

RA2009-7

鐵道事故調查報告書

阪急電鉄株式会社 甲陽線甲陽園駅構内 列車脱線事故

平成21年 8 月 28 日

運輸安全委員会

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、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」

阪急電鉄株式会社 甲陽線甲陽園駅構内 列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：阪急電鉄株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成20年9月20日 11時52分ごろ

発生場所：兵庫県西宮市

甲陽線 甲陽園駅構内

平成21年 8 月10日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	後藤昇弘
委員	楠木行雄
委員	松本陽（部会長）
委員	中川聡子
委員	宮本昌幸
委員	富井規雄

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

阪急電鉄株式会社の甲陽線しゅうがわ夙川駅発甲陽園駅行き3両編成の下り普通第11059列車は、平成20年9月20日（土）、ワンマン運転で苦楽園口駅くらくえんぐちを定刻（11時50分）に出発した。

列車の運転士は、甲陽園13分岐器を速度約17km/hで進入した後、分岐線側である甲陽園駅1号線ホームに速度15km/h以下で進入したところ、車両に強い揺れを感じたため、常用ブレーキを使用して所定の列車停止位置より約30m手前に列車を停止させた。

列車は、3両目（車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）の前台車全2軸が右へ脱線していた。

列車には、乗客約20名及び運転士1名が乗車していたが、死傷者はなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、本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。

近畿運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

1.2.2 調査実施期間

平成20年9月20日	現場調査
平成20年9月21日	現場調査、車両調査及び口述聴取

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、阪急電鉄株式会社（以下「同社」という。）の甲陽線下り普通第11059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。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

本事故当日は、11時ごろ出勤し、夙川駅11時47分発甲陽園駅行きの本件列車から乗務を開始した。

苦楽園口駅を定刻（11時50分）に出発し、甲陽園駅第2場内信号機（夙川駅起点2k022m。以下「夙川駅起点」は省略）の警戒信号現示を確認して同信号機付近を速度約25km/hで通過した。その前方の甲陽園13分岐器（以下「本件分岐器」という。）の制限速度が20km/hであったため、速度17km/hに減速して惰行で本件分岐器に進入し、惰行のまま速度15km/hで甲陽園駅（以下「本駅」という。）の1号線ホームに進入した。

ホームに進入して減速しながら走行していると、ホーム後端から約10m進入したところで、ふだんでも感じる程度の弱い揺れを感じたが、その揺れが突然強くなったため、列車を止めなければいけないと思い、常用ブレーキを使用して所定停止位置より約30m手前に停止した。

停止後、乗務員室の窓から後方を見たところ、3両目が脱線していることが分かったため、脱線したことを、口頭で本駅係員に伝えるとともに、列車無線で運転指令に報告した。

その後、車内を通過して1両目と2両目の乗客に負傷者がいないことを確認して、これらの車両の乗客を1両目の前方のドアからホームに誘導した。また、3両目の乗客については、車内から3両目に移動できなかつたため、3両目の乗務員室から車内に入り負傷者がいないことを確認してホームに誘導した。

また、本件列車に乗務してから事故に至るまでの間、車両に異常はなかつた。なお、本事故の発生時刻は、11時52分ごろであった。

(付図1 甲陽線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場付近略図(1/2及び2/2) 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷 なし

2.3 鉄道施設及び車両に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

本事故後に確認したところ、本件列車の脱線状況及び本件分岐器の開通状況は、以下のとおりであった。

- (1) 本件列車は、先頭が本駅1号線(以下「1号線」という。)の2k188m付近に停止していた。
- (2) 本件列車の1両目及び2両目は、前台車及び後台車とも全車輪が1号線のレール上に停止していた。
- (3) 本件列車の3両目は、前台車の全車輪が本件分岐器の終端付近で、1号線に対してそれぞれ右に約70～90cm脱線しており、後台車の全車輪は本件分岐器分岐線(1号線)のレール上に停止していた。
- (4) 本件分岐器の電気転てつ機は、トングレーを1号線(分岐線)側に転換し、鎖錠していた。

(付図3 事故現場付近略図(1/2) 参照)

2.3.2 鉄道施設

2.3.2.1 路線の概要

同社の甲陽線夙川駅～本駅間は、延長2.2kmの単線で、軌間は1,435mm、動力は電気(直流1,500V)である。

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

(1) 線形等に関する情報

- ① 本件分岐器手前は、2k081m付近～2k096m付近までの半径

1 5 0 mの左円曲線（以下「曲線A」という。）と2 k 1 0 1 m付近～2 k 1 0 8 m付近までの半径2 0 0 mの左円曲線（以下「曲線B」という。）が連続する区間である。これらの円曲線は、曲線Aの半径から曲線Bの半径に変化する長さ約5 mの曲線で接続され、曲線Aの始点には長さ約4 6 mの、曲線Bの終点には長さ約5 mの緩和曲線がそれぞれ接続している。また、曲線A及びBには、ともに7 0 mmのカント¹が設定されており、曲線Bの終点側は、2 k 1 0 7 m付近から2 k 1 1 2 m付近までの約5 mの間で7 0 mmから6 0 mmへ逡減している。

なお、同社が保有する図面及び曲線台帳による本件分岐器手前の線形は、2 k 0 5 7 m付近～2 k 0 8 9 m付近までの半径2 6 5 m（カント7 0 mm）及び2 k 0 8 9 m付近～2 k 1 1 8 m付近までの半径1 6 5 m（カント6 0 mm）の緩和曲線のない左複心曲線であり、この半径1 6 5 mの左曲線の終点と本件分岐器とが接続しており、本事故発生時のこの区間の線形とは異なるものであった。同社によれば、本件分岐器手前の曲線部分について、保守管理を行う場合には、同社が保有する図面及び曲線台帳に基づいた線形によらず軌道検測結果等に基づいて計画した線形（以下「計画線形」という。）により管理しているとのことであり、現在のような曲線半径や設定カントとした時期や経緯についての記録は残っていないとのことであった。

- ② 本件分岐器は、本駅の夙川駅方からの本線が1号線と本駅2号線（以下「2号線」という。）に分岐する位置にあり、設計図によれば分岐線（1号線）が半径8 6 m、基準線（2号線）が半径1 8 0 mのそれぞれ左曲線を有する5 0 kg Nレール用8 番内方分岐器²で、6 0 mmのカントが設定されている。本件分岐器の始端は2 k 1 1 3 m付近、終端は同1 3 9 m付近であり、これらの始末端の前後のレールとの間に継目がある。なお、本件分岐器は、通常、分岐線（1号線）側が使用されており、本駅を着発する列車のほとんどが同分岐線側を通過している。
- ③ 曲線B終点側の緩和曲線と本件分岐器の2号線左曲線（半径1 8 0 m）とは、2 k 1 1 3 m付近（本件分岐器始端付近）で接続している。また、本件分岐器内で1号線と2号線に分岐し、トングレールの先端は2 k 1 1 5 m付近である。
- ④ 事故現場付近の線路こう配は、平坦である。

¹ 「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悪影響を及ぼさないよう設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

² 「内方分岐器」とは、曲線の軌道から円の中心側に分かれる分岐器をいう。

- ⑤ 本駅は終端駅であるため、1号線及び2号線ともホーム終端部に車止めが設置されている。

(付図3 事故現場付近略図(1/2) 参照)

(2) 軌道に関する情報

- ① 事故現場付近は、50kgNレールが使用され、本件分岐器は50kgNレール用8番内方分岐器である。まくら木は、本件分岐器以外の区間では25m当たり44本のPCまくら木が使用され、本件分岐器では、合成まくら木及び木まくら木が使用されている。また、道床は砕石が使用され、厚さは200mm以上である。
- ② 2k035m付近～2k113m付近(本件分岐器始端付近)並びに2k139m(本件分岐器終端付近)から前方の1号線及び2号線には、左レールの右側に沿うように脱線防止ガードが設置されている。なお、本件分岐器内にはクロッシング部のガード以外のガードレールは設置されていない。
- ③ 同社では、車輪とレールとの間で発生するきしり音を防止するため、2k080m付近の曲線外軌側の右レール付近に定置式レール塗油器を設置しており、右車輪通過時に、右レールに取り付けられた加圧装置のピストンが圧下され、同レールの軌間内側に取り付けられた抽出装置から油を吐出する仕組みとなっている。同塗油器は昭和50年以前に設置されたものであり、点検は毎月行われていた。また、同社によれば、本件分岐器付近は、手塗りによるレール塗油も1週間に1回程度の頻度で行っているとのことであった。本事故前直近では、平成20年9月15日に同塗油器の吐出量の点検及び油の補充並びに本件分岐器付近の手塗りによる塗油が行われていた。

(付図3 事故現場付近略図(1/2及び2/2) 参照)

(3) 定期検査時の軌道変位の状況

本事故前直近の本線の軌道変位検査は、平成20年5月29日に軌道検測車により、軌間、水準、高低(測定弦長10m)、通り(同)及び2m平面性について実施されていた。また、本件分岐器の軌道変位検査は、平成20年6月23日に手検測により、軌間、水準、高低(同)、通り(同)、2m平面性及びバックゲージ³について実施されていた。

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、同社が近畿運輸局長に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

³ 「バックゲージ」とは、クロッシング部のガードレールの導線と対応するノーズレールの軌間線との距離をいう。

「土木施設実施基準」に定められた本線における‘一般軌道の整備基準値’（以下「整備基準値」という。）及び‘分岐器の整備目標値’（以下「整備目標値」という。）は表1のとおりである。同社においては、軌道変位が、一般軌道では整備基準値に、分岐器では整備目標値にそれぞれ達した場合、又は整備基準値若しくは整備目標値未満であっても、急進性若しくは列車動揺に大きな影響を与えるものである場合は早急に整備を行うこととしている。

なお、同社では、移動平均値を考慮した変位量⁴と整備基準値又は整備目標値を比較して、整備の判断基準の一つとしている。

表1 本線の整備基準値及び整備目標値

(単位：mm)

変位の種別	一般軌道の整備基準値	分岐器の整備目標値
軌間	直線・半径100m以上の曲線 +14、-4 半径100m未満の曲線 +10、-4	+6、-4 クロッシング部 +5、-3
水準	平面性に基づき整備を行う	7
高低	15	7
通り	15	7
2m平面性 ⁵	12 (カントの逡減量を含む)	12 (カントの逡減量を含む)
バックゲージ		1,392～1,400

