

RA2011-1

鉄道事故調査報告書

日本貨物鉄道株式会社 日豊線宗太郎駅～市棚駅間 列車脱線事故

平成23年 1 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」

日本貨物鉄道株式会社 日豊線宗太郎駅～市棚駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：日本貨物鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成21年12月19日 13時19分ごろ

発生場所：宮崎県延岡市

日豊線 宗太郎駅～市棚駅間（単線）

小倉駅起点237k022m付近

平成23年 1 月17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

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

日本貨物鉄道株式会社の北九州貨物ターミナル駅発南延岡駅行き11両編成の下り高速貨B第4075列車は、平成21年12月19日（土）、宗太郎駅を定刻（13時12分）に通過した。

列車の運転士は、市棚駅下り場内信号機に対する中継信号機の制限中継信号現示を確認したので、市棚駅で停車するため、速度約60km/hから減速を始めたところ、速度がいつもより大きく落ちたため、ブレーキを緩める操作を行ったが、列車は所定停止位置の約170m手前で停止した。

列車は10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。）の後台車全2軸が左へ脱線していた。

列車には運転士1名が乗務していたが、負傷はなかった。

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21年12月19日、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。また、平成21年12月22日、1名の鉄道事故調査官を追加指名した。

九州運輸局は、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21年12月20～21日	現場調査、車両調査及び口述聴取
平成22年2月8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

事故に至るまでの経過は、日本貨物鉄道株式会社（以下「JR貨物」という。）の下り高速貨B第4075列車（貨物列車、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。

事故当日は、8時30分ごろ出勤し、西大分駅から本件列車の乗務を引き継いで、定刻（9時18分）に出発した。途中、本事故が発生するまで、車両等に異常はなかった。

宗太郎駅を定刻（13時12分）に通過し、ふだんと変わりなく運転を続け、市棚トンネルに入るところでノッチオフし、速度約60km/hの惰行運転により同トンネルを通過した。

市棚トンネルを出たところで、市棚駅（駅中心は小倉駅起点237k940m、以下「小倉駅起点」は省略）の3番線下り場内信号機に対する中継信号機の制限中継信号現示を喚呼し、ブレーキを使用したので、本件列車は下り場内信号機を通過するときに、約45km/hまで減速していた。

通常は、そのまま一定のブレーキ圧を保っていれば、所定の停止位置（237k940m）で止まれるように減速できるが、市棚駅の3番線に入る分岐器（以下「本件分岐器」という。）のポイントを通過して、そのすぐ先にある市棚踏切道（237k660m）を過ぎた辺りで、速度がいつもより大きく落ちているこ

とに気付いたので、慌ててブレーキを緩めたがそのまま停止してしまった。

本件列車が停止したのち、ブレーキを緩解できなかつたので、輸送指令にその旨を連絡した。その後、機関車についてはブレーキ管のコックを閉めることでブレーキを緩解させることができたので、貨車のブレーキを手動で緩解させ、本件列車を市棚駅の3番線に入れることになった。

それから、ブレーキをかけて機関車を降り、貨車のブレーキを一両ずつ手動で緩解させていったところ、最後尾から2両目の貨車（以下「本件貨車」という。）が左側に脱線していることを発見した。

このとき、最後尾の貨車（以下「最後尾貨車」という。）は本件貨車との連結が外れ、ブレーキホースの接続も外れていた。

なお、本事故の発生時刻は13時19分ごろであった。

(付図1 日豊線路線図、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 事故現場の状況、写真2 脱線した車両の状況 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

JR貨物及び九州旅客鉄道株式会社（以下「JR九州」という。）によると、本件列車の脱線状況は以下のとおりであった。

(1) 本件列車は、機関車の先頭が市棚駅3番線の237k770m付近に停止していた。

(2) 本件貨車の後台車第1軸が約45cm、第2軸が約55cmそれぞれ左に脱線しており、後台車第1軸は237k579m付近に停止していた。

(3) 最後尾貨車は、本件貨車との連結及びブレーキホースの接続が外れ、本件貨車から約1.5m離れて停止していた。

(4) 市棚トンネル内の237k020m～237k028m付近のレールには、車輪によるものと見られる痕跡があり、そこから本件貨車の後台車第1軸が停止していた位置付近までのまくらぎ及びレール締結装置に、車輪によるものと見られる損傷があった。

(付図3 事故現場略図、付図4 線路上の痕跡等（円曲線A内）、付図6 まくらぎの損傷の状況、写真1 事故現場の状況、写真2 脱線した車両の状況 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

J R九州の日豊線小倉駅～鹿児島駅間は、延長462.6kmの単・複線で、軌間は1,067mm、交流20,000Vの電化区間である。J R貨物は第二種鉄道事業者として、日豊線における貨物列車の運行を行っている。

(付図1 日豊線路線図 参照)

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

(1) 線形等に関する情報

市棚トンネルは、本件列車の進行方向に対する入口が236k920m、出口が237k173mにあり、長さは253mである。

市棚トンネルの入口は直線であり、同トンネル内の236k947mから同トンネルを出た237k412mまでは右曲線となっている。このうち、‘236k992m～237k367mは半径300mの右円曲線’（以下「円曲線A」という。）であり、その前後は緩和曲線¹となっている。なお、円曲線Aのカント²は57mmに設定されている。また、‘2.3.1(4)に記述したレール上の痕跡’（以下「本件レール痕跡」という。）は円曲線A内にある。

緩和曲線の終わる237k412mから先は長さ23mの直線であり、それに続く237k435m～237k588mは左曲線となっている。このうち、‘237k480m～237k543mは半径302mの左円曲線’（以下「円曲線B」という。）であり、その前後は緩和曲線となっている。なお、円曲線Bのカントは60mmに設定されている。

さらに、237k588mから先は長さ36mの直線となっており、それに続く237k624mに本件分岐器の前端、237k654mに本件分岐器の後端がある。その先の237k660mには、第1種踏切道である市棚踏切道（幅員5.5m、交角80°）がある。

こう配は、市棚トンネルの入口で2.3‰の下り、同トンネル内の237k043mから20.0‰の下り、237k526mから1.5‰の下りとなっている。

なお、市棚駅の3番線及び2番線の下り場内信号機は237k495mに設置されており、この信号機に対する中継信号機が237k300mにある。

¹ 「緩和曲線」とは、鉄道車両の走行を円滑にするために直線と円曲線、又は二つの曲線の間にはけられる線形のことをいい、緩和曲線中では曲率とカントが連続的に変化する。

² 「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。

(2) 軌道の構造に関する情報

事故現場付近はバラスト軌道（道床厚200mm以上）であり、路盤は市棚トンネル内を含め、土路盤となっている。まくらぎはレール25m当たり39本使用されており、一般部はPCまくらぎ、レール継目部は木まくらぎが敷設され、50kgNレールが板ばねのレール締結装置でまくらぎに締結されている。なお、事故現場付近には脱線防止ガードは設置されていない。

(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

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、「JR九州が九州運輸局に届け出ている施設設備実施基準」（以下「施設設備実施基準」という。）では、線路設備の定期検査における軌道状態検査として、軌道変位検査、列車動揺検査等を実施することとされている。

軌道変位検査としては、軌間変位、水準変位、高低変位、通り変位及び平面性変位³を検査することとされている。軌道変位が「施設設備実施基準に記載された一般軌道の整備基準値」（以下「整備基準値」という。）に達した場合、早急に軌道の整備を行うこととされており、「JR九州の社内規程である施設設備に関する実施細目」（以下「施設設備実施細目」という。）では、軌道変位が整備基準値に達した場合、15日以内に補修することとされている。なお、本事故のあった日豊線の宗太郎駅～市棚駅間を含む佐伯駅～延岡駅間は、施設設備実施基準において4級線に区分され、その整備基準値は表1のとおりとなっている。

列車動揺検査については、施設設備実施基準において、列車動揺加速度（全振幅（p-p値））が表2に示された基準値に達した場合、軌道変位が整備基準値に達した場合と同様の措置を採ることとされている。

また、貨物列車の場合、通り変位と水準変位が複合することによって生じる貨車のローリングにより、脱線が生じるおそれがあることから、施設設備実施細目において、貨物列車が運行される区間については複合変位⁴を管理することとされており、複合変位が基準値に達した場合、1か月以内に補修することとされている。複合変位の基準値は、第IV種（これ以上の複合変位が1箇所でもあれば、整備の対象

³ 「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。ただし、軌道検測車の場合は水準と平面性変位の測定方法が異なるため、平面性変位が2点間の水準の差と若干異なる場合がある。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。

⁴ 「複合変位」とは、軌道変位の管理指標の一つをいい、通り変位の生じている向きに軌道面が傾くような水準変位が生じた場合に複合変位の絶対値が大きくなるように、通り変位に水準変位の1.5倍を減じるか又は加えたものである。複合変位が大きくなると、貨車のローリングや蛇行動が生じやすくなる。

となる。) の場合で±35mmとなっている。

表1 整備基準値

(単位：mm)

軌道変位の種別	整備基準値 (4級線)
軌間	直線及びスラック20mm以下の曲線 +20 (+14) スラック25mmの曲線 +15 (+9)
水準	平面性に基づき整備を行う。
高低	±30 (±22)
通り	±30 (±22)
5m平面性	±23 (±18) (カントの遞減量を含む。)

※ 数値は、軌道検測車による動的値を示す。ただし、()内の数値は、静的値を示す。

表2 列車動揺加速度 (全振幅 (p-p値))

上下動揺加速度	左右動揺加速度
3.5 m/s ²	3.0 m/s ²

本事故前直近の軌道変位検査及び列車動揺検査は、平成21年12月11日に軌道検測車により実施されており、軌道変位検査は軌間変位、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、列車動揺検査は上下動揺加速度及び左右動揺加速度について実施されていた。なお、定期検査において、軌道変位は25cm間隔で測定されていた。

本件レール痕跡付近における軌道変位検査 (動的値) 及び列車動揺検査の結果は、以下のとおりであった。

- (1) 軌間変位 (広がる方向を正とする) は、237k013m付近が最も大きく8mmとなっており、整備基準値 (動的値) 内であった。
- (2) 水準変位 (左レールが高い場合を正とする) は、237k016m付近において10mmとなった後、237k021m付近で-16mmとなっていた。
- (3) 外軌 (左) の高低変位 (鉛直上方向を正とする) は、237k016m付近において6mmとなった後、237k020m付近で-8mmとなっていた。内軌 (右) の高低変位は、237k016m付近において-10mmとなった後、237k021m付近で11mmとなっていた。なお、高低変位は整備基準値 (動的値) 内であった。

- (4) 外軌（左）の通り変位（レールが軌間の外方に変位している場合を正とする）は、237k016m付近において-12mmとなった後、237k020m付近で16mmとなっていた。内軌（右）の通り変位は、237k015m付近において15mmとなった後、237k020m付近で-20mmとなっていた。なお、通り変位は整備基準値（動的値）内であった。
- (5) 5m平面性変位（右前方が下がる場合を正とする）は、237k022m付近において、-24mmであり、整備基準値（動的値）をわずかに超えていた。
- (6) 外軌（左）の複合変位は、237k016m付近において-26mmとなった後、237k020m付近で40mmとなり、237k025m付近で-8mmとなっていた。内軌（右）については、237k016m付近において28mmとなった後、237k020m付近で-44mmとなり、237k025m付近で10mmとなっていた。これらの複合変位は、237k016m付近では車体を右へローリングさせる方向、237k020m付近では車体を左へローリングさせる方向、237k025m付近では車体を右へローリングさせる方向であった。なお、複合変位は237k020m付近で外軌（左）、内軌（右）ともに第IV種の基準値を超えていた。
- (7) 上下動揺加速度は最大 0.7m/s^2 、左右動揺加速度は最大 2.0m/s^2 であり、表2の基準値内であった。

