

RA2014-2

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 富山地方鉄道株式会社 本線 内山駅構内 列車脱線事故

II 東日本旅客鉄道株式会社 大湊線 下北駅～大湊駅間 列車脱線事故

平成26年 2 月 28 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」

I 富山地方鉄道株式会社 本線 内山駅構内
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：富山地方鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成24年3月30日 11時50分ごろ

発生場所：富山県黒部市

本線 内山駅構内（単線）
うちやま

平成26年1月20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	横山茂
委員	石川敏行
委員	富井規雄
委員	岡村美好

要旨

<概要>

富山地方鉄道株式会社の本線宇奈月温泉駅うなづきおんせん発電鉄黒部駅行き1両編成の上り回送第40232列車（除雪車両）は、平成24年3月30日、宇奈月温泉駅を11時40分に出発した。

列車の運転士は、内山駅に進入する直前で異音と衝撃を感じたため、非常ブレーキを使用して列車を停止させたところ、列車の前軸の車輪が左へ脱線しているのを確認したため、指令に脱線した旨を連絡した。

列車には運転士1名及び鉄道係員2名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、半径200mの右曲線において、回送列車（除雪車両）の前軸の外軌側（左）車輪の脱線係数が増加するとともに、限界脱線係数が低下したため、外軌に乗り上がって左に脱線したものと考えられる。

脱線係数が増加したことについては、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化していたこと、5 m平面性変位が大きくなっていたこと及び除雪車両がカント超過の状態で行ったと考えられることから、横圧が増加するとともに輪重が減少したことによるものと考えられる。なお、除雪車両において、前軸が後軸に比べて軸重が軽くなっていたことも、平面性変位が大きな区間を走行する際の前軸の輪重の減少に関与していた可能性があると考えられる。

限界脱線係数が低下したことについては、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化していたことにより、除雪車両の前軸のアタック角が大きくなったことによるものと考えられる。

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

富山地方鉄道株式会社の本線宇奈月温泉駅うなづきおんせん発電鉄黒部駅行きでんてつくろべ1両編成の上り回送第40232列車（除雪車両）は、平成24年3月30日（金）、宇奈月温泉駅を11時40分に出発した。

列車の運転士は、内山駅に進入する直前で異音と衝撃を感じたため、非常ブレーキを使用して列車を停止させたところ、列車の前軸（前後左右は列車の進行方向を基準とする。）の車輪が左へ脱線しているのを確認したため、指令に脱線した旨を連絡した。

列車には運転士1名及び鉄道係員2名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

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3月30日、事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

北陸信越運輸局は、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 3 月 30日	現地調査
平成24年 3 月 31日	現地・車両調査、口述聴取
平成25年 9 月 12日及び13日	現地・車両の追加調査

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

事故に至るまでの経過は、富山地方鉄道株式会社（以下「同社」という。）の宇奈月温泉駅発電鉄黒部駅行き1両編成の上り回送第40232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。）及び同乗していた鉄道係員2名（以下「鉄道係員A」、「鉄道係員B」という。）の口述によれば、概略は次のとおりであった。

(1) 本件運転士

内山駅手前の^{おおがみ}大上踏切道（電鉄富山駅起点49k025m、以下「電鉄富山駅起点」は省略。）付近で、内山駅の場内信号機が進行現示であることを確認した。この付近は曲線区間で分岐器の開通方向の確認ができないため、常用ブレーキを使用して、本件列車の速度を約30km/hから約15km/hまで減速させて進行した。その後、分岐器の開通方向を確認して、「進路よし」と喚呼した時、「フワッ」と浮くような感じがして衝撃と異音を感じたため、慌てて非常ブレーキを使用して本件列車を停止させた。

本件列車が完全に停止した後、降車して状態を確認したところ、前軸の車輪が脱線していることを確認した。その後、同乗していた鉄道係員Aが指令に連絡しているのを確認したため、本件列車のエンジンを停止させ、転動防止のためブレーキを緊締し、手歯止めを掛けた。

その後、本件列車の停止位置から線路を横切る^{かいきよ}開渠（水路）の付近まで確認した際に、レールと車輪が接触したことによるものと思われる痕跡を確認した。

なお、本件列車の出庫点検において、特に異常はなかった。

(2) 鉄道係員A

本件列車には進行方向を向いて座って乗車していた。車体が揺れたかなという感じがした後、いつもと違う音が聞こえるのとほぼ同時に衝撃を感じ、その後は砂利道を走る時のように上下に振動しながら進む感じであった。

本件列車が停止した後、前軸の車輪が脱線していることを確認したため、内山駅ポイント手前で脱線したことを11時57分に指令に報告した。

その後、レールに痕跡がないかを見て回ると、右側のレール（内軌）の頭頂面に黒くこすったように見える箇所があった。また、線路を横切る開渠（水路）の付近から本件列車の停止位置までの間の左側のレール（外軌）の数か所で、レールと車輪が接触したことによるものと思われる痕跡を確認した。

(3) 鉄道係員B

本件列車には進行方向を向いて乗車していた。「ガタン」と1回音がしたときは、何かにぶつかったのではないかと思った。

その後、本件列車は線路の進行方向ではなく、線路脇に設置された融雪装置用の煙突のある方向に進むようであったが、煙突に衝突せずに停車した。本件列車の停止後に行った線路の確認において、線路を横切る開渠（水路）の付近から本件列車の停止位置までの間に、レールと車輪が接触したことによるものと思われる痕跡を確認した。

なお、事故の発生時刻は11時50分ごろであった。

(付図1 本線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場略図、写真1 脱線現場及び本件列車の損傷状況 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷
なし。

2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

本件列車の停止位置は、内山駅の上り本線と下り本線に分岐するために設置されている片開き分岐器（分岐器始端は48k858m）付近であり、車両の先頭が48k852m付近であった。本件列車の前軸は48k855m付近で左に約0.3m脱線した状態で停止しており、後軸は本線のレール上にあり脱線していなかった。なお、本件列車は除雪車両の編成である。

(付図3 事故現場略図、写真1 脱線現場及び本件列車の損傷状況 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 概要

同社の本線電鉄富山駅～宇奈月温泉駅間は、延長53.3kmで、軌間は1,067mm、動力は電気（直流1,500V）である。事故現場付近は単線である。

(付図1 本線路線図 参照)

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

- (1) 事故現場付近は、バラスト軌道に37kgレール及び木まくらぎが使用されている。また、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、同社が北陸信越運輸局長へ届け出ている実施基準（以下「届出実施基準」という。）の一部である「軌道実施基準」に則して、安全レール^{*1}が設置されている。
- (2) 平面線形は、48k970m～48k860mまでは半径200mの右曲線、このうち48k935m～48k895mは円曲線、48k895m～48k860mは緩和曲線^{*2}で、緩和曲線長は35mである。円曲線には

