

RA2023-5

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 日本貨物鉄道株式会社 東北線 安達駅～二本松駅間
踏切障害事故

II 九州旅客鉄道株式会社 長崎線 佐賀駅～伊賀屋駅間
踏切障害事故

III 伊予鉄道株式会社 横河原線 見奈良駅構内
列車脱線事故

IV 西日本旅客鉄道株式会社 境線 中浜駅～高松町駅間
踏切障害事故

令和5年6月29日

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 武田 展雄

《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」

Ⅲ 伊予鉄道株式会社 横河原線
見奈良駅構内
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：伊予鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：令和4年2月7日 16時16分ごろ

発生場所：愛媛県東温市

横河原線 見奈良駅構内（単線）

令和5年5月29日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 早田久子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

要旨

<概要>

伊予鉄道株式会社の横河原線横河原駅発、高浜線高浜駅行き3両編成の上り第512列車は、令和4年2月7日（月）、横河原線愛大医学部南口駅を定刻（16時15分）に出発した。

同列車の運転士は、横河原線見奈良駅の上り場内信号機の警戒信号の現示を確認して見奈良駅構内に進入したところ、51号分岐器のトングレー先端から約5m手前で、通常は右基本レールに接着していない同分岐器の右トングレーが右基本レールに接着していることを見付け、直ちにブレーキ操作をしたが、直後に横揺れを感じた。

同列車は、1両目の前台車全2軸が予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入しており、同台車全2軸の左右車輪が下り線の右レールを挟み込むような状態で脱線していた。

同列車には、乗客13名及び乗務員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、発条転てつ機の転てつ棒が折損していたことによって左右トングレールが左右基本レールにそれぞれ接着しているところに、運転士が上り場内信号機の警戒信号の現示を確認し、列車が分岐器に対向で進入したため左右トングレールの間に1両目の前台車全2軸の左右車輪フランジが入り込む状態となり、分岐器のポイント部において同台車第1軸が予定していた進路とは異なる下り線に、同台車第2軸が上り線に進入したことによって同台車全2軸が脱線したと考えられる。

転てつ棒が折損したことについては、転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界を起点として疲労亀裂が発生して破断面の中央部まで進展し、破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断したと推定される。

転てつ棒に疲労亀裂が発生したことについては、事故が発生した分岐器を列車が背向で通過するたびに右トングレールの前端側が浮き上がって本件転てつ棒の鉄板に溶接されたU字型突起物を持ち上げ、右側の転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けていたためと考えられる。

同社は、定期検査で浸透探傷検査を全ての転てつ棒に対し実施していたが、転てつ棒の塗料を剥がさずに浸透探傷検査を実施していたことによって、浸透液が亀裂に十分に浸透しておらず、亀裂を示す指示模様が現れていなかったため亀裂を発見できなかった可能性が考えられる。

上り場内信号機が警戒信号を現示したことについては、通常であれば本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換しない限り、上り場内信号機は、停止信号を現示するはずであるが、転てつ棒が折損したことによって左右トングレールが左右基本レールに接着していたものの、事故が発生した分岐器には、右トングレールの接着を検知する回路制御器が設置されていなかったため、右トングレールが右基本レールに接着していたことを検知できず、回路制御器が左トングレールの接着のみを検知し、上り場内信号機が警戒信号を現示したと推定される。

目 次

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	経過報告	1
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	2
2	事実情報	2
2.1	本事故発生の経過	2
2.1.1	乗務員等の口述	2
2.1.2	運転状況等の記録	4
2.1.3	運行等の経過	4
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	5
2.3	鉄道施設等に関する情報	5
2.3.1	事故現場に関する情報	5
2.3.2	鉄道施設に関する情報	6
2.3.3	分岐器の転てつ棒に関する情報	12
2.4	車両に関する情報	21
2.4.1	車両の概要	21
2.4.2	車両の整備に関する情報	22
2.5	鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報	25
2.5.1	鉄道施設の損傷及び痕跡の状況	25
2.5.2	車両の損傷の状況	26
2.6	乗務員に関する情報	26
2.7	運転取扱いに関する情報	27
2.7.1	運転速度に関する情報	27
2.7.2	列車防護に関する情報	27
2.8	気象に関する情報	28
3	分析	28
3.1	本事故の発生時の状況に関する分析	28
3.1.1	脱線開始前の状況に関する分析	28
3.1.2	第2軸が脱線した状況に関する分析	29
3.1.3	第1軸が脱線した状況に関する分析	31

3.1.4	脱線した時刻に関する分析.....	32
3.2	本件転てつ棒に関する分析.....	32
3.2.1	折損に関する分析.....	32
3.2.2	疲労亀裂が発生及び進展したことに 関する分析.....	33
3.2.3	折損した状況に関する分析.....	34
3.2.4	鉄板部分の材料に関する分析.....	35
3.2.5	検査方法に関する分析.....	35
3.3	軌道変位に関する分析.....	36
3.4	車両の整備に関する分析.....	36
3.5	信号保安設備に関する分析.....	37
3.6	運転取扱いに関する分析.....	38
3.6.1	運転速度に関する分析.....	38
3.6.2	列車防護に関する分析.....	39
4	原因.....	40
5	再発防止策.....	41
5.1	必要と考えられる再発防止策.....	41
5.2	事故後に同社が講じた措置.....	41

添 付 資 料

付図1	横河原線の路線図及び事故現場付近の地形図.....	43
付図2	事故現場周辺の略図.....	44
付図3	本件列車の脱線状況.....	45
付図4	軌道上の主な痕跡1.....	46
付図5	軌道上の主な痕跡2.....	47
付図6	車両の主な損傷状況.....	48
付図7	1両目前台車が走行した経路（推定）.....	49

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

伊予鉄道株式会社の横河原線横河原駅発、高浜線高浜駅行き3両編成の上り第512列車は、令和4年2月7日（月）、横河原線愛大医学部南口駅を定刻（16時15分）に出発した。

同列車の運転士は、横河原線見奈良駅の上り場内信号機^{*1}の警戒信号の現示を確認して見奈良駅構内に進入したところ、51号分岐器のトングレール先端から約5m手前で、通常は右基本レール（以下、前後左右は脱線した列車の進行方向を基準とする。）に接着していない同分岐器の右トングレール^{*2}が右基本レールに接着していることを見付け、直ちにブレーキ操作をしたが、直後に横揺れを感じた。

同列車は、1両目（以下、車両は前から数える。）の前台車全2軸が予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入しており、同台車全2軸の左右車輪が下り線の右レールを挟み込むような状態で脱線していた。

同列車には、乗客13名及び乗務員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、令和4年2月7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。

四国運輸局は、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

令和4年2月8日～9日	現場調査、車両調査及び口述聴取
令和4年4月4日～5日	現場調査及び浸透探傷検査 ^{*3} 方法についての調査
令和4年8月25日～26日	現場調査及び車両調査

1.2.3 経過報告

令和5年1月19日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

*1 「場内信号機」とは、停車場に進入する列車に対し、信号を現示する信号機のことをいう。

*2 「トングレール」とは、ポイント部に用いる、先端の頭部がとがった転換されるレールをいう。

*3 「浸透探傷検査」とは、カラーチェックとも呼ばれる工業界で最も広く使用されている表面検査法であり、表面に開口している傷に浸透液を十分に浸透させた後、現像剤を適用して傷の中の浸透液を表面にしみ出させて欠陥を観察する非破壊検査法のことをいう。

1.2.4 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 本事故発生の経過

2.1.1 乗務員等の口述

事故に至るまでの経過は、伊予鉄道株式会社（以下「同社」という。）の横河原線横河原駅発、高浜線高浜駅行き3両編成の上り第512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。）及び車掌（以下「本件車掌」という。）の口述によれば、概略、次のとおりであった。

（付図1 横河原線の路線図及び事故現場付近の地形図、付図2 事故現場周辺の略図 参照）

(1) 本件運転士

本件列車は、本事故が発生した直前の停車駅である愛大医学部南口駅（キロ程^{*4}は高浜駅起点21k874m、以下「高浜駅起点」は省略する。）を定刻（16時15分）に出発した。出発後、速度約50km/hまで力行^{りきこう}運転で走行し、見奈良駅（21k090m）の上り場内信号機（21k310m）の警戒信号に対する速度制限に備え、常用ブレーキを操作して列車を減速させ、上り場内信号機の警戒信号の現示を確認して見奈良駅構内に進入した。見奈良駅の51号分岐器（21k211m～21k239m、以下「本件分岐器」という。）の速度制限25km/hに備え、常用ブレーキを操作しながら見奈良東踏切道（21k240m）を通過した。その後、本件分岐器のトングレール先端から約5m手前で、通常は右基本レールに接着していない本件分岐器の右トングレールが右基本レールに接着している状態が見えたことから、常用ブレーキを強めた。その直後に横揺れを感じたため非常ブレーキ操作をしたが、間に合わず本件列車は脱線して停止した。

停止後、直ちに運転指令所に列車無線で脱線したことを報告し、係員を本事故現場に向かわせるよう依頼した。後続列車はなく、下り第611列車が見奈良駅に停止しているのが見えたこと及び同下り列車が列車無線で脱線したという報告を聞いて本件列車が脱線していることを認識していると思い、

*4 横河原線における「キロ程」は、横河原線^{まつやまし}松山市駅からの距離に高浜線の総延長である9.4kmを加算した値として同社が定めている。

列車防護は必要ないと判断した。その後、携帯電話で乗務監督*5に脱線したことを連絡した後、本件列車から降車して事故現場の状況を撮影し、乗務監督に写真を送付した。

列車の運行業務等を所管する本社の鉄道課から乗客の降車許可を得たため、車両に備付けの非常はしごを使用して、乗客を1両目の右側の1番前の扉から降車させた。



図1 本件分岐器（正常時の状態）

(2) 本件車掌

本件列車は、愛大医学部南口駅を定刻に出発した。見奈良駅に到着する前に最後尾車両の乗務員室の左側に立って見奈良駅到着のアナウンスをしようとしたときにブレーキが掛かり、すぐに衝撃を感じた。同乗務員室内から進行方向を見ると列車の先頭位置付近から砂ぼこりが上がるのが見えたので、乗務員室の右側の落とし窓から確認しようとしたときに、本件運転士が運転指令所に脱線したと報告しているのが列車無線から聞こえ、脱線していることを知った。その後、右側の落とし窓を開けて外の状況を確認した。

車内の乗客に脱線したことをアナウンスしてから、本件運転士に状況を確認するため先頭車両の乗務員室に行った。本件運転士が事故現場の状況の写真を撮るために降車した後、客室内の乗客の人数を確認した。本件運転士が乗客の降車許可を得たことを確認してから、非常はしごを使用して1両目の右側の1番前の扉から乗客を降車させた。列車防護については行っていない。

*5 同社における「乗務監督」とは、鉄道又は軌道の列車及び本線路運転車両の操縦、一般乗務並びに運転技術の教育に関する事務を処理し、所属係員を指揮監督する者のことをいう。

2.1.2 運転状況等の記録

本件列車には、運転状況記録装置が搭載されており、時刻、速度、走行距離、ブレーキ弁位置、力行ノッチ等の情報が記録されていた。

この運転状況記録装置に記録されていた本件列車の愛大医学部南口駅から本事故発生までの間における主な記録は、表1のとおりであった。

なお、本件列車には前方の映像及び音声を記録する装置は搭載されていなかった。

表1 本事故発生前後の運転状況記録（主要な記録のみ抜粋）

時刻	速度 (km/h)	走行距離 (m)	ブレーキ弁 位置	力行 ノッチ	備考
16時15分44秒20	0	224,496	OFF	1N	愛大医学部南口駅出発
16時16分42秒60	25.0	225,037	OFF	1N	力行ノッチ OFF→1N
16時16分42秒80	25.1	225,038	OFF	2N	力行ノッチ 1N→2N
16時16分46秒60	28.0	225,067	OFF	2N	21k309m付近
16時16分48秒20	30.7	225,080	OFF	1N	力行ノッチ 2N→1N
16時16分48秒40	31.1	225,082	OFF	OFF	力行ノッチ 1N→OFF
16時16分51秒60	32.9	225,111	常用	OFF	常用ブレーキ操作
16時16分55秒40	31.5	225,145	常用	OFF	21k231m付近
16時16分57秒00	28.5	225,158	常用	OFF	21k218m付近
16時16分59秒40	20.8	225,173	非常	OFF	非常ブレーキ操作
16時17分03秒20	0	225,181	非常	OFF	21k195m付近

※時刻は、ドアの開閉ごと（駅到着ごと）に補正されている。

※走行距離は、列車の電源が投入された時点からの累計走行距離を示している。

※速度と走行距離は、誤差が内在している可能性がある。

CTC^{*6}のジャーナル^{*7}には、本事故発生直前の16時3分12秒に見奈良駅下り線の出発信号機が停止信号を現示したことが記録されていた。その後、記録が確認できた16時20分00秒まで同出発信号機の信号現示の変化は記録されていなかった。

2.1.3 運行等の経過

本事故が発生する直前に本件分岐器を通過した列車は、16時02分ごろに

*6 「CTC」とは、列車集中制御装置のことであり、Centralized Traffic Controlの略称で、1地点（中央の制御所）から広範囲な区間の多数の信号設備（被制御所である各駅の信号機など）を遠隔制御することを可能とした列車の制御方式又は装置をいう。

*7 「ジャーナル」とは、機器の動作状態などを時刻とともに表示又は印字したものをいう。

対向^{*8}で通過した上り第412列車、16時03分ごろに背向^{*9}で通過した下り第511列車である。上り第412列車及び下り第511列車の運転士によると、本事故現場付近を通過したときに本件分岐器に異状はなかったとのことであった。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷 なし。

2.3 鉄道施設等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

(1) 見奈良駅構内

見奈良駅は、1面2線の島式ホームで上り列車と下り列車の行き違いができる駅であり、同駅構内の松山市駅方及び横河原駅方に設置された分岐器によって上り線と下り線に分岐される。なお、同駅に駅長は配置されていない。

本件列車は、同駅で下り第611列車と行き違いをするため、横河原駅方に設置された本件分岐器に対向で進入し、本件分岐器の定位側^{*10}の進路である上り線側（右側）を走行する予定であった。

また、信号保安設備として継電連動装置^{*11}が設置されており、見奈良駅構内へ進入する上り列車に対して信号を現示する上り場内信号機が設置されている。なお、本件分岐器の左側には、トングレールの接着状態を検知する回路制御器^{*12}が設置されており、左トングレールの接着状態は検知しているが、右トングレールの接着状態は検知していない。

(2) 脱線の状況

本件列車1両目の先頭位置は、本件分岐器と見奈良駅のプラットホームとの間の21k195m付近に停止していた。

本件列車1両目の前台車全2軸は、予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入しており、下り線の右レールを挟み込むような状態で脱線していた。なお、本件分岐器の右トングレールが定位側に転換しており、本件列車1両目の後台車全2軸及び2両目の全4軸は上り線に進入していた。

本件分岐器の左右トングレール及び左リードレール^{*13}に車輪フランジが乗

*8 「対向」とは、分岐器へ分岐する側へ向かって進入する向きをいい、本件分岐器では横河原駅方から松山市駅方への向きである。

*9 「背向」とは、分岐器へ合流する側から進入する向きをいい、本件分岐器では松山市駅方から横河原駅方への向きである。

*10 「定位側」とは、分岐器が常時開通している方向をいい、本件分岐器では上り線側である。

*11 「継電連動装置」とは、継電器を用いて信号機や転てつ器等を関連付けて、駅構内における全体的な保安機能を実現し、安全な列車運行を確保するための装置をいう。

*12 「回路制御器」とは、装置が正しく制御されていることをチェックする照査装置の一種で、トングレールにより回路制御器の軸が押し込まれる量により、トングレールの接着状態を検知する。