JR九州によれば、定期検査の結果を踏まえ、平成21年12月24日に軌道の補修として総つき固め⁵を行う計画としていた。また、平成21年12月15日には手検測により5m間隔で5m平面性変位（静的値）を確認しており、このときの事故現場付近における最大値は-9mmであった。

施設設備実施基準においては、線路設備の定期検査に関する基準期間が1年とされており、JR九州は軌道変位検査及び列車動揺検査を1年に4回実施している。JR九州は、本事故前の1年間では、平成21年3月1日、平成21年6月12日及び平成21年10月12日にも軌道変位検査及び列車動揺検査を行っており、そのときの軌間変位、水準変位、高低変位、通り変位及び平面性変位は整備基準値内、複合変位及び列車動揺加速度についてもそれぞれの基準値内であった。なお、平成21年3月1日から平成21年10月12日までの間、定期検査の結果に大きな変化は見られず、平成21年10月12日の定期検査で測定された事故現場付近の平面性変位（動的値）の最大値は-13mm、複合変位の最大値は-20mmであった。

⁵ 「総つき固め」とは、線路長手方向に連続して行う道床のつき固め作業をいう。道床のつき固め作業は、まくらぎの下に道床をつき入れる作業のことで、高低及び水準変位を整正するために行う。

(付図7 事故現場付近の軌道の状況 (定期検査) 参照)

2.3.2.4 定期検査以外の軌道保守に関する情報

JR九州によれば、237k020m付近にあるレール継目部の木まくらぎに漏水によるものと見られる腐食及び犬くぎの支持力の低下があったため、平成21年10月22日にこの木まくらぎを1本交換し、つき固めにより水準を整正した。JR九州は交換するまくらぎが2本以下の場合、軌間及び水準を確認することとしており（まくらぎを3本以上交換する場合は軌間、水準、高低、通り及び平面性を確認することとしている）、木まくらぎ交換後の軌間変位（静的値）は1mm、水準（静的値）は56mmであった。なお、平成21年10月12日の定期検査における237k020mの水準（動的値）は61mm、その5m手前の237k015mの水準は75mmであり、この付近における水準の最大値は237k017mで78mmであった。

また、このとき、交換した木まくらぎについては、レール継目板ボルトとの干渉により、外軌（左）及び内軌（右）の軌間内側のレール締結装置のボルト及び板ばねを取り付けることができなかった。

JR九州は、より高い頻度で軌道の状態を把握するため、定期検査のほかに、1か月に1回程度、営業列車の動揺加速度を測定しており、平成21年10月26日に測定された営業列車の左右動揺加速度が大きかったことから、平成21年11月12日に、237k017m～237k019mにおいて、通りの整正を実施していた。

さらに、平成21年11月30日に測定した営業列車の左右動揺加速度も大きかったこと、及び平成21年11月30日に実施された巡回検査においてPCまくらぎのレール締結装置に不良があったことから、平成21年12月4日に237k015m～237k017m及び237k059m～237k062mにおいて、レール締結装置を交換し、軌間を整正していた。

なお、このとき、237k020m付近のレール継目部の手前にある2本のPCまくらぎについては、埋め込み栓の不良により外軌（左）側軌間外側のレール締結装置のボルト及び板ばねを取り付けることができなかった。

(付図7 事故現場付近の軌道の状況 (定期検査) 参照)

2.3.2.5 本事故直後の軌道変位の状況

本事故直後に、本件レール痕跡付近の軌道を手検測により0.5m間隔で測定した結果、236k980m～237k050mにおける軌道変位（静的値）は以下のとおりであった。

- (1) 軌間変位は237k013m付近が最も大きく9mmとなっており、整備基準値（静的値）内であった。
- (2) 水準変位は237k016m付近で16mmとなった後、237k020m付近で-11mmとなっていた。
- (3) 外軌（左）の高低変位は、237k016m付近において7mmとなった後、237k020m付近で-8mmとなっていた。内軌（右）については、237k015m付近において-8mmとなった後、237k021m付近で20mmとなっていた。なお、高低変位は整備基準値（静的値）内であった。
- (4) 外軌（左）の通り変位は、237k016m付近において-14mmとなった後、237k020m付近で11mmとなっていた。なお、通り変位は整備基準値（静的値）内であった。
- (5) 5m平面性変位は、237k020m付近で-27mmとなっており、整備基準値（静的値）を超えていた。

また、事故後に測定した水準変位及び通り変位の静的値から求めた複合変位は、237k016m付近において-38mmとなった後、237k020m付近で26mmとなっていた。

なお、237k020m付近の外軌側のまくらぎ及び道床の表面は、トンネル覆工⁶面からのものと見られる漏水により、湿った状態となっていた。また、237k017m付近及び237k027m付近の内軌のレール頭頂面には、漏水によるものと見られる錆があった。

（付図4 線路上の痕跡等（円曲線A内）、付図8 事故現場付近の軌道の状況（事故直後）、写真1 事故現場の状況 参照）

2.3.2.6 本事故後のレールの摩耗の状況

本事故後に、本件レール痕跡付近におけるレールの摩耗の状況を調査した結果は、以下のとおりであった。

- (1) 外軌（左）の摩耗量は、237k019m付近が最も大きく、7.6mmであった。
- (2) 内軌（右）の摩耗量は、237k021m付近が最も大きく、6.3mmであった。

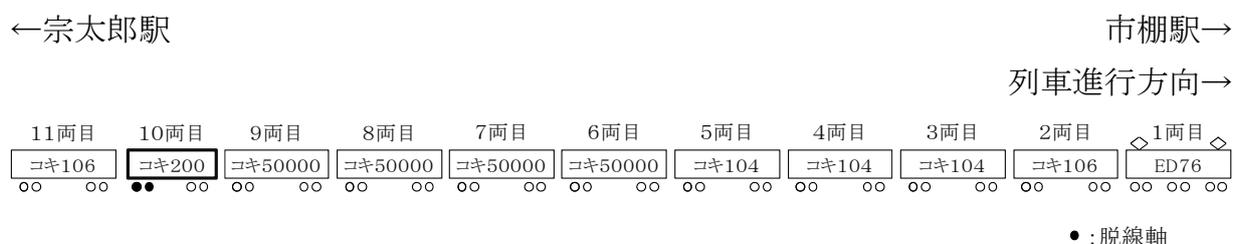
なお、上記のレールの摩耗量は、施設設備実施基準に定められた基準値（16mm）未満であった。

⁶ 「トンネル覆工」とは、トンネルにおいて地山の变形や崩落を抑制・防止し、漏水を防ぎ、トンネル内の所要断面と機能を維持するための構造体をいう。

2.3.3 車両に関する情報

2.3.3.1 車両の概要

本件列車は交流電気機関車（ED76-1010）が貨車（コキ104形、コキ106形、コキ200形及びコキ50000形）10両をけん引しており、編成は次のとおりであった。



脱線した本件貨車は前から10両目のコキ200-110であり、その主要諸元は次のとおりである。

空車質量	16.9 t
最大積載量	48.0 t
車両長	15.0 m
台車中心間距離	8.9 m
床面高さ（空車時）	1,000 mm
連結器高さ（空車時）	850 mm
台車	インダイレクトマウント台車（コイルばね）
軸箱支持方式	軸ゴム＋軸箱支持ゴム
軸距	2,100 mm
車輪踏面形状	修正円弧踏面
車輪フランジ角度	65°
車輪内面距離	990 mm
ブレーキ装置	応荷重式電磁自動空気ブレーキ
製造年月日	平成14年3月22日

本件貨車は、本件列車の他の貨車と比較して、車体長が短く、台車中心間距離も小さい（コキ104形、コキ106形及びコキ50000形の車体長は20.4 m、台車中心間距離は14.2 m）。また、本件貨車は、空のタンクコンテナを2個積載しており、その主要諸元は、次のとおりである。

コンテナの種別	液化塩素用
コンテナの質量	7.15 t
積載物の質量	16.85 t

積載時の総質量	24.0 t
高さ	2,591 mm
幅	2,438 mm
長さ	6,058 mm

なお、本件貨車は、空のタンクコンテナを2個積載した状態で質量の合計が31.2 tであり、重心高さが1.43 mであった。

2.3.3.2 車両の状況

(1) 定期検査の状況

本件貨車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、各検査記録に異常を示すものは見られなかった。

全般検査	平成19年 1 月 24 日
交番検査（指定取替）	平成21年 8 月 3 日
交番検査	平成21年12月18日

(2) 台車の状況

脱線した本件貨車の後台車を本事故後に確認したところ、心皿⁷、軸ばね等に異常は見られなかった。

(3) 車輪、踏面形状等

本事故直近の交番検査（平成21年12月18日）における、本件貨車の輪軸各部の測定結果によれば、車輪直径、フランジ高さ、フランジ外側面距離⁸及び車輪内面距離のいずれも、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、「JR貨物が九州運輸局に届け出ている貨車整備実施基準」（以下「貨車整備実施基準」という。）、及びJR貨物の社内規程である貨車整備実施基準細則に定められた限度値（車輪直径732 mm以上、フランジ高さ25.0～34.5 mm、フランジ外側面距離520～527 mm、車輪内面距離989～993 mm）内であった。また、本事故後に測定した本件貨車の輪軸各部の寸法は、いずれも上述した限度値内であった。

また、本事故後に測定した各車輪の車輪踏面の描写記録は、いずれも同社の車輪図面上の形状とほぼ同じであった。

なお、本件貨車は、本事故直近の交番検査（指定取替）（平成21年8月3日）において、すべての輪軸を取り替えていた。

⁷ 「心皿」とは、台車と車体とを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。

⁸ 「フランジ外側面距離」とは、車輪一对の中心線から、車輪踏面基準点の10 mm 下方位置までの水平距離をいう。

(4) 静止輪重比

本事故後に測定された本件貨車の後台車の静止輪重比⁹は第1軸が1.04、第2軸が1.02であり、右車輪の方がやや重かった。

また、本件貨車は本事故時に空のタンクコンテナを2個積載していたことから、タンクコンテナの積載が静止輪重比に与える影響を検討するため、本件貨車が積載していたタンクコンテナと同形式の空のタンクコンテナ2個を本件貨車と同形式の貨車に積載し、静止輪重比の変化を測定した。その結果、空のタンクコンテナを積載することによる静止輪重比の変化は小さかった。

なお、貨車整備実施基準において、本件貨車は静止輪重比の管理を行う対象になっていない。

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等の状況

(1) 円曲線Aの外軌（左）に、車輪によるものと見られる線状の痕跡があった。

この痕跡は、237k020m付近のゲージコーナから始まり、237k022m付近でレール頭頂面に上がり、そこから237k026m付近のレール頭頂面の軌間外側へ斜めに続いていた。それに続いて、237k026m付近から237k028m付近まで、外軌（左）のレール頭部外側面に車輪によるものと見られる断続的な痕跡があった。また、237k028m付近における外軌（左）の軌間外側のレール締結装置並びに内軌（右）の軌間内側のレール締結装置及びまくらぎには、車輪によるものと見られる損傷があった。

(2) 円曲線Bの内軌（左）に、車輪によるものと見られる長さ約70cmの線状の痕跡があった。この痕跡は、237k539m付近にあり、ゲージコーナから始まり、レール頭頂面の軌間外側へ斜めに続いていた。また、同じく237k539m付近における外軌（右）のゲージコーナ付近にも、車輪によるものと見られる長さ約80mmの痕跡があった。

