

# 鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

南海電気鉄道株式会社 高野線紀伊細川駅～紀伊神谷駅間 列車脱線事故

高松琴平電気鉄道株式会社 志度線房前駅構内 列車脱線事故

東日本旅客鉄道株式会社 飯山線横倉駅～森宮野原駅間 列車脱線事故

東海旅客鉄道株式会社 中央線田立駅～南木曾駅間 列車火災事故

平成16年 2月27日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、南海電気鉄道株式会社高野線紀伊細川駅～紀伊神谷  
駅間列車脱線事故他 3 件の鉄道事故に関し、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 佐藤 淳 造

高松琴平電気鉄道株式会社志度線房前駅構内  
列車脱線事故

## 〔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	2
1.2.3	鉄道局への情報提供	2
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	2
2	認定した事実	2
2.1	運行の経過	2
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	3
2.3	鉄道施設及び車両の損傷に関する情報	3
2.3.1	鉄道施設の損傷状況	3
2.3.2	車両の損傷状況	3
2.4	鉄道施設及び車両以外の物件の損傷に関する情報	3
2.5	乗務員等に関する情報	3
2.6	鉄道施設に関する情報	3
2.6.1	概要	3
2.6.2	軌道工事の履歴	4
2.6.3	軌道の状況	4
2.7	車両に関する情報	7
2.7.1	概要	7
2.7.2	脱線した車両（335号車）の状況	8
2.7.3	その他車両に関する情報	9
2.8	運転に関する情報	9
2.9	事故現場に関する情報	10
2.10	気象に関する情報	10
2.11	レール塗油に関する情報	10
3	事実を認定した理由	11
3.1	解析	11
3.1.1	脱線地点に関する事項	11
3.1.2	軌道変位等とレールへの乗り上がりが発生した要因	11
3.1.3	軌道の通り変位の検測手法に関する事項	13

3.1.4	車両の状況	13
3.1.5	車輪・レール間の摩擦の状況	13
3.1.6	脱線に至った経過	14
4	原因	14
5	参考事項	15
付図 1	志度線路線図	16
付図 2	事故現場付近の地形図	16
付図 3	事故現場全体見取図	17
付図 4	軌道状況図（締結状況、痕跡）	18
付図 5	脱線防止レールの締結状況	19
付図 6 - 1	事故現場付近の軌道検測結果（1）	20
付図 6 - 2	事故現場付近の軌道検測結果（2）	21
付図 6 - 3	事故現場付近の軌道検測結果（3）	22
付図 7	右車輪と右レール（外軌）との接触状況	23
付図 8	脱線防止レールに乗り上がる際の車輪・レールの接触状況	24
付図 9	車両形式図（335号車）	25
付図 10	335号車の台車	25
写真 1	事故現場	26
写真 2	脱線した車両の状況	26
写真 3	車両の損傷状況（その1）	27
写真 4	車両の損傷状況（その2）	27
写真 5	右レール（外軌）上の痕跡	28
写真 6	右レール内側の摩耗状況	28
写真 7	脱線防止レール上の痕跡	29
写真 8	脱線防止レールの締結状況（その1）	29
写真 9	脱線防止レールの締結状況（その2）	30
写真 10	車上塗油器	30

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：高松琴平電気鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成15年3月5日 9時10分ごろ

発生場所：香川県木田郡牟礼町

志度線<sup>ふさぎ</sup>房前駅構内

平成16年1月15日

航空・鉄道事故調査委員会（鉄道部会）議決

委員長 佐藤 淳 造

委員 勝野 良 平

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

高松琴平電気鉄道株式会社の志度線瓦町駅発琴電志度駅行き3両編成の下り第1017列車は、平成15年3月5日（水）、塩屋駅を定刻（9時08分）に出発した。房前<sup>ふさぎ</sup>駅構内の左曲線を通過中、運転士はホーム端手前約15m付近で異常な振動を感知したため、常用ブレーキを使用して停止した。当該列車の1両目後台車が右へ回転した状態で全2軸が脱線していた。当該列車には乗客6名、運転士1名、車掌1名が乗車していたが、死傷者はいなかった。

### 1.2 鉄道事故調査の概要

#### 1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成15年3月5日、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。また、委員及び鉄道事故調査官を

現場に派遣して調査を行った。

四国運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

#### 1.2.2 調査の実施時期

平成15年3月5日～6日、11日～12日 現場調査及び口述聴取

#### 1.2.3 鉄道局への情報提供

平成15年4月17日、鉄道局に対し、その時点までの事実調査に基づき、事故現場において設置されていた脱線防止レールの状況について、情報を提供した。

#### 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 認定した事実

### 2.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、高松琴平電気鉄道株式会社（以下「同社」という。）の下り第1017列車（以下「本件列車」という。）の運転士及び車掌の口述を総合すると、概略次のとおりであった。

当日は、瓦町駅から琴電志度駅へ1往復、大町駅へ1往復乗務し、休憩の後、本件列車に瓦町駅から乗務した。乗り継ぎ時から事故発生までの間は、車両の状態に特に異常はなかった。

房前駅の一つ手前の塩屋駅を定刻（9時08分）に発車し、30km/hに達した後、惰行で走行し、その後、制限速度20km/hの曲線への進入に対してブレーキを使用し、ちょうど20km/hに減速した。

房前駅手前で再びブレーキを使用して減速中、ホームの瓦町駅側端部から15m位手前で上下に「ガタガタ」と激しい振動を感じた。脱線や横転の危険を感じ、非常ブレーキの使用により急激に力を加えると一層異常が増幅されると思ったので、常用ブレーキを使用して停止した。

ホームにぶつかった感じはしなかった。停止した後、外を見たら1両目の後台車が横を向いていたので、脱線したと思った。

（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 鉄道施設及び車両の損傷に関する情報

2.3.1 鉄道施設の損傷状況

鉄道施設の主な損傷状況は、以下のとおりであった。

木まくら木	11本損傷
締結装置	5ヶ所破損
房前駅ホーム（石積）	瓦町駅側端部の一部が損壊

（付図3及び写真1参照）

2.3.2 車両の損傷状況

1両目のみ、後台車を中心に損傷しており、それらの状況は次のとおりであった。

後台車

A T Sケーブル、速度発電機ケーブル	断線
釣合いばね	ずれ
ブレーキ引棒	曲がり
センターロッド（基礎ブレーキ装置）	曲がり
昇降用ステップ	破損
車体中梁	曲がり

