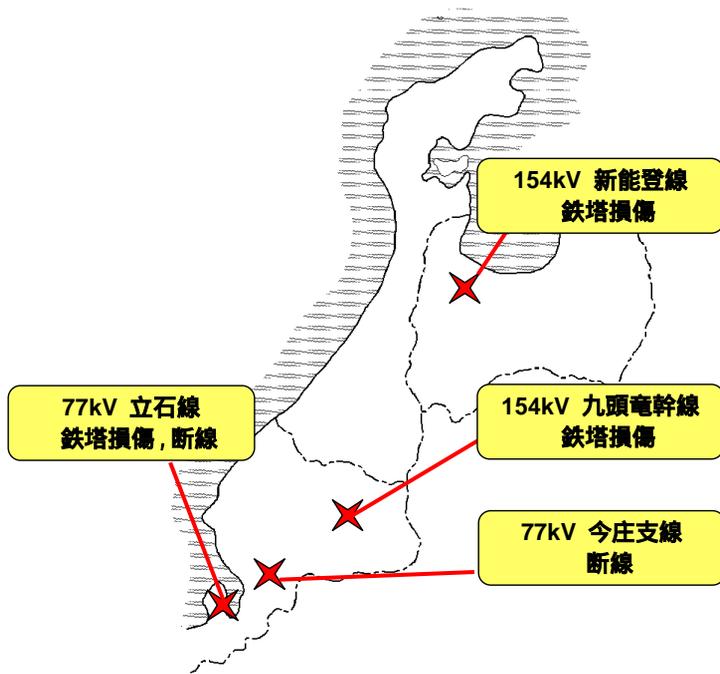
北陸電力の送電設備への雪害被害の概要

①設備被害状況

②原因

③再発防止対策

設備被害状況



立石線 29

線路名 〔被害発生又は 発見月日〕	被害状況		供給支障
	鉄塔 損傷	電線 断線	
77kV 立石線 (12月13~15日)	4基	3箇所	特高需要家 : 11分
77kV 今庄支線 (12月14日)		3箇所	特高需要家 : 4時間42分 ABC 特高需要家D : 41時間32分 湯尾S/S : 4時間42分 王子保S/S : 8時間02分
154kV 九頭竜幹線 (12月15日)	1基		なし
154kV 新能登線 (12月17日)	1基		特高需要家 : 4時間6分



九頭竜幹線 53



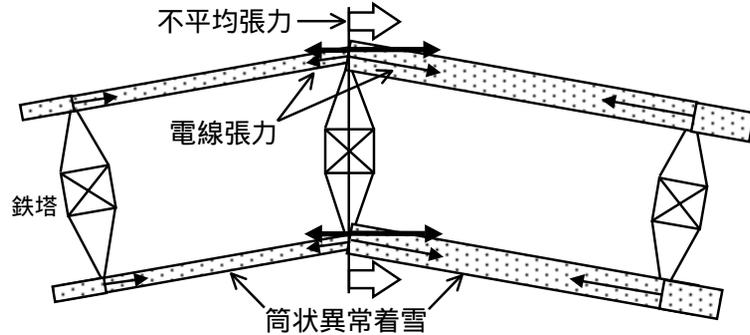
新能登線 30

原因

	線路名	鉄塔 又は 電線サイズ	着雪状況		原因
			厚さ(mm)	比重	
鉄塔 損傷	立石線	29	70	0.25	電線及び地線への異常着雪で不平均張力が増大し、塔体の部材強度を上回る荷重が加わり損傷。
		31	50~67	0.30	
		32	50	0.30	電線及び地線に異常着雪した後、落雪による不平均張力および隣接する31号鉄塔の影響を受け、塔体の部材強度を上回る荷重が加わり損傷。
		50	50	0.26*	電線及び地線に異常着雪した後、落雪により不平均張力が増大し、塔体の部材強度を上回る荷重が加わり損傷。
	九頭竜幹線	53	50~80	0.20	電線及び地線への異常着雪で不平均張力が増大し、塔体の部材強度を上回る荷重が加わり損傷。
	新能登線	30	34*~54*	0.55*	電線及び地線に異常着雪し不平均張力が増大している状態で、突風による落雪が発生し、塔体上部の部材強度を上回る荷重が加わり損傷。
断線	立石線	鋼心Aにより線 120mm ²	80	0.25	異常着雪により、電線に最小引張荷重以上の荷重が加わり断線。
	今庄支線	鋼銅より線 100mm ²	70	0.20	

・着雪厚さは着雪状況からの想定値、着雪比重は近傍の積雪比重からの想定値。 *数値は実測値。

不平均張力:前後経間の電線張力の差



原因

湿った雪が難着雪リングの性能を超えて電線に付着し筒状になり、大きく発達したため、電線に異常な荷重が加わり鉄塔損傷や断線に及んだ。

再発防止対策

電線・地線への異常着雪を防止するため、難着雪リングに加え、相間スペーサ又はねじれ防止ダンパを設置。

	線路名	鉄塔 又は 電線サイズ	再発防止対策	備考
鉄塔 損傷	立石線	29, 31 32, 50	難着雪リングに加え、装柱が三角配列であるため相間スペーサ、ねじれ防止ダンパを設置。	1. 装柱の制約により、相間スペーサが設置できない箇所についてはねじれ防止ダンパを設置。 2. 架空地線については、難着雪リングに加えねじれ防止ダンパを設置。
	九頭竜幹線	53	難着雪リングに加え、相間スペーサを設置。	
	新能登線	30	難着雪リングに加え、相間スペーサを設置。	
断線	立石線	鋼心形より線 120mm ²	難着雪リングに加え、相間スペーサ又はねじれ防止ダンパを設置。	
	今庄支線	鋼銅より線 100mm ²	難着雪リングに加え、装柱が水平配列であるためねじれ防止ダンパを設置。	

