

鐵道事故調查報告書

神戸電鉄株式会社 有馬線 有馬口駅構内 列車脱線事故

神戸電鉄株式会社 有馬線 有馬口駅構内 列車脱線事故

東日本旅客鉄道株式会社 上越線 越後湯沢駅～石打駅間 列車脱線事故

三岐鉄道株式会社 北勢線 東員駅～大泉駅間 列車脱線事故

平成19年9月28日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法に基づき、航空・鉄道事故調査委員会により、鉄道事故の原因を究明し、事故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、事故の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 後藤 昇 弘

神戸電鉄株式会社有馬線有馬口駅構内
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：神戸電鉄株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成18年2月4日 0時10分ごろ

発生場所：兵庫県神戸市

有馬線有馬口駅構内

平成19年8月23日

航空・鉄道事故調査委員会（鉄道部会）議決

委員長	後藤昇弘
委員	楠木行雄
委員	佐藤泰生（部会長）
委員	中川聡子
委員	宮本昌幸
委員	山口浩一

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

神戸電鉄株式会社の新開地駅^{さんだ}発三田駅行き4両編成の下り普通第23003列車は、平成18年2月4日（土）、ワンマン運転^{からとだい}で唐櫃台駅を定刻（0時07分）に出発した。列車が速度約15km/hで惰行により有馬口駅1番ホーム始端から約20m進行したところで減速感があったため、運転士は列車を力行させたが、列車は急減速し同ホーム始端から約30m進行したところで停止した。

列車は、3両目（車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）の全4軸及び4両目の前台車全2軸が右へ脱線していた。

列車には、乗客約70名及び運転士が乗車していたが、負傷者はなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成18年2月4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。

近畿運輸局は、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18年2月4日～5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 認定した事実

2.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、神戸電鉄株式会社（以下「同社」という。）の下り普通第23003列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「運転士」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

唐櫃台駅^{からとだい}を定刻（0時07分）に出発し、有馬線有馬口駅1番線に到着する際、22号分岐器（以下「本件分岐器」という。）を速度約15km/hの惰行運転で通過し、1番ホーム始端から約20m進行したところで、後方車両に引っ張られるような減速感があったため、本件列車を力行させたが、本件列車は急減速し、1番ホーム始端から約30m進行したところで停止した。このため、その旨を運転指令へ連絡した後、降車して本件列車の状況を確認したところ、3両目の全4軸及び4両目の前台車全2軸がそれぞれ右へ脱線していたため、運転室へ戻り運転指令へ脱線している旨を報告するとともに発報信号による停止信号を現示した。

その後、乗客に負傷者がいないことを確認し、乗客を1両目最前部のドアからホームへ降車させた。

なお、本事故の発生時刻は0時10分ごろであった。

（付図1、2、3及び写真1、2、3参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし

2.3 鉄道施設及び車両の損傷に関する情報

2.3.1 鉄道施設の損傷状況

レール、分岐まくら木、木まくら木、クロッシング等が損傷した。

(付図 3 及び写真 4、5 参照)

2.3.2 車両の損傷状況

3 両目及び 4 両目の主電動機下部、駆動装置下部等に擦過痕が認められた。また、3 両目右側のブレーキシリンダ管が折損した。

(写真 6、7 参照)

2.4 鉄道施設及び車両以外の物件の損傷に関する情報

なし

2.5 乗務員に関する情報

運転士 男性 37 歳

甲種電気車運転免許

平成 5 年 12 月 24 日

2.6 鉄道施設に関する情報

2.6.1 鉄道施設の概要

- (1) 同社の有馬線は、湊川駅～有馬口駅間が複線、有馬口駅～有馬温泉駅間が単線である。
- (2) 本件分岐器前端（湊川駅起点 19 k 851 m 付近、以下「湊川駅起点」は省略。）から約 48 m の地点（19 k 899 m 付近）に有馬口駅 1 番ホームの湊川駅方の始端が位置し、下り列車が有馬口駅 1 番線に到着する場合は、本件分岐器に対向¹で進入する。また、19 k 795 m の勾配変更点から有馬口駅に至る間は平坦である。
- (3) 事故現場付近の軌道構造は、レールは 37 kg レール、まくら木は木まくら木で敷設本数が 25 m 当たり 39 本、道床の種類は碎石で厚さが 120 mm である。
- (4) 有馬口駅構内の本件分岐器は、大正 14 年形分岐器に分類される 37 kg レール用 8 番片開き分岐器であり、リード曲線半径は 107.1 m である。また、当該分岐器は、以下の特徴を有している。

トングレール後端が基本レールに比べて約 7 mm 高いため、分岐器内に構造的な平面性変位を有している。また、この高さの差は、トングレール先端付近及びリードレール前端付近で低減されている。

トングレールが直線形状であり基本レールに対して約 2° の入射角を有

1 「対向」とは、分岐器の前端側から後端側への向きをいう。

している。

- (5) 有馬口駅構内の湊川駅方には、上下線に各1台の分岐器が設置されており、下り線の本件分岐器に隣接する上り線には、本件分岐器と同じく大正14年形分岐器の23号分岐器(37kgレール用8番片開き分岐器)が設置されている。なお、本事故発生の13日前の1月22日(日)には、有馬口駅4番線を出発し23号分岐器に背向²で進入した上り回送第12160列車による同分岐器通過中の脱線事故が発生している。

(付図3、6参照)

2.6.2 本件分岐器の軌道変位検査

同社では、分岐器における軌道変位検査を年1回以上実施することとしており、軌間変位9ヶ所、水準変位8ヶ所、高低変位2ヶ所、通り変位を5ヶ所及びクロッシング部のバックゲージをそれぞれ手検測により測定している。

本件分岐器における直近の軌道変位検査は、平成18年1月26日に実施されており、検査記録に異常はなかった。

(付図4参照)

2.6.3 事故後の軌道変位の状況

本件分岐器クロッシング及び本件分岐器から有馬口駅方のレール等が損傷しており、2.10(2)で後述する車輪によるものと見られる痕跡の始点である19k859mから有馬口駅方の軌道に脱線による影響が見られた。

事故後に実施した19k850m～875mの手検測による1m間隔の軌道変位測定結果によれば、本件分岐器のうち、車輪によるものと見られる痕跡の始点である19k859mの手前(19k850m～19k859m)の軌道変位は、以下の状況であった。