（付図9及び写真3、4参照）

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 乗務員等に関する情報

運転士 男性 43歳

甲種電気車運転免許

平成3年12月5日

平成4年5月より運転業務に従事しており、経験10年10ヶ月である。

車掌 男性 28歳

平成9年9月より車掌業務に従事しており、経験5年5ヶ月である。

2.6 鉄道施設に関する情報

2.6.1 概要

志度線は、標準軌（軌間1,435mm）の電気鉄道である。房前駅は、以前は列



車行き違いのための設備を有していたが、昭和42年に分岐器を撤去している。事故当時、分岐器を撤去した部分を含め、公園前駅起点（以下「公園前駅起点」を省略。）12k235m～12k365mの曲線（以下、「本件曲線」という。）は、半径100m、カント100mm、スラック15mmの左曲線として管理されていた。

事故現場付近における列車の運行本数は、当日のダイヤによれば1日当たり108本であった。

## 2.6.2 軌道工事の履歴

本件曲線の事故現場付近の左右レールには、以前は30kgレールが使用され、脱線防止レールにも30kgレール（再用品<sup>1</sup>）が使用されていた。

昭和42年の分岐器撤去の際、本件曲線の円曲線の前後に各々緩和曲線が設けられた。

昭和49年ごろに、本件曲線の通過速度の向上を図るために、カントを50mmから100mmに増した。このとき、緩和曲線長<sup>2</sup>は約20mのままで、カント逓減長<sup>3</sup>のみ約40mに延長された。なお、この後現在に至るまで通過速度の向上は実現されておらず、最高速度は20km/hに制限されたままである。

平成6年2月に、左右レールともに37kgレールに交換されている。このとき、脱線防止レールには、脱線した地点を含む12k299m以降の区間において、元のまま30kgレールが使用され、脱線防止レールが左右レールよりも低くなることとなった。この高さの差を小さくするために、脱線防止レール下部に軌道パッドが挿入されていた。

平成9年12月に、まくら木交換が実施されている。同社によれば、記録は残っていないが、これに合わせてタイプレート<sup>4</sup>を敷設し、2.6.3に示す現在の軌道構造になったと考えられるとのことであった。

## 2.6.3 軌道の状況

### (1) レール及びその取付状況

左右レール及びその取付状況

脱線した地点を含む本件曲線の12k282m以降の左レール（内軌；37kgレール）は犬くぎにより、右レール（外軌；37kgレール）は板ば

---

1 「再用品」とは、他の箇所で使用されていたものを取り外し、別の場所に転用したものをいう。

2 「緩和曲線長」とは、曲率が逓減される区間の長さをいう。

3 「カント逓減長」とは、カントが逓減される区間の長さをいう。

4 「タイプレート」とは、レールとまくら木の間に設置される板状の材料で、レールを締結するために用いられる。

ねにより、それぞれタイプレートを介してまくら木に締結されていた。

また、2.9で後述する乗り上がり痕跡の始点手前12k315mの継目部は、左右の継目板の底部が各々犬くぎ1本を使用して、継目用タイプレートを介してまくら木に締結されていた。

#### 脱線防止レール及びその取付状況

脱線した地点を含む本件曲線の12k299m以降の脱線防止レールは、30kgレールの再用品で、タイプレートの端部と弾性を有する軌道パッド(6mm厚2枚)の上に跨がる形で設置されていた。脱線防止レールの左底部は、犬くぎにより本来左レールを締結するためのタイプレートの穴を流用して締結されていた。また、脱線防止レールの右底部は、軌道パッドに穴をあけ、脱線防止レール底部とまくら木の間軌道パッドを挟む形で犬くぎにより締結されていた。

これら脱線防止レールを締結する犬くぎは、まくら木1本おきに打たれており、12k315mの継目部付近のまくら木では、左側には打たれていない状態であった。

また、2.9で後述する右レール上に痕跡が認められた区間及びその近傍における、脱線防止レールと左レールの間隔は、12k315mの継目部では88mm、継目から2.4m(付図4中のまくら木番号 )の地点では84mmであり、脱線防止レールの取付け間隔の基準値(80mm;スラック15mm+65mm)を超えている部分があった。

2.6.2で述べたように軌道パッドが脱線防止レール下部に敷かれているにもかかわらず、脱線防止レール頭部左角と左レール頭頂面中心部との高さの差は18~24mmであり、脱線防止レールが左レールよりも低い状態であった。

なお、脱線防止レールに37kgレールが使用されていた本件曲線の12k299mから手前の区間においては、左レール(内軌)にタイプレートが敷設されていなかったため、脱線防止レールと左レールとの高さの差は3~4mmと、脱線した地点を含む12k299m以降の区間と比較して小さかった。(付図4、5及び写真6、8、9参照)

## (2) 軌道管理の履歴

本線における軌道変位検査は、1年を超えない期間ごとに実施するように定められており、軌道検測車により実施している。

直近(平成14年10月22日)及びその1年前(平成13年10月11日)の軌道検測車による測定結果では、本件曲線における通り変位の測定データについて、記録波形がマイナス側に100mm程度シフトした区間があり、

その端部で測定値が不連続となっていた。これを補うための手検測は行われていなかった。

線路巡回は列車巡回により平成15年3月4日に実施されているが、軌道の不具合を示す記録はなかった。

### (3) 事故直後の軌道の変位

脱線直後、復旧作業前(3月5日深夜)の手検測による軌道検測結果によれば、本件曲線の軌道の変位は以下の～の状況であった。なお、脱線直後の軌道検測結果のうち通り変位及び平面性変位については、2.9で後述する乗り上がり痕跡の始点手前の区間において、事故前の平成14年10月22日の検測結果とほぼ一致していることから、脱線したことによる影響が多少含まれている可能性はあるものの、概ね、事故直前の軌道の状況を表していると考えられる。ただし、平成14年10月の通り変位は、記録波形がマイナス側に100mm程度シフトした区間の端部で不連続となっていた測定値をつなぎ合わせて推定したものである。

軌間変位は、12k315mのレール継目から4m前方で+9mm(線形諸元上のスラック15mmを除いた値)、12k261m及び286mの各レール継目の3～5m手前で各々-9mm、-8mmであり、同社の整備基準値+14mm、-4mmに対して、プラス側では基準値内であったが、マイナス側では4～5mm超過していた。

通り変位については、12k286m及び315mの各レール継目付近で+26mm、+30mm、また、それらの継目の4～5m手前で-25mm、-41mm(線路線形による分125mmを除いた値)であり、同社の通り変位の整備基準値±22mmを、曲線の曲率半径が、小さくなるプラス側に最大8mm、大きくなるマイナス側に最大19mm各々超過していた。