※ 曲線におけるスラック、カント及び正矢（縦曲線を含む）は含まない。

事故現場付近の本線の軌道変位検査結果(分岐器部分については2号線(基準線)側を測定していた)による計画線形に対する各変位等は、以下のとおりであった。

- ① 軌間変位及び高低変位については、それぞれ整備基準値又は整備目標値内であった。
- ② 通り変位については、2k112m付近から2k115m付近(トンダレール先端付近)までが、曲線半径180mの基準線に対して18～33mmで、曲線半径を小さくする側に整備基準値又は整備目標値を超えていた。

⁴ ここでいう「移動平均値を考慮した変位量」とは、実測変位量から測点付近の一定区間長(2.2m)での平均値を減じた変位量のことである。

⁵ 「平面性」とは、レールの長さ方向の2点間の水準変位の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が2mであれば、2m平面性変位という。なお、本文中では右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。

また、通りの正矢⁶は90mm(曲線半径140m相当)～103mm(同121m相当)であった。なお、上述の、通り変位については、同社が整備の判断の一つとしている移動平均値を考慮した変位量でも整備基準値又は整備目標値を超過していたが、本事故発生まで整備は行われていなかった。同社によれば、本件分岐器始端付近については、半径200mの曲線Bと本件分岐器の分岐線側の半径86mの曲線とを接続する曲線を基準として整備を行うこととしていたため、本件分岐器の設計図の線形である基準線側の半径180mの曲線を基準として整備を行うことはしていなかったとのことであった。

③ 水準変位については、変位量は整備基準値又は整備目標値内であったものの、カントを含む水準の測定値は、2k108m付近から本件分岐器内の2k114m付近までの約6mの間で71mmから60mmへと11mm減少しており、(1)①に記述した逡減区間(2k107m～2k112m)より約2m前方の本件分岐器内においてもカントが逡減されていた。

④ 2m平面性変位については、整備基準値又は整備目標値内であったものの、曲線Bの途中の2k109m付近から2k115m付近(トングレーン先端付近)までの区間において、右前方が下がる向きに最大で5mmであった。

また、本件分岐器の軌道変位検査結果によれば、軌間変位、水準変位、高低変位及び2m平面性変位並びにバックゲージは、いずれも整備目標値内であった。また、通り変位については、分岐線側は整備目標値内であったが、基準線側は本線の軌道変位検査において測定されているため、測定の対象とされていない。

(付図4 事故現場付近の軌道変位の状況 参照)

(4) 本事故後の軌道変位の状況

本事故後に2k100m付近から2k115m付近(トングレーン先端付近)までの軌道変位を手検測により測定した結果(分岐器部分については1号線(分岐線)側を測定した)による計画線形に対する変位等は、以下のとおりであった。

① 軌間変位及び高低変位については、整備基準値又は整備目標値内であった。

② 通り変位については、2k113m付近(本件分岐器始端付近)から2k115m付近(トングレーン先端付近)までが、曲線半径86mの分岐

⁶ 「正矢」とは、レールの長さ方向の2点間に張った弦の中央とレールとの距離をいう。

線に対して9～17mmで、曲線半径を小さくする側に整備目標値を超えていた。また、通りの正矢は127mm（曲線半径98m相当）～157mm（同80m相当）であった。

- ③ 2k113m付近（本件分岐器始端）のレール継目部を中心として張った2mの糸と右レール左側面との左右離隔距離を測定したところ、同継目部付近で9mmの離隔があり、曲線Bの半径（200m）に相当する離隔量2.5mmに比べて大きく、半径56mに相当する継目折れ⁷があった。
- ④ 水準変位については、整備基準値又は整備目標値であったものの、カントを含む水準の測定値は、2k109m付近から本件分岐器内の2k114m付近までの約5mの区間で72mmから59mmへと13mm減少しており、(1)①に記述した逡減区間（2k107m～2k112m）より約2m前方の本件分岐器内においてもカントが逡減されていた。
- ⑤ 2m平面性変位については、整備基準値及び整備目標値内であったものの、曲線Bの途中の2k109m付近から2k115m付近（トングレール先端付近）までの区間において、右前方が下がる向きに最大で6mmであった。

（付図4 事故現場付近の軌道変位の状況 参照）

(5) レールの摩耗状況

本事故後に、事故現場付近の右レールの摩耗状況を調査したところ、以下のとおりであった。

- ① 本件分岐器始端付近（2k113m付近）からトングレール先端付近（2k115m付近）までの右基本レールの左側面の摩耗量は、最大で3.4mm程度であり、同社の「土木施設実施基準」に定められた交換基準（1.1mm）内であった。
- ② 本件分岐器の右トングレール及び右リードレールの摩耗は、ほとんどなかった。

なお、これらのレールは平成20年6月4日に新品レールに交換されていた。

（付図5 本件分岐器右基本レールの摩耗状況 参照）

(6) その他の状況

- ① 2.3.2.2(2)③に記述した塗油器には異常はなかった。
- ② 上述の塗油器の設置位置付近（2k080m付近）の右レール左側面及

⁷ 「継目折れ」とは、継目において接続されたレール同士が、直線状ではなく折れ角を持って接している状態をいう。

びその周辺には、塗油器から吐出された多量の油が付着していたが、同設置位置から約33m前方の本件分岐器始端付近（2k113m付近）において、右レールのゲージコーナ⁸部分は油の付着が少なく粗い状態であり、右レール左側面及びその周辺に多量の金属粉が付着、あるいは落下していた。

- ③ 本件分岐器のトングレール及びその付近のまくら木、床板等には、多量の油が付着していた。

2.3.3 車両

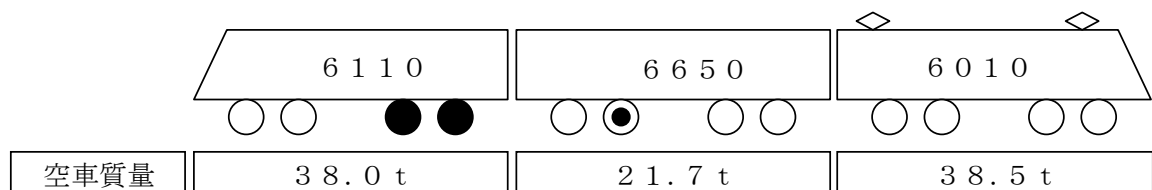
2.3.3.1 車両の概要

車種	直流電車（1,500V）
編成両数	3両
編成定員	422名（座席定員154名）
記号番号	

●：脱線軸

◎：3.1.2に後述するように、脱線後に復線したと見られる軸

列車進行方向 →



台車	ボルスタ付き台車（空気ばねダイレクトマウント方式）
軸箱支持方式	片板ばね式
固定軸距	2.1 m
車輪踏面形状	円錐踏面（フランジ角度68°）
台車中心間隔	12.7 m
連結器間距離	19 m

2.3.3.2 車両の状況

(1) 定期検査の状況

本件列車の車両は、本事故前直近には、本事故発生3日前の平成20年9月17日に重要部検査が終了しており、同検査記録に異常は見られなかった。

⁸ 「ゲージコーナ」とは、敷設されたレールの頭部の軌間内側の部分をいう。

(2) 台車の状況

本事故後に、脱線した台車の心皿⁹及び側受¹⁰を確認したところ、摺動面に固渋したような痕跡は見られなかった。

(3) 車輪、踏面形状等

本件列車の車両の全車輪は、(1)に記述した重要部検査時に新品車輪へ交換されており、同検査の記録によれば、いずれの車輪も直径863mm、フランジ厚さ27mm、フランジ高さ25.5mmであり、車輪内面距離は、1両目が1361.5～1362.2mm、2両目が1361.9～1362.2mm及び3両目が1361.7～1362.3mmであった。これらは、いずれも届出実施基準の一部である「車両実施基準」に定められた管理値（直径782mm以上、フランジ厚さ22.5～28.5mm、フランジ高さ25.0～35.0mm、車輪内面距離1359～1364mm）内であった。

本事故後におけるそれぞれの車輪の測定値は、いずれの車輪も直径863mm及びフランジ高さ25.5mmであり、フランジ厚さ及び車輪内面距離については、表2のとおりであった。これらの測定値は、いずれも「車両実施基準」に定められた管理値内であった。

表2 車輪の測定値

(単位：mm)

			前 台 車		後 台 車	
			第 1 軸	第 2 軸	第 1 軸	第 2 軸
1 両 目	フランジ厚さ	右車輪	26.0	26.0	26.5	27.0
		左車輪	26.5	26.5	26.5	26.5
	車輪内面距離		1361.9	1362.5	1362.5	1362.0
2 両 目	フランジ厚さ	右車輪	26.0	26.0	26.5	26.0
		左車輪	26.5	26.5	26.5	26.5
	車輪内面距離		1362.0	1362.1	1361.1	1361.0
3 両 目	フランジ厚さ	右車輪	27.0	26.0	26.0	27.0
		左車輪	26.0	27.0	26.5	27.0
	車輪内面距離		1362.8	1362.3	1361.9	1362.4

⁹ 「心皿」とは、台車と車体との結合する部分をいう。車体側の上心皿と台車側の下心皿で構成され、台車の回転中心となる。

¹⁰ 「側受」とは、心皿の左右に配置され、車体の荷重を受けるとともに、台車に適度な回転抵抗を与えて台車蛇行行動を抑制する。

また、本事故後に車輪踏面形状を測定したところ、各車輪は、いずれも同社の車輪図面上の形状とほぼ同じであった。

(4) 静止輪重比の状況

本事故前直近の重要部検査時の静止輪重測定記録による各車両の静止輪重及び静止輪重比¹¹は、表3のとおりであった。

表3 静止輪重及び静止輪重比

		前 台 車				後 台 車			
		第 1 軸		第 2 軸		第 1 軸		第 2 軸	
		静止輪重(kN)	静 止輪重比	静止輪重(kN)	静 止輪重比	静止輪重(kN)	静 止輪重比	静止輪重(kN)	静 止輪重比
1 両目	右車輪	48.6	1.01	49.9	1.04	44.7	0.97	47.6	1.04
	左車輪	47.3	0.99	46.1	0.96	47.4	1.03	43.6	0.96
2 両目	右車輪	33.5	1.01	32.3	0.96	31.3	0.94	32.8	0.98
	左車輪	32.8	0.99	34.8	1.04	35.6	1.06	33.8	1.02
3 両目	右車輪	46.6	1.05	48.3	1.07	49.1	1.02	51.8	1.07
	左車輪	42.4	0.95	42.0	0.93	47.3	0.98	45.3	0.93