(3) 237k028m付近から本件貨車の後台車第1軸の停止位置までの、軌間外左側及び軌間内のレール締結装置及びまくらぎには、車輪によるものと見られる損傷があった。なお、237k540m付近から市棚駅に向かって、まくらぎの損傷の程度がより大きくなっていた。

(付図4 線路上の痕跡等（円曲線A内）、付図5 線路上の痕跡等（円曲線B内）、付図6 まくらぎの損傷の状況、写真1 事故現場の状況 参照)

⁹ 「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。

2.4.2 車両の損傷及び痕跡等の状況

(1) 本件貨車の後台車の損傷及び痕跡等の状況

- ① 全2軸の車輪踏面及びフランジに、多数の擦過痕があった。
- ② 第2軸左車輪付近の車体台枠及び電線管に、車輪によるものと見られる打痕があった。また、第1軸左車輪及び第2軸右車輪付近の車体台枠に、ユニットブレーキ装置¹⁰との接触によるものと見られる傷があった。
- ③ 第1軸左車輪及び第2軸右車輪のユニットブレーキ装置に、車体台枠との接触によるものと見られる傷があった。
- ④ 第1軸の左右車輪及び第2軸の右車輪の制輪子キー¹¹が脱落していた。
- ⑤ 左側の側受¹²すり板が脱落しており、右側の側受すり板は位置がずれていた。また、それぞれの側受すり板の縁部はひび割れていた。

(2) 連結器及びブレーキホース等の損傷及び痕跡等の状況

- ① 本件貨車後部の連結器の右側面及び最後尾貨車前部の連結器の左側面には、復心装置¹³の復心棒と接触したと見られる傷があり、本件貨車後部の連結器の右側面の傷は後方及び上方へ、最後尾貨車前部の連結器の左側面の傷は前方及び下方へ伸びていた。また、最後尾貨車前部の連結器の上面には車体台枠との接触によるものと見られる傷があった。
- ② 本件貨車後部の車体台枠には、最後尾貨車の連結器との接触によるものと見られる傷があり、最後尾貨車の連結器にも本件貨車後部の車体台枠との接触によるものと見られる傷があった。
- ③ 最後尾貨車の、本件貨車と接続するブレーキホースのコック付近に裂傷があった。なお、最後尾貨車と本件貨車とのブレーキホースは接続部が外れていた。

(写真2 脱線した車両の状況、写真3 本件貨車後台車の損傷及び痕跡等、写真4 連結器付近の損傷及び痕跡等 参照)

¹⁰ 「ユニットブレーキ装置」とは、車輪踏面ブレーキ機構をコンパクト化し、自動すきま調整装置を一体化して構成された基礎ブレーキ装置をいう。

¹¹ 「制輪子キー」とは、ブレーキの摩擦材である制輪子を押付け装置（制輪子頭）に固定するための金具をいう。

¹² 「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動を抑制する装置をいう。

¹³ 「復心装置」とは、車両と車両を連結する際に、自動連結器同士の胴の中心軸がずれて不連結状態になるのを防ぐため、連結器の左右をばねで押さえて車両の中心に復元させる装置をいう。復心ばね、復心棒等で構成される。

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 56歳

甲種内燃車運転免許

昭和62年6月15日

甲種電気車運転免許

平成11年6月18日

(運転経験年数は29年11か月)

2.6 運転取扱いに関する情報

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、JR貨物が九州運輸局に届け出ている運転取扱実施基準によれば、半径300mの曲線の制限速度は60km/hとされており、円曲線Aの制限速度も60km/hであった。

JR貨物が本事故後に本件列車のタコグラフを解析した結果によると、本件列車は停止する約360m手前から減速が開始されており、さらにその約680m手前から減速が開始されるまで(市棚トンネルを含む)は、約60km/hで走行していたことが記録されていた。

なお、列車速度情報及び走行距離情報については、実測試験等を実施して補正したものではないため、若干の誤差が内在している可能性がある。

2.7 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

3 分析

3.1 脱線地点等に関する分析

- (1) 2.3.1(2)に記述したように、本件貨車の後台車全2軸が左に脱線しており、後台車第1軸は237k579m付近に停止していたこと、
- (2) 2.4.1(1)に記述したように、円曲線Aの外軌(左)には、237k020m付近から237k028m付近まで車輪によるものと見られる痕跡があり、237k028m付近における外軌(左)の軌間外側のレール締結装置並びに内軌(右)の軌間内側のレール締結装置及びまくらぎには、車輪によるものと見られる損傷があったこと、
- (3) 2.4.1(2)に記述したように、円曲線Bの237k539m付近における内軌(左)及び外軌(右)には、車輪によるものと見られる痕跡があったこと、
- (4) 2.4.1(3)に記述したように、237k028m付近から本件貨車の後台車第1軸が停止していた位置までのレール締結装置及びまくらぎには、車輪によ

るものと見られる損傷があり、237k540m付近から市棚駅に向かって、まくらぎの損傷の程度がより大きくなっていたことから、本件貨車後台車の一軸の左車輪が237k020m付近で外軌（左）に乗り上がり始め、237k028m付近で同軸の左右の車輪がレールから離れ、まくらぎ及び道床上を走行したものと推定される。

さらに、本件貨車の後台車の、もう一軸が237k539m付近で脱線して後台車全2軸の車輪がまくらぎ及び道床上を走行したのち、後台車第1軸が237k579m付近に停止したものと推定される。

3.2 車両に関する分析

2.3.3.2 に記述したように、本件貨車の定期検査記録に異常を示すものは見られなかったこと、並びに本事故後における台車の状況、輪軸各部の寸法、車輪踏面形状及び静止輪重比に異常は見られなかったことから、本件貨車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考えられる。

3.3 走行速度に関する分析

- (1) 2.1 に記述したように、本件運転士は、速度約60km/hの惰行運転で市棚トンネルを通過したと口述していること、
- (2) 2.6 に記述したように、本件列車のタコグラフを解析した結果によると、本件列車は市棚トンネルを約60km/hで走行していたことが記録されていたこと

から、本件列車は、最初の一軸が脱線した237k020m付近を円曲線Aの制限速度とほぼ同じ約60km/hで走行したと推定される。

なお、制限速度60km/hに対する円曲線Aの均衡カントは101mmとなる。2.3.2.2(1)に記述したように、円曲線Aのカントは57mmに設定されていたことから、均衡カントに対するカント不足量は44mmであり、JR九州の社内規程である「軌道構造標準」に定められた貨物列車の許容カント不足量50mmと比較して適切な範囲内であったと考えられる。

3.4 軌道変位に関する分析

3.4.1 通り変位の影響

2.3.2.3(4)及び2.3.2.5(4)に記述したように、237k020m付近では、通り変位が曲線半径を小さくする方向へ大きくなっており、本件貨車後台車第1軸の

外軌（左）側車輪のアタック角¹⁴が大きくなったと考えられることから、車輪フランジとレール間の等価摩擦係数¹⁵も増加した可能性があると考えられる。

なお、2.3.2.4 に記述したように、237k020m付近にレール継目があること、及びこの付近においてレール締結装置のボルト及び板ばねが取り付けられていない箇所があったことが、通り変位が大きくなっていたことに影響したと考えられる。

3.4.2 平面性変位の影響

2.3.2.3(5)に記述したように、本事故前直近の定期検査における5m平面性変位は237k022m付近において、-24mm（動的値）であった。また、2.3.2.3に記述したように、平成21年12月15日に測定された平面性変位（静的値）の最大値は-9mmであったが、2.3.2.5(5)に記述したように、本事故後に測定した5m平面性変位は237k020m付近において、-27mm（静的値）であり、左前方に下がる向きの平面性変位が大きくなっていた。

この大きな平面性変位により、本件貨車が237k020m付近を通過する際、後台車第1軸の外軌（左）側車輪の輪重が減少したと考えられる。

なお、2.3.2.4 に記述したように、平成21年10月22日に237k020mの木まくらぎを交換した後の水準（静的値）は56mmであったが、平成21年10月12日の定期検査における237k020mの水準（動的値）は61mmであり、その5m手前の237k015mにおける水準は75mmであったことから、木まくらぎの交換に伴い、237k020m付近の5m平面性変位が5mm程度増加した可能性があると考えられる。

3.4.3 複合変位の影響

2.3.2.3(6)に記述したように、本件レール痕跡付近においては‘237k016m付近での車体を右へローリングさせる方向の複合変位’（以下「複合変位A」という。）、‘237k020m付近での車体を左へローリングさせる方向の大きな複合変位’（以下「複合変位B」という。）、及び‘237k025m付近での車体を右へローリングさせる方向の複合変位’（以下「複合変位C」という。）があった。

これらのうち、複合変位Aと複合変位Cの距離（波長）は約9mであり、本件貨車の台車中心間距離（8.9m）とほぼ一致していた。

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 「等価摩擦係数」とは、車輪フランジ・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・レール間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。

これらのことから、本件貨車の前台車が複合変位Aを通過するとき、車体を右側にローリングさせる力が作用し、続いて同前台車が複合変位Bを通過するときには車体を左側にローリングさせようとする力が作用した可能性があると考えられ、続いて同前台車が複合変位Cを通過するのとほぼ同時に後台車が複合変位Aを通過し、車体を右側へローリングさせようとする力が大きく作用した可能性があると考えられる。

これにより、本件貨車後台車の外軌（左）側車輪の輪重が減少するとともに、内軌（右）側車輪の輪重が増加し、同車輪が輪軸を外軌（左）側に押すことによって発生する外軌（左）側車輪の横圧を増加させた可能性があると考えられる。

3.5 脱線に関する分析

- (1) 3.4.1 に記述したように、237k020m付近において、通り変位により本件貨車後台車第1軸の外軌（左）側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可能性があると考えられることから、限界脱線係数¹⁶が低下していた可能性があると考えられること、
- (2) 3.4.2 に記述したように、237k020m付近において、左前方に下がる向きの平面性変位が大きくなっていったことから、本件貨車後台車第1軸の外軌（左）側車輪の輪重が減少したことにより、脱線係数¹⁷が増加していた可能性があると考えられること、
- (3) 3.4.3 に記述したように、複合変位による車体のローリングにより、本件貨車後台車の外軌（左）側車輪の輪重が減少するとともに、横圧が増加した可能性があると考えられ、これにより本件貨車後台車第1軸の脱線係数がさらに増加した可能性があると考えられること

から、237k020m付近において、本件貨車後台車第1軸の外軌（左）側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、外軌（左）側車輪が外軌（左）に乗り上がり始めたものと考えられる。

3.1 に記述したように、もう一軸は237k539m付近で脱線したと推定されることから、その後、本件貨車は後台車第1軸が脱線した状態で走行し、円曲線B内の237k539m付近で後台車第2軸が内軌（左）側へ脱線したと考えられる。後台車第2軸が円曲線B内で脱線したことについては、カントが比較的大きくなる箇所

¹⁶ 「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。

¹⁷ 「脱線係数」とは、横圧を輪重で除した値をいう。

であったため、脱線していた第1軸の影響で左側へ作用する力がより大きくなった可能性があると考えられる。

本件貨車後台車第2軸が脱線したのち、2.4.2(2)①に記述したように、本件貨車後部の連結器の右側面及び最後尾貨車前部の連結器の左側面に復心棒と接触したと見られる傷があったことから、本件貨車が左に大きく傾いたと考えられる。

また、2.4.2(1)②に記述したように、本件貨車の後台車第2軸左車輪付近の車体台枠及び電線管に、車輪によるものと見られる打痕があったことから、後台車第2軸が脱線したことにより、本件貨車の車体が大きく沈み込むとともに、本件貨車後部の連結器が最後尾貨車前部の連結器の下から抜け、連結が外れた可能性があると考えられる。なお、2.4.2(2)①に記述したように、本件貨車後部の連結器の右側面の傷は上方へ、最後尾貨車前部の連結器の左側面の傷は下方へ伸びていたこと、及び最後尾貨車前部の連結器の上面には車体台枠との接触によるものと見られる傷があったことから、連結が外れたときに本件貨車後部の連結器が最後尾貨車前部の連結器を押し上げた可能性があると考えられる。