^{*1} 「安全レール」とは、脱線した車両が軌間外に逸脱し、横転又は転落による大事故を防止することを目的として、脱線した車輪が本線レールに沿って走行できるように誘導するレールをいう。降雪、落石区間で脱線防止ガード等の設置が不適切な場合には、危険の大きな側のレールの軌間外方に設置される。

^{*2} 「緩和曲線」とは、車両の走行を円滑にするため直線と円曲線、又は2つの曲線の間に設けられる線形をいう。

65mmのカント^{*3}及び10mmのスラック^{*4}が設定されており、緩和曲線全長でカント及びスラックが^{ていげん}逡減されている。

- (3) 線路の勾配は、本件列車の進行方向を基準として、49k484m付近～48k862m付近までは25%の下り勾配、48k862m付近～48k769m付近までは平坦（0%）である。
- (4) 事故現場付近の線路の左側には幅約60cmの開渠（水路）が設けられており、48k881m付近で線路直下を横断している。
- (5) 開渠（水路）が線路を横断している48k881m付近には、軌間^{*5}を保持するためにゲージタイ^{*6}が設置されている。
- (6) 内山駅の上り本線と下り本線に分岐するため、48k858mから37kgレール8番片開き分岐器が設置されている。

（付図3 事故現場略図 参照）

2.3.2.3 軌道の定期検査に関する情報

軌道の維持管理については、届出実施基準の一部である「軌道実施基準」で定められている。

軌道の定期検査は、基準期間を1年とし、軌道変位（軌間、水準、高低、通り^{*7}及び平面性^{*8}）やレールの摩耗量等について行っている。軌道変位は、可搬式の軌道変位測定装置により測定し、測定値から設計値を考慮して求めている。表1は事故現場付近の軌道の整備基準の一部である。また、5日に1回以上、徒歩又は列車添乗により線路の巡視を行うこととしている。

なお、軌道変位の測定については、5年前までは他の鉄道事業者が所有する軌道検測車により、軌道検測車の車上で演算されて出力される「移動平均法による軌道変位^{*9}」が軌道整備基準値を超過していないかを検査していた。

^{*3} 「カント」とは、曲線を走行する際の遠心力が走行安全性及び乗り心地に対して影響することを低減するように設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

^{*4} 「スラック」とは、車両の輪軸（車輪と車軸とを組み立てたもの）が無理なく曲線を通過できるよう、曲線中の軌間を拡大する量をいう。

^{*5} 「軌間」とは、左右レール頭部の軌間内側面間の距離をいう。また、「軌間変位」とは、軌間内側面間の距離から左右レールの基本寸法（1,067mm）及びスラックを除いたものである。

^{*6} 「ゲージタイ」とは、軌間を保持するために左右のレールをつなぐ棒状の金具をいう。

^{*7} 「通り変位」とは、レール側面の長さ方向への凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレールの軌間内側面に張ったときの、その中央部における糸とレールとの距離（通り正矢）で表す。また、曲線部については、曲線半径による正矢量を差し引いた値で表す。

^{*8} ここでいう「平面性変位」とは、軌道の平面に対するねじれ状態をいい、軌道の一定の距離を隔てた2点間の水準の差で表す。2点間の距離が5mであれば、5m平面性変位という。なお、本文中では左前方が下がる向きにねじれている場合の平面性変位を正の値としている。

^{*9} ここでいう「移動平均法による軌道変位」は、軌道変位の検査における測定値（高低及び通り）から、測点付近の一定区間長での平均値を減じた値をいう。

表1 整備基準

(1) 軌道整備基準値

軌道変位の項目	軌道整備基準値
軌間	+18mm ・ -6mm
水準	15mm
高低	15mm
通り	15mm
5m平面性	23mm

(2) レールの交換基準

- ・ レールの頭部の最大摩耗量が軌間内側で12mm
- ・ 波状摩耗の波高が2mm
- ・ 端部摩耗の摩耗高が3mm

2.3.2.4 事故現場付近の軌道の定期検査に関する情報

事故現場付近の直近の軌道変位の定期検査は、平成23年11月9日に可搬式の軌道変位測定装置により、軌間変位、水準変位、高低変位（測定弦長10m）、通り変位（同）及び5m平面性変位について5m間隔で実施されていた。

48k895m～48k870mの軌道変位の検査結果を表2に示す。検査結果において、48k885mの内軌の高低変位並びに48k885m～48k870mの内軌及び外軌の通り変位は、同社の軌道整備基準値を超えていた。

同社によれば、これらの軌道整備基準値の超過箇所のうち、高低変位については、積雪量が少なくなった頃に軌道整備を実施する計画としていた。また、通り変位については、軌道整備基準値を超過した状態であることを認識していたが、幅約60cmの開渠（水路）を斜めに横断するなど、周辺的环境条件などの制約から設計値のとおり軌道整備をすることが困難な状況となっていたため、通りが急激に変化していないことなどを目視により確認するとともに、恒久的な軌道整備及び管理の方法を検討しているところであった。

また、レールの摩耗量の定期検査は、平成23年8月26日に実施されており、検査結果において、事故現場付近のレールの摩耗量は、ゲージコーナ^{*10}でレールの交換基準の12mmに達していた。交換基準に達していたレールについては、平成24年度に交換する計画としていた。

なお、線路の巡視は、平成24年3月18日に徒歩、平成24年3月22日及び3月27日に列車添乗により実施されていたが、異常は認められていなかった。

*10 「ゲージコーナ」とは、敷設されたレール頭部の軌間内側で、車輪のフランジと接触する部分のことをいう。

表2 軌道変位の定期検査結果（事故現場付近を抜粋）（単位:mm）

	通り変位 (内軌)	通り変位 (外軌)	高低変位 (内軌)	高低変位 (外軌)	軌間変位	水準変位	5 m平面 性変位
48k895m	9.2	10.8	-5.4	-2.0	12.8	-11.2	4.2
48k890m	13.0	11.7	-10.9	-12.8	12.5	-14.0	10.8
48k885m	21.0	22.7	-16.5	-13.8	14.0	-11.3	7.3
48k880m	42.9	44.4	-3.0	-7.3	12.9	-13.8	12.5
48k875m	35.8	33.4	-11.3	-11.8	7.8	-7.7	3.9
48k870m	15.1	18.3	-6.3	-2.6	7.5	-0.7	3.0

※表中の網掛けは軌道整備基準値を超過している箇所

2.3.2.5 事故発生直後の軌道の状態に関する情報

事故発生直後に、可搬式の軌道変位測定装置により48k910m～48k853mまでの軌道変位を0.5m間隔で測定した。また、48k881m～48k882mのレールの摩耗量を0.5m間隔で3点測定した。これらの測定の結果、軌道変位及びレールの摩耗の状態は以下のとおりであった。