1. 難着雪リング

着雪は電線のように添って回転しながら筒状に成長するが、一定間隔で設置するリングにより回転する雪を止めて着雪の成長を防ぐもの。



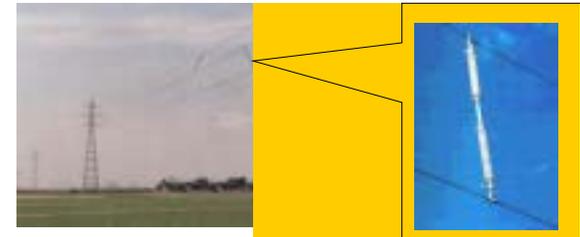
2. ねじれ防止ダンパ

雪の重みにより電線自体が回転して着雪が筒状に成長するが、おもりとなるねじれ防止ダンパにより電線の回転を止めて着雪の成長を防ぐもの。



3. 相間スペーサ

電線どうしを絶縁物を介して堅固に固定することで相互の接触を防ぐとともに、電線のねじれ防止効果を高め、着雪の成長を防ぐもの。

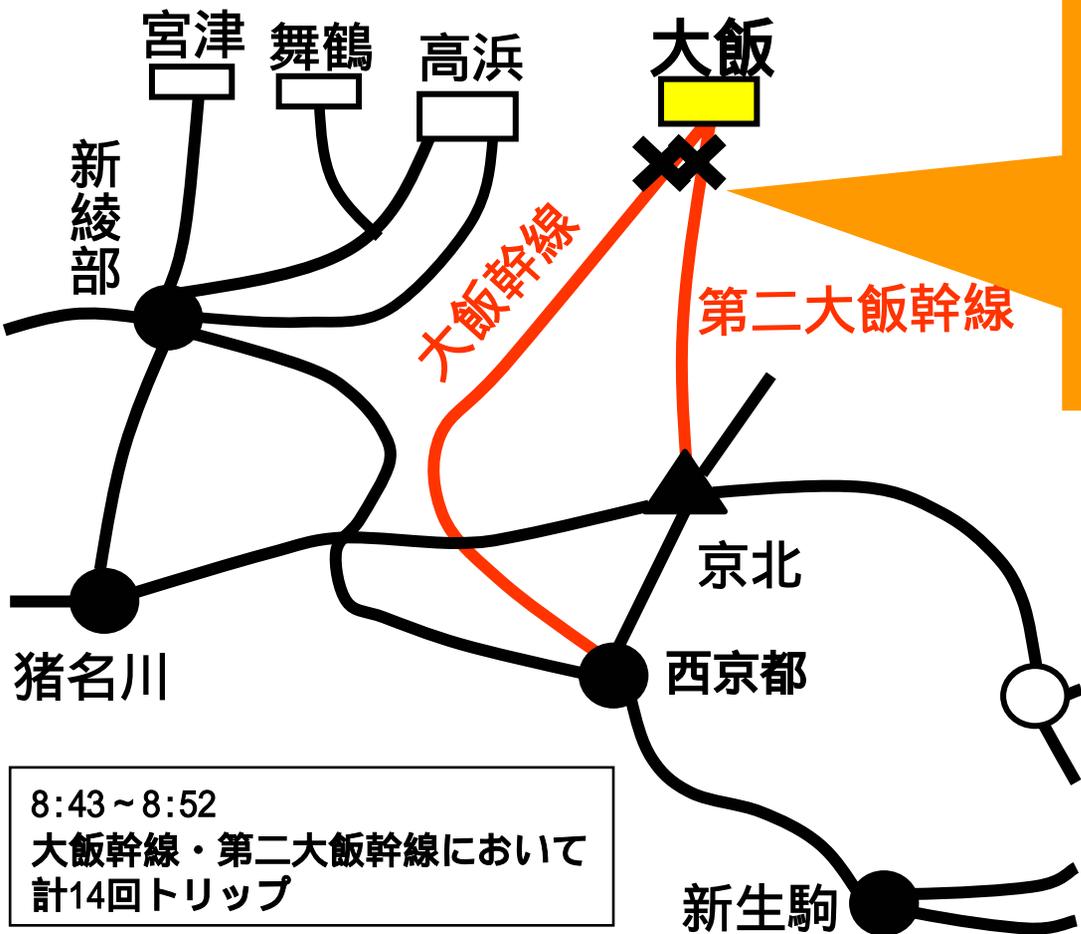


関西電力の送電設備への雪害被害の概要

- ①関西電力超高压送電線におけるギャロッピングによる供給支障
- ②事故発生時の気象状況・再発防止対策
- ③関西電力超高压送電線の鉄塔損傷による供給支障
- ④事故発生時の状況・再発防止対策

関西電力超高圧送電線におけるギャロッピングによる供給支障

発生日時 平成17年12月22日(木) 8時52分
発生箇所 500kV大飯幹線、第二大飯幹線
発電支障電力 大飯P/S 1,2,3,4G 計約480万kW
供給支障電力 合計約189万kW
供給支障時間 16～39分間
原因 風雪によるギャロッピング