さらに、2.4.2(2)②に記述したように、本件貨車後部の車体台枠には、最後尾貨車の連結器との接触によるものと見られる傷があり、最後尾貨車の連結器にも本件貨車後部の車体台枠と接触によるものと見られる傷があったことから、連結が外れたのち、最後尾貨車の連結器が本件貨車の最後尾に接触したと考えられる。

また、本件貨車と最後尾貨車の連結が外れたことに伴い、本件貨車と最後尾貨車をつなぐブレーキホースが外れ、最後尾貨車を含む本件列車の全ての車両に強いブレーキがかかったと考えられる。

3.6 軌道保守に関する分析

2.3.2.3に記述したように、事故現場付近では平成21年10月12日に実施された定期検査における平面性変位（動的値）の最大値は-13mmであったが、平成21年12月11日までの間に整備基準値を超える-24mmまで進展していた。また、複合変位の最大値は-20mmから-44mmまで進展していた。

この間JR九州は、2.3.2.4に記述したように、腐食のあった237k020m付近の木まくらぎ1本を交換し、営業列車の動揺加速度の測定及び巡回検査の結果から、通りの整正、レール締結装置の交換及び軌間の整正を実施していた。しかしながら、平面性変位及び複合変位については、平成21年12月11日の定期検査でそれぞれの基準値を超えていたことから、この間の軌道保守はこれらの軌道変位の進展を抑制するためには十分ではなかった可能性があると考えられる。

平面性変位が大きくなったことについては、3.4.2に記述したように、平成21年10月22日に実施した237k020m付近の木まくらぎの交換に伴って増加した

可能性があると考えられる。

また、2.3.2.5 に記述したトンネル覆工面からのものと見られる漏水によって、237k020m付近（レール継目部）の外軌（左）側並びに237k017m付近及び237k027m付近の内軌（右）側における路盤の支持力が低下し、まくらぎの沈下が促進された可能性があると考えられ、このことが平面性変位及び複合変位の進展に關与した可能性があると考えられる。

なお、平成21年12月11日の定期検査において25cm間隔で測定された平面性変位（動的値）は-24mmであったが、平成21年12月15日に手検測により5m間隔で測定された平面性変位（静的値）は-9mmであったことから、動的値と静的値の違い及び測定間隔の違いにより、手検測で得られた値の方が小さくなり、平面性変位の進展に気付きにくかった可能性があると考えられる。

3.7 再発防止に関する分析

JR九州は定期検査において軌道変位が整備基準値を超えていたため、施設設備実施基準及び施設設備実施細目に基づき、2.3.2.3 に記述したように、軌道の補修を行う計画としていたが、本事故は補修を行う前に発生した。事故現場付近では平成21年12月11日に実施された定期検査において平面性変位が整備基準値を超過しており、複合変位も基準値を超過していたが、これらの項目は走行安全性に大きく影響するため特に注意する必要があることから、トンネル内において漏水の影響を受ける等、軌道変位の進展が増加しやすいおそれのある箇所においては、補修の時期を早めること等の措置が望まれる。

2.3.2.4 に記述したような定期検査以外の軌道保守を行うときにも、特に半径の小さな曲線において平面性変位が大きくなっている箇所では、まくらぎを1本のみ交換するような場合にも作業後に平面性変位が増加していないことを確認する等、軌道変位の変化に十分注意する必要がある。

また、半径の小さな曲線において、レール締結装置の取り付けられていない箇所があると、通り変位を増加させると考えられることから、早急に補修を行う必要がある。（付属資料 参照）

4 原因

本事故は、本件列車が半径300mの右円曲線を走行した際、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、本件貨車の後台車第1軸の外軌（左）側車輪が外軌（左レール）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、軌道面が左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、及び複合変位により本件貨車にローリングが生じたことが関与した可能性があると考えられる。

また、限界脱線係数が低下したことについては、曲線半径を小さくする側の通り変位により外軌（左）側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が増加したことが関与した可能性があると考えられる。

平面性変位及び複合変位が大きくなっていったことについては、軌道の保守が軌道変位の進展を抑制するためには十分ではなかった可能性があると考えられる。

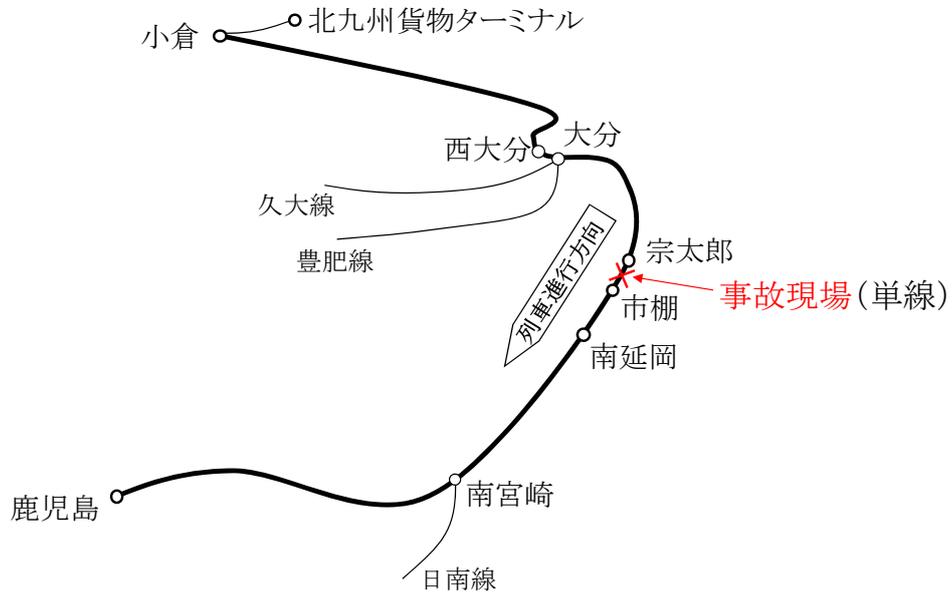
5 参考事項

J R九州は、本事故発生後、以下の措置を講じた。

- (1) 軸ばねのばね定数が大きく質量の小さい車両は、平面性変位による輪重の減少によって脱線係数が増加しやすいため、「軸ばねにゴムを使用した質量30 t以下の車両」が走行する線区（日豊線を含む）については、平面性変位が23 mm以上となった場合は7日以内、25 mm以上となった場合は翌日までに補修することとした。それ以外の線区については、平面性変位が25 mm以上となった場合は7日以内、27 mm以上となった場合は翌日までに補修することとした。
- (2) 貨物列車を運行する線区における半径400 m以下の曲線で複合変位が40 mm以上となった場合は、翌日までに補修を行うこととした。

付図1 日豊線路線図

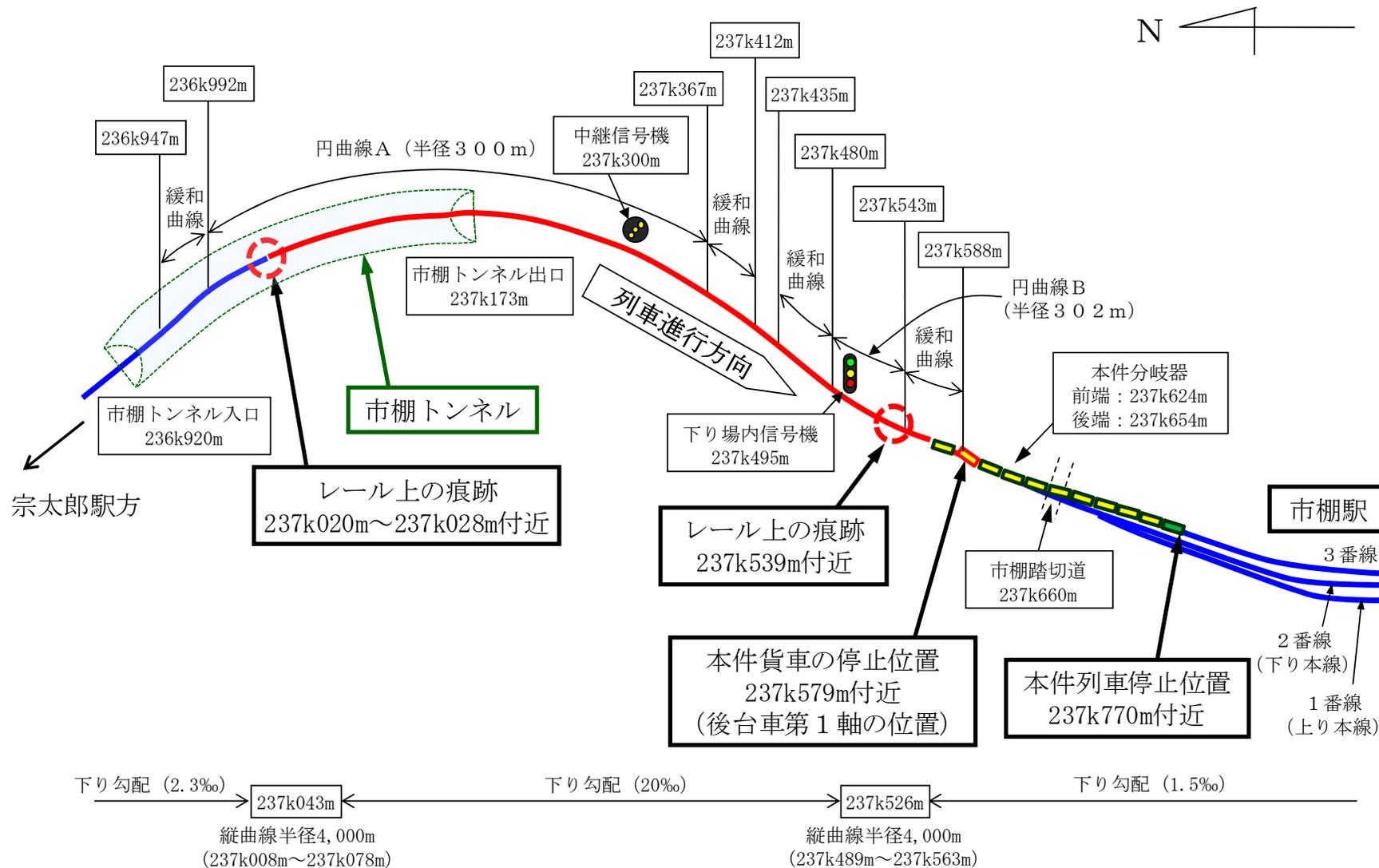
日豊線 小倉駅～鹿児島駅間 462.6km (単・複線)



