

RA2013-6

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 四国旅客鉄道株式会社 予讃線 高野川駅～伊予上灘駅間 列車脱線事故

II 東日本旅客鉄道株式会社 信越線 鯨波駅構内 列車火災事故

III 富山地方鉄道株式会社 上滝線 小杉駅～上堀駅間 列車脱線事故

平成25年 7 月 26 日

本報告書の調査は、鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

II 東日本旅客鉄道株式会社 信越線 鯨波駅構内
列車火災事故

鉄道事故等調査報告書の訂正について

標記について、下記正誤表のとおり訂正します。

記

鉄道事故調査報告書（RA2013-6）（公表年月日：平成25年7月26日）

鉄道事業者名：東日本旅客鉄道株式会社

事故種類：列車火災事故

発生日時：平成24年4月4日 9時55分ごろ

発生場所：新潟県柏崎市

信越線 ^{くじらなみ} 鯨波駅構内

正 誤 表				
訂正箇所：7頁 表1 運転状況記録装置の記録				
正	時刻	速度 (km/h)	走行距離 (m)	備考
	9:55:10	19.1	32,449	記録開始
	9:55:15	18.8	32,472	柏崎変電所1.1H遮断（2回目）
	9:55:30	17.1	32,549	非常ブレーキ使用
	9:55:34	0.0	32,567	列車停止
誤	時刻	速度 (km/h)	走行距離 (m)	備考
	9:55:10	19.1	32,449	記録開始
	9:55:15	18.8	32,472	柏崎変電所1.3H遮断（2回目）
	9:55:30	17.1	32,549	非常ブレーキ使用
	9:55:34	0.0	32,567	列車停止

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：東日本旅客鉄道株式会社

事故種類：列車火災事故

発生日時：平成24年4月4日 9時55分ごろ

発生場所：新潟県柏崎市

信越線 鯨波^{くじらなみ}駅構内

平成25年7月8日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	後藤昇弘
委員	松本陽（部会長）
委員	小豆澤照男
委員	石川敏行
委員	富井規雄
委員	岡村美好

要旨

<概要>

東日本旅客鉄道株式会社の直江津駅発長岡駅行き下り普通第1329M列車（3両編成）の運転士は、平成24年4月4日9時55分ごろ、青海川駅～鯨波駅間を強風による速度規制のため速度約20km/hで運転中、鯨波トンネルを出た後に異音及び架線停電を2回繰り返したのに気付いた。同乗していた運転士らが後方を確認したところ、2両目前寄りパンタグラフ付近から火炎を認めたため、運転士は非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

2両目車両は、パンタグラフ付近の屋根及び天井が燃焼していたため、消火器を使用して消火活動を行ったが消えなかった。その後、消防が消火活動をして鎮火した。

列車には、乗客41名及び乗務員等6名が乗車していたが、死傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、列車のパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台において、地絡によ

りパンタグラフあるいはパンタグラフ取付台から屋根外板へアーク放電が発生した可能性が考えられ、これにより、火災が発生したものと考えられる。

地絡が発生した原因については、海からの断続的な強風により飛来塩分及び波しぶきがパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台等に付着し、海塩汚損が保たれたまま湿潤状態になったことから、絶縁抵抗が低下し、パンタグラフ取付台と屋根外板の間に電流経路が形成された可能性があると考えられる。

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

東日本旅客鉄道株式会社の直江津駅発長岡駅行き下り普通第1329M列車（3両編成）の運転士は、平成24年4月4日（水）9時55分ごろ、青海川駅～鯨波駅間を強風による速度規制のため速度約20km/hで運転中、鯨波トンネルを出た後に異音及び架線停電を2回繰り返したのに気付いた。同乗していた運転士らが後方（車両は前から数え、前後左右は進行方向を基準とする。）を確認したところ、2両目前寄りパンタグラフ付近から火炎を認めたため、運転士は非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

2両目車両は、パンタグラフ付近の屋根及び天井が燃焼していたため、消火器を使用して消火活動を行ったが消えなかった。その後、消防が消火活動をして鎮火した。

列車には、乗客41名及び乗務員等6名が乗車していたが、死傷者はいなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成24年4月4日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2名の鉄道事故調査官を指名した。

北陸信越運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成24年4月4日	現場調査
平成24年4月5日	車両調査、口述聴取
平成24年5月16日	車両調査

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 運行の経過

2.1.1 乗務員等の口述

事故に至るまでの経過は、東日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の第1329M列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」と

いう。)、本件運転士の指導のために添乗していた運転士(以下「指導運転士」という。)、車掌(以下「本件車掌」という。))及び改札業務のために乗務していた車掌(以下「特改車掌」という。))の口述、並びに車両に搭載された運転状況記録装置の記録によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

事故当日は6時33分に出勤し、本件列車の車両を直江津運輸区から出区させるための出区点検を行った際、地上の高さから在姿状態にてパンタグラフを目視で確認したが異常は認められなかった。直江津運輸区から柿崎駅までの区間は、2両目(以下「本件車両」という。))前寄りのNo.1パンタグラフ(以下「本件パンタグラフ」という。))のみを使用して運転した。

輸送指令より、直江津駅～黒井駅間、柿崎駅～笠島駅間、青海川駅～鯨波駅間及び来迎寺駅～宮内駅間においては、強風時の運転規制(以下「風規制」という。))のため速度を25km/h以下に規制して運転するよう通告を受けていた。

上下浜駅～柿崎駅間で、線路上に木の枝が落ちていたため非常ブレーキを使用して停止したが、枝に接触した際に衝撃を感じた。柿崎駅停車中に車両の確認をしたが、異常は認められなかった。しかし、宙に舞い上がったような感じではなかったため、パンタグラフは確認していない。

柿崎駅からは風規制により速度25km/h以下で運転をしていたが、波しぶきがレールにかかっており、車輪の空転が激しく速度も出ない状態だった。また、海の近くになると強風により、架線電圧計が50～100V程度の範囲で降下側に振れることが多少あったため、指導運転士の指示により、笠島駅からは本件車両後寄りのNo.2パンタグラフも併用することにした。

青海川駅を出発して力行1ノッチに入れたが、レールが錆びていたことから、海塩の影響によると思われる車輪の空転が生じていたため、青海川トンネル内は上り勾配のため力行1ノッチとノッチオフを繰り返して運転した。青海川トンネルを出ると下り勾配になるのでブレーキを使用し、鯨波トンネルの手前で上り勾配となるため力行1ノッチとブレーキを併用して速度25km/h以下で運転していた。

鯨波トンネル入口(直江津駅起点31k860m、以下「直江津駅起点」は省略。))の手前で三相表示灯^{*1}が点灯しノッチオフしたが、架線電圧は所定であったのでパンタグラフが離線したと思った。点灯から20秒～30秒経過して鯨波トンネルを出る頃に三相表示灯が消灯したが、鯨波トンネルを

^{*1} 「三相表示灯」とは、室内灯や空調装置などの機器の電源となっている三相交流が、編成の各車両に給電されていないことを示す表示灯をいう。補助電源装置が停止状態の時に点灯する。

出た辺りで「ボン」という異音を感知し、三相表示灯が再度点灯して架線電圧が0Vとなった。走行速度は約20km/hで下り勾配のためブレーキを使用していた。おかしいなと感じたが、指導運転士が後方を確認したところ「特に異常はないようなのでプラットホームに入って止まろう」というようなことを言ったので、鯨波駅まで行って確認しようと思った。

しばらくして、架線電圧が戻ったが、1,000V程度しかなく、その後すぐに、再度「ボン」という異音を感知して三相表示灯が点灯し、架線電圧が0Vとなった。このとき、便乗運転士（直江津駅から乗車）が助手席側（右側）から後方を確認したところ、「パンタグラフ付近から火が出ているから止めろ、パンタグラフを下ろせ」と指示されたので、鯨波駅に進入する直前で非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後、パンタグラフを下げる操作を行ったが、架線電圧計が下がらなかった。プラットホームに降りて確認したところ、No.2パンタグラフは降下していたが本件パンタグラフは上がったままだった。また、停止してすぐに列車防護無線^{*2}の警報が聞こえてきたが、自らも発報した。

プラットホームに降りて確認したところ、本件パンタグラフ付近の屋根上からだいぶ火が出ている状況だったので危ないと思った。手ブレーキを扱った後、再度パンタグラフを下げる操作を行ったが、本件パンタグラフは降下しなかった。

便乗運転士がドアロックを扱って1両目のドアを開放し乗客をプラットホームに降車させ、指導運転士は消火器を持って消火に向かった。また、3両目の車掌室ドアからも乗客が降車しているのが見えた。

本件車両は黒煙が充満しており、指導運転士と本件車掌が「誰かいませんか」と声をかけて乗客の残存を確認していたが、車外のドアロックを扱ってドアを開放し排煙して乗客がいないことを確認した。

まだ屋根上からは火が出ていて、車内の天井からは「ポタポタ」と溶けたものが落ちていた状況であったので消火器では消せないと判断し、携帯電話で輸送指令に連絡して消防を要請した。輸送指令からは、乗務員も避難するよう指示があり、プラットホームに移動して消防が到着するのを待った。

なお、本件列車の運行を支障するような飛来物を認めることはなかった。また、青海川トンネルを出た辺りから鯨波トンネルを出て「ボン」という異音を聞くまでの間は、異音を感知しなかった。

^{*2} 「列車防護無線」とは、緊急停止の手配に使用される無線装置をいう。操作ボタンを押すことにより発報信号（無線通信により列車を停止させる信号）が近辺の列車に対して発信され、この信号を受信した列車の防護無線装置は警報音を発するなどして停止信号を運転室に現示する。

(2) 指導運転士

事故当日は7時35分に直江津運輸区に出勤し、当日の初列車となった本件列車に指導添乗するよう指示を受け、出発の15分前にプラットフォームから乗車した。出発の少し前に、輸送指令から風規制の通告があり、11分程遅れて直江津駅を出発した。

途中、直江津駅～黒井駅間で踏切の特殊信号発光機（中継用）の明滅により停止し、輸送指令に連絡した。上下浜駅～柿崎駅間では、2か所で線路上に木の枝が落下しており、接触して停止した。あまり衝撃もなく、それほど大きな枝ではなかった。輸送指令に連絡して運転を再開した。柿崎駅では出発信号機が停止現示であり、輸送指令から風規制による運転中止のためしばらく停車する旨の指示があったので、車外に降りて下回りを確認したが異常は認められなかった。

柿崎駅～笠島駅までは風規制により速度25km/h以下で運転していた。車輪の空転により、速度が上がらない状態であった。米山駅～笠島駅間では、護岸を越えた波が線路にかぶっているのを見た。また、笠島駅の手前では、架線の高さくらいの波しぶきが上がっているのを見た。

笠島駅から、保線係員が線路巡回のために運転室に乗車した。また、プラットフォームでは、本件車掌が軌道工事関係の作業員から、青海川駅～鯨波駅間で線路支障しているのを確認するよう通知を受け、本件運転士が輸送指令と連絡を取ってしばらく停車した。

輸送指令からの指示により運転再開後、笠島駅～青海川駅間は風規制区間ではなかったが、車輪の空転が多く、速度が上がらないまま進んだ。

青海川駅～鯨波駅間は、風規制区間のため、速度25km/h以下で運転していた。青海川トンネルを出ると下り勾配になるが、その後上り勾配になるため、力行1ノッチを入れてできるだけ速度を落とさないよう本件運転士に指示をした。

鯨波トンネル入口の手前で三相表示灯が点灯したが、架線電圧には異常が認められなかった。鯨波トンネルを出てから間もなくして、三相表示灯が消灯したので、S I V^{*3}が再起動したと思った。

しばらくして、下り勾配に入り軽くブレーキを当てて速度調整をしていた時に「ドン」という異音を感知し、三相表示灯が点灯して架線停電した。

運転席側（左側）の窓から後方のパンタグラフを確認したが、異常は認め

^{*3} 「S I V」とは、静止形インバータの略語で、直流電車に使用される補助電源装置をいう。架線から取り入れた高圧の直流電力を車両の室内灯や空調装置などの機器に供給するために、低圧の交流電力に変換する。パンタグラフが瞬時離線し、架線からの電力の供給が遮断されると、S I Vが停止することがあり、その後、電力の供給が再開されると、S I Vが再起動する。

られなかった。しばらく走行すると架線電圧が戻ったが、再び「ドン」という異音を感知し、三相表示灯が点灯して架線停電が発生した。便乗運転士が後方を確認したところ、火花を認めて、「止まれ、パンを下ろせ」と指示をした。それを聞いて後方を確認したところ、屋根上にアークというのか、火花というのか、炎に近いものが見えたため、本件運転士に「非常」と指示をした。

停止後、プラットホームに降りて屋根上を確認したところ、かなりの炎になっていたため、運転室にいた運転士（便乗運転士）にドアロックを使ってドアを開放するよう指示し、1両目の乗客を降車させた。1両目の貫通路から本件車両に入ると、かなりの煙で車内が確認できなかったため、「誰かいませんか」と繰り返し声をかけた。天井から「ポタン、ポタン」と溶けたものが落ちているような状況だったので、床と天井に向けて消火器を3本使用した。車外のドアロックを扱って本件車両のプラットホーム側のドアを開けさせると、煙が流れて車内に乗客がいないことが確認できたので、消火器を使って消火作業を続けた。

本件列車が鯨波駅に到着してから約15分後、消防が到着したので現地責任者のチョッキを着用し、輸送指令に運転抑止及びき電停止の要請をした。その後、同社の電力係員が到着し、検電器で上り線のき電停止を確認後、消防が消火作業を開始した。

なお、列車の運行を支障するような飛来物を認めることはなかった。また、本件列車運行中に降雨はなかったが、駅停車中に霧状の波しぶきが風で吹き付けられているのを感じた。

(3) 本件車掌

事故当日は泊まり勤務行路で6時54分に直江津運輸区に出勤し、最初に乗務したのが本件列車であった。仕業前の点呼では、強風及び春休みにつき多客期である旨の注意があった。発車前に輸送指令から本件運転士に、風規制についての通告があった。

本件列車は、北陸線からの接続を待って、12分遅れで直江津駅を出発した。黒井駅手前の踏切で踏切支障報知装置が扱われ列車が停止したので、その旨を車内放送した。また、上下浜駅～柿崎駅間で線路上に木の枝が散乱していたため、本件運転士が非常停止させたが、異常がないことを確認して出発させた。

柿崎駅では、出発信号機が停止現示であったため、輸送指令に確認したところ、前途の区間で風規制による運転中止に入ったので、しばらく停車するとのことであった。このため、約20分間停車した。

笠島駅では、プラットホームにいた列車見張り員2名から、青海川駅～鯨波駅間で線路上に支障物が散乱しているのではばらく出発しないようにと通知があった。本件運転士に連絡し、本件運転士が輸送指令に報告した。その後、輸送指令より線路上の支障物の撤去が終了した旨の連絡を受け運転を再開した。

笠島駅～青海川駅間は、車輪の空転がひどく、スピードが上がらない状態だった。

鯨波トンネルを出た付近で室内灯が消灯したので、お詫びの車内放送をした。その後、鯨波駅到着の車内放送をして、駅到着の状態監視をしようとしたところ、乗客2名が車掌室にやってきて、本件車両で火花が散っているとの通報があった。車掌室から本件車両を確認したところ、黒煙とオレンジ色の炎のようなものが見えたので、これはまずいと思った。すぐに列車の状態監視を行ったところ、本件列車が鯨波駅に進入する直前であり、乗客の避難誘導のためにはプラットホームに停止させた方がよいと思ったが、非常ブレーキが掛かって、本件車両までがプラットホームに掛かった状態で停止した。

停止後、特改車掌に列車防護無線の発報と、乗客の避難誘導を依頼した。車掌室の消火器を持って本件車両に向かったが、黒煙がひどくて車内に入ることができなかつたため、車掌室に戻り、車掌室ドアから乗客約18名を線路脇に降車させた。プラットホームには施設係員1名がおり、乗客の避難誘導の協力を依頼した。

その後、再び本件車両に戻り、「誰かいませんか」と声をかけて乗客の残存を確認していたところ、前方からも「誰かいませんか」と声が聞こえた。しばらくして、ドアが開いて煙が引いたので乗客がいないことを目視で確認できた。プラットホームにいた乗客を本件列車から離れた跨線橋まで避難誘導した後、再び本件車両に戻り、消火活動を行った。天井のダクト部分から炎が落ちてきていたので、消火器2本を使用した。なかなか消えなかつた。