- (1) 軌間変位は、19k851m、856m及び857mでそれぞれ11mm、-6mm及び-7mmであり、同社の整備基準値(+7mm、-4mm以下)を超過していた。
- (2) 水準変位は、最大値-4mmであり、同社の整備基準値(±9mm以下)内であった。
- (3) 測定弦長10mの高低変位は、19k851mで11mmであり、同社の整備基準値(±9mm以下)を超過していた。
- (4) 測定弦長10mの通り変位は、19k854m及び859mでそれぞれ

2 「背向」とは、分岐器の後端側から前端側への向きをいう。

- 1.1 mm及び1.1 mmであり、同社の整備基準値（± 9 mm以下）を超過していた。

(5) 5 m平面性変位³は、最大値 4 mmであり、同社の整備基準値（± 1.8 mm以下）内であった。また、車両の軸間距離 2.1 mに対応する 2 m平面性変位については、車輪によるものと見られる痕跡の始点である 19 k 8 5 9 m付近で最大値 7 mmであった。

（付図 4 参照）

2.6.4 レールの摩耗状況

同社では、分岐器検査を年 1 回以上実施することとしており、その際に分岐器内レール、クロッシング等の摩耗状況を目視で確認している。本件分岐器の直近の分岐器検査は平成 18 年 1 月 10 日に実施されており、右リードレールの摩耗状況については、「相当摩耗している」と判定されていた。

事故後に実施した本件分岐器右リードレールの摩耗測定結果によれば、本件分岐器前端から有馬口駅方へ約 8 ~ 13 mの間（19 k 8 5 9 m ~ 8 6 4 m）のゲージコーナ⁴部の摩耗量は 6.5 ~ 8.5 mmであり、同社の分岐器内レールの摩耗限度値（8.0 mm）を超過する箇所があった。また、摩耗したレール頭部軌間内側面の断面の曲線形状は、車輪フランジ断面の曲線形状に近い曲線になっていた。

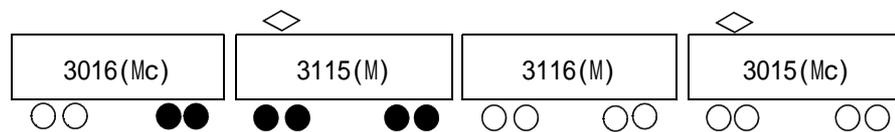
（付図 5 参照）

2.7 車両に関する情報

2.7.1 車両の概要

車種	直流電車（DC 1,500V）
編成両数	4両
編成定員	540名（座席定員208名）
記号番号	

列車進行方向 : 脱線軸



空車質量	32.0 t	30.3 t	31.2 t	31.4 t
車両長	18.14 m	18.14 m	18.14 m	18.14 m

3 「平面性変位」とは、レール長さ方向の 2 点間における水準の差をいい、軌道の平面に対するねじれ状態を表す。2 点間の距離が 5 m であれば 5 m 平面性変位といい、2 m であれば 2 m 平面性変位という。

4 「ゲージコーナ」とは、レール頭部の軌間内側部分をいう。

台車中心間距離	1 2 m
固定軸距	2 . 1 m
車両踏面形状	円錐踏面
フランジ角度	5 7 . 2 °
車輪内面間距離	9 9 0 mm
検査履歴	全般検査 平成 1 5 年 7 月 1 0 日 月検査 平成 1 8 年 1 月 2 6 日 列車検査 平成 1 8 年 2 月 3 日 車輪転削 平成 1 8 年 2 月 3 日

2.7.2 車両の状況

(1) 車輪、踏面形状等

直近の全般検査記録及び車輪転削後の測定記録によれば、1両目～4両目の各車輪のフランジ厚さは、29.0mm、フランジ高さは、26.0mm及び車輪内面距離は、990.0～991.5mmであり、いずれも、同社の管理値(フランジ厚さ19mm以上、フランジ高さ26～35mm及び車輪内面距離990～994mm)内であった。事故後に測定した脱線車輪の踏面形状の描写記録によれば、レールに乗り上がったと見られる右車輪は、同社の車輪図面上の形状とほぼ同じであった。また、各車輪の踏面及びフランジ面は、転削時の切削痕があり粗い状態であった。

(2) 静止輪重比

直近の全般検査時の静止輪重測定記録によれば、各車両の静止輪重は下表のとおりであった。各車両右車輪の静止輪重比⁵は、1両目が0.95～1.08、2両目が0.98～1.09、3両目が0.95～1.04及び4両目が0.92～1.10であり、いずれの車両も同社の管理値(0.9以上1.1以下)内であった。このうち、脱線した右車輪の静止輪重比は、3両目前台車第1軸が1.0、第2軸が0.95、同車両後台車第1軸が1.04、第2軸が1.02であり4両目前台車第1軸が1.04、第2軸が0.92であった。

5 「静止輪重比」とは、1軸の輪軸に対し、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。

(単位：kN)

	前台車第1軸		前台車第2軸		後台車第1軸		後台車第2軸	
	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪	左車輪	右車輪
1両目 (3015号車)	40.3	39.8	41.7	37.4	36.0	42.7	41.7	37.5
2両目 (3116号車)	33.7	40.1	36.7	37.9	33.7	39.8	37.8	36.3
3両目 (3115号車)	37.6	37.5	39.4	35.9	32.4	35.4	34.3	35.9
4両目 (3016号車)	34.4	37.6	39.7	33.8	35.6	43.0	36.2	43.8

(3) 車輪踏面の削正

本件列車は、平成18年2月3日に同社の車輪転削場で全車輪が転削され、同日に車輪転削場から出場し、約35km走行した後に脱線に至っている。なお、車輪転削の後、本件列車が本件分岐器を走行するのは、事故時が初めてであった。

2.8 運転取扱いに関する情報

有馬口駅構内の本件分岐器に進入する場合の速度制限は、平成18年1月22日に23号分岐器付近で発生した列車脱線事故以後15km/hであった。

2.9 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

2.10 事故現場に関する情報

- (1) 本件列車の停止位置は、先頭が有馬口駅1番ホームの始端から有馬温泉駅方へ約30mの地点であり、3両目の前台車全2軸、後台車全2軸及び4両目の前台車全2軸の計6軸が、それぞれ右へ約0.2m、約1.1m及び約0.7m脱線していた。
- (2) 本件分岐器前端から有馬口駅方へ約8～13mの間の右リードレール頭頂面上に、車輪によるものと見られる6本の痕跡があった。このうち、4本は、本件分岐器前端から有馬口駅方に約8m(19k859m付近)の軌間内側から始まり約3m先の19k862m付近の軌間外側へ続き、他の2本は、本件分岐器前端から有馬口駅方に約12m(19k863m付近)の軌間内側から始まり約1m先の19k864m付近の軌間外側へ続いていた。このうち、最も分岐器前端に近い19k859m付近の痕跡付近の軌道変位は、軌間変位が6mm、水準変位が-3mm、高低変位が4mm、通り変位が11mm及び2m平面性変位が7mmであった。