8:43～8:52
大飯幹線・第二大飯幹線において
計14回トリップ

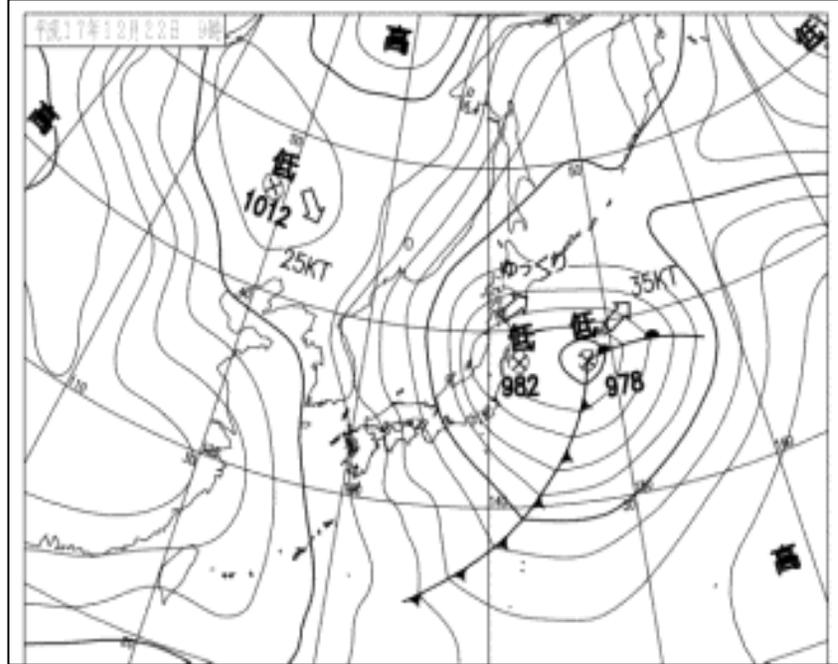
事故発生時の気象状況

事故が発生した12月22日午前9時前に、日本海を発達した低気圧が進み、小浜気象観測所では最大風速21 m / s、気温0 付近で降雪を伴っており、ギャロッピングが発生しやすい状況であったといえる。

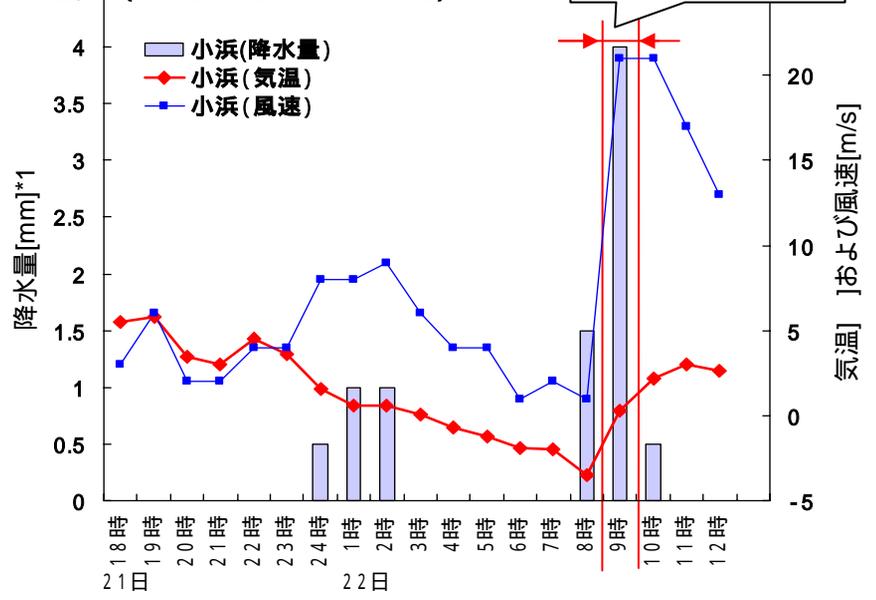
・現地落雪写真



・12月22日午前9時の天気図



・小浜気象観測所での降水量・風速・気温 (21日18時～22日12時)

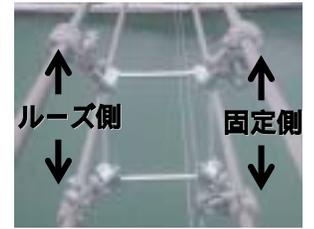
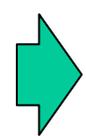


再発防止対策

【事故発生箇所】

ルーズスペーサに取替え (2月3日完了)

・取替前(既設スペーサ) ・取替後(ルーズスペーサ)