※ 表中■は、脱線した輪軸の右車輪である。

各車両の右車輪の静止輪重比は、1両目が0.97～1.04、2両目が0.94～1.01、3両目が1.02～1.07であった。このうち、脱線していた3両目の前台車については、第1軸が1.05、第2軸が1.07であり、3.1.2に後述するように、脱線後に復線したと見られる2両目の後台車第1軸については、0.94であった。

なお、いずれの車両も同社の「車両実施基準」に定められた静止輪重比の管理値（0.9以上1.1以下）内であった。

(5) 本件列車の車両の運用状況

本件列車の車両は、重要部検査後の平成20年9月18日から本事故発生までに表4のとおり運用されており、本事故当日は事故現場付近の急曲線区間を16回往復していた。なお、本件分岐器のポイント部は、事故当日（9月20日）の9時05分ごろから本事故発生まで1号線へ開通しており、この間に本件列車の車両は同区間を8回往復していた。

¹¹ 「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。

表4 本件列車の車両の運用状況

日付	運用区間	回数	走行距離	備考
9月18日	甲陽線 夙川駅～甲陽園駅	56往復	約254km	天気：曇一時雨
9月19日		55往復	約245km	天気：雨時々曇
9月20日		16往復	約75km	天気：晴れ
合計		127往復	約574km	

(6) 増粘着材噴射装置に関する情報

本件列車の車両には、こう配区間での車輪の空転を防止するため、1両目の前台車第1軸及び3両目の後台車第2軸の左右車輪付近の計4箇所に増粘着材噴射装置が設備されており、乗務員室の足踏みペダルを操作することによって、車輪・レール間に増粘着材（アルミナ）を噴射する仕組みとなっている。

事故後に同社が実施した同装置の検査結果によれば、増粘着材の噴射方向については4箇所とも異常なかったが、1両目の前台車第1軸右車輪付近の1箇所については、噴射量が他の箇所の約3倍であった。

同社では、同装置の使用に関して、空転時以外は使用しないこと、分岐器付近では使用しないこと、同装置を使用したときは交替者に必ず引継ぎを行うこと等を運転士に指導している。

本件運転士は同装置の使用状況について、「同装置は、降雨時に上りこう配で空転してどうしても加速できないときに使用したことがあるが、本事故当日は、晴れていて空転することはなかったため、同装置を使用することはなかった。また、本件列車に乗務するときも、同装置を使用したことについての引継ぎはなかった」と口述している。

なお、同社によれば、本事故前日及び前々日は、降雨があり車両に空転が発生したため同装置が使用されたとのことであった。

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷、痕跡の状況

- (1) 2k115m付近(トングレー先端付近)の右トングレーの頭頂面に、右車輪によるものと見られる長さ約1.8mの痕跡があり、このレールと対向する2k117m付近の左基本レールの右側面付近に、左車輪によるものと見られる傷があった。
- (2) 左基本レールと左トングレーとの間の複数の止め金具上に、左車輪によ

るものと見られる傷があり、また、その付近の床板上には、1号線（分岐線）側に転換した左トンダレールの右側に、床板に塗布された油が擦り取られたと見られる痕跡があった。

- (3) 2 k 1 2 1 m付近（トンダレール終端付近）の右トンダレールの右側面付近に、右車輪によるものと見られる2本の傷があり、そのうちトンダレール終端方の1本は右トンダレールの頭頂面を右から左に横切っていた。また、このレールと対向する左基本レールの右側面には、左車輪によるものと見られる上へ向かう2本の傷があり、上へ向かう手前まではトンダレール終端方の傷の上にもう1本の傷が重なっていた。
 - (4) 2 k 1 2 1 m付近（トンダレール終端付近）の左トンダレールの頭頂面に、左車輪によるものと見られる左から右へ横切る傷があった。
 - (5) 2 k 1 2 7 m付近の右リードレールの頭頂面に、右車輪によるものとみられる左から右へ横切る傷があり、このレールと対向する左基本レールの頭頂面には、左車輪によるものとみられる左から右へ横切る傷があった。
 - (6) 2 k 1 2 8 m付近から3両目前台車第2軸左車輪の停止地点まで、及び2 k 1 3 3 m付近から同台車第1軸左車輪の停止地点までの1号線（分岐線）軌間内のまくら木に、左車輪によるものと見られる痕跡が連続していた。
 - (7) 2 k 1 3 2 m付近及び2 k 1 3 3 m付近から(9)に記述する曲損した脱線防止ガードまでの2号線（基準線）軌間内のまくら木に、右車輪によるものと見られる2本の痕跡が連続していた。
 - (8) クロッシングに多数の傷があり、クロッシング付近の1号線側のゲージストラット¹²が損傷していた。
 - (9) 本件分岐器終端付近から本駅ホーム方の2号線左レールの右側に設置された脱線防止ガード（長さ約6 m）が左に曲損していた。
- (付図3 事故現場付近略図（2/2）、写真1 鉄道施設の損傷状況 参照)

2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

- (1) 2両目の後台車第1軸左車輪のほぼ全周にわたり、フランジ部に油が付着しており、踏面と外側面との角部（以下「踏面角部」という。）にも油が付着するとともに傷があった。また、右車輪には、先鋭なものによると見られるフランジ部の踏面側から先端へ続く斜めの傷があった。
- (2) 3両目の前台車全車輪には、車輪踏面、フランジ部等に複数の打痕及び傷があり、このうち、第1軸右車輪には、先鋭なものによると見られるフラン

¹² 「ゲージストラット」とは、軌間保持のために左右レール間に敷設する棒のことである。

ジ部の踏面側から先端へ続く斜めの傷があった。また、第1軸左車輪の踏面角部に油が付着していたが、第2軸左車輪の踏面角部には油の付着は見られなかった。

(3) 本件列車の全ての輪軸において、右車輪は左車輪に比べてフランジ部が粗い状態であった。

(4) 3両目の主電動機下部、駆動装置下部等に擦過痕があった。また、3両目前側の連結器胴受け、2両目と3両目との連結幌等が損傷していた。

(写真2 車両の損傷状況、写真3 脱線車輪の状況 参照)

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士	男性 31歳
甲種電気車運転免許	平成15年3月14日

2.6 運転取扱いに関する情報

本件分岐器の制限速度は20km/h、本駅ホーム進入時の制限速度は15km/hとされており、それぞれの速度制限標識が速度制限区域の始端に設置されている。

また、届出実施基準の一部である「運転取扱実施基準」によれば、本駅第2場内信号機が警戒信号現示の場合の運転速度は25km/h以下である。

2.7 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

なお、本件列車の車両は、本事故発生日の3日前に定期検査が終了し2日前から運用を開始しており、本事故発生日の2日前の天気は曇一時雨であり、前日の天気は雨時々曇であった。

3 分析

3.1 脱線地点に関する分析

3.1.1 3両目前台車全2軸

2.3.1に記述したように、本事故後に確認したところ、3両目の前台車全軸が脱線しており、これらの輪軸が脱線した地点について分析すると以下のとおりである。

(1) 3両目の前台車第1軸については、

① 2.4.2(2)に記述したように、左車輪の踏面角部に油が付着しており、この油は、2.3.2.2(6)③に記述した本件分岐器のトングレール及びその付近

のまくら木、床板等に付着していたものと考えられること、及び右車輪には先鋭なものによると見られるフランジ部の踏面側から先端へ続く斜めの傷があり、この傷は右トングレールに乗り上がった際に生じたものと考えられること、

② 2.4.1(1)に記述したように、2 k 1 1 5 m付近の右トングレールの頭頂面に右車輪によるものと見られる痕跡、及びこのレールと対向する2 k 1 1 7 m付近の左基本レールの右側面付近に左車輪によるものと見られる傷があったこと、

③ 2.4.1(2)に記述したように、左基本レールと左トングレールとの間の複数の止め金具上に左車輪によるものと見られる傷があったこと、また、その付近の床板上には、1号線側に転換した左トングレールの右側に、床板に塗布された油が擦り取られたと見られる痕跡があったことから、1号線側に転換した左トングレールがさらに右に移動したと考えられること、

④ 2.4.1(3)に記述したように、2 k 1 2 1 m付近の右トングレールの右側面付近に右車輪によるものと見られる2本の傷、及びこのレールと対向する左基本レールの右側面に左車輪によるものと見られる上へ向かう2本の傷があり、これらの傷のうち、左右それぞれの1本は停止時に脱線していた3両目の前台車第1軸左右車輪によるものと考えられること、

⑤ 2.4.1(4)に記述したように、2 k 1 2 1 m付近の左トングレールの頭頂面に左車輪によるものと見られる左から右へ横切る傷があったことから、右車輪が2 k 1 1 5 m付近(トングレール先端付近)から右トングレール(1号線)上をフランジ先端で走行し、左車輪が2 k 1 1 7 m付近で左基本レール(1号線)と左トングレール(2号線)との間に脱線した後、トングレール終端付近(2 k 1 2 1 m付近)で左車輪が左トングレールを左から右に乗り越えて、左右車輪とも2号線(基準線)のレール上を走行したものと考えられる。

さらに、2.4.1(6)に記述したように、2 k 1 3 3 m付近から3両目前台車第1軸左車輪の停止地点までの1号線(分岐線)まくら木の軌間内に、左車輪によるものと見られる痕跡が連続していたことから、2号線を走行した同台車第1軸は、2 k 1 3 3 m付近の手前で2号線の左右レールからそれぞれ左へ脱線したものと考えられる。

(付図6 脱線に至った経過(推定) 参照)

(2) 3両目の前台車第2軸については、

① 2.4.2(2)に記述したように、左車輪の踏面角部に油の付着は見られなかったこと、

- ② 2.4.1(5)に記述したように、2 k 1 2 7 m付近の右リードレール及び同レールと対向する左基本レールの頭頂面に車輪によるものと見られる左から右へ横切る傷があったこと、
- ③ 2.4.1(6)に記述したように、2 k 1 2 8 m付近から3両目前台車第2軸左車輪の停止地点までの1号線（分岐線）まくら木の軌間内に、左車輪によるものと見られる痕跡が連続していたこと
- から、2 k 1 2 7 m付近まで1号線のレール上を走行した後、同付近で右車輪は右リードレール（1号線）から、左車輪は左基本レール（1号線）から、それぞれ右へ脱線したものと考えられる。