- (3) 本件分岐器前端から有馬口駅方へ約26mの地点(19k877m付近)の2番線左レール頭頂面上に、軌間内側から外側に続く車輪によるものと見られる2本の痕跡があった。
 - (4) 上記(2)で記述した、本件分岐器前端から有馬口駅方に約8mの地点から始まる右リードレール頭頂面上の痕跡終点付近から3両目前台車第1軸左右車輪の停止位置までの間の分岐まくら木及び木まくら木上に車輪によるものと見られる複数の痕跡があった。この痕跡は、4両目前台車及び3両目後台車左右車輪の停止位置を通り、3両目前台車第1軸左右車の停止位置まで続いていた。
 - (5) 本件分岐器クロッシング上に主電動機下部等によると見られる擦過痕があった。
 - (6) 本件分岐器前端から有馬口駅方へ約22～29m(19k873m～19k880m付近)の間の1番線及び2番線の左右レールが湾曲しており、上記(3)で記述した2番線左レール頭頂面上の車輪によるものと見られる痕跡付近で、1番線線右レールが右に最大約70mm、2番線左レールが左に最大約100mm変位していた。
- (付図3及び写真1、2、3、4、5参照)

3 事実を認定した理由

3.1 解析

3.1.1 脱線地点に関する事項

2.10(1)で記述したように、本件列車は、3両目全4軸及び4両目前台車全2軸の計6軸が脱線していた。2.10(2)及び(4)で記述した右リードレール頭頂面上の6本の痕跡及びこの痕跡終端付近から3両目前台車第1軸左右車輪の停止位置まで続くまくら木上の痕跡から、脱線した6軸の右車輪は、本件分岐器前端から有馬口駅方に約8mの地点で4輪が、同前端から約12mの地点で残る2輪が、それぞれ右リードレールに乗り上がり、両地点から約3m及び約1m先の地点でそれぞれ右に脱線したものと推定される。

また、2.10(3)で記述した2番線左レール頭頂面上の痕跡は、2.10(4)及び(6)で記述した右リードレール頭頂面上の痕跡終点付近から3両目前台車の停止位置まで続くまくら木上の痕跡及び湾曲したレールの状況から、脱線した3両目前台車が2番線右レールと1番線左レールとを跨ぐように走行し、本件分岐器前端から約26mの地点で右車輪が2番線左レールを乗り越えたことによるものと推定される。

3.1.2 右リードレールの摩耗による脱線係数の限界値の低下

2.6.4で記述したように、乗り上がりの痕跡のあった右リードレールは、本件分岐器前端から約8～13mの間の摩耗したレール頭部軌間内側面の断面の曲線形状が車輪フランジ断面の曲線形状に近くなっており、車輪上昇が発生すれば、比較的小さいものであってもフランジとの接触角が小さくなり、脱線係数の限界値（限界脱線係数）が低下して車輪が乗り上がりやすい状態となっていたと考えられる。

3.1.3 本件分岐器の構造等による輪重減少及び横圧増加（脱線係数の増加）

2.6.1(4)で記述したように、本件分岐器は、トングレーンル後端が基本レールに比べて約7mm高く、この高さの差は、トングレーンル後端に接続するリードレール前端付近で低減されていることから、リード部に構造的な平面性変位を有している。乗り上がりの痕跡始端付近である分岐器前端から約8mの地点のリード曲線での2m平面性変位は、2.6.3(5)で記述したように、事故後の軌道変位測定において、第1軸右車輪の輪重が減少する側に7mmであった。これは、この地点で軌道が右前方に下がるようにねじれた状態であり、進行してきた台車は、第1軸左車輪と第2軸左右車輪との3点支持に近い状態となり、第1軸右車輪の輪重が他の車輪に比べて減少するものと考えられる。

2.7.2(1)及び(3)で記述したように、本件列車の車輪は、転削後の走行距離が約35kmであり、転削直後に近く車輪踏面が粗い状況であったことから、車輪・レール間の摩擦係数が通常より大きかったものと考えられる。左車輪の摩擦係数が大きくなると転向横圧も大きくなるため、リード曲線を走行する右車輪は、転向横圧が大きくなるものと考えられる。なお、本事故発生時の天候は晴れであり、車輪・レール間の摩擦の状態は乾燥時のものであったと考えられる。

また、2.6.1(4)で記述したように、トングレーンルは基本レールに対して約2°の入射角があるため、右車輪が基本レールからトングレーンルに移る際に角折れによる衝撃的な横圧が生じるものと考えられる。

以上のことから、脱線係数（横圧輪重比）が増加していたものと考えられる。

3.1.4 摩擦係数による脱線係数の限界値の低下

2.7.2(1)で記述したように、右車輪のフランジ面が粗い状況であったことから、レール面との摩擦係数が通常より大きかったものと考えられる。このことは、脱線係数の限界値（限界脱線係数）を小さくする側に作用するため、限界脱線係数は通常より低下していたものと考えられる。

3.1.5 乗り上がりに関する解析

3.1.3及び3.1.4で記述したことから、19k859m付近での本件列車の各台車第1軸右車輪は、以下の状況であったと考えられる。

本件分岐器の平面性変位により輪重が減少した。

左車輪・レール間の摩擦係数が大きくなったことにより転向横圧⁶が大きくなった。

右車輪・レール間の摩擦係数が大きくなった。

以上のことから、19k859m付近で脱線係数（横圧輪重比）が増加するとともに、限界脱線係数が低下することにより、各台車の第1軸右車輪は乗り上がりが発生しやすい状況であったと考えられる。また、3.1.2に記述したように、右リードレールの摩耗により、比較的小さい車輪上昇量でフランジとレールとの接触角が小さくなり限界脱線係数がさらに低下した可能性が考えられる。