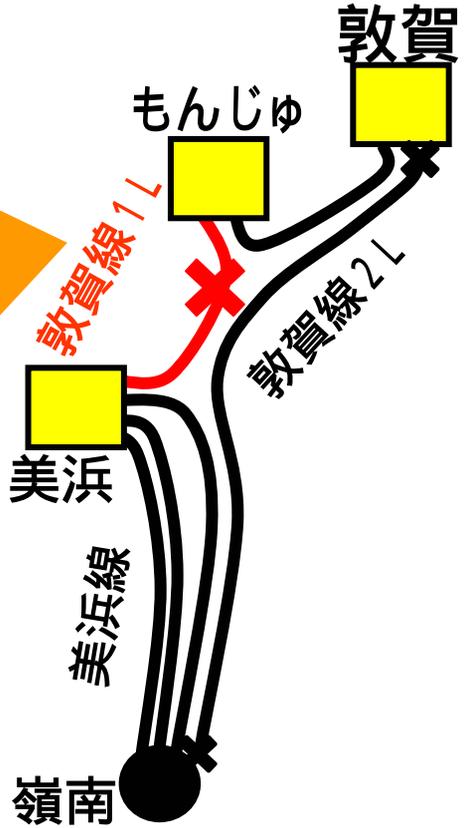
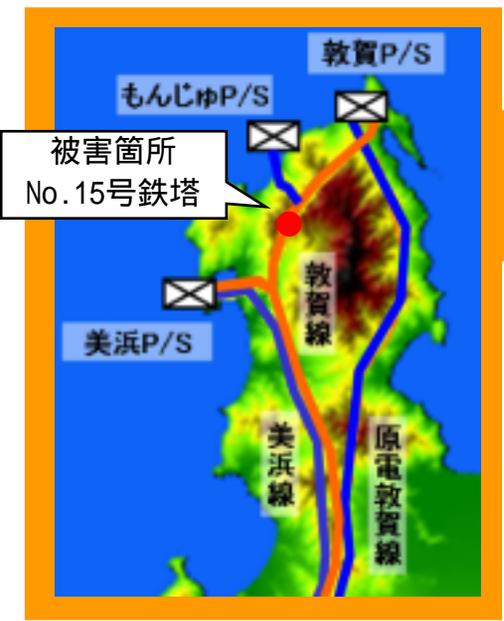


【同種箇所】

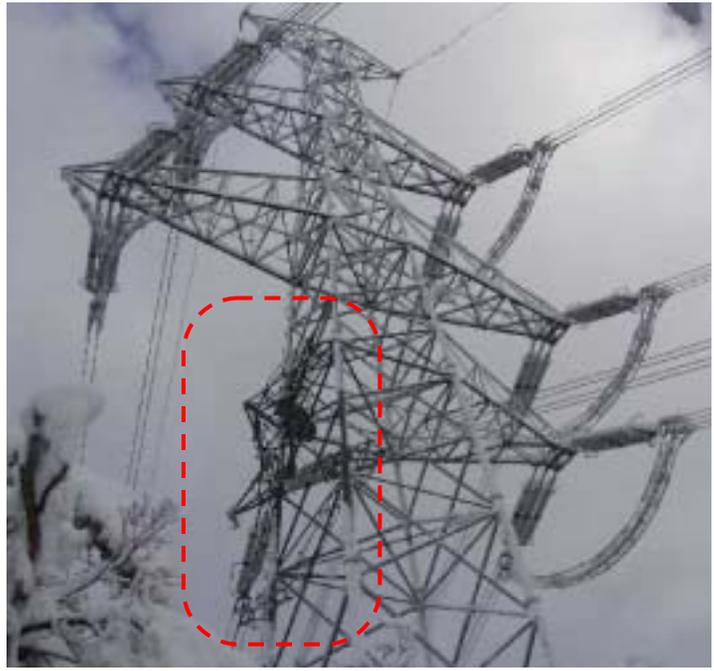
(検討対象) 当該線路および類似箇所
 (実施時期) 検討完了後順次実施

関西電力超高压送電線の鉄塔損傷による供給支障

発生日時 平成17年12月15日(木) 7時43分
発生箇所 275kV敦賀線
発電支障電力 なし
供給支障電力 1.4万kW
供給支障時間 1時間41分～1時間57分
原因 電線着雪による腕金折損



被害状況写真



鉄塔種類: コンクリート充填鋼管鉄塔
鉄塔型: 角度型
建設年: 1969年

事故発生時の状況

・気象状況

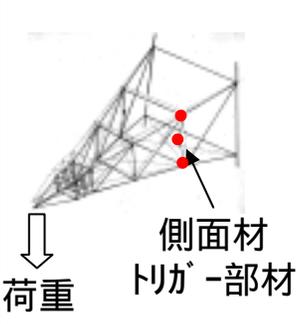
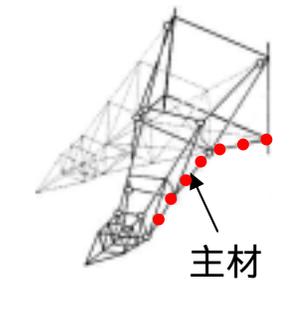
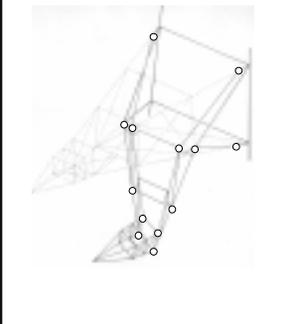
積雪が始まってから事故発生まで、降雪は3日継続しており、累積降水量は約170mmとなっていた。また、事故当時最寄の気象官署での観測風速は2.5m/s(7時)～2.8m/s(8時)であり、現地風速も低かったと推測される。

・着雪量

電線への着雪量は、目撃情報から厚さ6～8.5cm程度、着雪の比重は、鉄塔敷地での測定結果から0.1～0.3と推定

着雪重量: 2.7kg/m
(比重0.1、厚さ8cmに相当)

・破壊順序(推測)

