

鐵道事故調查報告書

三岐鐵道株式会社 三岐線東藤原駅構内 列車脱線事故

京王電鉄株式会社 高尾線高尾山口駅～高尾駅間 列車脱線事故

平成21年3月27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」

三岐鉄道株式会社 三岐線東藤原駅構内
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：三岐鉄道株式会社
事故種類：列車脱線事故
発生日時：平成20年7月8日 7時47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21年3月9日
運輸安全委員会（鉄道部会）議決
委員長 後藤昇弘
委員 楠木行雄
委員 松本陽（部会長）
委員 中川聡子
委員 宮本昌幸
委員 富井規雄

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	原因関係者からの意見聴取	1
2	認定した事実	1
2.1	運行の経過	1
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	2
2.3	鉄道施設及び車両等に関する情報	2
2.3.1	事故現場に関する情報	2
2.3.2	鉄道施設に関する情報	3
2.3.3	車両に関する情報	8
2.4	鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報	11
2.4.1	鉄道施設の損傷及び痕跡の状況	11
2.4.2	車両の損傷及び痕跡の状況	14
2.5	乗務員に関する情報	14
2.6	運転取扱いに関する情報	14
2.6.1	本件列車の進路に関する情報	14
2.6.2	制限速度に関する情報	14
2.6.3	本件分岐器を通過した車両	14
2.7	気象に関する情報	15
3	事実を認定した理由	15
3.1	脱線の状況等に関する解析	15
3.1.1	先頭車両の前台車第1軸各車輪	15
3.1.2	先頭車両の前台車第2軸各車輪	16
3.1.3	その他の車輪	17
3.2	車両に関する解析	17
3.2.1	先頭車両の前台車第1軸の車輪の形状に関する解析	17
3.2.2	先頭車両の前台車第1軸左車輪の摩耗の進行に関する解析	18
3.3	本件分岐器に関する解析	19
3.3.1	軌道変位に関する解析	19

3.3.2	本件分岐器の開通方向に関する解析	20
3.3.3	左トングレール先端の破断に関する解析	20
3.4	脱線原因に関する解析	22
3.4.1	脱線の状況等に関する解析の要約	22
3.4.2	車両に関する解析の要約	22
3.4.3	本件分岐器に関する解析の要約	23
3.4.4	脱線原因に関する解析	23
3.5	再発防止に関する解析	24
4	原因	24
5	参考事項	25

添 付 資 料

付図 1	三岐線路線図	26
付図 2	事故現場付近の地形図	26
付図 3	事故現場略図	27
付図 4	事故現場付近の痕跡等	28
付図 5	平面線形の構成	29
付図 6	事故現場付近の軌道検測結果	30
付図 7	事故現場付近の軌道形状	31
付図 8	フランジ厚さ、タイヤ厚さ及び車輪径の時間変化	32
付図 9	本件列車と直前通過車両の左車輪断面形状	33
付図 10	レールと車輪の断面形状と脱線の過程	34
付図 11	左トングレール破断箇所の特徴	35
付図 12	左トングレールの破断面	36
付図 13	直線においてフランジ接触して走行する状態となる車輪径差の概算結果	38
写真 1	事故現場の状況	39
写真 2	本件列車の脱線状況	39
写真 3	本件列車の損傷状況	40

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

三岐鉄道株式会社の近鉄連絡線近鉄富田駅発三岐線西藤原駅行き2両編成の下り第5列車は、平成20年7月8日(火)、ワンマン運転で伊勢治田駅を定刻(7時45分)に出発した。

列車の運転士は、東藤原駅下り場内信号機の進行信号現示を確認し、同駅構内の分岐器を通過中、先頭車両(車両は前から数え、前後左右は進行方向を基準とする。)が本来の進路と異なる同分岐器の基準線側に進行したため、非常ブレーキを使用して停止した。先頭車両の前台車全2軸は基準線側で脱線し、後台車の全2軸と後部車両の全4軸は分岐線側に進入してレール上で停止した。

列車には、乗客2名及び運転士1名が乗車していたが、死傷者はなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2名の鉄道事故調査官を指名した。

中部運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

本事故調査に関し、レールの破断面観察を行うにあたって、独立行政法人宇宙航空研究開発機構の協力を得た。

1.2.2 調査の実施時期

平成20年7月8日及び9日	現場調査、車両調査及び口述聴取
平成20年9月29日	レール断面測定

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、三岐鉄道株式会社(以下「同社」という。)の近鉄富田駅発西藤原駅行き下り第5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、西藤原駅発近鉄富田駅行き上り第4列車からの乗務であり、西藤原駅を定刻（6時08分）に出発し、近鉄富田駅に定刻（6時52分）に到着した。

この上り第4列車は折り返して本件列車となり、同駅を定刻（7時02分）に出発した。途中、車両等に異常はなく、伊勢治田駅を定刻（7時45分）に出発し、速度60～65km/h程度まで加速して、東藤原駅（以下「本駅」という。駅中心は富田駅起点23k208m、以下「富田駅起点」は省略。）下り場内信号機（22k835m）の遠方信号機（22k700m）の進行信号現示を同信号機の信号確認標（22k430m）付近で確認した後、ノッチオフして惰行で運転した。その後、本駅下り場内信号機の下り本線（2番線）への進行信号現示を確認して進行し、東藤原第2号踏切道（22k900m）付近を約33km/hの速度で通過した。

本駅15号イ分岐器（以下「本件分岐器」という。）進入前の速度は28km/h程度だったと思う。

本件分岐器を通過中、足元で「ドーン」という大きな音が聞こえ、体が浮き上がる感じがした。先頭車両が本来の進路である分岐線側とは異なる基準線側（3番線側）に進行し、縦に激しく揺れたため、非常ブレーキを使って停止した。

停止後、客室内に入って乗客の状況を確認し、脱線したこと及び乗客には死傷者がいないことを列車無線で指令に報告した後、降車して車両を確認したところ、脱線していたのは先頭車両の前台車全2軸であった。

本件分岐器通過の際に、はっきりと確認したわけではないが、本件分岐器は分岐線側に開通しており、異常はなかったと思う。

事故発生当時、事故現場付近では弱い雨が降っていた。

なお、本事故の発生時刻は7時47分ごろであった。

（付図1、2、3及び写真1、2参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし

2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

本件分岐器は、本駅の富田駅方からの本線と3番線が分岐する位置にある10番片開き分岐器であり、その始端は22k931m、終端は同956mである。

また、本件分岐器は、本駅15号口分岐器との双動分岐器であり、同分岐器の近くに設置されたポイントリバーを係員が手で扱うことにより、両分岐器が同時に転

換する。

本件分岐器の基準線側は本線から3番線に至る直線であり、右方向に分岐する分岐線側が本線となっている。分岐した本線は、本件分岐器の前方にある本駅11号イ分岐器（10番片開き）を経てホームに至る。なお、本件分岐器を下り列車は対向¹で通過し、上り列車は背向²で通過する。

本事故後、本件列車の先頭は3番線（基準線側）の22k972m付近の線路上に停止していた。先頭車両の前台車全2軸が脱線し、第1軸左車輪は基準線側の同970m付近の左レール軌間外、右車輪は同971m付近の軌間内にあった。また、第2軸左車輪は同968m付近の軌間内、右車輪は同969m付近の右レール軌間外にあった。先頭車両の後台車及び後部車両の各車輪は本線側のレール上にあり、脱線していなかった。

（付図3、4及び写真1、2参照）

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 概要

同社の三岐線（26.5km）は、富田駅と西藤原駅間を結ぶ単線の路線であり、軌間は1,067mmである。また、動力は電気（DC1,500V）である。

三岐線では旅客列車（電車）と貨物列車が運転されており、全ての旅客列車は近鉄連絡線の近鉄富田駅～三岐朝明^{あさけ}信号場間、三岐線の同信号場～西藤原駅間で直通運転されている（一部区間運転の列車もある）。

旅客列車運転区間（近鉄富田駅～西藤原駅）の総延長（26.6km）に対し、曲線部の占める割合は約30%で、左曲線及び右曲線はおおむね半分ずつとなっている。また、左右それぞれの向きの曲線の総延長において、半径400m以下の曲線の占める割合は約70～80%である。

（付図5参照）

2.3.2.2 事故現場付近の線路に関する情報

(1) 線形に関する情報

伊勢治田駅から本駅までは上り勾配が連続する区間であり、22k300m～890mの間は25‰の上り勾配、22k890m～23k200mの間は2.5‰の上り勾配でその途中に本件分岐器が設置されている。また、

¹ 「対向」とは、分岐器の始端側から終端側への向きであり、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。

² 「背向」とは、分岐器の終端側から始端側への向きであり、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。

23k200mの前方では3.5%の上り勾配となっている。

本件分岐器の富田駅方の22k288m～646mの間は直線、22k646m～876mの間は半径600mの右曲線であり、その前方では本件分岐器まで直線となっている。左トングレールの形状は直線で長さは約4.6mであり、分岐線側に開通している時には左基本レールと左トングレール先端（同935m）とは約1°40′の角度（入射角）で接している。また、同レールの前方では曲リードレール（半径164.7mの右曲線）が接続するように設計されている。

本件分岐器のスラックは、本件分岐器始端の3m前方からトングレール先端にかけて増加し、同レール先端付近で23mmとなるように設計されている。また、カントの設計値は同レール先端付近では0mmである。

(2) 軌道に関する情報

事故現場付近の軌道は、本件分岐器始端より富田駅方の本線では50kgNレールが使用され、本件分岐器及びその前方の本駅構内では37kgレールが使用されている。

道床は砕石が使用されている。

まくら木は、本件分岐器では主に木まくら木が使用され、本件分岐器以外の区間ではPCまくら木が使用されている。

本駅に設置されている下り場内信号機は、下り本線（2番線）に対する下り場内1R、上り本線（1番線）に対する下り場内2Rの計2機であり、下り列車が本件分岐器の基準線側を走行して3番線へ入線するための下り場内信号機は設けられていない（3番線への進路が取られることはない）。

一方、上り出発信号機については、上り列車が上り本線、下り本線及び3番線のいずれかから出発するために計3機（上り出発1L、同2L及び同3L）設置されており、3番線から出発する列車は本件分岐器の基準線側を走行する。

なお、3番線から出発する列車は、2.6.3に後述する富田駅行き上り第3714列車（貨物列車）だけであり、同列車は毎日運転されるが、日によっては上り本線又は下り本線から出発することがある。このように、本件分岐器を通過する列車のほとんどは分岐線側を通過するため、本件分岐器を転換する頻度は極めて少なく、同社によれば、本事故の2日前（平成20年7月6日）の11時26分に上り第3714列車が3番線から出発し、本件分岐器の基準線側を背向で通過した後に、分岐線側に転換してから本事故までの間、このポイントリバーを扱っていなかったとのことであった。

(付図3、4参照)

2.3.2.3 軌道の定期検査に関する情報

(1) 軌道変位検査に関する情報

同社から提出された本事故前直近の分岐器検査記録（平成19年11月5日実施）には、本件分岐器において測定した軌間及び水準変位の測定値が記録されていた。

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」第3条第4項に基づき、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」に示された基準値（表1参照）と各変位の測定値を比較すると、5m平面性変位については基準値を超えていなかったが、軌間変位については本件分岐器始端から2m前方の付近で5mm程度超えていた。（付図6参照）

高低及び通り変位の測定値については記録がなかったが、同社によると、目視により異常がないことを確認していたとのことであった。

表1 軌道変位基準値（静的値）

種 類	基 準 値
軌 間	+ 1 4
水 準	（5 m平面性 ³ に基づく）
高 低	± 2 7
通 り	± 2 5
5 m平面性	± 2 3

単位は mm

(2) 分岐器検査に関する情報

同社では、「土木・施設実施基準」において、以下のような分岐器のレール交換基準が定められていた。

- ① 本線上の分岐器の37kgレールについては、摩耗量が8mmに達した際には交換しなければならない。
- ② 分岐器のレールのうち、基本レール及びトングレールの摩耗量が、それぞれ5mm及び6mmに達したときには、そのレールを交換しなければならない。
- ③ 摩耗量が①又は②に示した値に達していなくても、トングレール先端部

³ 「平面性」とは、レールの長さ方向の2点間の水準変位の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が5mであれば5m平面性変位といい、2mであれば2m平面性変位という。なお、本文中では、左前方が下がる向きにねじれている場合の平面性変位をマイナス側としている。

の機能を損なう程度に摩耗している、甚だしく摩耗し表面が荒れている、車輪フランジの割込み若しくは競り上がりを生じやすい状態にある、又はその他の異常がある場合には交換しなければならない。

(1)に記述した分岐器検査記録には、本件分岐器の左基本レール、左トングレール及び曲リードレールの摩耗量が大きくなっていることが記録されていた。なお、摩耗に関する検査は目視により行われたため、摩耗量の数値は記録されていなかった。

また、同社から提出された本事故前直近の巡回検査記録（平成20年6月16日実施）には、本件分岐器の転てつ器の転換動作、トングレールの密着状態等には異常がなかったことが記録されていた。

2.3.2.4 本件分岐器に係る保守に関する情報

同社によれば、2.3.2.3(2)に記述したように、分岐器検査の際に左基本レール、左トングレール及び曲リードレールの摩耗量が大きかったことから、これらのレールを平成20年7月23日～25日に交換するよう計画していたとのことであった。

なお、これらのレールの本事故前直近の交換時期は本事故より10年以上前であったが、三岐線の他の分岐器のレールに比べて特に速く摩耗が進行しているようには見られなかったとのことであった。

2.3.2.5 事故現場付近の軌道変位の調査

2.4.1(1)に後述するように、本事故によると見られる軌道の痕跡のうち、最も富田駅方のものは、左トングレール先端（22k935m）付近にあったことから、本事故後に本件分岐器始端から同レール先端付近までの区間における軌間、通り（左レール）、水準変位及び2m平面性変位を0.2m間隔で測定したところ、以下のとおりであった。