なお、乗務中に異音を感知することはなかつた。

(4) 特改車掌

事故当日は日勤行路で、出勤予定時刻は7時2分であり、最初に乗務したのが本件列車であった。

笠島駅停車中に、3両目の車掌室から1両目の客室まで車内巡回を行ったが、異常を感じることはなかつた。

青海川駅を出発し、車掌室の助手席に後向きに座っていた。鯨波トンネル付近で室内灯が消灯したが、しばらくして点灯した。本件車掌が室内灯消灯のお詫びと鯨波駅到着の車内放送をした後、乗客2名が車掌室に来て、本件

車両の天井から火花が出ているとの通報があった。車掌室から本件車両を確認したところ、炎が出ているような気がした。

停止後、本件車掌の指示に従って列車防護無線を発報し、「後ろの車両に移動して下さい」と車内放送をしたが、乗客は既に移動していたようであった。本件車掌が消火器を持って本件車両に向かったが、すぐに戻ってきて、乗客を降車させた方がよいとのことであったので、乗客の降車を補助した。乗客が降車後、プラットホーム上に乗客を誘導し、跨線橋を渡って上りプラットホームにある待合室に移動するよう案内した。

その後、本件列車に戻ると、指導運転士の指示に従い、上り線の軌道に軌道短絡器^{*4}を設置した。その後は、運転室で待機した。

なお、乗務中に異音を感知することはなかった。

2.1.2 運転状況の記録

本件列車には、運転状況を記録する運転状況記録装置が搭載されており、非常ブレーキの動作をトリガとして、そのトリガ発生前後一定時間の時刻、列車速度、走行距離、非常ブレーキ動作等を0.2秒ごとに記録する機能を有している。

本事故発生当時の本件列車の走行状況の概略は、表1のとおりであった。速度及び走行距離については、車輪の空転や滑走等により、実際の実速度及び走行距離との誤差が内在している可能性がある。

表1 運転状況記録装置の記録

時刻	速度 (km/h)	走行距離 (m)	備考
9:55:10	19.1	32,449	記録開始
9:55:15	18.8	32,472	柏崎変電所13H遮断(2回目)
9:55:30	17.1	32,549	非常ブレーキ使用
9:55:34	0.0	32,567	列車停止

※情報は0.2秒ごとに記録されているが、表では主な時刻の情報について記載した。
※備考欄以外は、運転状況記録装置の情報である。ただし、走行距離については直江津運輸区からの走行距離が記録されるため、列車が事故後鯨波駅構内で停止した時の走行距離を停止した位置のキロ程に読み替えて表示した。

また、列車無線通話記録によれば、き電回路が遮断されたことにより、9時55分に輸送指令が本件運転士を呼び出し、本件運転士は鯨波駅で列車火災が発生している旨を報告していた。

なお、本事故の発生時刻は、便乗運転士が本件パンタグラフ付近から火が出ているのを認め、直ちに本件運転士が非常ブレーキを使用した9時55分ごろであった

^{*4} 「軌道短絡器」とは、左右のレールを短絡することによって軌道回路に列車が在線するのと同様な状態とし、自動区間の信号機に停止信号を現示するために使用される用具をいう。

と推定される。

(付図1 信越線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場略図、付図4 本件列車運行状況、付図5 本件列車運行状況(青海川駅～鯨波駅間) 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷
なし。

2.3 鉄道施設に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

(1) 本件列車は、1両目及び本件車両が鯨波駅の下りプラットホームに掛かった状態で停止した。停止した位置は、32k567mであった。

(2) 直江津駅～柏崎駅間(36.3km)は日本海沿岸部を走行する区間であり、青海川駅構内付近では海岸線から軌道までの距離が、最も接近した箇所において地図上で約25mである。

(3) 事故現場付近の線形は、鯨波トンネルを挟んだ31k707mから32k157mまでが半径600mの右カーブ、短い直線を挟んで32k288mから32k468mまでが半径600mの左カーブである。

勾配に関しては、鯨波トンネル入口付近の31k859mまでは9%の上り勾配の後、32k271mまで10%の下り勾配、32k362mまでは3.5%の下り勾配となり、その後鯨波駅構内の32k663mまで2%の上り勾配となっている。

なお、鯨波駅下りプラットホームの青海川駅方端は、32k525mである。

(付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場略図、付図4 本件列車運行状況、付図5 本件列車運行状況(青海川駅～鯨波駅間) 参照)

2.3.2 現場付近の情報

現場付近は複線区間であり、動力は電気(直流1,500V)、軌間は1,067mm、信号方式は自動閉塞式である。

2.3.3 電車線

事故現場の架線方式は、シンプルカテナリ方式であり、トロリ線の種類は、溝付錫入硬銅トロリ線(110mm²)である。

2.3.4 変電所

2.3.4.1 変電所の位置関係

事故が発生した区間は、米山変電所と柏崎変電所の双方からの並列き電となっている。事故現場（32k549m）から各変電所までの距離は、米山変電所が起点方に8k756m、柏崎変電所が終点方に4k567mである。

2.3.4.2 変電所の設備

両変電所にはき電用直流高速度遮断器^{*5}（設定値は6,000A、選択率は65%。以下「54F」という。）、直流き電回路用の Δ I形故障選択装置^{*6}（ Δ Iの設定値は2,000A、 Δ tは400msである。以下「50F」という。）及びき電線連絡遮断装置^{*7}（以下「連遮装置」という。）が設置されている。

2.3.4.3 変電所の給電区分と故障区間検出方式

両変電所は下り線の起点方11回線（以下「11H」という。）及び終点方13回線（以下「13H」という。）、上り線の起点方12回線及び終点方14回線の4区間に分けて給電している。事故発生現場の給電区間は、柏崎変電所が11H、米山変電所が13Hである。

両変電所は、電車線路に故障が発生した場合に、故障区間のみを切り離して健全区間には送電を続ける機能を有する。故障区間を検出するために50F、54F及び連遮装置の各保護装置が動作してき電回路を遮断後、30～34秒後に自動再閉路（再投入）して再送電し、各保護装置の動作により回路が再度遮断した区間を故障区間として検出して、その区間の回路のみを開放して停電させる。（以下「故障区間検出方式」という。）

2.3.4.4 事故発生時の記録

表2に両変電所の主な動作記録を示す。

両変電所は、保護装置の設定値を超過する電流の増大を検知した場合に、最大

^{*5} 「き電用直流高速度遮断器」とは、き電回路に異常な値の電流が流れたとき、高速度で電流を遮断して機器や回路を保護する遮断器をいう。回路を流れる電流が設定値（整定値ともいう。）を超えた場合等に動作し、回路図等では54Fと記される。地絡等の故障が発生するとき電流が急激に増大するが、増加開始時点（ $t=0$ ）における電流の増加率（ $\Delta I / \Delta t_{(t=0)}$ ）を突進率という。また、突進率が大きく、急激に増大するような電流を突進電流といい、54Fは、突進電流に対して、設定値よりも小さな電流値で動作する選択特性を有し、その比を選択率という。

^{*6} 「 Δ I形故障選択装置」とは、微少時間 Δt におけるき電電流の増加分 ΔI が設定値を超えた場合等に、54Fを開放する信号を出力し、回線を遮断させる装置をいう。回路図等では50Fと記される。

^{*7} 「き電線連絡遮断装置」とは、並列き電された直流き電区間において、区間両側の変電所の54Fに電気連動を設け、一方の変電所で故障を検出した場合、自動的に他方の変電所の54Fを動作させ、当該区間を停電させるための装置をいう。

200ms間の電流波形を記録する機能を有する。

柏崎変電所11Hにおいては、故障区間検出方式により2回遮断しており、1回目の遮断時は9時54分31秒ごろに最大3,700A、2回目の遮断時は9時55分15秒ごろに最大4,500Aの電流値を記録した。

一方、米山変電所13Hでは、柏崎変電所の1回目の連絡遮断信号を受信して1回のみ遮断しており、9時54分35秒ごろに最大3,200Aの電流値を記録した。

50Fが地絡等の異常電流を検知した後、遮断に要する時間は0.07秒～0.08秒である。

なお、両給電区間のき電電流及びき電電圧の波形には、9時53分～55分ごろにかけて、それぞれ三つのピークが記録されていた。事故発生前のき電電流値及びき電電圧値には、異常は見受けられなかった。また、当該線区の運行状況記録と照合したところ、事故発生当時の両給電区間には、本件列車のみが在線していた。

(付図6 両変電所のき電電流波形及びき電電圧波形、付図7 両変電所の遮断時の電流波形 参照)

表2 両変電所の主な動作記録

時刻	動作内容
9:54:31	柏崎変電所11H保護リレー動作
9:54:31	柏崎変電所11H遮断(1回目) 連絡遮断信号送信
9:54:31	米山変電所13H連絡遮断信号受信 リレー動作
9:54:35	米山変電所13H遮断(1回目)
9:55:09	柏崎変電所11H自動再開路(再投入)
9:55:15	柏崎変電所11H保護リレー動作
9:55:15	柏崎変電所11H遮断(2回目) 連絡遮断信号送信
9:55:20	米山変電所13H自動再開路(再投入)

※時刻は、同社の中央装置が遠制情報を受信した時刻であり、現場機器の動作時刻と異なる。

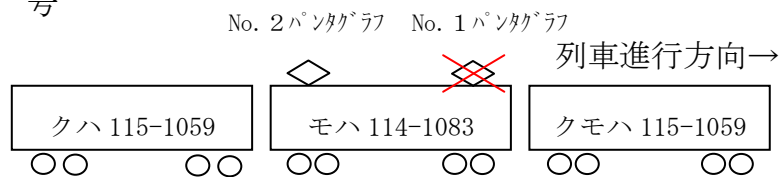
2.4 車両に関する情報

2.4.1 車両の概要

車 種 直流電車(1,500V)

編 成 両 数 3 両
編 成 定 員 3 6 4 名（座席定員 1 9 5 名）

記 号 番 号



× : 本件パンタグラフ

新 造 年 月 日 昭 和 5 3 年 1 0 月 2 0 日

(付図 8 車両形式図 (モハ 1 1 4 - 1 0 0 0 代) 参照)

2.4.2 定期検査等に関する情報

本件列車の車両に対する本事故前直近の定期検査の実施状況は、次のとおりであり、パンタグラフを含めた主回路の絶縁抵抗測定等の検査記録には、車両の異常を示すものは見られなかった。

全 般 検 査 平 成 1 7 年 1 1 月 2 9 日

重 要 部 検 査 平 成 2 3 年 1 0 月 1 2 日

交 番 検 査 平 成 2 4 年 3 月 2 9 日

仕 業 検 査 平 成 2 4 年 4 月 3 日

2.4.3 車両の改造

本件車両は、平成 8 年 1 1 月 2 9 日に集電装置（パンタグラフ、母線ヒューズ箱、避雷器、配線等）を 1 基から 2 基に増設する改造が実施されていた。同社によれば、冬期架線凍結時の霜取り用として、No. 2 パンタグラフを増設したとのことである。なお、本件パンタグラフは、新造時に設置されたパンタグラフである。

また、平成 1 1 年 1 1 月 5 日には、補助電源装置が S I V に、空気圧縮機がスクロール式に変更され、屋根上絶縁材の再施工及び室内等のリニューアルが実施されていた。

2.4.4 屋根構造及び材料

2.4.4.1 屋根構造

本件車両の車体は屋根構体を含め鋼製である。屋根構体は、外板が板厚 1.2 mm であり、垂木（高さ 65 mm）と溶接組立てしてある。

屋根外板の上面には、ポリウレタン系樹脂の屋根絶縁材が塗布されており、屋根外板内面には厚さ 20 mm の断熱材が接着してある。断熱材は、グラスウールをビニールフィルムで包装したものである。

なお、本件車両の屋根絶縁材は、平成11年11月5日に実施されたリニューアル改造時に再施工された。本件パンタグラフ付近の屋根絶縁材の劣化状態については、火災による焼損により確認することはできなかった。

垂木の下には、天井の内装品が固定してあり、天井の中央部（幅1,200mm）は空調ダクトとなっている。空調ダクトの上板（材質：アルミニウム、板厚1.6mm）は垂木に沿った曲面となっており、空調ダクトの下板（材質：メラミン樹脂板+アルミニウム板、板厚1.6mm）は客室天井の化粧板を兼ねていて空調吹出口（以下「吹出口」という。）が設けてある。空調ダクトの内面には、断熱材（クロロプレンゴムスポンジ、厚さ5mm）が接着されている。

2.4.4.2 屋根及び天井に使用されている材料の燃焼性

本件車両の屋根及び天井に使用されている主な材料は、以下に示すとおり、鉄道車両用材料の燃焼性規格の不燃性又は難燃性であり、これらはいずれも「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（以下「技術基準省令」という。）に適合したものであった。

- | | |
|------------------------------------|-----|
| (1) 屋根外板（鋼板） | 不燃性 |
| (2) 屋根外板上面の絶縁材（ポリウレタン系樹脂） | 難燃性 |
| (3) 天井板（空調ダクトの下板）（メラミン樹脂板+アルミニウム板） | 不燃性 |

2.4.5 パンタグラフ及び関連機器

本件車両には、菱形のパンタグラフが2基搭載されており、搭載位置は車体の前後端からパンタグラフ中心までの位置がそれぞれ2,750mmである。

パンタグラフの枠組はアルミニウム製の丸パイプであり、折り畳み時の全長は約3,000mm、幅は約800mmである。舟体^{*8}の全幅は1,880mmであ

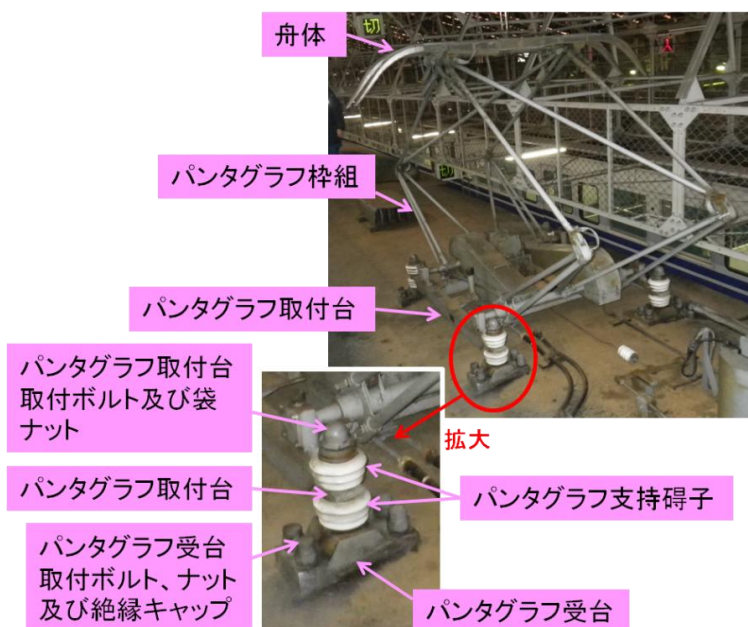


図1 パンタグラフ及び関連機器

*8 「舟体」とは、パンタグラフの最上部にあり、トロリ線と直接接触するすり板が取り付けられている弓形の部材をいう。

り、すり板の材質は焼結合金である。パンタグラフの車体への取付けは、パンタグラフ側の取付台の四隅を絶縁のための碍子（以下「パンタグラフ支持碍子」という。）で上下に挟み、車体屋根側のパンタグラフ受台にボルト（材質：鋼、融点：約1,450℃）と袋ナットで固定している。パンタグラフ取付台（材質：鋼）には、架線電圧（1,500V）が印加される。パンタグラフ受台は、ガラス繊維強化プラスチック（以下「GFRP」という。）製であり、車体の屋根には4本のボルト（材質：ステンレス鋼、融点：約1,450℃）とナットで固定され、ナット及びボルト先端部をGFRP製の絶縁キャップで覆っている。パンタグラフ取付台四隅の取付ボルト間隔は、レール方向に1,300mm、まくらぎ方向に1,100mmである。パンタグラフ受台の車体屋根へのボルト取付間隔は、レール方向に70mm、まくらぎ方向に230mmである。パンタグラフ受台取付ボルトの絶縁キャップは、直径50mmである。