このため、3両目前台車第1軸右車輪は、右リードレールに乗り上がり脱線したものと考えられる。また、3両目後台車及び4両目前台車の乗り上がりについては、脱線した前方の台車に追隨したことが関与したものと考えられる。

なお、19k859m付近を通過中の本件列車の各台車第1軸右車輪は、乗り上がりやすい状態にあったと考えられるが、3両目前台車の乗り上がりが最初に発生した理由については明らかにすることができなかった。

（付図6参照）

4 原因

本事故は、本件分岐器リード曲線において、3両目前台車の第1軸右車輪が次のことのため、右リードレール上に乗り上がり右へ脱線し、同台車の第2軸が第1軸に追隨し、さらに3両目後台車及び4両目前台車が脱線した前方の台車に追隨して脱線したことによるものと考えられる。

- (1) 本件列車が本件分岐器リード曲線を通過する際、本件分岐器の平面性変位により第1軸右車輪の輪重が減少したこと。
- (2) 本件列車の車輪が転削直後の状態に近く、左車輪・レール間の摩擦係数が通常より大きくなったことにより、第1軸右車輪の転向横圧が大きくなったこと。
- (3) 本件列車の車輪が転削直後の状態に近く、右車輪・レール間の摩擦係数が通常

6 「転向横圧」とは、曲線走行中に輪軸がレールに案内されて向きを変える際に、内軌側車輪の摩擦力等により外軌側に発生する横圧をいう。

より大きくなったことが脱線係数の限界値を低下させる側へ作用したこと。

なお、本件分岐器の右リードレール頭部軌間内側面の摩耗形状が、第1軸右車輪の乗り上がりに関与した可能性が考えられる。

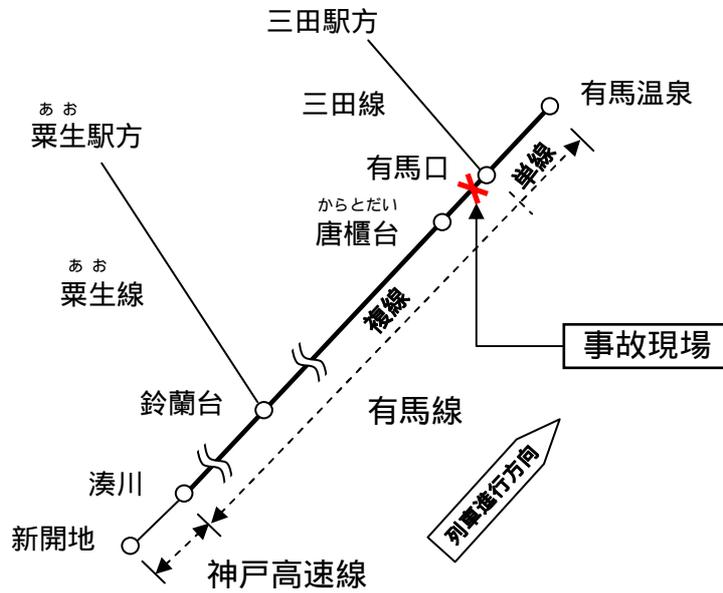
5 参考事項

同社が本事故後に講じた再発防止対策のうち主なものは以下のとおりである。

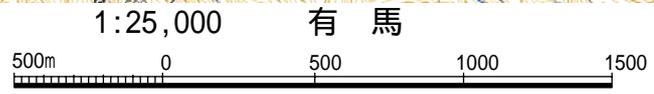
- (1) 分岐器内レールの摩耗管理については、レール摩耗測定器を導入し、年1回の目視から年2回の測定とした。
- (2) 車輪転削時には、仕上げ削りを行うこととした。
- (3) 有馬口駅構内における2台の37kgレール用分岐器を構造的な平面性変位及びトングレールが曲線形状で入射角がない50kgNレール用分岐器に交換した。なお、37kgレール用分岐器が設置されている間の対策として、ポイント部の基準線側への鎖錠及び15km/hの速度制限を実施した。
- (4) 有馬口駅構内以外に設置されている37kgレール用分岐器（全3台）については、2台は50kgNレール用分岐器に交換し、1台は撤去した。なお、37kgレール用分岐器が設置されている間の対策として、ポイントガード及びリードガードを設置した。
- (5) 脱線事故等が発生した場合には、直ちに発報信号による停止信号を現示するよう文書により周知徹底するとともに、関係社員に対して、列車防護に関する教育・訓練を実施した。

付図1 有馬線路線図

有馬線 湊川駅～有馬温泉駅間 22.5 km (単線及び複線)