2m平面性変位<sup>5</sup>は、12k315m地点で最大値6mmであった。これは、軸距が約2mの第1軸と第2軸とのねじれが、この地点において最大となり、各台車の第1軸右車輪の輪重が最も減少することを意味する。同社の整備基準値は、基準長3mで16mm、5mで20mmとなっており、基準長を変えて算出した3m及び5m平面性変位の最大値は、各々8mm、10mmで基準値以内であった。

高低変位は12k268m地点で最大値8mmで、同社の整備基準値22mm

---

5 「平面性変位」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(基準長)が2mであれば2m平面性変位という。なお、本文中では、右前が下がる向きにねじれている場合の平面性変位をプラス側としている。

以内であった。

水準変位については、同社の整備基準では平面性にに基づき整備することになっている。水準変位は、カント100mmに対して、-10mm(12k315mの継目部)～+4mm(12k286mの継目部)であった。

(付図6-1、6-2、6-3参照)

#### (4) レールの摩耗状況

右レール(外軌)は、車輪と接触する頭部左側面が摩耗しており、12k315mの継目部より琴電志度駅方では、摩耗がレール左側面下端にまで及んでいた。また、右レール内側に薄い板状の大きさ1mm程度の摩耗による金属粉が多数落下していた。一方、左レール(内軌)は、頭頂面の幅全体にわたり摩耗していた。なお、左右レールの摩耗量は、同社では肩部(新品レールの肩部から45°の方向)の摩耗深さで管理しており、摩耗が著しい右レールにおいても最大値9mmで、同社の管理限度値14mm内であった。

また、脱線防止レールは、頭頂面が最大4.5mm摩耗していた。なお、この地点における、レールと車輪の接触状態は付図7に示すとおりである。

(付図7、8参照)

## 2.7 車両に関する情報

### 2.7.1 概要

本件列車の編成と、脱線した335号車の主要諸元を以下に示す。

記号番号

進行方向

瓦町駅

琴電志度駅

721 (Mc) + 722 (Mc) + 335 (Mc)

: 脱線した軸を示す。

空車質量	31.5 t
車両長	14.72 m
台車	揺れ枕釣合梁式
軸箱支持方式	<small>じくばこもり</small> 軸箱守、釣合梁式
軸距	2,030 mm
車輪踏面形状	円錐踏面
車輪フランジ角度	70°
軌間	1,435 mm
車輪内面距離	1,360 mm

上下釣合いばね <sup>6</sup> 定数	0.76 kN/mm (77.5 kgf/mm)	
検査等履歴	新製	大正15年(1926年)10月
	台車新製	昭和16年
	全般検査	平成12年9月21日 (車輪旋削も合わせて実施)
		検査後の走行距離 5,150 km
	重要部検査	平成14年8月29日
	作用検査 <sup>7</sup>	平成15年2月12日
	列車検査	平成15年3月4日

また、後ろ2両の車両(700系;昭和49年新製)の空車質量は、722号車が26.5 t、721号車が27.0 tであった。

(付図9、10参照)

## 2.7.2 脱線した車両(335号車)の状況

脱線した335号車の状況は、以下のとおりであった。

### (1) 輪軸、車輪、踏面形状等

直近の作用検査記録及び事故後の測定記録によれば、脱線した335号車の各車輪のフランジ厚さは30.0～30.3 mm、フランジ高さは25.4～26.0 mm、車輪内面距離は1,360.0～1,360.3 mmであり、いずれも同社の管理値(19 mm以上、25～35 mm、及び1,359～1,362 mm。摩耗した場合でもこれを満たすように定められている。)内であった。事故後に測定した踏面形状の描写記録は、ほぼ図面上の形状と同じであり、大きな摩耗はなかった。また、後台車第1軸右車輪のフランジ付根部の表面にあらさの多少粗い状態が見られたが、フランジ斜面や踏面部分の表面のあらさに粗い状態は見られなかった。

### (2) 台車

事故後の車体・揺れ枕間の心皿及び側受の摺動部分<sup>しゅうどう</sup>の状況に異常はなく、後台車の側受すき間は4.5 mm(左側すき間と右側すき間の和)で、修繕基準値2～6 mm内であった。軸箱守部分の前後すき間は最大4 mm(前側すき間と後側すき間の和)で修繕限度値6 mm内であり、輪軸の動きを妨げる固渋等

6 「釣合いばね」とは、釣合梁と台車側枠との間に設けられたばねであり、本台車の場合1台車に4つ設けられている。(写真3参照)

7 「作用検査」とは、同社における、施設及び車両の定期検査に関する告示(平成13年12月25日国土交通省告示第1786号)に定める状態・機能検査のことをいい、2ヶ月を超えない期間ごとに行うよう定めている。

はなかった。軸受の固着などの不具合もなかった。また、釣合いばねや枕ばねについては、2.3.2で述べた釣合いばねのずれ以外に、ばねの機能を損なうような折損等の不具合は見られなかった。

### (3) 静止輪重比<sup>8</sup>

事故後今橋車庫の平坦軌道上で、脱線した後台車第1軸右部に生じていた釣合いばねのずれを正常な状態に戻した上で、静止輪重を測定した。その結果、後台車第1軸の右車輪の静止輪重比は0.99（右車輪38.2kN、左車輪39.0kN）、第2軸の同静止輪重比は0.98（右車輪38.5kN、左車輪39.7kN）であった。また、前台車第1軸の右車輪の静止輪重比は0.98（右車輪38.9kN、左車輪40.7kN）、第2軸の同静止輪重比は1.01（右車輪38.7kN、左車輪38.2kN）であり、前後台車ともに静止輪重のアンバランスは1～2%程度であった。

なお、同社の静止輪重比の管理値<sup>9</sup>は15%である。

### 2.7.3 その他車両に関する情報

志度線所属車両で、静止輪重測定がなされていた車両（合計13両）のうち、静止輪重のアンバランスの最大値は5%であった。

また、新型車両（600形及び700形）の空車質量は概ね26～27tであるのに対し、335号車を含む揺れまくら釣合梁式台車を使用している車両の空車質量は31～33t（制御車1両を除く。）であった。

### 2.8 運転に関する情報

同社の運転取扱心得（平成14年3月31日施行）によれば、曲線半径100m以下の曲線を運転する列車は、20km/hを超えない速度で運転しなければならないと定められている。

塩屋駅発車後、半径160mの右曲線があり、ここでの制限速度は30km/hである。半径80mの右曲線、その後直線に続いて半径100mの本件曲線があり、両曲線ともに制限速度は20km/hである。

運転士の口述によれば、本件曲線を速度20km/h以下で運転していたとのことであった。

---

8 「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。

9 「静止輪重比の管理値」とは、静止輪重比の管理限度を表す数値であり、静止輪重比を百分率表示した値と100%との差の絶対値が、この管理値内にあるように管理することとしている。