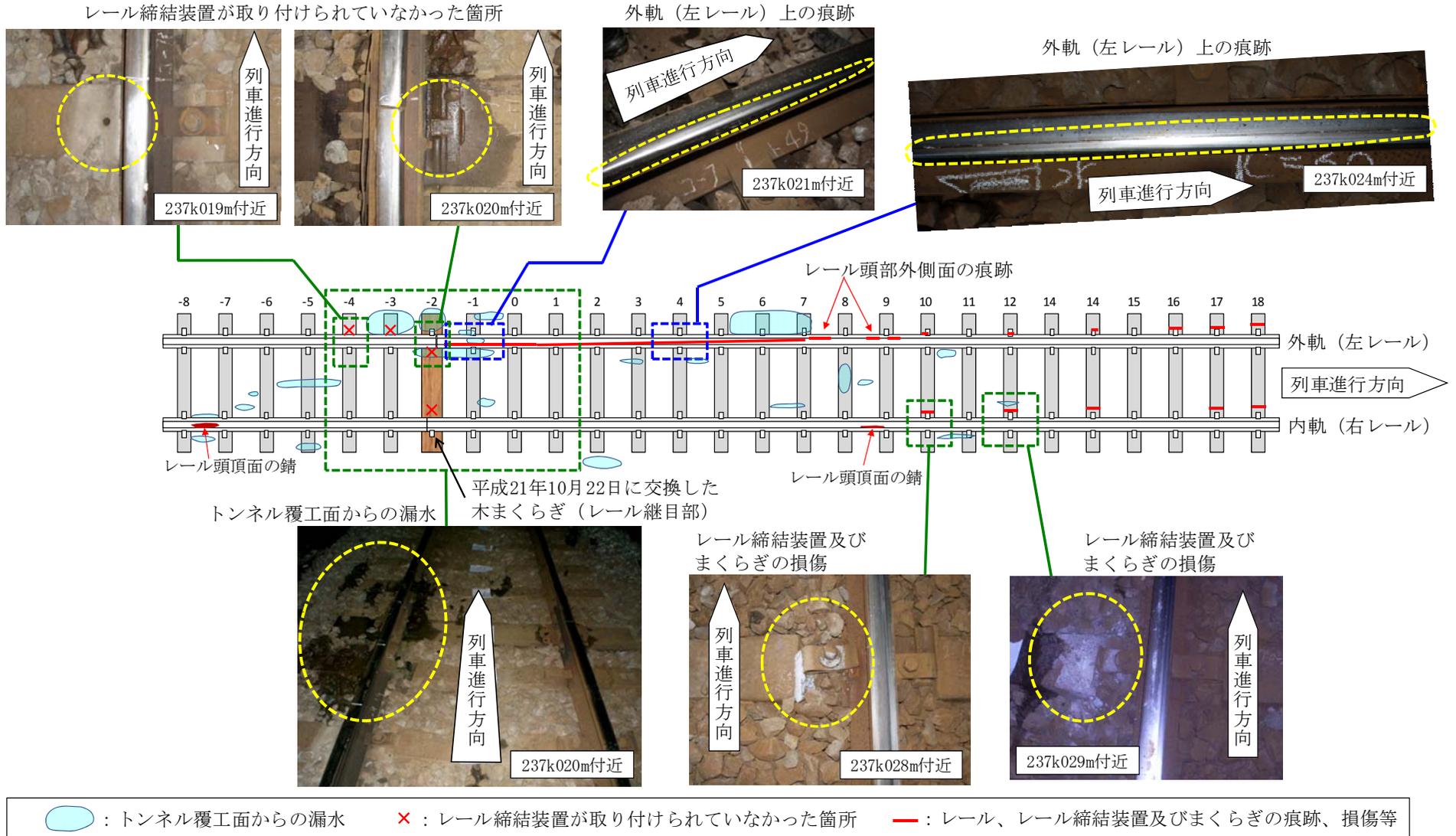
付図2 事故現場付近の地形図



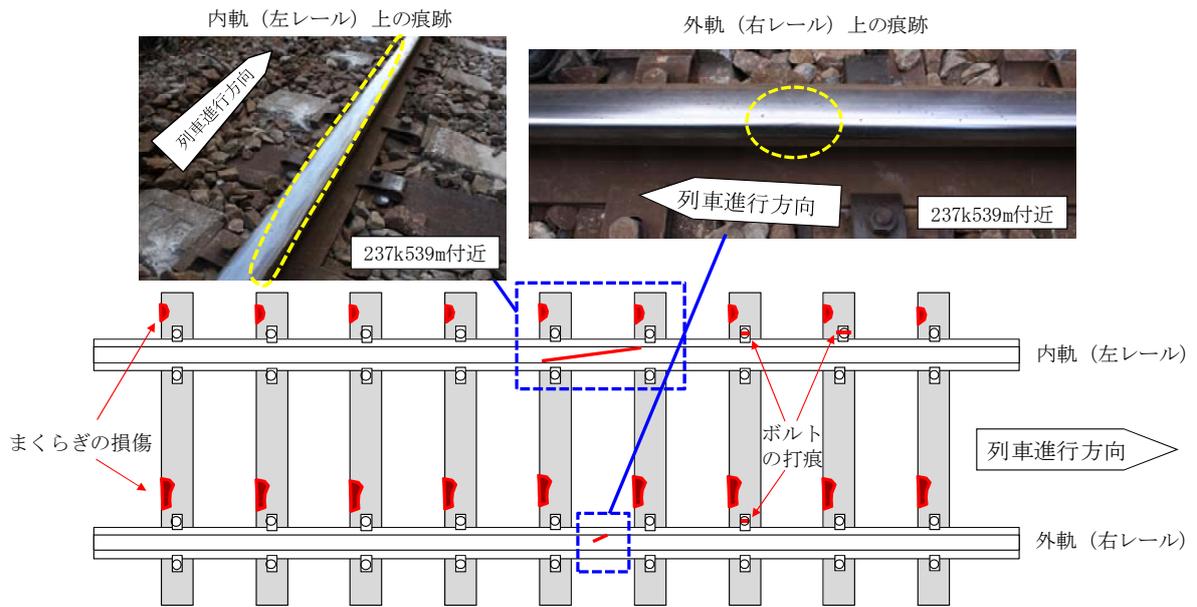
付図3 事故現場略図



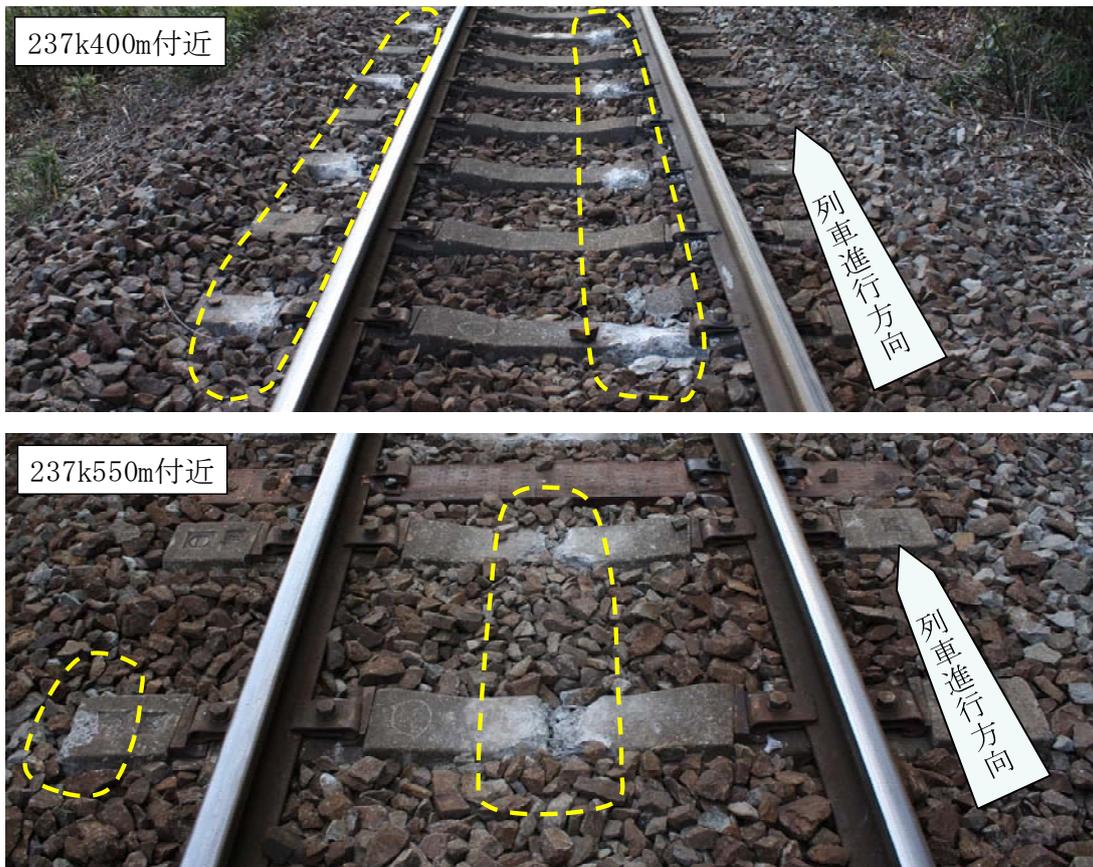
付図4 線路上の痕跡等（円曲線A内）



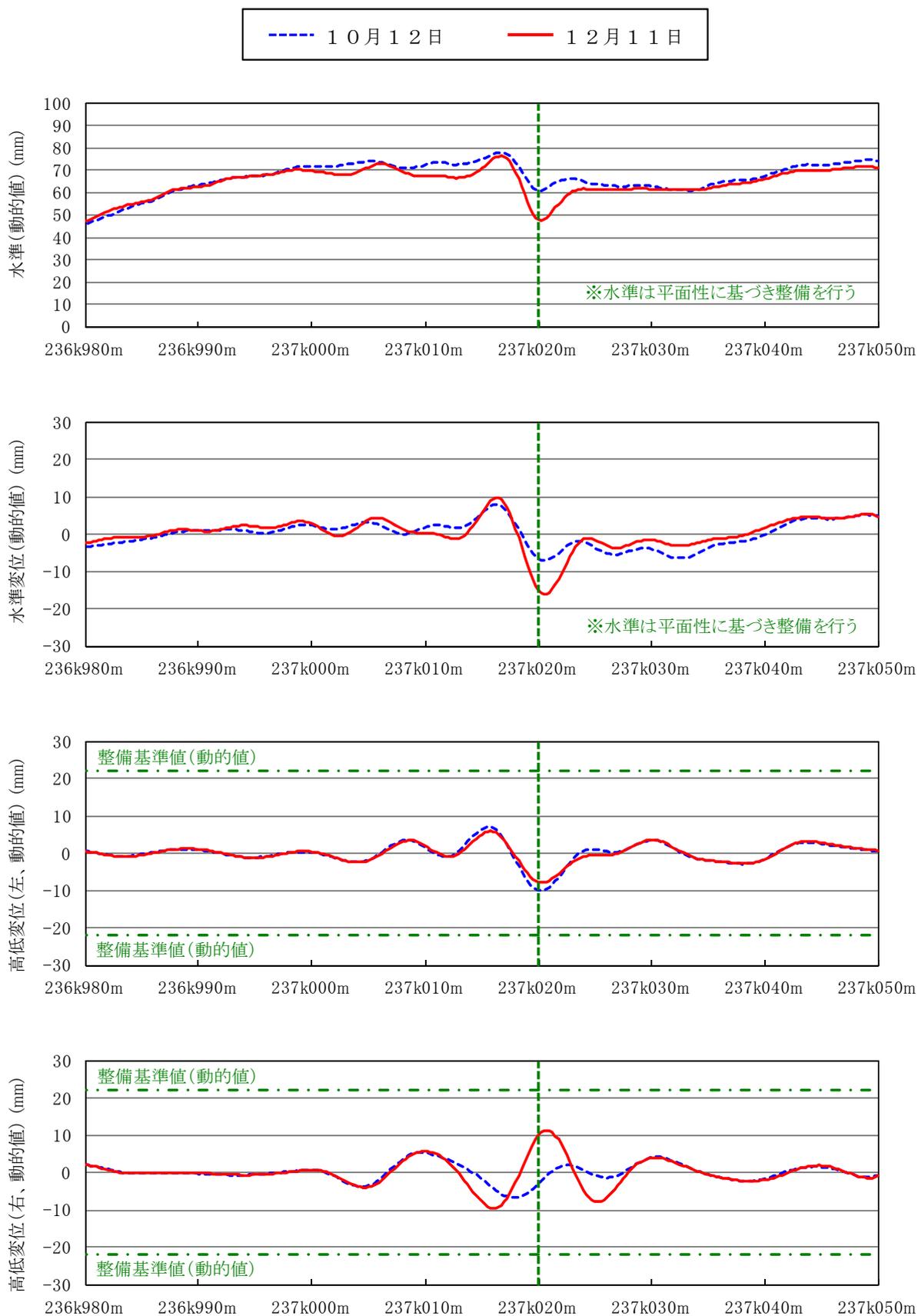
付図5 線路上の痕跡等（円曲線B内）



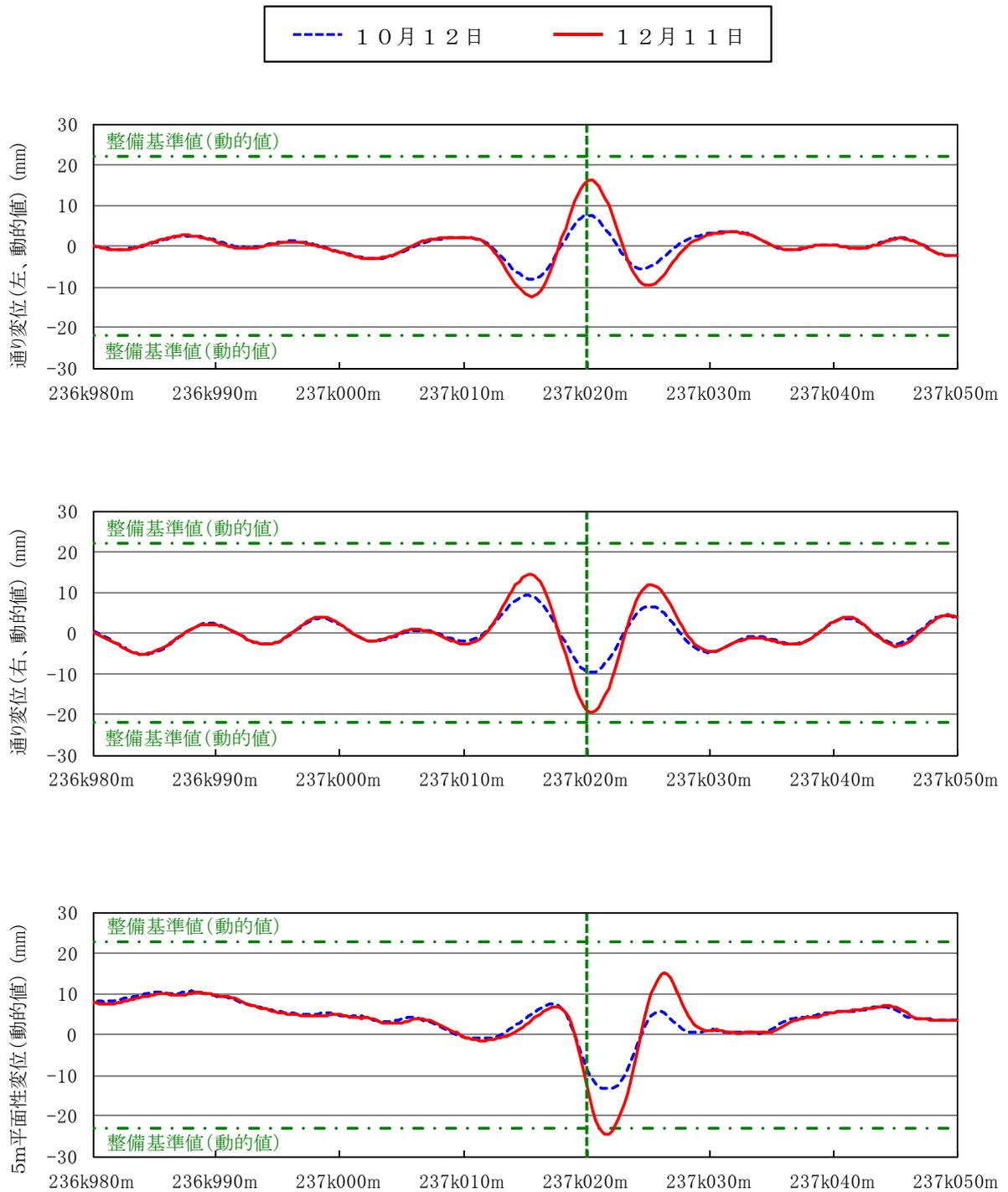
