

## 66kV 幌別線 29 鉄塔倒壊について

昨年 11 月 27 日に発生しました暴風雪による長時間停電により、お客さまには大変ご迷惑をお掛けしました。改めてお詫び申し上げます。

同日発生しました 66kV 幌別線 29 鉄塔倒壊については、12 月 3 日北海道産業保安監督部より「電気事業法第 106 条第 3 項の規定に基づく報告の徴収について」が発出され、下記の(1)～(4)について報告するように指示されました。本日、下記(2)～(4)について北海道産業保安監督部へ報告書を提出しました((1)は 12 月 10 日に提出済み)。

以下に概要について報告いたします。

- (1) 今冬における再発防止策及びその実施計画
- (2) 倒壊した送電鉄塔に関する建設当時の技術基準への適合状況の確認に関する事項
- (3) 送電鉄塔の倒壊に関する原因分析
- (4) (3)を踏まえた再発防止策及びその実施計画

### 【報告書まとめ】

#### 「(2) 倒壊した送電鉄塔に関する建設当時の技術基準への適合状況」について

今回倒壊した鉄塔について、建設当時の電気設備の技術基準(以下、技術基準)への適合状況について改めて検討した結果、鉄塔の部材強度や基礎支持力・強度の不足がないことを確認した。また、倒壊前に実施した巡視・点検の結果、倒壊後に行った材料試験の結果についても問題はなく、建設当時の技術基準に適合していたことを確認した。

以上より、建設当時の技術基準に適合するように維持されていたことを確認するとともに、倒壊の原因は経年劣化ではないことも確認した。

#### 「(3) 送電鉄塔の倒壊に関する原因分析」について

鉄塔倒壊箇所では、午前 4 時から 7 時の間に、着雪が発達しやすい気温帯での集中的な降雪と平均風速 10 m/s～20 m/s の風が継続する気象条件となり、電線に大きく着雪が発達した。

28～29 間の送電線は、風向が直交していたため、上記のような大きく着雪が発達した反面、29～30 間の送電線は、主に捻れ防止ダンパによるものと考えられる低減効果により、着雪量が 28～29 間の 50%程度以下に低減され、29 鉄塔には着雪量のアンバランスが生じ、過大な張力差が発生した。

その後、当該箇所は、北西側のダム湖や西側の山岳地帯、南東方向の開放地形などの影響から、西北西方向に風向が変わると風が増速する特異な地形であったため、鉄塔倒壊箇所の平均風速が 20 m/s 以上の強風になった。

以上の 3 つの条件が重なったことにより、鉄塔に大きな荷重が加わり、発生する応力が材料強度を超過し、鉄塔倒壊に至ったものと推定した。

電線に大きく着雪が発達する気象条件と、風向と地形の影響による平均風速 20 m/s 以上の強風が重畳した特異な気象状況下だったことが主因と推定される。

なお、今回の鉄塔倒壊は、当該箇所において、今回のような 3 つの条件が重なる事象がこれまでになかったこと、全道においても同種の事象がなかったこと、他社でも同種の事象がなかったことから、知見が無く、事前に推定できない事象であった。

## 「(4)(3)を踏まえた再発防止策及びその実施計画」について

### 【再発防止策について】

#### 倒壊箇所

- ・ 着雪量のアンバランス発生を防ぐことにより鉄塔の倒壊を防止できるため、28～29の径間に捻れ防止ダンパ取付けを行う（29～30間は捻れ防止ダンパを既に取付け済み）。
- ・ 本復旧にあたっては、現在の技術基準および当社の着雪設計を満たす鉄塔・基礎に建替える。