1	2	3
		
側面材座屈	主材座屈	全体崩壊

再発防止対策

【事故発生箇所】

側面材(トリガ-部材)他を強度が高いもの
に取替え(12月26日完了)

【同種箇所】

(検討対象) 当該線路および類似箇所

(実施時期) 検討完了後順次実施

過去の送電設備の雪害被害

昭和55年12月の雪害

被害地域: 東北地方南部の太平洋側

事象の概要: 12月24日、日本の東海上を北上した低気圧の影響により、東北地方南部の太平洋側で大規模な電線着雪事故が発生。宮城県を中心に鉄塔倒壊などが相次ぎ、数日間にわたり停電するなど市民生活に大きな影響を与えた。最大停電戸数: 約61万戸。

設備被害: 送電線の支持物の損壊が143基、配電線の支持物の倒壊等が約12,000本。

電力会社の再発防止対策:

耐雪強化対策(設計強化)

補強設計を実施(着雪量25~50mm)

耐雪強化対策(構造強化)

ねじり防止結構(腕金ベンド下2~3パネル間への水平材取付)

難着雪化対策

電線・地線に難着雪リング、ねじれ防止ダンパを設置

昭和56年1月の雪害

被害地域: 富山市を中心とした平野部

事象の概要: 昭和55年末から1月中旬にかけての豪雪により、送配電系統に被害が断続的に発生。

設備被害: 送電線の支持物の倒壊3基、折損8基、配電線の支持物の倒壊等が約700本。

電力会社の再発防止対策:

耐雪強化対策(設計強化)

補強設計を実施(設計裕度を10%増し)

小サイズ電線を抗張力電線に張替

難着雪化対策

電線・地線に難着雪リングを設置

過去の送電設備の雪害被害

昭和61年3月の雪害

被害地域: 神奈川県県央部の相模川沿い

事象の概要: 3月23日、発達した低気圧の通過に伴う強風と電線着雪により、神奈川県県央部の相模川沿いを中心に雪害事故が発生し、鉄塔損壊・断線などの設備被害と重大な供給支障を生じた。東京電力管内で133万戸。

設備被害: 送電線の支持物が11基損壊(倒壊8基、折損3基)、送電線の断線が31径間。

電力会社の再発防止対策:

耐雪強化対策(設計強化)

湿型着雪:着雪厚さ25～55mm

難着雪化対策

市街地等においては、電線・地線に難着雪リング、カウンターウエイトを設置

技術基準の規定状況(1)

電気設備に関する技術基準を定める省令(抜粋)

(電線等の断線の防止)

第六条 電線、支線、架空地線、弱電流電線等(弱電流電線及び光ファイバケーブルをいう。以下同じ。)その他の電気設備の保安のために施設する線は、通常の使用状態において断線のおそれがないように施設しなければならない。

(支持物の倒壊の防止)

第三十二条 架空電線路又は架空電車線路の支持物の材料及び構造(支線を施設する場合は、当該支線に係るものを含む。)は、その支持物が支持する電線等による引張荷重、風速四十メートル毎秒の風圧荷重及び当該設置場所において通常想定される気象の変化、振動、衝撃その他の外部環境の影響を考慮し、倒壊のおそれがないよう、安全なものでなければならない。ただし、人家が多く連なっている場所に施設する架空電線路にあっては、その施設場所を考慮して施設する場合は、風速四十メートル毎秒の風圧荷重の二分の一の風圧荷重を考慮して施設することができる。

2 特別高圧架空電線路の支持物は、構造上安全なものとする等により連鎖的に倒壊のおそれがないように施設しなければならない。

技術基準の規定状況(2)

電気設備の技術基準の解釈(抜粋)

【特別高圧架空電線路の鉄塔の着雪時荷重等】

第115条 大型河川横断部とその周辺等地形的に異常な着雪が発達しやすい箇所に特別高圧架空電線路を施設する場合、その支持物として使用する鉄塔及びその基礎は、当該箇所の地形等から想定される異常な着雪時の荷重に耐える強度を有すること。

この場合、有効な難着雪化対策を施すことにより着雪時の荷重の低減を考慮することができる。

【特別高圧架空電線路の難着雪化対策】

第122条 特別高圧架空電線路が降雪の多い地域にあって、市街地及びその周辺地域において建造物と第1次接近状態に施設される場合並びに主要地方道以上の規模の道路、横断歩道橋、鉄道又は軌道(以下「主要地方道以上の規模の道路等」という。)と第1次接近状態に施設される場合又は交さる場合において特別高圧架空電線路が主要地方道以上の規模の道路等の上には施設されるときは、難着雪化対策を施すこと。ただし、難着雪化対策と同等以上の効果を有する耐雪強化対策を施す場合は、この限りでない。

技術基準の規定状況(3)

電気設備の技術基準の解釈の解説(概要)

【特別高圧架空電線路の鉄塔の着雪時荷重等】

第115条の解説(概要)

大型河川・・・1級河川及び2級河川

河川横断部の径間長・・・600mを超えるもの

異常な着雪が発達しやすい箇所

地形的に風向が電線と並行する箇所や標高800～1,000m以上の山岳等は除く。

荷重計算の例・・・荷重の算定方法、着雪の想定量、鉄塔強度、基礎の安全率等

難着雪化対策の実績等をもとに着雪時の荷重を低減できる。等

【特別高圧架空電線路の難着雪化対策】

第122条の解説(概要)