3.1.2 2両目後台車第1軸

2.3.1に記述したように、本件列車の停止時には、3両目前台車全軸以外は脱線していなかった。

一方、3.1.1(1)に記述したように、2 k 1 2 1 m付近の右トングレーレール及びこのレールと対向する左基本レールの車輪によるものと見られるそれぞれ2本の傷のうち、左右それぞれの1本は3両目の前台車第1軸左右車輪によるものと考えられること、及び3.1.1(2)に記述したように、3両目の前台車第2軸は、2 k 1 2 7 m付近まで1号線のレール上を走行したものと考えられることから、残る左右それぞれ1本の傷は3両目の前台車第1軸及び第2軸の左右車輪以外の車輪により生じたものと考えられる。

この残る傷については、

- ① 2.4.1(3)に記述したように、2 k 1 2 1 m付近の左基本レールの右側面に左車輪によるものと見られる上へ向かう2本の傷があり、トングレーレール終端方の傷の上にもう1本の傷が重なっていたことから、トングレーレール終端方の傷が先に走行した車輪によるものであると考えられること、及びこのレールと対向する右トングレーレールの右側面付近に右車輪によるものと見られる2本の傷があり、このうちトングレーレール終端方の1本が右トングレーレールの頭頂面を右から左に横切っていたこと、
- ② 2.4.2(1)に記述したように、2両目の後台車第1軸左車輪の踏面角部に傷があったこと、並びにフランジ部及び踏面角部に油が付着しており、この油は、2.3.2.2(6)③に記述した本件分岐器のトングレーレール及びその付近のまくら木、床板等に付着していたものと考えられること

から、2両目の後台車第1軸左右車輪により生じたものと考えられる。

さらに、2.4.2(1)に記述したように、2両目の後台車第1軸右車輪には先鋭なものによると見られるフランジ部の踏面側から先端へ続く斜めの傷があり、この傷は

右トングレールに乗り上がった際に生じたものと考えられる。

これらのことから、2両目の後台車第1軸は、3両目前台車第1軸と同じように左車輪が2 k 1 1 7 m付近で左基本レール（1号線）と左トングレール（2号線）との間に脱線した後、2 k 1 2 1 m付近（トングレール終端付近）で右車輪は右トングレールを右から左に乗り越え、1号線に復線して停止位置まで走行したものと考えられる。

（付図6 脱線に至った経過（推定） 参照）

3.2 車両に関する分析

- (1) 2.3.3.2(1)～(4)に記述したように、車両の定期検査記録、本事故後における台車の状況、定期検査時及び本事故後における車輪各部の寸法、車輪踏面形状、静止輪重比の状況には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。
- (2) 2.3.3.2(3)、(5)及び2.4.2(3)に記述したように、本件列車の全車輪は本事故前直近の重要部検査時（本事故発生の3日前に終了）に新品に交換されてから走行距離が少ない状態で本事故現場付近の左急曲線区間を多数回往復していたこと、及び本事故後には全ての輪軸において右車輪は左車輪に比べてフランジ部が粗い状態であったことから、外軌側（右）車輪のフランジとレール間の摩擦係数は大きかった可能性があると考えられる。

3.3 横圧の増加に関する分析

3.3.1 線形による横圧

2.3.2.2(1)に記述した事故現場付近の線形により、

- (1) 本事故時に本件列車が通過した区間は、半径約200mの曲線B、本件分岐器2号線側の半径180mの曲線、同1号線側の半径86mの曲線の順に、3つの左急曲線が半径の小さくなる順で連続しており、各台車第1軸は、左右車輪のアタック角¹³が前方に進行するにしたがって増加していたものと考えられること、
- (2) 曲線B（設定カント70mm）並びに本件分岐器の基準線（2号線）側曲線（設定カント60mm）及び分岐線（1号線）側曲線（設定カント60mm）について、2.6に記述した本駅第2場内信号機が警戒信号現示の場合の速度25km/h又は本件分岐器の制限速度20km/hを走行速度と仮定して均衡カン

¹³ 「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。

ト¹⁴を試算すると、それぞれ35mm、25mm及び53mmとなることから、本件列車はこの付近をカント超過の状態で行き、左車輪の輪重が大きくなっていたと考えられること

及び、2.7に記述したように、事故発生時の天気は晴れであったことから、左車輪においても踏面と左レールの頭頂面間の摩擦係数は大きかった可能性があると考えられることから、本件列車の各台車第1軸においては、大きなアタック角並びに内軌側(左)車輪の輪重及び同車輪とレールとの摩擦係数の増加により、内軌側の左車輪が輪軸を外軌側(右)に押す力が増大し、外軌側の右車輪の横圧が増大していた可能性があると考えられる。

3.3.2 軌道変位による横圧

2.3.2.2(3)②及び(4)③に記述したように、

(1) 本事故前直近の軌道変位検査結果における、2k112m付近から2k115m付近(トングレー先端付近)の通りの正矢は、曲線Bの半径(200m)と本件分岐器1号線側(分岐線側)の半径(86m)の中間程度に相当する大きさ(半径121~140m相当)であり、また、通り変位としては曲線半径を小さくする側に整備基準値及び整備目標値を超えるものであったことから、各台車第1軸は、左右車輪のアタック角がこの付近で大きかったと考えられること、

(2) 2k113m付近の本件分岐器始端のレール継目を中心として張った2mの糸と右レール左側面との左右離隔距離を測定したところ、同始端付近で9mmの離隔があり、半径56mに相当する継目折れがあったこと

から、本件列車の各台車第1軸においては、曲線半径を小さくする側の通り変位により生じた内軌側(左)車輪の大きなアタック角によって輪軸を外軌側(右)に押す力が増加したとともに、継目折れにより外軌側(右)車輪の横圧が増加していた可能性があると考えられる。

なお、3.1.1(1)及び3.1.2に記述したように、2両目の後台車第1軸及び3両目の前台車第1軸の各左車輪は、左基本レールと左トングレーとの間に脱線したものと考えられることから、本事故後の軌道変位測定値のうち、本件分岐器始端付近からトングレー先端付近の通りについては、脱線したことによる影響が含まれているものと考えられるが、その他の測定値については、本事故前直近の軌道変位測定結果とほぼ一致していることから、概ね事故直前の軌道の状態を表しているものと考えられる。

¹⁴ 「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ときのカントをいう。

3.3.3 本件分岐器始端付近の右基本レールの摩耗

2.3.2.2(5)①及び(6)②に記述したように、本件分岐器始端付近からトングレー
ル先端までの右レールの側面が摩耗し、同レール周辺に多量の金属粉が落下してい
たことについては、本件列車が通過する以前においても、列車通過時に大きな横圧
が頻繁に発生していたことによるものと考えられる。

3.4 輪重の減少に関する分析

3.4.1 線形による輪重減少

3.3.1 に記述したように、本件列車は曲線B並びに本件分岐器2号線側及び同1
号線側の曲線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、各台
車第1軸の外軌側(右)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
いたものと推定される。

3.4.2 軌道変位による輪重減少

2.3.2.2(3)及び(4)に記述したように、2k109m付近から本件分岐器内の2
k114m付近までの約5mの間において、水準が約10mm減少しており、この付
近における2m平面性変位が整備基準値内であるものの、右前方が下がる向きに最
大で6mmとなっていた。この2m平面性変位も、各台車第1軸の外軌側(右)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。

3.5 脱線に関する分析

3.5.1 脱線係数の増加

3.3.1、3.3.2、及び3.4に記述したように、2k113m付近(本件分岐器始
端付近)から2k115m付近(トングレール先端付近)において、

- (1) 本件列車の各台車第1軸の外軌側(右)車輪には、線形に加えて曲線半径
を小さくする側の通り変位により生じた大きな横圧及び継目折れによる横圧
が作用していた可能性があると考えられること、
- (2) 上記外軌側(右)車輪の輪重は、カント超過や本件分岐器内におけるカン
トの逡減による2m平面性変位により減少していた可能性があると考えられ
ること

から、この付近における本件列車の各台車第1軸の外軌側(右)車輪は、大きな横
圧が作用し、かつ、輪重が減少したことにより脱線係数が増加していた可能性があ
ると考えられる。

3.5.2 限界脱線係数の低下

本件列車の各台車第1軸右車輪の限界脱線係数については、

- (1) 3.3.1(1)に記述したように、本事故現場付近の線形により、右車輪のアタック角は、本件列車が前方に進行するにしたがって増加していたものと考えられること、
- (2) 3.3.2に記述したように、曲線半径を小さくする側の通り変位及び継目折れにより、上記(1)に記述したアタック角が2 k 1 1 3 m付近(本件分岐器始端付近)で急に増加したと考えられること、
- (3) 以下のことにより、外軌側(右)車輪のフランジと右レールのゲージコーナ間の摩擦係数は大きかった可能性があると考えられること
 - ① 2.7に記述したように、事故発生時の天気は晴れであったこと
 - ② 2.3.3.2(3)及び(5)に記述したように、新品車輪へ交換されてから走行距離が少なかったこと
 - ③ 2.4.2(3)に記述したように、全軸において右車輪の方が左車輪に比べてフランジ部が粗い状態であったこと
 - ④ 2.3.2.2(6)②に記述したように、本事故後において、2 k 1 1 3 m付近(本件分岐器始端付近)の右レールのゲージコーナ部は、油の付着が少なく粗い状態であり、右レール左側面及びその周辺に多量の金属粉が付着、あるいは落下していたこと

から、本件分岐器始端付近における本件列車の各台車第1軸の外軌側(右)車輪は、アタック角が増加したことや摩擦係数が大きかったことにより限界脱線係数が低下していた可能性があると考えられる。