*13 「リードレール」とは、トングレール後端とクロッシング前端とをつなぐレールをいう。

り上げた際に生じたと思われる痕跡があった。また、本件分岐器の右側の転てつ棒^{*14}（以下「本件転てつ棒」という。）が折損していた。

（付図2 事故現場周辺の略図、付図3 本件列車の脱線状況、付図4 軌道上の主な痕跡1 参照）

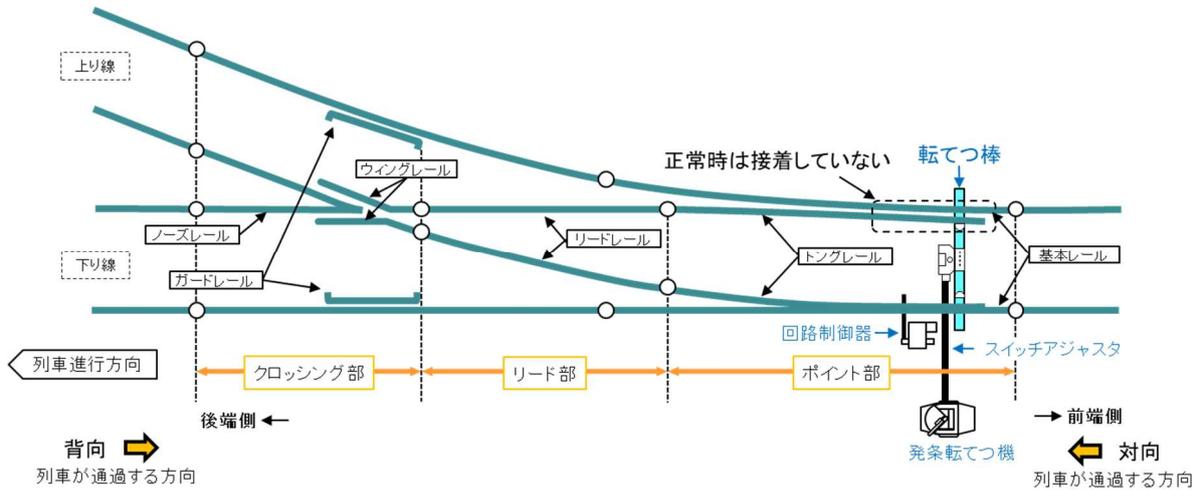


図2 分岐器の各部の名称及び正常時の状態

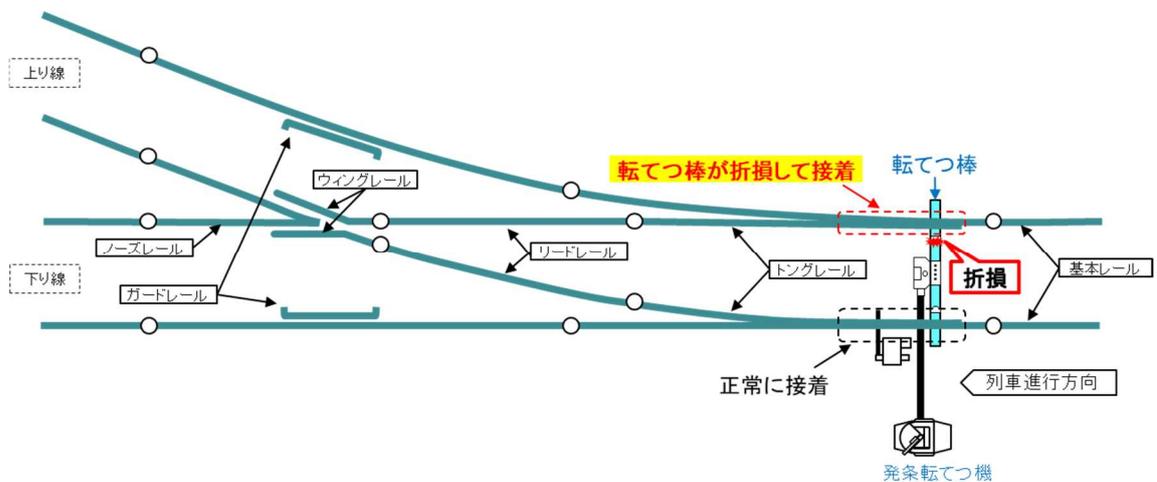


図3 本事故発生時の本件転てつ棒とトングレールの状態

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の横河原線は、松山市駅から横河原駅に至る営業キロ13.2kmの単線、直流750Vの電化区間で、軌間^{*15}は1,067mmである。信号保安方式は、停車場間を

*14 「転てつ棒」とは、転換器の転換力をスイッチアジャスタを介してトングレールに伝える部材のことをいう。

*15 「軌間」とは、左右レール頭部の軌間内側面間の距離をいう。

1 閉そく区間とする自動閉そく式（特殊）^{*16}である。

（付図1 横河原線の路線図及び事故現場付近の地形図 参照）

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

本事故現場付近の線路に関する情報は、次のとおりである。

- (1) 本事故現場付近の軌道構造はバラスト軌道で、基本レールには40kgNレールが使用されている。40kgNレールの主要寸法は、図4に示すとおり、高さが140mm、底部最大幅が122mm、頭部の最大幅が64mmである。まくらぎは、木まくらぎ及びPC^{*17}まくらぎが使用されている。また、本件分岐器には40kgNレール用10番右片開き分岐器^{*18}が使用されている。転てつ機には、発条転てつ機^{*19}（21k232m）が使用されており、ポイント行程^{*20}は約200mmである。

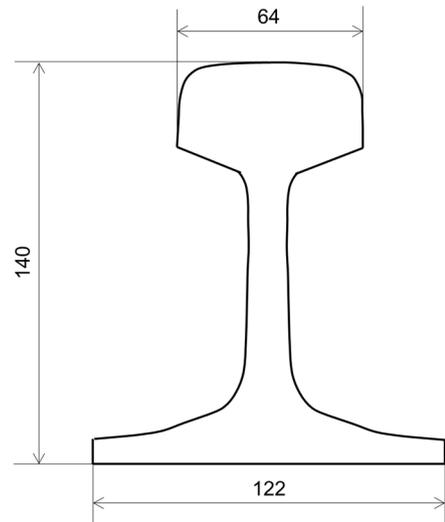


図4 40kgNレールの主要寸法

- (2) 線路の線形は、21k345mから21k253mまでが半径603mの右曲線、21k253mから21k193mまでが直線、21k193mから21k011mまでが半径603mの右曲線である。勾配は、21k484mから21k263mまでが13.51‰^{*21}の下り勾配、21k263mから20k935mが9.9‰の下り勾配である。

*16 「自動閉そく式（特殊）」とは、軌道回路により列車の有無を検知して地上に設置した信号機を制御して、1区間（閉そく区間）に2列車が入らないようにする方式で、停車場間を1閉そく区間とし、閉そく信号機は設けない方式のことをいう。出発信号機は原則として2位式（G（緑）；進行、R（赤）；停止）とする。

*17 ここでいう「PC」とは、Prestressed Concreteの略語である。

*18 「片開き分岐器」とは、直線の軌道から他の1軌道が、直線の左側又は右側に分かれる分岐器のことをいう。

*19 「発条転てつ機」とは、ばねの反発力を使用した転てつ機をいい、常時は定位側に転換しているが、反位側（分岐器が常時開通している方向とは逆向きをいい、本件分岐器では下り線側である。）から背向で列車が進出した際には、列車の車輪がトングレーを押し出すことにより反位側に転換され、列車の通過後にばねの力によって定位側に戻る構造となっている。

*20 「ポイント行程」とは、トングレーを転換するときのまくらぎ方向の移動量のことをいう。

*21 「‰（パーミル）」とは、千分率のことであり、ここでは勾配の程度を示す単位として使用し水平距離1,000m当たりの高低差（m）を示す。

2.3.2.3 上り場内信号機に関する情報

横河原線の上り場内信号機の建植位置手前にはATS^{*22}の地上子が設置されており、信号種別ごとに定められた速度を超過した列車が通過するとATSが動作し、列車の非常ブレーキが動作する仕組みになっている。ATSによって非常ブレーキが動作する条件については、同社の社内規程である「ATS取扱基準」に、次のとおり定められている。

(ATSにより非常制動が動作する場合)

第3条 ATSにより非常制動が動作する場合は、次の各号に定めるとおりとする。

- (1) 場内信号機、出発信号機等が停止信号現示の場合、この信号機等に係る停止用地上子又は速度照査用地上子をその制限速度を超える速度で通過して運転するとき。
- (2) 場内信号機が進行信号現示の場合、この場内信号機の外方側直近の速度照査用地上子を40km/hを超える速度で通過して運転するとき。
- (3) 場内信号機が警戒信号現示の場合、この場内信号機の外方側直近の速度照査用地上子を30km/hを超える速度で通過して運転するとき。
- (4)～(7) 略

上り場内信号機が警戒信号を現示する条件の一部には、本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換していることが含まれるが、その仕組みは、以下のとおりである。

- (1) 本件分岐器の左トングレールが左基本レールに接着する。
- (2) 左トングレールの接着を回路制御器の検知スイッチが検知すると、検知スイッチが閉じ、51NPR^{*23}が動作する(図5の回路C参照)。
- (3) 51NPRが動作し、51NPRのN接点が閉じると、2LHR^{*24}が動作する(図5の回路Aの2段目参照)。
- (4) 2LHRが動作し、2LHRのN接点が閉じると、上り場内信号機が警戒信号を現示する(図5の回路B参照)。

本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換していない場合は、51NPR及び2LHRが動作しないため、2LHRのR接点が閉じて停止信号を現示する。

*22 「ATS」とは、自動列車停止装置(Automatic Train Stop)の略称であり、列車が停止信号機に接近した際、地上からの制御信号により運転室内に警報ベルを鳴らして運転士に注意を喚起したり、自動的にブレーキを動作させたりして、列車を停止信号機の手前に停止させる装置のことである。

*23 ここでいう「51NPR」とは、51号分岐器(51)における定位側(N)の検知スイッチの開閉に反応(P)して動作するリレー(R)のことをいう。

*24 ここでいう「2LHR」とは、上り場内信号機(2L)の信号制御用リレー(HR)のことをいう。

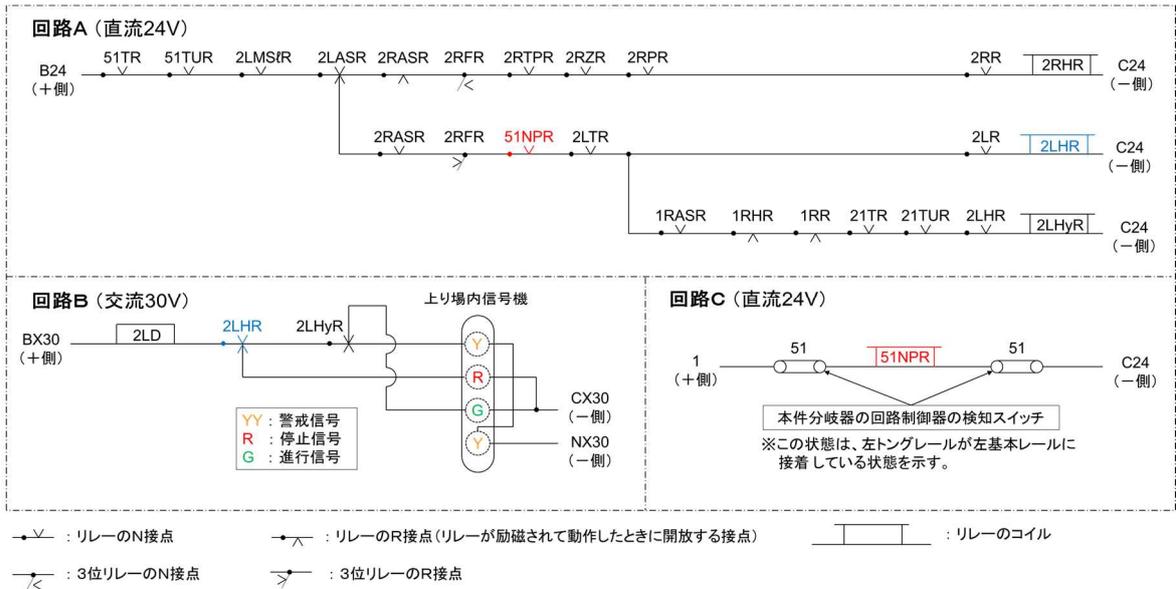


図5 見奈良駅電気結線図（抜粋）

2.3.2.4 線路の整備に関する情報

線路の整備については、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年国土交通省令第151号）」（以下「技術基準省令」という。）に基づき同社が四国運輸局長に届け出ている実施基準の一部である「土木施設実施基準」に、次のとおり定められている。

(1) 軌道変位検査（一般軌道）

一般軌道の軌道変位検査は、基準期間を1年として行うことと定められており、一般軌道の軌道変位の整備基準値^{*25}は表2のとおりである。

本事故発生前直近の一般軌道の軌道変位検査は、令和3年10月29日及び同年11月17日に実施されており、検査結果に整備基準値を超過する記録はなかった。

表2 一般軌道の整備基準値

(単位：mm)

種別	整備目標値		整備基準値		仕上り基準値
	一般	側線	一般	側線	
軌間	+7、-4	+7、-4	・直線及び半径600mを越える曲線 ^{原文ママ} +14、-8 ・半径200m以上600mまでの曲線+19、-8 ・半径200m未満の曲線 +14、-8		+1、-3
水準	9	11	(平面性に基づき整備を行う)		4

*25 「整備基準値」とは、列車の走行安全を確保するために緊急に軌道整備作業を発動するために設定された軌道変位の値のことをいう。

高低	9	11	22	24	4
通り	9	11	22	24	4
平面性			18 (カントのてい減を含む)		4

備考

- I. 数値は、静的値を示す。
- II. 平面性は、5m当りの水準変化量を示す。
- III. 曲線部におけるスラック、カント及び正^{せい}矢量（縦曲線を含む）は含まない。

(2) 軌道変位検査（分岐器）

分岐器の整備基準は、次のとおり定められている。

（分岐器の整備）

第41条 分岐器の整備は、下の各号に定める整備基準に基づき整備を行うものとする。

- (1) クロッシング部における軌間整備基準値は、増5mm、減3mm
- (2) クロッシング部以外における軌間整備基準値は、増7mm、減4mm
- (3) バックゲージ整備基準値
Nレール用分岐器 1,022mm～1,030mm
Nレール以外用分岐器 1,023mm～1,034mm
- (4) 分岐器のトンダレールは、常に基本レールに密着すること。

また、同社の「軌道変位検査表（分岐器）」において水準変位^{*26}、高低変位^{*27}及び通り変位^{*28}の整備基準値は9mmと定められている。本件分岐器の本事故発生前直近の軌道変位検査は、令和3年11月15日に実施されており、検査結果に整備基準値を超過する記録はなかった。

本事故後、本件列車と同形式の列車を使用して列車が本件分岐器を対向及び背向で通過するときの転てつ棒周辺の状態を動画で撮影した。撮影した映像記録では、列車が対向及び背向で通過する際に、図6に示すとおり、本件分岐器のポイント後端継目周辺の4本のまくらぎに浮き沈みが見られた。なお、それ以外の本件分岐器付近のまくらぎに列車通過時の浮き沈みは見られなかった。同社によると、平成28年7月13日から平成28年7月20日

*26 「水準変位」とは、左右のレールの高さの差をいう。カントがある場合は、設定カントを除いた値である。

*27 「高低変位」とは、レール頭頂面の長さ方向での凹凸をいい、一般的には長さ10mの糸をレール頭頂面に張ったときの、その中央部における糸とレールの距離で表す。

*28 「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。

にかけて本件分岐器の21k234mから21k206mまでの道床交換^{*29}を行い、突き固めを実施したとのことであった。

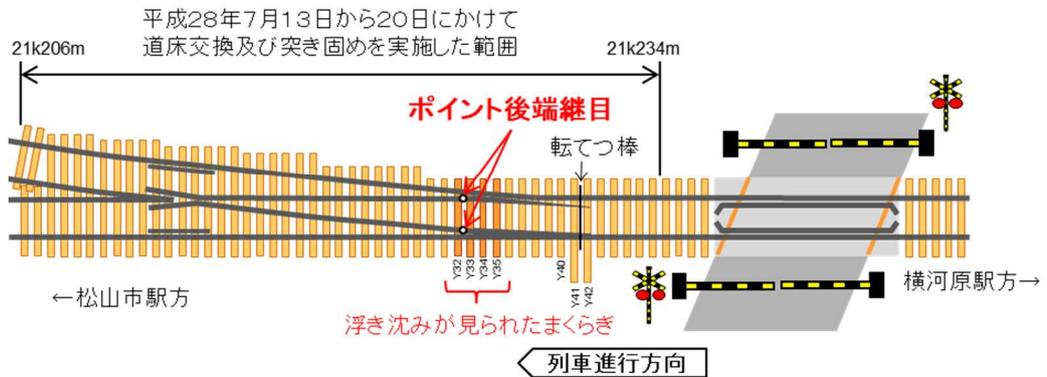


図6 列車通過時に浮き沈みが見られたまくらぎの位置

(3) 軌道部材検査

同社では軌道部材検査として、分岐器検査、レール検査及びまくらぎ、道床その他軌道材料の検査を実施することと定められている。

① 分岐器検査

分岐器検査については、分岐器一般検査、分岐器細密検査及び分岐器の機能検査を実施することと定められている。

分岐器一般検査は、基準期間を1年として、分岐器の損傷、減耗及び腐食等の状態について検査しなければならないと定められている。本事故発生前直近の分岐器一般検査は、令和3年7月2日に実施されており、各検査結果に異常を示す記録はなかった。