降雪の多い地域

概ね沖縄県、鹿児島県、宮崎県、高知県、熊本県の人吉地方及び和歌山県の南端部を除く地域

市街地・・・市街地その他人家の密集した地域

主要地方道以上・・・高速道路、一般国道、2車線以上の都道府県道

難着雪化対策

・難着雪装置の装着(難着雪リング、スパイラルロッド、スペーサ等)

・融雪電流対策

・難着雪型電線

耐雪強化対策・・・想定着雪重量の1.2倍を考慮した鉄塔

安定供給に係る設備形成の考え方

流通設備形成に当たっては、概ね以下の考え方を適用しており、平成17年4月には電気事業法第93条に基づき指定された中立機関(電力系統利用協議会)によるルールとして設備形成ルールが定められ、各社はこれを踏まえた設備形成基準を策定、公表している。

安定供給に係る設備形成の考え方(流通設備)

- ・単一故障(N - 1)に対しては、原則として供給支障が生じないようにする。ただし、その影響が限定的な供給支障はこれを許容するが、基幹系統や需要密度が高いなど供給支障による社会的影響が大きい地域に対しては、N - 1故障の場合において極力供給支障が生じないようにする。
- ・N - 2故障に対しては、稀頻度であることから一部の電源脱落や供給支障は許容する。ただし、供給支障規模が大きく社会的影響が懸念される場合などは、対策を行うよう考慮する。

建設規模は、需要規模、電源開発量、安定化対策の必要性、地域環境への影響、送電損失、用地事情等を検討の上決定。最大送電容量は以下の限度を考慮して決定。

熱容量制約 安定度制約 電圧安定性制約 周波数維持制約

東北電力の「新潟下越地域における大規模停電に係る原因究明について」 に対する評価について(概要)

平成18年2月14日
原子力安全・保安院
電力安全課

本評価は、平成17年12月22日に新潟下越地域を中心として約60万kW(最大供給支障：約65万戸)の停電が発生した事故について、東北電力から提出された報告内容について評価を行ったものである。

1. 停電発生状況

平成17年12月22日の午前8時22分、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。倒木による配電線事故も含めて、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。

2. 停電事故の原因

東北電力の報告によれば、送電線のがいしに塩分を含んだ雪が付着して、送電線を流れる電流が、がいしを通じて地面に流れてしまう地絡事故と雪が付着した電線が強風のため動揺するギャロッピングが発生して電線同士が触れてショートする短絡事故が同時多発的に発生した。こうした状況をもたらしたのは、着雪しやすい温度帯で、強風と降雪が長時間継続するという過去30年間に例のない気象条件であったとしている。

3. 再発防止対策

再発防止対策は、塩雪害対策として当面は、がいしにシリコン塗布を行い、恒久対策としては、154kV以下の送電線のがいしを長幹型と懸垂型の組み合わせとして、短期汚損及び長期汚損の双方に対応することとしている。

ギャロッピング対策としては、ルーズスペーサまたは相間スペーサを取り付けることとしている。その他、電圧降下等の運用面の対策等を行うこととしている。

4. 原子力安全・保安院としての評価

過去に発生したことのない気象状態であったとしても、今回の教訓をふまえ、停電抑止及び早期復旧対策を検討することが必要である。

東北電力の再発防止対策については、現状として概ね妥当なものと判断される。

ただし、これに加えて塩雪害汚損の大きかった地域については、汚損区域の区分を見直す必要があると考える。

また、懸垂がいしやルーズスペーサの取り付けにあたっては、これまでの実績や試験結果を活用するなどにより効果的な取り付けを行うことが重要である。

5. 原子力安全・保安院としての今後の対応

今後、全国的な視野で塩雪害やギャロッピングなどの雪害対策及び過酷な気象条件での設備信頼性の確保などについて検討を行うこととする。

東北電力の「新潟下越地域における大規模停電に係る原因究明について」 に対する評価について(本文)

平成18年2月14日
原子力安全・保安院
電力安全課

本評価は、平成17年12月22日に風雪の影響を受け、東北電力管内の新潟下越地域を中心として約60万kW（最大供給支障：約65万戸）の停電が発生した事故について、東北電力から提出された「新潟下越地域における大規模停電に係る原因究明について（報告）」と報告書内容等について東北電力から聴取した内容をもとに、専門家の意見も聴取したうえで原子力安全・保安院として評価を行ったものである。

1. 停電発生状況の概要

(1) 停電発生時

平成17年12月22日、午前8時17分頃、新潟変電所系統の154kVのA線で3相の内の1相で地絡事故が発生し、その結果として他の2相の電圧が瞬間的に上昇した。その結果、塩分を含む着雪により絶縁が低下していた多くの送電線でほぼ同時に地絡事故が発生し、多重事故となった。このため、新潟市内を中心とした地域が東北電力の他の系統から分離され、新潟火力発電所及び東新潟火力発電所港1号による単独運転状態となり、電圧、周波数が不安定となった。8時22分に両発電所が停止した結果、当該地域で停電が発生した。

(2) 多重事故の発生

東北電力は、地絡事故（送電線を流れる電流が地面に流れてしまう事故）が発生し、遮断された送電線に再度電力の供給を行い、停電を順次復旧していったが、8時40分、154kV西新潟線で再び地絡事故が発生し、それによりまた多重事故となり、さらに広範囲にわたって停電が発生した。その後も遮断された送電線に電力の供給を再開しても、また多重事故が発生するという状況が続いた。