## 2.9 事故現場に関する情報

列車の先頭が停止した位置は房前駅構内の12k361m付近であった。写真4に示すように、本件列車の1両目後台車が右へ回転し、第1軸の右車輪は右レール上に乗っていたが、左車輪は軌間内に、第2軸は左右車輪とも軌間外の左側に脱線して止まっていた。

それより手前の12k316m～12k320mの区間では、右レール頭頂面上に、軌間内側から始まる2本の痕跡が認められた。そのうちの1本は12k315mの継目から約1.4mの地点、他の1本は約1.7mの地点から始まり、このうちの1本が継目から約4.6mの地点で軌間外側へ続き、他の1本が継目から約4.9mの地点で軌間内側へ続いていた。また、脱線防止レールには、12k315mの継目（左レールの継目）から約1.3m～約3.6mの頭部左側面に擦傷があり、その後約3mにわたって頭頂面上に右側へ続く痕跡があった。

また、12k321m～12k345mの区間では、37本の木まくら木上に痕跡が見られた。

（付図4及び写真4、5、7参照）

## 2.10 気象に関する情報

当日の事故現場付近の天気 晴れ

## 2.11 レール塗油に関する情報

レールの摩耗の進行を抑制するために、同社では車両側に設置した塗油器によりレール塗油を行っている。

塗油器は、台車側梁の先端に噴射ノズルが取り付けられており、更にその先端には損傷を防ぐためのビニールホースが取り付けられている。レール塗油は、走行速度が5km/h以上のときに、直線曲線を問わず左右のレール上に、噴射式塗油器オイルを約8.4kmの走行で1ℓ滴下するが、ディスクブレーキ付き車両の導入後、軌道回路の短絡不良が発生したため、塗油量を減らしている。

塗油器を使用するか否かは、今橋駅長が、近くにある曲線（半径140m）を車両が通過する際に発生する車輪・レール間のきしり音の大きさを参考にして判断し、塗油器を動作させ、志度線を2往復程度走行して塗油を行う。事故直近の車両塗油の回数を表にまとめた。

表 3月1日～5日の塗油器の動作回数

	3月1日	2日	3日	4日	5日(当日)
天候	雨	曇り	雨	晴のち雪	晴れ
回数(往復)	0	2	0	1	0

現場付近の塗油の状況として、右レール（外軌）の頭頂面や摩耗した部分における油の付着は確認できなかった。

（写真10参照）

## 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

2.9の事故現場付近のレール及びまくら木上の痕跡、並びに2.3.2の車両の損傷状況から、本件列車の後台車第1軸及び第2軸の右車輪が、12k315mの継目部付近から右レールに乗り上がり始め、継目から約1.4m又は約1.7mの地点で頭頂面上に乗り上がり、第1軸のみが約4.6mの地点で右側に脱線し、第2軸は一度乗り上げたものの約4.9mの地点で復線したものと推定される。その後脱線した後台車の前方右側が房前駅ホーム端に衝突し、その際の衝撃で台車が右回りに回転し、第2軸が左側に脱線し、停止したものと推定される。

#### 3.1.2 軌道変位等とレールへの乗り上がりが発生した要因

##### (1) 通り変位と横圧

本件曲線の円曲線中では、レールの継目部付近において、整備基準値を超える大きな通り変位があった。

これは、分岐器撤去前後の平面図の比較から、同社では、現在、分岐器を撤去した部分を含め半径100mとして管理しているものの、実際には分岐器の名残を残す線形となっており、分岐器撤去の際に曲線の整正が適切に行われていなかったことによる可能性が考えられる。また、この継目部の前後のレールを敷設した際に、継目部近傍においてレールが適正に曲げられていなかった可能性も考えられる。

このため、本件曲線上のレール継目部付近において、曲線半径が小さくなる側に整備基準値を超える大きな通り変位によって発生した著しく大きな横圧が、曲線外軌側の右車輪と右レールの接触部に作用したものと推定される。特に12k315mのレール継目部付近において通り変位が最大となり、著しく大きな横圧が発生していた可能性が考えられる。

##### (2) カント超過及び平面性変位と輪重

本件曲線のカントはほぼ100mmに設定されていた。しかし、2.6.2で述



べたように、これは曲線通過時の均衡速度<sup>10</sup>を30 km/hとした場合のカントに相当し、実際の最高速度20 km/hを均衡速度として計算した場合のカント(45 mm)を大きく超過していた。このため、車両は本件曲線上で左に傾き、右車輪の輪重が減少していたと考えられる。

また、2 m平面性変位は、12 k 3 1 5 mの継目部付近で、各台車の第1軸右車輪の輪重が減少する側に最大となり、この地点で同車輪の輪重が最も減少していた可能性が考えられる。

(付図6 - 1、6 - 2 参照)

### (3) 右レールへの乗り上がりが発生した要因

上記(1)及び(2)で述べたとおり、本件列車が本件曲線を通じた際、12 k 3 1 5 mのレール継目部付近において、整備基準値を超える大きな通り変位があり、横圧が著しく大きくなるとともに、通常の走行速度に対して過大なカントを設定していたことに加え、2 m平面性変位(軌道のねじれ)があったことにより、右車輪の輪重が減少した可能性が考えられる。そのため、12 k 3 1 5 mのレール継目部付近において、脱線係数(横圧輪重比)が脱線の限界を超えて、右レールに車輪が乗り上がり始め、継目から約1.4 m又は約1.7 m進んだ地点でレール頭頂面上に完全に乗り上がったものと推定される。

なお、右車輪が乗り上がった痕跡が、継目から約1.4 mと約1.7 mの2ヶ所あったが、いずれが第1軸、あるいは第2軸のものであるかについては、明らかにできなかった。

(付図7 参照)

### (4) 脱線防止レールへの乗り上がりが発生した要因

脱線防止レールへの乗り上がりは、通常、その頭部側面と車輪内面とが接触し、接触角度が概ね90°となることから発生しない。

しかし、2.6.3で述べたとおり、12 k 3 1 5 mの継目部付近の脱線防止レールは、その頭部左角が左レール頭頂面中心部よりも18 ~ 24 mm低く、右車輪が右レール頭頂面上に完全に乗り上がった前記(3)の状態においては、頭部左角と左車輪フランジ先端の円弧部とが接触するため、23 mm低い地点における接触角度は約40°となり、左車輪の乗り上がりが容易に発生し得る状態であったと推定される。

これに加えて、右車輪が右レール頭頂面上に完全に乗り上がった状態では、

---

10 「均衡速度」とは、曲線上を車両が走行する際、車両に作用する超過遠心加速度が0となるときの走行速度をいい、カント、曲線半径及び軌間から求められる。

右車輪と右レールとの間に作用していた横圧がほとんどなくなり、代わって左車輪内面と脱線防止レールとの間に作用し、左車輪は脱線防止レールに乗り上がったものと推定される。