分岐器細密検査は、基準期間を1年として、転てつ棒の取付け部分、ポイント後端継目部等を解体し、傷の有無及びその程度を細密に検査しなければならないと定められている。本事故発生前直近の分岐器細密検査は、令和3年7月26日に実施されており、各検査結果に異常を示す記録はなかった。

分岐器の機能検査は、基準期間を1か月として、トングレールの接着、バックゲージ及びその他重要部分の付属品の状態を検査しなければならないと定められている。本事故発生前直近の分岐器の機能検査は、令和4年1月19日に実施されており、各検査結果に異常を示す記録はなかった。

② レール検査

レール検査は、基準期間を1年として、レールの損傷、減耗、腐食等の

*29 「道床交換」とは、古い道床バラストを新しいバラストに交換する作業のことをいう。

状態を検査することと定められている。本事故発生前直近の検査は、令和3年4月28日に実施されており、本事故現場付近の各検査結果に異常を示す記録はなかった。

③ まくらぎ、道床その他軌道材料検査

まくらぎ、道床その他軌道材料検査は、基準期間を1年として、まくらぎの腐り、割れ、食い込み等劣化の程度、バラストの不足及び土砂混入の程度、その他軌道材料の損傷、減耗等を検査することと定められている。本事故発生前直近の検査は、令和3年7月3日及び7月20日に実施されており、本事故現場付近の各検査結果に異常を示す記録はなかった。

(4) 線路巡視

同社では、線路巡視を線路巡回として定めている。線路巡回は、列車の運転に対して支障の有無を確認することを目的として行われ、徒歩による巡回（以下「徒歩巡回」という。）を週2回、列車に乗車して行う巡回（以下「乗車巡回」という。）を週5回行うことと定められている。

本事故発生前直近の事故現場付近の線路巡回は、令和4年2月5日に徒歩巡回、同年2月7日に乗車巡回が行われており、両巡回結果に異常を示す記録はなかった。

2.3.3 分岐器の転てつ棒に関する情報

図7に示すとおり、転てつ棒は、厚さ19mmの長方形の鉄板に左右トングレールを固定するためのU字型突起物を溶接したものである。転てつ棒の材質にはSM400A^{*30}が使用されており、表面には黒皮^{*31}の上に無色の錆止め塗料が塗られている。

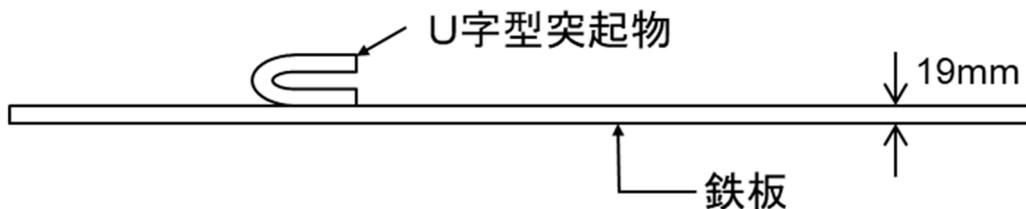


図7 転てつ棒の外形

図8に示すとおり、転てつ棒のトングレールへの取付けについては、2本の転てつ棒が絶縁板を挟んだ接続板及びスイッチアジャスタの腕金具とともにボルトで締

*30 「SM400A」とは、日本産業規格に規定されている溶接構造用圧延鋼材のことをいう。

*31 「黒皮」とは、熱間圧延鋼板などの鉄鋼材料の表面を覆っている酸化皮膜のことをいう。

結され、U字型突起物が左右トングレールの連結板とボルトで締結されている。
折損した本件転てつ棒は、平成21年6月に本件分岐器に取り付けられた。

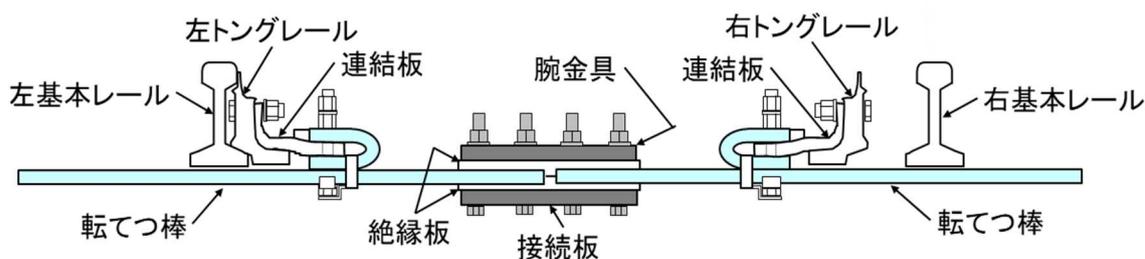
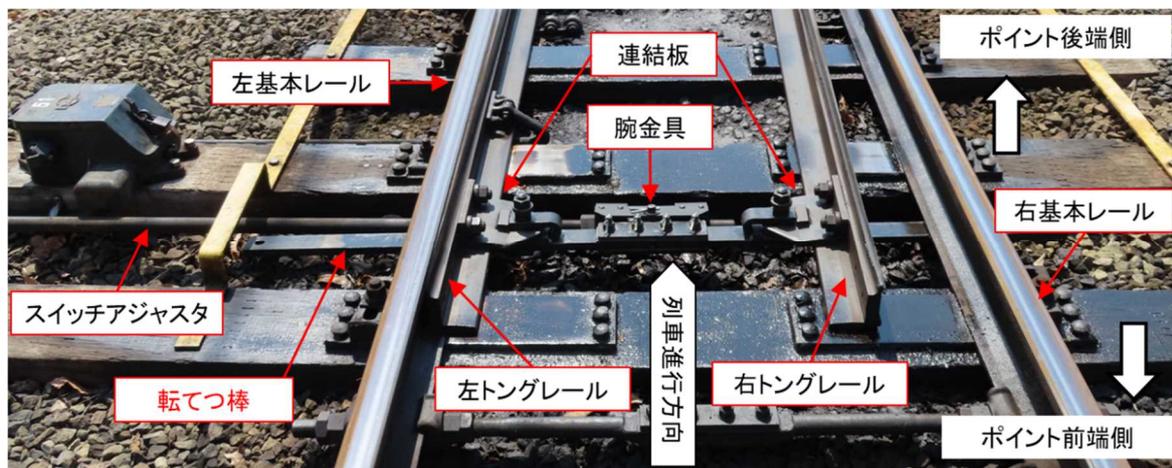


図8 転てつ棒のトングレールへの取付状態

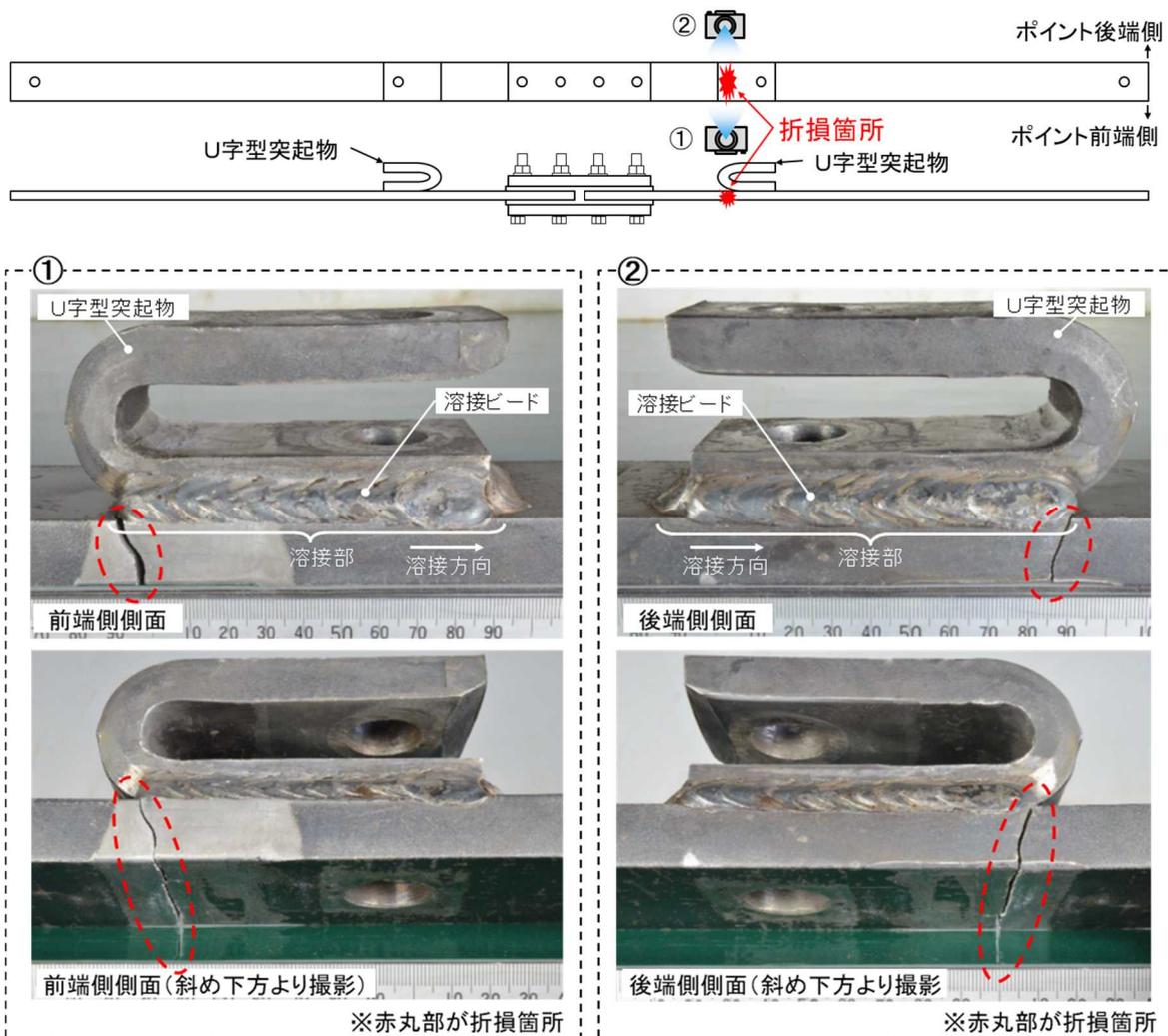
2.3.3.1 本件転てつ棒の折損に関する調査結果

同社が公的な研究機関に委託して行った本件転てつ棒の調査結果は、次のとおりであった。

(1) 外観に関する情報

図9に示すとおり、本件転てつ棒は、U字型突起物と鉄板との溶接止端部で折損していた。また、溶接ビード^{*32}の形状などに異常は見られなかった。

*32 「溶接ビード」とは、溶接による接合面にできた盛り上がり部分のことをいう。



(同社から提供された図を使用して作成)

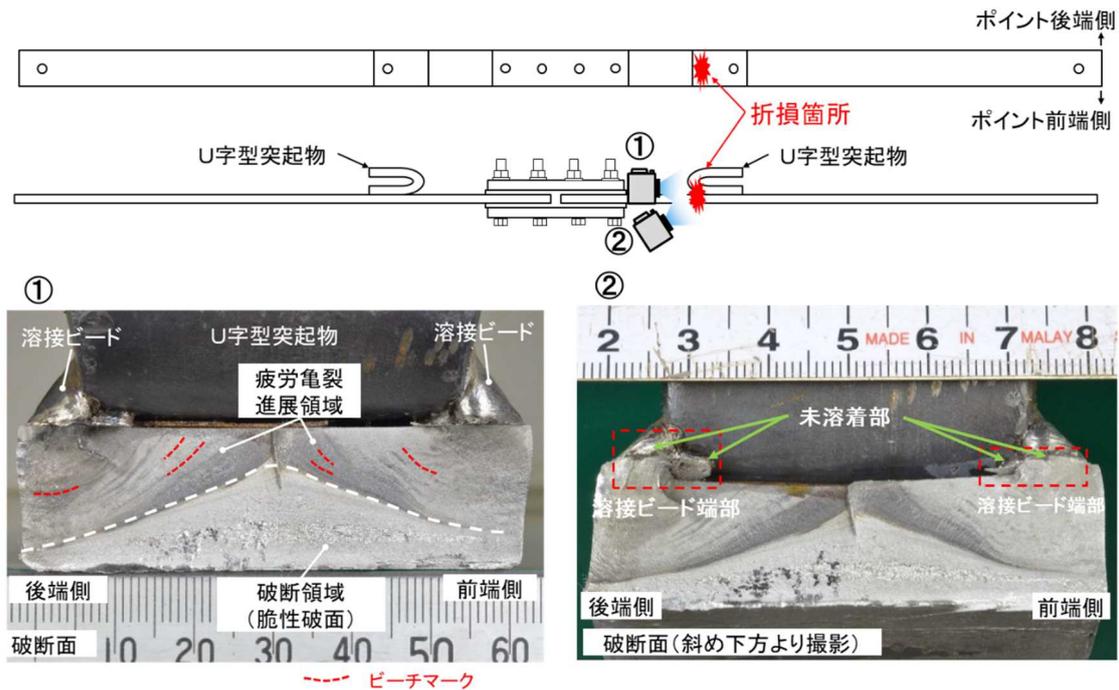
図9 折損した本件転てつ棒の外観

(2) 折損箇所の破断面に関する情報

図10の写真①に示すとおり、折損した本件転てつ棒の破断面の上側には、上面角部2か所から円弧上の暗灰色の領域が見られ、その領域には疲労亀裂の特徴とされるビーチマーク^{*33}が見られた。また、破断面の下側には、塑性変形を伴わずに脆性的に破断した領域が見られた。

図10の写真②に示すとおり、折損した本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部には、未溶着部が見られた。

*33 「ビーチマーク」とは、疲労亀裂が進展した痕跡をいう。



(同社から提供された図を使用して作成)

図10 折損した本件転てつ棒の破断面

(3) 鉄板部分の材料に関する情報

本件転てつ棒の鉄板部分の材料に異常がないか化学成分分析及び引張試験を行った。

表3に‘日本産業規格 J I S G 3 1 0 6 (2 0 2 0) 「溶接構造用圧延鋼材」(以下「J I S G 3 1 0 6」という。)に規定されている SM4 0 0 A の規格値と同鉄板部分の化学成分の分析値を示す。同鉄板部分の分析値は、いずれの元素も J I S G 3 1 0 6 に規定された範囲内であった。

表3 化学成分分析結果

(単位：%)

	C (炭素)	Mn (マンガン)	P (リン)	S (硫黄)
JIS G 3106 規格値 (厚さ50mm以下)	0.23以下	0.275以上 (2.5×C以上)	0.035以下	0.035以下
本件転てつ棒 の鉄板部分の 分析値	0.11	0.59	0.012	0.025

表4に、J I S G 3 1 0 6に規定されているSM4 0 0 Aの引張強さ及び伸びの規格値と、同鉄板部分から採取した試験片を用いて日本産業規格 J I S Z 2 2 4 1 (2 0 1 1) 「金属材料引張試験方法」に準拠して実施した引張試験の測定値を比較して示す。同鉄板部分の機械的特性（引張強さ及び伸び）は J I S G 3 1 0 6 に規定された範囲内であった。

表4 引張試験結果

	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
JIS G 3106 規格値	400～510 (厚さ100mm以下)	22以上 (厚さ16mmを超え、50mm以下)
本件転てつ棒の鉄板部分の測定値	431	33.1

(4) 鉄板部分の表面に関する情報

図11に示すとおり、折損した本件転てつ棒の鉄板部分の上面の黒皮は、約320mmにわたって剥がれていた。



(同社から提供された図を使用して作成)