なお、全軸において右車輪の方が左車輪に比べてフランジ部が粗い状態であったこと及び2 k 1 1 3 m付近の右レールのゲージコーナ部が粗い状態であったことについては、2.3.3.2(3)、(5)及び2.7に記述したように、晴れで摩擦係数が大きいと考えられる本事故当日に、新品に交換されてから走行距離が少なくフランジ部が平滑化されていない車輪で、油の付着が少ない本事故現場付近の左急曲線部を多数回往復していたことが関与した可能性があると考えられる。また、2 k 1 1 3 m付近の右レールゲージコーナ部の油の付着が少なかったことについては、2.3.3.2(6)及び2.7の記述から、本事故の前日及び前々日に増粘着材噴射装置が使用された際に、1両目前台車第1軸右車輪付近の噴射量が多かったこと及び両日とも降雨があったことが関与した可能性があると考えられる。

3.5.3 本件列車の走行速度

2.1及び2.6に記述したように、本件運転士は、「速度17 km/hに減速して惰

行で本件分岐器に進入し、惰行のまま速度15km/hでホームに進入した」と口述していること、及び本件分岐器の制限速度が20km/h、本駅ホーム進入時の制限速度が15km/hであることから、本件列車は制限速度を超えることなく本件分岐器へ進入し、徐々に減速したものと推定される。

3.3.1 に記述したように、本件列車は本件分岐器付近をカント超過の状況で走行していたものと考えられるが、上述のように減速したことにより、2両目、3両目と後部の車両の方が1両目に比べてカント超過が大きい状態となったことから、内軌側（左）車輪の輪重の増加に伴う横圧はさらに増加し、一方、外軌側（右）車輪の輪重減少がさらに大きくなり、外軌側（右）車輪が右レールに乗り上がりやすい状態になった可能性があると考えられる。

3.5.4 2両目の後台車第1軸右車輪の乗り上がり

2両目の後台車第1軸については、3.5.1 及び 3.5.3 の記述に加え、2.3.3.2(4) に記述したように、静止輪重比が左車輪に比べて右車輪が軽い0.94であったことから、本件分岐器始端付近において、脱線係数が増加し、かつ、3.5.2 に記述したように、限界脱線係数が低下したことにより、同付近で外軌側（右）車輪が右レールに乗り上がりを開始した可能性があると考えられる。さらに、乗り上がりを開始した外軌側（右）車輪は、2.3.2.2(2)②に記述したように、本件分岐器始端付近からトングレー先端付近までの区間にはガードレールが設置されていなかったことから、右トングレー上に乗りに上がった可能性があると考えられる。

3.5.5 3両目の前台車第1軸右車輪の乗り上がり

3両目の前台車第1軸については、3.5.3 に記述したように、3両目は2両目より減速によるカント超過の状態が大きくなった可能性があると考えられるものの、2.3.3.2(4)に記述したように、静止輪重比が左車輪に比べて右車輪が重い1.05であったことから、2両目の後台車第1軸の外軌側（右）車輪の乗り上がりが発生した線形等の条件であっても、3両目単独では外軌側（右）車輪が右トングレー上に乗りに上がる可能性は低いものと考えられる。

3.1.2 に記述したように、2両目の後台車第1軸は、左車輪が2k117m付近で左基本レールと左トングレーとの間に脱線した後、2k121m付近（トングレー終端付近）で右車輪は右トングレーを右から左に乗り越えたものと考えられることから、同軸が復線した際の2両目の動きが、3両目の前台車第1軸の外軌側（右）車輪の脱線に関与した可能性があると考えられる。

これらのことから、3両目の前台車第1軸の外軌側（右）車輪は、3.5.1 及び 3.5.3 の記述に加え、2両目が脱線した影響により、脱線係数が増加し、かつ、3.5.2 に

記述したように、限界脱線係数が低下したため、外軌側（右）車輪が右トングレー
ルに乗り上がった可能性があると考えられる。

3.6 軌道の保守管理に関する分析

3.6.1 本件分岐器始端付近の線形

2.3.2.2(3)②に記述したように、定期検査における2k112m付近から2k115m付近までの曲線半径を小さくする側の通り変位は、早急に整備を行うこととされている整備基準値又は整備目標値を超過していたが、本事故当日まで整備は行われていなかった。

上述の、通り変位の整備が本事故当日まで行われていなかったことについては、2.3.2.2(1)②及び2.3.2.2(3)②に記述したように、本駅を着発する列車のほとんどが本件分岐器の分岐線側を通過するため、半径200mの曲線Bと本件分岐器の分岐線側の半径86mの曲線とを接続する曲線を基準として整備を行うこととしていたことから、本件分岐器の設計図の線形である基準線側の半径180mの曲線を基準とした整備が行われなかったことによるものと考えられる。

しかしながら、特に分岐器にあっては、分岐器の設計図の線形に対する変位が整備目標値内となるよう管理することが必要である。

3.6.2 本件分岐器手前のカント逡減区間

3.4.2に記述した水準の減少については、曲線Bのカント（70mm）を本件分岐器のカント（60mm）に逡減するためのものであり、本件分岐器の始端までに逡減されるべきものであると考えられる。

しかしながら、2.3.2.2(4)④に記述したように、設定された逡減区間より前方にずれ、本件分岐器内においてもカントが逡減されていた。これは、2.3.2.2(3)に記述したように、移動平均値を考慮した変位量と整備基準値又は整備目標値を比較して整備の判断基準としており、カントの逡減区間にずれが生じていたとしても、変位量はこれらの基準値の範囲内であることから、変位管理のみでは本件分岐器内においてもカントが逡減されていることについて認識することが難しかったためと考えられる。

このことから、事故現場付近の軌道変位整正作業等を繰り返すうちに、本件分岐器始端までに逡減されていたカントが、本件分岐器内においても逡減される状態に推移していった可能性があると考えられる。

3.6.3 乗り上がりに対する軌道管理の影響

3.5.1に記述したように、曲線半径を小さくする側の通り変位及び本件分岐器内

におけるカントの逡減による2 m平面性変位によって、外軌側車輪の横圧が増加し輪重が減少した可能性があると考えられることから、これらは乗り上がりに対する余裕度を低下させた要因の一つであると考えられる。

一方、同社の軌道管理においては、3.6.1及び3.6.2に記述したように、2 k 1 1 2 m付近から2 k 1 1 5 m付近までの通り変位について基準線側の曲線を基準とした整備が行われておらず、また、本件分岐器内においてカントが逡減されていたことについて認識することが難しい状況となっていた。

これらのことから、同社の軌道管理の方法が、外軌側車輪の乗り上がりに対する余裕度が低下したことに関与したものと考えられる。

なお、2.3.2.2(1)①に記述したように、本件分岐器手前の線形も、同社が保有する図面及び曲線台帳の線形と異なるものであり、現在のような曲線半径や設定カントとした時期や経緯についての記録は残っていないとのことであったが、軌道を適切に整備し良好な状態に管理するため、変更した線形について、その設定根拠について記録するとともに、図面等を適宜更新することにより、確実に把握しておくことが必要である。

3.7 再発防止に関する分析

本事故においては、3.2～3.5に記述したような要因が関与したものと考えられる。これらの分析の結果から、本事故と同種の事故を防止するためには、以下のような軌道管理等について検討を行う必要があるものと考えられる。

- (1) 列車の速度が低い急曲線においてカントを設定する場合は、ある程度のカント不足量を許容して、過大なカント超過の状態にならないようにする。
- (2) 列車の速度が低い急曲線においては、曲線半径を小さくする側の通り変位による横圧の増加が、乗り上がりに対する余裕度を低下させる要因となることから、特に曲線内に設置された分岐器部については、分岐器の設計図の線形に対する通り変位が整備を行う基準値を超過しないよう管理を行う。
- (3) 曲線・分岐器間においてはカント差を設けないよう配慮することが望ましいが、特に急曲線においてカント差を設ける場合は、軌道変位整正作業等により、カントの逡減区間がずれる可能性があることから、水準及び通りについては、移動平均処理による変位管理だけでなく、測定結果と最新の図面及び曲線台帳を踏まえ適切に設定した線形とを比較し、逡減区間がずれないように注意する。
なお、線形がくずれないように軌道変位を絶対基準で整正することも、逡減区間がずれないようにする有効な方法である。
- (4) 急曲線が連続する区間に継目がある場合は、継目折れの発生及び通り変位の増加に注意し、良好な線形を維持するよう努める。

- (5) 本事故発生箇所のように、線形等の条件により車輪がレールに乗り上がる可能性が高い箇所については、必要に応じて脱線防止ガードを設置する。
- (6) 新品や削正直後の車輪で、本事故現場のような曲線半径の小さい区間を繰り返し走行すると、フランジ部が粗くなり、摩擦係数が増加して車輪が乗り上がりやすくなる場合がある。このため、フランジ部やレールゲージコーナ部へ塗油するなど、このような運用をする場合における安全な走行に留意した対策を行うことが望ましい。

4 原因

本事故は、本件分岐器始端付近において、本件列車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、本件列車2両目の後台車第1軸及び3両目の前台車第1軸の外軌側車輪である右車輪が右トングレールに乗り上がり、内軌側車輪である左車輪が左トングレールと左基本レールの間に脱線したものと考えられる。このうち、2両目の後台車第1軸は、脱線した後、トングレール終端付近で復線したものと考えられる。

本件分岐器始端付近において、脱線係数が増加するとともに、限界脱線係数が低下したことについては、以下のことによる可能性があると考えられる。

- (1) 脱線係数が増加したことについては、急曲線のため大きな横圧が発生する箇所において、曲線半径をより小さくする側の通り変位や継ぎ目折れ等が存在したため、横圧が増加したこと、及び、カント超過に加えて、カントの逡減区間の位置がずれていたことにより分岐器内で平面性変位が生じ、輪重が減少したこと。
- (2) 限界脱線係数が低下したことについては、通り変位や継ぎ目折れなどによりアタック角が増加したこと、及び、交換して間もない車輪で、フランジ部が粗かったことなどから、フランジとレール間の摩擦係数が増加していた可能性があること。

なお、曲線半径を小さくする側の通り変位があったこと及びカントの逡減区間の位置がずれていたことについては、急曲線における同社の軌道管理の方法が関与したものと考えられる。

また、本件列車の2両目及び3両目が脱線したことについては、本件分岐器への進入速度が1両目と比較して2両目、3両目の方が遅く、より大きなカント超過の状態となったことが関与した可能性があると考えられる。