軌間は本件分岐器始端からトングレール先端に向かって増加し、全ての値が設計値を超えていた。また、同始端の1.6～3.2m前方の付近では基準値を超えていた。

通りは設計値より4～7mm程度小さく、大きな変動はなかった。

水準変位及び2m平面性変位は、トングレール先端付近において、それぞれ設計値より1mmずつ大きかった（水準変位については左レールが高かった）。

（付図6参照）

2.3.2.6 事故現場付近の軌道の形状等の調査

(1) 左基本レール

本事故後に、本件分岐器始端から左トングレール先端付近までの区間における左基本レールの頭部右側面の摩耗量を測定した。摩耗量は本件分岐器始端から左トングレール先端に向かって増加し、同始端の2.0～3.8 m前方の付近では最大で10 mmであり、2.3.2.3(2)②に記述した基準値(5 mm)を超えていた。また、左トングレール先端付近での摩耗量は3 mmであった。

(2) 左トングレール

左トングレールについては、本事故後に確認したところ、以下のとおりであった。

- ① 本件分岐器は分岐線側に転換していた。
- ② 設計上は直線である左トングレールの先端と終端との間に張った糸と同レールの頭部右側面との左右離隔距離を測定したところ、最大で12 mmの離隔があり、同レール右側面は左に凹んだ状態にあった。同レール右側面の摩耗量⁴は、同レール先端から0.1 mまでの範囲では1 mm程度であったが、同レール先端の0.6 m前方の付近では9 mmであり、2.3.2.3(2)②に記述した基準値(6 mm)を超えていた。
- ③ 左トングレール先端を中心として張った10 mの糸と同レール及び左基本レール右側面との左右離隔距離を測定し、左基本レールと左トングレールとが接する角度(入射角)を算出すると、約1° 32'であり、2.3.2.2(1)に記述した設計値(1° 40')に近いものであった。

(付図7参照)

2.3.2.7 運転保安設備に関する情報

三岐線の閉そく方式には、単線自動閉そく式が用いられており、本駅の駅本屋⁵には制御盤が設置されている。

2.3.2.2(2)に記述した本駅下り場内信号機1 R及び同2 Rの建植位置は、22 k 835 mとなっている。また、本駅上り出発信号機1 L、同2 L及び同3 Lの建植位置は、それぞれ23 k 025 m、同059 m及び同050 mとなっている。

本駅下り場内信号機は、本件分岐器が分岐線側に開通していることを電氣的に検知できないと、進行を指示する信号を現示できない。同社によれば、本件列車が本駅に進入する際、同信号機には下り本線への進行を指示する信号が現示されていることを本駅の社員が制御盤上で確認していたとのことであった。

(付図3参照)

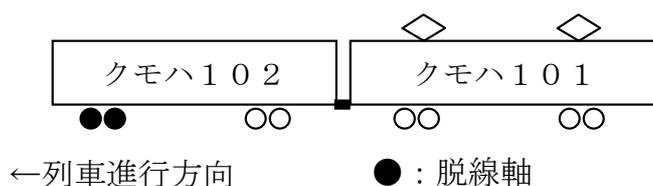
⁴ ここでは、レール頭頂面から10 mm下の位置での左トングレールと新品トングレールのレール頭部幅を測定し、その差を摩耗量とした。

⁵ 「駅本屋」とは、駅務施設や接客施設、旅客施設等の主要な施設が入った駅の建物のことである。

2.3.3 車両に関する情報

2.3.3.1 概要

車種	直流電車（DC 1,500V）
編成両数	2両
編成定員	312名（座席定員 132名）
空車質量	38.0 t
車輪踏面形状	円錐踏面 ⁶ （踏面勾配の設計値 1 / 20）
記号番号	



2.3.3.2 車両の管理状況に関する情報

(1) 輪軸の寸法及び形状

- ① 同社から提出された本事故前の月検査記録⁷（月検査(i)平成19年6月27日、(ii)同年9月27日、(iii)同年12月21日、(iv)平成20年3月18日及び(v)同年6月18日実施）、臨時検査記録（平成19年3月28日実施）及び本事故後の測定結果によれば、本件列車各車両の輪軸各部のうち、車輪のリム一对の内面距離、車輪のフランジ高さ、フランジ厚さ及びタイヤ厚さ⁸の各寸法（付図8参照）は、届出実施基準の一部である「車両実施基準」及びこれに基づいて定められた内規に示された月検査時の限度値⁹の範囲内であった。なお、これらの寸法は、各検査時に担当者が車輪の任意の1箇所においてタイヤゲージの目盛を読み取って測定されたものであった。

本事故後に確認したところ、先頭車両の前台車第1軸左車輪のフランジ厚さは他の車輪に比べて小さく、タイヤ厚さは限度値に近いものとなっていた（表2参照）。また、同軸においては右車輪の方がタイヤ厚さは大きく、

⁶ 「円錐踏面」とは、車輪踏面の断面形状の一種であり、踏面の中心付近の形状が円錐状の踏面のことである。

⁷ 同社における「月検査」とは、3ヶ月を超えない期間ごとに電車の状態及び機能について在姿状態で行う検査のことである。

⁸ 本件列車の車輪は一体圧延車輪であるが、同社ではタイヤゲージで測定されたリム厚さのことを「タイヤ厚さ」と呼んでいる。

⁹ 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。

左右車輪のタイヤ厚さの差は2.5 mm であり、他の軸に比べて大きくなっていた。

本事故前直近の車輪転削（平成19年3月28日実施の臨時検査時）以降における同軸左右車輪のタイヤ厚さは、測定時ごとに減少し、減少量は左車輪の方が大きくなっていた。

なお、上述の臨時検査は車輪転削を含む輪軸交換に伴うものであり、同検査前にクモハ101（後部車両）が使用していた輪軸がクモハ102（先頭車両）に、また他の車両が使用していた輪軸がクモハ101（後部車両）に、それぞれ付け換えられた。

② ①に記述した車両実施基準に基づく内規には、重要部検査及び全般検査時の検査項目として車輪径（車輪直径）差が挙げられており、その限度値は以下のものであった。

- | | | | |
|---|------|----|-------|
| a | 同一輪軸 | 上限 | 1 mm |
| b | 同一台車 | 同 | 6 mm |
| c | 同一車両 | 同 | 10 mm |

同社では、上述の臨時検査時には、重要部検査及び全般検査の検査項目のうち、輪軸等に係る検査を実施しており、本件列車先頭車両における車輪径差は上記の限度を超えていなかった。また、臨時検査記録に記された先頭車両のタイヤ厚さの測定値から算出される先頭車両における車輪径差も上記の限度を超えていなかった。

一方、本事故後における先頭車両のタイヤ厚さの測定値を用いて車輪径差を算出すると、前台車第1軸右車輪の車輪径780 mm と同軸左車輪の車輪径775 mm の差（5 mm）は上記aの限度値を大きく超えていた。

③ 本件列車先頭車両の車輪の走行距離は、臨時検査時から本事故時までは135,993 km であった。臨時検査以前に行われた過去3回の車輪転削時点までの走行距離は、それぞれ101,266 km、309,774 km 及び318,904 km であった。

④ 本事故後に本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪の断面形状を測定したところ、正規の断面に比べてフランジが直立に摩耗¹⁰し、フランジ角は83° であり、設計値の60° より著しく大きくなっていた。

このフランジ角は、本件列車の他の台車及び事故前夜の下り76列車から本事故前までの間に本件分岐器を対向で通過した電車及び機関車（以下

¹⁰ 「直立に摩耗」とは、車輪のフランジ喉元部が摩耗することにより、フランジがほぼ直立になるような摩耗のことであり、「直摩」とも呼ばれる。

「直前通過車両」という。)の各台車の第1軸左車輪のフランジ角(約 62° ～ 75°)より大きいものであった。なお、下り76列車は本件列車に使用された車両(クモハ102及びクモハ101。以下「本件車両」という。)が本事故発生前に本件分岐器を対向で通過した最後の列車である。(本件分岐器を通過した列車の詳細は2.6.3参照)

なお、フランジの断面形状及びフランジ角については、臨時検査時や月検査時に測定することにはなっていなかった。

- ⑤ 本事故後に調査したところ、本件車両の車輪表面及び台車の状態には、上記を除き特に異常は認められなかった。
- ⑥ 上記④に記述したように測定した先頭車両の前台車第1軸左車輪の断面を、左トングレール先端付近(左トングレール先端の20mm後方～40mm前方付近)において測定した同レール及び左基本レールの断面に重ねる(ただし、左トングレールに関しては、軌間内に落下していた2個の金属片を破断前にあったと見られる位置に接合したものと考えた場合である。これら金属片及び破断についての詳細は2.4.1(2)及び(3)参照)と、フランジの角点^{かくてん}¹¹(付図10参照)付近が左トングレール先端に接触する場合があった。

¹¹ 「角点」とは、フランジ面とフランジ先端円の境界の角張った点のことであり、左車輪ではフランジ先端からフランジ面側に約2mmの箇所が存在した。

表2 輪軸各部寸法とその限度値

車両	台車	車軸	内面距離	車輪	フランジ 厚さ	フランジ 高さ	タイヤ 厚さ
先頭 車両 (クモハ 102)	前	1	990	左	25.0	31.5	22.5
				右	32.0	30.5	25.0
		2	990	左	29.0	31.0	24.0
				右	31.0	29.0	25.0
	後	1	990	左	29.0	31.0	23.0
				右	32.0	30.5	25.0
		2	990	左	32.0	30.5	25.0
				右	28.5	30.5	24.0
後部 車両 (クモハ 101)	前	1	990	左	28.0	31.5	22.0
				右	32.0	32.0	22.0
		2	990	左	32.0	31.5	23.0
				右	26.5	32.5	22.0
	後	1	990	左	29.5	31.0	23.0
				右	32.0	30.5	23.0
		2	990	左	32.0	32.0	23.0
				右	27.5	31.5	22.0
限度値	下限値		990		22	25	22または 25*
	上限値		994		32	35	

単位はmm

*月検査では22mm、重要部検査及び全般検査では25mm

(2) 静止輪重

同社が本事故後に本件列車の先頭車両について、前后台車の静止輪重比(左右車輪の輪重の平均値に対する比)を測定したところ、±8%以内であり、「車両実施基準」に定められた限度値(±15%)の範囲内であった。

(付図8、9、10参照)

2.4 鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

(1) 左基本レールの頭部右側面には、本件分岐器始端の3.6m前方の付近から

左トングレール先端付近にかけて斜め上方への傷があった。

(2) 左トングレール先端の頭部はつぶれて左に変形していた。また、同レール先端の約10～170mm前方の範囲で、同レールの頭部が最大で高さ約10mm破断し、破断面は左下に傾斜していた。さらに、同レール先端の約96～134mm前方の範囲で、同レールの頭部は左に変形し、左右側面には上記の破断面から続く前方斜め上方への亀裂があった。

(3) 左トングレール先端付近の軌間内には、長さ×高さが67mm×10mm及び47mm×10mm程度の2つの金属片（以下、各金属片をそれぞれ金属片A及び金属片Bといい、これらを総称して「金属片」という。）が落下していた。この金属片については、以下の特徴があった。（付図11、12参照）

① 金属片の破断面を同レールの破断面に重ねると、両破断面の形状が部分的に一致して本来のトングレールの形となった。

② 金属片の破断面の右側（軌間線側）には、引きちぎられたような形状が見られた。

金属片Aについては、始端部（左トングレール先端側）及び中央部～終端部の頭頂面がつぶれて右に変形し、中央部～終端部のつぶれ面は左下に傾斜していた。

金属片Bについては、始端部が右に変形し、金属片Aと接していたと見られる破断面は左下に傾斜していた。また、頭頂面がつぶれて左に変形していた。

③ 左トングレールと金属片の破断面は、若干の錆が見られたが、金属光沢が見られる新しい破断面であった。両破断面の中央には脆性破壊¹²の特徴であるリバーパターン¹³を有する破断面（脆性破面）が多く見られた。

また、両破断面の左側（左基本レール側）及び右側には延性破壊¹⁴の特徴であるディンプル（小さなくぼみ）やせん断型の破断面（延性破面）が見られ、左側の延性破面の方が面積は大きかった。

さらに、左トングレール先端の約136mm前方における同レールの断面を観察したところ、上からの力によって圧縮され、塑性変形¹⁵した様子が見られた。

¹² 「脆性破壊」とは、破断までに材料の著しい伸びや絞りを伴わない破壊である。

¹³ 「リバーパターン」とは、川状の模様のことである。

¹⁴ 「延性破壊」とは、破断までに材料の著しい伸びや絞りを伴う破壊である。

¹⁵ 「塑性変形」とは、外力によって変形した状態において、その外力を取り除いても元の形に戻らない変形のことである。

なお、両破断面とも疲労破壊の特徴であるストライエーション¹⁶は見られなかった。

- (4) 左トングレール先端から約1 m前方の同レール頭部左角（左基本レールとの接触箇所付近）に、長さ約15～70 mm、幅約5 mmの欠損が3箇所あった。
- (5) 左トングレール終端付近の同レール頭部左側面には、左車輪の背面が接触したと見られる痕跡があった。
- (6) 右トングレールは左に湾曲し、同レールと右基本レールの間に設置してあった止め金具の上部には右車輪のフランジ先端が接触したと見られる変形があり、同金具と右トングレールを締結していたボルトが折損していた。

また、同レール終端及び直リードレールの頭頂面には、右車輪が接触したことによると見られる痕跡があった。

- (7) トングレール終端より前方の22k940 m～950 m付近の軌道上には、脱線の痕跡は見られなかった。
- (8) 22k950 m付近の曲リードレールの頭部左側面には、左車輪の背面が接触したと見られる痕跡があった。この約0.3 m前方の基準線側の軌間内に設置されていたゲージストラット¹⁷が折損し、その約1 m右の分岐線側まくら木の軌間内には、同955 m付近にかけて、右車輪が接触したと見られる痕跡があった。
- (9) 22k952 m～963 m付近の基準線側左レールの頭頂面には、左車輪等が接触したと見られる多数の傷があった。この痕跡は、同956 m付近の同レール軌間外のレールボンドの損傷、及びその前方の基準線側まくら木の左レール軌間外の痕跡を経て、同959 m～972 m付近の同レール軌間外に敷設されていた本件分岐器の転てつ管用側溝及びその踏み板の外れや湾曲等の損傷に続き、本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪の停止位置（同970 m）付近に達していた。
- (10) 22k953 m付近の右ウィングレールの頭頂面に傷があり、同954 m付近から前方の基準線側まくら木の軌間内には、車輪が接触したと見られる痕跡が見られた。このうち、同957 m付近及び同962 m付近から前方では、複数の痕跡が各まくら木の軌間内に見られ、一部の痕跡は同960 m付近から前方の基準線側左レール軌間内のレール締結装置の損傷を経て、先頭車両の前台車第1軸右車輪の停止位置（同971 m）付近まで続いていた。

