

RI2013-1

鉄道重大インシデント調査報告書

三岐鉄道株式会社三岐線東藤原駅構内における鉄道重大インシデント
車両脱線（「本線において車両が脱線したもの」に係る鉄道重大インシデント）

平成25年10月25日

本報告書の調査は、本件鉄道重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案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」

三岐鉄道株式会社三岐線東藤原駅構内における鉄道重大インシデント
車両脱線（「本線において車両が脱線したもの」に係る鉄道重大インシデント）

鉄道重大インシデント調査報告書

鉄道事業者名：三岐鉄道株式会社

インシデント種類：車両脱線（鉄道事故等報告規則第4条第1項第6号イの「本線において車両が脱線したもの」に係る鉄道重大インシデント）

発生日時：平成24年6月27日 15時03分ごろ

発生場所：三重県いなべ市

三岐線 東藤原駅構内

平成25年10月7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>

三岐鉄道株式会社の18両の入換編成（電気機関車2両と貨車16両）は、平成24年6月27日15時00分ごろ、セメント工場専用線から東藤原駅構内の下り本線へ向けて出発した。

入換編成の運転士は、東藤原13号イ分岐器を通過中に異常を感知したため、直ちに非常ブレーキを使用して入換編成を停止させたところ、2両目機関車の前台車第1軸が右へ脱線していた。

2両目機関車には運転士1名が乗務しており、また、1両目機関車に誘導係2名及び3両目貨車に操車係1名が乗車していたが、負傷はなかった。

<原因>

本重大インシデントは、18両の入換編成（電気機関車2両と貨車16両）が4つの曲線が連続する区間にある内方分岐器の基準線側を走行した際、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、2両目機関車の前台車第1軸右車輪が外軌に乗り上がって右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、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化していたこと、軌道面が右前方に下がる向きに平面性変位が大きくなっていったこと及び車両の走行速度が低速であったために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。また、上り勾配において力行運転を行うことによる電気機関車の軸重移動も関与し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、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化していたことにより、車両の前台車第1軸のアタック角が大きくなったことによると考えられる。

通りが急激に変化していたことや平面性変位が大きくなっていったことについては、平面曲線の諸元が把握されていなかったこと及び分岐器の軌道変位検査が適切に行われていなかったことから、軌道整備基準値を超えた状態であることを認識できず、軌道の線形や変位が正しく管理されていなかったためと考えられる。

<勧告等>

○ 勧告

運輸安全委員会は、本重大インシデントの調査結果を踏まえ、輸送の安全を確保するため、三岐鉄道株式会社に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項の規定に基づき、以下のとおり勧告する。

同社は、曲線及び分岐器の区間において、保守管理上の設計値を把握し、「土木・施設実施基準」に則した軌道変位の検査を適切に実施することにより軌道の整備・維持を確実に行うこと。

1 鉄道重大インシデント調査の経過

1.1 鉄道重大インシデントの概要

三岐鉄道株式会社の18両の入換編成（電気機関車2両と貨車16両）は、平成24年6月27日（水）15時00分ごろ、セメント工場専用線から東藤原駅構内の下り本線へ向けて出発した。

入換編成の運転士は、東藤原13号イ分岐器を通過中に異常を感知したため、直ちに非常ブレーキを使用して入換編成を停止させたところ、2両目機関車の前台車第1軸（前後左右は本重大インシデント発生時の入換編成の進行方向を基準とする。）が右へ脱線していた。

2両目機関車には運転士1名が乗務しており、また、1両目機関車に誘導係2名及び3両目貨車に操車係1名が乗車していたが、負傷はなかった。

1.2 鉄道重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

本重大インシデントは、鉄道事故等報告規則第4条第1項第6号イの「本線において車両が脱線したもの」に該当し、本重大インシデント発生前の平成24年2月8日にも、東藤原駅構内の東藤原13号イ分岐器付近で入換編成（電気機関車2両と貨車16両）の2両目機関車の前台車及び後台車のそれぞれの第1軸が脱線する事態が発生しており、同一箇所でも2度繰り返し車両脱線が発生した事態であって、運輸安全委員会設置法施行規則第2条第6号に定める特に異例と認められるものとして、調査対象とした。

運輸安全委員会は、平成24年6月27日、本重大インシデント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。

また、平成25年4月1日、鉄道事故調査官を追加指名した。

中部運輸局は、本重大インシデント調査の支援のため、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 6 月 28日及び29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

本重大インシデントに至るまでの経過は、三岐鉄道株式会社（以下「同社」という。）の18両の入換編成（電気機関車2両（ED458+ED459）と貨車16両）（以下、入換編成全体を「本件編成」といい、2両目の電気機関車ED459を「本件車両」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）及び誘導係（以下「本件誘導係」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

本重大インシデント当日は、保々^{ほほ}駅の運転区で7時37分に点呼を受けた。それから、保々駅9時10分発の第3711列車に乗務し、9時39分に東藤原駅に到着した。その後、東藤原駅11時14分発の第3714列車を三里駅まで運転して、11時30分ごろに同駅で東藤原駅行きの第501列車に乗務交替し、11時45分ごろに東藤原駅下り本線に到着した。その後、第501列車の電気機関車2両（ED458+本件車両）を車庫線に留置して次の作業まで待機していた。

13時45分ごろ、セメント工場専用線（以下「F5線」という。）の貨車16両のうち、8両へのセメントの積込みが終了したとの連絡を受け、残る8両の貨車にセメントを積み込むため、留置した電気機関車2両を運転してF5線に行き、貨車16両を連結して東藤原駅方へ約80m引き出した。その後、貨車を切り離れた電気機関車2両を東藤原駅下り本線に移動させて、セメントの積込みが終わるまで待機していた。

14時55分ごろ、本件車両に乗務して電気機関車2両（ED458+本件車両）でF5線に行き、先に切り離れた貨車16両を本件車両に再び連結して、15時00分ごろから本件誘導係と無線で連絡をとりながら、F5線から東藤原駅構内の下り本線へ向けて入換えを開始した。本件車両が東藤原4号踏切道（富田駅起点23k326m付近、以下「富田駅起点」は省略。）より30mくらいF5線方にあるウッドセクション付近を惰行運転で通過後、2ノッチにして速度15km/hくらいで13号イ分岐器（23k318.5m～23k293.5m。以下「本件分岐器」という。）の基準線側を通過中に異変を感じたため、直ちにノッチをオフにし、非常ブレーキを使用して停止させた。降車して確認したところ、本件車両の前台車第1軸が右へ脱線していたため、転動防止措置を行い、運転指令に入換作業中に本件分岐器のポイント付近で脱線したとの連絡をした。

なお、惰行で本件分岐器に進入すると分岐器の途中で力^{りっこう}行することになると

思い、力行のまま本件分岐器を通過した。また、本件編成に乗務してから本重大インシデントに至るまでの間、本件編成に異常はなかった。

(2) 本件誘導係

東藤原駅において、14時50分ごろに見習中の誘導係とF5線に向かう本件車両に乗り込んだ。F5線に到着した後、本件車両と貨車16両を連結して、見習中の誘導係と本件編成の先頭機関車に乗り込んだ。その後、東藤原駅下り本線に入換えをするために、駅に進路要請をし、進路が確保できていること及び東藤原4号踏切道の遮断かんが下りていることを確認し、本件運転士に無線で伝えた。

本件編成がF5線から東藤原駅下り本線に向けて入換えを開始し、本件分岐器を通過中に、後ろに「ガン」と引っ張られた感じがしたので、後ろを見たら既に本件編成は停止しており、先頭機関車から降りて状況を確認したところ本件車両の前台車第1軸が脱線していた。

なお、当日は本件分岐器を通過する他の入換作業も担当したが、本件編成の速度は他の入換作業における入換編成の速度と同程度であった。

なお、本重大インシデントの発生時刻は15時03分ごろであった。

(付図1 三岐線路線図、付図2 脱線現場付近の地形図、付図3 東藤原駅構内略図、付図4 脱線現場略図、写真1 本重大インシデントの脱線現場、写真2 本件車両に連結されていた貨車 参照)

2.2 前回インシデントに関する情報

2.2.1 脱線の概要

平成24年2月8日15時02分ごろ、18両の入換編成（電気機関車2両（ED452+ED457）と貨車16両）（以下、入換編成全体を「前回編成」といい、2両目の電気機関車ED457を「前回脱線車両」という。）が、F5線から東藤原駅下り本線への入換えにおいて、本件分岐器基準線側を対向^{*1}で通過中に、前回脱線車両の前台車及び後台車のそれぞれの第1軸が脱線した（以下「前回インシデント」という。）。

同社から提出された資料及び同社の係員が撮影した写真によれば、前回インシデント発生後の本件分岐器付近の軌道及び前回編成の電気機関車2両の状況は以下のとおりであった。