#### その他箇所

今回と同様な設備を抽出し、捻れ防止ダンパの取付けを行う。

### 【再発防止策の実施計画について】

倒壊箇所については平成25年5月末、その他箇所については平成25年11月初旬を目途に対策する（対象箇所は51基・82径間）。

## 1. 鉄塔倒壊の概要（発生状況と復旧状況）

11月27日未明より発達した低気圧が北海道内を北東に移動，室蘭地方で西よりの風が強くなるとともに，雨が湿った雪となり猛吹雪となりました。当日の室蘭地方気象台では，最大風速 29.9メートル【冬期間（11月～4月）第2位】，最大瞬間風速 39.7メートル【冬期間第1位】を観測し，登別アメダスにおいても，最大風速 12.4メートル【冬期間第6位】，最大瞬間風速 24.2メートル【冬期間第1位】を観測しました。この気象状況下で，66kV 幌別線 29 鉄塔 1 基が倒壊しました。鉄塔倒壊後の復旧状況は表 1 のとおりです。

表 1 鉄塔倒壊の経緯

月 日	時間	経緯	備考
11月27日	7:40	幌別線 1 号線・2 号線事故 登別方面停電発生	
11月30日	4:20	幌別線 1 号線 仮設復旧作業終了	
	10:38	仮設 1 号線 により停電解消	
12月11日	16:46	幌別線 2 号線 仮設復旧作業終了	2 回線供給確保