また、基準線側まくら木中央付近の痕跡の一部は、先頭車両の前台車第2

¹⁶ 「ストライエーション」とは、縞状の模様のことである。

¹⁷ 「ゲージストラット」とは、軌間保持のために左右レール間に敷設する棒のことである。

軸左車輪の停止位置（同 9 6 7 m）付近まで続いていた。

- (11) 2 2 k 9 5 6 m～9 6 0 m付近の分岐線側左レールの頭頂面には、車輪が接触したと見られる傷があった。この痕跡は、同 9 6 1 m付近の同レール軌間外から先頭車両の前台車第 2 軸右車輪の停止位置（同 9 6 8 m）付近までの基準線側まくら木の右レール軌間外の痕跡に続いていた。

（付図 4、1 1、1 2 及び写真 1、2 参照）

2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

本件列車の先頭車両の排障器、ブレーキ装置、昇降ステップ、アース線、ギヤ・ケース等が損傷した。また、脱線後に線路上を走行した際にレールやまくら木等に接触したことによると見られる打痕や傷が本件列車先頭車両の前台車各車輪にあった。

（写真 3 参照）

2.5 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 3 5 歳

甲種電気車運転免許

平成 6 年 6 月 3 0 日

2.6 運転取扱いに関する情報

2.6.1 本件列車の進路に関する情報

本件列車は、本件分岐器で分岐線側に進入し、その前方に敷設された本駅 1 1 号イ分岐器により下り本線（2 番線）に進入して本駅下りホームに停車する予定であった。

2.6.2 制限速度に関する情報

届出実施基準の一部である「運転取扱心得」によれば、本件分岐器の分岐線側通過時の制限速度は 3 0 km/h とされている。

2.6.3 本件分岐器を通過した車両

同社によれば、本事故前直近で本件分岐器が分岐線側に転換されたのは、本事故の 2 日前（平成 2 0 年 7 月 6 日）の 1 1 時 2 6 分に 3 番線から出発した富田駅行き上り第 3 7 1 4 列車（貨物列車：機関車 2 両、貨車 1 6 両）が本件分岐器の基準線側を背向で通過した後（1 1 時 2 8 分ごろ）であり、この後に本件分岐器を通過した全ての列車は分岐線側を通過していた。本件車両は、転換後の本件分岐器を対向で 1 7 回、背向で 1 7 回通過していた。

本件車両が本件分岐器を対向で本事故前直近に通過したのは、事故前日の23時22分ごろに本駅に到着した西藤原駅行き下り第67列車であった。この後に、本件分岐器を対向で通過した列車は、旅客列車6本及び貨物列車1本であり、延べ通過車両数は電車14両、機関車2両、貨車8両であった。

2.7 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気（事故当日早朝から事故発生時まで） 雨

3 事実を認定した理由

3.1 脱線の状況等に関する解析

3.1.1 先頭車両の前台車第1軸各車輪

(1) 2.4.1(9)及び(10)に記述したように、

① 22k952m付近から前方の基準線側左レールの傷は、同線側まくら木の左レール軌間外等の痕跡を経て、先頭車両の前台車第1軸左車輪の停止位置付近に達していたこと

② 22k954m付近から前方の基準線側まくら木の軌間内に見られた痕跡の一部は、同線側左レール軌間内のレール締結装置の損傷を経て、右車輪の停止位置付近まで続いていたこと

から、左右の車輪は22k952m～954m付近で基準線側左右レールからそれぞれ左に脱線し、停止位置まで走行したものと推定される。

(2) 2.4.1(7)及び上記(1)に記述したように、

① 22k940m～950m付近の軌道上には、脱線の痕跡は見られなかったこと

② 先頭車両の前台車第1軸左右車輪は、22k952m～954m付近で基準線側レールから脱線したと推定されること

から、22k940m～950m付近の区間では、左車輪は基準線側の左基本レール及び左主レール上を走行し、右車輪は同線側の直リードレール上を走行したものと推定される。

(3) 2.3.3.2(1)⑥、2.4.1(1)、(2)、(4)、(5)及び上記(2)に記述したように、

① 先頭車両の前台車第1軸左車輪の断面を、左トングレール先端付近において測定した同レール及び左基本レールの断面に重ねると、フランジの角点付近が左トングレール先端に接触する場合があったこと

② 左基本レールの頭部右側面には左トングレール先端付近にかけて斜め上

方への傷があったこと

- ③ 左トングレール先端の頭部はつぶれて左に変形し、また破断していたこと
- ④ 左トングレール先端の約1 m前方の同レール頭部左角に欠損があったこと
- ⑤ 左トングレール終端付近の同レール頭部左側面に左車輪の背面が接触したと見られる痕跡があったこと
- ⑥ 22k940 m～950 m付近では、左車輪は左基本レール及び左主レール上を走行したと推定されること

から、左トングレール付近における左車輪は、同車輪のフランジ先端付近が同レール先端に乗り上がり、同レールの頭頂面上をフランジで走行した後、同レール終端付近で左基本レール上を踏面で走行する状態に推移したものと推定される。

(4) 2.4.1(6)及び上記(2)に記述したように、

- ① 右トングレールは左に湾曲し、止め金具の上部に右車輪のフランジ先端が接触したと見られる変形があったこと
- ② 右トングレール終端及び直リードレールの頭頂面に右車輪が接触したと見られる痕跡があったこと
- ③ 22k940 m～950 m付近では、先頭車両の前台車第1軸右車輪は直リードレール上を走行したと推定されること

から、右トングレール付近における右車輪は、その背面を同レールの右側面に、またフランジ先端を止め金具に接触させながら同レールを左に湾曲させて進行した後、同レール終端付近で同レールに乗り上がり、さらに直リードレール上を踏面で走行する状態に推移したものと推定される。

(付図10参照)

3.1.2 先頭車両の前台車第2軸各車輪

(1) 2.4.1(8)、(10)及び(11)に記述したように、

- ① 22k950 m付近の曲リードレールの頭部左側面に左車輪の背面が接触したと見られる痕跡があり、その前方の基準線側軌間内のゲージストラットが折損していたこと、及び同955 m付近にかけての分岐線側まくら木の軌間内に右車輪が接触したと見られる痕跡があったこと
- ② 22k953 m付近の右ウィングレール頭頂面に傷があり、同954 m付近から前方の基準線側まくら木の軌間内の一部の痕跡は、先頭車両の前台車第2軸左車輪の停止位置付近に続いていたこと

③ 22k956m～960m付近の分岐線側左レールに車輪が接触したと見られる傷があり、同961m付近の同レール軌間外から右車輪の停止位置付近までの痕跡に続いていたこと

から、22k950m付近において、左右車輪は分岐線側左右レールからそれぞれ左に脱線し、停止位置まで走行したものと推定される。

(2) 2.4.1(7)及び上記(1)に記述したように、

① 22k940m～950m付近の軌道上には脱線の痕跡は見られなかったこと

② 先頭車両の前台車第2軸左右車輪は、22k950m付近で分岐線側レールから脱線したと推定されること

から、22k940m～950m付近の区間では、左右車輪はそれぞれ分岐線側の曲リードレール、右基本レール上を走行したものと推定される。

3.1.3 その他の車輪

2.4.2に記述したように、損傷があった車輪は先頭車両の前台車各車輪のみであったことから、他の車輪は脱線しなかったものと推定される。

3.2 車両に関する解析

3.2.1 先頭車両の前台車第1軸の車輪の形状に関する解析

2.3.3.2(1)②、④及び⑥に記述したように、

(1) 先頭車両の前台車第1軸においては、左車輪の方が右車輪に比べて車輪径が5mm程度小さく、同一の車軸において左右車輪の車輪径が異なると、車軸は車輪径の小さい方の車輪側に寄って走行する傾向が生じることから、左トングレールに達するまでは線形は直線であったが、第1軸は左に寄って走行し、左車輪はフランジに近い位置で左基本レールに接触していたと考えられること

(2) 左車輪のフランジは直立に摩耗し、フランジ角は 83° であって設計値(60°)、並びに本件列車の他の台車及び直前通過車両の各台車の第1軸左車輪のフランジ角より大きくなっており、また左車輪と左トングレール等との断面を重ねると、フランジの角点と同レールの先端に接触する場合があったこと

から、左車輪のフランジ先端部付近は左トングレール先端に乗り上がりやすい状態であったものと考えられる。

(付図10参照)

3.2.2 先頭車両の前台車第1軸左車輪の摩耗の進行に関する解析

- (1) 2.3.2.1に記述したように、旅客列車運転区間における左右の曲線延長の割合は同程度であった。このことから、2.3.3.2(1)④に記述した右車輪より左車輪の摩耗の方が大きくなったことに、線形が関与した可能性は低いものと考えられる。
- (2) 2.3.3.2(1)③に記述したように、臨時検査時から本事故時までの先頭車両の車輪の走行距離は、過去の転削間隔における走行距離に比べて同程度かそれ以下であった。このことから、2.3.3.2(1)④に記述した左車輪の摩耗が大きくなったことに、臨時検査時からの走行距離が関与した可能性は低いものと考えられる。
- (3) 3.2.1に記述したように、同一の車軸において左右車輪の車輪径が異なると、車軸は車輪径の小さい方の車輪側に寄って走行する傾向が生じる。ここで、付図13に示すように、車輪とレールの接触位置から、直線において左車輪のフランジが左レールの頭部右側面に接触して走行する状態となる場合の左右車輪の車輪径差の最小値は、以下の式により概算できる。

$$\text{車輪径差} = \{ [\text{軌間} - (\text{車輪内面距離} + \text{左右車輪のフランジ厚さ})] \times 1 / 20 \} \times 2$$

本式における係数1/20は、2.3.3.1に記述した本件列車の車輪踏面勾配の設計値である。なお、実際には、レール頭頂面は曲面であるため、輪軸が左右に移動した際に車輪とレールの接触点は変化することから、本式で得られる車輪径差には微少な誤差が含まれる。

本式に、2.3.2.1及び2.3.3.2(1)①に記述した軌間(1,067mm)、並びに先頭車両の前台車第1軸左右車輪の車輪内面距離及びフランジ厚さを代入し、左車輪のフランジが左レール頭部右側面に接触して走行する車輪径差の最小値を求めると、臨時検査時においては1.4mm、月検査時においては1.4～1.8mm、及び本事故後においては2mmとなった。

ここで、2.3.3.2(1)①に記述した月検査時のタイヤ厚さの測定値を用いて左右車輪の車輪径差を算出すると、車輪径差は月検査時毎に単調には増加していないが、月検査(i)、(ii)及び(v)の各測定時において上記の最小値を上回っていたこと、並びに2.3.3.2(1)②に記述した本事故後における車輪径差(5mm)は月検査(v)での車輪径差より著しく大きかったことから、特に本事故前直近の月検査(v)以降、直線及び右曲線において第1軸は左に寄って走行し、左車輪のフランジが左レール右側面に接触して走行する傾向が継続していたと考えられる。

特に、2.3.3.2(1)②に記述した本事故後の車輪径差(5mm)においては、

直線及び右曲線その他、半径の大きな左曲線でも、左車輪のフランジが左レール右側面に接触する傾向にあったものと考えられる。

また、一般に、円錐踏面の車輪では円弧踏面¹⁸の車輪に比べて左右車輪の行路差(車輪が1回転したときの左右車輪の走行距離差)を得にくいために、内外軌でレールの長さに差が生じる曲線部において、フランジがレール側面に接触して摩耗しやすいとされており、2.3.3.1に記述したように、本件列車の車輪がこの円錐踏面であった。

以上のことから、本事故前の約1ヶ月の間に、左右車輪の車輪径差が急激に拡大したことにより、第1軸が左に寄って走行する傾向が生じ、左車輪のフランジが左レール側面に頻繁に接触して走行しやすい状態となり、2.3.3.2(1)④に記述したように、フランジが直立に摩耗していったものと考えられる。

なお、2.3.3.2(1)④に記述したように、臨時検査時や月検査時におけるフランジの断面形状及びフランジ角については測定されていなかったため、これらの時間的な推移を明らかにすることはできなかった。また、臨時検査時以降に車輪径差の変動が生じた理由についても、明らかにすることができなかった。

(付図13参照)

3.3 本件分岐器に関する解析

3.3.1 軌道変位に関する解析

2.3.2.5に記述したように、本件分岐器始端からトングレー先端の間における軌間が設計値より大きかったことから、本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪が本件分岐器を対向で通過した際に、線形は直線であったが、左基本レール及び左トングレーに対する左車輪のアタック角¹⁹が生じた可能性が考えられる。このようにアタック角が増加した場合には、フランジ先端部付近が左トングレー先端に乗り上がりやすい状況となる。

ここで、軌間が大きくなったのは、主に2.3.2.6(1)に記述した左基本レールの摩耗によるものと考えられる。この摩耗は、2.3.2.6(2)③に記述したように、左基本レールと直線の左トングレーとは約 $1^{\circ}32'$ の入射角をもって接していたことから、本件分岐器の分岐線側を背向で通過する車両から左基本レールの頭部右側面

¹⁸ 「円弧踏面」とは、車輪踏面の断面形状の一種であり、いくつかの円弧の組み合わせからなる車輪の踏面のことである。

¹⁹ 「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。

に横圧が繰り返し作用したことにより、増加していったものと考えられる。

3.3.2 本件分岐器の開通方向に関する解析

- (1) 2.1に記述したように、本件運転士が本駅下り場内信号機の進行信号現示を確認したと口述していること
- (2) 2.3.2.2(2)、2.3.2.6(2)①、2.3.2.7及び2.6.3に記述したように、
 - ① 本件分岐器は本事故の2日前に分岐線側に転換されてから本事故時までの間、ポイントリバーは操作されず、全ての列車は分岐線側を通過していたこと
 - ② 本事故後には、本件分岐器は分岐線側に転換した状態にあったこと
 - ③ 本駅下り場内信号機は、本件分岐器が分岐線側に開通していることを電氣的に検知しないと、進行を指示する信号を現示できず、本件列車が本駅に進入する際、本駅の社員が分岐線側への開通を制御盤上で確認していたこと