パンタグラフ支持碍子の材質は、磁器（融点：約1,250℃）であり、一つ当たりの大きさは、直径が最大箇所130mm、高さは約82mmであり、ひだを三つ有する。

2.4.6 本件パンタグラフ及びパンタグラフ支持碍子の交換履歴

直近の本件パンタグラフ及びパンタグラフ支持碍子の交換履歴並びに走行距離を表3に示す。

パンタグラフ支持碍子は4年周期で取り外し、洗浄及び外観検査を実施して別の車両に再度取り付けられ、外観検査において状態が悪い（クラック、キズ、カケ等）ものについては新品に取り替えられていた。なお、当該パンタグラフ支持碍子の製造年月及び使用経過年月については、記録が残っていないため不明である。

表3 本件パンタグラフ及びパンタグラフ支持碍子の交換履歴

部位	交換年月日	使用経過年月	走行距離
パンタグラフ本体	平成23年10月12日	約6か月	66,287km
パンタグラフすり板 (前寄り舟体)	平成24年2月19日	約2か月	16,757km
パンタグラフすり板 (後寄り舟体)	平成23年12月29日	約3か月	33,187km
パンタグラフ支持碍子	平成23年10月12日	記録なし	記録なし

2.4.7 主回路の保護装置

それぞれのパンタグラフからの主回路電流は、主回路断路器、主回路過電流継電

器及び断流器内の単位スイッチ等を経由して主制御器へ至る。

主回路に異常な過大電流が流れた場合は、主回路過電流継電器の動作によって、断流器の単位スイッチを開放させて電流を遮断する保護装置を有している。

2.5 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

事故後に青海川駅～鯨波駅間の電車線（トロリ線及び金具等）の点検、柏崎変電所及び米山変電所の設備点検が行われたが、いずれも異常は認められなかった。また、線路内及びその周辺には、本事故に関係すると考えられる支障物及び飛来物の痕跡は認められなかった。

2.6 車両の損傷及び痕跡の状況

2.6.1 本件パンタグラフ

前寄り右側のパンタグラフ枠組の一部、パンタグラフ取付台の車体屋根への取付け部、パンタグラフ支持碇子及びパンタグラフ取付台取付ボルトが溶損した。パンタグラフ枠組のヒンジ部は、溶損せず屋根上に落下していた。

パンタグラフ枠組の前寄り左側の下部は、パンタグラフ枠組全体が前方に傾くように折れ曲がっていたが、飛来物やその他の支障物が衝撃したような痕跡は認められなかった。

各舟体のすり板には、幅6～30mm、深さ1.5～6mmの溶損痕がトロリ線方向に二列あり、車体中心より右側に約35mm、約150mm及び約160mmの位置であった。舟体に衝撃痕及び変形は認められなかった。

(付図9 パンタグラフの損傷状況、付図10 屋根上の損傷状況(パンタグラフを撤去した状態)、付図11 屋根構体の損傷状況、付図12 屋根上の損傷状況(概略図)、付図13 地絡発生箇所(推定)の状況 参照)

2.6.2 屋根構体及び屋根上機器

本件パンタグラフ右側溶損部付近の屋根外板には、直径約280mmの溶損による穴(以下「溶損穴」という。)が開いており、溶損穴の中心の位置は、レール方向がパンタグラフ中心から約910mm、まくらぎ方向が車体中心から約375mmであった。さらには、この溶損穴と連なるようにパンタグラフ受台取付ボルトを中心とした直径約50mmの溶損穴が開いており、ボルト(屋根外板に溶接取付けされたボルト)及び近傍の垂木も約50mm幅の範囲が溶損していた。

また、パンタグラフ受台は、溶損したボルト部が直径約50mmの範囲で溶損しており、固定用のナット及び絶縁キャップも溶損していた。

本件パンタグラフ右側の溶損部周辺の屋根上面には、パンタグラフ枠組が溶け

散った痕跡があり、屋根絶縁材は焼損し炭化していた。パンタグラフの空気配管（材質：ゴム）は全長にわたり焼失し、パンタ鍵外し装置^{*9}引き棒の絶縁碍子（材質：磁器）は割損していた。また、避雷器のカバー（材質：鋼）表面が焼け焦げていた。

（付図10 屋根上の損傷状況（パンタグラフを撤去した状態）、付図11 屋根構体の損傷状況、付図12 屋根上の損傷状況（概略図）、付図13 地絡発生箇所（推定）の状況 参照）

2.6.3 客室内装及び設備品

本件パンタグラフ下部の天井は、屋根外板溶損穴付近の断熱材、空調ダクト上板、天井化粧板、空調ダクト内面の断熱材、吹出口整風板及び天井灯配線の一部が溶損していた。天井化粧板の溶損穴の大きさは、レール方向に約540mm、まくらぎ方向に約270mmであった。また、近傍の天井蛍光灯が焼損していた。

天井化粧板表面には、車体中央付近まではさすが濃く付着しており、後寄り車端付近まではさすがうっすらと付着していた。

屋根外板溶損穴直下の床上面には、溶損して落下した天井部材の破片及び溶融物が散乱し、床材（材質：ポリウレタン系樹脂）の表面が溶損していた。また、近傍の腰掛けの表地（材質：ポリエステル／アラミド）が、一部溶損していた。

溶損したパンタグラフ取付台取付ボルトに締め込まれていた袋ナットは、屋根上から床面に落下していた。

（付図14 車内の損傷状況、付図15 車内天井の損傷状況（概略図） 参照）

2.6.4 主回路機器及び補助回路機器

主回路機器及び補助電源装置（以下「主回路機器等」という。）は、事故後に行った絶縁抵抗測定の結果に異常は認められなかった。また、主回路断路器、断流器の単位スイッチ接触子、主制御器及び主抵抗器の状態を目視確認したところ、異常は認められなかった。

2.7 乗務員等に関する情報

(1) 本件運転士 男性 36歳

甲種電気車運転免許

平成12年9月21日

甲種内燃車運転免許

平成16年10月12日

^{*9} 「パンタ鍵外し装置」とは、パンタグラフを折り畳んだ状態から上昇させるために、ロックを解除させる装置をいう。パンタグラフはばねの力で上昇するが、折り畳んだ状態を保持するために掛け金具に引っ掛けてロックさせている。掛け金を引いてロックを解除するための引き棒には架線電流が流れるため、絶縁用の碍子が取り付けられている。

(運転経験年数は11年7か月)

(2) 指導運転士 男性 50歳

甲種電気車運転免許

平成5年2月4日

甲種内燃車運転免許

平成6年11月4日

(運転経験年数は19年2か月)

(3) 便乗運転士 男性 38歳

甲種電気車運転免許

平成7年4月27日

(運転経験年数は16年11か月)

(4) 本件車掌 男性 49歳

(業務経験年数は18年0か月)

(5) 特改車掌 男性 55歳

(業務経験年数は15年11か月)

2.8 運転取扱いに関する情報

2.8.1 事故発生時における風規制の実施状況

事故当日は、始発列車から風規制による運転中止により、本件列車が当該線区を走行する初列車であった。

本件列車運行中の風規制の実施状況については、8時30分～39分に米山駅～笠島駅間、8時32分～51分に青海川駅～鯨波駅間、9時24分～42分に米山駅～笠島駅間において運転中止が実施されていた。また、それ以外の時間においては、断続的に速度規制が実施されていた。

なお、同社の規定によれば、風速20m/s以上で列車の運転速度を25km/h以下に規制し、風速25m/s以上で列車の運転を見合わせるように定められている。

2.8.2 列車火災発生時の取扱い

列車火災発生時の乗務員の取扱いについては、同社の「異常時運転取扱手引（運転士編）」及び「異常時運転取扱手引（車掌編）」において、付図19及び付図20のように定められている。

(付図19 列車火災発生時の運転士の取扱い、付図20 列車火災発生時の車掌の取扱い 参照)

2.9 気象に関する情報

2.9.1 天気概況

4月3日から4日にかけて、前線を伴った低気圧が日本海を急速に発達しながら東北東に進み、その後強い冬型の気圧配置に移行した。

低気圧の中心気圧は2日21時の1,006hPaから3日21時の964hPaへと、24時間で42hPa低下し、また、この低気圧から延びる寒冷前線が3日夕方から夜にかけて西日本から北日本を通過した。このため、西日本から北日本の広い範囲で記録的な暴風となり、海上では大しけとなった。

(付図18 低気圧の経路図及び地上天気図・気象衛星画像 参照)

2.9.2 発表された警報及び注意報

新潟地方気象台が発表した警報及び注意報については、表4のとおりであった。

表4 新潟地方気象台が発表した警報・注意報(柏崎市)

発表日時	発表した警報	発表した注意報
3日 5時04分	なし	雷、強風、波浪、融雪、乾燥、なだれ、霜
3日 8時11分	なし	雷、強風、波浪、融雪、乾燥、なだれ
3日12時18分	暴風、波浪	雷、融雪、高潮、なだれ
3日15時33分	暴風、波浪	雷、融雪、高潮、なだれ
3日18時22分	暴風、波浪	雷、融雪、高潮、なだれ
4日 3時17分	暴風、波浪	雷、融雪、高潮、なだれ
4日 6時40分	暴風、波浪	雷、高潮、なだれ
4日 9時28分	波浪	雷、強風、なだれ

2.9.3 強風に関するアメダスの記録

新潟県上越市にあるアメダス(大潟)の記録によれば、寒冷前線が通過した3日17時ごろを境に、風向きは南寄り(内陸から)の風から西寄り(海から)の風に変わり、風速が更に強まった。強風のピークは、本件列車の車両が直江津運輸区(直江津駅構内)で屋外留置されていた3日夜から4日未明にかけてであり、3日20時10分ごろには、最大瞬間風速31.9m/s(風向:西)を記録した。

本件列車が運行していた4日7時56分から9時54分の間における最大瞬間風速は、21.4m/s(風向:西北西)であった。

(付図16 アメダス(大潟)が記録した最大瞬間風速の推移 参照)

2.9.4 降水量に関するアメダスの記録

新潟県上越市のアメダス(高田)の記録によれば、寒冷前線が通過した直後の3日18時台に1時間当たり5mm、19時台に1時間当たり3.5mmの降水量を記録した。その後は、1時間当たり2mm以上のまとまった降水量は観測されず、4日

3時以降は、1時間当たり0.5mm未満の少雨しか観測されていない。

(付図17 アメダス(高田)が記録した1時間当たりの降水量の推移 参照)

2.10 塩害に関する情報

2.10.1 鉄道における塩害

鉄道における塩害の事例の一つに、パンタグラフ、屋根上高圧機器及び配管等の絶縁用碍子等が、海塩汚損により絶縁抵抗が低下し、地絡^{*10}する事故が挙げられる。発火及び発煙して、車両の焼損及び火災に至る場合もある。

一般的には、より高圧である交流20,000V及び25,000V区間において塩害による地絡発生が多いと考えられるが、直流1,500V区間においても発生した事例がある。その一例として、昭和39年9月に発生した直流電気機関車の塩害事故が挙げられる。この事故は、9月24日～25日に通過した台風20号により東海道線を走行していた機関車が塩害を受け、その後27日に降った雨によって屋根上機器等の絶縁破壊を起こす事故が5件発生したものである^{*11}。また、同社においては、平成22年1月6日に信越線の米山駅～笠島駅間にて、本件車両と同形式の車両のパンタグラフ付近に塩害により地絡が生じ、架線停電による輸送障害が発生した。この日は、発達した低気圧の影響により、前日から西寄り(海から)の強い風が吹いていた。

その他の塩害の事例としては、レール表面の腐食(錆)による車輪の空転、トロリ線の腐食により離線状態となりアークが生じてパンタグラフすり板を異常摩耗させること等が挙げられる。

2.10.2 塩害により地絡事故が発生する条件

塩害により地絡事故が発生する条件について、一般的には次のことが挙げられる。高圧送電線設備における塩害についても、同じことが言われている。

- (1) 塩水(海水)は溶け込んでいる塩が塩化ナトリウムなどの電解質であり、電気を流せる性質(導電性)を持つ。碍子表面に塩水があると、その塩水を伝わって電気が流れることがある。
- (2) 塩害により地絡事故が発生しやすい条件は、強風により飛来塩分が多く付着した後に、少雨等により汚損が保たれた状態で湿潤した状態である。
- (3) 飛来塩分の付着後にまとまった量の降雨がある場合は、碍子表面が洗浄されるため絶縁抵抗が回復し、地絡事故は発生しにくい。

^{*10} 「地絡」とは、大地に対して電位を持っている電気回路の一部が、異常状態として大地に電氣的につながることをいう。電車は、車体が接地されていることから、電気回路と車体が短絡し、電氣的につながった場合にも地絡という。

^{*11} (社)鉄道電化協会(昭和40年):電気機関車の汚損事故防止対策の研究

2.10.3 本件車両の塩害対策

本件車両の塩害対策については、180日ごとにパンタグラフ支持碍子の洗浄が実施されていた。本事故発生直前に本件パンタグラフのパンタグラフ支持碍子が洗浄されたのは、平成24年3月29日であった。

2.1.1 避難及び救護に関する情報

2.1.1に記述した運転士及び車掌の口述によれば、次のとおりであった。

- (1) 本件列車が非常停止する前に、乗客が本件車両で火災が発生していることを本件車掌に通報した。
- (2) 本件列車が非常停止した直後に、本件車掌が本件車両を確認したところ、黒煙の充満により車内を確認することができなかった。
- (3) 本件列車が停止後、便乗運転士がドアロックを扱って1両目のドアを開け、乗客はプラットホームに降車した。また、3両目の乗客は、車掌室ドアから降車した。3両目はプラットホームから外れて停止したため、本件車掌及び特改車掌は降車の補助を行った。また、乗客がプラットホームに上がる際、プラットホーム上にいた施設係員に誘導を依頼した。
- (4) 本件車掌及び指導運転士は、1両目及び3両目の乗客を降車させた後、ドア開放により排煙し、本件車両の車内に乗客が取り残されていないことを確認した。
- (5) 特改車掌は、上りプラットホームの待合室まで乗客を誘導した。
- (6) 乗客の健康状態を確認したところ、体調の異常を訴える乗客はいなかった。

2.1.2 消火活動に関する情報

2.12.1 乗務員による初期消火活動

乗務員による初期消火活動については、次のとおりであった。

- (1) 指導運転士は、1両目運転室、1両目客室後寄り車端部及び本件車両客室前寄り車端部に配置されていた消火器、計3本を使用して、本件車両の天井溶損部及び床面等の消火作業をした。
- (2) 本件車掌は、3両目車掌室及び3両目客室前寄り車端部に配置されていた消火器、計2本を使用して、本件車両の天井溶損部等の消火作業をした。
- (3) 指導運転士及び本件車掌が使用した5本の消火器は、いずれも鉄道車両専用強化液消火器（型式：JNR-4X、規格：国家検定合格品）、容量3.5リットルであった。

2.12.2 消防への通報及び事故現場到着

本件列車の事故発生時刻は9時55分ごろであるが、柏崎消防署の記録によれば、火災報知専用電話119番での最初の通報は9時58分に付近住民からによるものであり、最先着隊が鯨波駅に到着したのは10時8分であった。

なお、柏崎消防署から柏崎警察署に通報された。

2.12.3 消防による消火作業の概要

柏崎消防署の記録によれば、10時20分には本件パンタグラフ付近の屋根及び吹出口からの発煙のみであり、鎮圧^{*12}されているのを確認した。その後、10時32分ごろに同社からのき電停止の確認を得てから車両に進入し、放水を実施した。吹出口からの発煙が継続するため、空調ダクト部の天井化粧板をエンジンカッターで切開して注水を実施し、10時40分に鎮火^{*13}させた。

3 分 析

3.1 鉄道施設に関する分析

3.1.1 電車線の損傷に関する分析

(1) 2.5に記述したように、電車線（トロリ線及び金具等）に損傷が見当たらなかったこと、

(2) 2.6.1に記述したように、パンタグラフ枠組及び舟体等に衝撃痕が見当たらなかったこと

から、電車線の損傷等による異常に起因してパンタグラフを損傷させ、これにより地絡の発生に至った可能性は低いものと考えられる。

3.1.2 パンタグラフを損傷させた支障物及び飛来物に関する分析

(1) 支障物及び飛来物が存在した場合は、火災により燃焼してしまったこと及び強風により飛散してしまったことにより、痕跡として確認することが容易ではないことが考えられるが、2.5に記述したように、線路内及び周辺には、本事故に関係したと思われる支障物及び飛来物の痕跡は認められなかったこと、