(付図8参照)

### 3.1.3 軌道の通り変位の検測手法に関する事項

同社が事故前に実施していた検測車による本件曲線の通り変位の測定結果には、波形記録がマイナス側に100mm程度シフトした区間があり、その端部で測定値が不連続となっていたため、通り変位の整備基準値超過が把握されていなかったこと、及び手検測などの方法による、これを補う測定が実施されていなかったことが、大きな通り変位が整正されなかったことに関与しているものと考えられる。

### 3.1.4 車両の状況

2.7.2に示したように、脱線した車両(335号車)の輪軸・車輪の各部寸法は、基準値の範囲内であった。また、車輪の踏面には顕著な摩耗などは見られなかった。台車については、その機能を損なうような軸箱守の固渋や台車心皿、側受の摺動部分の異常はなかった。上下釣合いばねのずれは、脱線後の衝撃により生じたものと考えられる。

脱線した後台車第1軸の右車輪の静止輪重比は0.99で、乗り上がった右側がわずかに軽かったものの、左右の輪重はほぼバランスしている。

また、後台車の損傷は、台車がホーム端に衝突した際、あるいはその後、台車が大きく回転した際に生じたものと考えられ、脱線の直接の原因となるような車両自体の不具合はなかったものと推定される。

### 3.1.5 車輪・レール間の摩擦の状況

右レール(外軌)の軌間内側に大きさ1mm程度の金属粉が多数落下していたこと、及び車輪フランジのコーナー部の表面に多少粗い状態が見られたことから、右レールの車輪・レール間の油分は少なく、摩擦力が大きかったものと考えられる。

2.1.1に示した、塗油の回数及び現地における右レールの塗油状況から、右レールの肩部分への塗油が不足し、摩擦係数の低下に寄与していなかった可能性が考えられると同時に、このことが右レールの摩耗の進行に影響を及ぼした可能性が考えられる。

なお、事故当時の天候は晴れであり、レールの摩擦係数は、乾燥時の状態にあったと考えられる。

### 3.1.6 脱線に至った経過

2.8及び3.1.1～3.1.5から、脱線に至った経過は次のように推定される。

- (1) 本件列車は、速度20km/h以下で本件曲線に差し掛かった。
- (2) 12k315mの継目部付近で、整備基準値を超える大きな通り変位があり、横圧が著しく大きくなったこと、及び大きなカント超過と2m平面性変位（軌道のねじれ）があり、右側の輪重が減少したことから、脱線係数が脱線の限界を超えたため、1両目後台車第1軸右車輪が右側に乗り上がり始め、12k315mの継目から約1.4m又は約1.7m進んだ地点でレール頭頂面上に完全に乗り上がった。
- (3) 右車輪が乗り上がった後、左車輪の内面が脱線防止レールの左側面の上部に接触したまま約1mほど走行したが、左車輪のフランジ内面先端の円弧部に接触点が移動し接触角が低下したために、12k315mの継目から約3.6m進んだ地点で左車輪が脱線防止レールに乗り上がった。その結果、脱線防止レールにより脱線を防止できず、右車輪が右側に、左車輪が軌間内に各々脱線した。
- (4) この間1両目後台車第2軸右車輪も右レールに乗り上がったが、第2軸左車輪は脱線防止レール上に乗り上がらなかったため、右車輪は元に戻り、第2軸はここでは完全な脱線に至らなかった。
- (5) 後台車は第1軸が右側に脱線し、右側に向いたまま進行した後、房前駅ホームの瓦町駅側端部の石積に台車前方右側が衝突し、その際の衝撃で台車は右回りに回転し、第2軸も脱線し停止した。
- (6) なお、脱線した1両目後台車に関しては、他の台車との比較において脱線に結びつく特段の事由は認められず、当該台車に脱線が発生した理由については明らかにすることはできなかった。また、本事故が発生した時機に関しても、脱線が当該日時に発生した特段の事由は認められなかった。

## 4 原因

本事故は、次のことにより、レール継目部付近で、右車輪の脱線係数（横圧輪重比）が脱線の限界を超え、車輪が外軌レール上に乗り上がったこと、更に脱線防止レールが脱線防止機能を発揮できなかったことのため、脱線したものと推定される。

- (1) 継目部付近の整備基準値を超える局所的な通り変位により、著しく大きな横圧が発生したこと

(2) 通常の走行速度に対して過大なカントを設定していたことに加え、継目部付近の局所的な平面性変位により、外軌側の輪重減少を生じたこと

なお、脱線防止レールが脱線防止機能を発揮できなかったのは、脱線防止レールの種類及び取付状況が適切ではなかったことによるものと推定される。

## 5 参考事項

鉄道局では、当委員会が行った脱線防止レールの状況に関する情報提供に基づき、地方運輸局に対し脱線防止レールの適切な設置方法に関する情報を提供するとともに、全国の鉄道事業者に周知を行った。

同社では、事故直後、本件曲線のうち、内軌レールがタイプレートを介して敷設してある区間で、次の事項を実施した。

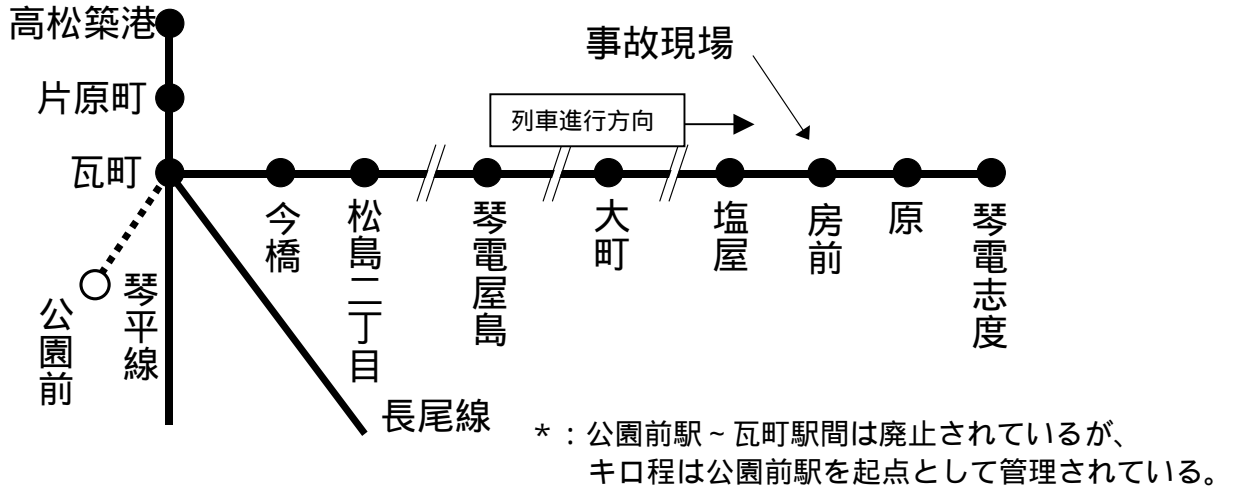
(1) 左右両レールを40kgNレールに変更し、左レール(内軌)もタイプレートを  
用い、ばね締結とした。