- (1) 高低変位は、内軌の48k885.5m～48k884.5mまでの区間において-16mm～-19mmで、軌道整備基準値の±15mmを超えていた。
- (2) 軌間変位は、軌道整備基準値を超えていなかった。
- (3) 水準変位は、48k897m付近（カント50mm）、48k891m付近（同44mm）、48k888m付近（同38mm）及び48k881m付近（同25mm）で-15mmであり、軌道整備基準値の±15mmに達していた。なお、カントは48k895m（同54mm）～48k860m（同3mm）の緩和曲線で逡減されていた。
- (4) 通り変位は、外軌の48k889m～48k872mまでの区間において16mm～49mmで、軌道整備基準値の±15mmを超えていた。なお、通り正矢は、48k891m～48k879.5mまでの区間で58mm（曲線半径216m相当）から86mm（同145m相当）へと曲線半径を小さくする方向に変化し、そこから48k875mまでの区間で59mm（同212m相当）へと急激に変化し、その後は緩やかに0mmまで変化していた。
- (5) 5m平面性変位は、同社の軌道整備基準値の±23mmは超えていなかったが、48k882m～48k878.5mまでの区間において、軌道面が左前方に下がる向きに14mm～22mmと大きく、最大値は48k880mの22mmであった。
- (6) レールの摩耗量は、48k882m～48k881mまでの区間において、

ゲージコーナで13mm～14mmと大きく、レールの交換基準の12mmを超えていた。また、摩耗したレールの形状は、本件列車の車両の車輪フランジの曲線形状に近くなっており、この地点におけるレールと車輪の接触状態は付図5に示すとおりであった。

なお、まくらぎの腐食、犬釘の浮き及び道床の噴泥等は見られなかった。また、48k881m付近に設置されたゲージタイにも異常は見られなかった。

(付図4 事故発生前後の軌道変位測定結果、付図5 本件列車の車両の外軌側(左)車輪と外軌との接触状況 参照)

2.3.3 車両に関する情報

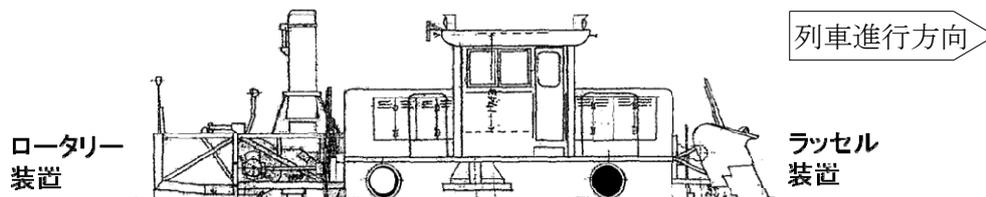
2.3.3.1 車両の概要

本件列車は除雪車両の編成であり、車両の前方にラッセル装置、後方にロータリー装置を装着している。本件列車の車両の主な諸元は次のとおりである。

車種	内燃機関車
編成両数	1両
形式	DL-10型(2軸車)
自重	20.0t(除雪装置有り) 16.0t(除雪装置無し)
軸重(前軸/後軸)	7.5t/12.5t(除雪装置有り) 8.3t/7.7t(除雪装置無し)
最大寸法	11,620×4,500×3,880mm(除雪装置有り) 7,396×2,700×3,880mm(除雪装置無し)
軸距	4.3m
車輪直径	660mm
車輪のフランジ角度*11	60°

←宇奈月温泉駅 方

電鉄黒部駅 方 →



●：脱線した軸を示す

*11 「フランジ角度」とは、車輪のフランジ面が車軸の中心軸となす最大角度をいう。一般にフランジ角度が大きいほど脱線しにくい(「脚注18 限界脱線係数」参照)。

2.3.3.2 定期検査等の状況

(1) 定期検査の状況

本件列車の車両に係る事故直近の定期検査は次のとおりに実施されており、検査の記録に異常は見られなかった。

重要部検査 平成22年12月16日
 月検査 平成24年3月5日
 列車検査 平成24年3月27日

(2) 車輪の寸法等の状況

本件列車の車両の定期検査における車輪の測定値については、バックゲージ^{*12}、フランジ厚さ、フランジ高さ及びタイヤ厚さは、届出実施基準の一部である「車両構造実施基準」に示された限度値（バックゲージ990mm～993mm、フランジ厚さ517mm～527mm、フランジ高さ25mm～35mm、タイヤ厚さ30mm）内であった。事故後の測定値についても限度値内であった。

(3) 車輪の踏面形状の状況

同社では、保有する全ての車両の車輪のフランジ角度を60°としている。事故後に測定した本件列車の車両の車輪踏面形状においては、極端な摩耗は見られず、各車輪のフランジ角度は62°～65°であった。

なお、車両の使用開始から事故発生までの間に車輪の削正は実施されておらず、事故発生までの走行距離は約31,000kmであった。

(4) 静止輪重比

事故後に測定した本件列車の車両の静止輪重及び静止輪重比^{*13}は、表3のとおりである。静止輪重比は、両軸ともに同社の定める管理値（0.9以上1.1以下）の範囲内であった。ただし、本件列車の車両の軸重は、前輪が82.0kN、後輪が130.0kNであり、前軸と後軸の軸重差が大きく、前軸が後軸よりも48.0kN軽くなっている。

表3 本件列車の車両の静止輪重と静止輪重比

車軸部位	後軸		前軸	
	外軌側	内軌側	外軌側	内軌側
車輪部位				
輪重 (kN)	67.0	63.0	40.0	42.0
静止輪重比	1.031	0.969	0.976	1.024
軸重 (kN)	130.0		82.0	

*12 ここでいう「バックゲージ」とは、左右車輪の内面間距離をいう。

*13 「静止輪重比」とは、片側の車輪の輪重をその軸の平均輪重で除した値をいう。

(5) 車両の運用状況

本件列車の車両は除雪作業時に限定して使用されており、事故の直近では平成24年3月11日に現場を走行していた。

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡等に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

- (1) 48k881m～48k878m付近まで、外軌の頭頂面に、車輪によるものと見られる線状の痕跡があった。
 - (2) 48k877m付近から、外軌の頭頂面に、車両が接触したものと見られる痕跡があった。また、外軌と安全レールの間には、車輪によるものと見られる痕跡があった。
 - (3) 48k877m付近から本件列車の前軸の停止地点（48k855m付近）まで、軌間内のまくらぎに、車輪によるものと見られる痕跡が連続していた。
 - (4) 内山駅の上り本線と下り本線に分岐するために設置されている分岐器のポイントガードの頭部等には、本件列車によるものと見られる損傷があった。
- (付図6 線路上の損傷及び痕跡)