から、本事故時には本件分岐器は分岐線側に開通した状態にあったものと推定される。

3.3.3 左トングレール先端の破断に関する解析

- (1) 2.4.1(3)①及び③に記述したように、
 - ① 金属片の破断面を同レールの破断面に重ねると、同レールの破断面の形状が部分的に一致して本来のトングレールの形状を構成したこと
 - ② 左トングレールと金属片の破断面とも、中央には脆性破面が、また左右には延性破面が見られたことから、両破断面の特徴は同じであったことから、この金属片は同レールが破断して生じたものと推定される。
- (2) 2.4.1(2)、(3)②、③及び2.7に記述したように、
 - ① 左トングレール先端の頭部はつぶれて左に変形していたこと
 - ② 金属片の頭頂面はつぶれる等して右に変形し、つぶれ面及び左トングレール等の破断面は左下に傾斜していたこと
 - ③ 左トングレールと金属片の破断面とも、脆性破面及び延性破面は見られたが、疲労破壊の特徴は見られなかったこと
 - ④ 左トングレールには上からの力によって圧縮され、塑性変形した様子が見られたこと
 - ⑤ 事故当日は早朝から本事故発生時まで雨であったが、左トングレール先端及び金属片の破断面は、若干の錆が見られたものの、金属光沢が見られて新しかったことから、長時間をかけて破断面が形成されたものではない

と考えられること

から、左トングレールは疲労によって破断したのではなく、本事故の際に、左トングレールの上部は右斜め上方からの荷重を受けて、左下へ滑るような延性破壊、及び脆性破壊によって短時間で破断した可能性が考えられる。

- (3) 2.3.2.6(2)③、3.2.1、並びに上記(1)及び(2)に記述したように、
- ① 左基本レールと左トングレールとは約 $1^{\circ}32'$ の入射角をもって接していたことから、本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪は、そのフランジ先端部付近が左トングレールと接触し、同レールにより分岐線側に誘導される際に、左車輪から同レール頭部には衝撃的な輪重及び横圧が作用したものと考えられること
 - ② 本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪のフランジは同レール先端に乗り上がりやすい状態にあったこと
 - ③ 金属片は同レールが破断して生じたものと推定されること
 - ④ 左トングレールは本事故の際に破断した可能性が考えられることから、先頭車両の前台車第1軸左車輪が左トングレールに乗り上がり、その頭頂面上を走行したことにより、同レールは破断し、金属片が生じた可能性が考えられる。
- (4) なお、2.1及び2.3.2.2(1)に記述したように、
- ① 本件運転士が60～65km/hまで加速した後、本駅下り場内信号機の遠方信号機の信号確認標(22k430m)付近でノッチオフして惰行で運転したと口述していること
 - ② 上記①に記述した信号確認標から本件分岐器のトングレール先端までの間においては、22k890mまでは2.5‰、その前方では2.5‰の上り勾配であったこと、及び22k646mまでは直線、その前方では22k876mまでは半径600mの曲線、さらにその前方では直線であったこと
- から、信号確認標付近において速度60～65km/hからノッチオフしたと仮定して、本件分岐器のトングレール先端付近における本件列車の速度を試算²⁰すると約21～32km/hとなった。このこと及び2.1に記述したように、本件運転士が本件分岐器進入前の速度は28km/h程度であったと口述していることを勘案すれば、同レール先端付近において、本件列車は、2.6.2に記述した制限速度(30km/h)の範囲内で走行していたものと考えられる。

²⁰ここでは、曲線抵抗力、勾配抵抗力及び走行抵抗力を考慮して試算した。(参考文献 運転理論研究会：運転理論(改訂版)，日本鉄道運転協会，2002.3)

このことから、本件列車が制限速度を超えて走行して、上記(3)②に記述した衝撃的な荷重が作用した可能性は低いものと考えられる。

3.4 脱線原因に関する解析

脱線原因に関する解析を行うにあたり、3.1～3.3に記述した脱線の状況等に関する解析、車両に関する解析及び本件分岐器に関する解析の要約を以下に示す。

3.4.1 脱線の状況等に関する解析の要約

3.1に記述した脱線の状況等に関する解析をまとめると、本件列車は以下のような過程で脱線した可能性が考えられる。

- (1) 先頭車両の前台車第1軸左車輪は、左トングレール先端付近において同レールに乗り上がった。
- (2) 左トングレールに乗り上がった左車輪は、同レールの頭頂面上をフランジで走行した。このため、左車輪からの荷重により同レールの頭部が破断した。
一方、同軸右車輪は、その背面を右トングレールの右側面に接触させて同レールを左に湾曲させ、また同レールの止め金具はフランジ先端が接触したことにより損傷した。
- (3) 次に、左車輪は左トングレール終端付近で基準線側の左基本レール上を踏面で走行する状態に推移し、右車輪は右トングレール終端付近で同レールに乗り上がり、同線側の直リードレール上を踏面で走行する状態に推移した。
- (4) この後、先頭車両の前台車第2軸左右車輪は、それぞれ分岐線側の曲リードレール及び右基本レール上を走行した。
- (5) 以上のように、先頭車両の前台車第1軸は基準線側、同台車第2軸は分岐線側のそれぞれ異なる線路に進入した後、第1軸左右車輪は、22k952m～954m付近で基準線側のレールから脱線し、また、第2軸左右車輪は22k950m付近で脱線し、各車輪の停止位置まで軌道等を損傷させながら走行した。

(付図12参照)

3.4.2 車両に関する解析の要約

3.2に記述した車両に関する解析をまとめると、本件列車先頭車両の前台車第1軸の各車輪については、以下のものであった。

- (1) 左車輪の方が右車輪に比べて車輪径が小さかったため、左トングレールに達するまでは、第1軸が左に寄り、左車輪はフランジに近い位置で左基本レールに接触して走行していたと考えられること、及び左車輪のフランジが直立に摩耗し、フランジ角が大きかったことから、左車輪のフランジ先端部

付近は、本件分岐器の左トングレール先端に乗り上がりやすい状態であったものと考えられる。

- (2) 左車輪の摩耗が大きくなったことに、線形もしくは臨時検査時からの走行距離が関与した可能性は低いものと考えられる。
- (3) 左車輪のフランジは、本事故前に左右車輪の車輪径差が拡大したことにより、特に直線及び右曲線において第1軸が左に寄って走行する傾向が生じ、左レール側面に頻繁に接触して走行しやすい状態となったために、直ちに摩耗していったと考えられる。

3.4.3 本件分岐器に関する解析の要約

3.3に記述した本件分岐器に関する解析をまとめると、以下のようであった。

- (1) 本事故時には本件分岐器は分岐線側に開通した状態にあったものと推定される。
- (2) 本件分岐器始端からトングレール先端の間における軌間は、主に左基本レールが摩耗していたことにより、設計値に比べて大きかったことから、本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪が本件分岐器を対向で通過した際に、線形は直線であったが、左基本レール及び左トングレールに対する左車輪のアタック角が生じた可能性が考えられる。
- (3) 先頭車両の前台車第1軸左車輪が左トングレールに乗り上がり、その頭頂面上を走行したことにより、同レールの上部は破断し、その断片が金属片として軌間内に落下した可能性が考えられる。
- (4) 左トングレール先端付近において、本件列車は本件分岐器の制限速度を超過して走行していた可能性は低いものと考えられる。

3.4.4 脱線原因に関する解析

3.4.1～3.4.3に記述したことから、以下の原因により、先頭車両の前台車第1軸左車輪が左トングレール先端に乗り上がり、前台車の第1軸は基準線側、第2軸は分岐線側のそれぞれ異なる線路に進入したために、本件列車は脱線したものと考えられる。

- (1) 3.4.2(1)及び(3)に記述したように、先頭車両の前台車第1軸左右車輪の車輪径差が拡大したことにより、同軸が左に寄って走行し、左車輪のフランジが左レール側面に頻繁に接触してフランジが直ちに摩耗し、同軸はさらに左に寄って走行したことから、左車輪は左トングレール先端に乗り上がりやすい状態になった。
- (2) 2.3.2.3(2)及び2.3.2.4に記述したように、同社は平成19年11月5日の

検査時に左基本レール等の摩耗量が大きいことを把握していたが、本事故時までレール交換等の対応がなされていなかったことにより、3.4.3(2)に記述したように、本件分岐器始端からトングレー先端の間における軌間が設計値より大きかった。このため、線形は直線であったが、左基本レール及び左トングレーに対する先頭車両の前台車第1軸左車輪のアタック角が生じ、左トングレー先端に乗り上がりやすい状況になった可能性がある。

3.5 再発防止に関する解析

3.4.4に記述した脱線原因に関する解析の結果から、本事故と同種の事故を防止するためには、左右車輪の車輪径差の状態やフランジ角度等の車輪の摩耗状態、及びレールの摩耗状態を適切に把握し、それらの測定値や状態に異常が認められた場合、車輪については転削又は交換する、レールについては交換する等、速やかに対応する必要があるとともに、これらの各測定値の管理を確実にすることも重要である。特に、フランジが摩耗しやすいとされている円錐踏面の車輪及び分岐線側に直線のトングレーを有する分岐器を使用している鉄道事業者においては、他の鉄道事業者における対応を参考にし、車輪フランジの直立摩耗に対する管理を導入することが望ましい。

なお、同社においては、上述のように管理体制を改善することが急務であるが、長期的には、車輪からレールに衝撃的な横圧が繰り返し作用することによって左基本レールが摩耗して軌間が増大することを防止するために、本件分岐器のように、直線のトングレーが基本レールと入射角をもって接し、かつ、ほとんどの列車が分岐線側を通過する分岐器においては、トングレーを曲線のトングレーに交換する等により、横圧を低減するような方策を、必要に応じて検討することも望ましいと考えられる。

4 原因

本事故は、本件分岐器の左トングレー先端付近で本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪のフランジが同レールに乗り上がり、同軸の左右車輪が本来の進路である分岐線側でなく基準線側に進入したのに対し、第2軸の左右車輪は分岐線側に進入したため、先頭車両前台車の全2軸が脱線したことによるものと推定される。

先頭車両前台車の第1軸左車輪が乗り上がったことについては、左右車輪の車輪径差が拡大したことにより、同軸が左に寄って走行する傾向が生じ、左車輪のフランジが直立に摩耗していたことから、左車輪が左トングレー先端に乗り上がりやすい状態となったことが関与したものと考えられる。

5 参考事項

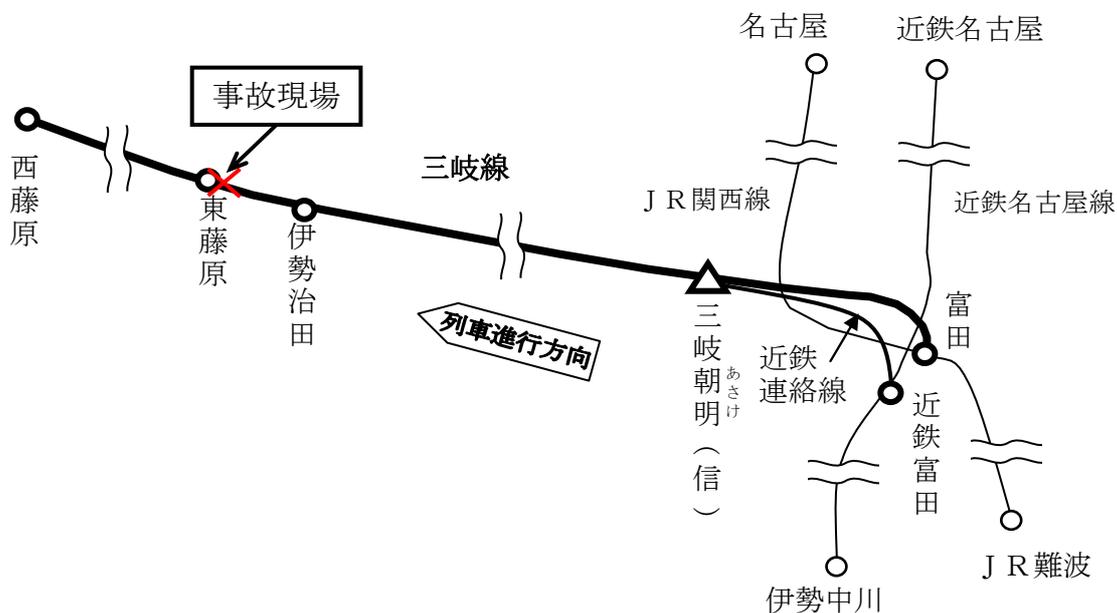
同社は本事故の後、本件分岐器の左トングレール及び左基本レールを交換し、走行試験を実施して安全を確認した後、平成20年7月9日に営業運転を再開した。

同社は、国土交通省中部運輸局からの警告（平成20年7月8日）を受け、本事故に係る以下のような対策を同年11月14日に中部運輸局に提出した。

- ① 車両の月検査時には、車輪のフランジの直立摩耗の状況を新規に導入した車輪摩耗定規により確認し、大きな摩耗が認められた場合には、その車輪の使用を停止して車輪を転削する等の対応を行う。
- ② 分岐器検査時には、新規に導入したレール摩耗量測定器によって、基本レール、トングレール、リードレール及びクロッシングの摩耗量を測定し、数値で記録するとともに、摩耗量が基準値に近づいた場合には、当該レールを速やかに交換する。

付図1 三岐線路線図

三岐線 富田駅～西藤原駅間 26.5km (単線)