このため、東北電力は、9時9分、新潟市内へ電力供給できる別ルートとなる北新潟変電所を経由して154kV線を接続し、新潟市内への電力供給を行った。ところが、北新潟変電所への送電ルートである275kV北新幹線で10時36分、ギャロッピングによる短絡事故（電線同士が触れてショートする事故）が発生し遮断されたため、再び新潟市内を中心とした地域で停電が発生した。

その後も遮断された送電線に電力の供給をしては多重事故が発生するという状況が15時35分まで続いた。

(3) 停電の復旧

復旧は、15時38分に154kV西新潟線1号を復旧させ、その後西新潟線1号

に事故が発生せず、順次停電を復旧させている。また、17時過ぎには北新幹線のギャロッピングが収まってきたことから、北新潟変電所からの迂回受電も行うようにして系統の安定化を図っている。

一方、荒川変電所と村上変電所をつなぐ66kV村上線が17時頃、地絡事故により送電停止したため、村上市を中心とした地域で停電が発生した。また、阿賀町などでは、積雪による倒木で配電線事故も発生していた。村上線については、がいしに付着した氷雪を落とす作業を続け、翌日の12月23日午前3時50分頃復旧した。阿賀町などの停電については、23日に復旧作業を続け、午後3時10分に全ての地域の停電が解消した。

2. 東北電力による原因の究明及び再発防止策の概要

(1) 原因の究明

東北電力による原因調査によれば、12月22日は、明け方から新潟地方に強い風と雪が長時間にわたって続き、気温が、降った雪が着雪しやすい摂氏0度から2度の間であった。この結果、一部海塩粒子を含む雪が電線やがいしに付着し、塩雪害やギャロッピングを発生させたことが原因としている。また、このような気象条件は過去30年間に発生したことはなく、送電設備に過去に経験のない過酷な気象条件であったとしている。

(2) 再発防止対策

塩雪害対策として、当面はがいしにシリコーン塗布を行い、さらに平成19年11月を目途に、154kV以下の送電線のがいしを長幹型と懸垂型の組み合わせとして、短期汚損及び長期汚損の双方に対応することとしている。

ギャロッピング対策としては、多導体の275kV送電線については、平成18年11月を目途に、スペーサをルーズスペーサに取り替えるとともに、154kV以下の送電線については、相間スペーサを取り付けることとしている。

また、暴風雪が予想される際に、塩雪害による地絡事故の発生を抑制するため、送電電圧を下げる運用を行うこととしている。

さらに、現在は通常接続していない北新潟変電所の275kV線と154kV線を常時接続することにより、系統の多重性を強化することとしている。

3. 東北電力の報告に対する原子力安全・保安院の評価

(1) 停電の原因

当日の気象条件

東北電力は、新潟気象台の過去30年のデータを用いて分析した結果、事故当日の風速、降雪量及び気温の組合せが過去に例がないものであったとしている。このような特異な気象条件により、これまで経験のない事故になったと考えられる。

しかしながら、今回の教訓を踏まえ、雪害対策を強化することが必要である。

がいしへの塩雪害

事故発生時に、送電線で相間短絡と地絡事故が検出されている。地絡事故に関しては、送電設備に付着している雪及び地上に積雪している雪をサンプルとして77検体

を採取し、密度、塩分量、導電率及び塩素イオン濃度を調査しており、調査項目としては、適当なものと判断できる。

着雪した雪の分析結果から、当日の地絡の事故原因は、雪に含まれる塩分が原因であり、その塩分は海から運ばれた海塩と判断している。東北電力が塩雪害を判断するにあたっては、過去の研究文献（電力中央研究所報告）から比較検証しており、塩雪害を推定する根拠として妥当なものと判断される。

ギャロッピング現象

今回ギャロッピングによる事故の発生した送電線については、事故発生当日、ギャロッピングが現場で確認されているものがあり、その後の調査でも相間短絡を発生した地点でアーク痕や素線切れを発見していることから、ギャロッピングによる相間短絡が発生したことが認められる。

(2)再発防止対策

設備面の対策

a. 塩雪害対策

イ. 過去の事故実績

事故が発生した既存の送電設備は、昭和2年から昭和60年までに運用開始されたものであるが、現在までに今回のような塩雪害による停電事故を発生したことはない。

ロ. 既存設備の塩害対策

塩などによる汚損区域を6段階（A（汚損度少ない）からF（汚損度が多い））に分け、汚損区域に応じたがいしを使用している。汚損区域の区分は、変電所等に設置したパイロットがいしの汚損状況に応じて定めている。

ハ. 今回の塩雪害の状況

今回の塩雪害は、中汚損区域として管理していたC、Dランクの区域で多くの塩雪害が発生している。通常沿岸区域から内陸部に向かうに従い塩汚損は少なくなっていくが、今回の場合、C、Dランクに位置する送電線での被害が多発しており、沿岸部よりもむしろ内陸に位置する新潟変電所近辺での塩分濃度が高くなっている。この理由としては、強風に乗って飛ばされた海塩粒子が、新潟変電所の後背に位置する五泉の菅名岳を含む山脈に遮られ、降雪する雪に含まれ降ったためと東北電力では分析している。