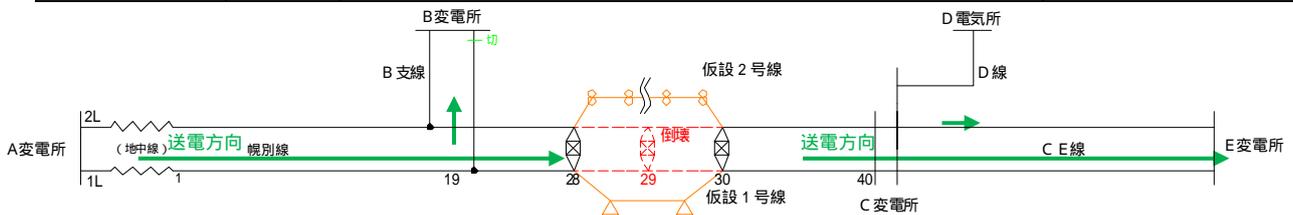


図 1 送電系統図

## 2. 鉄塔倒壊箇所および前後設備の概要

### (1) 設備概要

鉄塔倒壊箇所と近隣の状況および送電設備概要を以下に示します。

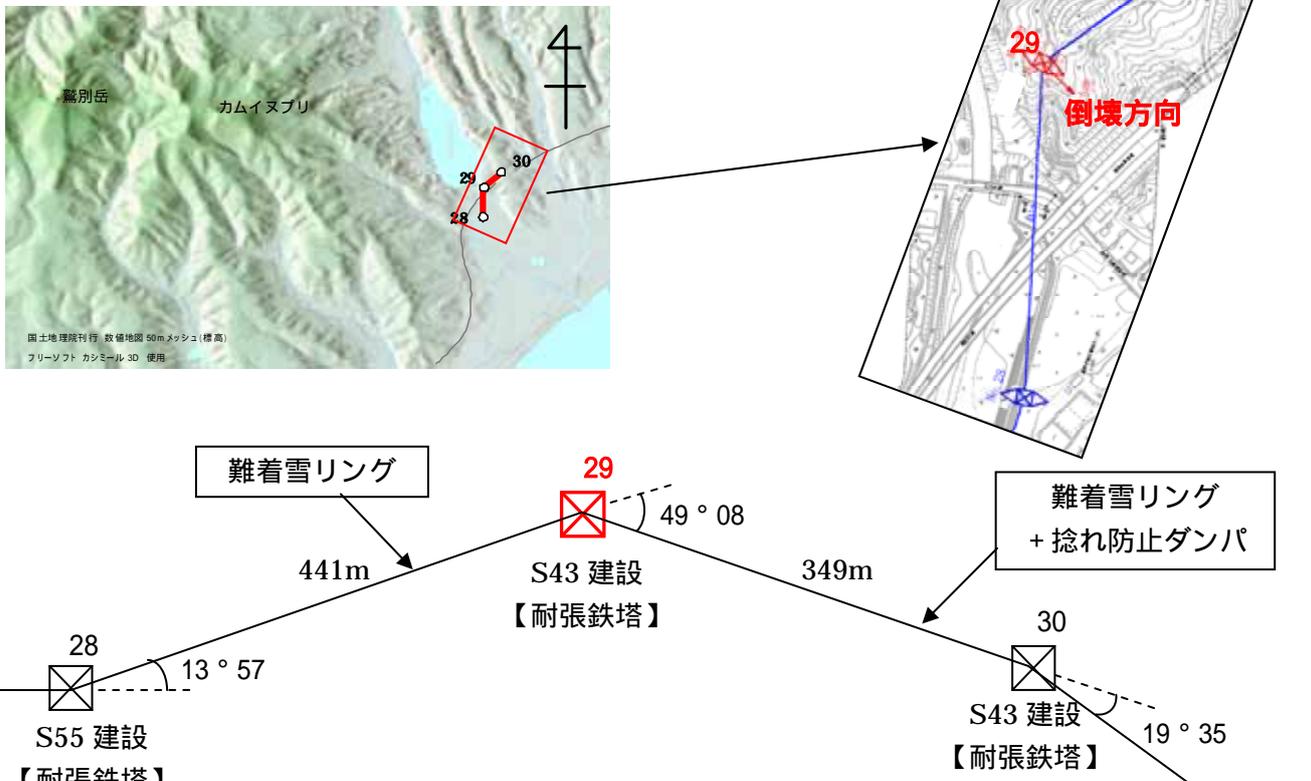


図 2 鉄塔倒壊箇所近隣の状況図（付近全体・平面図・設備概要）

(2) 隣接径間の状況

- ・ 28～ 29 間は高速道路を横断しており，電線の地上高は高い状況（25m）となっていました。
- ・ 29～ 30 間は，稜線（尾根）の南側斜面で谷間地形を通過し，尾根には電線より高い樹木がありました。