図11 本件転てつ棒上面の状態

2.3.3.2 列車通過時の転てつ棒の状態に関する情報

本事故後、本件列車と同形式の列車を使用して列車が本件分岐器を対向及び背向で通過するときの転てつ棒周辺の状態を動画で撮影した。撮影した映像記録では、本件分岐器のポイント部を列車が背向で通過するとき、対向で通過するときよりも転てつ棒に大きな上下動が見られた。

図12に示すとおり、列車が本件分岐器を通過していないときは、転てつ棒がスイッチアジャスタの重みにより斜めに傾いており、右基本レール底面と右側の転てつ棒上面の間に隙間が見られた。しかし、本件分岐器のポイント部を下り列車が背向で通過する様子を撮影した映像記録では、図13に示すとおり、1両目前台車の

第1軸が本件分岐器のポイント後端継目を通過した直後、右トングレールが床板^{*34}から浮き上がっている状態が見られ、その際に右側の転てつ棒が右基本レールと水平になり、右基本レール底面と右側の転てつ棒上面が接触している様子が見られた。この接触している様子は、下り列車の前台車の第1軸が左トングレールを割り出してから右トングレールが右基本レールに接着するまで見られた。

*34 「床板」とは、トングレールと基本レールを支える鋼板のことをいう。

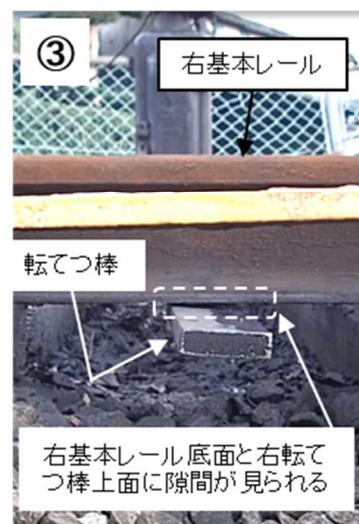
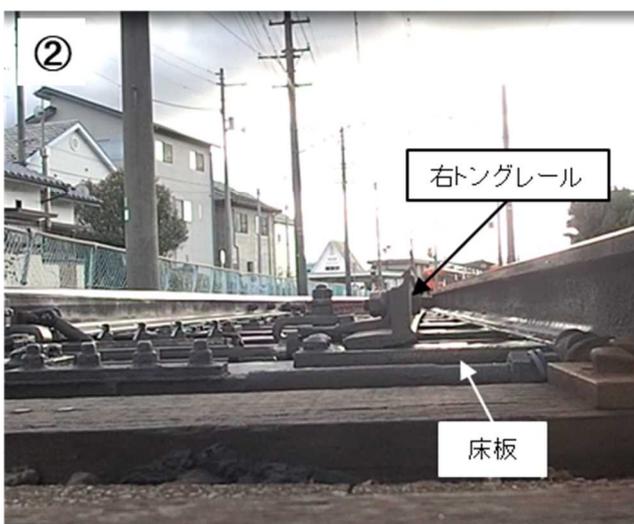
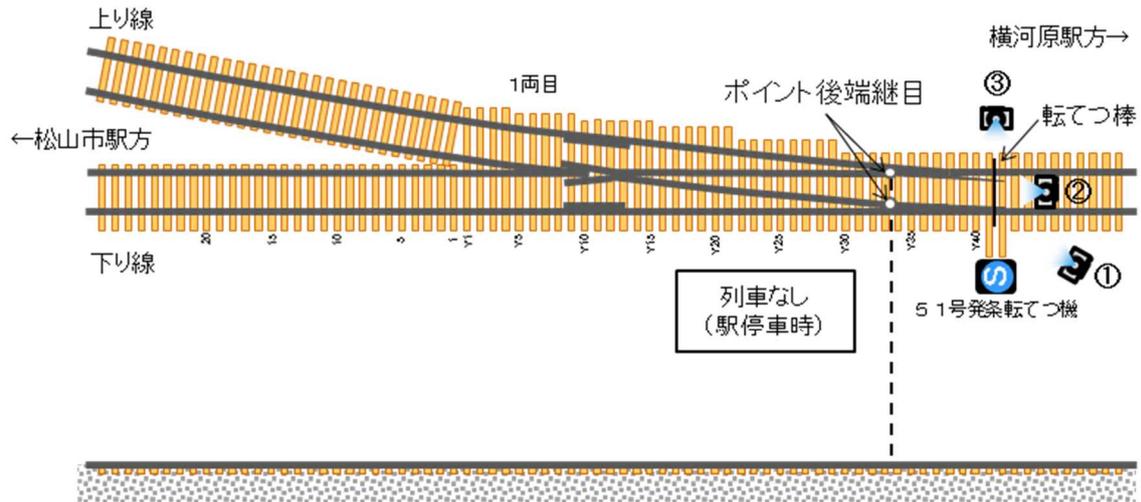


図 1 2 列車が通過していないときの右トングレールと転てつ棒の状態

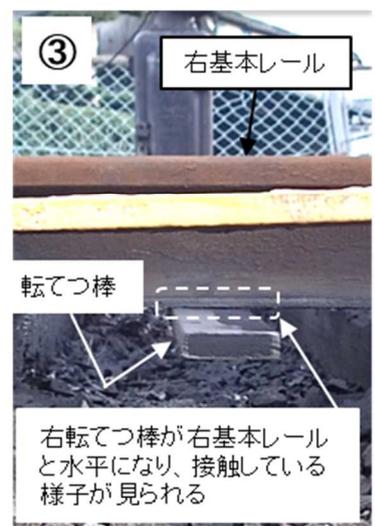
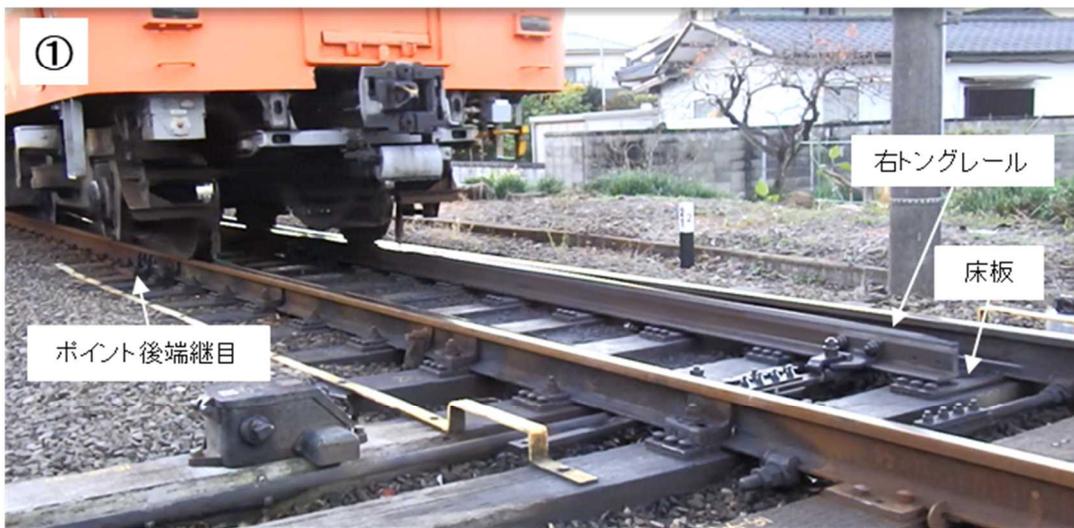
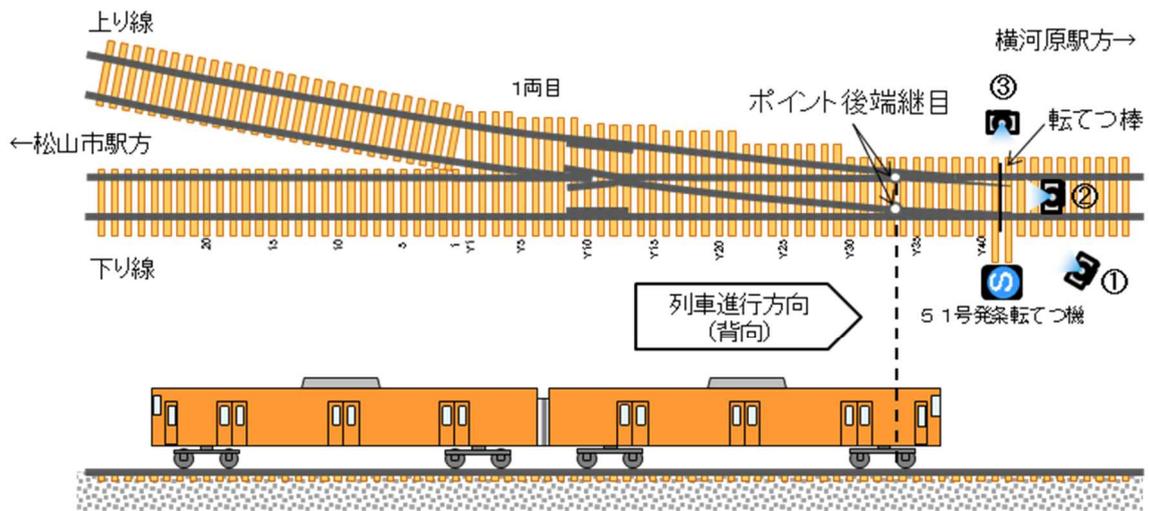


図 1 3 背向で列車が通過するときの右トングレールと転てつ棒の状態

2.3.3.3 転てつ棒の浸透探傷検査方法に関する情報

2.3.2.4(3)に記述した分岐器細密検査において、同社は、全ての転てつ棒に対し浸透探傷検査を営業列車の合間をみて分岐器の周辺で実施しているとのことであった。

同社には、浸透探傷検査の検査マニュアルはないとのことから、表5は、同社から聴き取りを行った結果を基に同社が行っている浸透探傷検査の手順と作業内容をまとめたものである。同社の浸透探傷検査の前処理では、塗料を剥がす作業を実施しておらず、ブラシで油類を除去するのみであった。

表5 同社の浸透探傷検査の手順と作業内容

手順	作業内容
1	転てつ棒を分岐器から取り外し、予備の転てつ棒を取り付ける
2	転てつ棒に付着している油類をブラシで除去する
3	目視で転てつ棒の歪み、亀裂、折損、発錆の有無を確認する (特に溶接部とボルト穴は注意深く確認する)
4	洗浄液を噴射し、ウエスで拭き取る
5	浸透液を検査面に吹き付け10分待つ
6	ウエスに吹き付けた洗浄液で浸透液を拭き取る
7	現像液のスプレー缶をよく振って、検査面に吹き付ける
8	検査面の現像液の指示模様の有無を確認する
9	予備の転てつ棒を分岐器から取り外し、検査した転てつ棒を分岐器に取り付ける

※同社からの聴き取りを基に作成

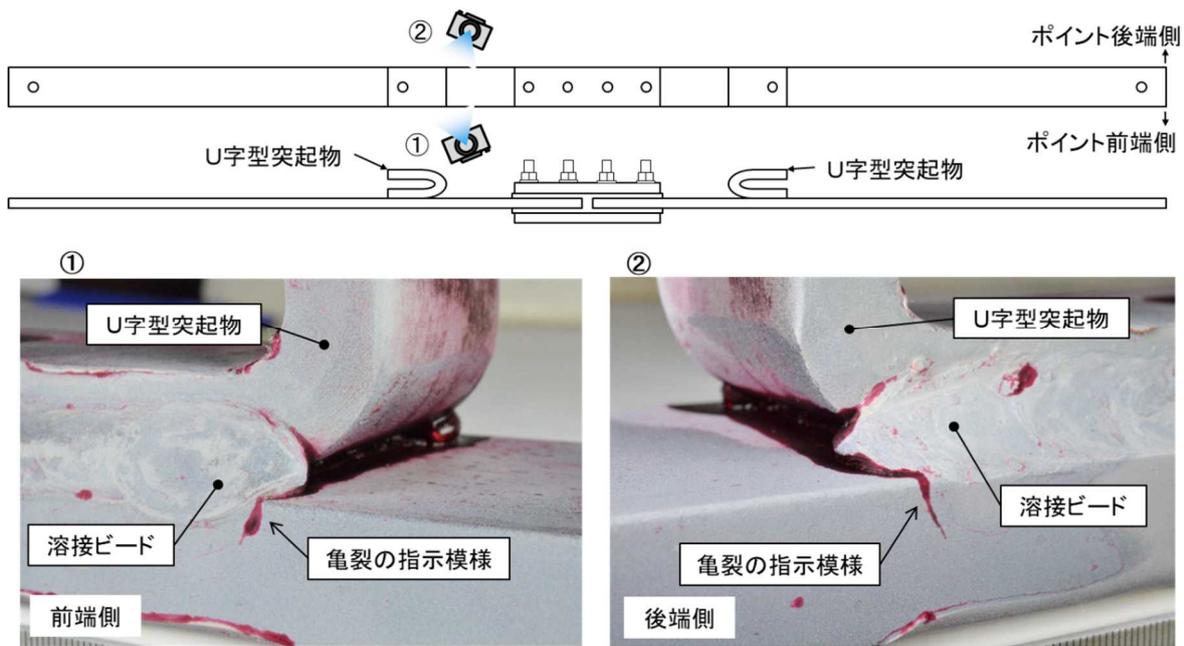
2.3.3.4 事故発生後の転てつ棒の点検等に関する情報

同社の路線には発条転てつ機が25か所の分岐器に設置されており、本事故後に同社は、緊急点検として本件分岐器を除く24か所の分岐器の発条転てつ機に対し転てつ棒の目視検査を実施したが、亀裂は見付からなかった。その後、改めて転てつ棒の塗料を剥がして浸透探傷検査を実施したところ、表6に示すとおり、本件転てつ棒が折損した箇所と同一箇所であるU字型突起物と鉄板との溶接止端部付近に亀裂を示す指示模様が6か所の発条転てつ機の転てつ棒で見付かった。図14に横河原線いよ立花駅51号分岐器の転てつ棒で見付かった亀裂の指示模様を示す。

表6 緊急点検後の浸透探傷検査で亀裂の指示模様が見付かった分岐器

路線名	駅名	分岐器番号	亀裂位置			
			定位側		反位側	
			前端側	後端側	前端側	後端側
横河原線	いよ立花	21号		△		
		51号	△	△	△	△
	うしぶちだんちまえ 牛淵団地前	21号	△		△	△
	見奈良	21号	△			△
		51号 (本件分岐器)			×	×
ぐんちゅう 郡中線	どいだ 土居田	21号				△
	まさき 松前	51号	△			

※「△」は亀裂、「×」は折損を示す。



(同社から提供された図を使用して作成)

図14 いよ立花駅51号分岐器の転てつ棒の亀裂の指示模様

2.4 車両に関する情報

2.4.1 車両の概要

本件列車の車両は3000系直流電車の3両編成で、編成図は図15に示すとおりである。また、1両目の主な諸元は表7のとおりである。なお、本件列車を含めて同社の車両には、防護無線^{*35}が搭載されていない。

*35 「防護無線」とは、列車防護のために用いられる緊急停止手配用の無線のことをいう。

月検査^{*40}及び列車検査^{*41}であり、重要部検査以外は、検査ごとに定められた期間を超えないように、重要部検査は、車両の定められた走行距離又は期間を超えないように行うことと定められている。なお、各検査を実施したときは、その年月及び成績を記録することと定められている。

本件列車の車両の本事故発生前直近の検査の実施日は、表8のとおりである。本事故発生前直近の全般検査の結果によれば、本件列車1両目の車両及び台車の組立寸法は、同社が定める基準値内であり、各部の取付状態に異常は見られなかった。

表8 本件列車の車両の検査実施状況

検査の種類	実施日
全般検査	平成30年 3月17日～6月 7日
重要部検査	平成26年 2月24日～5月31日
3ヶ月検査	令和 3年11月18日
列車検査	令和 4年 2月 5日

(1) 輪軸の管理

輪軸については、全般検査、重要部検査及び3ヶ月検査で、タイヤ厚さ^{*42}、フランジ厚さ^{*43}、フランジ高さ及びバックゲージ^{*44}の測定を行うこととされており、各項目の寸法は表9に示すとおりに管理することと定められている。