^{*1} 「対向」とは、分岐器を分岐する方向に通過する向きをいい、本件分岐器では西藤原駅方から富田駅方への向きである。

- (1) 本件分岐器は左内方分岐器^{*2}で、始端が23k318.5m付近、トングレール先端が23k314.5m付近、終端が23k293.5m付近であり、線路勾配は、前回編成の進行方向を基準として23k600m～23k300mまでは6.5%の上り勾配、23k300m～23k200mまでは3.5%の下り勾配である。
 - (2) 23k310.5m付近～23k306m付近まで、本件分岐器基準線側の外軌の頭頂面に前回脱線車両の右車輪によるものと見られる痕跡があった。
 - (3) 23k306m付近からクロッシング部付近まで、本件分岐器基準線側の外軌軌間外及び軌間内のまくらぎ上に、前回脱線車両の車輪によるものと見られる痕跡がそれぞれ1本ずつ連続していた。
 - (4) 右ウイングレールには、前回脱線車両の左車輪フランジ及び台車枠下部によるものと見られる接触痕があった。
 - (5) クロッシング部付近から、前回脱線車両の前台車の停止位置まで、本件分岐器基準線側の外軌軌間外及び軌間内のまくらぎ上に、前回脱線車両の車輪によるものと見られる痕跡がそれぞれ2本ずつ連続していた。
 - (6) 前回脱線車両について、平成23年11月の車輪交換時に測定された静止輪重比^{*3}は、最大3.4%であった。なお、前回編成の先頭機関車では、平成23年1月の車輪交換時に測定された静止輪重比は最大2.4%であった。
 - (7) 前回脱線車両は、車輪を新品に交換してから前回インシデント発生までに約6,016km走行していた。なお、前回編成の先頭機関車は、車輪を交換してから前回インシデント発生までに約28,856km走行していた。
 - (8) 前回脱線車両に連結されていた貨車16両には、セメントが積まれていた。
- (付図3 東藤原駅構内略図、写真3 前回インシデント発生直後に撮影された傷の状況 参照)

2.2.2 前回インシデント後に同社が行った対策に関する情報

同社は前回インシデントの発生要因を次の3点と考え、再発防止のため各要因に対して暫定的な対策を実施した。

- (1) 脱線の始点付近における通り変位^{*4}の増加による外軌側横圧の増加
本件分岐器ポイント部付近について、2.3.3.1 に後述する定期検査とは別

^{*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。

^{*3} 「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い、ここでは1からの偏差を絶対値で表す。

^{*4} 「通り」とは、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糸の中央部とレールとの距離(10m弦正矢)で表す。また、「通り変位」とは、通りから曲線半径による正矢量(線形による分)を差し引いた値をいう。

に特別に測定し検査を行う。(以下「特別検測」という。2.2.3参照)

- (2) 旅客列車が本件分岐器分岐線側を走行するときに発生する横圧による基準線側の通り変位の増加

本件分岐器分岐線側を通過する旅客列車に対して、速度制限を30 km/hから25 km/hへ変更する。

- (3) 上り勾配において電気機関車の力行運転を行うことによる、軸重移動^{*5}に伴う前後台車第1軸の輪重減少

本件分岐器基準線側を通過する入換中の電気機関車に対して、本件分岐器のポイント部通過時における力行運転を禁止する。

ただし、同社によれば、(2)及び(3)については、これらの変更に伴い運転取扱い上の不都合等が生じた場合には随時報告することとしていたとのことであった。なお、恒久的な対策として、東藤原駅構内の現況測量を実施し、本件分岐器前後の線形改良を行うこととしていた。

(付図5 本件分岐器の特別検測 参照)

2.2.3 本件分岐器の特別検測に関する情報

2.2.2(1)に記述したように、同社では前回インシデント発生後、再発防止対策として本件分岐器の特別検測を2日～2週間ごとに実施していた。特別検測は、付図5に示すように、トングレール先端位置と右基本レールの継目に糸(弦)を張り、トングレール先端から2 m(測点①)、3 m(測点②)、4 m(測点③)、5 m(測点④)の位置でのレールと糸との離隔を測定するものである。

前回インシデント発生直後の2月9日、‘前回インシデント発生後に実施した軌道整備’(以下「前回インシデント軌道整備」という。)後の2月10日、本重大インシデント発生前の6月18日及び本重大インシデント発生直後の6月27日に測定した離隔測定値と、それぞれの測定値から換算した曲線半径は表1のとおりである。

同社によれば、特別検測では、各測点における‘特別検測の整備基準値’を前回インシデント発生直後と前回インシデント軌道整備後の離隔測定値の平均とし、これを超えないように管理をしていたとのことであった。同社の定めた‘特別検測の整備基準値’は表1に示すような値であり、これらの離隔は曲線半径に換算すると170 m～270 m程度に相当するものである。前回インシデント軌道整備後から本重大インシデント発生までに23回の測定が実施されていたが、いずれの離隔測

^{*5} 「軸重移動」とは、電気車の力行時又はブレーキ時に車輪とレールとの間に働く引張力又はブレーキ力が、台車を介し車体に伝達する場合、並びに連結器を介し他の車両に力が伝達する場合において、車体及び台車にピッチング方向の回転モーメントが生じ、車両内の各軸の軸重が変化することをいう。

定値も‘特別検測の整備基準値’は超えていない。なお、離隔測定値は曲線半径に換算すると、180m～300m程度である。

(付図5 本件分岐器の特別検測 参照)

表1 本件分岐器の離隔測定値及び‘特別検測の整備基準値’

測定日		測点				備考
		①	②	③	④	
2月9日	離隔測定値(mm)	44	50	53	42	前回インシデント発生直後
	換算曲線半径(m)	164	187	197	252	
2月10日	離隔測定値(mm)	39	45	46	37	前回インシデント軌道整備後
	換算曲線半径(m)	185	207	227	286	
2日～2週間ごとに測定を実施(この間21回測定)						
6月18日	離隔測定値(mm)	36	41	43	35	本重大インシデント発生前
	換算曲線半径(m)	201	228	243	302	
6月27日	離隔測定値(mm)	37	42	45	37	本重大インシデント発生直後
	換算曲線半径(m)	195	223	232	286	
特別検測の整備基準値	整備基準値(mm)	42	48	50	40	
	換算曲線半径(m)	172	195	209	264	

2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.3.1 本重大インシデントの発生現場に関する情報

本件分岐器は、東藤原駅構内の下り本線と上り本線が分岐する位置にある左内方分岐器であり、その始端は23k318.5m付近、終端は23k293.5m付近である。本件分岐器基準線側が下り本線、分岐線側が上り本線であり、下り旅客列車は基準線側を背向*6で、上り旅客列車は分岐線側を対向で通過するが、入換作業の車両は本件分岐器基準線側を対向及び背向で通過する。

本重大インシデント発生後、本件編成は、先頭が基準線側の23k266m付近の線路上に停止しており、本件車両の前台車第1軸が23k281m付近で右に脱線していた。本件車両のその他の輪軸及び本件編成のその他の車両の輪軸は本線のレール上にあり、脱線していなかった。

*6 「背向」とは、分岐器を合流する方向に通過する向きをいい、本件分岐器では富田駅方から西藤原駅方への向きである。なお、「対向」についてはP3脚注1を参照すること。

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の三岐線富田駅～西藤原駅間は、延長26.5kmの単線で、軌間は1,067mmであり、直流1,500Vの電化区間である。

(付図1 三岐線路線図 参照)

2.3.2.2 脱線現場付近の線路に関する情報

- (1) 脱線現場付近は37kgレールが使用され、本件分岐器には37kgレール用10番片開き分岐器が内方分岐器として使用されている。まくらぎは本件分岐器の前後ではPCまくらぎが使用され、本件分岐器では木まくらぎが使用されている。また、道床は砕石が使用され、道床厚は150mmである。
- (2) 本件分岐器にはポイントガードが設置されている。
- (3) 本件分岐器付近では、平成21年11月にまくらぎ、道床、ポイントガードを、平成23年6月に外軌側の基本レール及び主レールを、7月に右トンダレール及び右リードレールを交換している。
- (4) 平成2年に実施された測量結果によれば、本件分岐器手前にある東藤原4号踏切道内は半径310mの左曲線、本件分岐器は基準線側半径530m(スラック10mm)、分岐線側半径170mの左内方分岐器、本件分岐器基準線側の終端部付近は半径205～230mの複心曲線(右曲線)であり、4つの曲線が連続的に接続している。

同社によれば、これらの平面曲線の諸元^{*7}の維持管理は、図面及び曲線台帳に基づいた管理や軌道検測結果にはよらず、目視による確認で行っているとのことであり、緩和曲線や円曲線の始終点や本件分岐器の通り及びカント^{*8}の設計値は不明であるとのことであった。また、線形の原形は昭和28年の東藤原駅構内拡張工事及び改修工事において出来上がったものと考えられるが、現在の曲線半径やカントとなっ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。

なお、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、同社が中部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「土木・施設実施基準」の第58条(分岐器の配線)において、分岐器は緩和曲線中には設けないものとしているが、本件分岐器は、大規模な線

^{*7} 「平面曲線の諸元」とは、円曲線の始終点、緩和曲線の始終点、曲線半径、カント量、スラック量、緩和曲線長及びカント通減方法などをいい、管理上必要な諸元である。

^{*8} 「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、曲線外軌のレールと内軌のレールの高低差をいう。

形改良を行うまでの間は従来どおりとすることができるものと定められている。

(付図4 脱線現場略図 参照)

2.3.3 軌道の検査に関する情報

同社の「土木・施設実施基準」では、本線における軌道変位検査の軌道整備基準値は表2のとおりに定められており、また、分岐器の軌道変位検査については、クロッシング部の軌間変位^{*9}を除き、一般軌道の場合に準じて行うこととされている。また、分岐器の軌道変位検査は分岐器検査と同時期に実施するものとされている。

表2 軌道整備基準値

種 別		軌間 1,067mm
		軌道整備基準値 (単位: mm)
軌 間 変 位	半径 800m以上 (直線含)	20 (14)
	半径 600m以上 800m未満	20 (14)
	半径 200m以上 600m未満	25 (19)
	半径 200m未満	20 (14)
水 準 変 位 ^{*10}		(平面性変位に基づき整備を行う)
高 低 変 位		27 (19)
通 り 変 位		27 (19)
平 面 性 変 位 ^{*11}		23 (18)