3. 設備損傷状況

設備の損傷状況は図3のとおりです。（架空地線・電力線は断線していませんでした。）

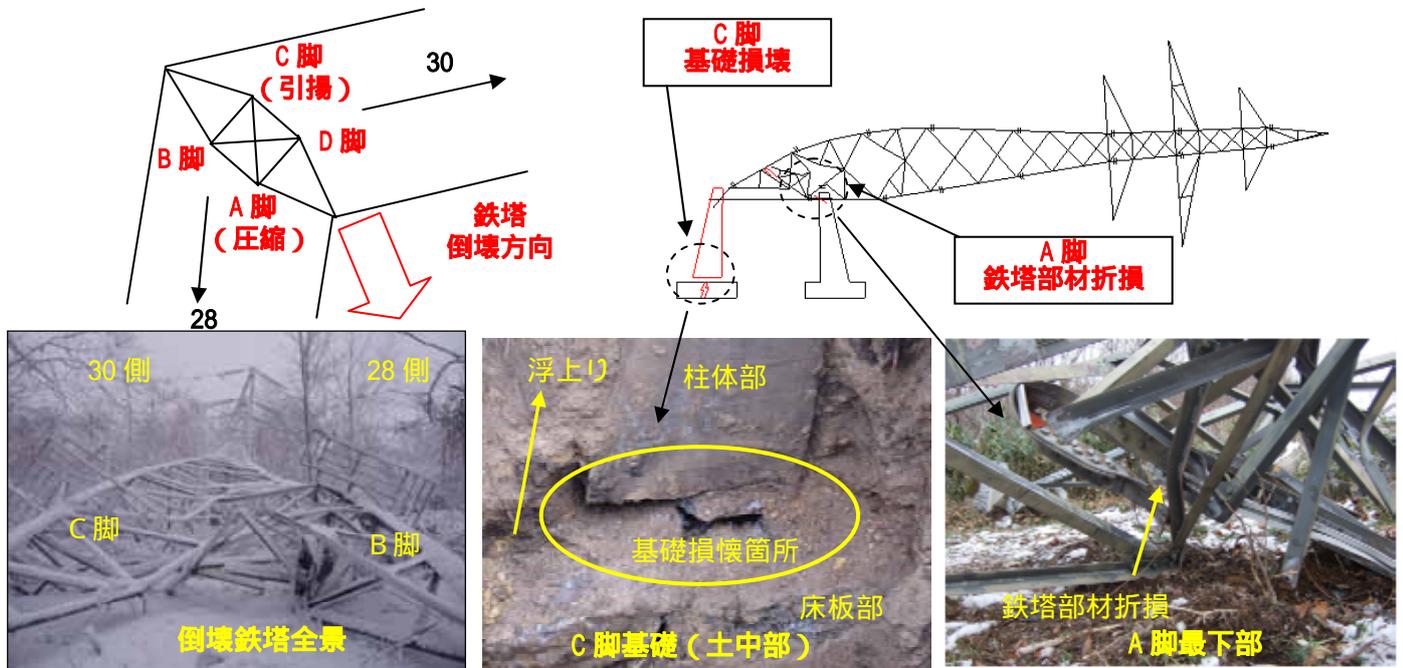


図3 設備損傷状況図および写真

4. 電線着雪状況

[ 28～ 29 間 ]

- ・ 径間中央付近における架空地線の着雪の太さは最大で 120mm, 電力線の着雪の太さは最大で 100mm 程度であり，着雪の密度はいずれも 0.6 g/cm<sup>3</sup> でした。

[ 29～ 30 間 ]

- ・ 鉄塔が倒壊したため電線が樹木の中に入り込み着雪量の実測が出来ませんでした。
- ・ 捻れ防止ダンパから離れた箇所において筒状の着雪がありましたが，捻れ防止ダンパ付近における着雪量は他箇所より減少していました。
- ・ 作業員への聞き取りなどにより，径間内の着雪量は全体に一樣な着雪があった場合の約 50%程度と想定されますが，後述する鉄塔強度の検証により着雪量を改めて推定します。

以上から，28～ 29 間と 29～ 30 間では，着雪量に差（着雪量のアンバランス）が生じていたと推定しました。



図4 着雪状況写真【 28～29 間の筒雪および 29～30 間ダンパ付近】

5. 鉄塔倒壊時の気象状況

気象官署（室蘭地方气象台）の観測データは図5のとおりです。

現地の気象を観測する機器がなかったことから、鉄塔倒壊箇所の局所的な風速・風向を推定するため、(一財)電力中央研究所による気流シミュレーションを実施しました(図6)。

気象官署の観測データと気流シミュレーションの結果により、現地の気象を表2のとおりと推定しました。

表2 推定気象状況

時刻	推定気象状況
0時00分 ～ 4時00分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低気圧が発達しながら胆振地方を通過</li> <li>・寒気流入とともに気温が徐々に低下</li> </ul>
4時00分 ～ 7時30分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・観測データより0 付近の着雪に適した気温帯で集中的な降雪が継続</li> <li>・気流シミュレーションによる鉄塔倒壊箇所の風速は 10m/s～20m/s 程度</li> </ul> <p>この時間帯に電線に大きな着雪が急激に発達したと推定しました。</p>
7時30分 ～ 7時40分 (鉄塔倒壊時刻)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気流シミュレーションによる鉄塔倒壊箇所の風速は、北西側のダム湖や西側の山岳地帯、南東の開放地形など、特異な地形により増速</li> <li>・気流シミュレーションは室蘭地方气象台の風向・風速を入力条件としており、7時30分には室蘭地方气象台の風向が西北西に変化したことから、地形の影響で現地の風速が 20m/s 以上（西北西）に増速</li> </ul> <p>電線に着雪が発達した後、風向と地形の影響から 20m/s 以上の強風になったと推定しました。</p>