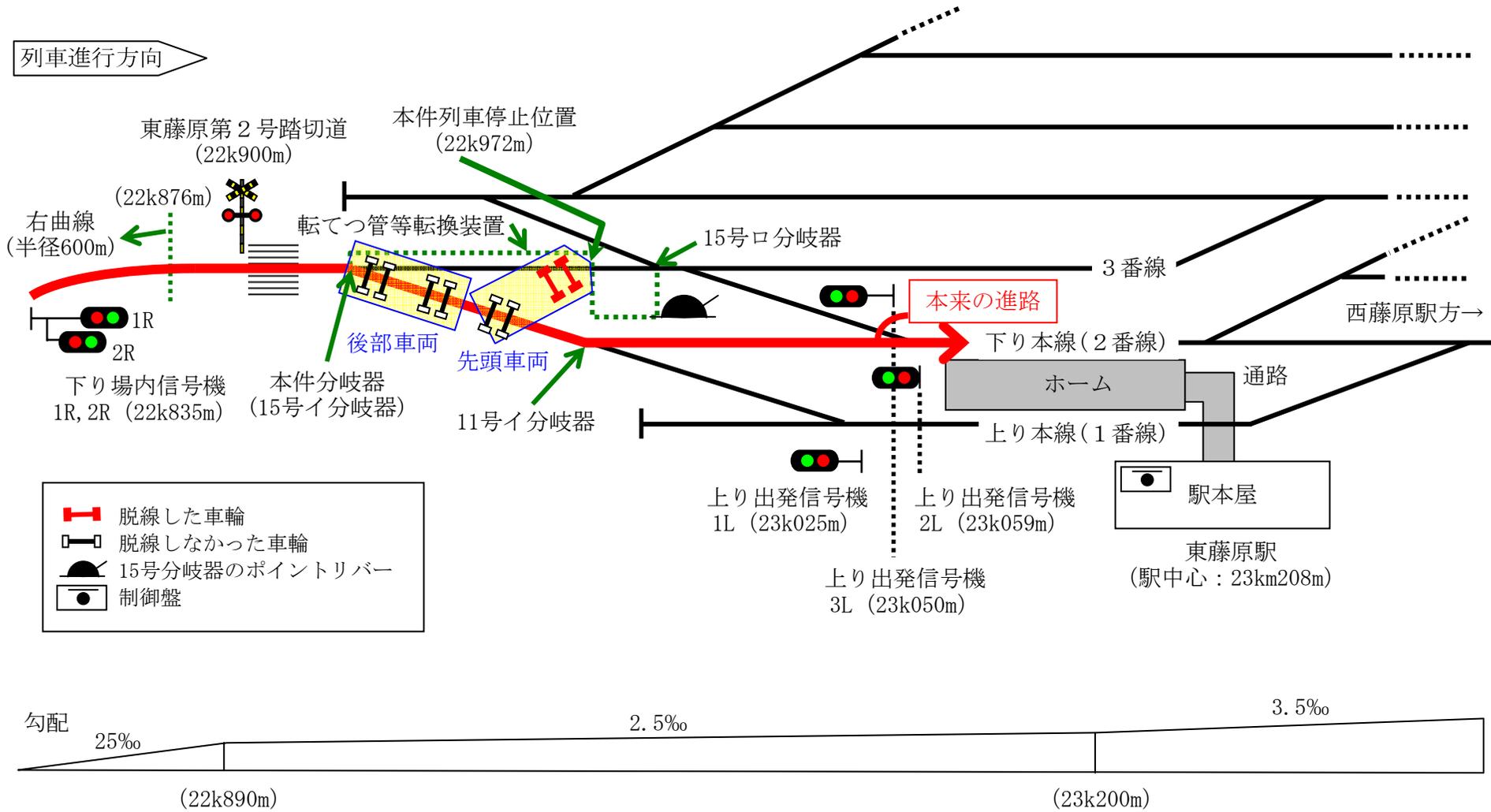
付図2 事故現場付近の地形図



付図3 事故現場略図

←富田駅方

列車進行方向



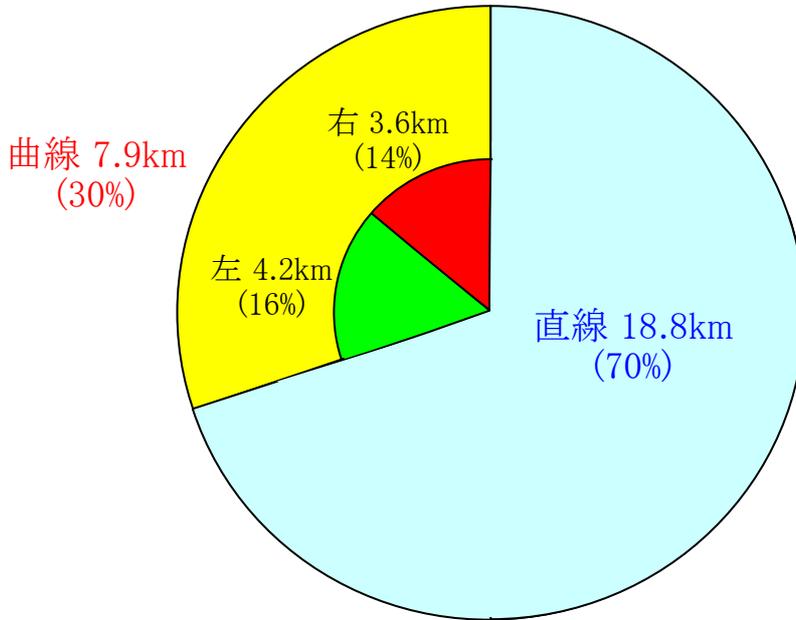
付図4 事故現場付近の痕跡等



※印を付した写真は事故発生翌日に撮影
他は事故発生当日に撮影

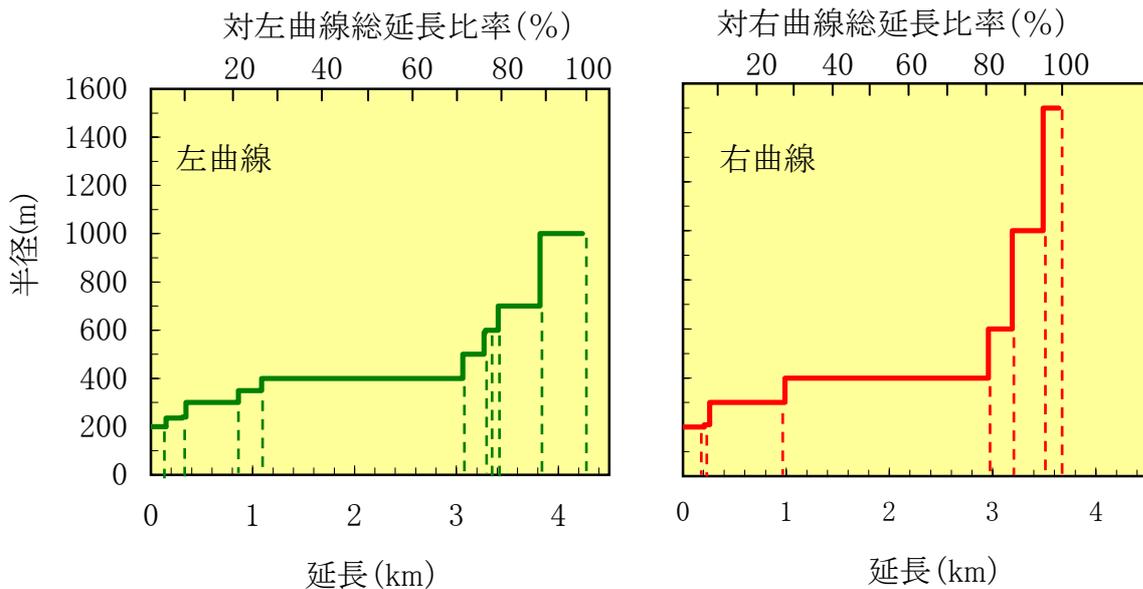
付図5 平面線形の構成

旅客列車運転区間(近鉄富田駅～三岐朝明信号場～西藤原駅間)の直線及び
 曲線の延長割合
 (総延長 26.6km)