(1) 軌道検測車による動的値を示す。() 内の数値は静的値を示す。

(2) 平面性は、5m当りの水準変化量を示す。

(3) 曲線におけるスラック、カント及び正矢量(縦曲線を含む。)は含まない。

(4) 平面性の数値にはカントの遞減量を含む。

2.3.3.1 軌道変位の定期検査に関する情報

本重大インシデント直近の本線の軌道変位の定期検査は、平成24年5月9日に軌道検測車により、軌間変位、水準変位、高低変位(測定弦長10m)、通り変位

^{*9} 「軌間変位」とは、左右レールの基本寸法(1,067mm)に対する差である。また、スラックが設定されている場合には、基本寸法にスラックを加えた値からの差をいう。

^{*10} 「水準」とは、左右レールの高さの差である。また、「水準変位」とは、カントが設定されている場合には、水準からカントを差し引いた値をいう。

^{*11} ここでいう「平面性変位」とは、レールの長さ方向の2点間の水準の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が5mであれば、5m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。

(同) 及び平面性変位について測定され、検査が実施されていた。また、本件分岐器の軌道変位の定期検査は、直近では平成23年10月24日に手検測により、基準線側及び分岐線側の軌間、水準、バックゲージ^{*12}並びに分岐線側の通り（測定弦長10m）について定められた位置で測定され、検査が実施されていた。

同社では、分岐器については、本線における軌道変位検査によらず、分岐器の軌道変位検査で管理を行っているとのことであった。同社から提出された分岐器の軌道変位検査の報告書において、分岐器の軌道変位検査の結果を記録する用紙には、測定値及び検査判定値が記録されていた。これらの検査結果によれば、分岐器基準線側の軌間及び水準の測定値は、いずれも検査判定値を超えていなかった。

なお、同社によれば、本件分岐器の軌道変位検査の結果を記録した用紙に記入されていた検査判定値については、設定した時期や値の根拠は不明であるが、同値により検査結果の判定を行っているとのことであった。また、分岐器基準線側の高低変位、通り変位及び平面性変位については、目視により異常がないことを確認しているとのことであった。

2.3.3.2 本重大インシデント発生前後の軌道変位測定に関する情報

前回インシデント軌道整備後の平成24年2月10日に手検測により、軌間、水準、高低（測定弦長10m）及び通り（同）について、1m間隔の軌道変位測定が実施されていた。また、本重大インシデント発生直後の平成24年6月27日に手検測により、1m間隔の軌道変位測定を実施した。2月10日と6月27日の測定結果には大きな差異はなかった。

脱線現場付近の軌道変位測定（平成24年6月27日）の結果は、以下のとおりであった。

- (1) 高低変位及び軌間変位は、軌道整備基準値内であった。
- (2) 水準は、23k314.5m（トングレーン先端付近）～23k310.5mの4mの間で37mmから7mmへと30mmも急激に減少していた。これをカントの逡減倍率に換算すると約133倍に相当する。
- (3) 通りは、23k316.5m～23k314.5m（トングレーン先端付近）の2mの間で29mm（曲線半径431m相当）から60mm（同208m相当）へと急激に増加し、23k312.5m～23k310.5m間では68mm（同184m相当）～71mm（同176m相当）と大きく、2m先の23k308.5mでは32mmへと急激に減少していた。2.3.2.2 に記述したように、通りの設計値は不明とのことであるが、平成2年に実施された測量結果の曲線半径530mに相当する通りの正矢量23.6mmを、脱線現場付近の

^{*12} ここでいう「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。

線形による正矢量とすると、通り変位は最大で47.4mmとなり、軌道整備基準値（19mm）を超えていた。

- (4) 5m平面性変位は、23k312.5m～23k308.5mで軌道整備基準値（18mm）を超えており、23k309.5mで32mmと最も大きかった。また、前回編成及び本件編成の電気機関車の軸距に近い2m平面性変位は、23k311.5mで最大（22mm）で、台車中心間距離に近い6m平面性変位は23k310.5m～23k308.5mで最大（31mm）であった。

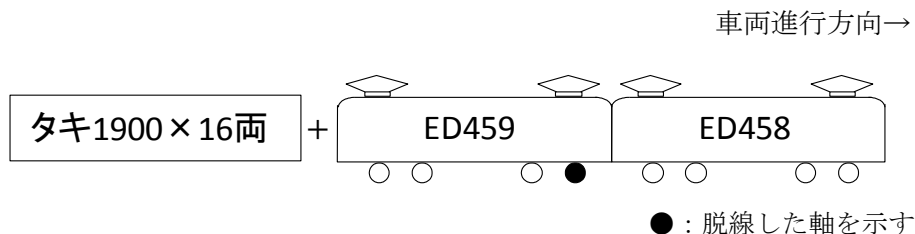
なお、平成23年10月24日に実施された本件分岐器のレール摩耗量の検査において、レール摩耗量は交換基準値を超えていなかった。また、その他の軌道材料検査の結果には、異常は認められなかった。

(付図7 本重大インシデント発生前後の軌道変位測定結果、写真1 本重大インシデントの脱線現場 参照)

2.3.4 車両に関する情報

2.3.4.1 車両の概要

本件編成は、電気機関車2両（ED458+本件車両）で貨車（タキ1900）16両をけん引していた。なお、貨車16両には、セメントが積まれた状態であった。



本件編成の電気機関車の主要諸元は、表3のとおりである。

表3 本件編成の電気機関車の主要諸元

	ED459（本件車両）	ED458
運転整備質量	45.45 t	
車輪踏面形状	基本踏面（フランジ角度60°）	
軸重	11.36 t	
軸距	2.45 m	
台車中心間距離	5.60 m	6.25 m

また、本件編成の貨車（タキ1900）の主要諸元は次のとおりである。

- ・最大積載荷重 : 40 t
- ・自重 : 14.0 t
- ・最大寸法 : 長さ 10,800 mm
幅 2,550 mm
高さ 3,751 mm

2.3.4.2 本件編成の電気機関車の状況

(1) 定期検査の状況

電気機関車に係る本重大インシデント直近の定期検査は表4のとおりであり、検査記録に異常は認められなかった。

表4 電気機関車の定期検査

	ED459（本件車両）	ED458
全般検査	平成24年5月22日	平成23年2月23日
月検査	（平成24年5月22日）	平成24年5月16日
列車検査	平成24年6月26日	平成24年6月26日

(2) 車輪、踏面形状等の状況

電気機関車の定期検査における車輪の測定値については、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」及びこれに基づいて定められた内規に示された限度値^{*13}（フランジ厚さ517～527mm、フランジ高さ25～35mm、タイヤ付車輪タイヤ厚さ28mm、一体車輪タイヤ厚さ22mm）内であった。なお、本重大インシデント後の測定値についても、これらの限度値内であった。

また、本重大インシデント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。

(3) 静止輪重比の状況

電気機関車の全般検査時の静止輪重測定記録における静止輪重及び静止輪重比は表5のとおりであり、静止輪重比はいずれも5%以内であった。なお、本重大インシデント後の静止輪重測定記録においても、静止輪重比は最大で4.1%であった。

^{*13} 同社における輪軸各部の寸法の「限度値」とは、管理対象の測定値がこの値の範囲内であれば、検査を合格させることができるものである。

表5 電気機関車の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(%)
ED458	右車輪	59.8	2.5	57.9	0.9	61.8	5.0	60.8	3.3
	左車輪	56.9		56.9		55.9		56.9	
ED459	右車輪	55.9	2.7	54.4	0.4	56.9	2.2	53.9	3.9
	左車輪	53.0		54.9		54.4		58.3	

※ 表中□は、脱線した車輪である。

(4) 本件車両の運用状況

本件車両は、車輪を新品に交換した平成24年5月の全般検査後から本重大インシデント発生までに約2,541km 走行していた。なお、本件運転士の口述によれば、本重大インシデント当日の13時45分ごろに、F5線からセメントを積載した貨車を引き出す作業のため、本件車両はED458との2両編成で本件分岐器基準線側を対向及び背向で走行していた。

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報

本重大インシデント発生後の平成24年6月28日～29日に実施した調査において、確認された鉄道施設及び車両の主な損傷状況は、以下のとおりである。

2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

- (1) 23k310.5m付近から、本件分岐器基準線側の外軌の頭頂面に、本件車両の車輪によるものと見られる長さ約4.8mの痕跡があった。
- (2) 本件分岐器のポイントガードには、本件分岐器基準線側を走行する際の車輪の接触によるものと見られる痕跡があった。
- (3) 23k306m付近から本件車両の前台車第1軸車輪の停止地点(23k281m付近)まで、本件分岐器基準線側の外軌間外のまくらぎ上に、本件車両の右車輪によるものと見られる痕跡が1本連続していた。
- (4) 23k306m付近から本件分岐器のクロッシング始端まで、本件分岐器基準線側の軌間内のまくらぎ上に、本件車両の左車輪によるものと見られる痕跡が連続していた。また、クロッシング始端の曲リードレール側の継目板ボルトは2本折損し、右ウイングレール側の継目板ボルトには打痕があった。

(5) 23k297m付近の右ウイングレールには、本件車両の車輪フランジ及び台車枠下部によるものと見られる接触痕があった。

(6) クロッシング部のノーズレール先端付近から本件車両の前台車第1軸車輪の停止地点まで、本件分岐器基準線側の軌間内のまくらぎ上に、本件車両の左車輪によるものと見られる痕跡が連続していた。