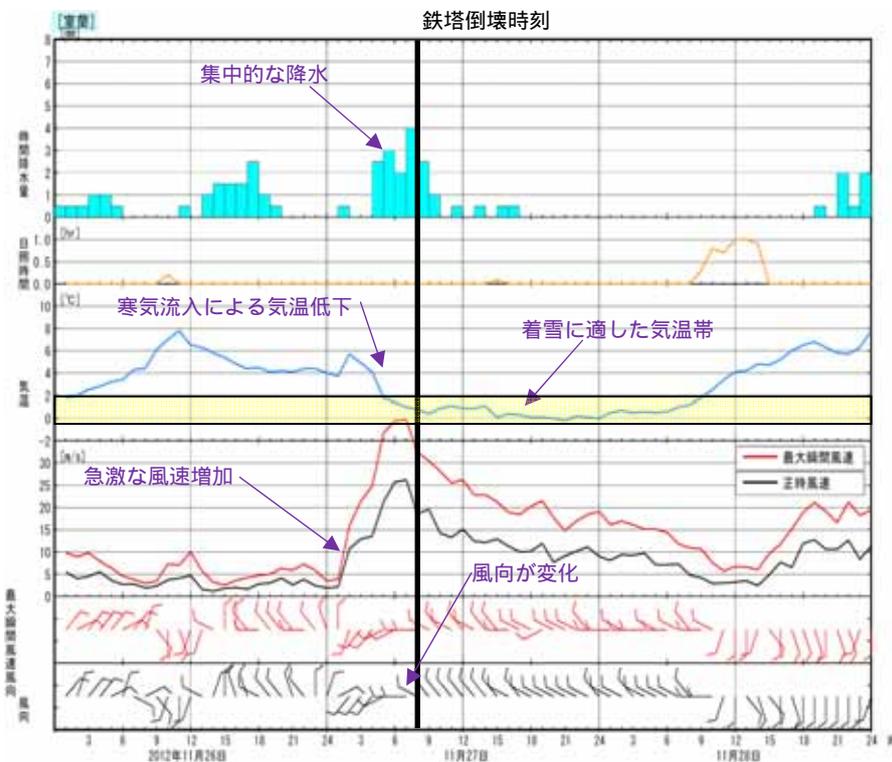


図5 室蘭地方气象台の気象データ

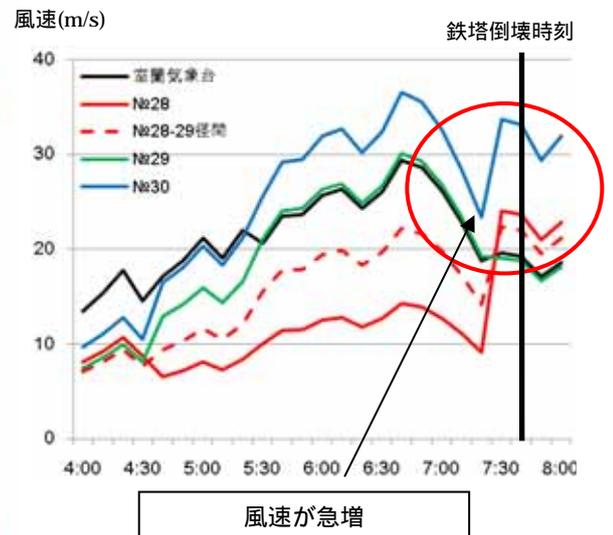


図6 気流シミュレーション結果 (時系列)

## 6. 倒壊した鉄塔の強度検証結果

### (1) 電気設備の技術基準への適合確認結果

- 倒壊した 29 鉄塔は昭和 43 年に建設され、北海道縦貫自動車道の建設に伴う 28 鉄塔の移設建替により、昭和 55 年に設計荷重条件が変更となりました。
- 建設当時および移設建替時の基準である技術基準（昭和 40 年制定および昭和 52 年改正）への適合状況について、改めて同基準の条件で強度検討を行った結果、鉄塔および基礎に強度不足が無いことを確認しました。
- 過去の保守状況を確認した結果、至近の巡視・点検では、異常は確認されておらず、設備は健全でありました。
- 材料の強度試験を実施した結果、鉄塔の材料および基礎のコンクリートが所定の強度を有しており、経年劣化による強度の低下がなかったことを確認しました。

以上より、倒壊までは建設当時の技術基準に適合するように維持されていたことを確認するとともに、倒壊の原因は経年劣化ではないことも確認しました。

表 3 電気設備の技術基準による設計条件

条件名	設計条件
高温季条件	気温：5 ， 風速：40m/s
低温季条件	気温：-30 ， 風速：28.28m/s ， 被氷厚：6mm ， 密度：0.9g/cm <sup>3</sup>