本件列車の脱線した1両目の輪軸について、本事故発生前直近の3ヶ月検査において測定された結果は、表9に示すとおりである。本件列車のタイヤ厚さ、フランジ厚さ及びフランジ高さは、いずれも表9に示す管理値以内であり、異常は見られなかった。バックゲージは、記録用紙に測定値が記入されておらず、レ点のみが記入されていた。同社によると、バックゲージは、測定して管理値以内であることを確認しているが、測定値の記録はしていないとのことであった。

*40 「3ヶ月検査」とは、同社における電車の検査の一つで、電車の使用状況に応じ、電車の状態及び機能について在姿で行う検査をいう。この検査は3か月を超えない期間ごとに行うものと定められている。

*41 「列車検査」とは、同社における電車の検査の一つで、列車の組成する電車の主要部分について行う検査をいう。この検査は6日を超えない期間ごとに行うものと定められている。

*42 ここでいう「タイヤ厚さ」とは、車輪の中心から一定の場所に設置された測定点から車輪踏面との間の距離をいう。同社において車輪径の管理に用いられている。

*43 ここでいう「フランジ厚さ」とは、車輪一对の中心線からフランジ外面までの距離をいう。

*44 ここでいう「バックゲージ」とは、車輪のリム一对の内面距離をいう。

表9 3ヶ月検査で測定した輪軸各部の結果

(単位：mm)

測定項目	管理値	前台車				後台車			
		第1軸		第2軸		第1軸		第2軸	
		右	左	右	左	右	左	右	左
タイヤ厚さ	23以上	49.5	50.0	48.0	48.0	50.0	49.5	50.0	49.0
フランジ厚さ	517～527	524.0	523.5	524.7	524.0	523.8	523.3	523.7	523.6
フランジ高さ	25～36	28.0	27.6	29.4	28.7	27.6	27.7	27.4	27.9
バックゲージ	990～992	測定値の記録なし（レ点のみ記入あり）							

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。

本事故発生前直近の全般検査及び重要部検査で測定された本件列車の脱線した1両目の前台車及び後台車のバックゲージの値は、表10のとおりであり、いずれの値も管理値以内であり、異常は見られなかった。

表10 全般検査及び重要部検査で測定したバックゲージの測定結果

(単位：mm)

測定項目	管理値	前台車		後台車	
		第1軸	第2軸	第1軸	第2軸
バックゲージ (全般検査)	990～992	990.41	990.25	990.17	990.19
バックゲージ (重要部検査)	990～992	990.85	991.00	991.05	990.68

(2) 静止輪重比^{*45}の管理

同社における車両の静止輪重の管理については、静止輪重比10%以内を管理値として、これを超える場合には調整を行うものと定められている。

本事故発生前直近の全般検査時に測定された本件列車1両目前台車及び後台車の静止輪重から算出した静止輪重比は、表11のとおりであり、静止輪重比は管理値以内であった。

*45 「静止輪重比」とは、1軸の輪軸に対し、片側の車輪の輪重（静止輪重）をその軸の平均輪重で除した値をいう。管理値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

表 1 1 全般検査時における静止輪重及び静止輪重比

測定項目		前台車				後台車			
		第 1 軸		第 2 軸		第 1 軸		第 2 軸	
		右	左	右	左	右	左	右	左
1 両目	静止輪重(kN)	39.2	35.4	32.1	38.4	31.5	37.3	34.3	36.6
	静止輪重比(%)	5.09		8.93		8.43		3.24	
2 両目	静止輪重(kN)	43.1	43.5	42.3	40.5	40.2	41.2	42.0	37.8
	静止輪重比(%)	0.46		2.17		1.22		5.26	
3 両目	静止輪重(kN)	35.0	36.6	33.5	34.0	33.1	29.6	33.2	32.0
	静止輪重比(%)	2.23		0.74		5.58		1.84	

※「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。

2.5 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報

2.5.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

軌道の主な損傷及び痕跡の状況は、次のとおりであった。

- (1) 21k232m付近に取り付けられている本件転てつ棒が折損していた。
- (2) 21k228m付近～21k227m付近の本件分岐器の左右トングレールの頭頂面上には、車輪フランジが乗り上げた際に生じたと思われる線状の痕跡があり、左トングレールの線状の痕跡は、右から左に車輪フランジが走ったと見られる痕跡であったが、右トングレールの線状の痕跡は、左から右に車輪フランジが走ったと見られる痕跡であった。
- (3) 21k221m付近の本件分岐器の左リードレールの頭頂面上には、車輪フランジが乗り上げた際に生じたと思われる線状の痕跡があり、その痕跡は、右から左に車輪フランジが走ったと見られる痕跡であった。
- (4) 21k220m付近の左側リードレール及び右基本レールに本件列車が接触した際に生じたと思われる擦過痕があった。
- (5) 下り線の21k221m付近から21k205m付近の木まくらぎ及び犬くぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があった。
- (6) 上り線の21k220m付近から21k208m付近の木まくらぎ及び犬くぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があった。
- (7) 上り線の21k208m付近の左レールに本件列車が接触した際に生じたと思われる擦過痕があった。
- (8) 下り線の21k208m付近から21k205m付近の左レールに本件列車が接触した際に生じたと思われる擦過痕があった。
- (9) 下り線の21k208m付近から21k196m付近の木まくらぎ及び

- PCまくらぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があった。
- (10) 下り線の21k208m付近から21k204m付近の右レールの右側の木まくらぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があった。
- (11) 下り線の21k206m付近から21k197m付近の左右のレールが右側に湾曲していた。
- (付図4 軌道上の主な痕跡1、付図5 軌道上の主な痕跡2 参照)

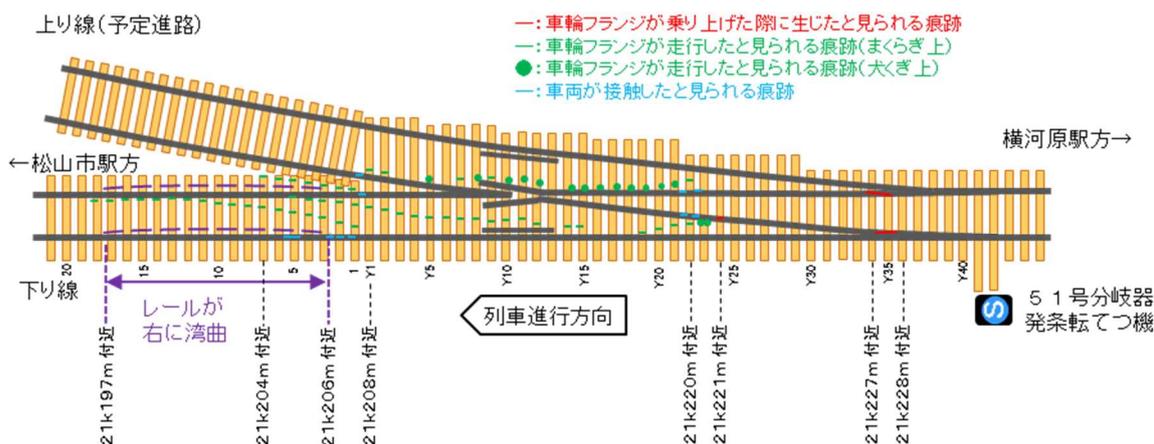


図16 軌道上の主な痕跡

2.5.2 車両の損傷の状況

車両の主な損傷の状況は、次のとおりであった。

- (1) 1両目の前面スカートが損傷、ATS車上子が破損、信号受信装置箱の底面が曲損していた。
- (2) 1両目前台車の第1軸及び第2軸の車輪フランジにまくらぎ及びバラスト上を走行したと見られる痕跡があった。
- (3) 1両目前台車のブレーキばり及びブレーキシリンダ配管が曲損、まくらばり及びブレーキシリンダ受が損傷していた。
- (4) 1両目後台車のブレーキシリンダ配管が曲損、まくらばり及びブレーキシリンダ受が損傷していた。

(付図6 車両の主な損傷状況 参照)

2.6 乗務員に関する情報

- (1) 本件運転士 47歳

乙種電気車運転免許 平成 8年12月10日

乙種内燃車運転免許 平成14年 6月10日

甲種電気車運転免許 平成21年 6月12日

(2) 本件車掌 28歳

2.7 運転取扱いに関する情報

2.7.1 運転速度に関する情報

列車の運転速度については、技術基準省令に基づき同社が四国運輸局長に届け出ている実施基準の一部である「運転取扱実施基準」によると、次のとおりである。

(^{原文ママ}転てつ器通過の速度)

第120条 鎖錠されていない^{原文ママ}転てつ器、または^{原文ママ}発条転てつ器に対向して通過するときの列車または車両の速度は、1時間につき25kmをこえてはならない。

(警戒信号の現示がある場合の速度)

第122条 警戒信号の現示箇所をこえて進行するときの列車の速度は、1時間につき25km以下としなければならない。

2.7.2 列車防護に関する情報

列車防護については、「運転取扱実施基準」に、次のとおり定められている。

(列車防護)

第50条 列車が故障のため停車場間の途中で停止したとき、その前方または後から進行してくる列車を停止させるとき、若しくは線路が故障等のため列車を運転することができないとき、または徐行させなければならないときは、進行してくる列車に対して列車防護を行わなければならない。

第51条 列車防護の種類とその方法は、これを次の通りとする。

(1) 第1種防護 支障箇所の外方200m以上を隔てた地点で、^{原文ママ}停止手信号または^{原文ママ}発炎信号による停止信号を現示して、更にその外方200m以上を隔てた地点に^{原文ママ}発炎信号を現示する。

(2) 略

2 前項の停止信号は、発炎信号と同様にこれを円形に動かすものとし、夜間は努めて発炎信号による停止信号を現示しなければならない。

第52条 列車防護を行う場合に、その範囲が停車場構内であるときは、駅長に通告してその方向に対する防護を省略することができる。但し駅長を置かない停車場であるときは、防護者が^{原文ママ}駅長の取扱を代行するものとする。

(隣接線路の防護)

第56条 列車の脱線、^{原文ママ}顛覆のため隣接線路を支障したときは、運転士は、車掌と^{原文ママ}打合せて必要な方向に対し、第1種防護を行わなければならない。

同社の乗務員の異常時のマニュアルである「運転士（異常）作業基準」の第8項に

「事故発生時の処置」が定められており、人身障害事故の処置は定められているが、脱線やその他の事故時の処置は定められていなかった。

また、同社の運転指令員及び駅係員等の異常時のマニュアルである「異常時における運転取扱マニュアル」に記載されている「重大事故発生時の作業分担」には、事故現場において駅長及び乗務員が、併発事故防止のため、複線区間では対向列車の防護、単線区間では必要により列車防護を行うことと定められている。

2.8 気象に関する情報

事故現場に最も近接する松山地方気象台の記録によれば、本事故発生当日の降水量は0mm、16時の天気は曇り、気温は7.3℃、湿度は47%、風向・風速は西南西2.1m/sであった。

3 分析

3.1 本事故の発生時の状況に関する分析

3.1.1 脱線開始前の状況に関する分析

本件列車1両目の前台車の脱線開始前の状況については、

- (1) 2.1.1(1)に記述したように、本件運転士が、本件分岐器のトングレール先端から約5m手前で、通常は右基本レールに接着していない本件分岐器の右トングレールが右基本レールに接着している状態が見えたと言述していること、
- (2) 3.2.3で後述するように、本事故が発生する直前に本件分岐器を通過した下り第511列車が本件分岐器を背向で通過した際に本件転てつ棒が折損したと考えられること

から、本件列車が本件分岐器に進入する前から本件転てつ棒が折損していたと考えられ、本件転てつ棒が折損していたことによって左右トングレールが左右基本レールにそれぞれ接着しているところに、本件列車が本件分岐器に対向で進入したため、左右トングレールの上に本件列車1両目の前台車全2軸の左右車輪フランジが入り込む状態になったと考えられる。その後、

- (3) 2.5.1(2)に記述したように、21k228m付近～21k227m付近の本件分岐器の左右トングレールの頭頂面上には、車輪フランジが乗り上げた際に生じたと見られる線状の痕跡があり、左トングレールの線状の痕跡は、右から左に車輪のフランジが走ったと見られる痕跡であったが、右トングレールの線状の痕跡は、左から右に車輪フランジが走ったと見られる痕跡で

あったこと

から、左右トングレール上において左右車輪フランジが左右異なる方向に向かって走行したことが認められるため、左右トングレールの頭頂面上の線状の痕跡は、同じ輪軸ではなく異なる輪軸の車輪フランジによって付けられた痕跡であると考えられる。このことから、同台車第1軸と第2軸は、それぞれが左右どちらかのトングレールに乗り上がり、上り線と下り線のそれぞれ異なる進路に進入したと考えられる。

同台車第1軸が上り線に、同台車第2軸が下り線に進入したと仮定すると、同台車が通過した後に右トングレールは右基本レールに接着した状態になると考えられ、本件列車1両目の後台車以降も左右トングレールの間に左右車輪フランジが入り込む状態となって本件列車1両目の前台車全2軸と同じように脱線すると考えられる。しかし、

- (4) 2.3.1(2)に記述したように、事故発生後の本件分岐器の右トングレールが定位側に転換しており、本件列車1両目の後台車の全2軸及び2両目の全4軸は上り線に進入していたこと

から、本件列車1両目の前台車第2軸の右車輪が右トングレールを乗り越えて上り線に進入した際に右トングレールを定位側に転換したことによって本件列車1両目の後台車の全2軸及び2両目の全4軸は上り線に進入したと考えられる。

これらのことから、右トングレールの頭頂面上の線状の痕跡は、本件列車1両目の前台車第2軸の右車輪フランジによって付けられた痕跡であると考えられ、左トングレールの頭頂面上の線状の痕跡は、同台車第1軸の左車輪フランジによって付けられた痕跡であると考えられる。したがって、本件分岐器のポイント部において、同台車第1軸は下り線に進入したと考えられ、同台車第2軸は上り線に進入したと考えられる。

3.1.2 第2軸が脱線した状況に関する分析

本件列車1両目の前台車第2軸が脱線した状況については、

- (1) 2.5.1(3)に記述したように、21k221m付近の本件分岐器の左リードレールの頭頂面上には、車輪フランジが乗り上げた際に生じたと思われる線状の痕跡があり、その痕跡は、右から左に車輪フランジが走ったと見られる痕跡であったこと、
- (2) 2.5.1(5)に記述したように、下り線の21k221m付近から21k205m付近の木まくらぎ及び犬くぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があったこと、
- (3) 2.5.1(6)に記述したように、上り線の21k220m付近から21k

208m付近の木まくらぎ及び犬くぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があったこと、

- (4) 3.1.1に記述したように、本件分岐器のポイント部において、同台車第1軸は下り線に進入したと考えられ、同台車第2軸は上り線に進入したと考えられること

から、本件分岐器ポイント部において下り線に進入したと考えられる同台車第1軸に同台車第2軸が下り線側に引っ張られ、同台車第2軸の左車輪フランジが21k221m付近で本件分岐器の左リードレールに乗り上がり、同台車第2軸は21k221m付近で脱線したと考えられる。脱線した同台車第2軸の左右車輪は、本件分岐器の左右リードレール及びノーズレール^{*46}を挟み込む状態でまくらぎ及びバラストの上を走行したと考えられる。その後、

- (5) 2.3.1(2)に記述したように、同台車全2軸は、予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入しており、同台車全2軸が下り線の右レールを挟み込むような状態で脱線していたこと、

- (6) 2.5.1(11)に記述したように、下り線の21k206m付近から21k197m付近の左右のレールが右側に湾曲していたこと

から、下り線右レールと上り線左レールの間隔が徐々に広がっていくため同台車第2軸の左車輪が下り線右レールを上り線側にまくらぎごと湾曲させたことによって下り線左レールも上り線側に湾曲したと考えられる。さらに、同台車第2軸の右車輪が上り線左レールを乗り越え、同台車第2軸は、下り線右レールを挟み込む状態で下り線を走行したと考えられる。

(付図7 1両目前台車が走行した経路(推定) 参照)