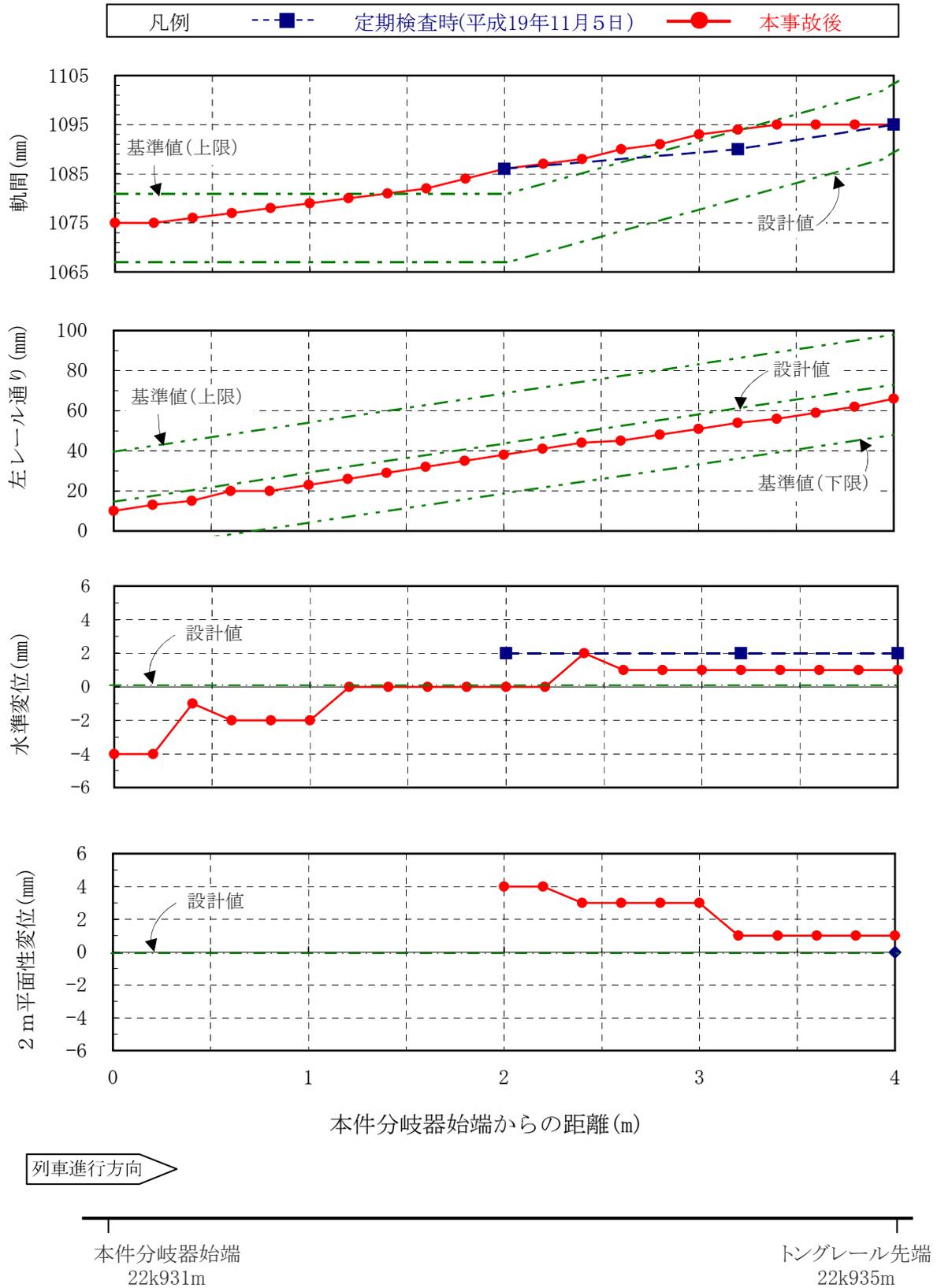


※延長については、小数第2位を四捨五入した値を示した。
 割合については、小数第1位を四捨五入した値を示した。

左右曲線別の曲線半径と延長の構成

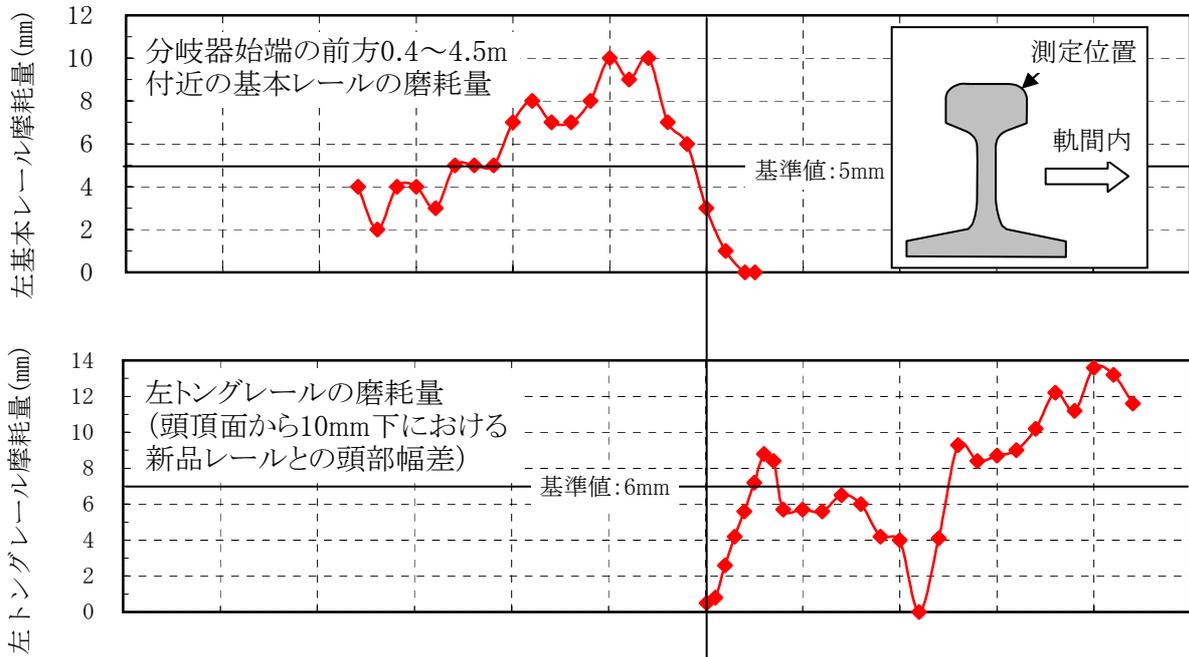


付図6 事故現場付近の軌道検測結果

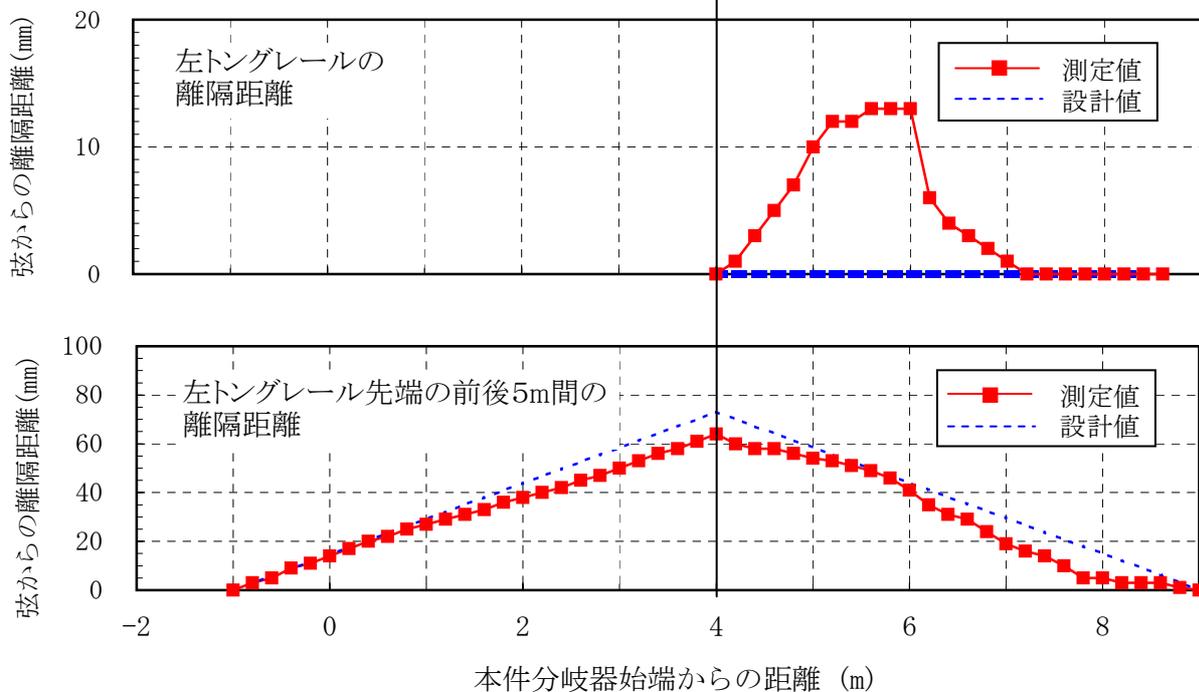


付図7 事故現場付近の軌道形状

・レールの摩耗状態



・左レールの弦からの離隔距離



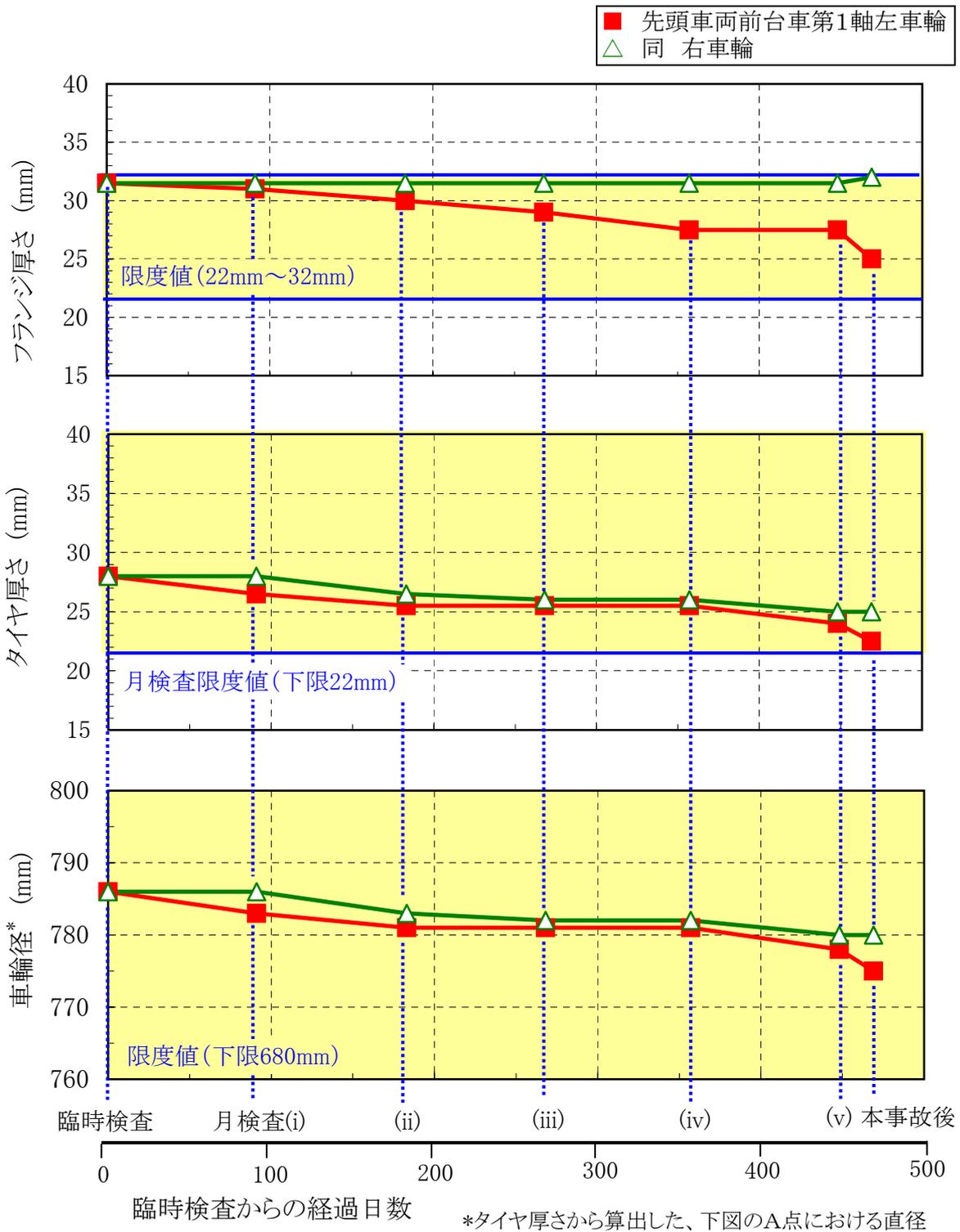
列車進行方向

本件分岐器始端
22k931m

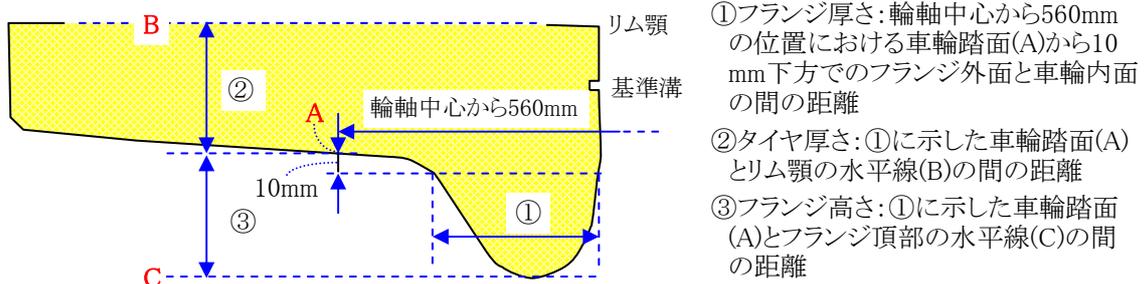
トングレール先端
22k935m

トングレール終端
22k940m

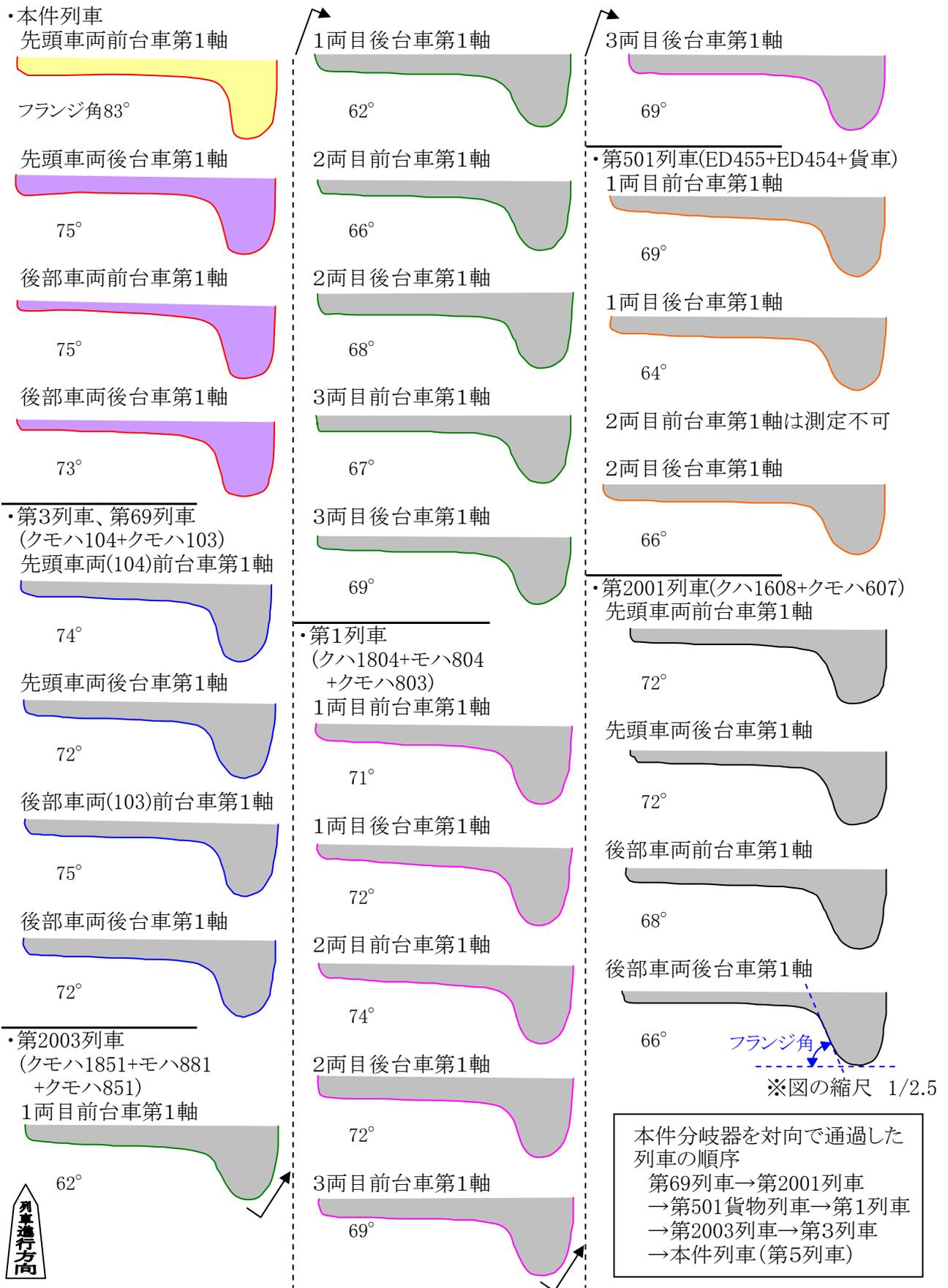
付図8 フランジ厚さ、タイヤ厚さ及び車輪径の時間変化



同社におけるフランジ厚さ等の定義



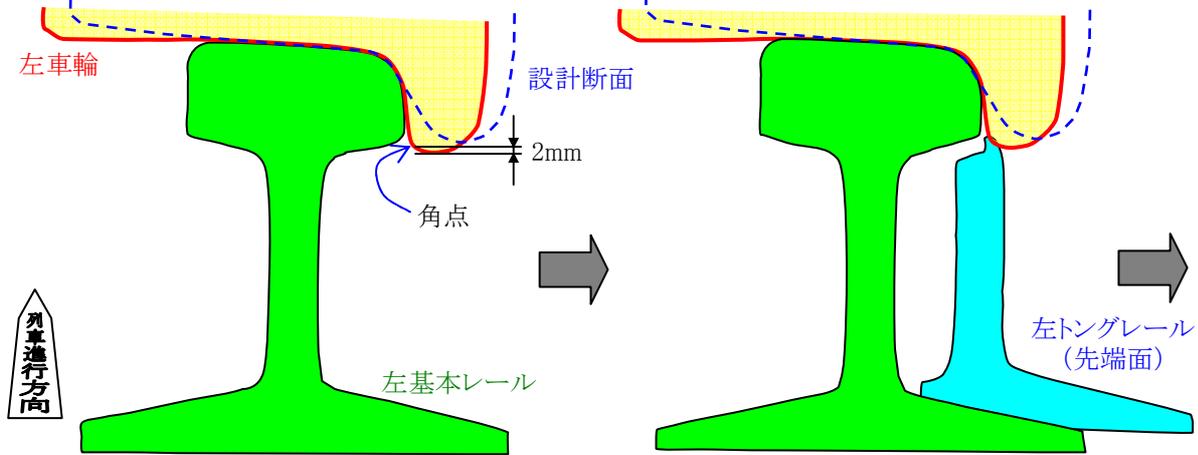
付図9 本件列車と直前通過車両の左車輪断面形状



付図10 レールと車輪の断面形状と脱線の過程

左トングレール先端付近における本件列車先頭車両の前台車第1軸左車輪とレールの断面

- ①左トングレール先端の20mm手前付近 ②左トングレール先端付近

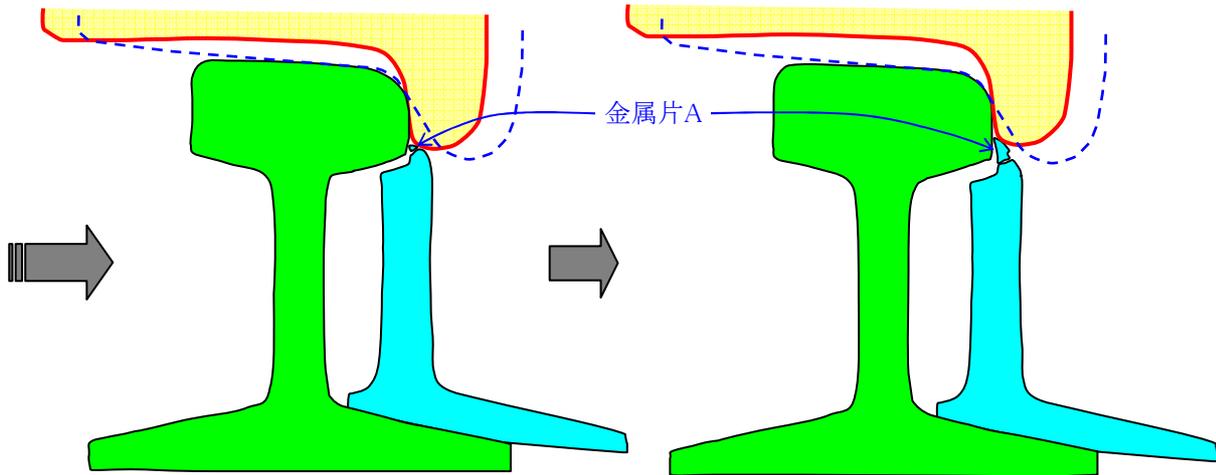


考えられる
脱線の過程