(2) 脱線防止レールを、脱線防止ガードに変更した。

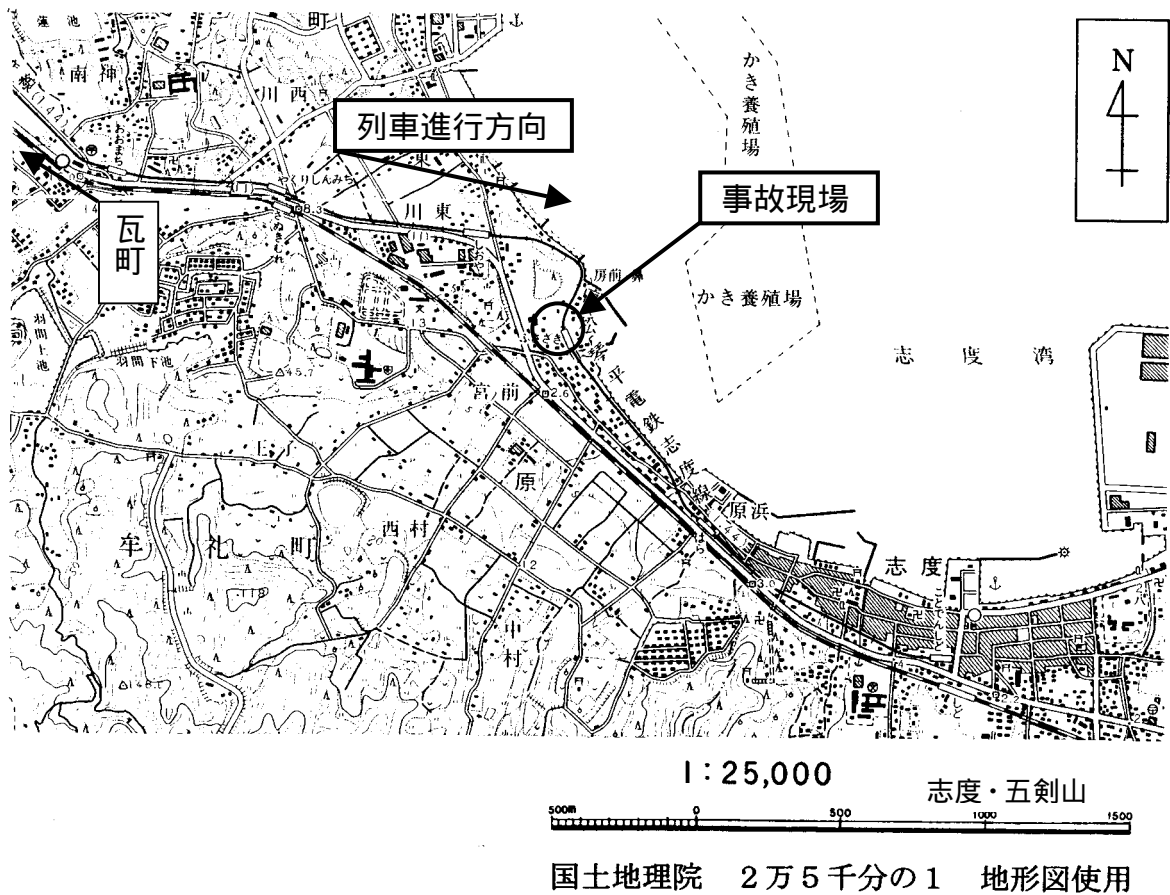
また、同社は、本件曲線以外の、通りについて正確な測定がなされていない可能性のあった半径160m以下の急曲線(8ヶ所)について、3月5日の事故発生直後に手検測を行い、整備基準値内にあることを確認した。

# 付図1 志度線路線図

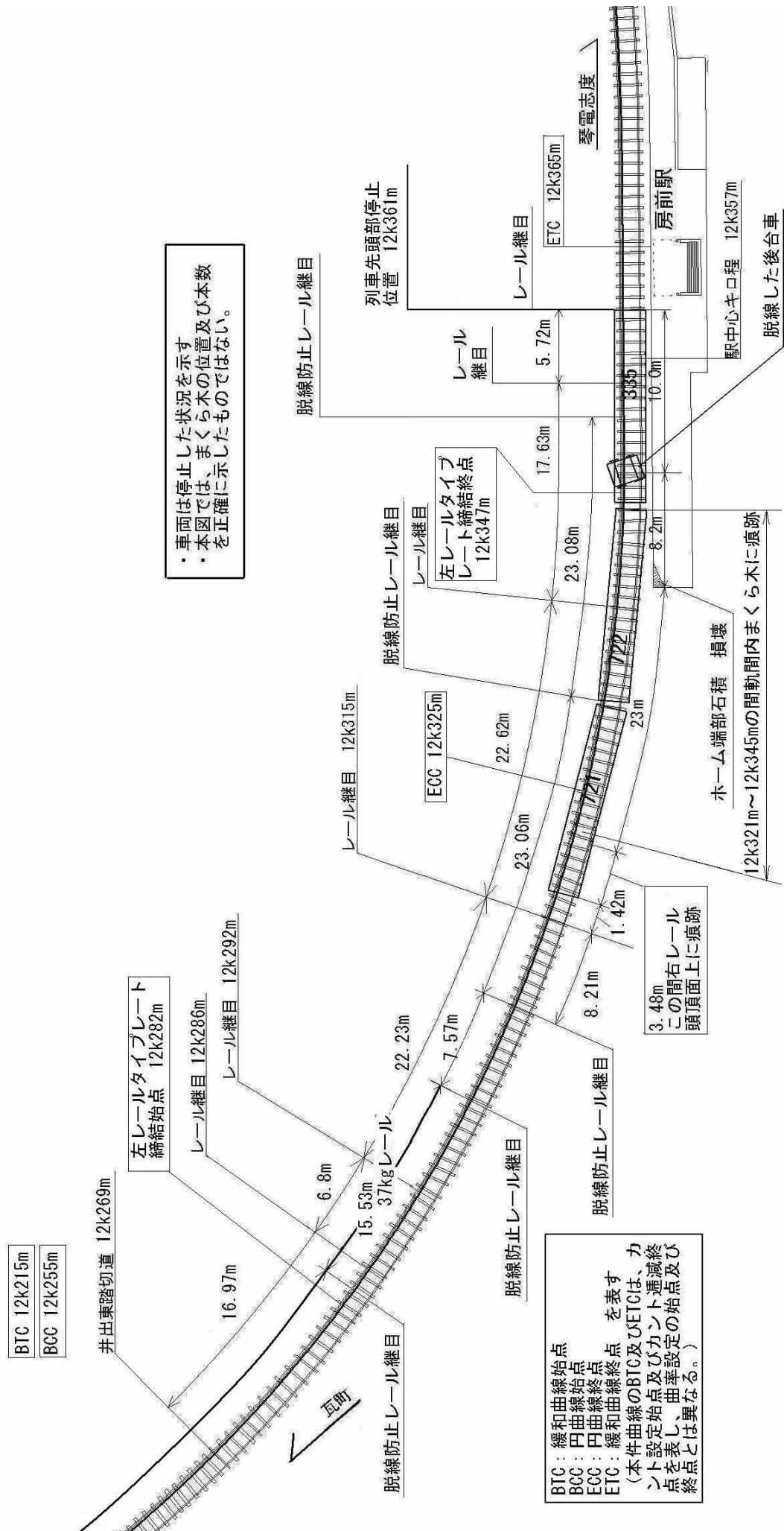
志度線 瓦町～琴電志度間12.5km(単線)