(2) 2.6.1に記述したように、パンタグラフには、支障物及び飛来物が衝撃したような痕跡が認められなかったこと

*12 「鎮圧」とは、火災においては炎が収束した状態（再燃するおそれはある）をいう。

*13 「鎮火」とは、火事を消し鎮めることであり、再燃のおそれのない状態をいう。

から、飛来物及び支障物が、パンタグラフ及びその周辺部分に接触したことにより、地絡の発生に至った可能性は低いものと考えられる。

3.2 車両に関する分析

3.2.1 車両の定期検査に関する分析

2.4.2 に記述したように、事故前の定期検査においては、パンタグラフ部及び主回路の絶縁抵抗測定、状態の目視確認等が行われていたが、検査結果の記録に異常は見られなかった。

3.2.2 パンタグラフ支持碍子等の絶縁抵抗の低下に関する分析

3.2.2.1 絶縁抵抗の低下に至る過程に関する分析

- (1) 2.9.3 に記述したように、4月3日の仕業検査後に屋外留置されていた間及び本件列車として運行されていた間とも、西寄り（海から）の強風が断続的に吹いていたこと、
- (2) 2.9.4 に記述したように、4月4日3時以降は、1時間当たり0.5mm以上の降水量が観測されていないこと、
- (3) 2.1.1(1)及び(2)に記述したように、波しぶきが上がっていたこと、霧状の波しぶきが風で吹き付けられていたことを本件運転士及び指導運転士が口述していること

から、パンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台の表面は、飛来塩分による海塩汚損が急速に進行し、降水量が少なかったことから、降雨により洗浄されることなく海塩汚損が保たれたままとなり、波しぶきが付着したことで湿潤状態になったことが考えられ、2.10.2 に記述した塩害による地絡事故が発生しやすい条件に至った可能性があると考えられる。

また、2.1.1 に記述した運転士及び車掌の口述によれば、レール表面が錆びていたこと及び車輪が空転していたことから、飛来塩分及び波しぶきがレール表面に付着していたことが考えられ、飛来塩分及び波しぶきの量は多かったものと考えられる。

3.2.2.2 事故後のパンタグラフ支持碍子の絶縁抵抗に関する分析

事故後に同社が本件パンタグラフ及びNo.2パンタグラフの各パンタグラフ支持碍子（溶損した当該パンタグラフ支持碍子を除く）の絶縁抵抗測定を実施した。本件パンタグラフのパンタグラフ支持碍子については、事故後の状態保全のため乾燥状態でのみ測定し、No.2パンタグラフのパンタグラフ支持碍子については、参考として、霧吹きで水を吹きかけて湿潤させた状態及び清掃後の状態においても

測定を実施した。

その結果、どの状態においても十分な絶縁抵抗を有していたが、No. 2パンタグラフのパンタグラフ支持碍子の絶縁抵抗測定結果において、

- (1) 乾燥状態から湿潤状態になったことで、絶縁抵抗値が低下したこと、
- (2) 湿潤状態から清掃を実施したことで、絶縁抵抗値が上昇したこと

から、海塩汚損後の湿潤状態で絶縁抵抗が低下することが認められた。このことから、2.10.2 に記述したように、海塩汚損後の湿潤状態では地絡事故が発生しやすいことが考えられる。

なお、この絶縁抵抗測定は、4月6日に同社の長岡車両センターで実施されており、回送及び時間の経過による汚損状態の変化があった可能性があると考えられる。また、No. 2パンタグラフよりも本件パンタグラフの各パンタグラフ支持碍子の方が絶縁抵抗測定値が小さい結果となったが、海塩汚損と消火活動時の消火剤による汚損との影響度合いについては明らかではない。

(付図21 事故後のパンタグラフ支持碍子の絶縁抵抗測定結果 参照)

3.2.2.3 その他の要因による絶縁抵抗の低下に関する分析

当該パンタグラフ支持碍子が経年劣化により耐久性が低下していたかどうかについては、溶損により原形をとどめていないため、クラックが生じていたか等の状態の確認ができなかったが、

- (1) 2.4.6 に記述したように、パンタグラフ支持碍子は4年周期で取り外し、碍子の洗浄及び外観検査を実施して、状態が悪いものについては新品に取り替えられていたこと、
- (2) 本件パンタグラフが4箇所のパンタグラフ支持碍子に負荷する荷重には、大きな差異はないと考えられること

から、当該パンタグラフ支持碍子のみ耐久性の低下が進行していた可能性は低いものと考えられる。

3.2.3 パンタグラフの離線に関する分析

本件運転士及び指導運転士の口述により、走行中に強風の影響によりパンタグラフの離線が発生していた可能性があると考えられるが、2.5に記述したように、トロリ線にアーク痕等の損傷が見られなかったことから、地絡を発生させるような大規模なパンタグラフの離線はなかったものと考えられる。

3.2.4 車両の損傷状況に関する分析

3.2.4.1 パンタグラフ枠組の溶損及び曲損

2.6.1 に記述したように、アルミニウム製のパンタグラフの枠組については、地絡した可能性があると考えられる前寄り右側のパンタグラフ支持碍子に近い部分が溶損して屋根上に飛散し、一部は筋状に軒部へ流れていた。また、前寄り左側のパンタグラフ支持碍子付近の枠組は、大きく曲損していた。これらの溶損及び曲損については、地絡により大電流が流れた際の熱により生じた可能性があると考えられる。

曲損については、熱により材料が軟化していたパンタグラフ下部において、パンタグラフを上昇させるためのばねの力により応力が発生して、局部的に屈曲した可能性があると考えられる。

3.2.4.2 パンタグラフすり板の溶損

2.6.1 に記述したように、パンタグラフのすり板には、トロリ線方向に二列の溶損痕が確認できたが、これらは地絡により大電流が流れた際の熱の影響により生じた可能性があると考えられる。

3.2.4.3 パンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台取付ボルトの溶損

3.2.2.1 に記述したように、パンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台の絶縁抵抗の低下により地絡が発生し、パンタグラフあるいはパンタグラフ取付台から屋根外板の間にアーク放電が発生した可能性があると考えられることから、地絡により大電流が流れたこと及びアークの火炎が発生したことによる熱によって、パンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台取付ボルトが溶損した可能性があると考えられる。

なお、その他のパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ取付台の母線端子部に損傷が見られなかったことから、これらの箇所には地絡時に発生した過大な電流（以下「地絡電流」という。）は流れていなかったものと考えられる。

3.2.4.4 パンタグラフ受台近傍の屋根外板の溶損

2.6.2 に記述したように、屋根外板にパンタグラフ受台取付ボルトを中心とした直径約50mmの溶損穴が開いていたことについては、3.2.4.3で記述したようにパンタグラフ受台取付ボルトの溶損により生じたものと考えられる。

また、この溶損穴に連なるようにして開いていた屋根外板の直径約280mmの溶損穴については、パンタグラフあるいはパンタグラフ取付台から屋根外板の間に発生したアークの熱により生じた可能性があると考えられる。

3.2.4.5 パンタグラフ受台近傍の屋根垂木の溶損

3.2.4.3 に記述したように、パンタグラフ受台取付ボルトの溶損により、さらに近傍の垂木を溶損させた可能性があると考えられる。

3.2.4.6 天井内装部材の溶損

3.2.4.4 に記述したように、パンタグラフ受台取付ボルト及びパンタグラフ受台近傍の屋根外板が溶損したことから、これらの燃焼及び溶融による熱とアークの熱により、屋根外板内面の断熱材、空調ダクト及び天井化粧板等の天井内装部材が溶損した可能性があると考えられる。

3.3 変電所の動作記録及び地絡に関する分析

3.3.1 地絡の発生状況に関する分析

(1) 2.3.4.4 に記述したように、柏崎変電所 1 1 H 及び米山変電所 1 3 H のき電電流並びにき電電圧の波形には、9 時 5 3 分～5 5 分ごろにかけて、それぞれ三つのピークが記録されていたこと、及び両給電区間には本件列車だけが在線していたこと、

(2) 2.5 に記述したように、事故後の設備点検により、両変電所及び電車線の電力設備等に異常が認められなかったこと

から、本件列車において地絡が 3 回発生していた可能性があると考えられる。

3.3.2 電流の遮断に関する分析

2.3.4.4 に記述したように、柏崎変電所 1 1 H では 2 回、米山変電所 1 3 H では柏崎変電所からの連遮装置の信号を受信したことにより 1 回遮断動作していた。故障区間検出方式により、2 回の遮断動作後は遮断した状態が維持されることから、3 回発生した地絡のうち、柏崎変電所では 2 回目及び 3 回目、米山変電所では 2 回目の地絡により遮断動作に至ったものと考えられる。

両変電所が記録した 1 回目の地絡による電流値の上昇は、5 4 F 及び 5 0 F の設定値を上回ることがなかったため、遮断動作に至らなかったものと考えられる。

なお、表 2 の両変電所の動作記録によれば、米山変電所 1 3 H においては、2 回目の地絡による遮断後の再開路前であったため、3 回目の地絡により柏崎変電所 1 1 H から送信された連絡遮断信号では遮断動作に至らなかったものと考えられる。その後、自動再開路（再投入）されたため、架線への電力の供給が継続されたものと考えられる。

3.3.3 1回目の地絡に関する分析

3.3.2 に記述したように、1回目の地絡では両変電所の54F及び50Fにおいて遮断しなかったため、地絡電流の波形は記録保存されていない。

地絡発生時刻については、2.3.4.4 で記述したき電電流（負荷電流）の波形から分析し読み取ると9時53分18秒ごろであったと推定される。2.1.2 に記述した運転状況記録装置から9時53分18秒ごろの走行地点を明らかにすることはできないが、運転状況記録装置の記録開始時刻までは本件運転士の口述による速度20 km/h で走行していたと仮定して走行距離を算出し、運転状況記録装置の記録保存開始地点のキロ程から算出した走行距離を差し引いたところ、31k826m（鯨波トンネル入口（31k860m）の34m手前の地点）付近であると考えられる。

地絡電流については、き電電流（負荷電流）の60分間の波形から瞬間的に上昇する地絡電流を正確に読み取るとは困難であるが、波形のピークは5,000Aを超えており、また、54Fが遮断動作していないことから54Fの設定値6,000Aを下回る範囲であったものと考えられる。これは、柏崎変電所11Hの2回目の地絡電流最大値3,700A及び3回目の地絡電流最大値4,500Aを超える大きさの電流値であり、パンタグラフ支持碍子、パンタグラフ取付台及び屋根構体等に損傷を与えた可能性があると考えられる。

両変電所において1回目の地絡による電流値の上昇が54F及び50Fの設定値を上回ることがなかったことについては、3.2.2.1 に記述したようにパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台の絶縁抵抗が低下し、徐々に漏電が進行した後にアーク放電に移行したことで地絡電流の急激な増大を和らげたことから、瞬間的に電流値が増大することなく地絡を生じさせた可能性があると考えられる。

また、飛来物及び支障物がパンタグラフ並びにその周辺部分に接触した場合には、飛来物及び支障物によって電流経路が形成されること、又は、パンタグラフ等が損傷することなどにより、地絡電流は急激に増大し、両変電所が遮断動作に至る可能性があると考えられることから、3.1.2 に記述したように、支障物及び飛来物がパンタグラフ及びその周辺部分に接触したことにより、地絡の発生に至った可能性は低いものと考えられる。

アーク放電が発生した際には、アークの熱が周囲の空気を瞬時に加熱膨張させることで「ボン」という異音が生じるものと考えられるが、本件運転士及び指導運転士の口述によれば、鯨波トンネルを出た後の2回しか異音を感知していなかった。これについては、フラッシュオーバーのような火花放電から徐々に大きなアーク放電に成長していったことなどが可能性として考えられる。

また、鯨波トンネルの入口の手前で三相表示灯が点灯したことについては、地絡発生時に何らかの原因で一時的に架線からの給電が中断された可能性があると考え

られる。

なお、2.3.4.4 に記述した柏崎変電所 1 1 H の 1 回目遮断時（2 回目地絡時）の電流波形によれば、2 回目の地絡発生直前には電流値が 1 0 0 A 程度に低下しており、1 回目の地絡はいったん終息したものと考えられる。

（付図 5 本件列車運行状況（青海川駅～鯨波駅間） 参照）

3.3.4 2 回目及び 3 回目の地絡に関する分析

2.3.4.4 に記述したように、

- (1) 柏崎変電所 1 1 H の遮断動作時刻は、2 回目の地絡が 9 時 5 4 分 3 1 秒ごろ、3 回目の地絡が 9 時 5 5 分 1 5 秒ごろであったこと、
- (2) 5 0 F が地絡等の異常電流を検知した後に遮断に要する時間は、0.07 秒～0.08 秒であること

から、遮断動作時刻がほぼ地絡発生時刻であると考えられる。

よって、3 回目の地絡発生地点は 2.1.2 に記述した運転状況記録装置の記録から、3 2 k 4 7 2 m（鯨波駅下りプラットフォームの始点方端 3 2 k 5 2 5 m の 5 3 m 手前の地点）付近であると推定される。

2 回目の地絡については、発生時刻が運転状況記録装置の記録保存開始前であったため地絡発生地点を明らかにすることができないが、柏崎変電所 1 1 H の 1 回目の遮断動作時刻から運転状況記録装置の記録開始時刻までは本件運転士の口述による速度 2 0 km/h で走行していたと仮定して走行距離を算出し、運転状況記録装置の記録保存開始地点のキロ程から算出した走行距離を差し引いたところ、3 2 k 2 3 2 m（鯨波トンネル出口 3 2 k 0 0 0 m を 2 3 2 m 通過した地点）付近であると考えられる。

本件運転士及び指導運転士の口述によれば、異音及び架線停電をそれぞれ 2 回ずつ認めた地点は、1 回目が鯨波トンネル出口（3 2 k 0 0 0 m）を通過した付近、2 回目が非常ブレーキを使用した（運転状況記録装置より 3 2 k 5 4 9 m）直前であったことから、2 回目及び 3 回目の地絡発生地点と比較すると大きく違っていない。よって、本件運転士及び指導運転士が認めた 2 回の異音及び架線停電は、2 回目及び 3 回目の地絡により発生したアーク放電による異音と、両変電所の 5 0 F によりき電回路が遮断されたための架線停電であったことが考えられる。また、2 回目と 3 回目の地絡発生時刻の間隔は、故障区間検出方式によるき電回路遮断後の自動再閉路（再投入）によるものと推定される。

なお、3 回目の地絡発生後にも本件列車に架線から電力が供給されていたことについては、3.3.2 に記述したように、柏崎変電所 1 1 H が遮断された後に米山変電所 1 3 H が自動再閉路（再投入）されたため、架線に電力が供給されたものと考え

られる。

(付図5 本件列車運行状況(青海川駅～鯨波駅間) 参照)

3.4 発生した事象に関する分析

- (1) 2.6.4 に記述したように、事故後の点検において主回路機器等に異常が見られなかったことから、車両の主回路機器等については本事故の要因となるような異常は認められず、地絡は車両の主回路機器等以外の箇所で発生したと考えられること、
- (2) 2.6.1 に記述したように、パンタグラフ支持碍子部が溶損していることから、パンタグラフからパンタグラフ支持碍子表面に大電流が流れたと考えられること、
- (3) 2.6.2 に記述したように、屋根外板及びパンタグラフ受台取付ボルトが溶損していることから、3.2.2.1 に記述したように、パンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台の絶縁抵抗が低下して電流経路が形成された可能性があると考えられること

から、本件列車で発生した事象は、地絡である可能性があると考えられる。

3.5 火災に関する分析

2.4.4.2 に記述したように、本件車両の屋根及び天井に使用されている主な材料は、いずれも技術基準省令に適合したものであったが、アークの熱が極めて高温であることから、これらの材料が燃焼及び溶融し、火災に至ったものと考えられる。

2.1.1 に記述した運転士及び車掌の口述によれば、

- (1) 天井付近にオレンジ色の火炎を認めたこと、
- (2) 本件車両内には黒煙が充満していたこと、
- (3) 天井から「ポタポタ」と溶融物が落下し、床面に溶損した部品の破片が散乱していたこと

から、3.2.4.6 に記述したように、断熱材、空調ダクト及び天井化粧板等が溶損した過程において燃焼及び発煙を伴い、溶融して落下したことにより床材及び腰掛けの表地を溶損させたものと考えられる。