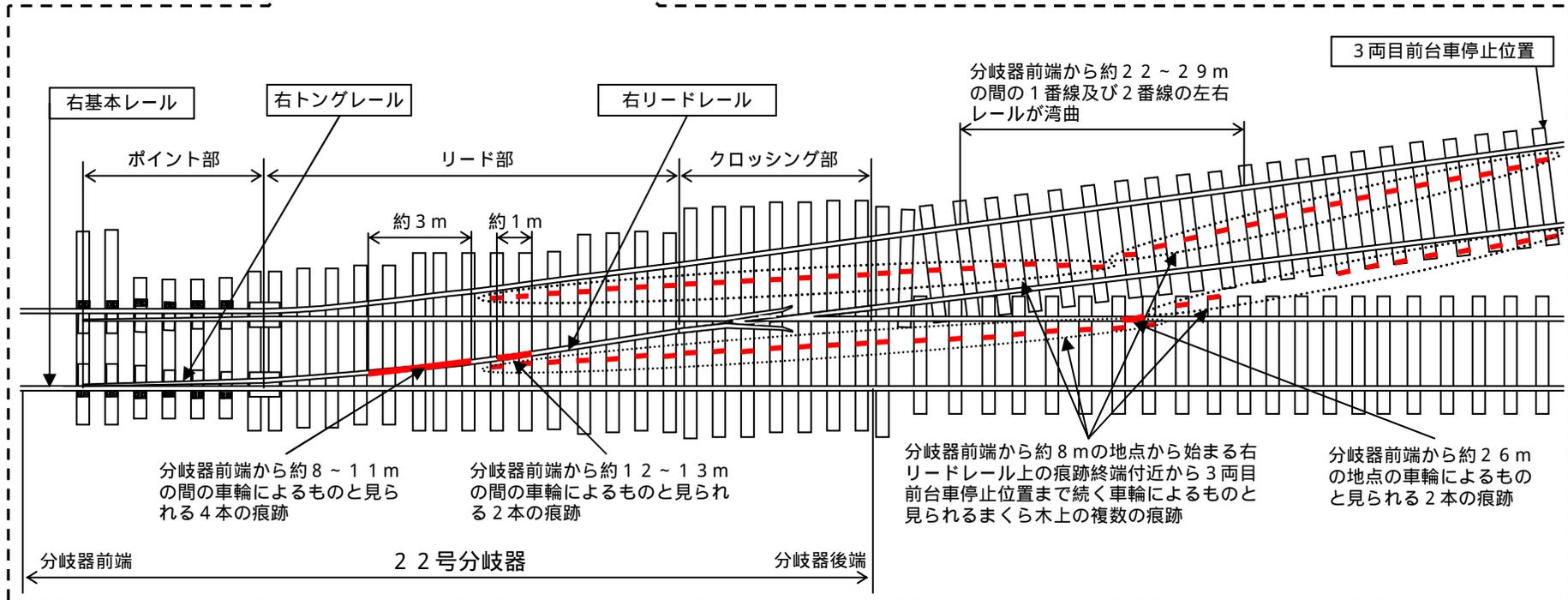
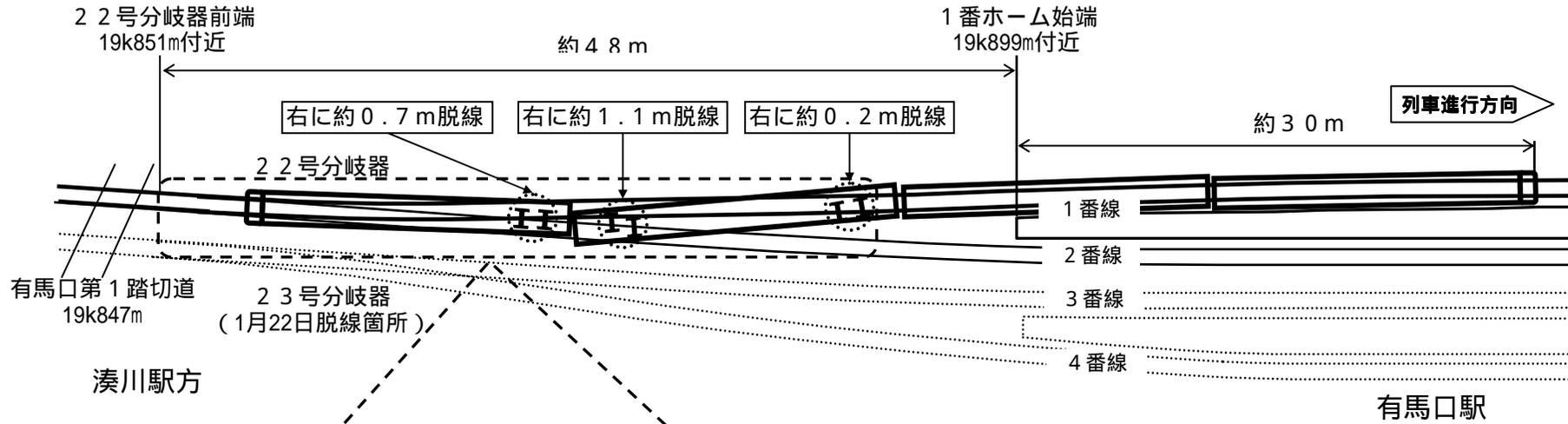