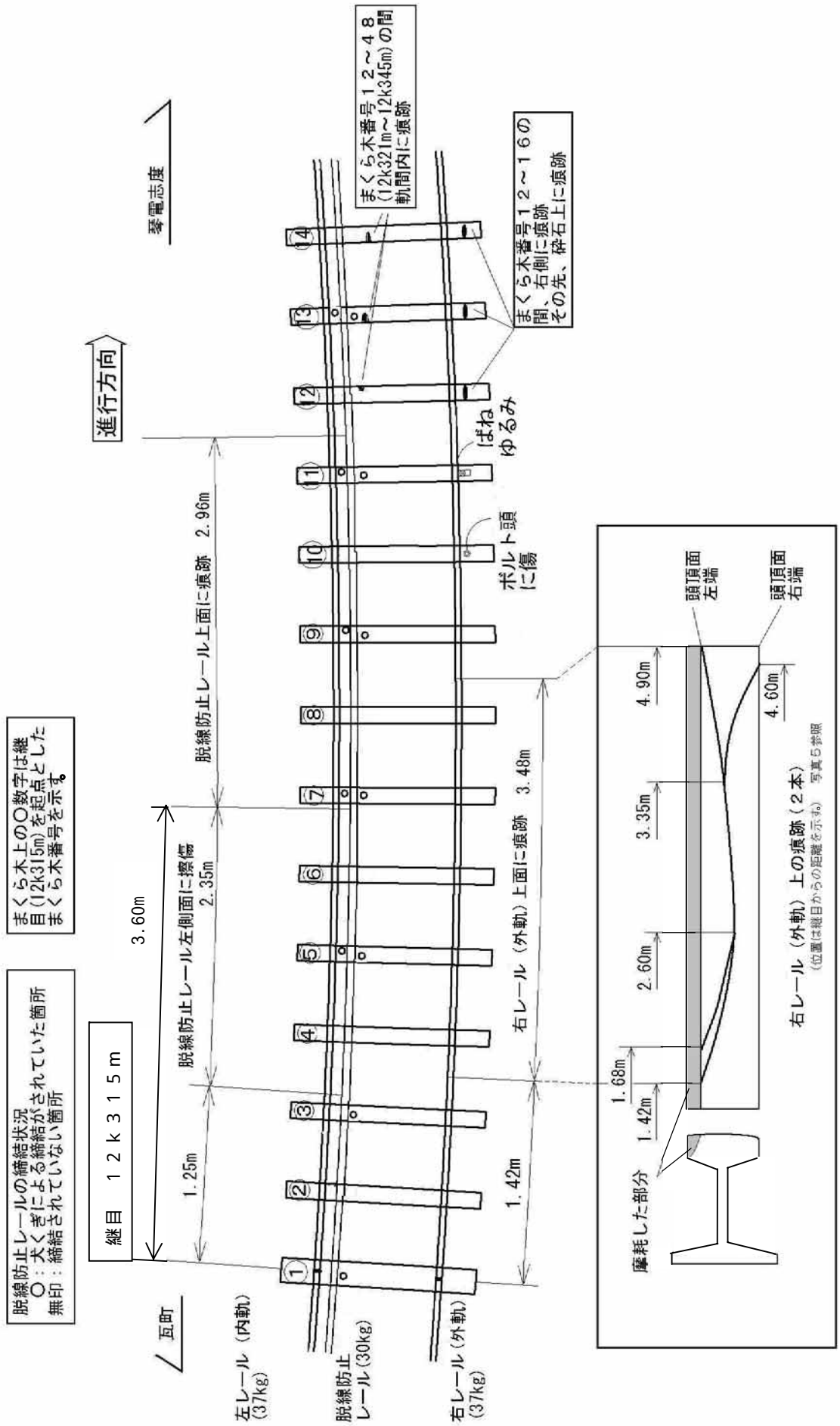
# 付図2 事故現場付近の地形図



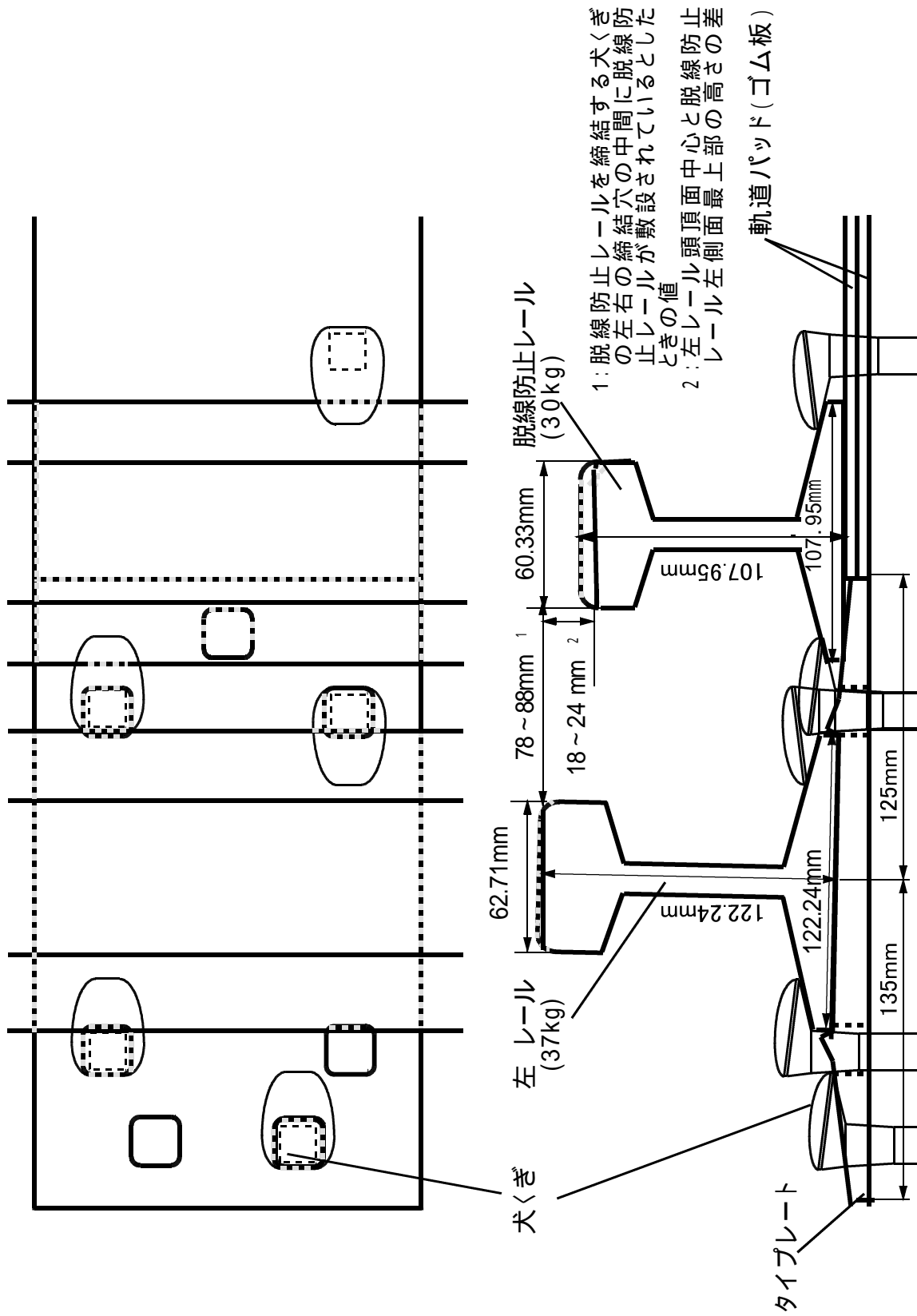
付図3 事故現場全体見取図