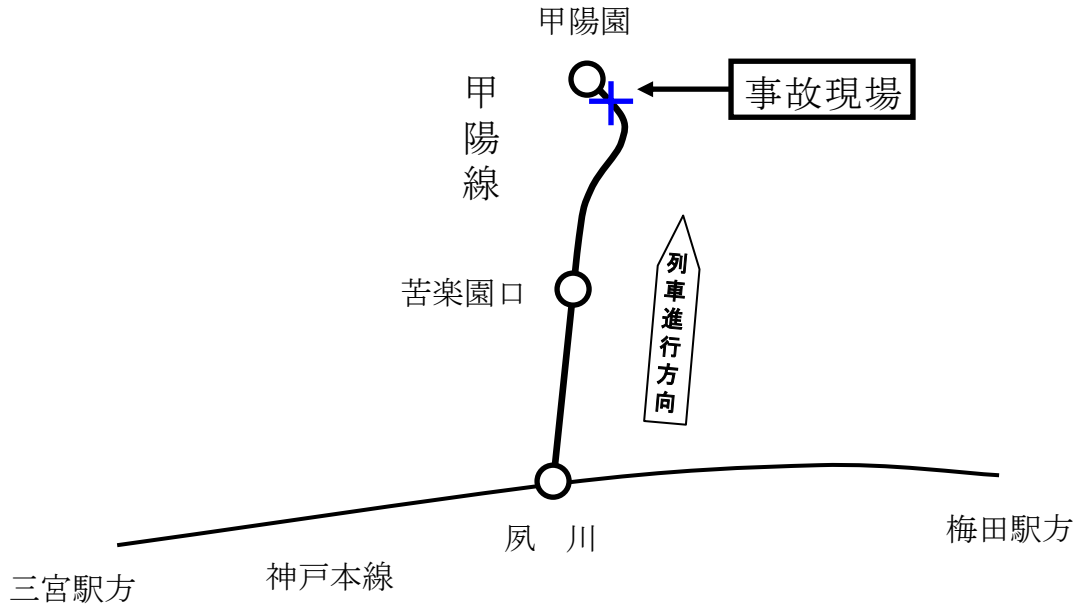
5 参考事項

同社が本事故後に講じた主な対策は以下のとおりである。

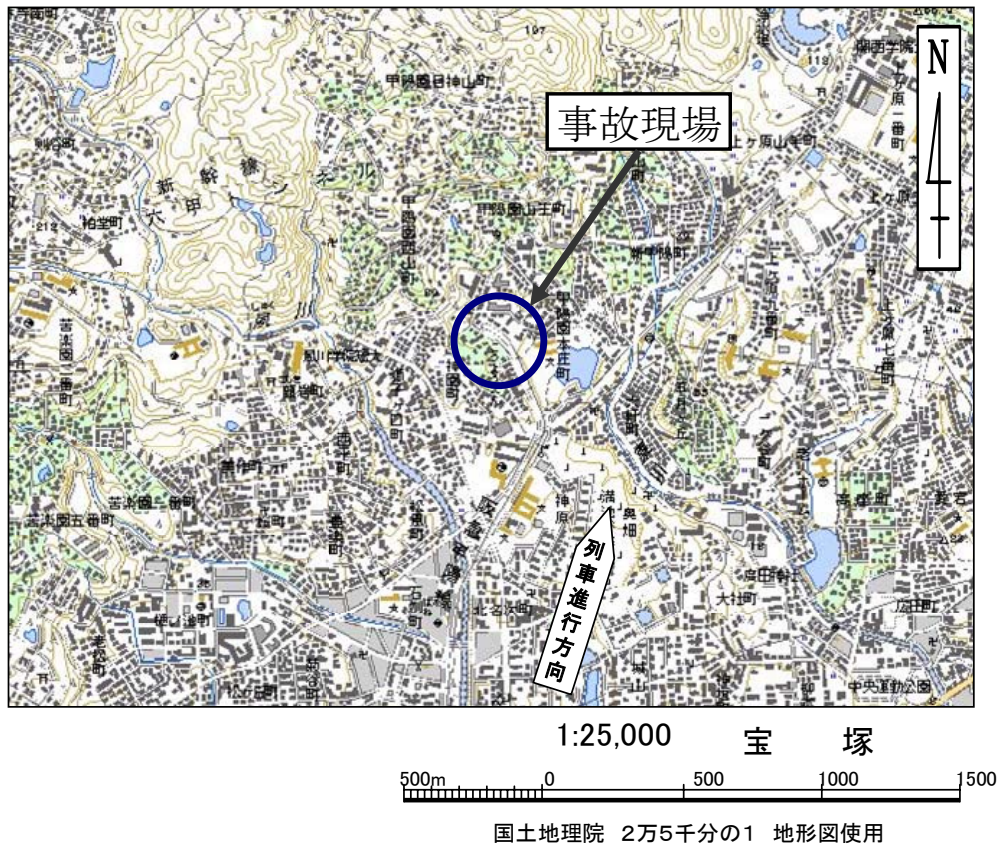
- (1) 本件分岐器付近の軌道整備を行い、軌間変位、水準変位、通り変位等の整正を行った。
- (2) 本件分岐器のポイント部を基準線側に鎖錠し、分岐線側を使用停止とした。
- (3) 同社の類似箇所における同種事故の対策
 - ① 内方分岐器手前でカントを逡減している箇所について、カントが一定となるよう改良した。
 - ② 車輪・レール間の摩擦力を低減するため、内方分岐器手前に摩擦調整材塗布器を設置した。
 - ③ 内方分岐器のポイント部及びリード部に脱線防止ガードを設置した。

付図1 甲陽線路線図

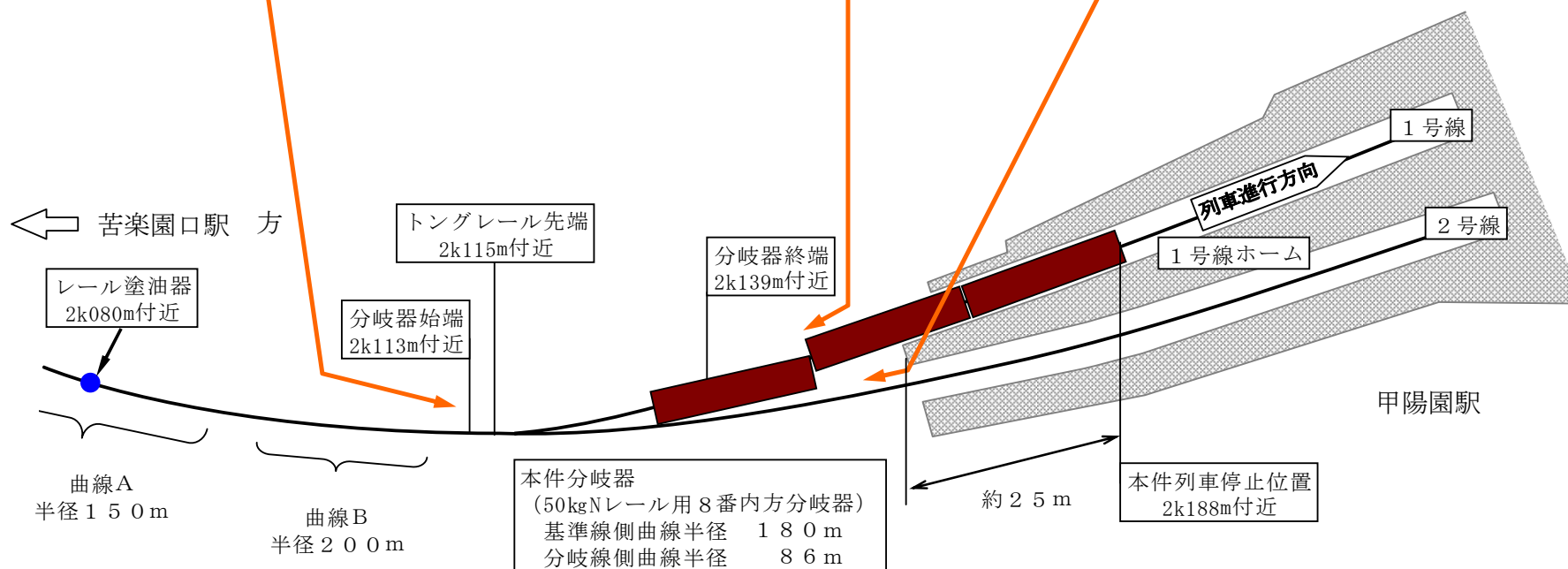
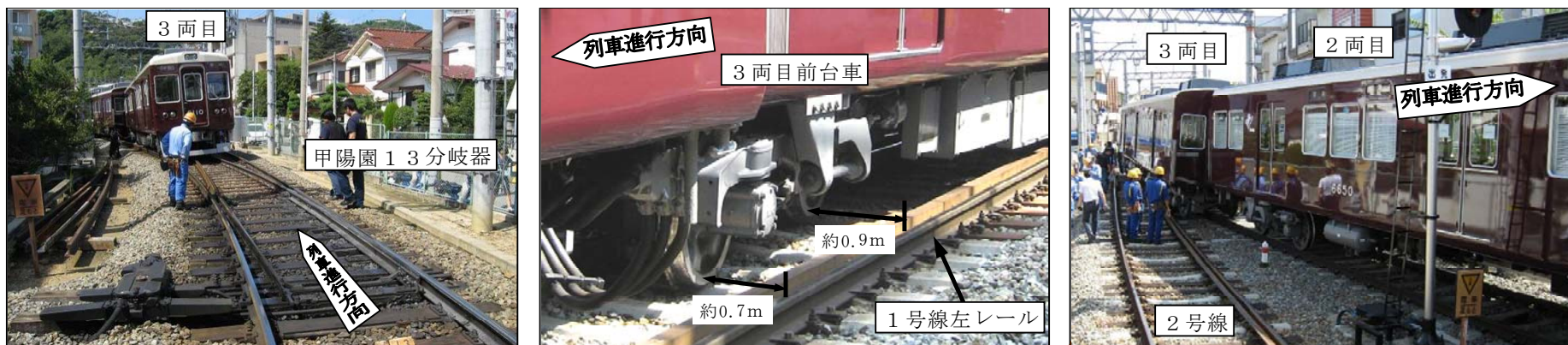
甲陽線 夙川駅～甲陽園駅間 2.2km (単線)