また、吹出口から吹き出したように筋状にすすが付着していたことから、天井内装部材の燃焼により発生した黒煙が、空調ダクト内を通過して吹出口から流出し、車内に黒煙を充満させたものと考えられる。

3.6 運転取扱いに関する分析

2.8.1 に記述したように、

- (1) 輸送指令は、同社の規定どおりに強風による運転規制を実施していたこと、
- (2) 本件運転士は、輸送指令からの指示に従い同社の規定どおりに列車を運転していたこと

から、本事故の要因となるような取扱いはなかったものと考えられる。

4 原因

本事故は、本件車両のパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台において、地絡によりパンタグラフあるいはパンタグラフ取付台から屋根外板へアーク放電が発生した可能性が考えられ、これにより、火災が発生したものと考えられる。

地絡が発生した原因については、海からの断続的な強風により飛来塩分及び波しぶきがパンタグラフ支持碍子及びパンタグラフ受台等に付着し、海塩汚損が保たれたまま湿潤状態になったことから、絶縁抵抗が低下し、パンタグラフ取付台と屋根外板の間に電流経路が形成された可能性があると考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる事故防止策

沿岸部を走行する塩害対策が必要な線区で使用される車両については、定期的な保守のほか、強風等による気象状況を勘案して、必要に応じてパンタグラフ支持碍子等の清掃を実施することを含め、絶縁抵抗の低下を防止する対策を実施することが望ましい。

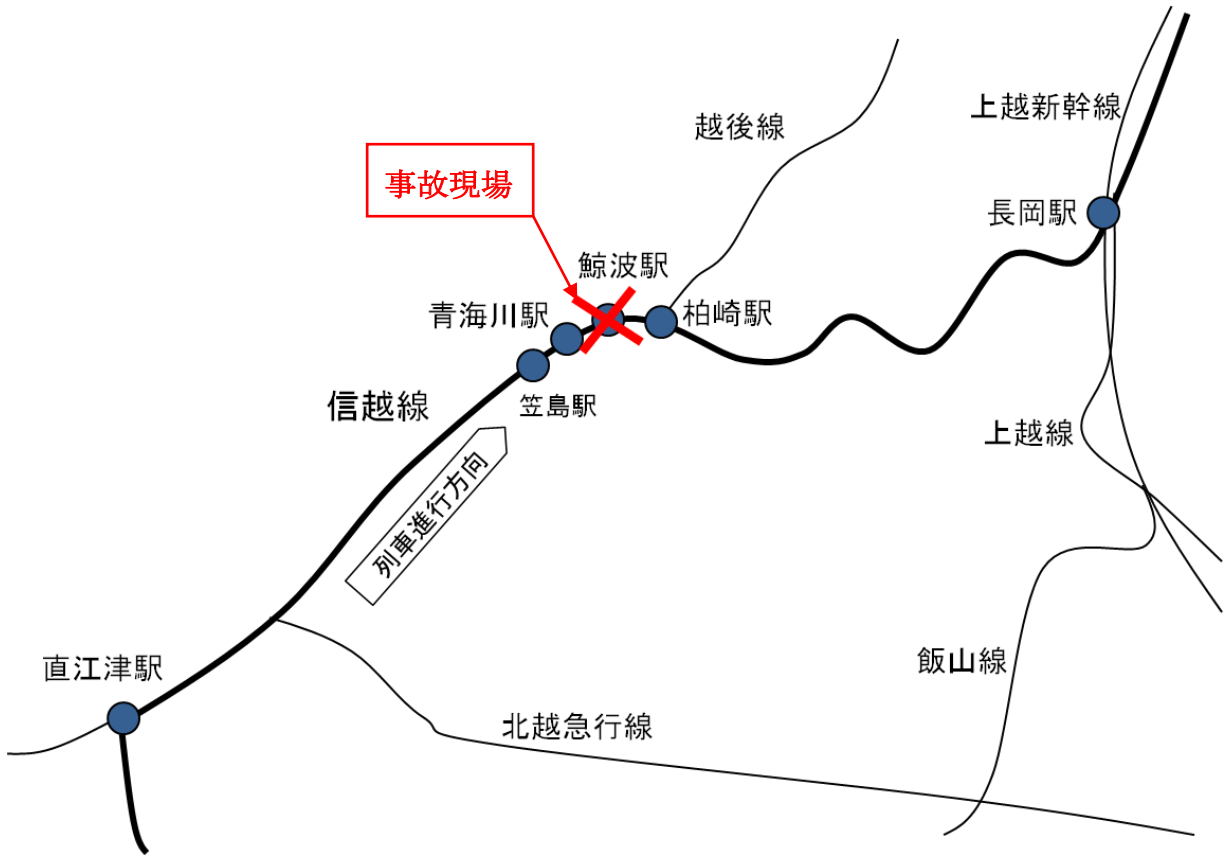
5.2 事故後に同社が講じた措置

同社は、本事故に鑑み、新潟支社所属の同形式車両を対象として、以下のような対策を実施することとした。

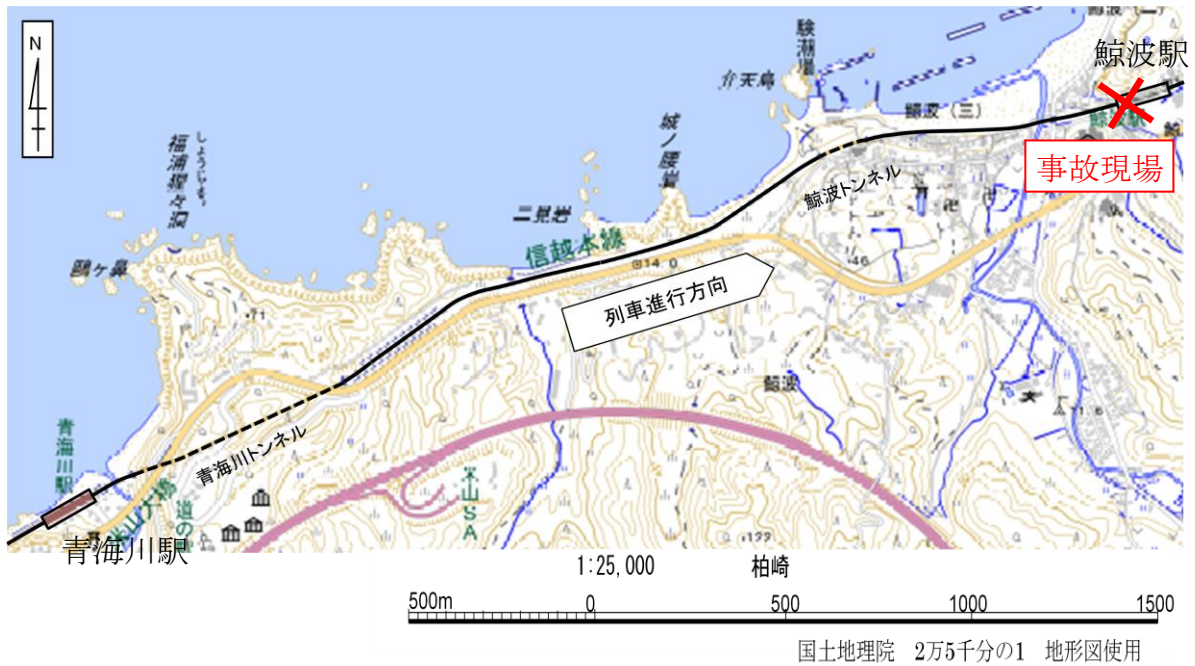
- (1) 緊急的な措置として、パンタグラフ支持碍子の清掃を実施した。
- (2) パンタグラフ支持碍子の清掃の周期を180日から90日に短縮した。
- (3) (2)の後、パンタグラフ支持碍子表面にシリコングリスを塗布することとした。これにより、パンタグラフ支持碍子の清掃の周期を180日に変更した。

付図1 信越線路線図

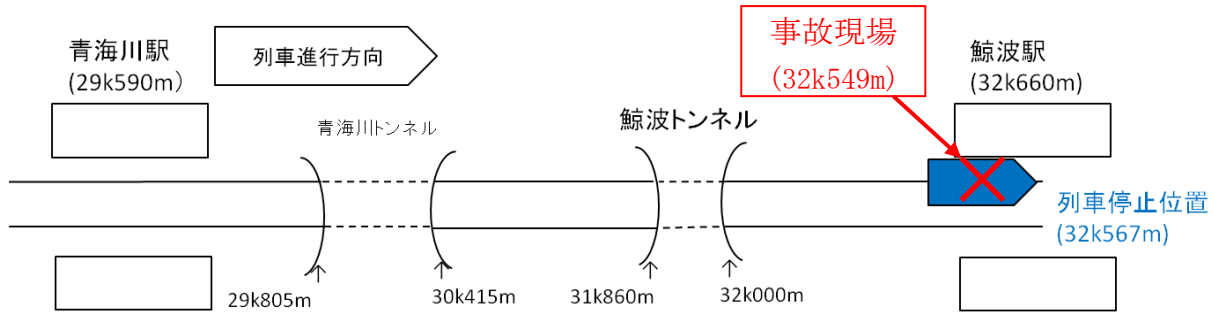
信越線 篠ノ井駅～新潟駅間 220.6km(単複線)