2.4.2 車両の損傷及び痕跡等の状況

- (1) 脱線した前軸の左車輪には、フランジ内側に擦過痕があった。なお、後軸の車輪には、損傷及び痕跡はなかった。
- (2) 前軸については、左の排障器は破損し、右の排障器の取付ボルトは折損していた。また、砂まきガイド等にも損傷が見られた。後軸については、ギアケース下部に損傷があった。
- (3) 本件列車の車両に装着されているラッセル装置の先端が曲損していた。なお、ロータリー装置には、損傷及び痕跡はなかった。

(写真1 脱線現場及び本件列車の損傷状況 参照)

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 28歳

甲種内燃車運転免許

平成22年12月10日

鉄道係員A 男性 47歳

鉄道係員B 男性 34歳

2.6 事故発生日の列車の運行状況に関する情報

本件列車は、宇奈月温泉駅での除雪作業を終え、電鉄黒部駅の車庫に戻る途中で

あった。宇奈月温泉駅から電鉄黒部駅に向かう行路は、本件列車から指令に連絡をして臨時に設定されたものである。除雪作業等を行う場合には、必要に応じて同様な措置で行路を設定しており、手続に問題はなかった。

2.7 運転取扱いに関する情報

同社の運転曲線によれば、事故現場付近の制限速度は40 km/hである。

2.8 気象に関する情報

事故発生時の現場付近の天候は晴れであった。

3 分析

3.1 脱線地点に関する分析

本件列車の脱線地点については、

- (1) 2.3.2.2(2)に記述したように、線路の平面線形は、48 k 9 7 0 m～48 k 8 6 0 mまでは半径200 mの右曲線で、このうち48 k 9 3 5 m～48 k 8 9 5 mは円曲線であること、
- (2) 2.3.2.2(3)に記述したように、線路の勾配は、49 k 4 8 4 m付近～48 k 8 6 2 m付近までは25‰の下り勾配であること、
- (3) 2.4.1(1)に記述したように、48 k 8 8 1 m～48 k 8 7 8 m付近まで、外軌の頭頂面に、車輪によるものと見られる線状の痕跡があったこと、
- (4) 2.4.1(2)に記述したように、48 k 8 7 7 m付近から、外軌の頭頂面に、車両が接触したものと見られる痕跡があり、外軌と安全レールの間には、車輪によるものと見られる痕跡があったこと、
- (5) 2.4.1(3)に記述したように、48 k 8 7 7 m付近から本件列車の前軸の停止地点（48 k 8 5 5 m付近）まで、軌間内のまくらぎに、車輪によるものと見られる痕跡が連続していたこと、
- (6) 2.4.2(1)に記述したように、本件列車の脱線した前軸の左車輪には、フランジ内側に擦過痕があったこと

から、本件列車が25‰の下り勾配にある半径200 mの曲線区間を走行中に、前軸の外軌側（左）車輪が48 k 8 8 1 m付近から外軌に乗り上がり始め、外軌上をフランジ先端で走行し、前軸は48 k 8 7 8 m付近で左右レールから脱線したものと考えられる。その後、前軸の外軌側（左）車輪は外軌と安全レールの間を走行し、48 k 8 5 5 m付近で停止したものと考えられる。

3.2 車両に関する分析

2.3.3.2 に記述したように、本件列車の車両の定期検査の結果及び静止輪重比等の測定結果からは、「車両構造実施基準」に示された限度値を超過する異常は認められなかったことから、それらに脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。

ただし、2.3.3.1 及び2.3.3.2(4)に記述したように、本件列車の車両には除雪装置が装着されていたため前軸と後軸の軸重差が大きく、前軸が後軸より48.0kN 軽くなっていたと考えられる。

3.3 軌道に関する分析

3.3.1 通り変位に関する分析

2.3.2.5(4)に記述したように、事故直後に測定した通り変位は、48k889m～48k872mまでの区間で軌道整備基準値を超過していた。通り正矢は、48k891m～48k879.5mまでの区間で58mm(曲線半径216m相当)から86mm(同145m相当)へと曲線半径を小さくする方向に変化しており、この付近で本件列車の前軸の車輪のアタック角^{*14}が大きくなったことにより、内軌側車輪が輪軸を外軌側に押す力が増加し、外軌側(左)車輪の横圧が増加していたと考えられる。

なお、2.3.2.2(2)に記述したように、本件列車の前軸の車輪がレールに乗り上がり始めた48k881m付近は、半径200mの曲線の緩和曲線として管理されているが、事故直後に測定した通り正矢は、48k891m～48k879.5mまでの区間で58mm(曲線半径216m相当)から86mm(同145m相当)へ変化し、そこから48k875mまでの区間で59mm(同212m相当)へ変化していることから、車輪が乗り上がった付近は実質的には半径約200mの円曲線となっていたと考えられる。

3.3.2 平面性変位に関する分析

2.3.2.5(5)に記述したように、事故直後に測定した5m平面性変位は、軌道整備基準値の±23mm を超えていなかったが、48k882m～48k878.5mまでの区間において、軌道面が左前方に下がる向きに14mm～22mm と大きくなってしたことにより、本件列車が48k881m付近を通過する際に、前軸の外軌側(左)車輪の輪重が減少したと考えられる。また、3.2に記述したように、除雪

^{*14} 「アタック角」とは、車輪がレール上を転動するときの車輪とレールとの相対角度のことであり、この角度が大きいかほど乗り上がり脱線に対する安全性が低下するものである。

装置を装着した本件列車の車両の軸重は、前軸と後軸の軸重差が大きく、前軸が後軸より48.0kN 軽くなっていたことも、平面性変位が大きな区間を走行する際の前軸の車輪の輪重の減少に関与していた可能性があると考えられる。

3.4 走行速度に関する分析

3.3.1 に記述したように、本件列車の前軸の車輪がレールに乗り上がり始めた48k881m付近は半径200mの円曲線中であると考えられ、2.1(1)に記述した本件運転士の口述によると、本件列車はこの付近を速度約15km/h で走行していたと考えられることから、均衡カント^{*15}を試算すると9.5mm となる。一方、2.3.2.5(3)に記述したように、カントは48k895m～48k860mの区間で54mm から3mm まで遞減されており、48k881mでは25mmであった。

したがって、本件列車は事故現場付近をカント超過の状態で行っていたものと考えられることから、本件列車の前軸の外軌側（左）車輪の輪重は、直線部を走行している場合に比べて減少していたと考えられる。また、内軌側車輪の輪重の増加により、内軌側車輪が輪軸を外軌側に押す力が増加し、外軌側（左）車輪の横圧が増加していた可能性があると考えられる。