付図2 事故現場付近の地形図

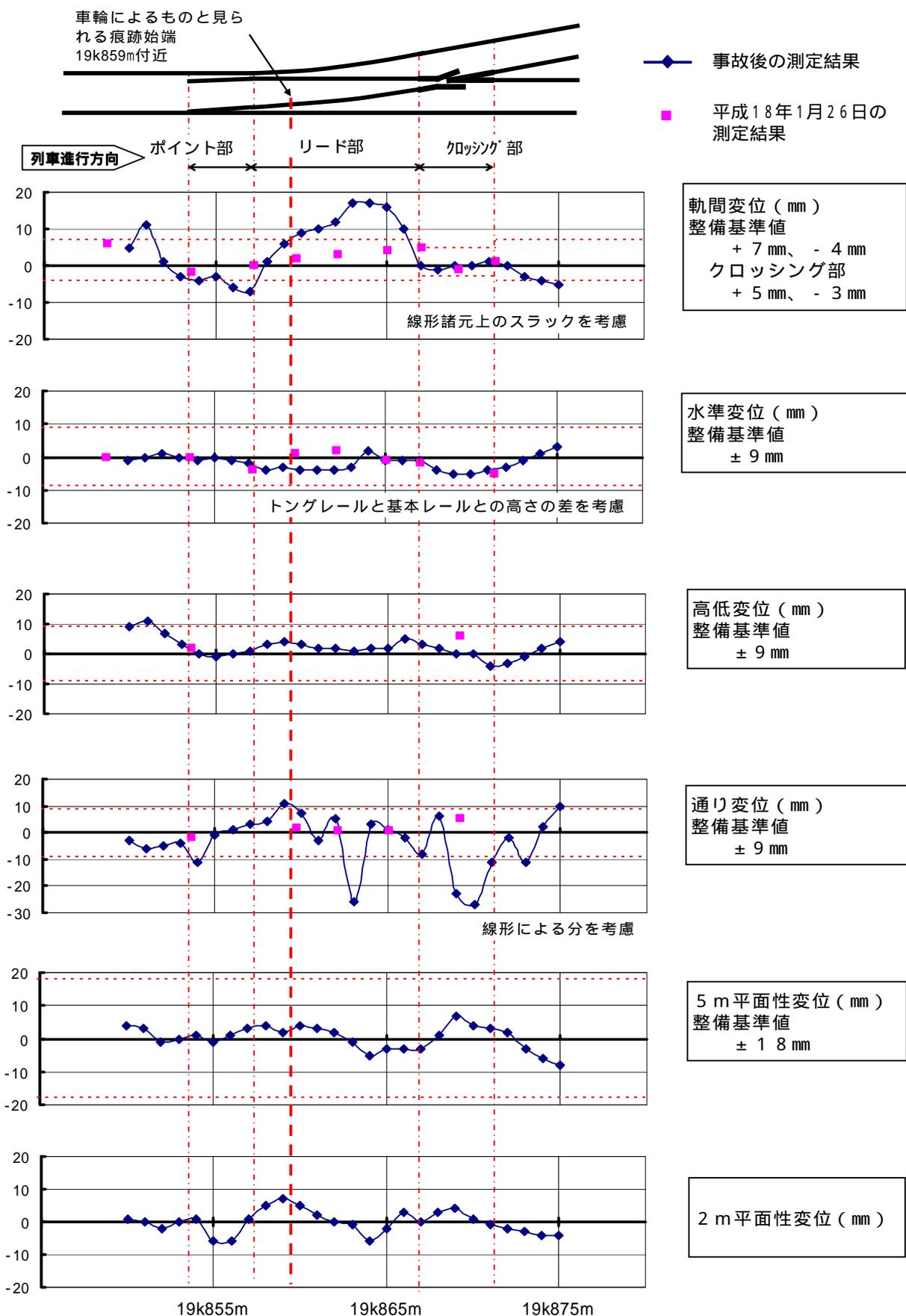


国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図3 事故現場略図

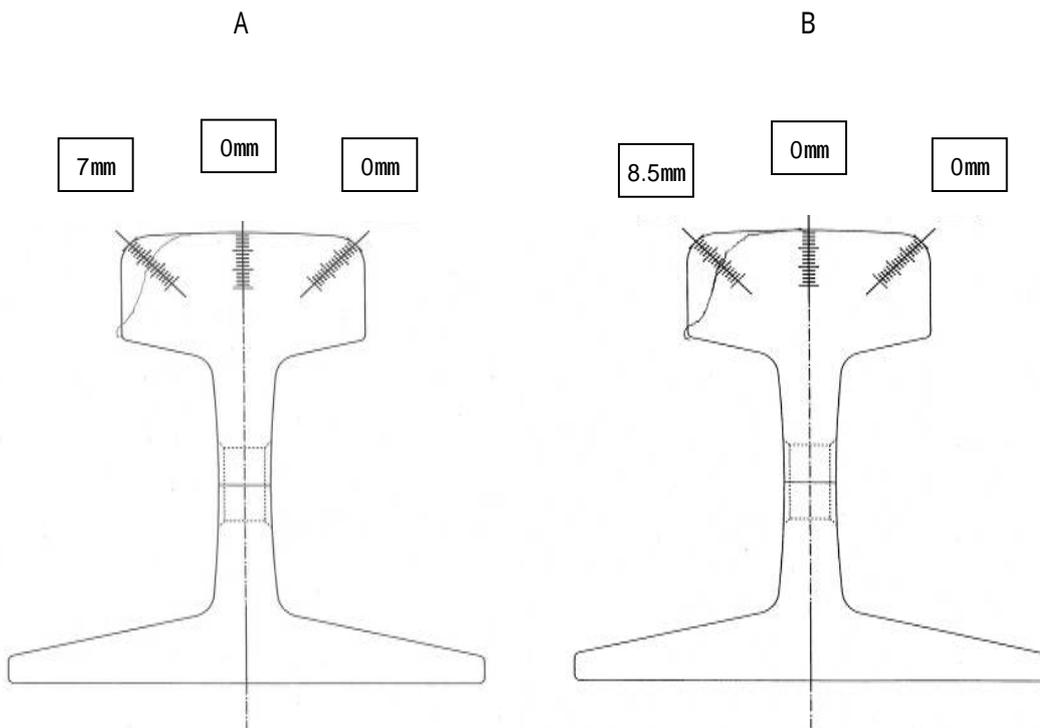
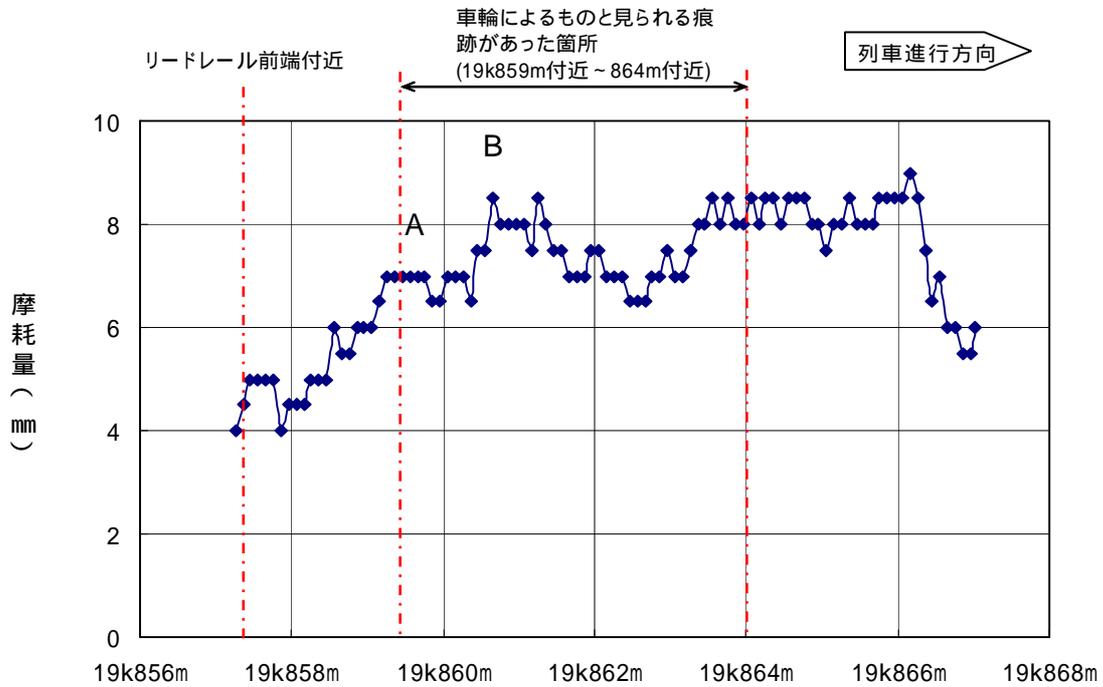


付図4 軌道変位の状況



付図5 22号分岐器右リードレールの摩耗状況

ゲージコーナー部の摩耗量
(摩耗限度値：8mm)



付図6 2号分岐器走行時の状況(推定)