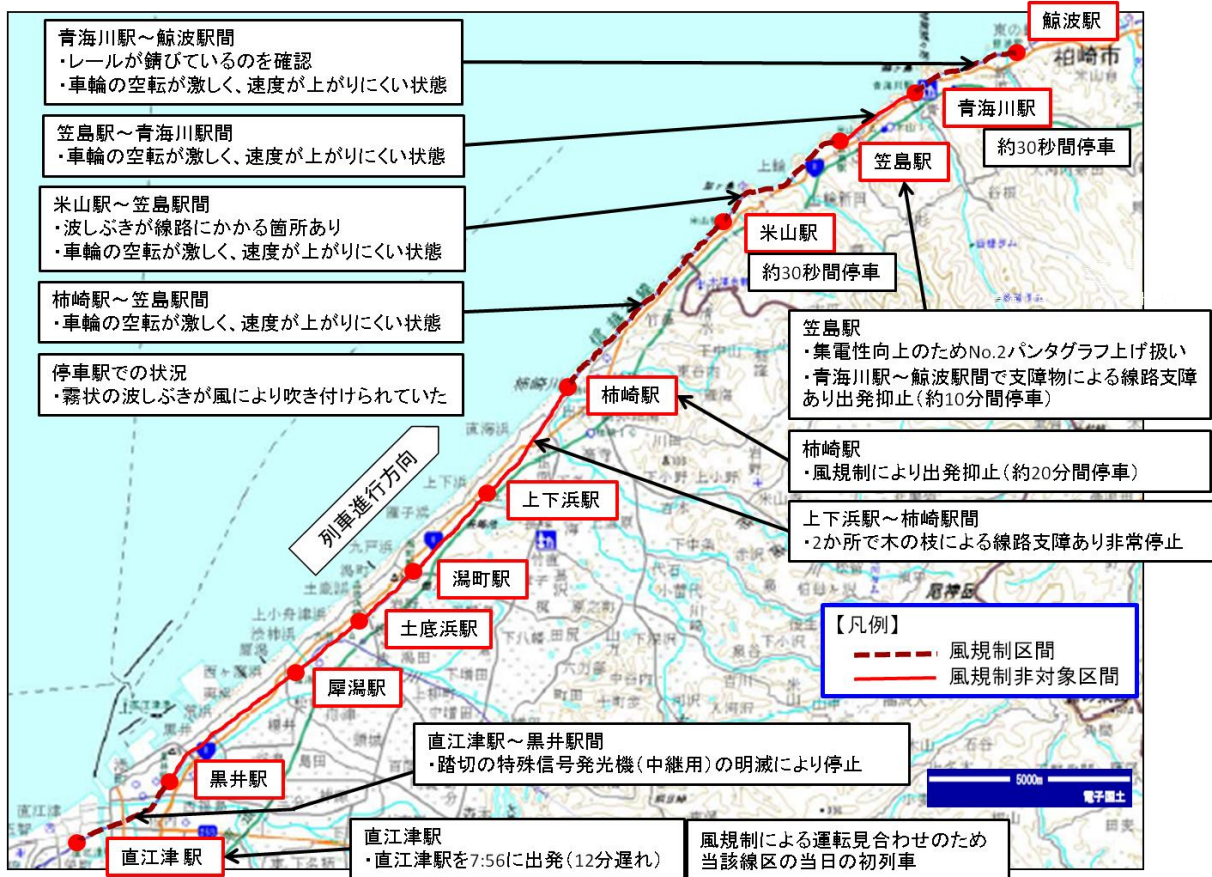
付図2 事故現場付近の地形図



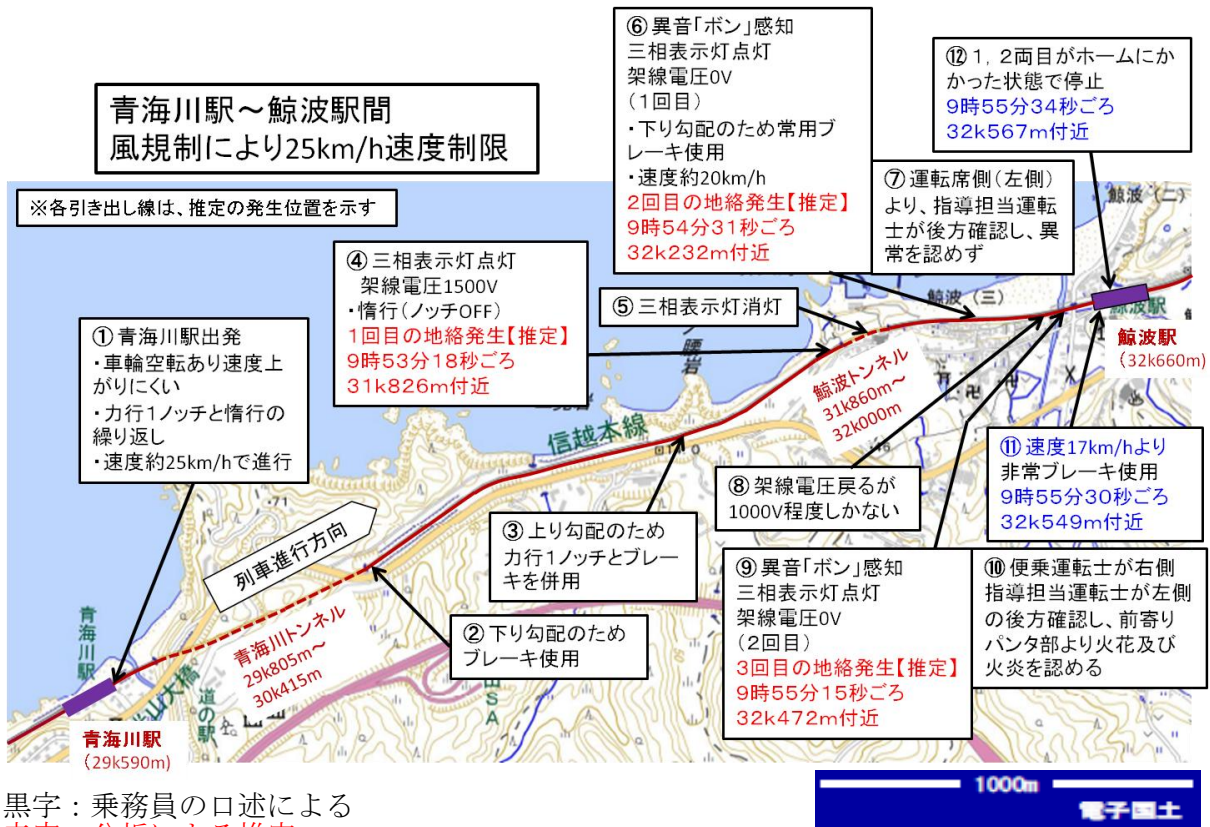
付図3 事故現場略図



付図4 本件列車運行状況

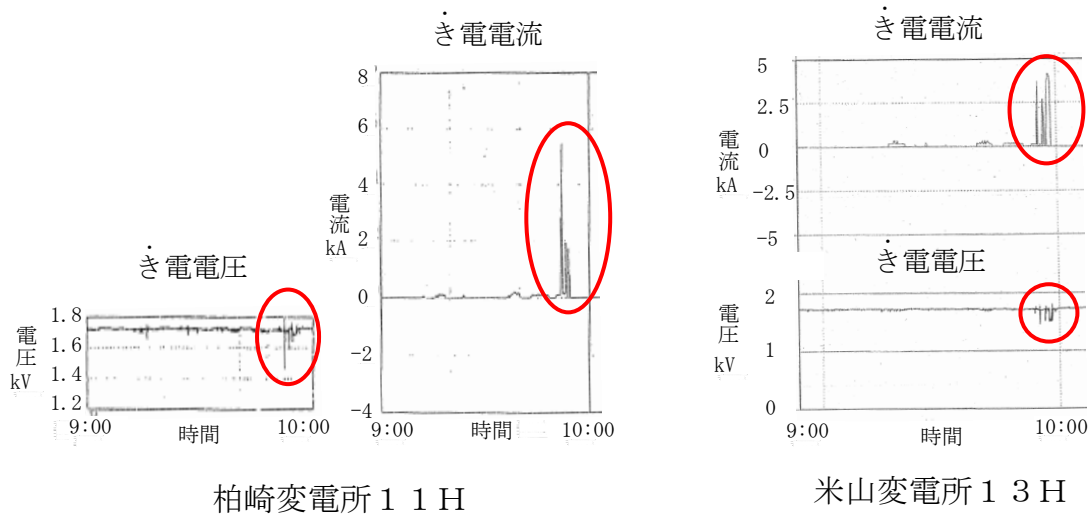


付図5 本件列車運行状況（青海川駅～鯨波駅間）



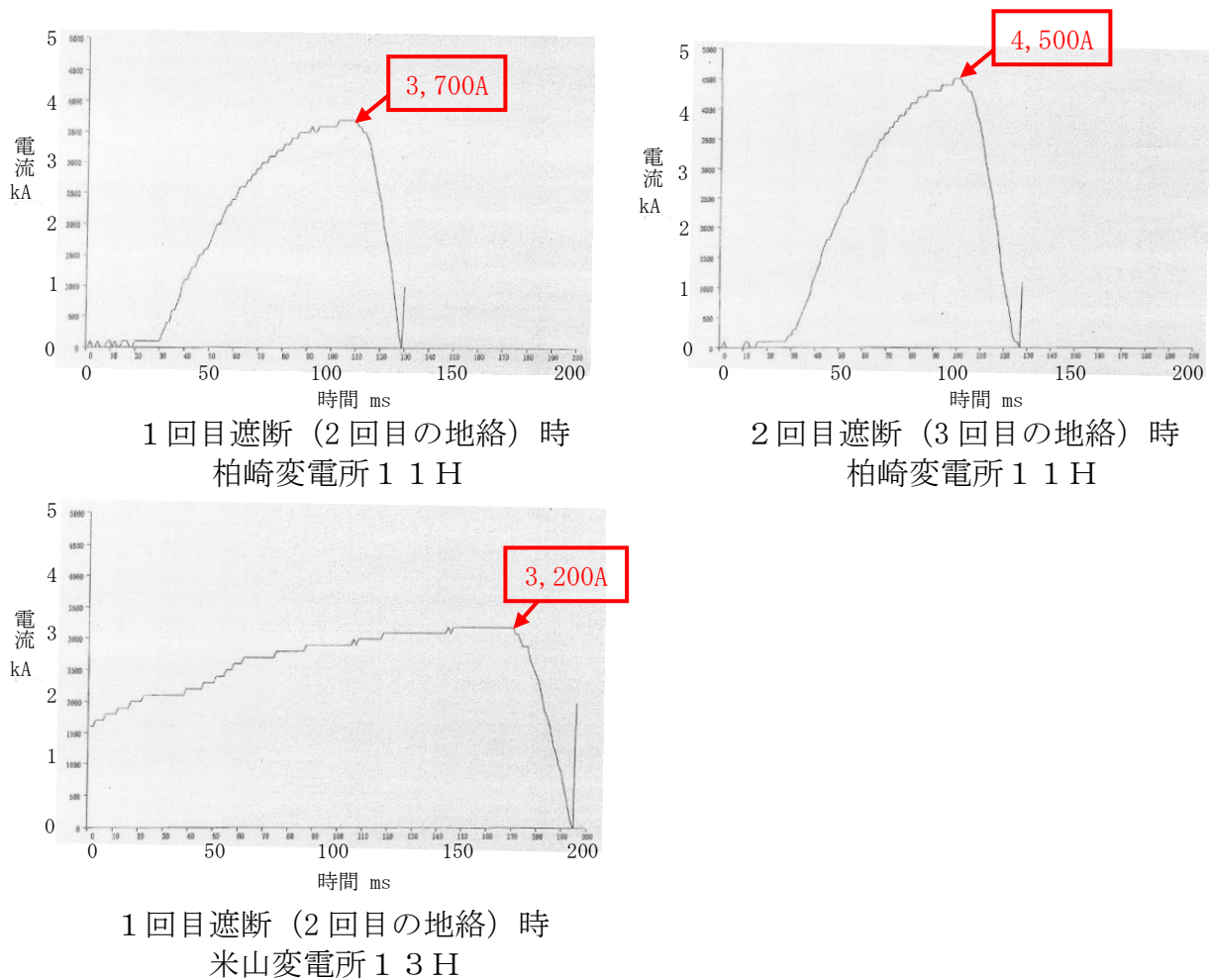
黒字：乗務員の口述による
赤字：分析による推定
青字：運転状況記録装置による

付図6 両変電所のき電電流波形及びき電電圧波形

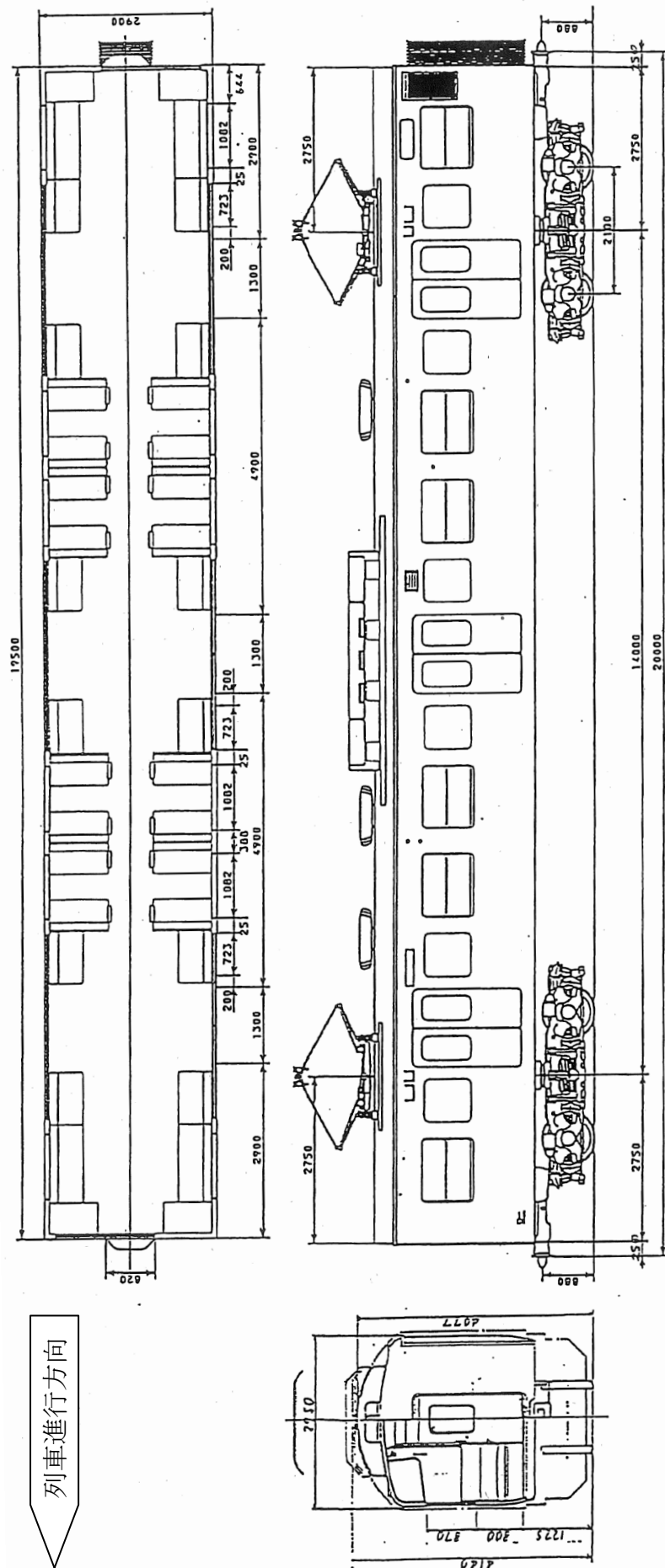


各波形とも事故発生時刻ごろに三つのピークがある

付図7 両変電所の遮断時の電流波形



付図8 車両形式図 (モハ114-1000代)

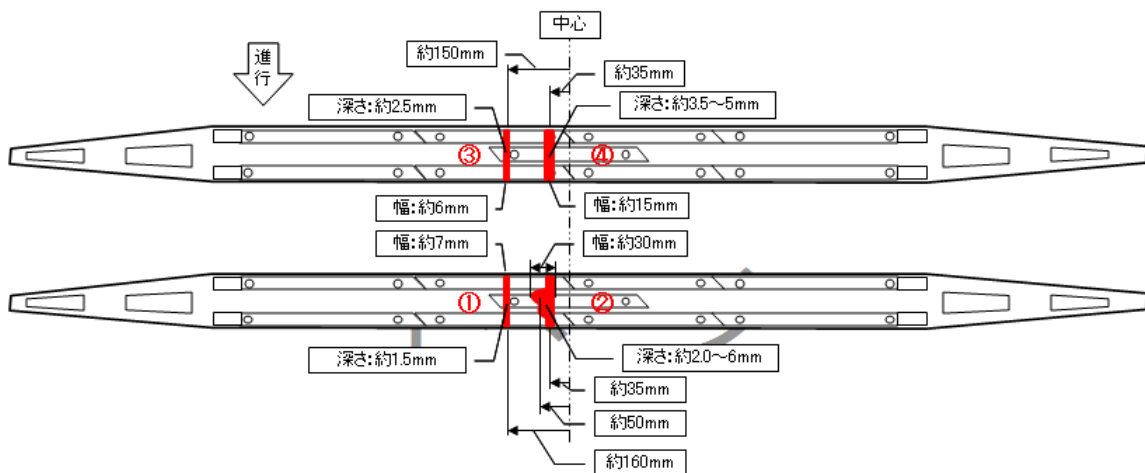


車種 直流電車 (DC1, 500V)
 定員 364名 (座席定員195名)