3.5 脱線に関する分析

3.5.1 脱線係数^{*16}の増加

本件列車の脱線係数については、

- (1) 3.3.1 及び3.4に記述したように、48k891m～48k879.5m までの区間では、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化したことや、本件列車がカント超過の状態で行っていたと考えられることから、本件列車の前軸は外軌側（左）車輪の横圧が増加したと考えられること、
- (2) 3.3.2 及び3.4に記述したように、48k882m～48k878.5m までの区間では、本件列車の軸距に近い5m平面性変位は、軌道面が左前方に下がる向きに大きくなっていたことや、本件列車がカント超過の状態で行っていたと考えられることから、本件列車の前軸は外軌側（左）車輪の輪重が減少したと考えられること、
- (3) 3.3.2 に記述したように、除雪装置を装着した本件列車の車両の軸重は、前軸と後軸の軸重差が大きく、前軸が後軸より48.0kN 軽くなっていたことも、平面性変位の大きな区間を走行する際の、前軸の外軌側（左）車輪の

^{*15} 「均衡カント」とは、曲線通過速度と曲線半径に応じて発生する遠心力と重力の合力が、軌道面に対して垂直となる時のカントをいう。

^{*16} 「脱線係数」とは、横圧を輪重で除した値をいう。

輪重の減少に関与していた可能性があると考えられることから、48k882m～48k879.5m付近における本件列車の前軸の外軌側（左）車輪は、大きな横圧が作用し、輪重が減少したことにより、脱線係数が増加したと考えられる。

3.5.2 限界脱線係数の低下

3.3.1 に記述したように、48k891m～48k879.5mまでの区間では、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化したことにより、この付近で本件列車の前軸の車輪のアタック角が大きくなり、車輪フランジとレール間の等価摩擦係数^{*17}は増加していたと考えられることから、この付近における本件列車の前軸の外軌側（左）車輪は、限界脱線係数^{*18}が低下したと考えられる。

3.5.3 乗り上がり脱線に関する分析

3.5.1 及び 3.5.2 に記述したように、本件列車の前軸の外軌側（左）車輪は、48k882m～48k879.5m付近で脱線係数が増加し、48k891m～48k879.5m付近で限界脱線係数が低下したと考えられるため、乗り上がり脱線したものと考えられる。

3.6 軌道の維持管理に関する分析

3.6.1 軌道変位に関する分析

2.3.2.4 に記述したように、平成23年11月9日に実施された軌道変位の定期検査において、高低変位及び通り変位は軌道整備基準値を超過していた。

同社によれば、これらの超過箇所のうち、高低変位については、積雪量が少なくなった頃に軌道整備を実施する計画とし、通り変位については、幅約60cmの水路を斜めに横断するなど、周辺の環境条件などの制約から設計値のとおり曲線を軌道整備することが困難な状況で、軌道整備基準値を超過する状態となっているとのことであった。

このような軌道変位が軌道整備基準値を超過している箇所については、同社の「軌道実施基準」において、「軌道は、列車の安全な運行を確保するため軌道整備基準値に基づき整備を行うものとする」こととされていることから、速やかに軌道

^{*17} 「等価摩擦係数」とは、車輪フランジとレール間において作用する左右方向の力とその法線力の比であり、車輪フランジとレール間の摩擦係数とアタック角の増加に伴って増加する。

^{*18} 「限界脱線係数」とは、車輪フランジがレールに乗り上がる際の、車輪フランジとレールとの接触点に作用する輪重及び横圧の釣合い式から求めた、脱線係数の限度値をいう。等価摩擦係数が大きいほど、また接触角度（車輪フランジ角度）が小さいほど限界脱線係数の値は低下する。脱線係数が限界脱線係数より大きな値をとった場合、脱線する可能性が生じる。

整備を行い、かつ、軌道整備基準値に近い箇所については「注意を要する箇所」として位置付けて計画的に軌道整備を行うなど、軌道の維持管理を行う必要がある。

曲線における軌道の維持管理は、同社が実施している軌道変位の検査のように、設計値に対する軌道変位が軌道整備基準値を超過しないように軌道整備をすることが基本であるが、他の事業者で採用されている、‘移動平均法による軌道変位’が軌道整備基準値を超過しないように軌道整備をすることなども、列車の走行安全性を確保しつつ軌道の維持管理を行う方法として有効であると考えられる。

3.6.2 レールの摩耗に関する分析

2.3.2.4及び2.3.2.5(6)に記述したように、事故現場付近のレールの摩耗量は、平成23年8月26日に実施された定期検査においてレールの交換基準12mmに達しており、事故発生後の測定においては本件列車の前軸の車輪の乗り上がり開始付近において13mm～14mmと大きく、摩耗したレールの形状は、本件列車の車輪フランジの曲線形状に近かった。また、2.3.3.2(3)に記述したように、事故後に測定された本件列車の各車輪のフランジ角度は 62° ～ 65° であり、摩耗したレールの角度も同程度であると考えられる。

事故発生時の車輪フランジ及びレールの摩耗の形状によっては、車輪フランジとレールとの接触角が小さくなり限界脱線係数が低下するため、これらの形状が乗り上がり脱線の要因の一つとして考えられることがある。しかし、本事故においては、事故後に測定した本件列車の車輪フランジ及びレールの形状から、車輪フランジとレールとの接触角が、新品のレールと車輪フランジとの接触角と同程度であったと考えられるため、レールの摩耗が乗り上がり脱線に及ぼした影響は小さかったと考えられる。

しかし、事故現場付近のレールは腹部の厚さが薄い37kgレールであり、摩耗によりレールの断面積が減少すると、レールに発生する応力などの関係からレールの損傷等が起こる可能性があるため、レールの交換基準に達するまでに、計画的にレール交換をすることが必要である。

4 原因

本事故は、半径200mの右曲線において、回送列車（除雪車両）の前軸の外軌側（左）車輪の脱線係数が増加するとともに、限界脱線係数が低下したため、外軌に乗り上がって左へ脱線したものと考えられる。

脱線係数が増加したことについては、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化

していたこと、5 m平面性変位が大きくなっていったこと及び除雪車両がカント超過の状態で行ったと考えられることから、横圧が増加するとともに輪重が減少したことによるものと考えられる。なお、除雪車両において、前軸が後軸に比べて軸重が軽くなっていったことも、平面性変位が大きな区間を走行する際の前軸の輪重の減少に関与していた可能性があると考えられる。

限界脱線係数が低下したことについては、通り正矢が曲線半径を小さくする方向に変化していたことにより、除雪車両の前軸のアタック角が大きくなったことによるものと考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