左車輪の車輪径が右車輪に比べて小さいことから、左車輪はフランジに近い位置で左基本レールに接触していた。

左車輪のフランジ先端が左トングレール先端の頭部に接触した際、同レールは左に変形した。

- ③左トングレール先端の20mm前方付近 ④左トングレール先端の40mm前方付近

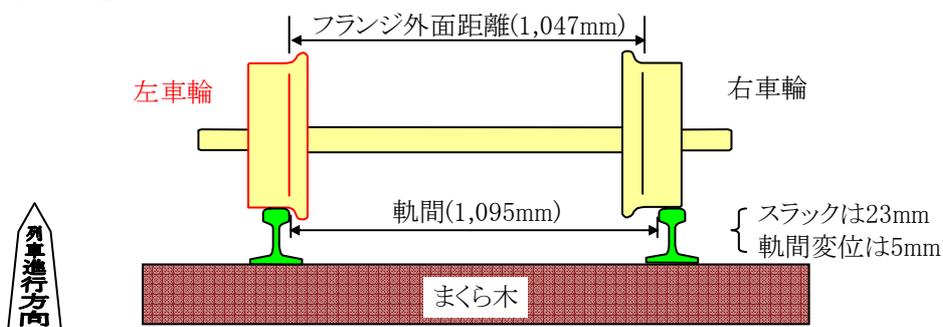


左車輪は左トングレールに乗り上げて頭頂面上を走行し、同レールは左に変形した後、破断して金属片Aが生じた。

左車輪は左トングレールの頭頂面上の走行を継続した。この後、金属片Bを生じさせてから、左基本レール上を踏面で走行する状態に推移した。

※各断面は本事故後における測定形状。図の縮尺 1/2

トングレール先端付近における軌間とフランジ外面距離

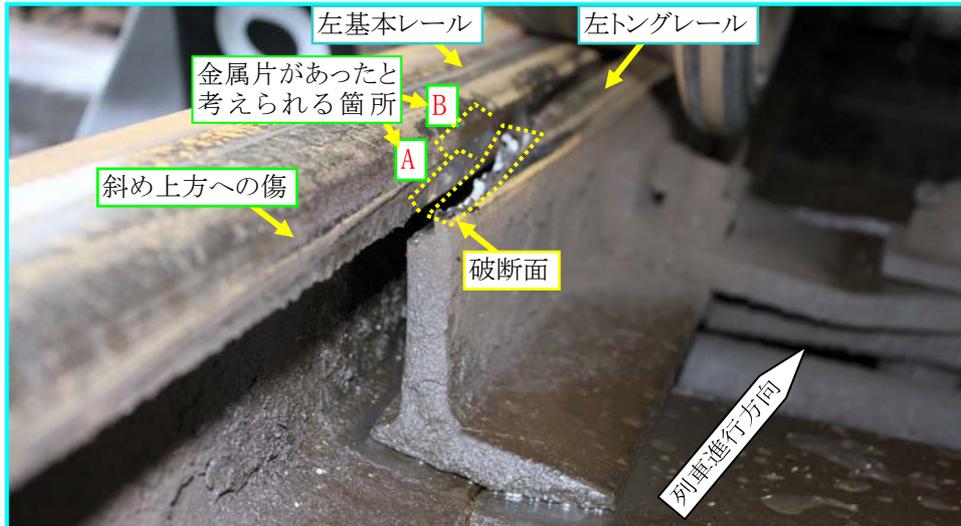


※各寸法は本事故後における実測値

※フランジ外面距離 = 車輪内面距離 + 左右車輪のフランジ厚さ

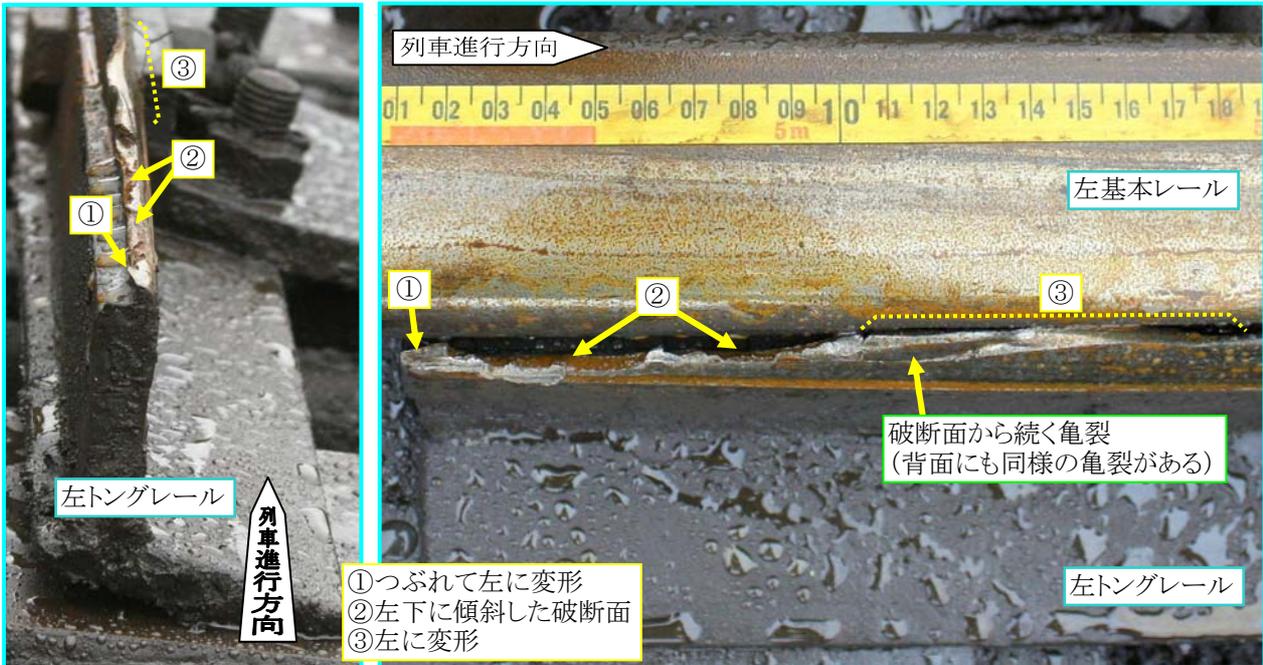
付図 1 1 左トングレール破断箇所の特徴

左トングレール先端付近



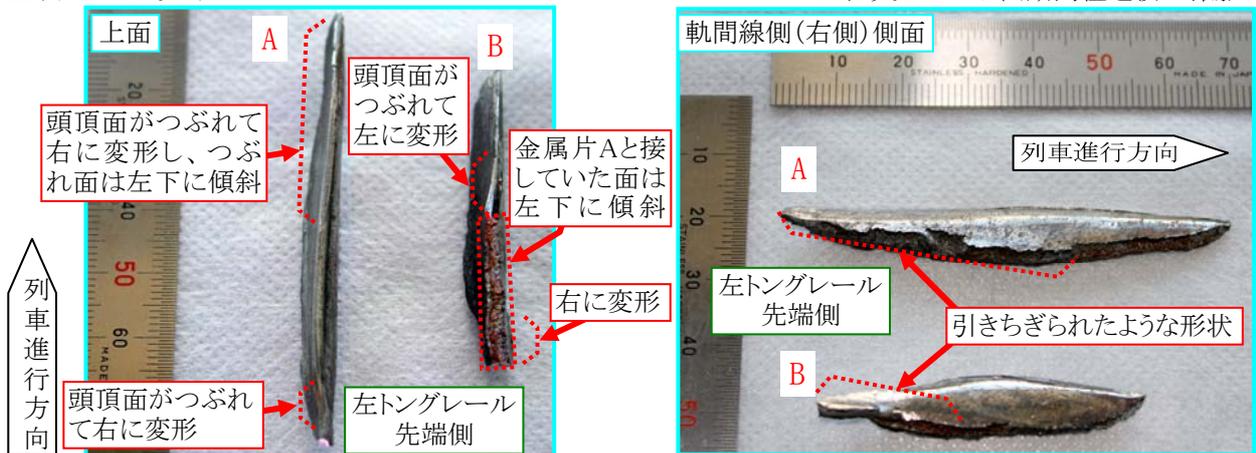
左トングレール先端付近の破断面

※事故発生翌日に撮影



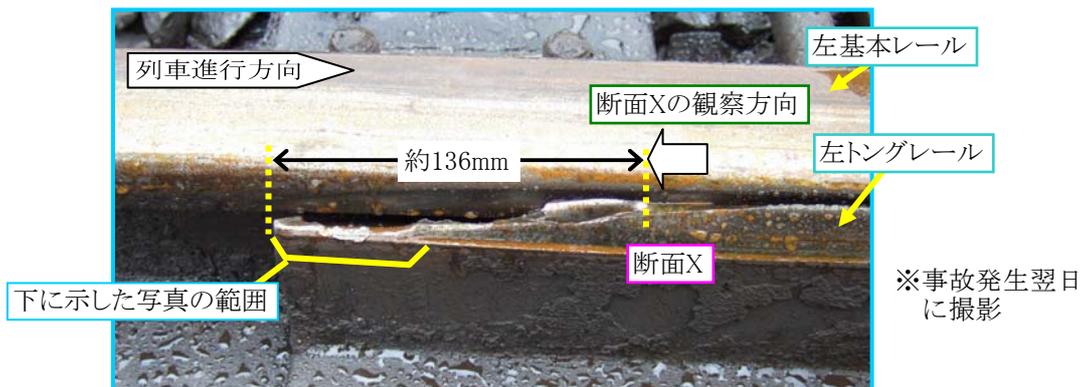
金属片の形状等

※事故発生から長期間経過後に撮影

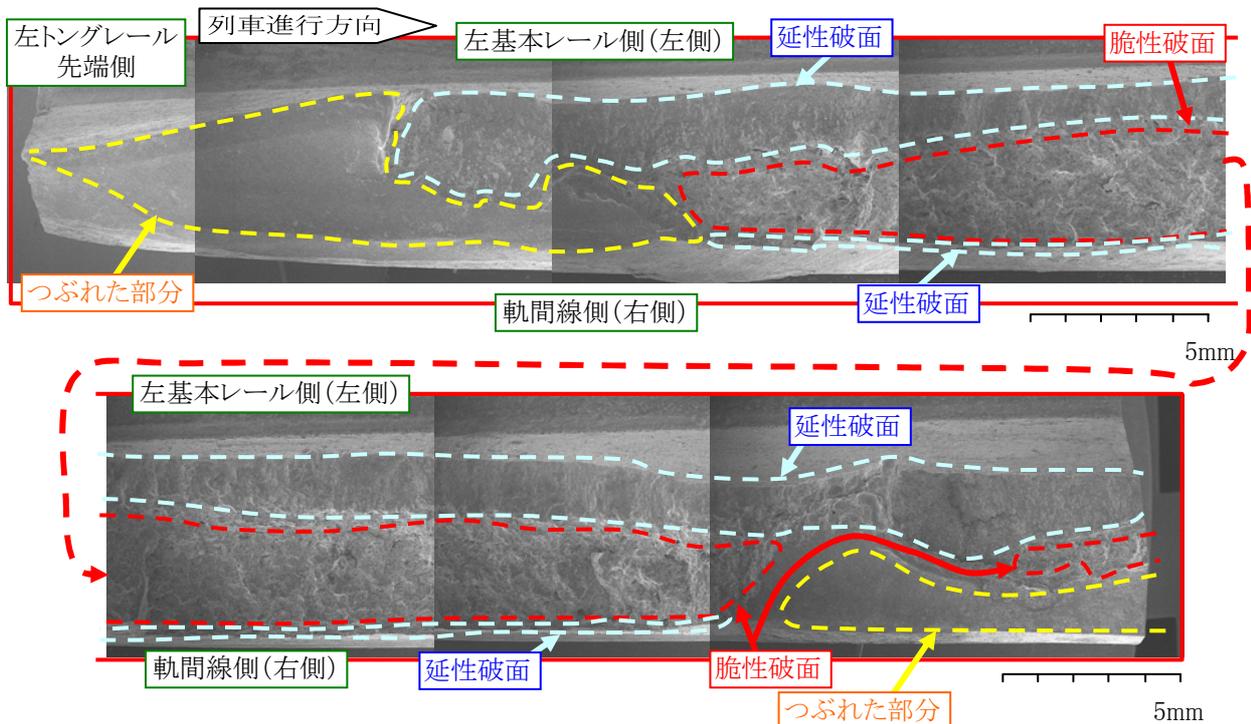


付図12 左トングレールの破断面 (その1)