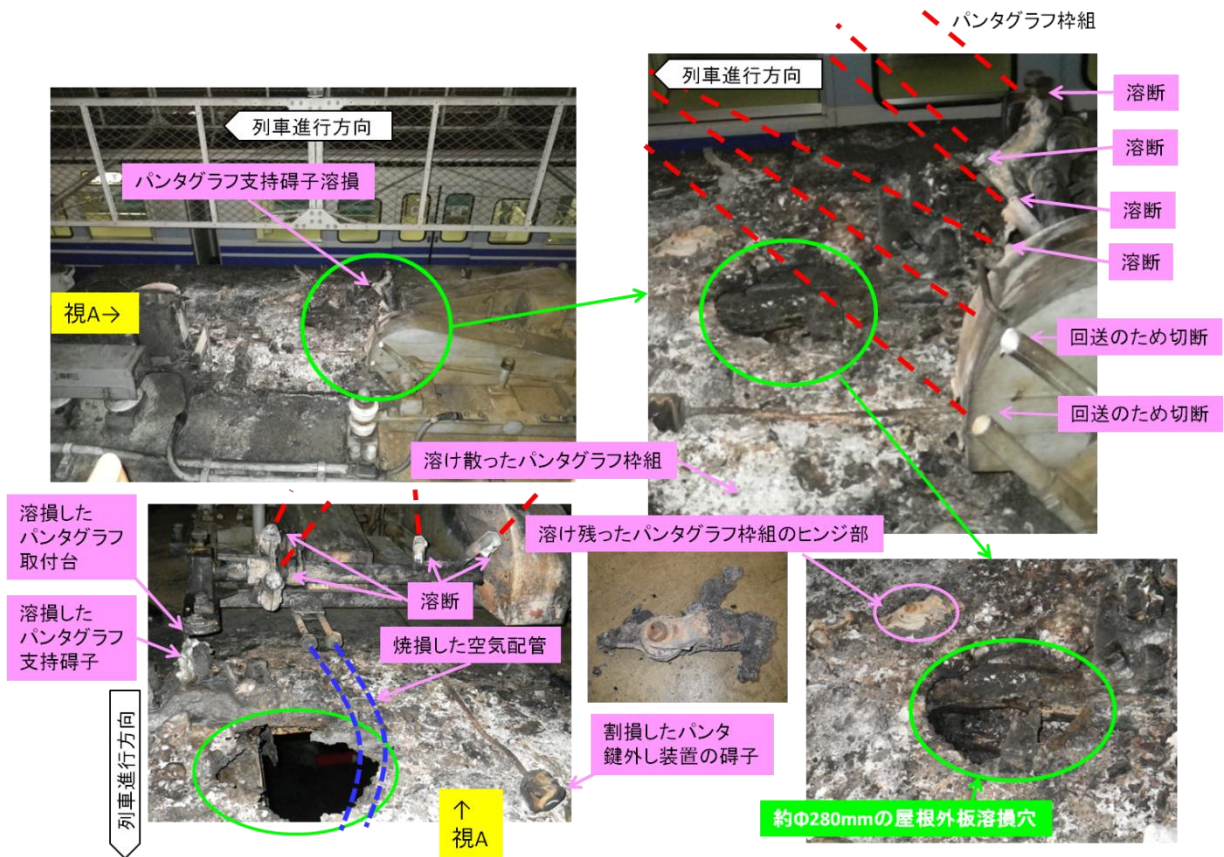
付図9 パンタグラフの損傷状況



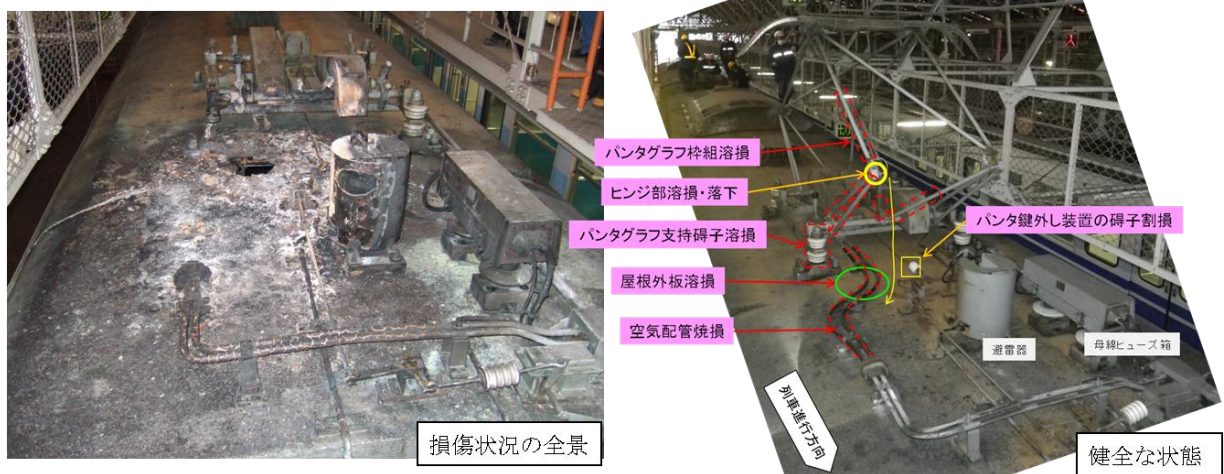
パンタグラフすり板の溶損状況



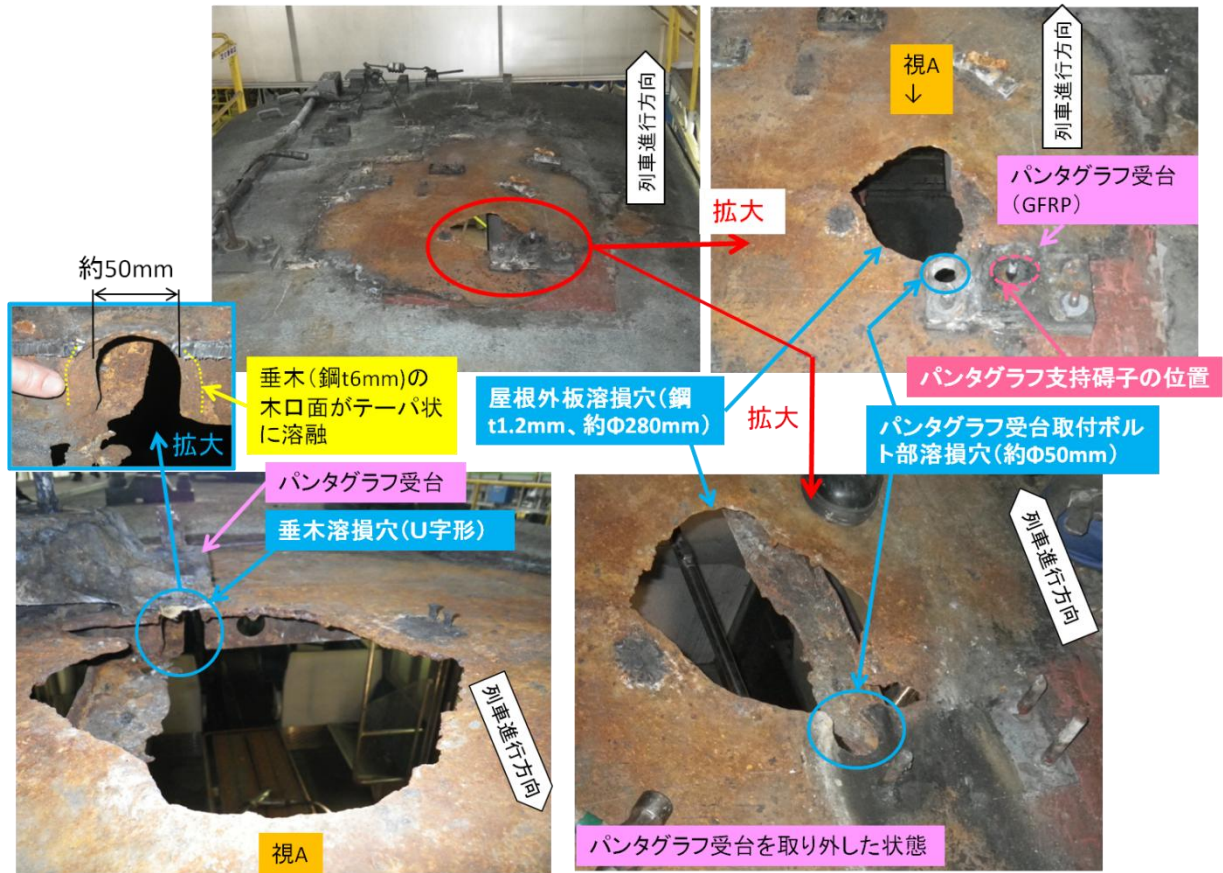
付図10 屋根上の損傷状況（パンタグラフを撤去した状態）



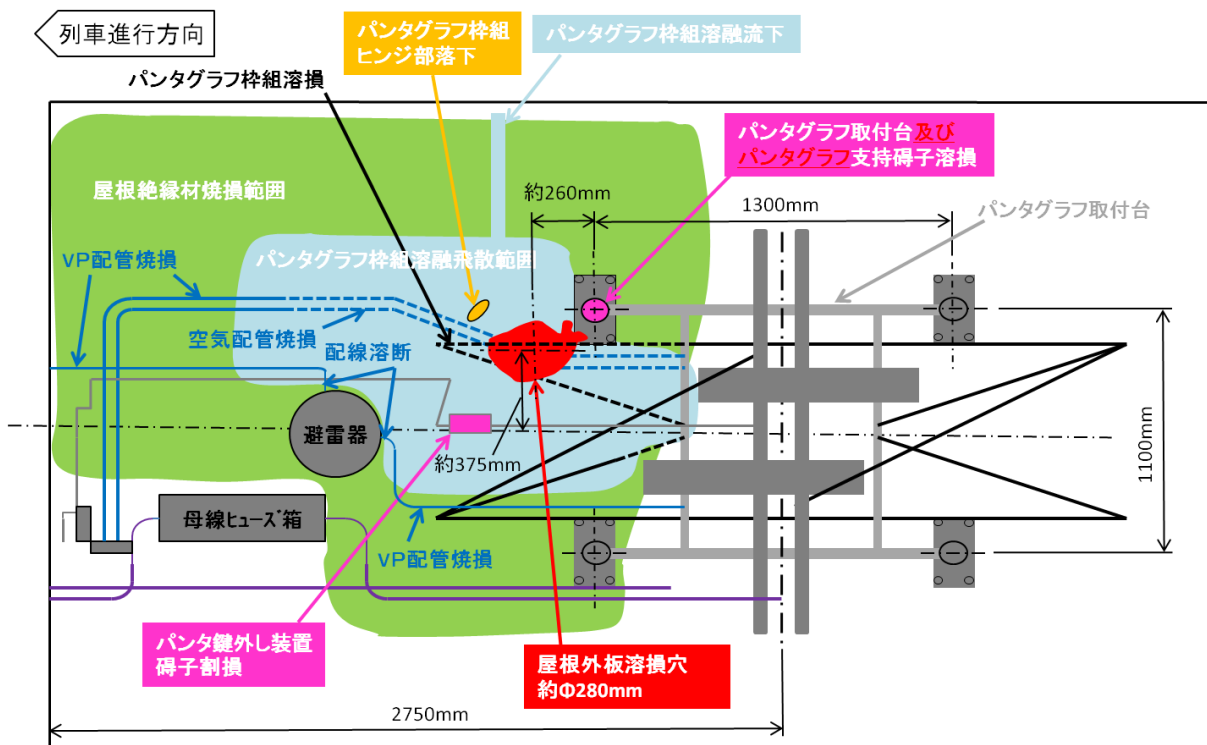
健全な状態との比較



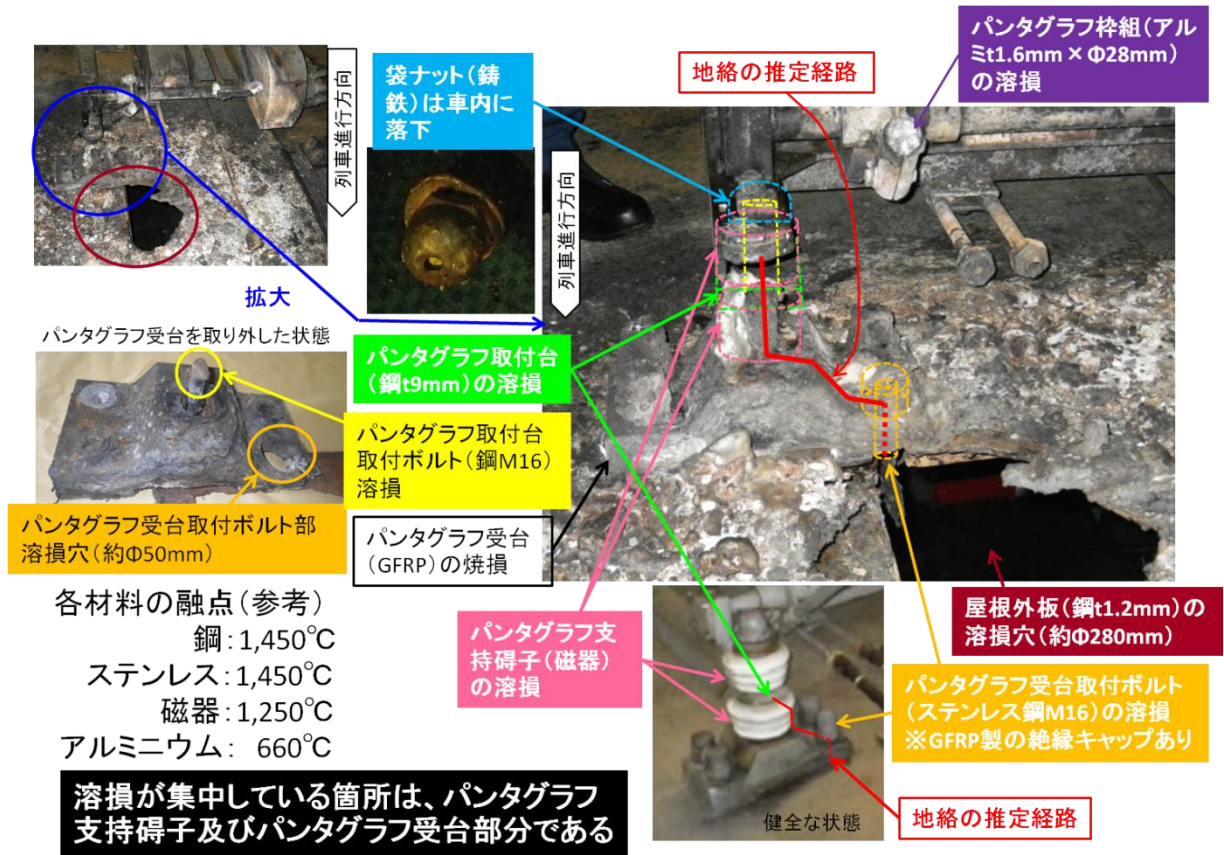
付図 1 1 屋根構体の損傷状況



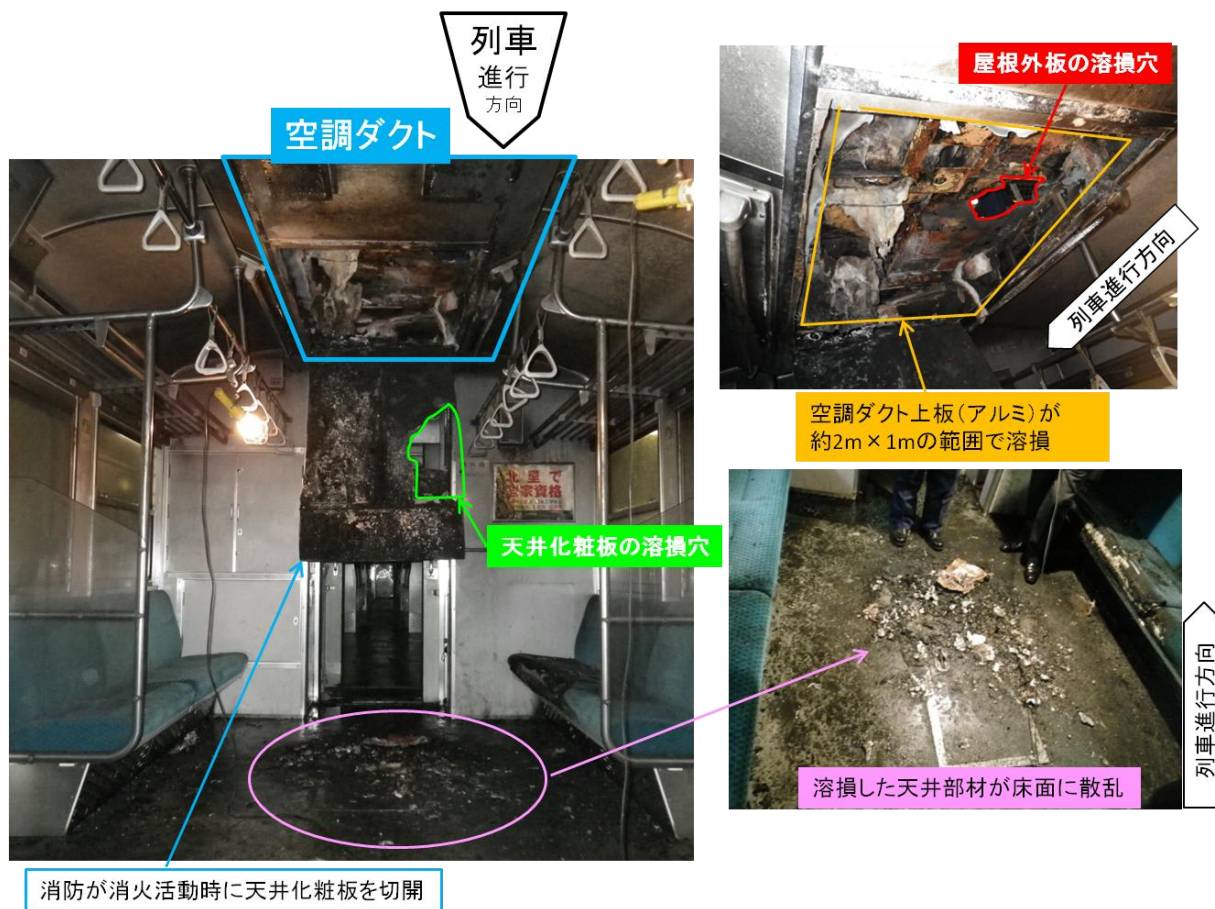
付図 1 2 屋根上の損傷状況 (概略図)