付図6 まくらぎの損傷の状況



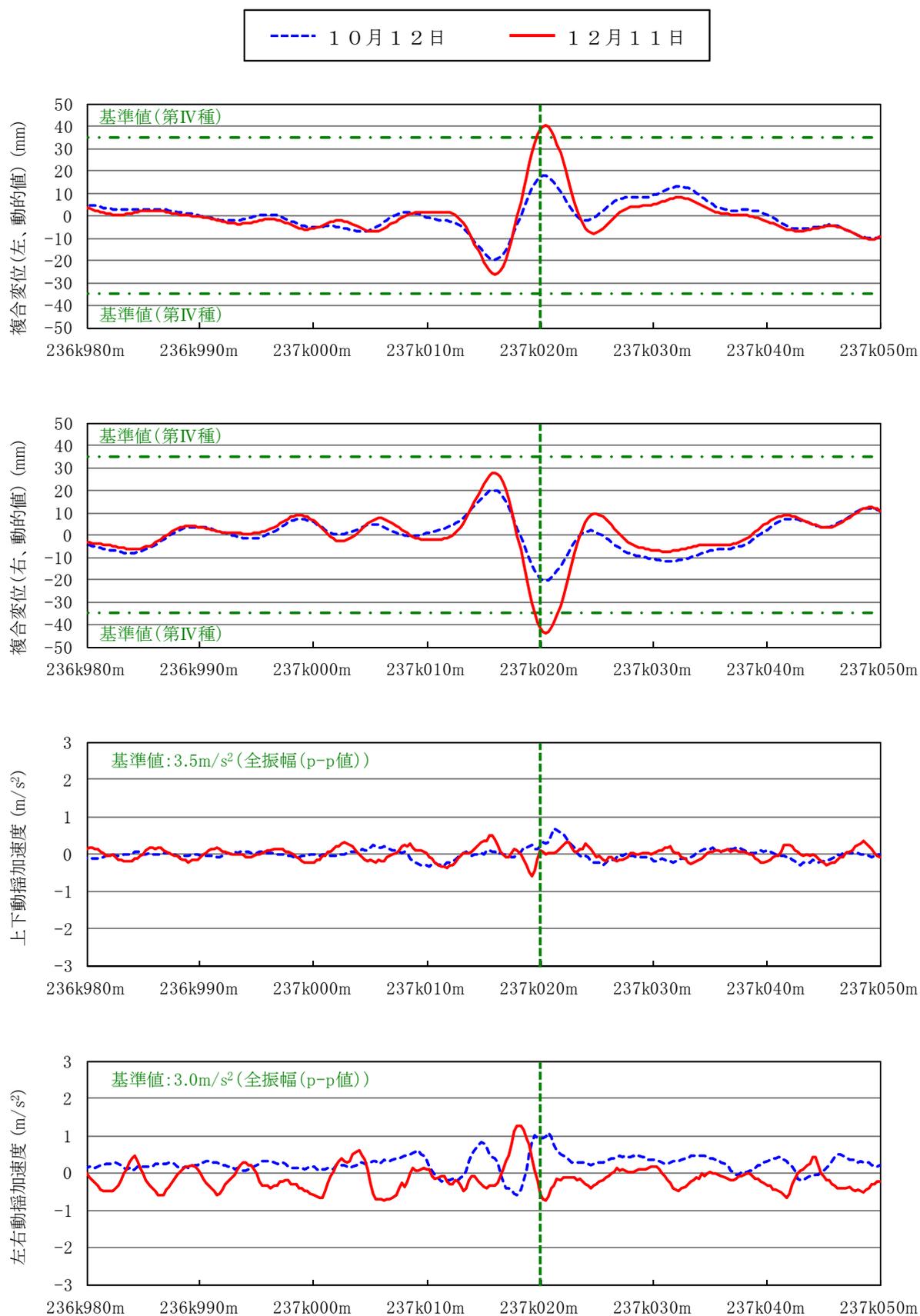
付図 7 事故現場付近の軌道の状況（定期検査）（1 / 3）



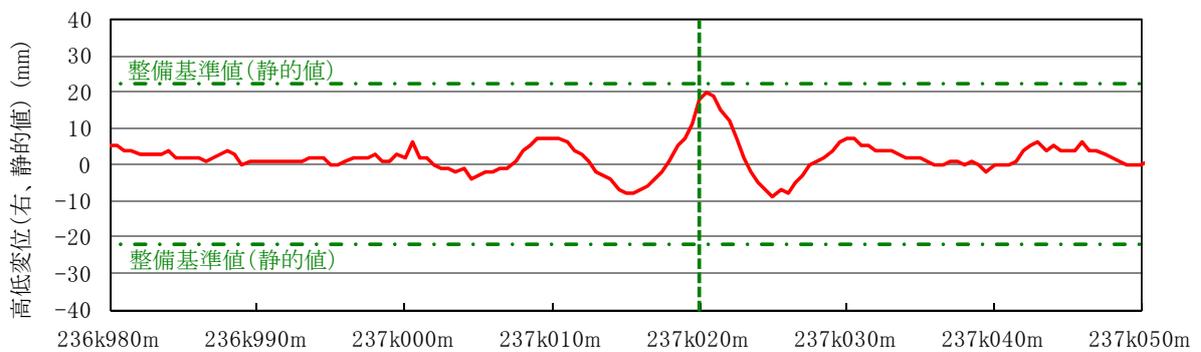
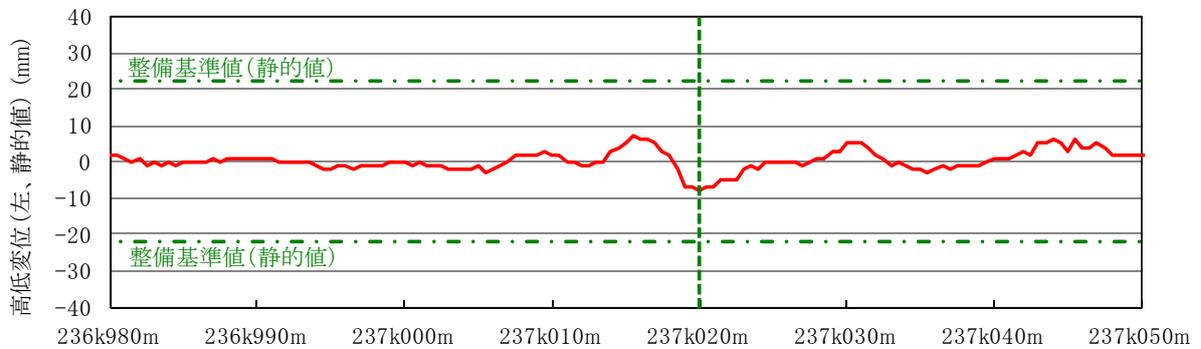
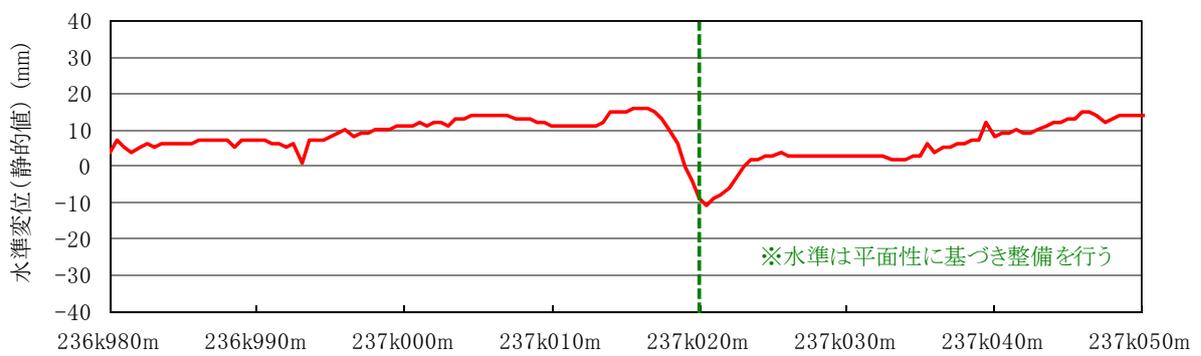
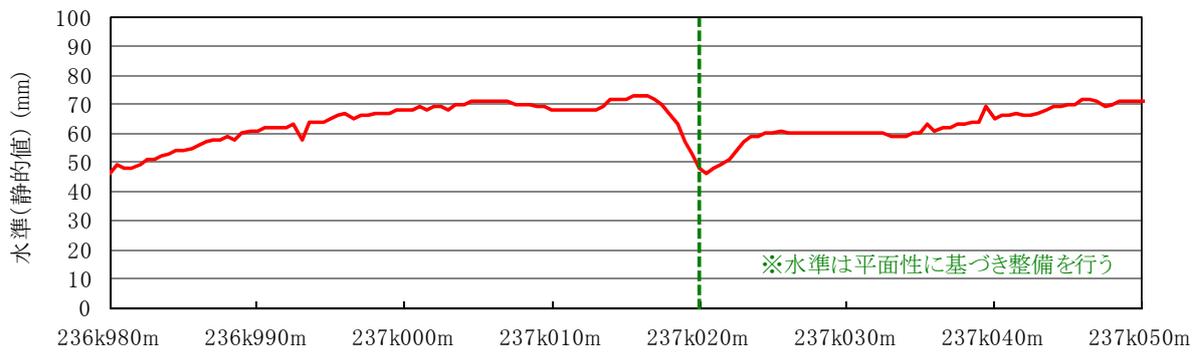
付図7 事故現場付近の軌道の状況（定期検査）（2 / 3）