- (1) 軌道変位やレールの摩耗量等の軌道の定期検査において、「軌道実施基準」に定めた整備基準（軌道整備基準値及びレールの交換基準等）を超過した箇所については速やかに軌道整備を行い、かつ、整備基準に近い箇所については「注意を要する箇所」として位置付けて計画的に軌道整備を行うなど、同社は、平成25年7月26日に上滝線小杉駅～上堀駅間の列車脱線事故の調査結果を踏まえて勧告したとおり、軌道の整備・維持の管理態勢を確実に構築し、軌道の維持管理を適切に行うべきである（RA2013-6-3）。
- (2) 曲線における軌道の維持管理は、同社が実施している軌道変位の検査のように、設計値に対する軌道変位が軌道整備基準値を超過しないように軌道整備をすることが基本であるが、‘移動平均法による軌道変位’が軌道整備基準値を超過しないように軌道整備をすることなども、列車の走行安全性を確保しつつ軌道の維持管理を行う方法として有効であると考えられる。よって、そのような軌道の維持管理の方法を、現在実施している軌道変位の検査と併せて実施することを検討すべきである。

5.2 本鉄道事故後に同社が講じた措置

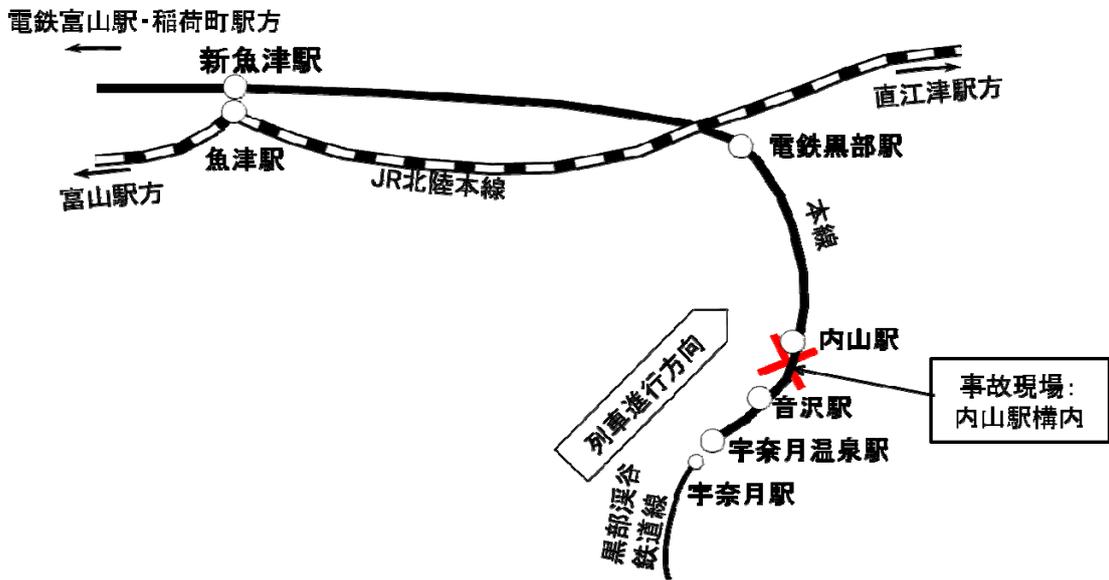
同社は、本事故後に次の措置を講じた。

- (1) 事故発生箇所の再発防止として、外軌のレール交換及び軌道整備を実施した。
- (2) 類似事故の再発防止として、レールの摩耗量の緊急点検を実施し、整備基準を超過した箇所については、レール交換を実施した。なお、レール交換が完了するまでの間は、車両走行時の横圧を軽減させるために、レールへの塗油を実施した。

- (3) この他同社では、設計値のとおり軌道整備をすることが困難な曲線については、従来の軌道変位の検査と併せて、他の事業者で採用されている、「移動平均法による軌道変位」により通り変位の検査を行い、これが軌道整備基準値を超過しないよう管理することを検討している。

付図1 本線路線図

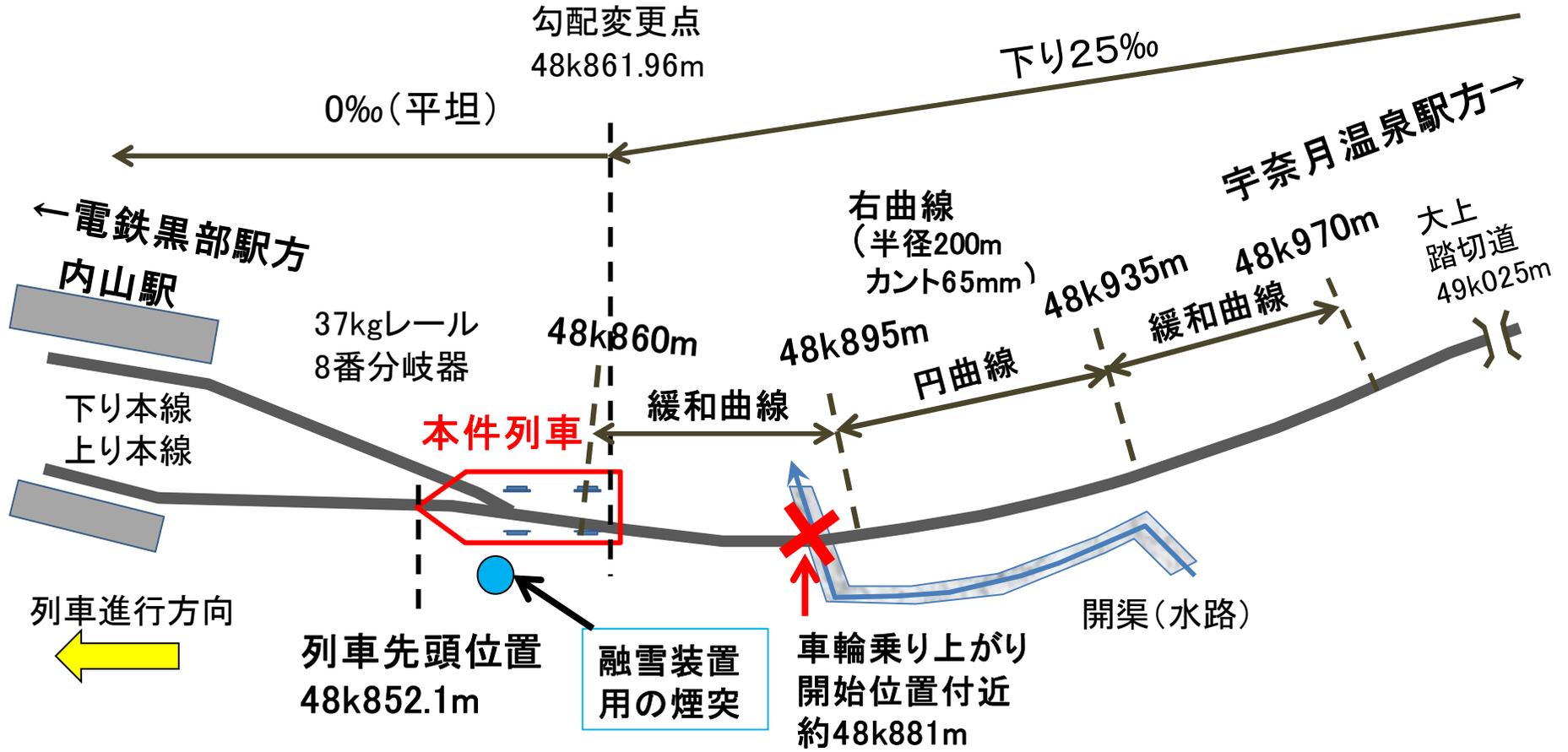
本線 電鉄富山駅～宇奈月温泉駅間 53.3km (稲荷町駅～宇奈月温泉駅：単線)