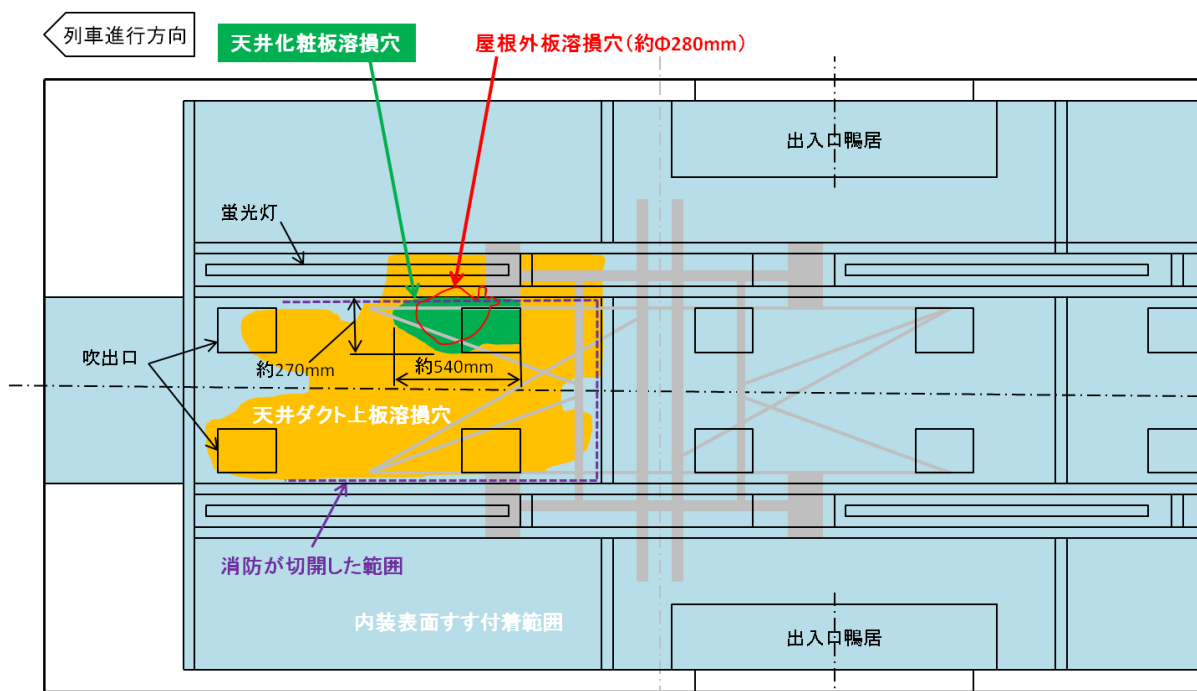
付図 1 3 地絡発生箇所（推定）の状況



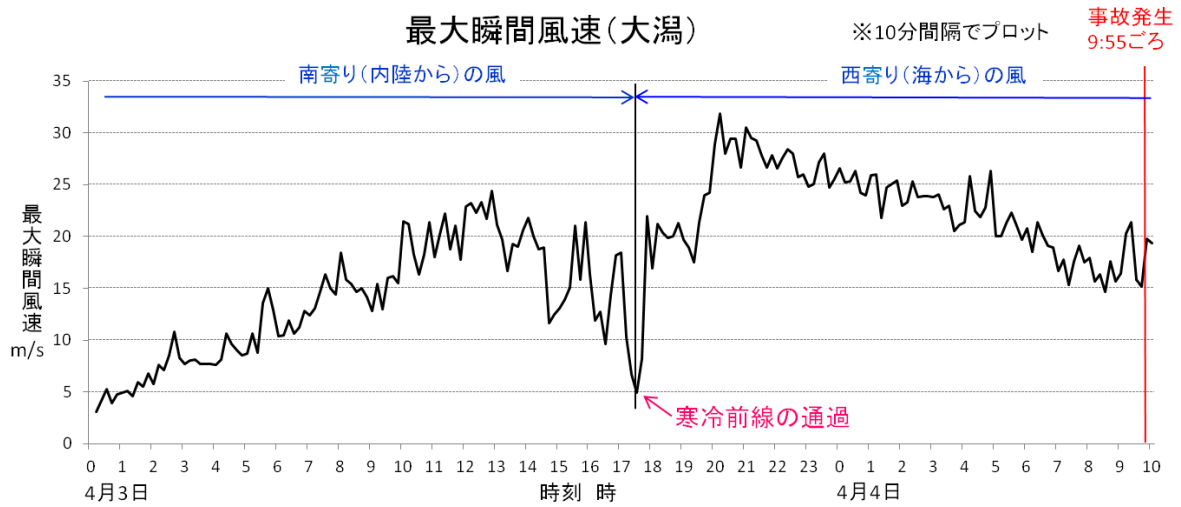
付図 1 4 車内の損傷状況



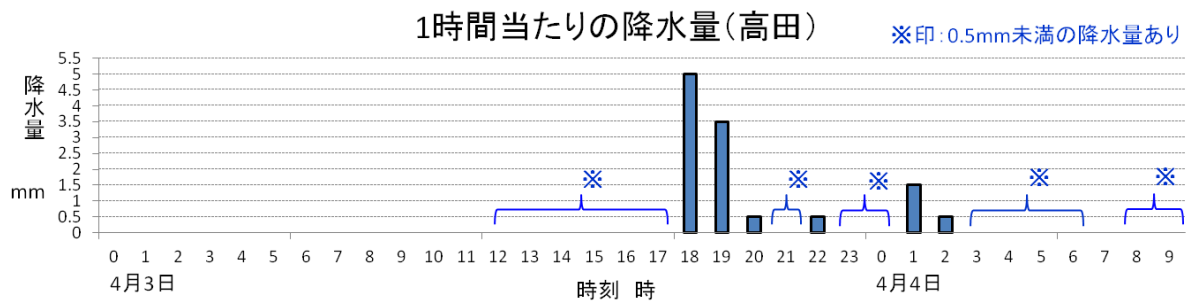
付図 1 5 車内天井の損傷状況 (概略図)



付図16 アメダス（大湊）が記録した最大瞬間風速の推移



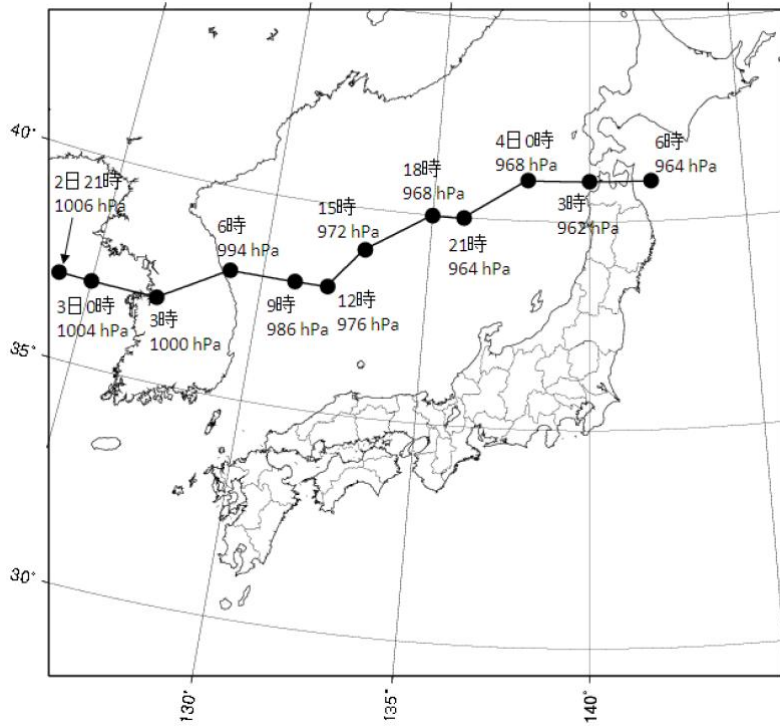
付図17 アメダス（高田）が記録した1時間当たりの降水量の推移



付図 1 8 低気圧の経路図及び地上天気図・気象衛星画像

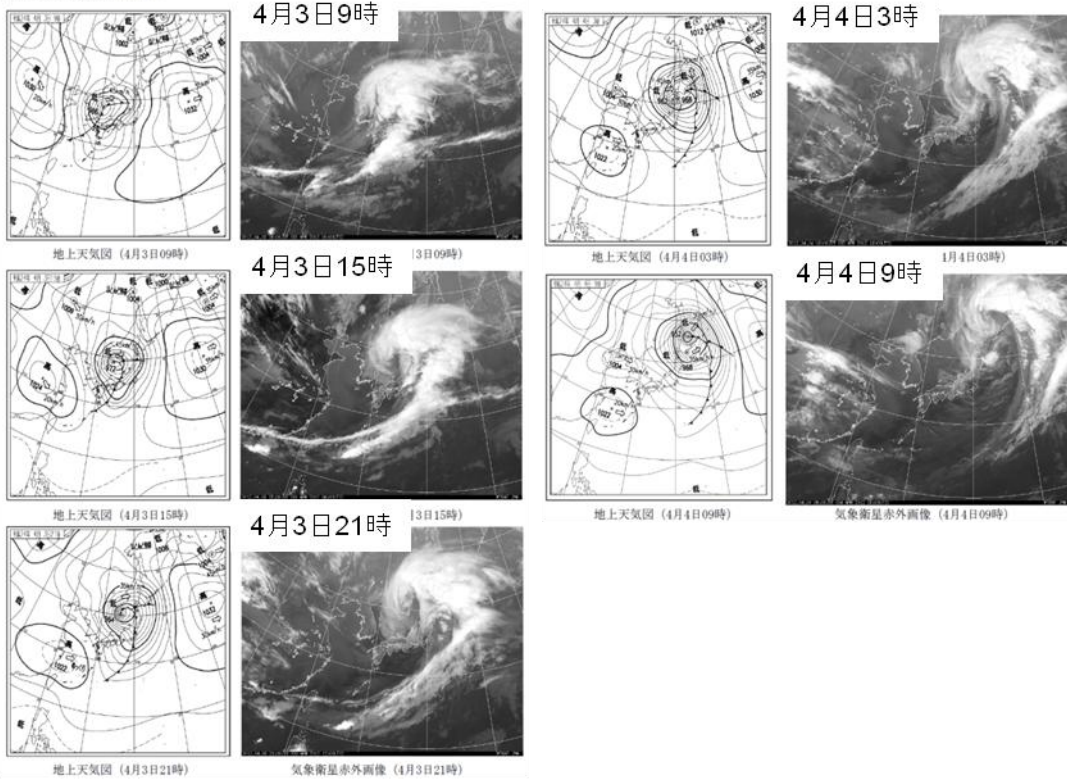
新潟地方気象台が平成24年4月4日に発表した「平成24年4月3日から4日にかけて急速に発達した低気圧に関する新潟県気象速報」より引用

低気圧の経路図



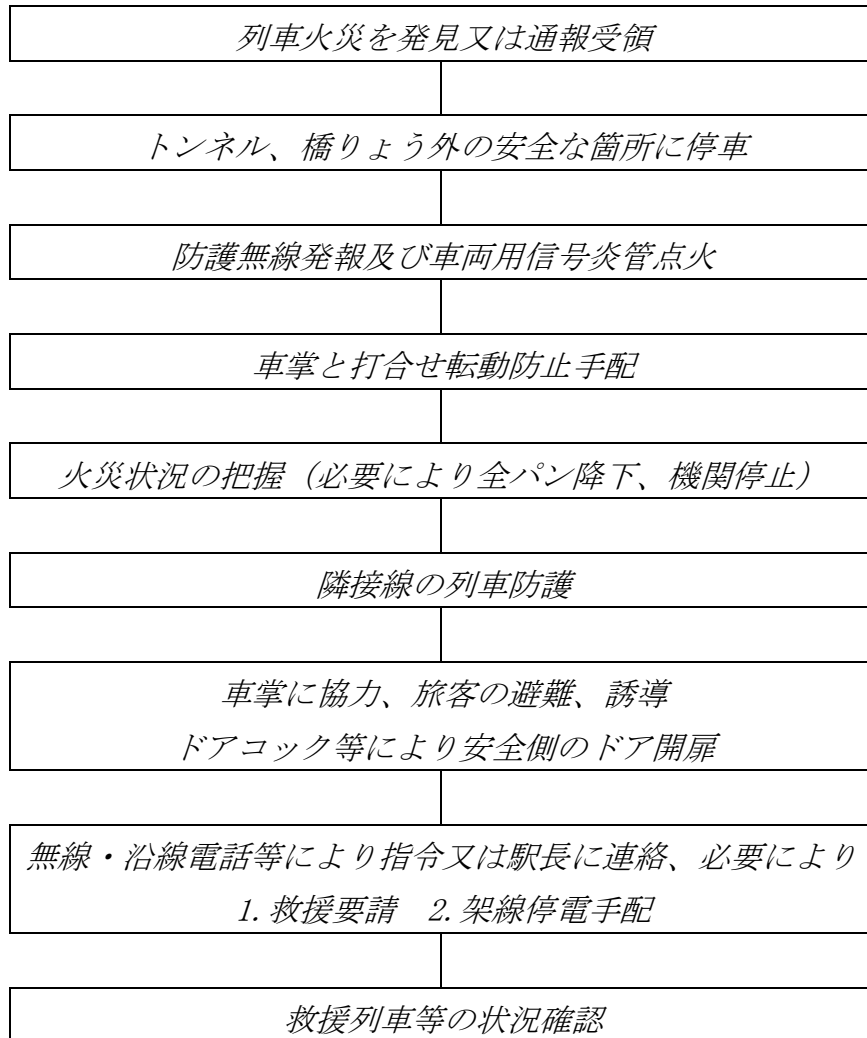
地上天気図・気象衛星画像

<地上天気図・気象衛星画像>



付図 1 9 列車火災発生時の運転士の取扱い

※同社の「異常時運転取扱手引（運転士編）」より抜粋



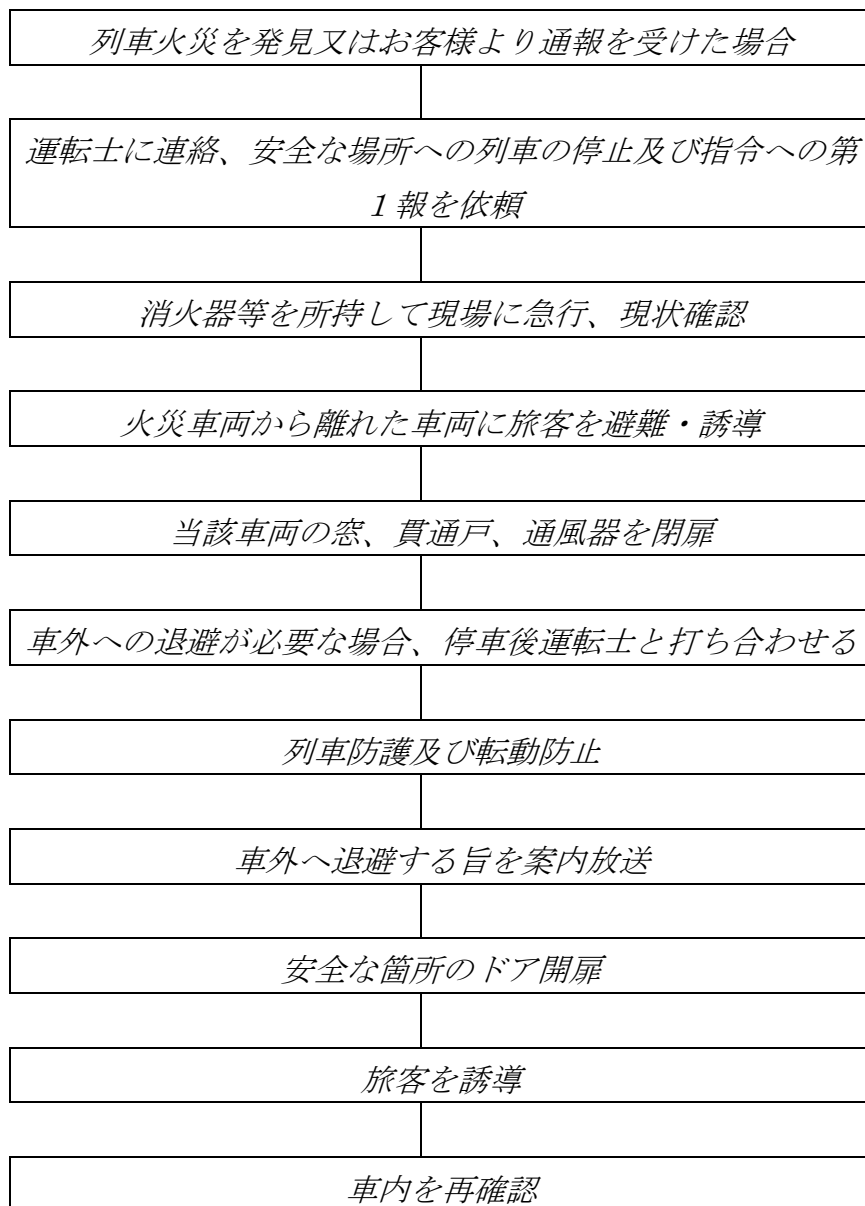
注 1：地下区間を除く列車火災発生時の処置を示す。

注 2：火災程度が大きく初期消火不可能であり、乗客の避難が必要な場合を示す。

注 3：トンネル内及び橋りょう上で運転継続が不能な場合の処置については、省略する。

付図 2 0 列車火災発生時の車掌の取扱い

※同社の「異常時運転取扱手引（車掌編）」より抜粋



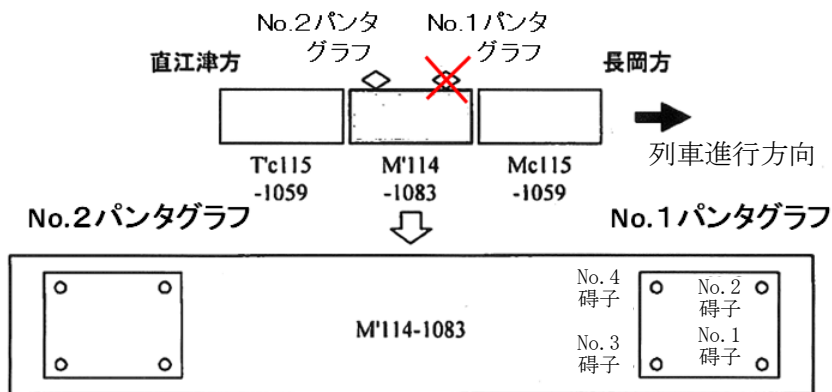
- ・大原則は列車をトンネル内、橋りょう上を避け安全な場所に停止させること。
- ・運転士、指令との連絡は密に行うこと。

注1：地下区間を除く列車火災発生時の処置を示す。

注2：火災程度が大きく初期消火不可能であり、乗客の避難が必要な場合を示す。

注3：トンネル内及び橋りょう上で運転継続が不能な場合の処置については省略する。

付図 2 1 事故後のパンタグラフ支持碍子の絶縁抵抗測定結果



パンタグラフ	碍子	乾燥	湿潤	清掃後			
No.1	No.1	上	破損				
		下					
	No.2	上	50	/	/		
		下	30				
	No.3	上	50				
		下	50				
	No.4	上	150				
		下	500				
No.2	No.1	上	200			80	/
		下	300			15	
	No.2	上	300	100			
		下	300	15			
	No.3	上	300	100	150		
		下	100	8	50		
	No.4	上	200	20	/		
		下	200	9			

単位：MΩ

判定基準：5MΩ

判定基準を超える絶縁抵抗の低下はみられない