付図7 事故現場付近の軌道の状況（定期検査）（3 / 3）



付図8 事故現場付近の軌道の状況（事故直後）（1 / 2）



付図8 事故現場付近の軌道の状況（事故直後）（2 / 2）

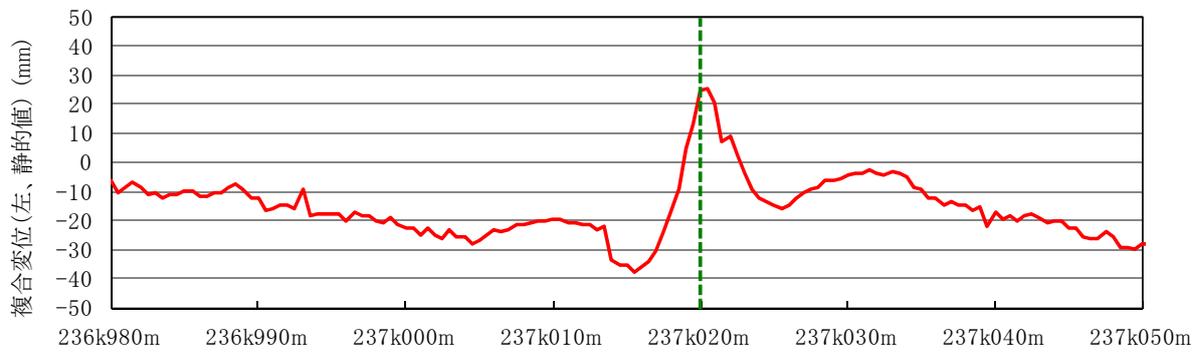
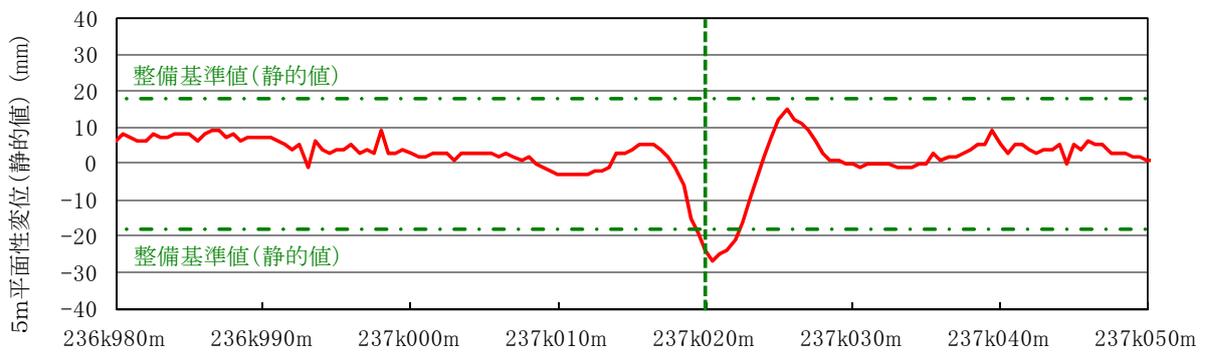
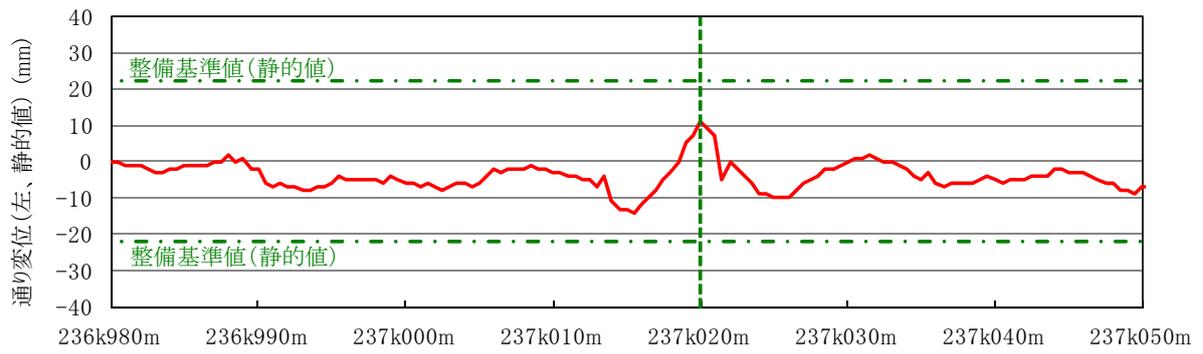
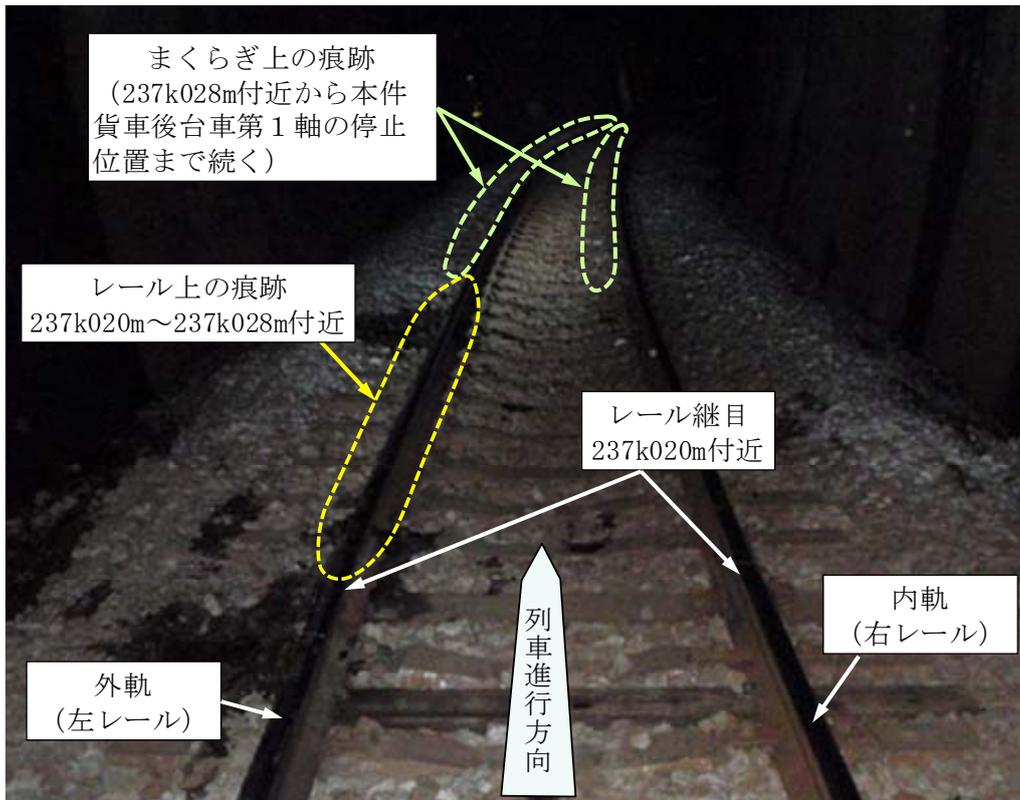
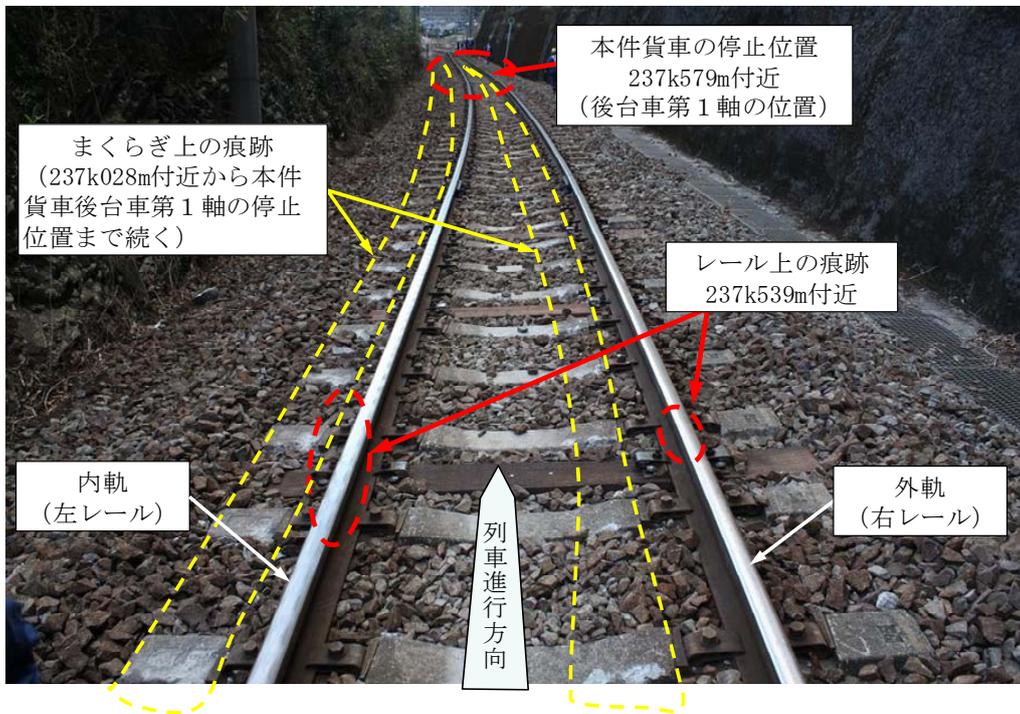