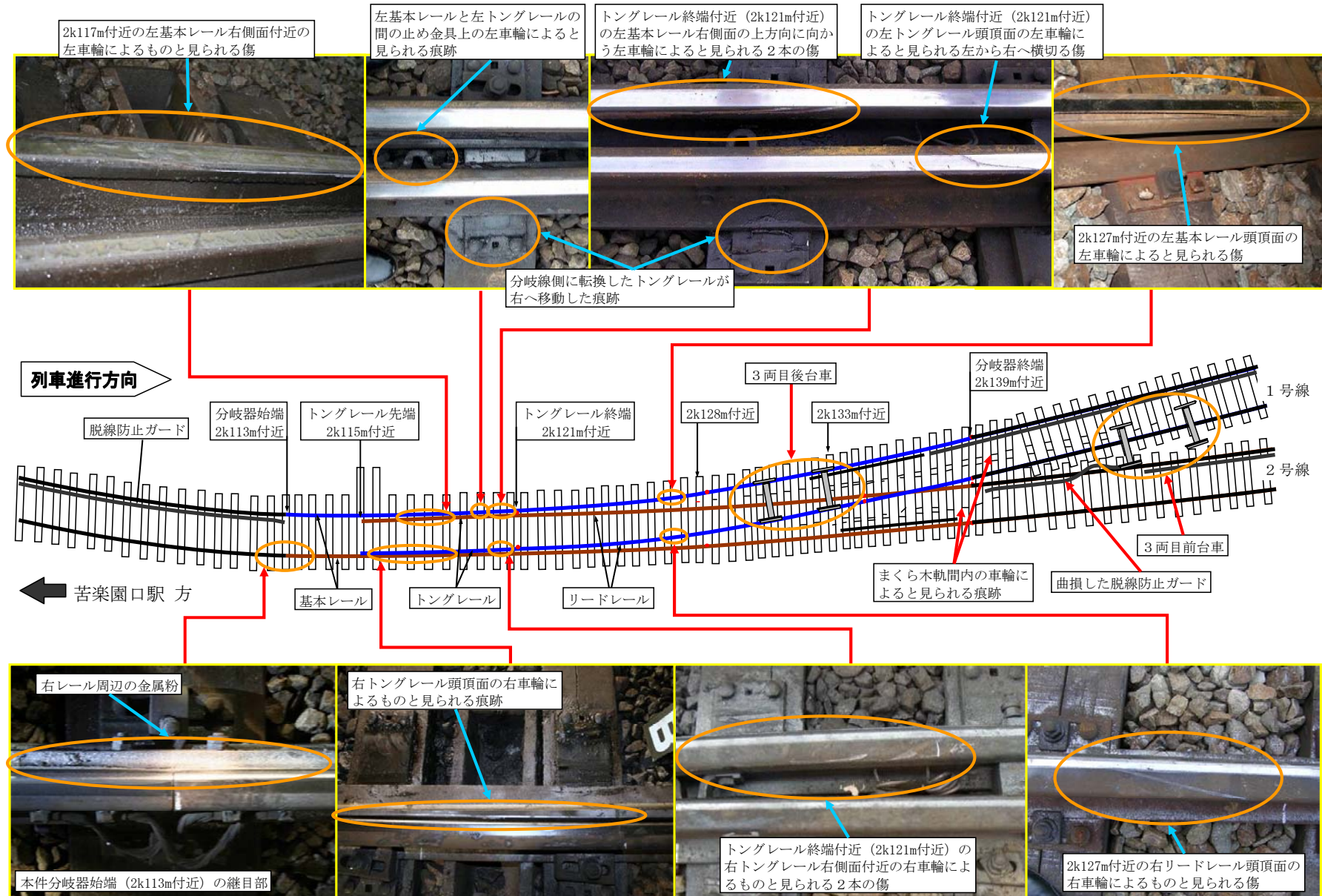
付図2 事故現場付近の地形図



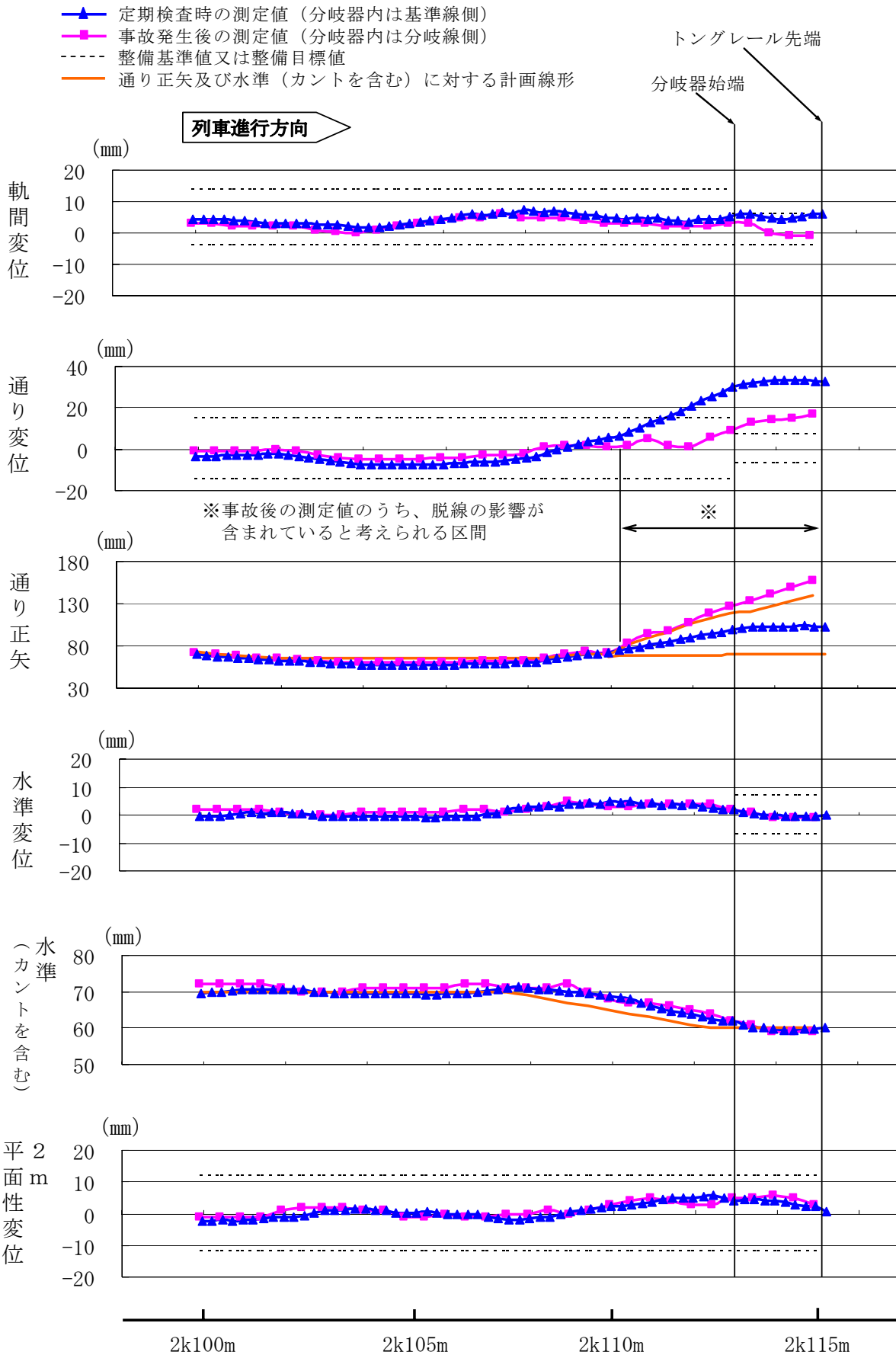
付図3 事故現場付近略図 (1 / 2)



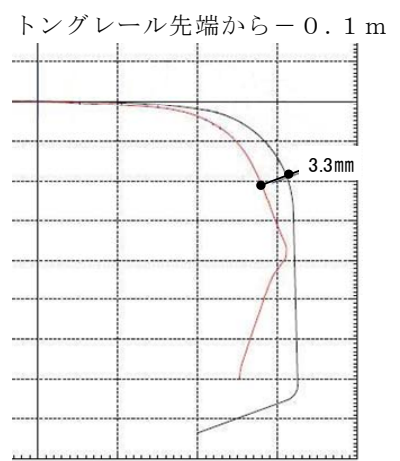
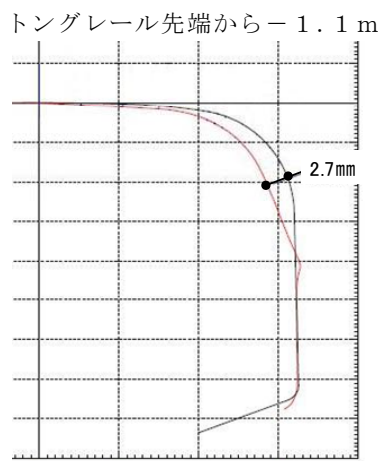
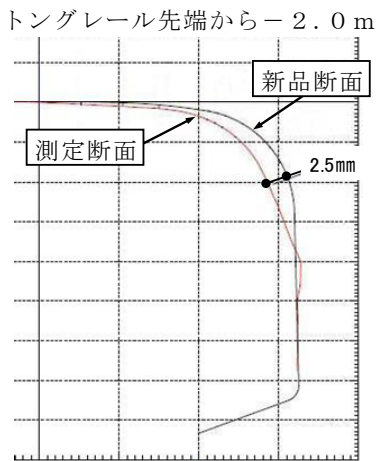
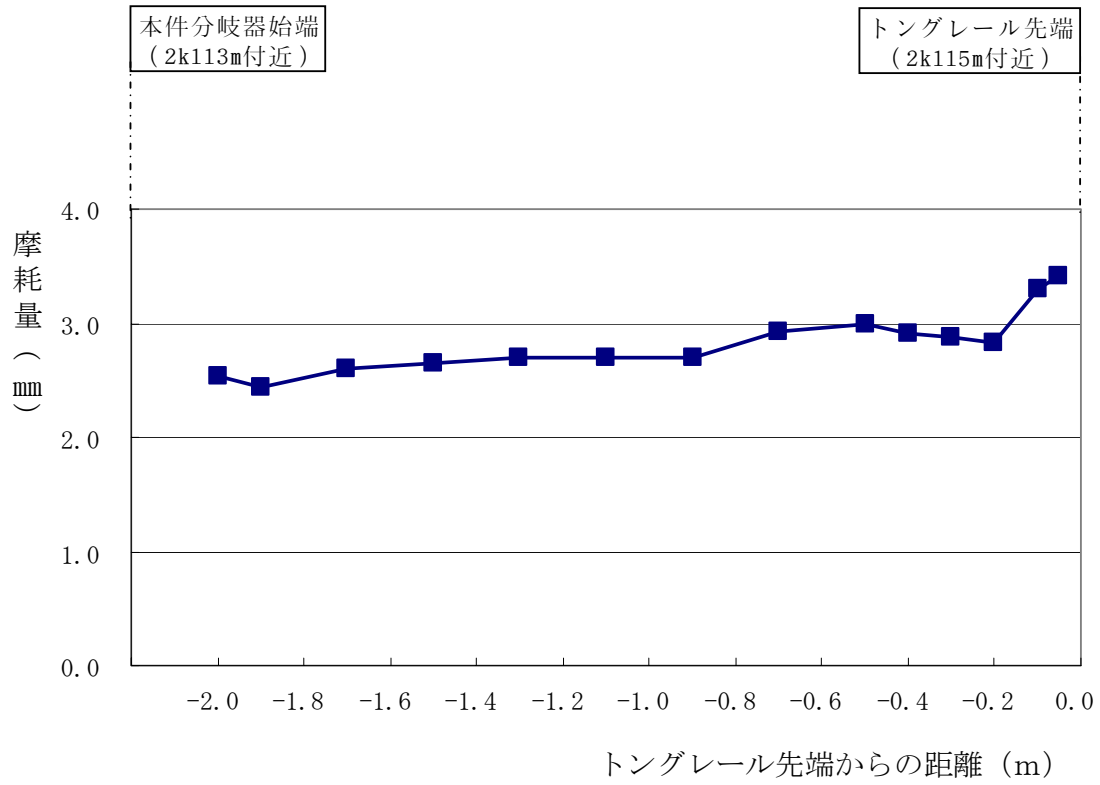
付図3 事故現場付近略図 (2 / 2)