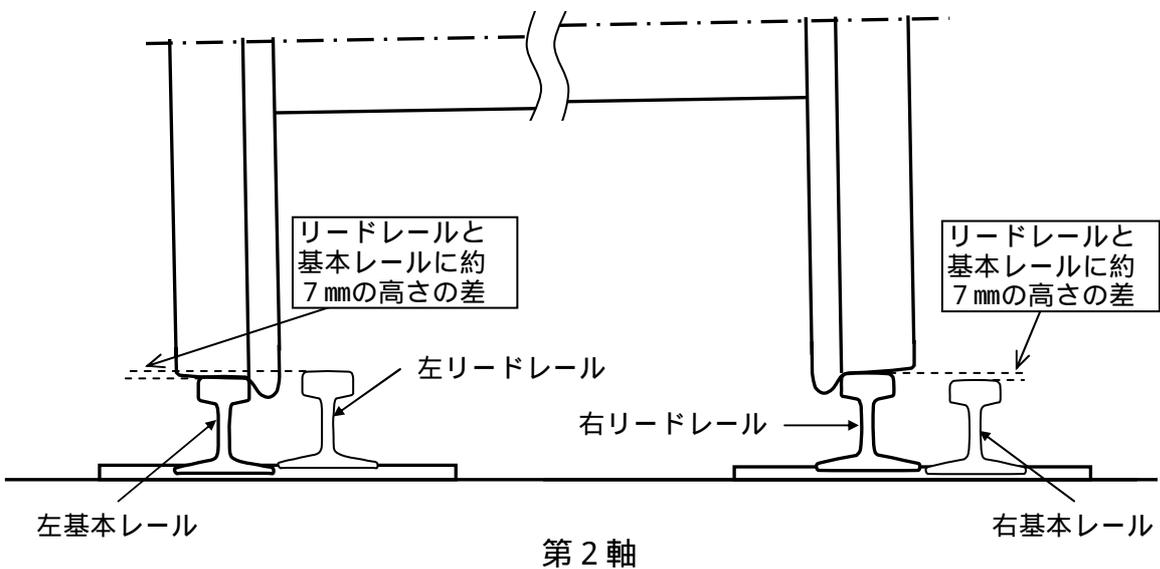
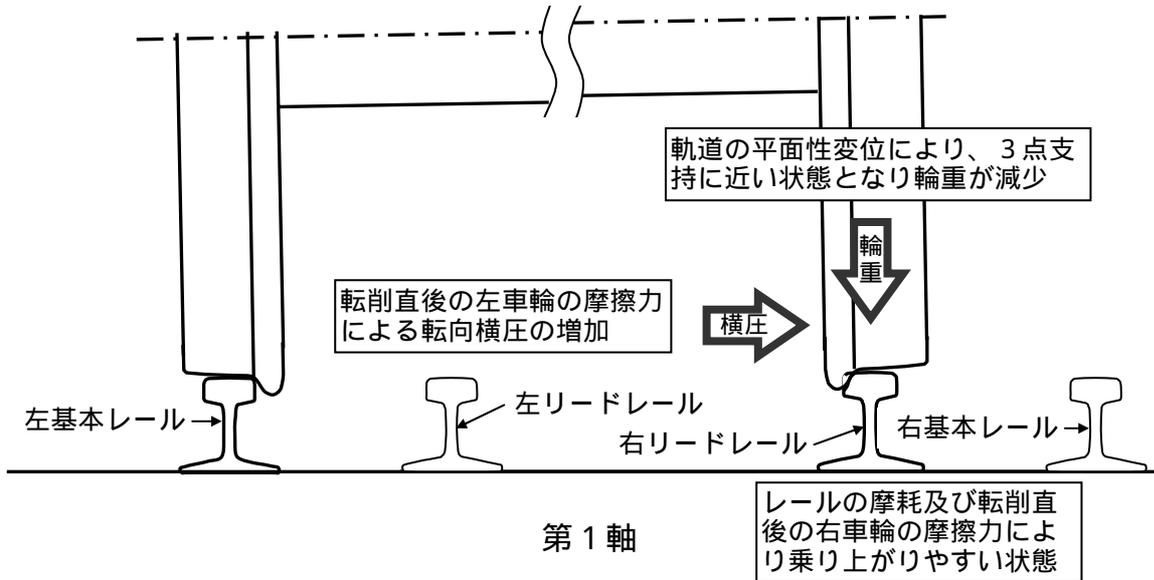
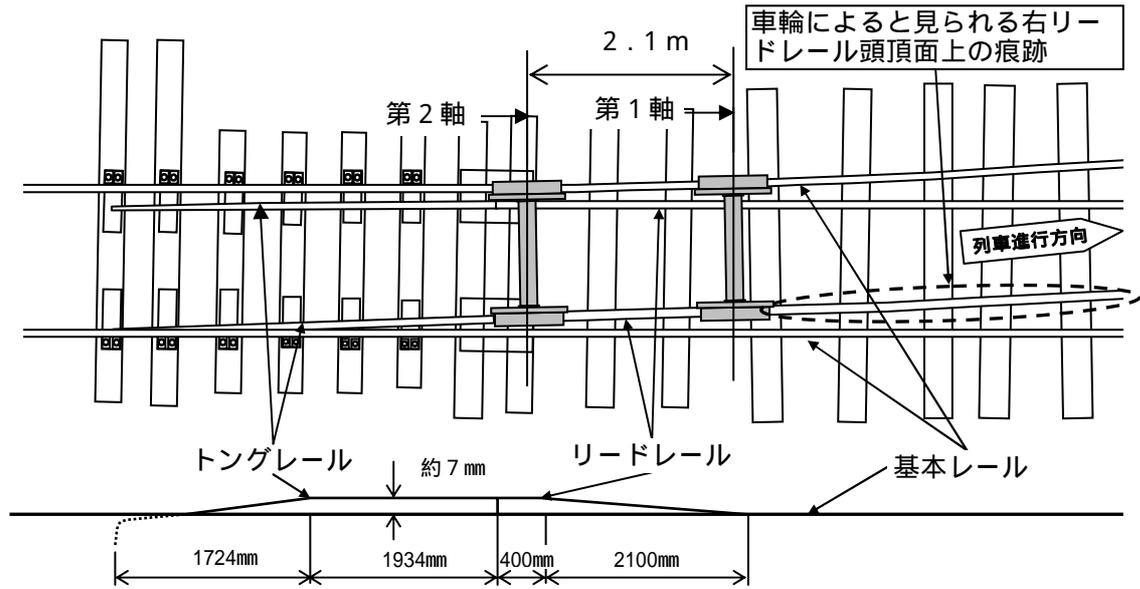