左トングレール先端付近

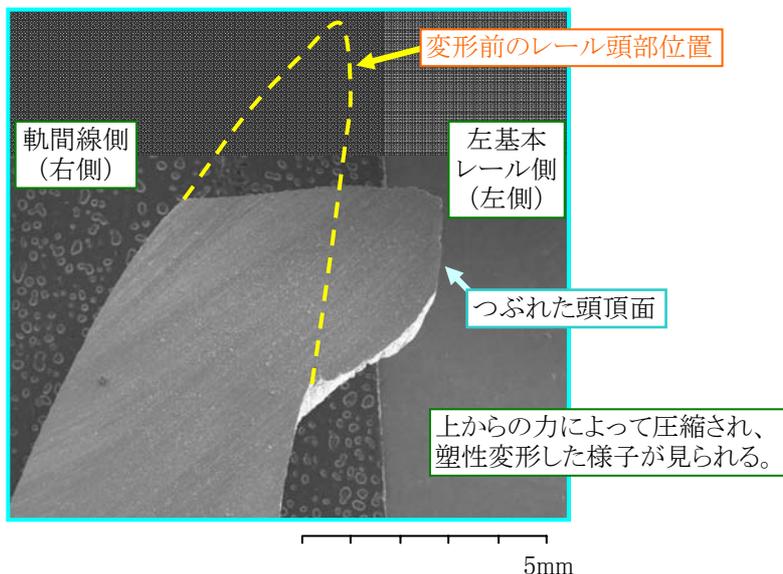


左トングレール先端付近の破断面等(先端から約62mmの範囲) ※事故発生から長期間経過後に撮影



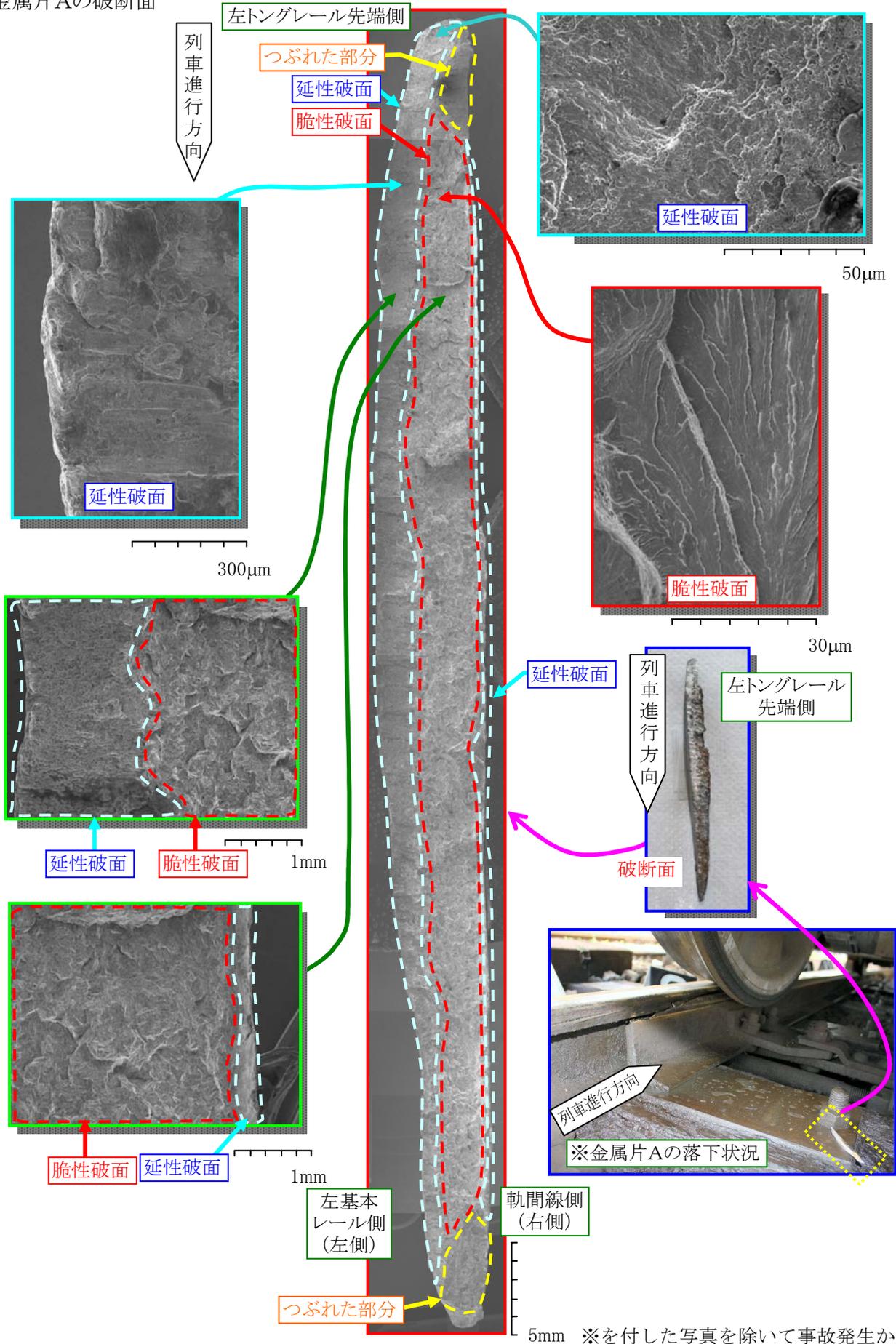
断面X(左トングレール先端側の断面の上部)

※事故発生から長期間経過後に撮影

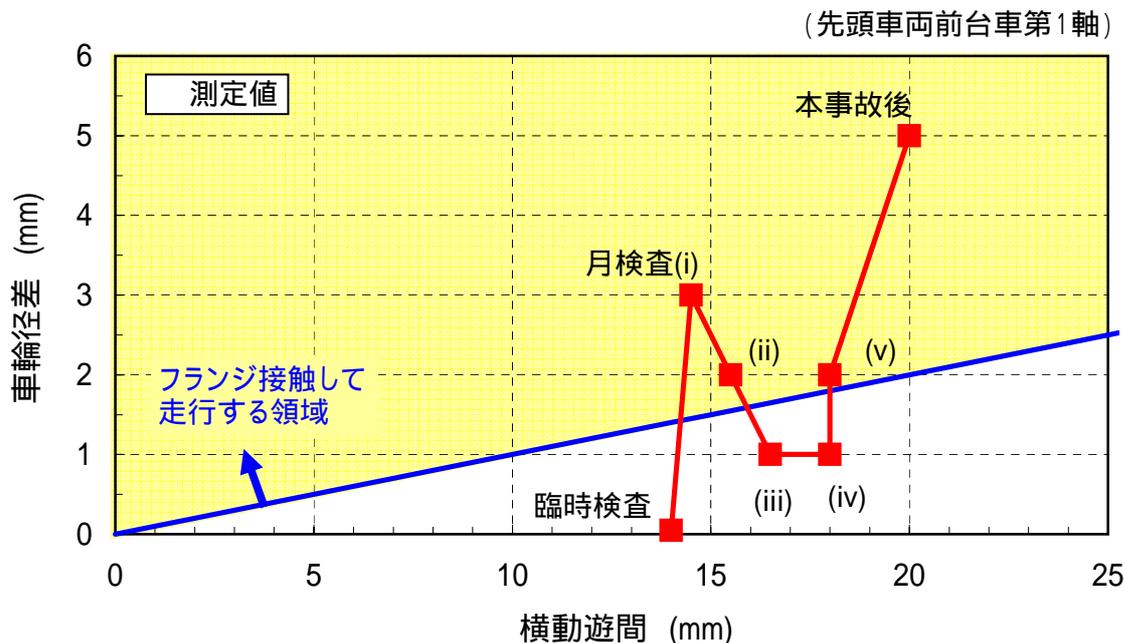


付図12 左トングレールの破断面 (その2)

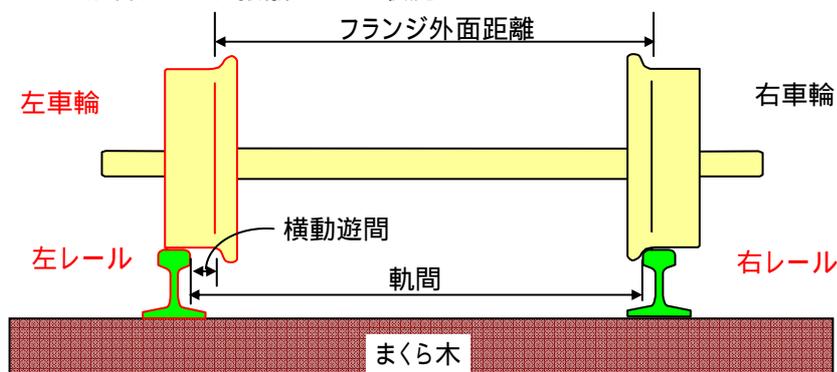
金属片Aの破断面



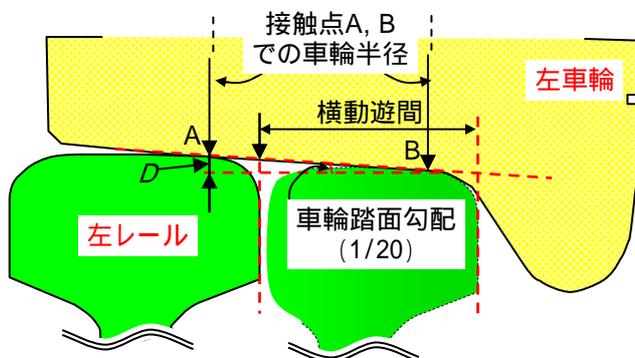
付図 1 3 直線においてフランジ接触して走行する状態となる車輪径差の概算結果



車輪径差は左車輪が小さい場合を正とした。
 スラックは考慮しない。
 フランジがレール側面に接触する車輪径差の算出方法
 右車輪のフランジが右レールに接触している状況



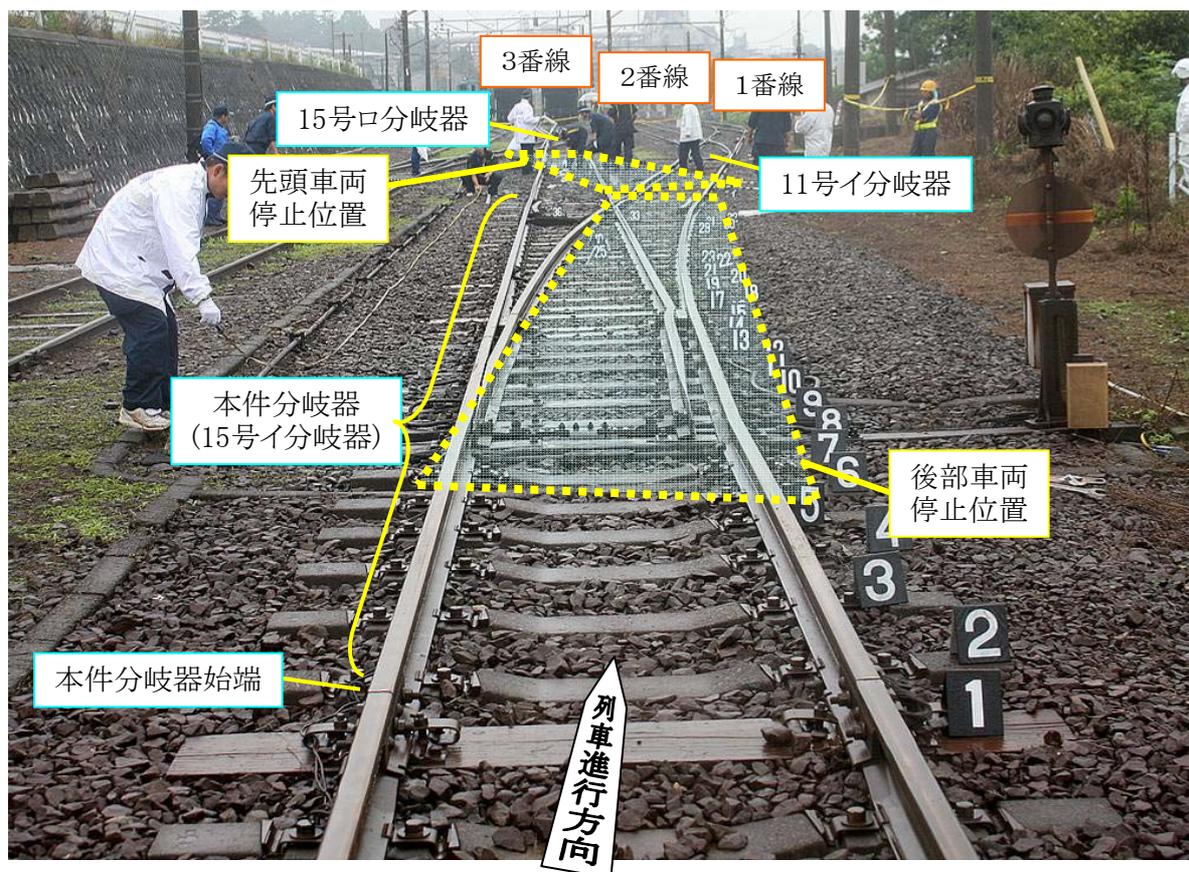
左車輪と左レールの接触点付近のイメージ



車輪踏面勾配が一定であるため、接触点A、Bでの車輪半径差は、およそ左図のDとなる。
 なお、実際には、レール頭頂面は曲面であるため、輪軸が左右に移動した際に車輪とレールの接触点は変化することから、車輪半径差とDの間には微小な誤差が含まれる。

$$\begin{aligned}
 \text{フランジ外面距離} &= \text{車輪内面距離} + \text{左右車輪のフランジ厚さ} \\
 \text{横動遊間} &= \text{軌間} - \text{フランジ外面距離} \\
 \text{フランジがレール側面に接触する車輪径差} &= \underbrace{(\text{横動遊間} \times \text{車輪踏面勾配}) \times 2}_{\text{車輪半径差}}
 \end{aligned}$$

写真1 事故現場の状況



※事故発生翌日に撮影

写真2 本件列車の脱線状況



写真3 本件列車の損傷状況