### (2) 鉄塔倒壊時の推定気象条件における鉄塔強度検証結果

現地気象条件の推定結果(表 2)に基づき、当該鉄塔の強度検証を行いました。なお、29～30 間の着雪量について、現地における測定が出来なかったことから、当該径間の着雪量と、風速および風向を変化させた場合の鉄塔強度を確認しました。

その結果、鉄塔倒壊に至る条件として、次の事項を確認しました。

- 29～30 間の着雪量が 28～29 間の 50% 以下のアンバランスとなる条件、かつ風速が 22m/s (鉄塔倒壊時刻 7 時 40 分における気流シミュレーション解析値) の条件において、A 脚鉄塔部材と C 脚基礎が強度不足となります。

## 7. 鉄塔倒壊のメカニズム

電線着雪状況および鉄塔倒壊時の気象条件における鉄塔強度の検証結果から、鉄塔倒壊のメカニズムは次のとおりと推定しました。

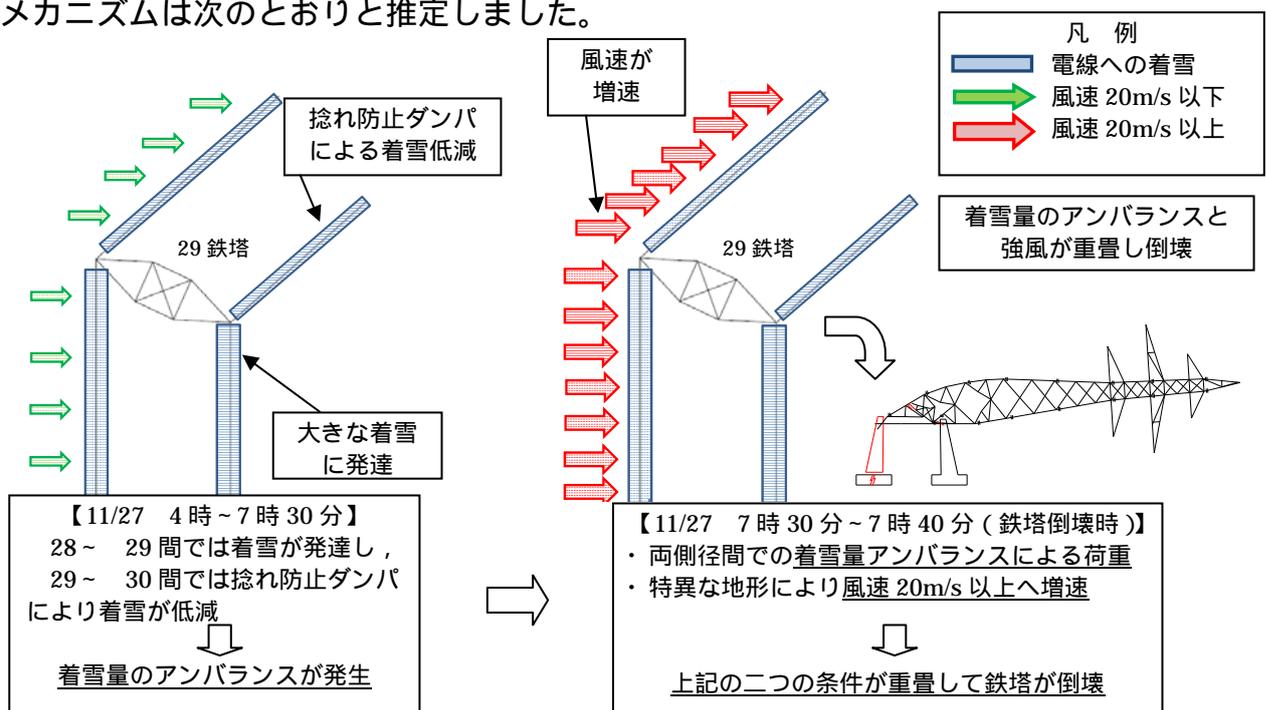


図 7 鉄塔倒壊のメカニズム

## 8. 鉄塔倒壊原因（まとめ）

項目	原因
気象状況	0 付近の気温帯での集中的な降雪と風速 10m/s～20m/s の風により電線に大きな着雪が発達しました。
着雪量	28～29 間の着雪量と 29～30 間の着雪量の差によりアンバランスが発生しました。
風向・風速	風向は 28～29 間にほぼ直交であり、鉄塔倒壊時の風速は特異な地形の影響により 20m/s 以上の強風になりました。