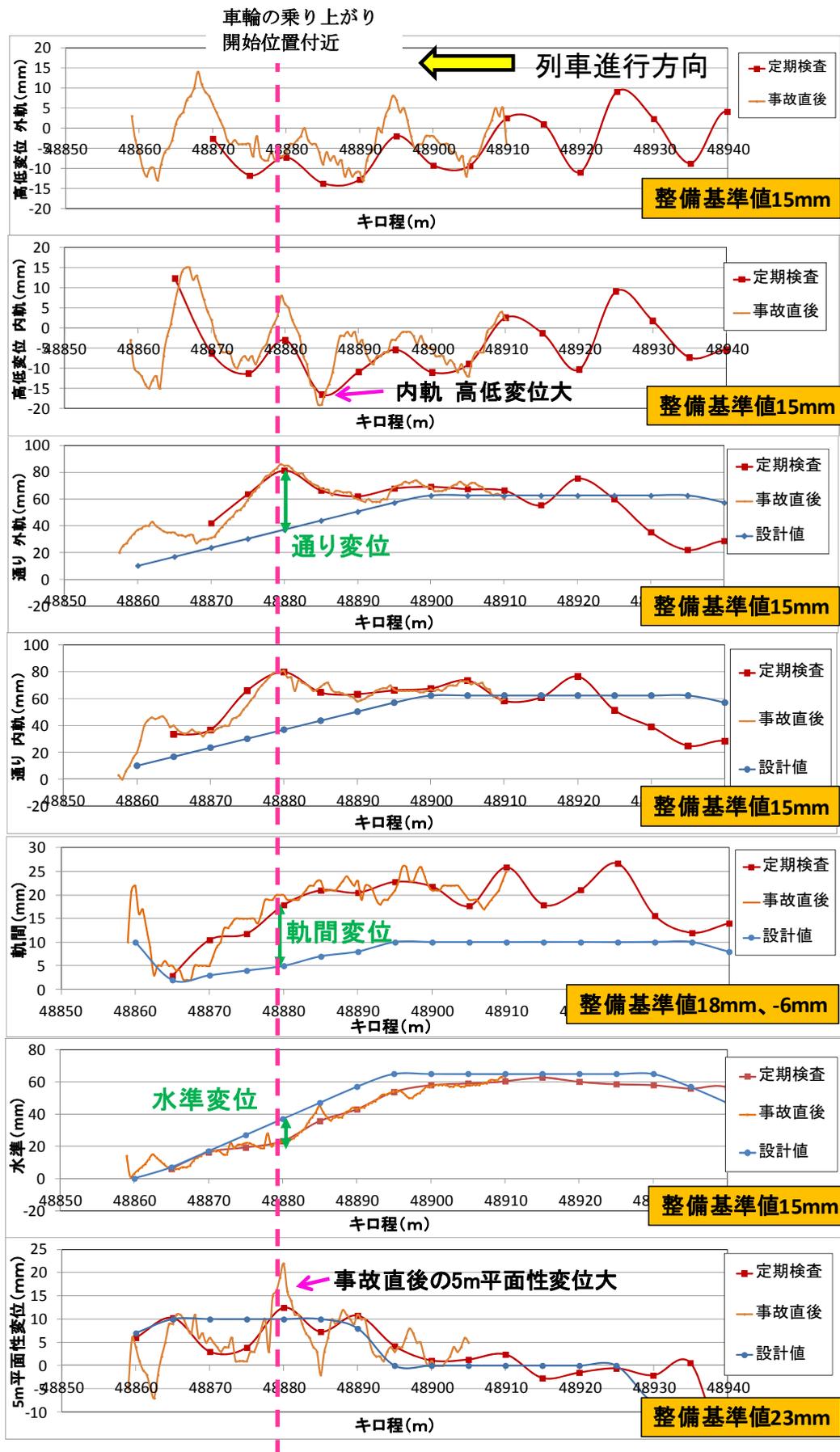
付図2 事故現場付近の地形図



付図3 事故現場略図

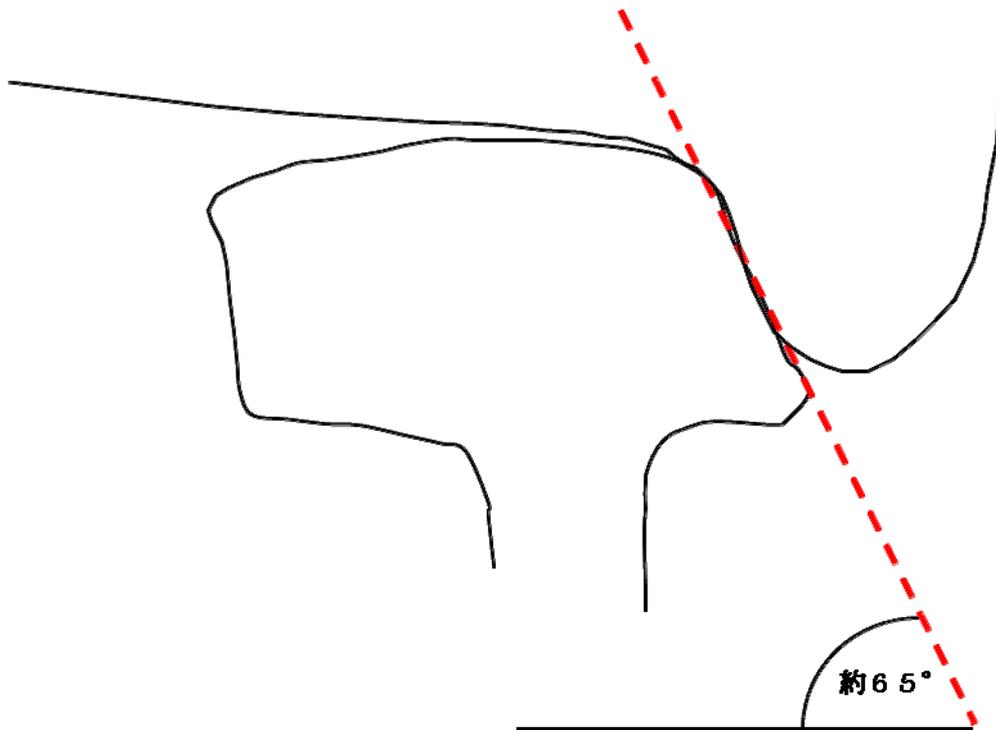


付図4 事故発生前後の軌道変位測定結果

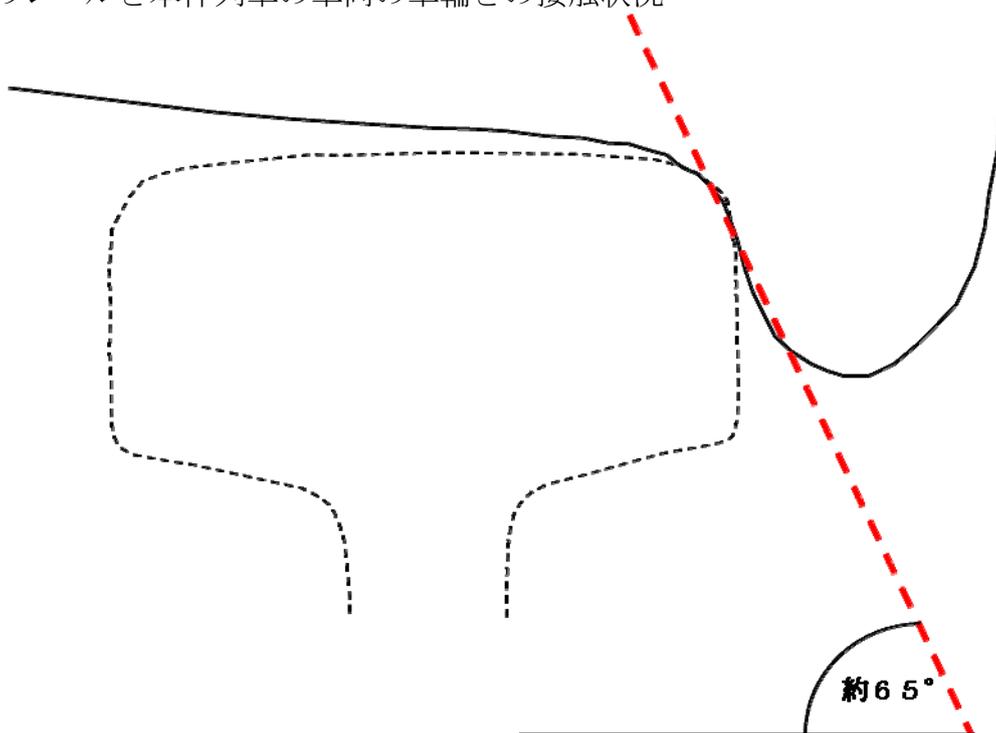


付図5 本件列車の車両の外軌側（左）車輪と外軌との接触状況

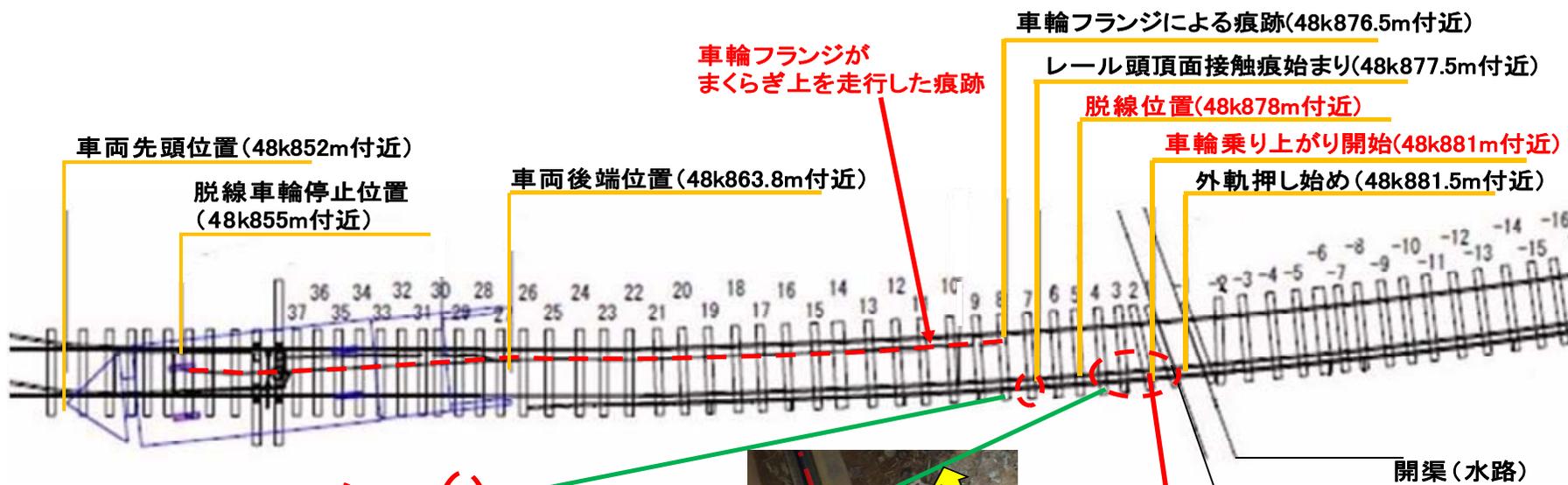