(付図4 脱線現場略図、付図6 線路上の損傷及び痕跡、写真1 本重大インシデントの脱線現場 参照)

2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

(1) 本件車両の前台車第1軸車輪には、踏面、フランジ部等に複数の打痕及び傷があった。また、本件車両の前台車第2軸右車輪には、フランジ部に擦傷痕があった。なお、本件編成の先頭機関車の全車輪及び本件車両の他の車輪には損傷及び痕跡はなかった。

(2) 本件車両の前台車においては、胴受及びギアケースに擦痕があった。また、左右の排障器及び右側の砂管が湾曲していた。

(写真4 本件車両の損傷及び痕跡 参照)

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 35歳

甲種電気車運転免許

平成10年12月17日

本件誘導係 男性 19歳

2.6 運転取扱いに関する情報

本件分岐器基準線側の制限速度は、30km/hであった。

なお、2.2.2(3)に記述したように、同社は前回インシデント発生後、本件分岐器では基準線側を通過する入換中の電気機関車に対して、ポイント部通過時における力行運転を禁止し、これによる不都合等が生じた場合には随時報告するものとしていたが、同社によれば、本重大インシデント発生まで、運転取扱いの不都合に関する報告はなかったとのことであった。

2.7 気象に関する情報

本重大インシデント発生時の現場付近の天気は晴れであった。

2.8 調査において判明した事項

2.3.3に記述したように、同社は軌道検測車による測定で「土木・施設実施基準」

に示された軌道変位検査を実施している。検査項目のうち、平面性変位については5 m平面性変位の軌道整備基準値が示されているが、本重大インシデントの調査において、軌道検測車の測定値は3 m平面性変位であることが判明したことから、平面性変位については「土木・施設実施基準」に則した検査が実施されていないことが明らかになった。

3 分析

3.1 脱線地点等に関する分析

3.1.1 本件編成の脱線地点等に関する分析

- (1) 2.4.1(1)に記述したように、23k310.5 m付近から、本件分岐器基準線側の外軌の頭頂面に、本件車両の車輪によるものと見られる長さ約4.8 mの痕跡があったこと、
- (2) 2.4.1(3)に記述したように、23k306 m付近から本件車両の前台車第1軸車輪の停止地点(23k281 m付近)まで、本件分岐器基準線側の外軌軌間外のまくらぎ上に本件車両の右車輪によるものと見られる痕跡が1本連続していたこと、
- (3) 2.4.1(4)に記述したように、23k306 m付近から本件分岐器のクロッシング始端まで、本件分岐器基準線側の軌間内のまくらぎ上に、本件車両の左車輪によるものと見られる痕跡が連続し、クロッシング始端の曲リードレール側の継目板ボルトは2本折損し、右ウイングレール側の継目板ボルトには打痕があったこと、
- (4) 2.4.1(5)に記述したように、23k297 m付近の右ウイングレールには、本件車両の車輪フランジ及び台車枠下部によるものと見られる接触痕があったこと、
- (5) 2.4.1(6)に記述したように、クロッシング部のノーズレール先端付近から本件車両の前台車第1軸車輪の停止地点まで、本件分岐器基準線側の軌間内のまくらぎ上に、本件車両の左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 に記述したように、本件車両の前台車第1軸車輪には、踏面、フランジ部等に複数の打痕及び傷があったこと

から、本件編成が本件分岐器を通過中に、本件車両の前台車第1軸右車輪が、23k310.5 m付近から本件分岐器基準線側の外軌に乗り上がり始め、外軌上をフランジ先端で走行し、23k306 m付近で同台車第1軸車輪は左右レールから脱

線したものと推定される。その後、同車輪はまくらぎ上を走行し、クロッシング部において左車輪は右ウイングレールを右へ乗り越えたものと考えられる。

3.1.2 前回編成の脱線地点等に関する分析

同社から提出された資料及び同社の係員が撮影した写真によれば、

- (1) 2.2.1 に記述したように、前回脱線車両の前台車及び後台車のそれぞれの第1軸が脱線していたこと、
- (2) 2.2.1(2)に記述したように、23k310.5m付近～23k306m付近まで、本件分岐器基準線側の外軌の頭頂面に前回脱線車両の右車輪によるものと見られる痕跡があったこと、
- (3) 2.2.1(3)に記述したように、23k306m付近からクロッシング部付近まで、本件分岐器基準線側の外軌軌間外及び軌間内のまくらぎ上に、前回脱線車両の車輪によるものと見られる痕跡がそれぞれ1本ずつ連続していたこと、
- (4) 2.2.1(4)に記述したように、右ウイングレールには、前回脱線車両の左車輪フランジ及び台車枠下部によるものと見られる接触痕があったこと、
- (5) 2.2.1(5)に記述したように、クロッシング部付近から、本件分岐器基準線側の外軌軌間外及び軌間内のまくらぎ上に、前回脱線車両の車輪によるものと見られる痕跡がそれぞれ2本ずつ連続していたこと

から、前回インシデントでは、前回編成が本件分岐器を通過中に、前回脱線車両の前台車又は後台車の第1軸右車輪が、23k310.5m付近から本件分岐器基準線側の外軌に乗り上がり始め、外軌上をフランジ先端で走行し、23k306m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、同車輪はまくらぎ上を走行し、クロッシング部において左車輪は右ウイングレールを右へ乗り越えたものと考えられる。右車輪が脱線した位置や状況は、本重大インシデントとほぼ同様であると考えられる。また、脱線したもう1軸は、クロッシング部付近で右へ脱線したものと考えられる。

3.2 車両に関する分析

2.3.4.2 に記述したように、本件車両の定期検査記録、定期検査時及び本重大インシデント後における車輪各部の寸法、車輪踏面形状、静止輪重比、台車のバネ等の測定値には異常は認められなかったことから、本件車両には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。

3.3 横圧の増加に関する分析

3.3.1 通り変位による横圧増加

本重大インシデント直後の軌道変位測定の結果において、

- (1) 2.3.3.2(3)に記述したように、通りが23k316.5m～23k314.5m（トンダレール先端付近）の約2mの間で約29mm（曲線半径431m相当）から約60mm（同208m相当）へと急激に増加し、そこから23k310.5m付近までの4mの間では緩やかに増加して最大で68mm（同184m相当）～71mm（同176m相当）となっており、測量結果の曲線半径530mに相当する通りの正矢量23.6mmを脱線現場付近の線形による正矢量とすると、通り変位は曲線半径を小さくする方向に軌道整備基準値を超えていたと考えられること、
- (2) 通りから換算した曲線半径は上記(1)に記述したとおりであり、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化していたことから、本件編成の車両の各台車第1軸は、左右車輪のアタック角^{*14}がこの付近で大きかったと考えられること

から、本件編成の車両の各台車第1軸においては、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化したことにより、内軌側（左）車輪のアタック角が大きくなったことにより、内軌側車輪が輪軸を外軌側（右）に押す力が増大し、外軌側車輪の横圧が増大していたと推定される。

3.3.2 カントによる横圧増加

2.3.3.2(2)に記述したように、23k314.5m（トンダレール先端付近）～23k310.5m（乗り上がり地点付近）では、水準が約37mm～7mmであり、大部分で外軌が内軌より10mm以上高い状態であった。一方、2.1に記述したように、本件分岐器基準線側の車両通過速度を15km/hとし、3.3.1(1)に記述したように、曲線半径が約431mから約176mへと変化していたことから、この付近の曲線半径を仮に200mとして均衡カント^{*15}を試算すると9.5mmとなる。これらのことから、本件編成は本件分岐器進入時にはカント超過の状態で行っていたものと考えられ、本件編成の車両の各台車第1軸においては、内軌側車輪の輪重の増加により、外軌側車輪の横圧が増大していた可能性があると考えられる。

*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。

*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。

3.4 輪重の減少に関する分析

3.4.1 平面性変位による輪重減少

2.3.3.2(4)に記述したように、23k312.5m～23k308.5m付近の5m平面性変位は、右前方（外軌側第1軸）が下がる向きに軌道整備基準値（18mm）を超え、23k309.5mで最大（32mm）となっており、また、本件編成の電気機関車の軸距に近い2m平面性変位は23k311.5mで最大（22mm）で、台車中心間距離に近い6m平面性変位は23k310.5m～23k308.5mで最大（31mm）であったことから、軌道面が右前方へ下がるようにねじれ、軸ばねや枕ばねの伸縮によって本件編成の電気機関車の各台車第1軸の外軌側（右）車輪の輪重が減少していたと推定される。

3.4.2 カントによる輪重減少

3.3.2に記述したように、本件編成は本件分岐器進入時には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、このことも本件編成の車両の各台車第1軸の外軌側（右）車輪の輪重を減少させる方向に作用していた可能性があると考えられる。

3.4.3 軸重移動による輪重減少

2.2.1及び2.3.4.1に記述したように、前回インシデント及び本重大インシデントでは、いずれも脱線した電気機関車にセメントが積まれた貨車16両が連結されており、また、電気機関車は6.5%の上り勾配を力行で通過していたことから、前台車第1軸が軽くなる軸重移動が起き、このことも本件車両の前台車第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

- (1) 3.3.1に記述したように、23k316.5m～23k310.5m（乗り上がり地点付近）において、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化したことにより、本件編成の車両の各台車第1軸においては左右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^{*16}も増加したと考えられることから、限界脱線係数^{*17}が小さくなっていたと考えられること、