以上の3つの条件が重なったことにより、鉄塔に大きな荷重が加わり、材料（鉄塔を構成する鋼材と基礎体）が強度不足となり、鉄塔倒壊に至ったものと推定しました。

電線に大きく着雪が発達する気象条件と、風向と地形の影響による平均風速 20m/s 以上の強風が重畳した特異な気象状況下だったことが主因と推定されます。

なお、今回の鉄塔倒壊は、当該箇所において今回のような3つの条件が重なる事象がこれまでになかったこと、全道においても同種の事象がなかったこと、他社でも同種の事象がなかったことから、知見が無く、事前に推定できない事象でした。

## 9. 当社の着雪対策の経緯

- ・ 1972年に発生した電線着雪による稚内線での鉄塔倒壊を踏まえ、自主保安として当社着雪設計を取り入れ、1973年以降の鉄塔設計に反映してきました。
- ・ 電線着雪を防止する対策品の研究開発を進めた結果、全国大で難着雪化対策として用いられている、難着雪リングや捻れ防止ダンパを電線メーカーと共同で開発しました。
- ・ 1972年以前に設計された既設の鉄塔については、1990年頃までに必要箇所全ての送電線に難着雪リングの取り付けを行いました。
- ・ 地域の気象状況、付近の着雪事故の有無、ギャロッピングや電線動揺の発生リスクなどを勘案しながら必要箇所に捻れ防止ダンパを設置するなど、難着雪化を進めてきました。

## 10. 再発防止策

鉄塔倒壊原因の推定結果および当社の着雪における取り組みを踏まえ、同種事象発生の再発防止策を下記のとおり実施します。

なお、今回同様の着雪が発達する気象条件と、20m/s以上の強風が重畳する条件について過去20年間の気象データを分析した結果、北海道内では5回発生していました（いずれも鉄塔倒壊などの重大事故には至っておりません）。一方で、本州の降雪地帯では一度も発生していないことが確認されたことから、今回の事象は北海道特有の気象条件下で発生したと考えられます。

対策箇所	対策内容
鉄塔倒壊箇所 (幌別線 28 ～ 30 間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 着雪量のアンバランス発生を防ぐことにより鉄塔の倒壊を防止できるため、29鉄塔の両側径間に捻れ防止ダンパの取付けを行います。</li> <li>・ 技術基準(平成23年)を満たし、かつ当社着雪設計の条件を満たす鉄塔に建て替えます。なお、同技術基準を満たした鉄塔は、今回の鉄塔倒壊原因の荷重条件に対して十分な強度を有していること、また、当社着雪設計を満たした鉄塔についても同じく強度を有していることを確認済みです。</li> </ul>
その他箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以下の条件が重なっている鉄塔に対し、両側径間に捻れ防止ダンパを取り付けます。 1972年以前に建設された鉄塔 片側径間のみ捻れ防止ダンパを取り付けている鉄塔 なお、着雪量のアンバランス解消時には、鉄塔および基礎の強度不足箇所がないことを確認済 耐張鉄塔</li> </ul>

【再発防止策の実施計画】

鉄塔倒壊箇所の本復旧（鉄塔建替）は，5月末を目途で実施するとともに，その他箇所の対策については11月初旬を目途とします。なお，その他箇所の対象箇所は51基（82径間）です。

項 目		平成 25 年								
		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
鉄塔倒壊 箇所	本復旧	■								
	捻れ防止 ダンパ取付	■								
その他 箇所	捻れ防止 ダンパ取付	■								

再発防止策につきましては，可能な限り早期に完了させるべく取り組むとともに，引き続き，今回の知見を活かして電力の安定供給に努めて参ります。

以上