- ・ 事故発生時のレール（摩耗量：1.4mm）と本件列車の車両の車輪との接触状況



- ・ 新品のレールと本件列車の車両の車輪との接触状況



付図6 線路上の損傷及び痕跡



車両が接触したこと及び車輪フランジが走行したことによるものと見られる外軌頭頂面及びタイプレート上の痕跡



車輪によるものと見られる外軌頭頂面の線状の痕跡

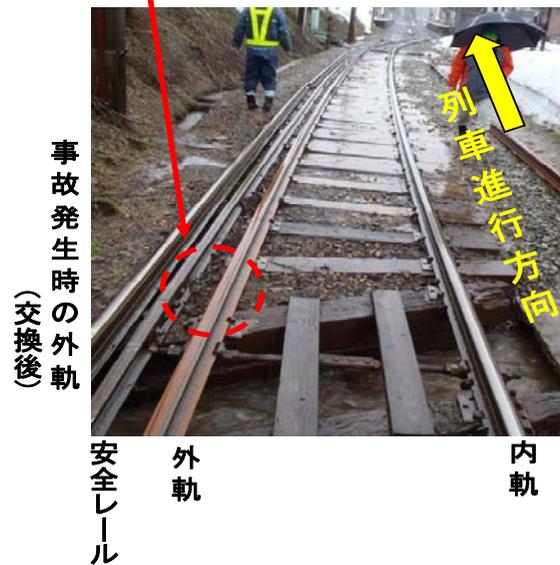


写真1 脱線現場及び本件列車の損傷状況