^{*16} 「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し、最大値は摩擦係数となる。

^{*17} 「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。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。

- (2) 前記(1)に記述したように、曲線半径を小さくする方向に通りが変化したことや、3.3.2に記述したように、本件編成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、本件編成の車両の各台車第1軸は外軌側(右)車輪の横圧が増加したと考えられること、
- (3) 3.4.1及び3.4.2に記述したように、本件編成がカント超過の状態で行っていたと考えられることや、軌道面が右前方に下がる向きの2m平面性変位及び6m平面性変位が大きくなっていったことから、本件編成の電気機関車の各台車第1軸は外軌側(右)車輪の輪重が減少したと考えられること、
- (4) 3.4.3に記述したように、電気機関車の軸重移動により、本件車両の前台車第1軸は輪重が減少していた可能性が考えられること、
- (5) 上記(2)、(3)及び(4)により、本件車両の前台車第1軸は外軌側(右)車輪の脱線係数^{*18}が増加していたと考えられること

から、23k310.5m付近において、本件車両の前台車第1軸は、外軌側(右)車輪の脱線係数が増加するとともに限界脱線係数が減少し、外軌に乗り上がり始めたものと考えられる。

3.6 前回インシデント発生後に同社が講じた対策の有効性に関する分析

3.1.2に記述したように、前回インシデントでは、前回脱線車両の前台車又は後台車の第1軸右車輪が23k310.5m付近で外軌側(右)に乗り上がりを開始し脱線したと考えられ、2.2.2に記述したように、同社は3点の再発防止対策を実施した。しかしながら、ほぼ同位置で入換編成が脱線するという本重大インシデントが発生しており、同社が実施した3点の再発防止対策のうち、特に2.2.2(1)及び(3)に記述した対策は、以下のように十分に機能しなかったものと考えられる。

(1) 本件分岐器ポイント部付近の特別検測について

‘特別検測の整備基準値’が、通り変位の増加による外軌側横圧の増加を抑制するのに適切な値であったかを検証するために、この値から換算した曲線半径と平成2年に実施された測量結果の曲線半径の比較を行う。2.2.3に記述したように、同社は‘特別検測の整備基準値’として、前回インシデント発生直後と前回インシデント軌道整備後の離隔測定値の平均値を用いていたが、この値を曲線半径に換算すると170m～270m程度となった。一方、2.3.2.2に記述したように、平成2年に実施された測量結果の曲線半径は530mであった。このことから、特別検測で行っている測定方法は、局所的な通り変位の管理法としては有効なものであるが、本重大インシデント発生箇所において

^{*18} 「脱線係数」とは、横圧を輪重で除した値をいう。

同社が設定した‘特別検測の整備基準値’は、外軌側横圧の増加を抑制するための通り変位の管理値としては適切な値ではなかったと考えられる。

(2) 本件分岐器の基準線側のポイント部通過時の電気機関車に対する力行禁止について

2.2.2 に記述したように、電気機関車が上り勾配において力行運転を行うことによる軸重移動を抑制する措置であるが、運転操作において不都合が生じた場合には報告をすることとしており、運転操作上の無理が生じる可能性があることを想定したものであった。

また、3.3 に記述したように、本件分岐器基準線側のトングレーン先端付近では外軌が37mm高い状態であり、この付近の曲線半径を200mとして均衡速度を求めると約30km/h となることから、力行運転を禁止したことでポイント部通過時の車両の速度が上がらず、カントの超過による外軌側横圧の増加及び輪重の減少の要因となる可能性が考えられる。したがって、電気機関車に対する力行禁止の対策は、軸重移動を抑制する点では有効な措置であると考えられるが、本件分岐器付近における車輪の乗り上がりに対する対策として、必ずしも有効な措置ではなかったと考えられる。

これらの再発防止対策が十分に機能しなかったことについては、いずれの対策も車輪の乗り上がりに対する有効性を十分に分析したものではなかったことによるものと考えられる。

3.7 軌道の保守管理に関する分析

3.7.1 本件分岐器付近の線形に関する分析

2.3.2.2 に記述したように、平成2年に実施された測量結果によると本件分岐器基準線側の線形は4つの曲線が連続的に接続しており、本件分岐器は半径530mの左曲線と半径205～230mの複心の右曲線を接続するための緩和曲線中に設置されている。本重大インシデントは半径530mの円曲線中で発生したものであるが、3.3.1 に記述したように、通りの測定値から換算した曲線半径は、以前に測量された結果とは合致しておらず、線形を考慮した整備がされていなかったと考えられる。

これは、同社が、本件分岐器付近の平面曲線の諸元について図面及び曲線台帳に基づいた管理を行っておらず、緩和曲線や円曲線の始終点や本件分岐器の通り及びカントの設計値を把握していなかったこと、2.3.3.1 に記述したように分岐器基準線側の高低変位、通り変位及び平面性変位については、軌道変位測定によらず目視による確認のみであったことによると考えられる。

本件分岐器付近の線形については、現在の曲線半径やカントとなった時期や経緯

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維持管理するために、線形改良等により変更が生じた場合には図面等を適宜更新して確実に把握しておくことが必要である。

3.7.2 乗り上がりに対する軌道の保守管理に関する分析

3.5に記述したように、本件分岐器付近においては、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化したこと、カントの逡減により軌道面が右前方に下がる向きの2m平面性変位及び6m平面性変位が大きかったことによって、本件車両の外軌側車輪の横圧が増加するとともに輪重が減少した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を低下させた要因の一つであると考えられる。

なお、3.3.1及び3.4.1に記述したように、通り変位は軌道整備基準値を超過していたと考えられるものであり、カントの逡減による5m平面性変位は軌道整備基準値を超過していた。

一方、同社の軌道の保守管理においては、2.3.3.1及び3.7.1に記述したように、本件分岐器の通り及びカントの設計値を把握しておらず、分岐器基準線側の高低変位、通り変位は軌道変位測定によらず目視により確認し、また、水準は定期検査として分岐器の軌道変位検査で測定をしていたが、設定の根拠が明確ではない検査判定値により検査結果の判定をしており、通り変位やカントの逡減による5m平面性変位が軌道整備基準値を超過していたことを認識することが難しい状態となっていた。

これらのことから、同社の軌道の保守管理の方法が、車輪の乗り上がりに対する余裕を低下させたことに関与したものと考えられる。

2.3.3に記述したように、分岐器における軌道整備は一般軌道の場合に準じて行うこととされていることから、線形に応じた設計値を把握して、高低変位、通り変位及び水準変位（平面性変位）を適切に検査することが必要である。

3.7.3 軌道変位検査に関する分析

2.8に記述したように、同社の軌道検測車では3m平面性変位を測定しており、「土木・施設実施基準」に則した平面性変位の検査を適切に実施できていなかった。平面性変位は、緩和曲線におけるカントの逡減を含む軌道の平面に対するねじれの状態を表すものであり、3.7.2に記述したように、本重大インシデントにおいても要因の一つと考えられるものであることから、検査方法又は軌道整備基準値等の見直しを行い、適正な検査により管理を行うべきである。

4 結 論

4.1 分析の要約

本重大インシデントにおける分析結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) 入換編成の脱線地点

東藤原13号イ分岐器（内方分岐器）の基準線側の外軌の頭頂面にあった車輪によるものと見られる痕跡及びまくらぎ上の車輪によるものと見られる痕跡から、18両の入換編成（電気機関車2両と貨車16両）の2両目機関車の前台車第1軸が、分岐器基準線側を対向で通過中に、外軌に乗り上がり脱線したものと推定される。（3.1.1）^{*19}

(2) 車両

車両の定期検査記録、定期検査時及び本重大インシデント後における車輪各部の寸法、車輪踏面形状、静止輪重比、台車のバネ等の測定値には異常は認められなかったことから、車両には脱線の発生に関与するような異常はなかったものと推定される。（3.2）

(3) 脱線係数の増加

車輪が乗り上がりを開始した付近において、以下のことにより脱線係数が増加していたと考えられる。（3.3、3.4及び3.5）

① 曲線半径を小さくする方向に通りが変化したこと及び入換編成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、入換編成の車両の各台車第1軸は外軌側車輪の横圧が増加したと考えられること。

② 入換編成がカント超過の状態で行っていたと考えられること、軌道面が右前方に下がる向きに2m平面性変位及び6m平面性変位が大きくなっていたこと、並びに、上り勾配において力行運転を行うことにより電気機関車の軸重移動が起きていた可能性があることから、入換編成の2両目機関車の前台車第1軸は外軌側車輪の輪重が減少したと考えられること。

(4) 限界脱線係数の低下

車輪が乗り上がりを開始した付近において、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化したことにより、入換編成の車両の前台車第1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も増加したと考えられることから、限界脱線係数が小さくなっていたと考えられる。（3.5）

(5) 平成24年2月8日に発生したインシデント後に講じられた対策

本重大インシデント発生前の平成24年2月8日に発生した車両脱線後に同

^{*19} 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

社が講じた3点の再発防止対策のうち、2点の対策については、以下のように十分に機能しなかったものと考えられる。(3.6)

① 「分岐器ポイント部付近における特別検測」は、通り変位の増加による外軌側横圧の増加を抑制するための措置であり、その測定方法は局所的な通り変位の管理法として有効なものであるが、本重大インシデント発生箇所においては、線形に応じた適切な「特別検測の整備基準値」を設定していなかったことから、外軌側横圧の増加を抑制するための通り変位の管理値としては適切な値ではなかったと考えられる。