二. 今後の対策

i) 懸垂がいしの使用

東北電力では、過去に長期間に累積した汚損による塩害に対する対策として、154kV以下の送電線には長幹がいし（注1）を使用してきた。しかしながら、今回の場合は、がいしに短時間の間に雪が付着して固結したことが大きな要因になっている。そのため、東北電力では、事故が発生した送電線については、2回線のうち1回線を懸垂がいし（注2）に交換する対策をとることとしている。

東北電力が2種類のがいしを併用して、種々の気象条件に柔軟に対応できる送電設備対策を行うことは、現状の考えられる対策として有効な措置と考えられる。

ii)汚損区分の見直し

今回従来の汚損区域の区分では汚損が少ないとされていた地域で汚損が大きかった。東北電力の対策には記載されていないが、こうした地域について汚損区域の区分を見直すことが必要である。

iii)がいしの笠の形状及び長さ

東北電力は、懸垂がいしの使用にあたって、どのタイプの笠を使用し、長さをどの程度にするかについては、現在行っている実証試験の結果をふまえて使用することとしている。実証試験の結果に加えて、汚損区域の区分見直しの結果もふまえることが必要である。

iv)当面の対策としてのシリコーン塗布

がいしを交換するまでの間の当面の対策として、がいしにシリコーン塗布を行い塩雪害防止対策とする措置は、今冬の対策としては適当な対処と判断できる。

(注1)長幹がいし

複数の笠を一体として作られたがいし。雨による洗浄効果が高く、長期汚損に対して絶縁を確保し易い特長がある。

(注2)懸垂がいし

独立した一つ一つのがいしを連結して使用するがいし。がいしの笠ひだが大きく連結部の径が小さいため、長幹がいしよりも短時間の雪の付着に対して絶縁を確保し易い性質をもっている。

b.ギャロッピング対策

イ.過去の事故実績

これまで、風の流れが平滑となる平野部や谷間の風速の強まる地点を中心としてギャロッピングが発生した事例があり、発生した箇所及び類似箇所について対策が講じられてきた。

ロ.対策実施状況

新潟県下では、154kVの送電線について約45%の区間(東北電力管内全域の平均は約30%)、66kVの送電線について約61%の区間(東北電力管内全域の平均は約34%)で設置されている。

275kV以上の超高压送電線では、電線間の距離が約10メートル程度離れているため、従来のタイプの相間スペーサでは、寸法、重量が大きくなり、電線や鉄塔に与える影響も大きくなり、使用できない。このため、近年開発されたシリコーンゴムなどを使用した軽量タイプの相間スペーサやルーズスペーサを使用し始めたところである。

八.今後の対策

i)相間スペーサの設置

相間スペーサは、相間の電線を物理的に接触しないようにするものであり、単導体電線では最も効果のある方法である。154kV以下の単導体の電線への相間スペーサを取り付ける東北電力の対策は、過去からの実績もあり、ギャロッピング対策として、最も有効な手段として評価できる。

ii) ルーズスペーサの設置

ルーズスペーサは、多導体電線に取り付けられている通常のスペーサをルーズスペーサタイプのもので交換するものであり、電線や鉄塔に与える悪影響はほとんどなく、他の電力会社でも使用実績が増えつつある。今回もルーズスペーサを設置していた箇所についてはギャロッピングによる短絡が発生した痕跡はなかった。

一方、275kV以上の超高压の送電線向けに近年開発されたシリコンゴムなどを使用した軽量タイプの相間スペーサは、まだ試験的に一部使用されている状況にあり、大量に取り付けた場合に電線や鉄塔に与える影響は十分に確認できているとはいえない。

こうした状況において、東北電力が、比較的広範囲にわたって対策を講じるために、ルーズスペーサの取り付けを選択したことは妥当なものと判断できる。

ただし、ルーズスペーサの取り付けにあたっては、これまでの実績や試験結果を活用するなどにより効果的な取り付けを行うことが重要である。

運用面の対策

a. 北新潟変電所の送電系統運用の変更

新潟下越地域への電力供給は、主として新潟変電所を用いて3ルートの送電経路としていたが、今後は、北新潟変電所からの送電ルートも常時確保する系統運用とする対策としており、系統運用の強化という観点で評価できる。

b. 気象情報および観測データを活用した電圧低め運転

気象情報及び観測データを利用した電圧低め運転についても今後の対策強化という観点では評価できる。

なお、今回のような気象条件で地絡事故が発生した場合、暴風雪の中で現場での復旧作業ができない状況となることが考えられ、実施できる復旧対応としては、電圧降下が最も効果があると考えられる。需要家の設備や送変電設備等から下げられる電圧に限界はあるものの、需要家への対応を適切に行いつつ、さらに電圧を下げることも検討することが適当である。

体制面の対策

以上の対策が完了するまでの間については、暴風雪警報が発令された場合、予防巡視や停電発生時の即応体制の強化を実施することについても適当な措置と評価できる。

4. 原子力安全・保安院としての今後の対応

今回起きた停電事故は、着雪適温帯で降雪量も多く、かつ長時間にわたって強風が吹き続けたという条件下で、塩雪害及びギャロッピングが発生したことが原因であるが、この問題は必ずしも新潟下越地域に限ったことではない。また、他の地域でも大雪による電力供給設備の被害が生じている。

このため、原子力安全・保安院として、今後、全国的な視野で塩雪害やギャロッピングなどの雪害対策及び過酷な気象条件での設備信頼性の確保などについて検討を行うこととする。