写真1 脱線状況(1)



写真2 脱線状況(2)



写真3 脱線状況(3)



写真4 鉄道施設の損傷状況(1)

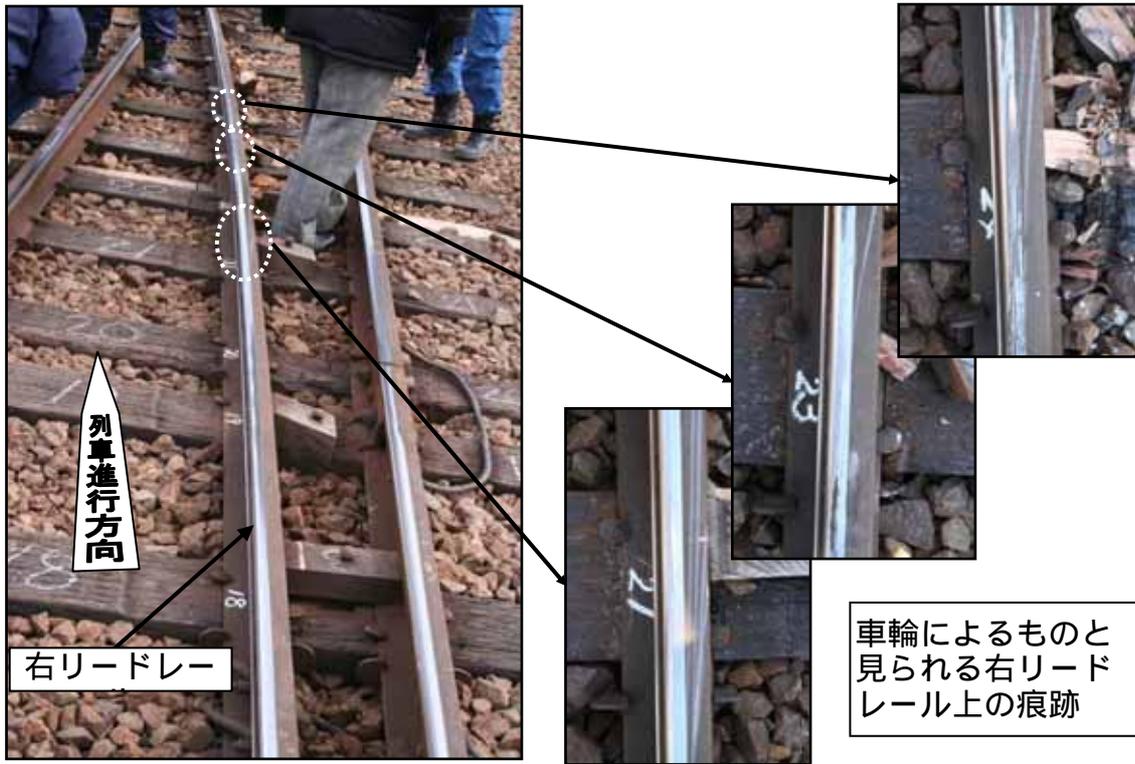


写真5 鉄道施設の損傷状況(2)

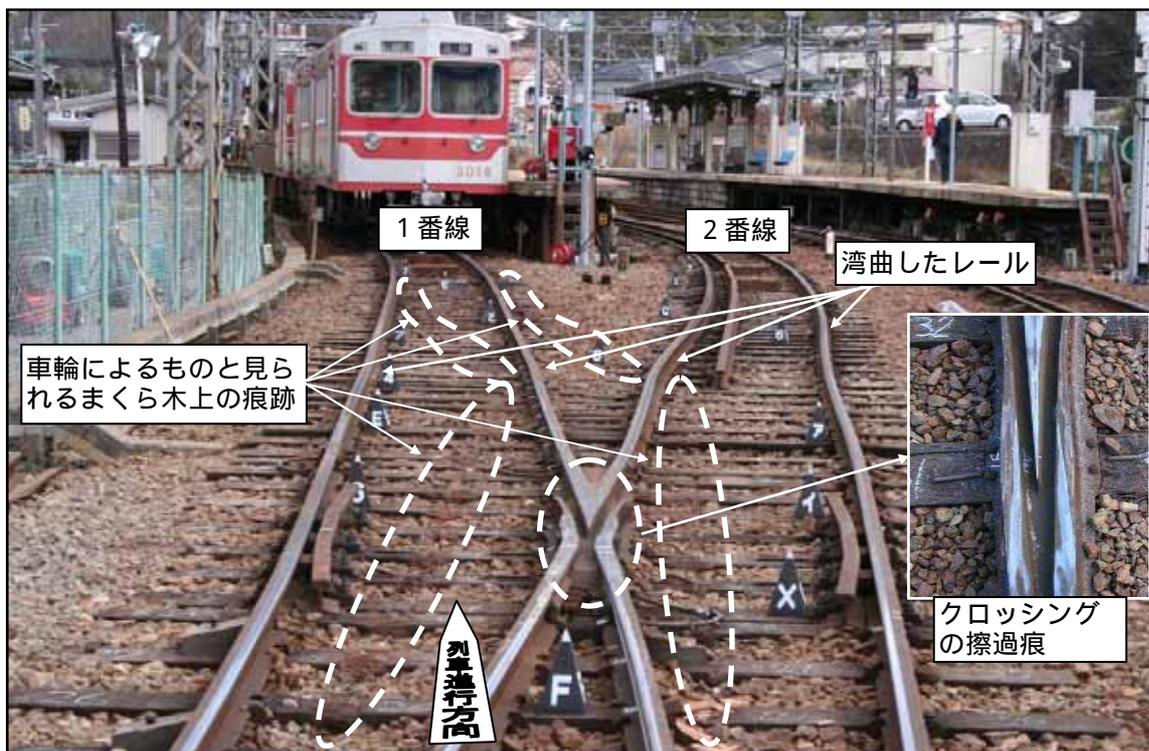


写真6 車両の損傷状況(1)



写真7 車両の損傷状況(2)



参 考

本報告書本文中に用いる解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 事実を認定した理由」に用いる解析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

断定できる場合

・・・「認められる」

断定できないが、ほぼ間違いない場合

・・・「推定される」

可能性が高い場合

・・・「考えられる」

可能性がある場合

・・・「可能性が考えられる」