② 「本件分岐器の基準線側のポイント部通過時の電気機関車に対する力行禁止」は、電気機関車が上り勾配において力行運転を行うことによる軸重移動を抑制する点では有効であると考えられるが、車両の速度が上がらずカント超過になり外軌側車輪の横圧増加や輪重減少につながる可能性があるため、本件分岐器付近における車輪の乗り上がりに対する対策としては、必ずしも有効な措置ではなかったと考えられる。

(6) 軌道の保守管理

① 脱線現場付近の線形については、同社は、図面及び曲線台帳に基づいた管理を行っていなかったことから、現地の平面線形の諸元を把握しておらず、分岐器基準線側の高低変位、通り変位及び平面性変位は目視による確認のみであったことから、線形を考慮した整備がされていなかったと考えられる。(3.7.1)

② 乗り上がりに対する軌道の保守管理については、脱線現場付近の通り及びカントの設計値を把握していなかったこと、分岐器基準線側の高低変位、通り変位、平面性変位は目視による確認のみであったことから、軌道整備基準値を超過した状態であることを認識することが難しかったと考えられる。(3.7.2)

4.2 原因

本重大インシデントは、18両の入換編成（電気機関車2両と貨車16両）が4つの曲線が連続する区間にある内方分岐器の基準線側を走行した際、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、2両目機関車の前台車第1軸右車輪が外軌に乗り上がって右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、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化していたこと、軌道面が右前方に下がる向きに平面性変位が大きくなっていたこと及び車両の走行速度が低速であったために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。ま

た、上り勾配において力行運転を行うことによる電気機関車の軸重移動も関与し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、曲線半径を急激に小さくする方向に通りが変化していたことにより、車両の前台車第1軸のアタック角が大きくなったことによると考えられる。

通りが急激に変化していたことや平面性変位が大きくなっていったことについては、平面曲線の諸元が把握されていなかったこと及び分岐器の軌道変位検査が適切に行われていなかったことから、軌道整備基準値を超えた状態であることを認識できず、軌道の線形や変位が正しく管理されていなかったためと考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

- (1) 同社は、本件分岐器付近並びに曲線半径又はカントの設計値が明確ではない分岐器及び曲線等については、測量等により実際の線形と合致した図面等を作成し、適宜図面の更新及びその更新理由を記録して、現地の線形を確実に把握すべきである。そして、線形等に応じた設計値と軌道検測の結果から軌道変位を算出し、「土木・施設実施基準」に則して軌道の保守管理を適切に行うべきである。
- (2) 同社は、分岐器の軌道変位検査について、分岐器の保守に関する文献等を参考にして、通り変位や高低変位の測定及び検査を行って適切に管理すべきである。特に、内方分岐器、外方分岐器等のように曲線内に設置された分岐器の軌道変位検査では、分岐器基準線側についても設計値に対する水準変位（平面性変位）や通り変位が軌道整備基準値を超過しないように管理を行う必要がある。
- (3) 同社は、軌道検測車による平面性変位については、水準の測定値から算出するなど「土木・施設実施基準」に則した検査を行うか、又は、軌道整備基準値を測定方法に対して適切な値に見直し、適正な検査が行われるよう改善すべきである。
- (4) 同社は、再発防止対策を講じる際は、対策の有効性を分析しその趣旨を十分に理解した上で、必要に応じて外部の支援も視野に入れて、実施していくことが望まれる。

5.2 本重大インシデント後に同社が講じた措置

同社は、本重大インシデント後に、現況測量を行い次の措置を講じた。

- (1) 本件分岐器付近の4つの曲線を、半径500mの単曲線とした。
- (2) 本件分岐器を含む5つの分岐器及びその前後のレールを、37kgレールから50kgNレールへ重軌条化し、道床厚150mmから200mmに増加した。
- (3) 上記(1)及び(2)に伴い、本件分岐器を37kgレール10番片開き分岐器から50kgNレール12番内方分岐器とし、トングレール及び曲リード部に脱線防止ガードを設置した。また、17号イ分岐器を37kgレール10番内方分岐器から50kgNレールの8番片開き分岐器とした。
- (4) 上記(1)及び(3)に伴い、この付近の線形を把握して、軌道の保守管理上の設計値及び軌道整備基準値を設定し、それに基づいた保守及び整備を行うこととした。

6 勸告

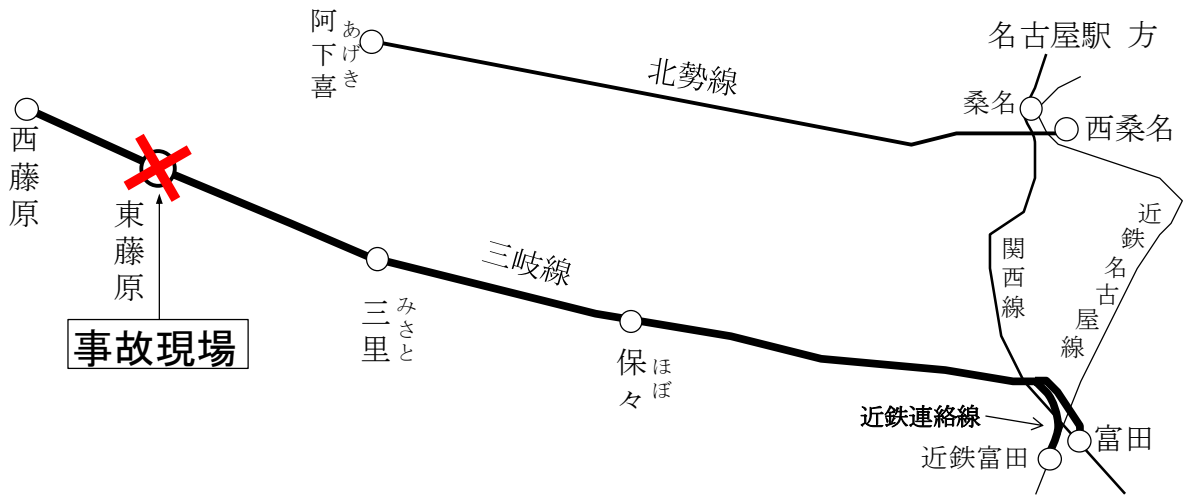
本重大インシデントは、脱線現場付近の平面線形の諸元が把握されていなかったこと、分岐器の軌道変位検査が適切に行われていなかったことから、軌道変位が軌道整備基準値を超えた状態であることを認識できず、同一箇所でも2度繰り返し車両が脱線したことによるものであると考えられる。

運輸安全委員会は、本重大インシデントの調査結果を踏まえ、輸送の安全を確保するため、同社に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項の規定に基づき、以下のとおり勧告する。

同社は、曲線及び分岐器の区間において、保守管理上の設計値を把握し、「土木・施設実施基準」に則した軌道変位の検査を適切に実施することにより軌道の整備・維持を確実に行うこと。

付図1 三岐線路線図

三岐線 富田駅～西藤原駅間 26.5 km (単線)