*46 「ノーズレール」とは、クロッシングを構成する先端の頭部がとがったレールのことをいう。

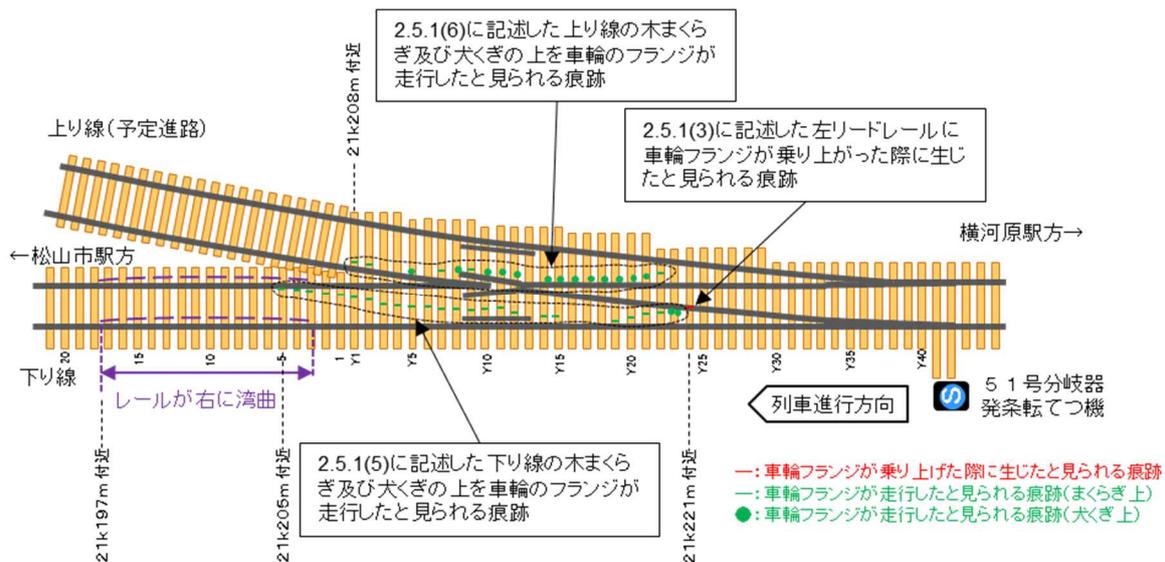


図 1 7 本件列車 1 両目の前台車第 2 軸の脱線の分析に係る痕跡

3. 1. 3 第 1 軸が脱線した状況に関する分析

本件列車 1 両目の前台車第 1 軸が脱線した状況については、

- (1) 2. 3. 1(2)に記述したように、同台車全 2 軸は、予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入しており、下り線の右レールを挟み込むような状態で脱線していたこと、
- (2) 2. 5. 1(9)に記述したように、下り線の 2 1 k 2 0 8 m 付近から 2 1 k 1 9 6 m 付近に木まくらぎ及び PC まくらぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があったこと、
- (3) 2. 5. 1(10)に記述したように、下り線の 2 1 k 2 0 8 m 付近から 2 1 k 2 0 4 m 付近の右レールの右側の木まくらぎの上を車輪フランジが走行したと見られる痕跡があったこと、
- (4) 3. 1. 1に記述したように、本件分岐器のポイント部において、同台車第 1 軸は下り線に進入したと考えられ、同台車第 2 軸は上り線に進入したと考えられること、
- (5) 3. 1. 2に記述したように、同台車第 2 軸の左右車輪は、本件分岐器のノーズレールを挟み込む状態でまくらぎ及びバラストの上を走行したと考えられること

から、同台車第 1 軸が本件分岐器のポイント部において下り線に進入してから同台車第 1 軸の左車輪は下り線左基本レール上を、同台車第 1 軸の右車輪は右リードレール及び下り線側のノーズレール上を 2 1 k 2 0 8 m 付近まで走行したと考えられる。その後、本件分岐器のクロッシング部において、同台車第 2 軸の右車輪が

上り線側のノーズレールに沿って上り線側に走行したことによって、同台車第1軸も上り線側に引っ張られたため同台車第1軸の右車輪フランジが下り線右レールを乗り越えて同台車第1軸は21k208m付近で脱線したと考えられる。脱線した同台車第1軸は、下り線右レールを挟み込む状態で下り線を走行したと考えられる。(付図7 1両目前台車が走行した経路(推定) 参照)

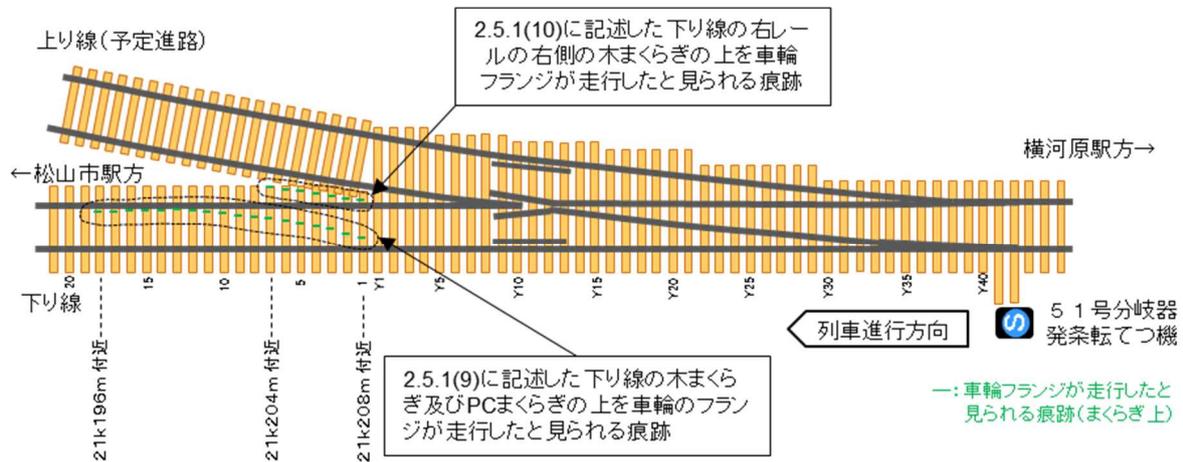


図18 本件列車1両目の前台車第1軸の脱線の分析に係る痕跡

3.1.4 脱線した時刻に関する分析

本件列車が脱線した時刻については、2.1.2の表1に示した運転状況記録装置の記録から、停止した位置の情報を基準にして、3.1.2に記述した本件列車1両目の前台車第2軸が脱線した時刻を脱線開始時刻とすると、16時16分57秒00となることから、本件列車が脱線した時刻は16時16分ごろであったと考えられる。

3.2 本件転てつ棒に関する分析

3.2.1 折損に関する分析

本件転てつ棒が折損したことについては、

- (1) 2.3.3.1(1)に記述したように、本件転てつ棒は、U字型突起物と鉄板との溶接止端部で折損していたこと、
- (2) 2.3.3.1(2)に記述したように、
 - ① 本件転てつ棒の破断面の上側には、上面角部2か所から円弧上の暗灰色の領域が見られ、その領域には疲労亀裂の特徴とされるビーチマークが見られたこと、
 - ② 折損した本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部には、未溶着部が見られたこと、
 - ③ 本件転てつ棒の破断面の下側には、塑性変形を伴わずに脆性的に破断し

た領域が見られたこと、

- (3) 2.3.3.4に記述したとおり、事故後に同社が実施した浸透探傷検査において、本件転てつ棒が折損した箇所と同一箇所であるU字型突起物と鉄板との溶接止端部付近に亀裂を示す指示模様が6か所の発条転てつ機の転てつ棒で見付かったこと

から、本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界に応力が集中したことにより、同境界を起点として疲労亀裂が発生して破断面の中央部まで進展し、本件転てつ棒の破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断したと推定される。

3.2.2 疲労亀裂が発生及び進展したことに関する分析

折損した本件転てつ棒に疲労亀裂が発生、進展したことについては、

- (1) 3.2.1に記述したように、本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界に応力が集中したことにより、同境界を起点として疲労亀裂が発生して破断面の中央部まで進展し、本件転てつ棒の破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断したと推定されること、

- (2) 2.3.3.2に記述したように、

- ① 下り列車が本件分岐器を背向で通過する際に、1両目前台車の第1軸が本件分岐器のポイント後端継目を通過した直後、右トングレールが床板から浮き上がっている状態が見られ、その際に右側の転てつ棒が右基本レールと水平になり、右基本レールと右側の転てつ棒が接触している様子が見られたこと、

- ② 右基本レール底面と転てつ棒上面が接触している様子は、下り列車の前台車の第1軸が左トングレールを割り出してから右トングレールが右基本レールに接着するまで見られたこと、

- (3) 黒皮が剥がれたことについては、

- ① 2.3.2.2(1)に記述したように、本事故現場付近の軌道に使用されている40kgNレールの底部最大幅が122mmであること、

- ② 2.3.2.2(1)に記述したように、本件分岐器に使用されている発条転てつ機のポイント行程が約200mmであること、

- ③ 2.3.3.1(4)に記述したように、折損した本件転てつ棒の鉄板部分の上面の黒皮は、約320mmにわたって剥がれていたこと

から、40kgNレールの底部最大幅の122mmと発条転てつ機のポイント行程の約200mmを加えた約322mmにほぼ一致するため、本件分岐器を背向で通過する列車がトングレールを転換するとき右基本レール底面と本件転

てつ棒の鉄板部分の上面が接触して黒皮が剥がれたと推定されることから、列車が本件分岐器を背向で通過する際に右トングレールの前端側が浮き上がることによって本件転てつ棒の鉄板に溶接されたU字型突起物を持ち上げ、本件転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けていたと考えられる。また、列車が本件分岐器を背向で通過するたびにこの状況が繰り返されていたことによって本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界に応力が集中し、疲労亀裂が発生して進展したと考えられる。

右トングレールが浮き上がることについては、

- (4) 2.3.2.4(2)に記述したように、本件分岐器を対向及び背向で列車が通過する際に、本件分岐器のポイント後端継目周辺の4本のまくらぎに浮き沈みが見られたこと及びそれ以外の本件分岐器付近のまくらぎに列車通過時の浮き沈みは見られなかったこと

から、トングレールの後端側が沈むことによってトングレールの前端側が浮き上がっている可能性が考えられるため、同社は、本件分岐器のポイント後端継目付近の道床突き固めを行ってトングレールの前端側の浮き上がりを抑制することが望ましい。

転てつ棒に疲労亀裂が発生することを防止するためには、定期検査において転てつ棒の上面を確認し、転てつ棒の上面の黒皮が剥がれる等の基本レール底面との接触痕が認められる場合には、基本レール底面と転てつ棒上面が接触する原因を分析して適切な対策を実施することが望ましい。

3.2.3 折損した状況に関する分析

本件転てつ棒が折損した状況については、

- (1) 2.1.1に記述したように、本件運転士が、本件分岐器のトングレール先端から約5m手前で、通常は右基本レールに接着していない本件分岐器の右トングレールが右基本レールに接着している状態が見えたと言述していること、
- (2) 2.1.3に記述したように、本事故が発生する直前に本件分岐器を通過した上り第412列車及び下り第511列車の運転士が本件分岐器を通過した際に異状はなかったと言述していること、
- (3) 3.2.1に記述したように、本件転てつ棒の破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断したと推定されること、
- (4) 3.2.2に記述したように、列車が本件分岐器を背向で通過する際に右トングレールの前端側が浮き上がることによって本件転てつ棒の鉄板に溶接されたU字型突起物を持ち上げ、本件転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けていたと考えられること

から、本事故が発生する直前に本件分岐器を通過した下り第511列車が本件分岐器を背向で通過した際に右トングレールが浮き上がり、本件転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けたことによって本件転てつ棒の破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断し、本件転てつ棒が折損したと考えられる。

3.2.4 鉄板部分の材料に関する分析

折損した本件転てつ棒の鉄板部分の材料については、2.3.3.1(3)に記述したように、化学成分分析結果及び引張試験結果がJIS G 3106に規定された範囲内であったことから、同鉄板部分の材料に異常はなかったと考えられる。

3.2.5 検査方法に関する分析

3.2.1に記述した本件転てつ棒の疲労亀裂を本件転てつ棒が折損に至る前に、同社が分岐器細密検査で発見できなかったことについては、

(1) 2.3.2.4(3)に記述したように、

- ① 分岐器細密検査で転てつ棒の取付け部分の傷の有無及びその程度を細密に検査しなければならないと「土木施設実施基準」に定められていること、
- ② 本事故発生前直近の分岐器細密検査で異常を示す記録はなかったこと、

(2) 2.3.3.3に記述したように、

- ① 分岐器細密検査において、同社は、全ての転てつ棒に対し浸透探傷検査を実施していること、
- ② 同社の浸透探傷検査の前処理では、塗料を剥がす作業を実施しておらず、ブラシで油類を除去するのみであったこと、
- ③ 同社は、目視で転てつ棒の歪み、亀裂、折損、発錆の有無を確認していたこと、

(3) 2.3.3.4に記述したように、事故後に同社が実施した浸透探傷検査において、本件転てつ棒が折損した箇所と同一箇所であるU字型突起物と鉄板との溶接止端部付近に亀裂を示す指示模様が6か所の発条転てつ機の転てつ棒で見付かったこと

から、同社は、「土木施設実施基準」に定められたとおり分岐器細密検査を実施していたが、浸透探傷検査において転てつ棒の塗料を剥がさずに実施していたことによって、浸透液が亀裂に十分に浸透しておらず、亀裂を示す指示模様が現れていなかったため亀裂を発見できなかった可能性が考えられる。

分岐器の定期検査では、目視で転てつ棒の表面の亀裂の有無を注意深く観察し、定期的に浸透探傷検査を実施する必要がある。また、浸透探傷検査の実施に当たっては、浸透液が亀裂に確実に浸透するように転てつ棒の塗料を剥がす等、適切な前

処理を実施する必要がある。

2.3.3.3に記述したように、同社には浸透探傷検査に関するマニュアルがないことから、転てつ棒の塗料を剥がす等の適切な前処理を記述した転てつ棒の浸透探傷検査のマニュアルを新たに作成し、作成したマニュアルに沿って社員を教育訓練することが望ましい。

3.3 軌道変位に関する分析

2.3.2.4(2)に記述したように、本事故が発生する前の令和3年11月15日までの軌道変位検査において整備基準値を超過する記録は見られなかったことから、静的な軌道変位が本事故に関与した可能性は低いと考えられる。しかし、動的な軌道変位については、3.2.2に記述したように、

(1) 列車が本件分岐器を背向で通過する際に右トングレールの前端側が浮き上がることによって本件転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けていたと考えられ、列車が本件分岐器を背向で通過するたびにこの状況が繰り返されていたことによって本件転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界に疲労亀裂が発生し、進展したと考えられること、

(2) トングレールの後端側が沈むことによってトングレールの前端側が浮き上がっている可能性が考えられること

から、本件分岐器のポイント後端継目付近に動的な軌道変位があり、本件転てつ棒に疲労亀裂が発生及び進展したことに関与した可能性が考えられる。

3.4 車両の整備に関する分析

(1) 2.4.2に記述したように、本事故発生前直近の全般検査の結果によれば、本件列車1両目の車両及び台車の組立寸法は、同社が定める基準値内であり、各部の取付状態に異常は見られなかったこと、

(2) 2.4.2(1)に記述したように、

① 本事故発生前直近の3ヶ月検査において測定された本件列車1両目の前台車のタイヤ厚さ、フランジ厚さ及びフランジ高さはいずれも管理値以内で異常は見られなかったこと、

② 本件列車1両目の前台車のバックゲージは、本事故発生前直近の3ヶ月検査で同社が測定して管理値以内であることを確認していること、

③ 本事故発生前直近の全般検査時に測定された本件列車1両目の前台車のバックゲージの値は、管理値以内であり、異常は見られなかったこと、

(3) 2.4.2(2)に記述したように、本事故発生前直近の全般検査時に測定された本件列車1両目前台車及び後台車の静止輪重から算出した静止輪重比は、管理値

以内であったこと

から、車両が脱線に直接関与した可能性は低いと考えられる。しかし、バックゲージについては、

- (4) 2.4.2に記述したように、「電車整備実施基準」において、各検査を実施した成績を記録することと定められていること、
- (5) 2.4.2(1)に記述したように、
 - ① 「電車整備実施基準」に全般検査、重要部検査及び3ヶ月検査でバックゲージの測定を行うこととされていること、
 - ② バックゲージは記録用紙に測定値が記入されておらず、レ点のみが記入されていたこと、
 - ③ 同社によると、バックゲージは、測定して管理値以内であることを確認しているが、測定値の記録はしていないとのこと