付図4 事故現場付近の軌道変位の状況



付図5 本件分岐器右基本レールの摩耗状況



付図6 脱線に至った経過 (推定)

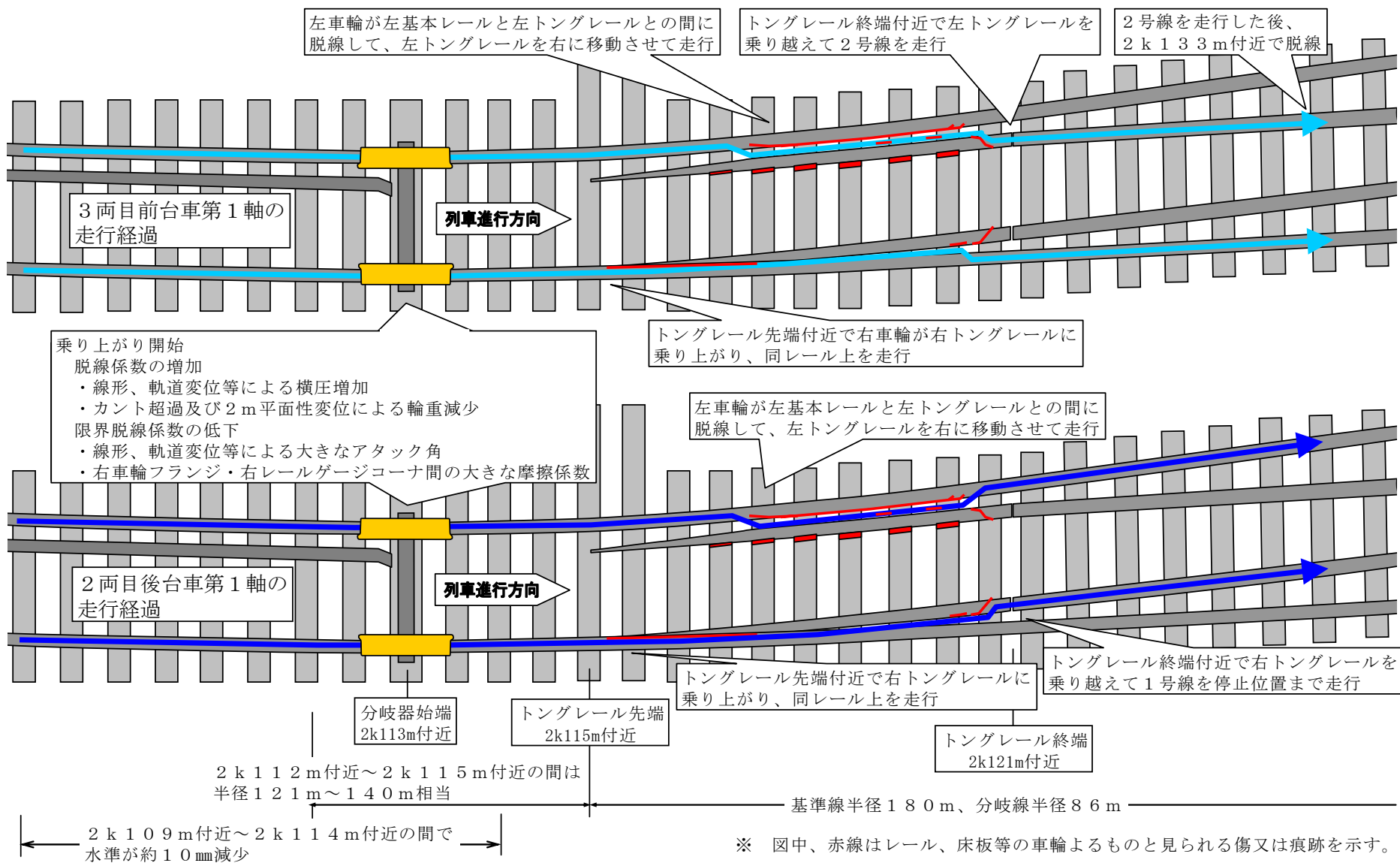


写真1 鉄道施設の損傷状況

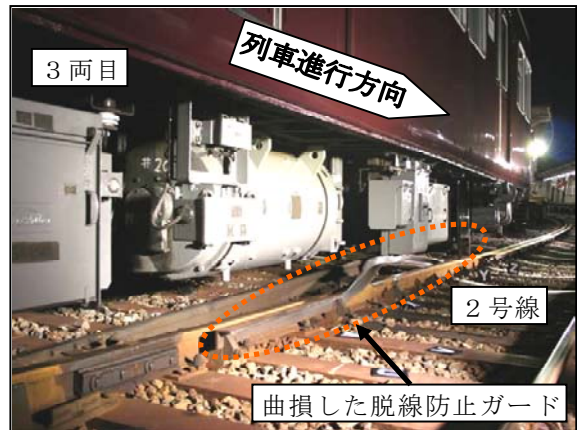
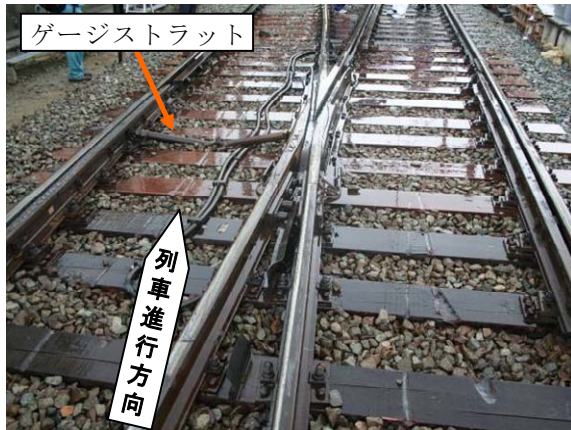


写真2 車両の損傷状況

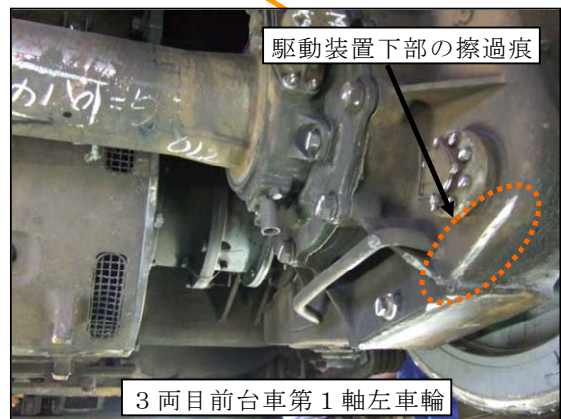
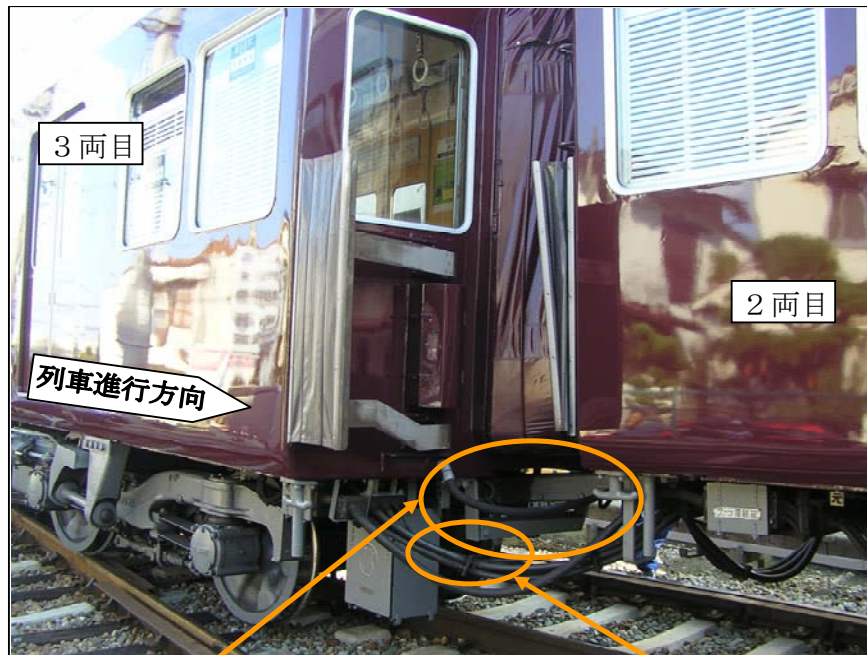


写真3 脱線車輪の状況