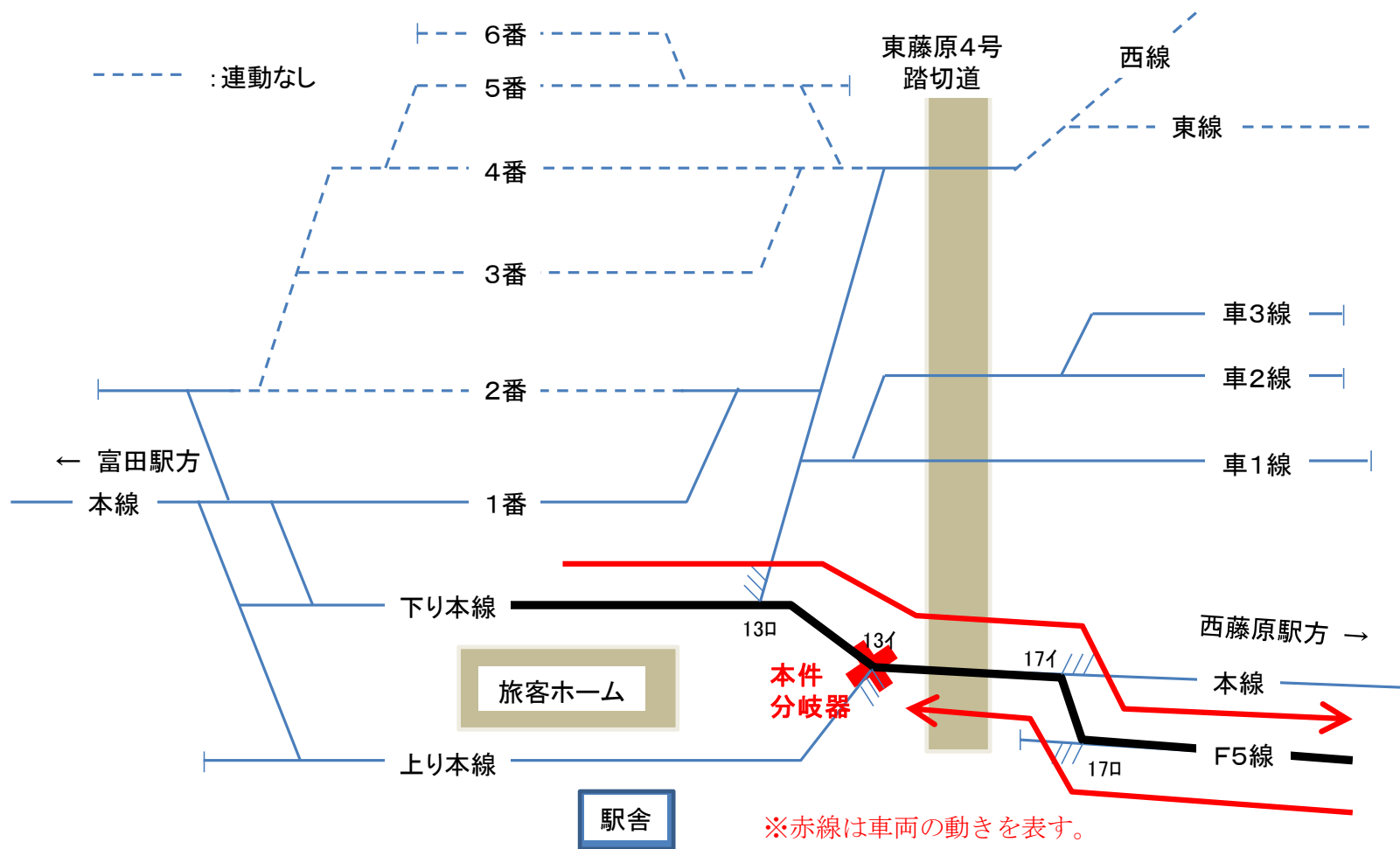


付図2 脱線現場付近の地形図

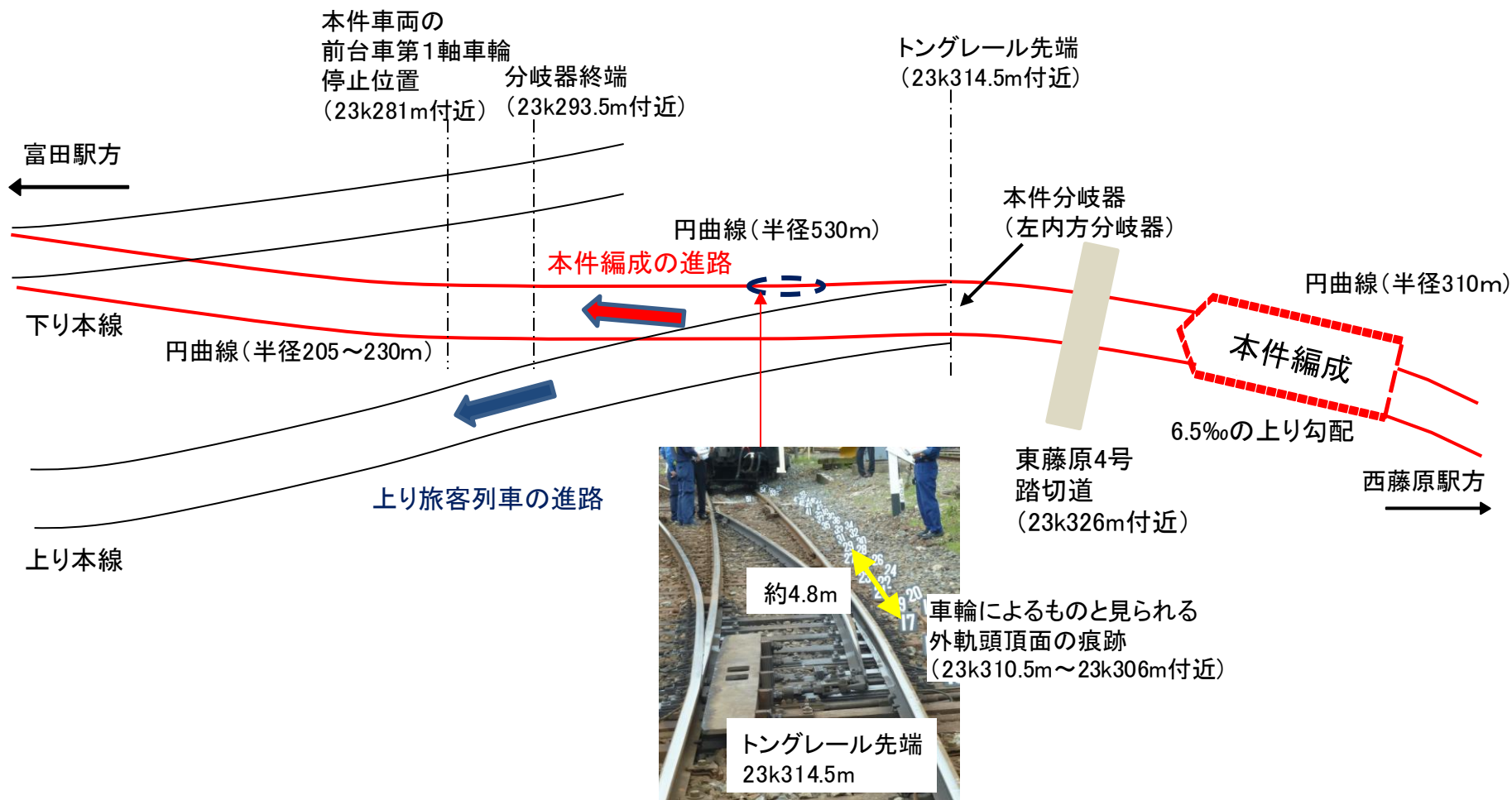


付図3 東藤原駅構内略図

(前回インシデント及び本重大インシデントにおける車両の動き)

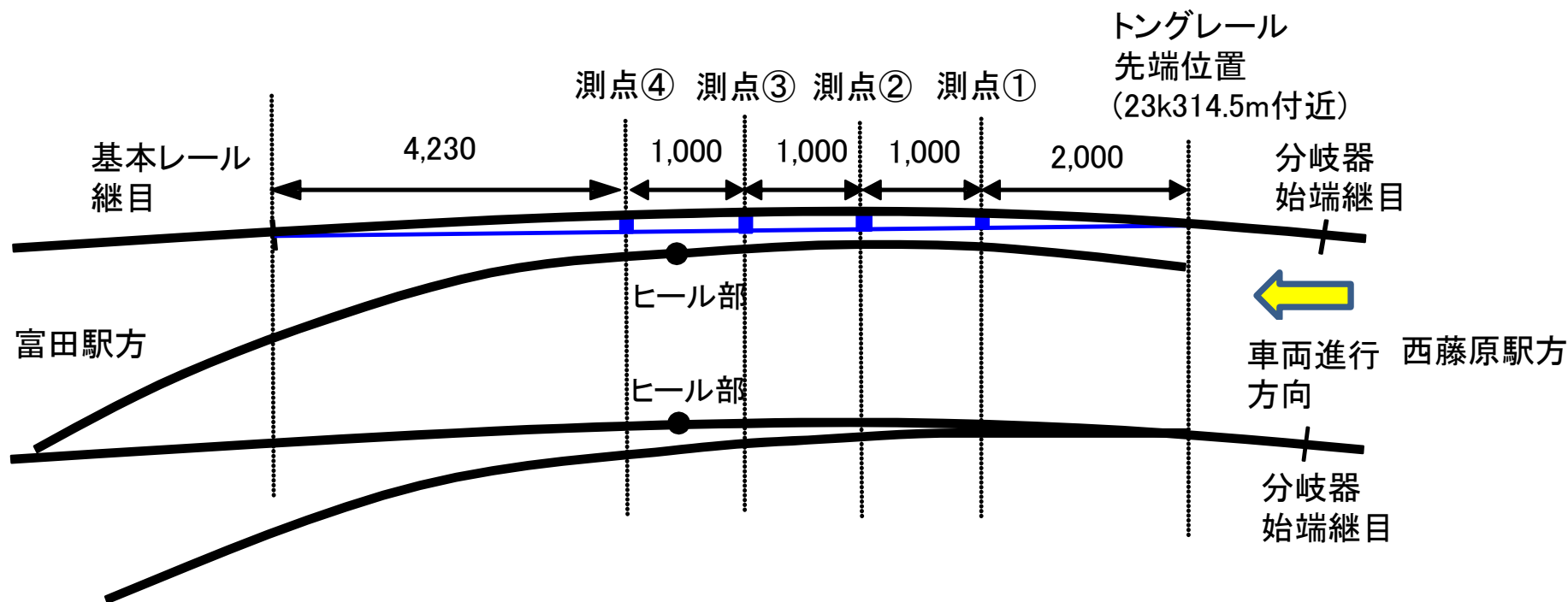


付図4 脱線現場略図



付図5 本件分岐器の特別検測

(特別検測における測定位置 単位：mm)