から、同社は、「電車整備実施基準」に定められているとおり3ヶ月検査においてもバックゲージの測定値を記録する必要がある。

3.5 信号保安設備に関する分析

2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、見奈良駅の上り場内信号機の警戒信号の現示を確認したと口述しているが、上り場内信号機が警戒信号を現示したことについては、

- (1) 2.1.1(1)に記述したように、本件運転士が、本件分岐器のトングレーल先端から約5m手前で、通常は右基本レールに接着していない本件分岐器の右トングレールが右基本レールに接着している状態が見えたと言述していること、
- (2) 2.3.1(1)に記述したように、
 - ① 見奈良駅には、信号保安設備として継電連動装置が設置されており、見奈良駅構内へ進入する上り列車に対して信号を現示する上り場内信号機が設置されていること、
 - ② 本件分岐器の左側には、トングレールの接着状態を検知する回路制御器が設置されており、左トングレールの接着状態は検知しているが、右トングレールの接着状態は検知していないこと、
- (3) 2.3.2.3に記述したように、
 - ① 本件分岐器の回路制御器の検知スイッチが左トングレールの接着を検知して本件分岐器の回路制御器の検知スイッチが閉じると51NPRが動作することによって51NPRのN接点が閉じ、2LHRが動作することによって2LHRのN接点が閉じ、上り場内信号機は、警戒信号を現示すること
 - ② 本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換していない場合は、51N

PR及び2LHRが動作しないため、2LHRのR接点が閉じて停止信号を現示すること

から、通常であれば本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換しない限り、上り場内信号機は、停止信号を現示するはずであるが、本件転てつ棒が折損したことによって左右トングレールが左右基本レールに接着していたものの、本件分岐器には、右トングレールの接着を検知する回路制御器が設置されていないため、右トングレールが右基本レールに接着していたことを検知できず、回路制御器が左トングレールの接着のみを検知したことによって51NPR及び2LHRが動作したため、上り場内信号機が警戒信号を現示したと推定される。したがって、継電連動装置等の信号保安装置に異常はなかったものと推定される。

3.6 運転取扱いに関する分析

本事故は、3.1に記述したように、本件転てつ棒が折損したことによって本件列車1両目の前台車全2軸が脱線したと考えられるため、本事故の原因に直結するものではないが、調査により判明した安全に関する事項として運転速度及び列車防護に関する分析を記述する。

3.6.1 運転速度に関する分析

3.6.1.1 警戒信号の進行速度に関する分析

- (1) 2.1.1(1)に記述したように、上り場内信号機は21k310mに設置されていること、
- (2) 2.1.2の表1に示したように、速度と走行距離に若干の誤差が含まれる可能性があるものの、本件列車は、21k309m付近を28.0km/hで通過した後、32.9km/hまで加速していること、
- (3) 2.7.1に記述したように、警戒信号を進行するときの列車の速度は、25km/h以下としなければならないと「運転取扱実施基準」に定められていること

から、本件列車は、警戒信号の進行速度に対して約7km/hの速度超過があったと考えられる。同社は、「運転取扱実施基準」に定められている警戒信号を進行するときの列車の速度を遵守する必要がある。

3.6.1.2 発条転てつ機の通過速度に関する分析

- (1) 2.3.2.2(1)に記述したように、本件分岐器の発条転てつ機が21k232mに設置されていること、
- (2) 2.1.2の表1に示したように、速度と走行距離に若干の誤差が含まれる可能性があるものの、本件列車は、21k231m付近を31.5km/hで通過して

いること、

- (3) 2.7.1に記述したように、発条転てつ機に対向して通過するときの列車の速度は、25km/hを超えてはならないと「運転取扱実施基準」に定められていること

から、本件列車は、発条転てつ機に対向して通過するときの速度に対して約6km/hの速度超過があったと考えられる。同社は、「運転取扱実施基準」に定められている発条転てつ機に対向して通過するときの列車の速度を遵守する必要がある。

3.6.2 列車防護に関する分析

本事故の列車防護について、2.1.1(1)に記述したように、列車防護は必要ないと判断したと本件運転士が口述しており、2.1.1(2)に記述したように、列車防護については行っていないと本件車掌が口述している。本事故は、付図2に示したとおり、見奈良駅構内で発生しており、同社においては、

- (1) 2.7.2に記述したように、「運転取扱実施基準」には、
- ① 列車の脱線によって隣接線路を支障したときに運転士は、車掌と打ち合わせて必要な方向に対して第1種防護を行わなければならないこと、
 - ② 列車防護を行う場合に、その範囲が停車場構内であるときは、駅長に通告してその方向に対する防護を省略することができるが、駅長を配置していない停車場であるときは、防護者が駅長の取扱いを代行することと定められていること、
- (2) 2.7.2に記述したように、同社の運転指令員及び駅係員等の異常時のマニュアルである「異常時における運転取扱マニュアル」に記載されている「重大事故発生時の作業分担」には、事故現場において駅長及び乗務員が、併発事故防止のため、単線区間では必要により列車防護を行うことと定められていること

から、本事故が発生した見奈良駅に駅長が配置されていれば本件運転士及び本件車掌は、列車防護を省略することができたと認められるものの、2.3.1(1)に記述したように、見奈良駅には駅長は配置されておらず、見奈良駅のように、単線区間における駅長を配置していない駅構内において隣接線路を支障する脱線事故が発生したときは、乗務員が必要な方向に対して第1種防護を実施することが定められている。本事故においては、

- (3) 2.3.1(2)に記述したように、本件列車1両目の前台車全2軸は、予定していた進路である上り線とは異なる下り線に進入して脱線していたこと、
- (4) 2.1.1(1)に記述したように、下り第611列車が見奈良駅に停止しているのが見えたことと本件運転士が口述していること、

- (5) 2.1.2に記述したように、本事故直後、見奈良駅下り線の出発信号機は停止信号を現示していたこと

から、本件列車が脱線したことによって下り線を支障していたことは認められるものの、本件列車が下り第611列車と衝突するおそれはなかったと考えられ、結果的に列車防護は必要なかったと考えられる。しかしながら、事故が発生したときの列車防護は、併発事故防止のために重要であること及び2.7.2に記述したように、同社が定めた乗務員の異常時のマニュアルである「運転士（異常）作業基準」の第8項「事故発生時の処置」に人身障害事故以外の脱線やその他の事故時の処置が定められていないことから、併発事故を確実に防止するために同社は、乗務員の異常時のマニュアルに脱線事故が発生した場合の処置を追加し、そこには列車防護の手順を記載するとともにその内容について社員を教育訓練することが望ましい。

4 原因

本事故は、発条転てつ機の転てつ棒が折損していたことによって左右トングレールが左右基本レールにそれぞれ接着しているところに、運転士が上り場内信号機の警戒信号の現示を確認し、列車が分岐器に対向で進入したため左右トングレールの間に1両目の前台車全2軸の左右車輪フランジが入り込む状態となり、分岐器のポイント部において同台車第1軸が予定していた進路とは異なる下り線に、同台車第2軸が上り線に進入したことによって同台車全2軸が脱線したと考えられる。

転てつ棒が折損したことについては、転てつ棒の破断面の上面角部2か所の溶接止端部における溶着部と未溶着部の境界を起点として疲労亀裂が発生して破断面の中央部まで進展し、破断面の下側が塑性変形を伴わずに破断したと推定される。

転てつ棒に疲労亀裂が発生したことについては、事故が発生した分岐器を列車が背向で通過するたびに右トングレールの前端側が浮き上がって本件転てつ棒の鉄板に溶接されたU字型突起物を持ち上げ、右側の転てつ棒上面を右基本レール底面に打ち付けていたためと考えられる。

同社は、定期検査で浸透探傷検査を全ての転てつ棒に対し実施していたが、転てつ棒の塗料を剥がさずに浸透探傷検査を実施していたことによって、浸透液が亀裂に十分に浸透しておらず、亀裂を示す指示模様が現れていなかったため亀裂を発見できなかった可能性が考えられる。

上り場内信号機が警戒信号を現示したことについては、通常であれば本件分岐器の左右トングレールが定位側に転換しない限り、上り場内信号機は、停止信号を現示す

るはずであるが、転てつ棒が折損したことによって左右トングレールが左右基本レールに接着していたものの、事故が発生した分岐器には、右トングレールの接着を検知する回路制御器が設置されていなかったため、右トングレールが右基本レールに接着していたことを検知できず、回路制御器が左トングレールの接着のみを検知し、上り場内信号機が警戒信号を現示したと推定される。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

転てつ棒は、左右のトングレールをつなぐ重要な部材であり、転てつ棒が折損すると左右のトングレールが連動して動かなくなるため、列車が脱線する危険な状態となることから、転てつ棒に疲労亀裂が発生することを防止するとともに、疲労亀裂が発生した場合は、折損に至る前に亀裂を早期に発見して適切な保守を行う必要がある。

転てつ棒に疲労亀裂が発生することを防止するには、分岐器の定期検査において転てつ棒の上面を確認し、転てつ棒の上面の黒皮が剥がれる等の基本レール底面との接触痕が認められる場合には、基本レール底面と転てつ棒上面が接触する原因を分析して適切な対策を実施することが望ましい。

また、転てつ棒の疲労亀裂を確実に発見するには、分岐器の定期検査において目視で転てつ棒の表面の亀裂の有無を注意深く観察し、定期的に浸透探傷検査を実施する必要がある。さらに、浸透探傷検査の実施に当たっては、浸透液が亀裂に確実に浸透するように転てつ棒の塗料を剥がす等、適切な前処理を実施する必要がある。

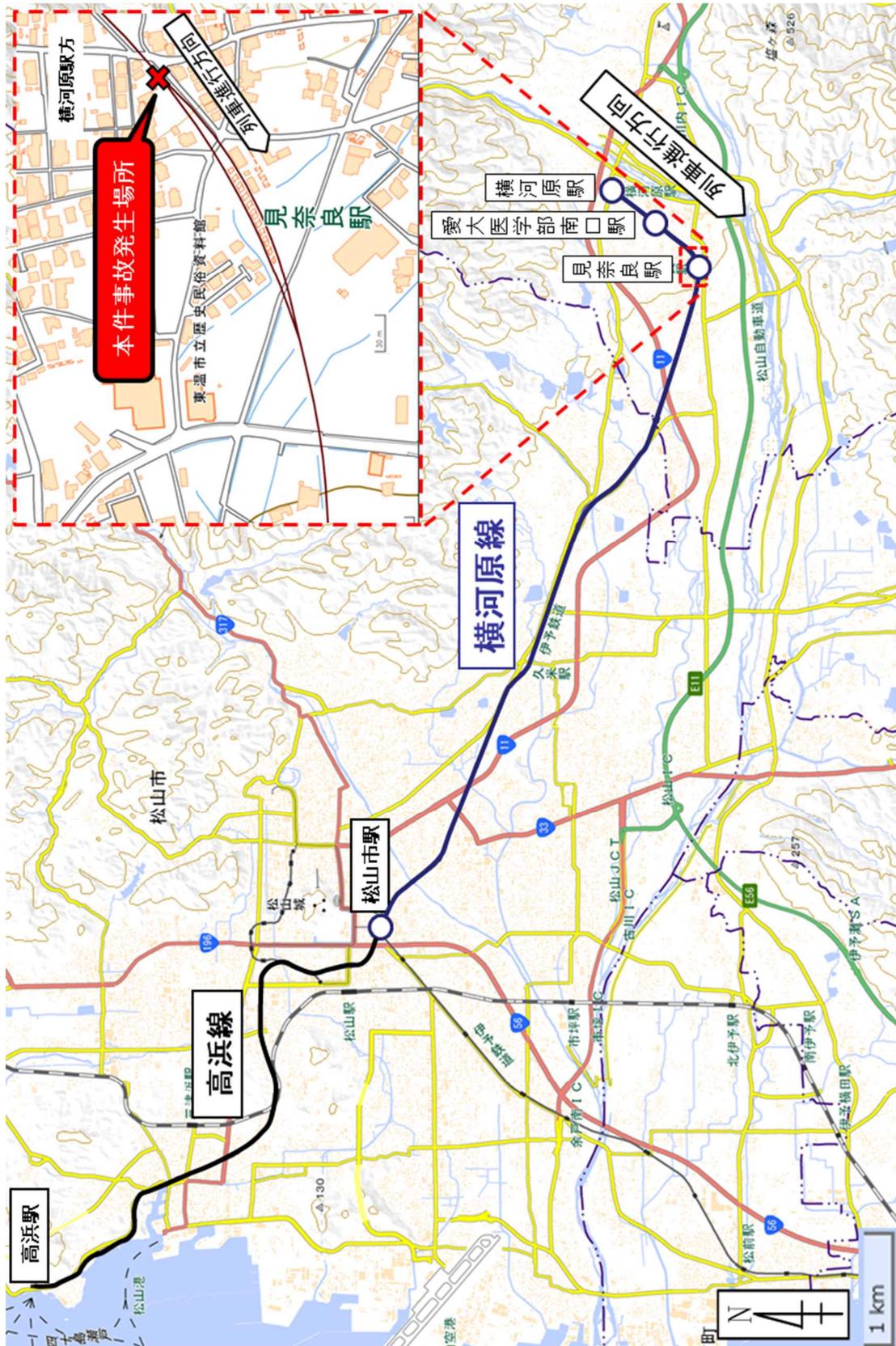
5.2 事故後に同社が講じた措置

本事故後、同社が講じた措置は、次のとおりである。

- (1) 本件分岐器を除く24か所の発条転てつ機に使用している転てつ棒の緊急点検及び浸透探傷検査を実施した。
 - ① 本事故直後の令和4年2月8日に目視による緊急点検を実施した。
 - ② 令和4年2月22日までに浸透探傷検査を実施した結果、6か所の分岐器の転てつ棒で亀裂が認められたため、予備品と交換した。
- (2) 転てつ棒の浸透探傷検査方法の見直し
 - ① 本事故前は分岐器の周辺で実施していた転てつ棒の浸透探傷検査を本事故後から同社の古町技術センターこまちに持ち帰り実施することとした。
 - ② 検査担当社員に浸透探傷検査について塗料を剥がして実施するように再教育を行った。

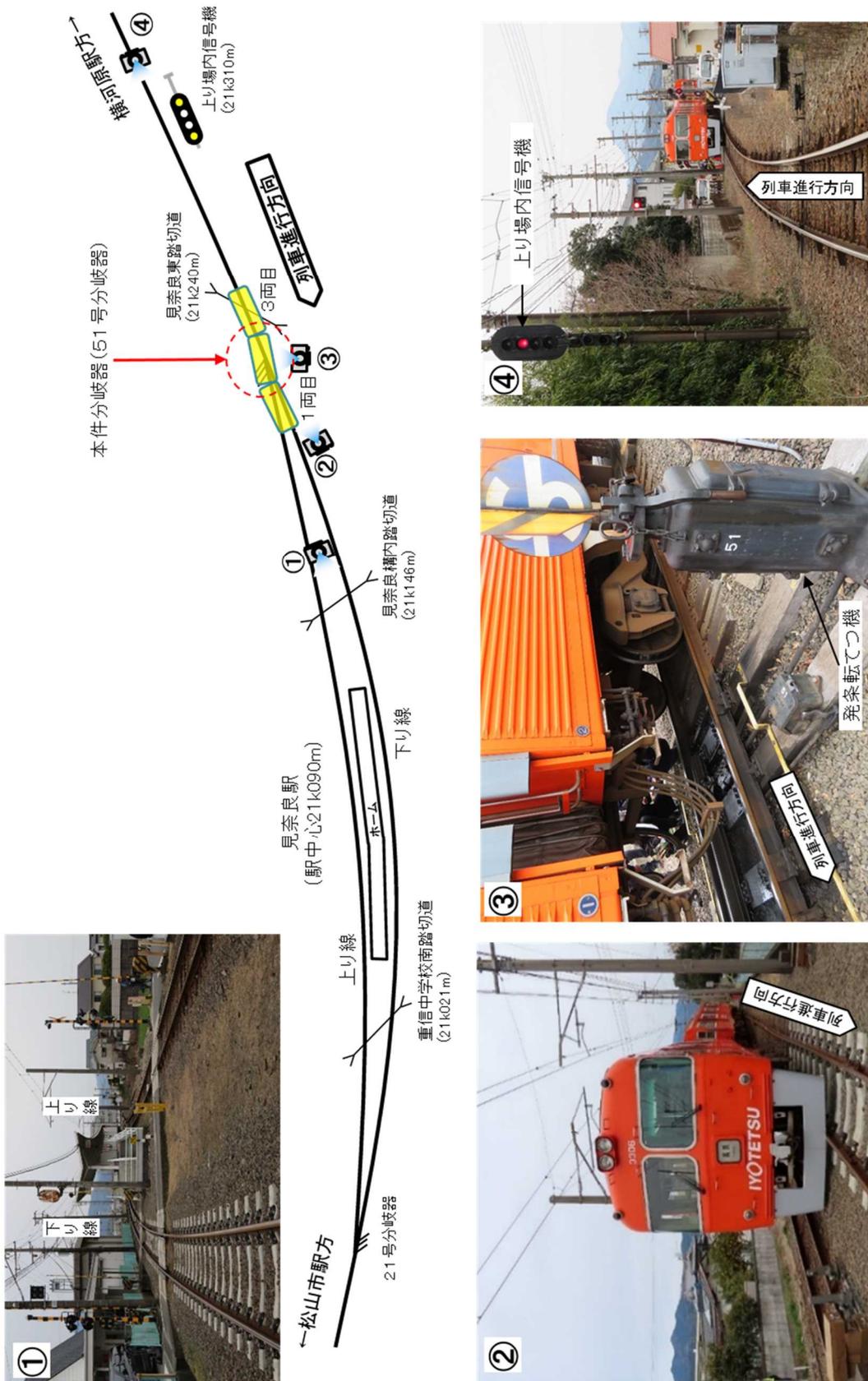
- (3) 全25か所の発条転てつ機に使用している転てつ棒は、令和4年4月以降の分岐器細密検査を実施するときに全て新品に交換した。また、発条転てつ機の転てつ棒は、分岐器に取り付けてから10年で交換することとした。
- (4) 令和4年12月23日以降の車両の3ヶ月検査で輪軸のバックゲージの測定値を記録することとした。
- (5) 令和4年2月10日に分岐器の通過速度の厳守及び分岐器通過前のトングレールの接着の確認を厳正に行うことを同社の全乗務員に対し指導した。