写真1 事故現場の状況



市棚トンネル内の円曲線A (237k020m付近)



円曲線B (237k539m付近)

写真2 脱線した車両の状況

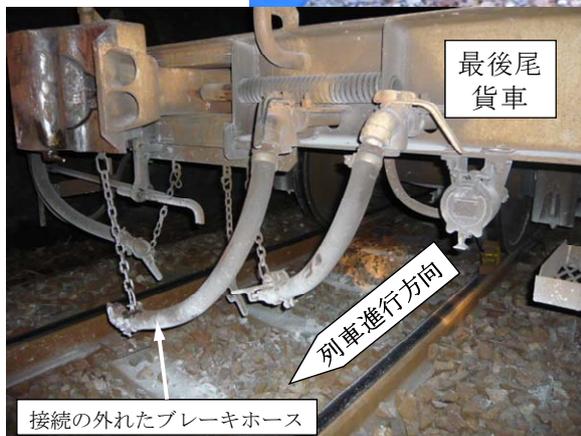
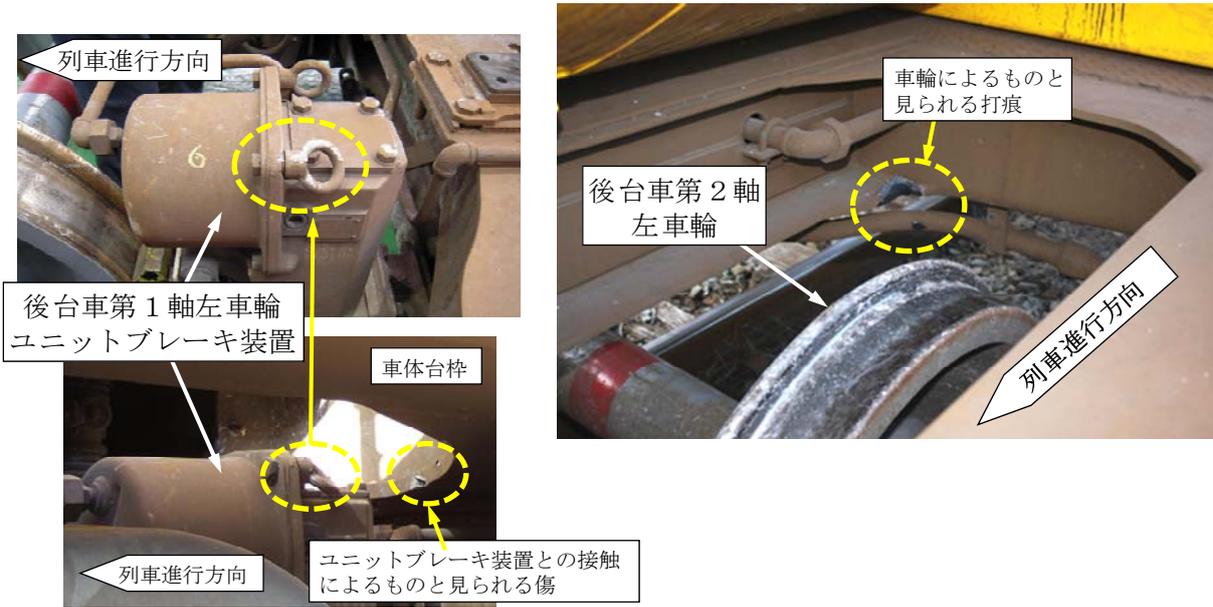
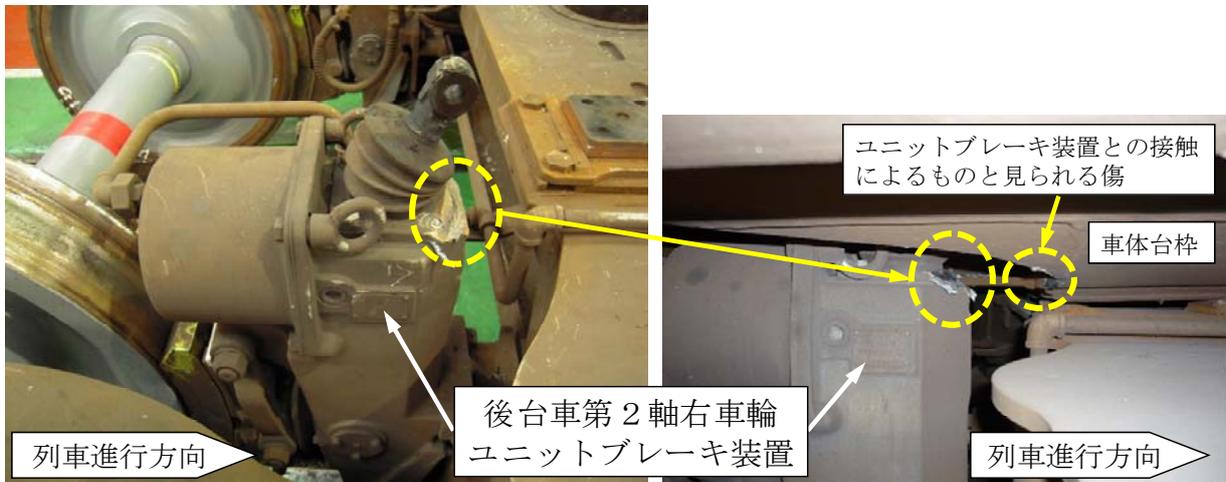


写真3 本件貨車後台車の損傷及び痕跡等

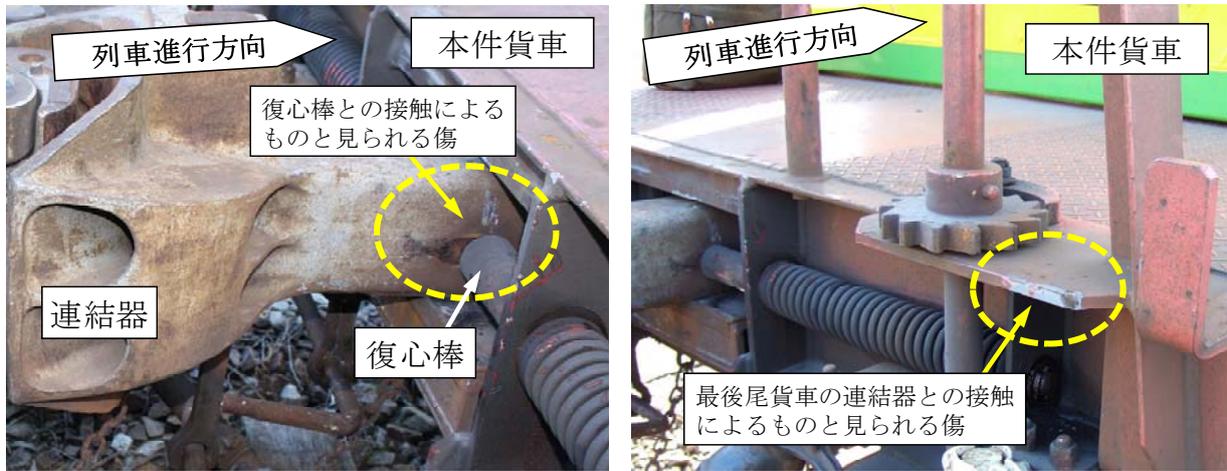


後台車第1軸及び第2軸左車輪付近における損傷及び痕跡等



後台車第2軸右車輪付近における損傷及び痕跡等

写真4 連結器付近の損傷及び痕跡等



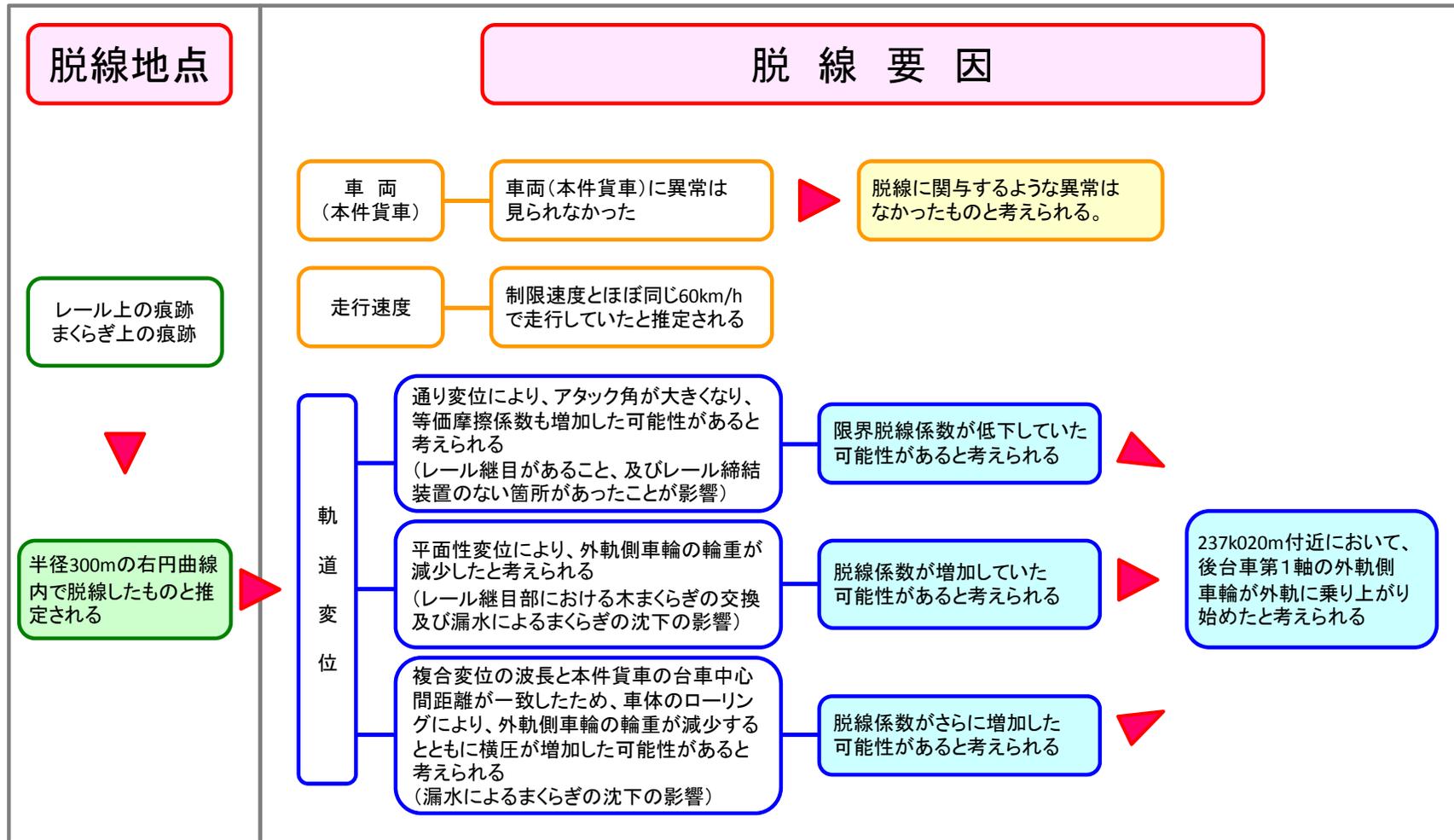
本件貨車後部の連結器付近における損傷及び痕跡等



最後尾貨車前部の連結器付近における損傷及び痕跡等

分析概要の流れ図

付属資料



※ 本付属資料は、分析概要を図示したものであり、内容の詳細については「3 分析」を参照