【測定及び管理手法】

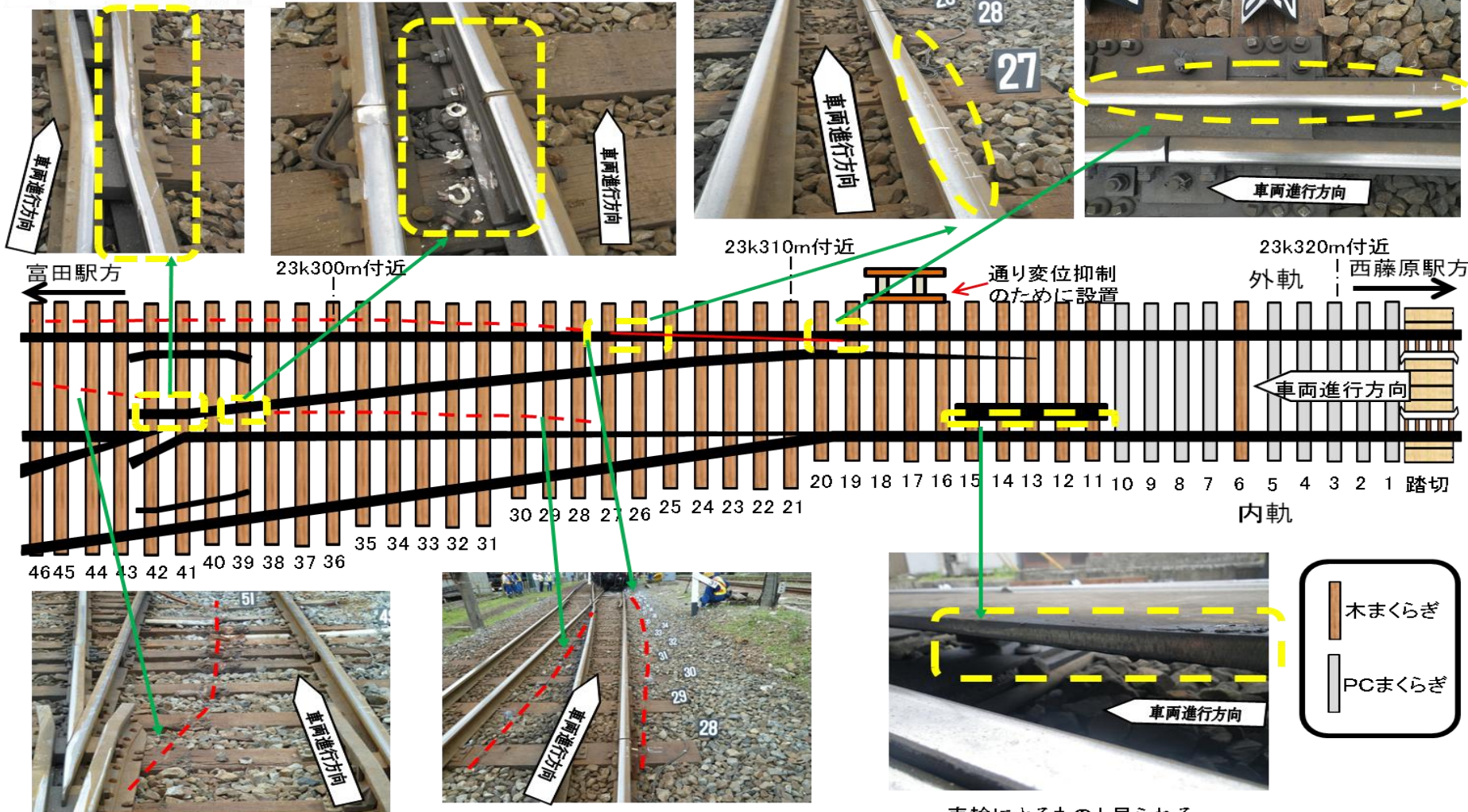
- ※ トングレール先端位置と基本レール継目に糸(9,230mm)を張る。
- ※ トングレール先端位置から分岐器後端に向かって2,000mmの点を測点①とし、そこから1,000mmごとに測点②③④とし、この点でのレールとの離隔を測定する。

付図6 線路上の損傷及び痕跡

車輪フランジ及び台車枠下部によるものと見られる右ウイングレール接触痕

左車輪によるものと見られる継目板ボルトの折損および打痕

車輪によるものと見られる外軌頭頂面の痕跡(23k310.5m~23k306m付近)



車輪によるものと見られるまくらぎ上の痕跡

車輪によるものと見られるポイントガードの接触痕

付図7 本重大インシデント発生前後の軌道変位測定結果

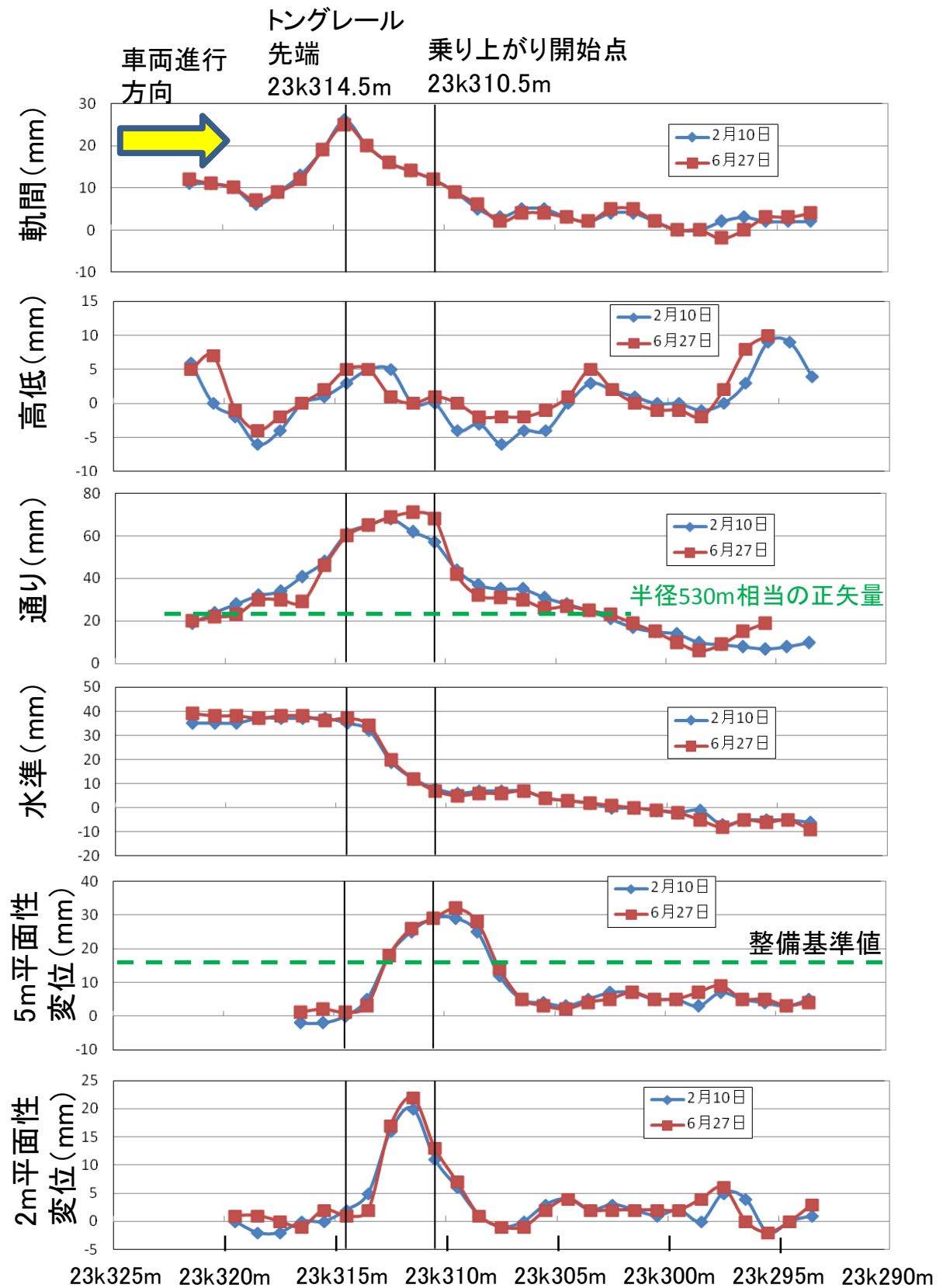


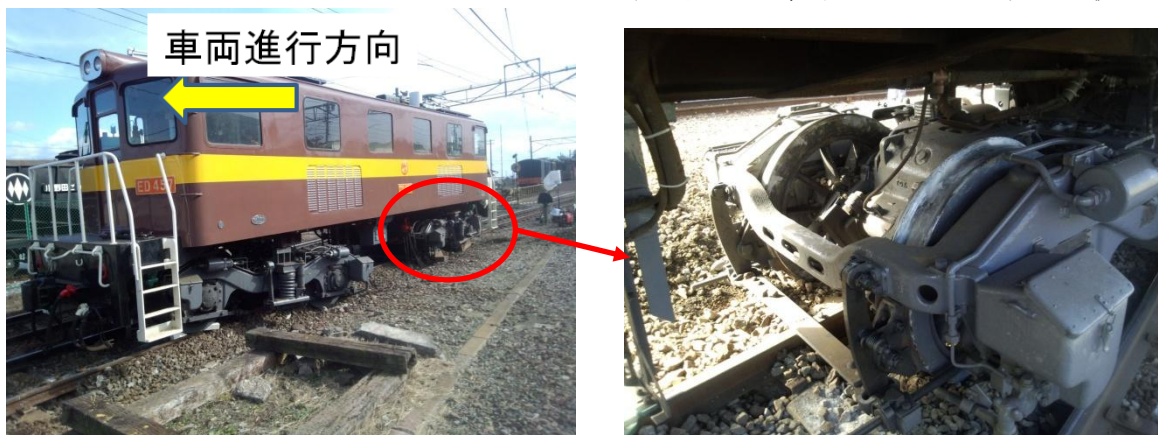
写真1 本重大インシデントの脱線現場



写真2 本件車両に連結されていた貨車



写真3 前回インシデント発生直後に撮影された傷の状況



クロッシング前端付近



クロッシング後端付近

写真4 本件車両の損傷及び痕跡



富田方胴受擦痕



ギアケース擦痕



富田方横梁湾曲



右側砂管湾曲



左側排障器湾曲



右側排障器湾曲