付図1 横河原線の路線図及び事故現場付近の地形図
 松山市駅～横河原駅間 13.2km（単線）

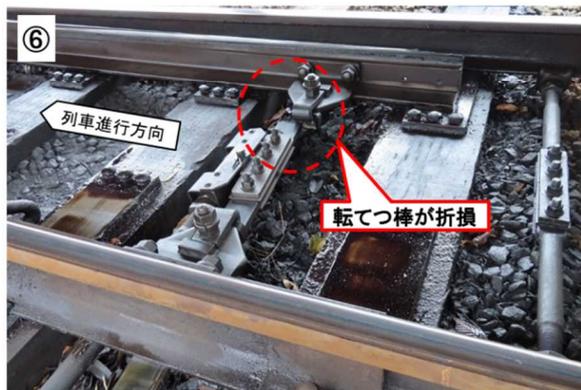
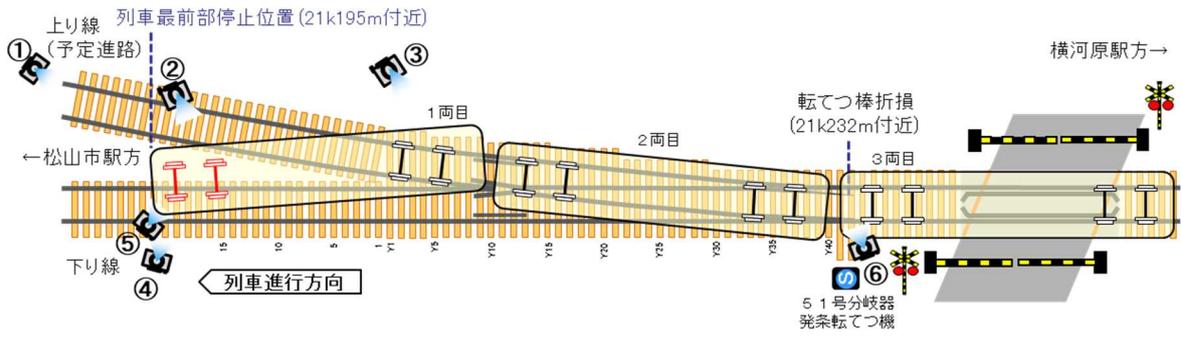


この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

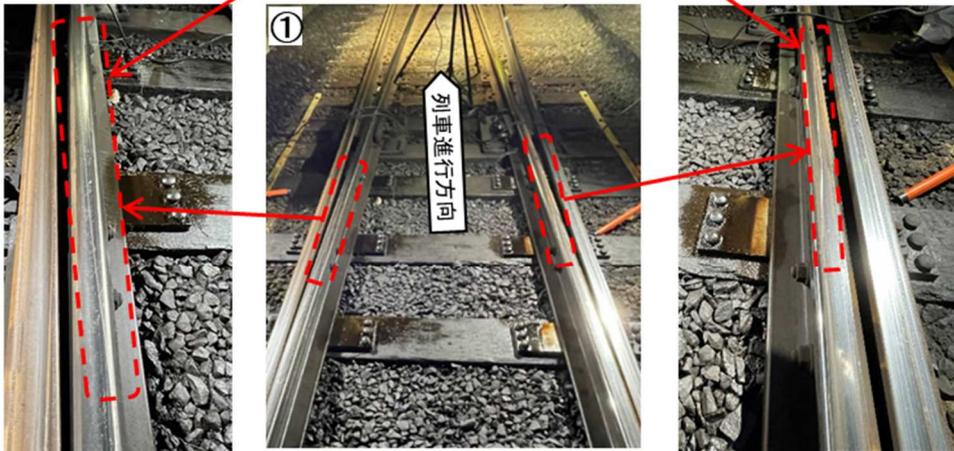
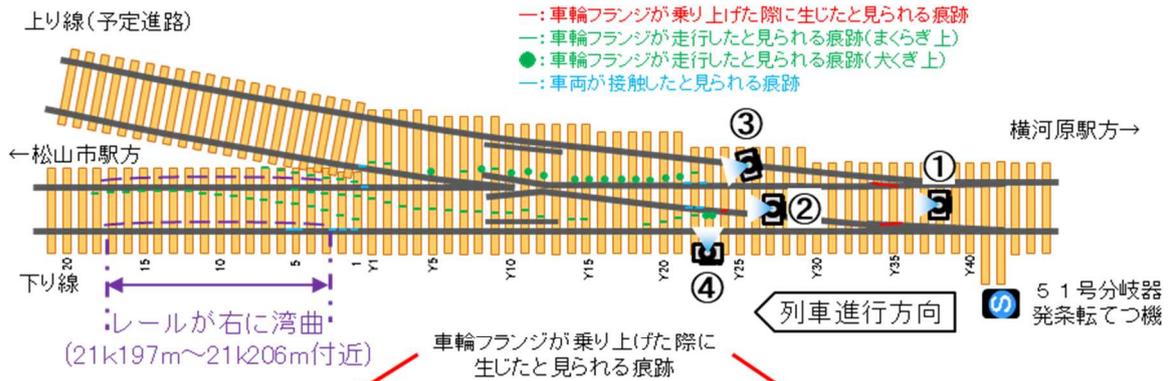
付図2 事故現場周辺の略図



付図3 本件列車の脱線状況



付図4 軌道上の主な痕跡 1

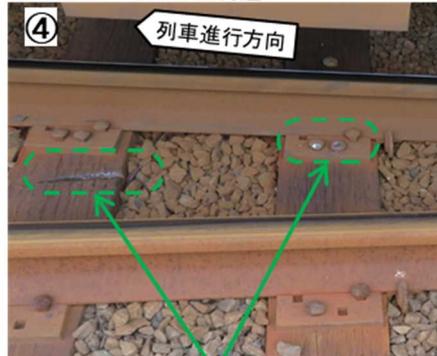


21k221m付近



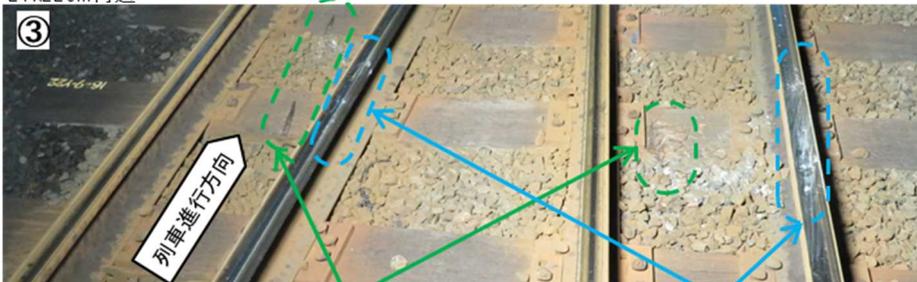
車輪フランジが乗り上げた際に生じたと思われる痕跡

21k221m～21k220m付近



車輪フランジが走行したと見られる痕跡

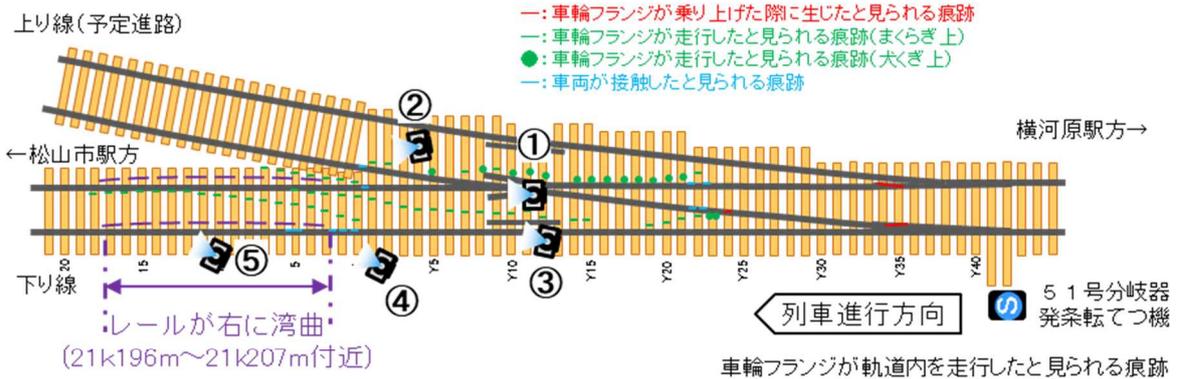
21k220m付近



車輪フランジが走行したと見られる痕跡

車両が接触したと見られる痕跡

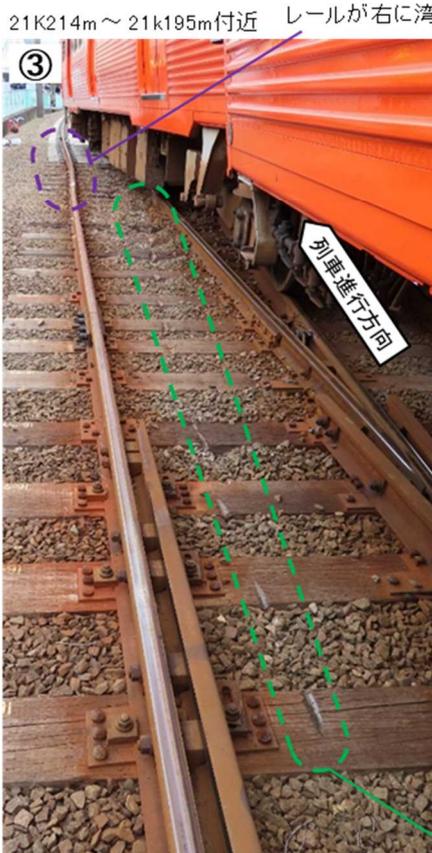
付図5 軌道上の主な痕跡2



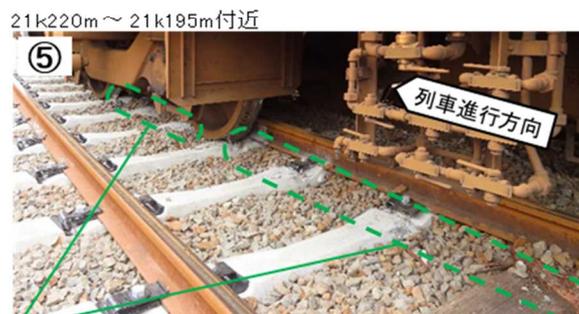
車輪フランジが軌道内を走行したと見られる痕跡



車輪フランジが軌道内を走行したと見られる痕跡

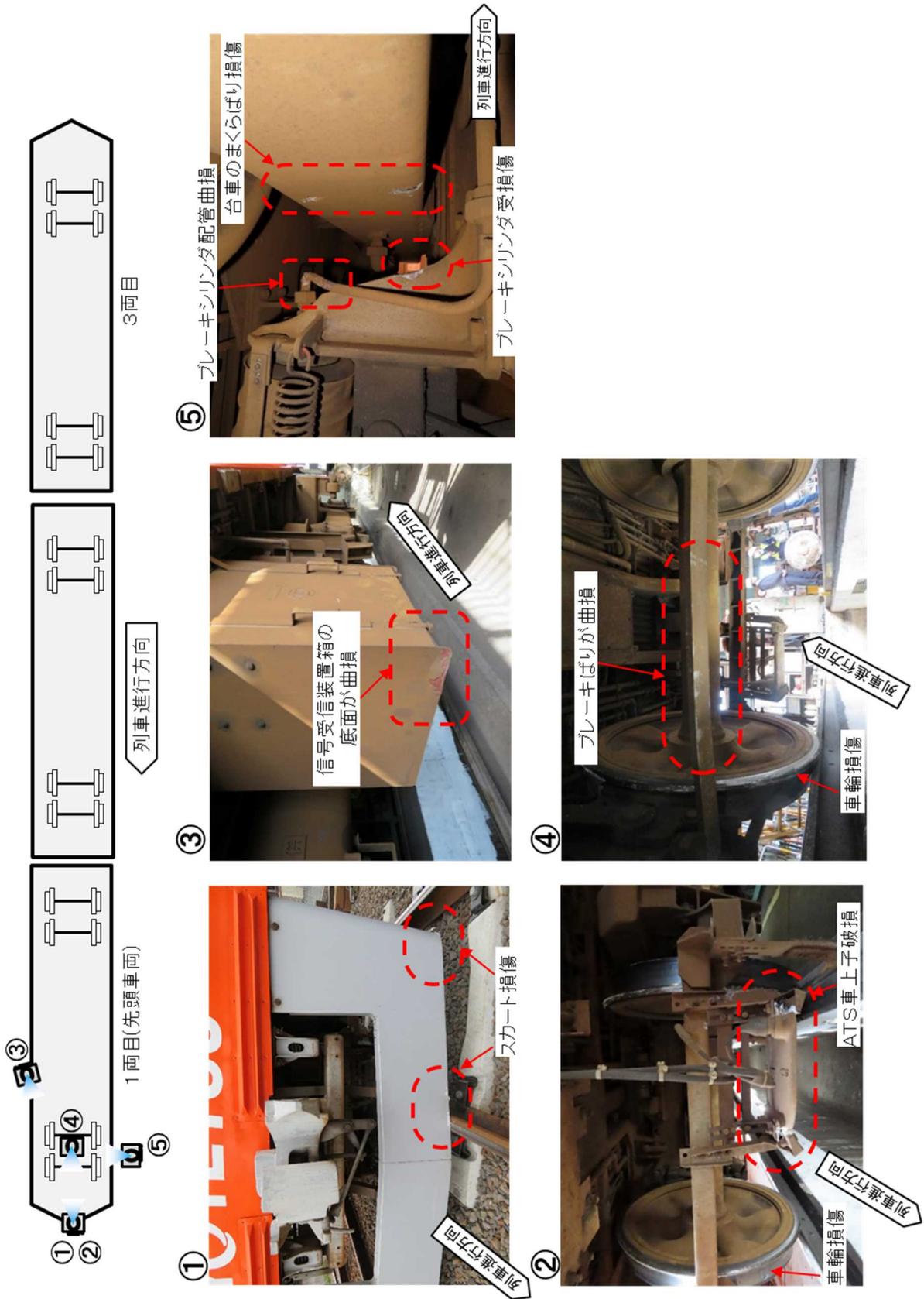


車両が接触したと見られる痕跡



車輪フランジが軌道内を走行したと見られる痕跡

付図6 車両の主な損傷状況



付図7 1両目前台車が走行した経路（推定）