付図4 軌道状況図（締結状況、痕跡）



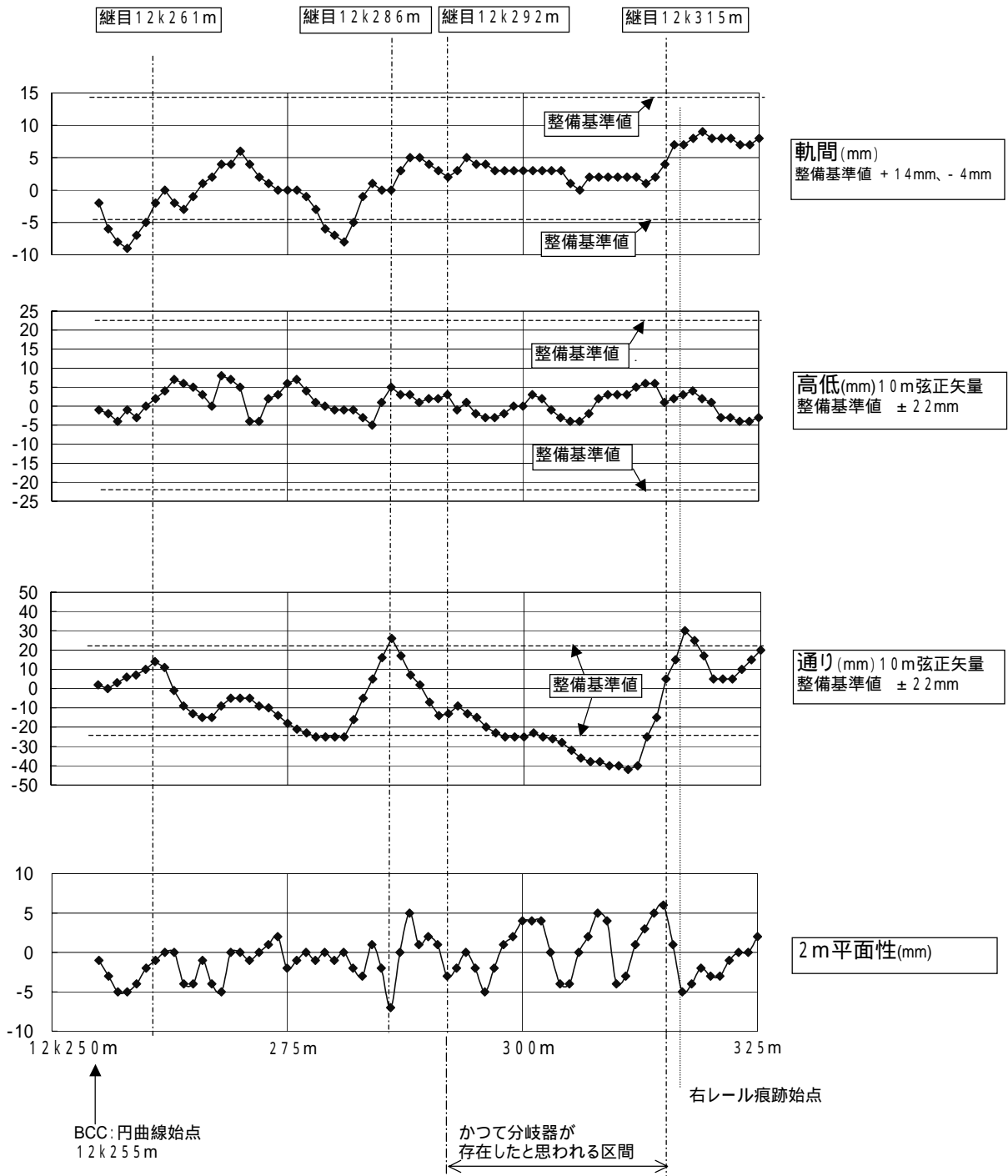
付図5 脱線防止レールの締結状況





# 付図 6 - 1 事故現場付近の軌道検測結果 ( 1 )

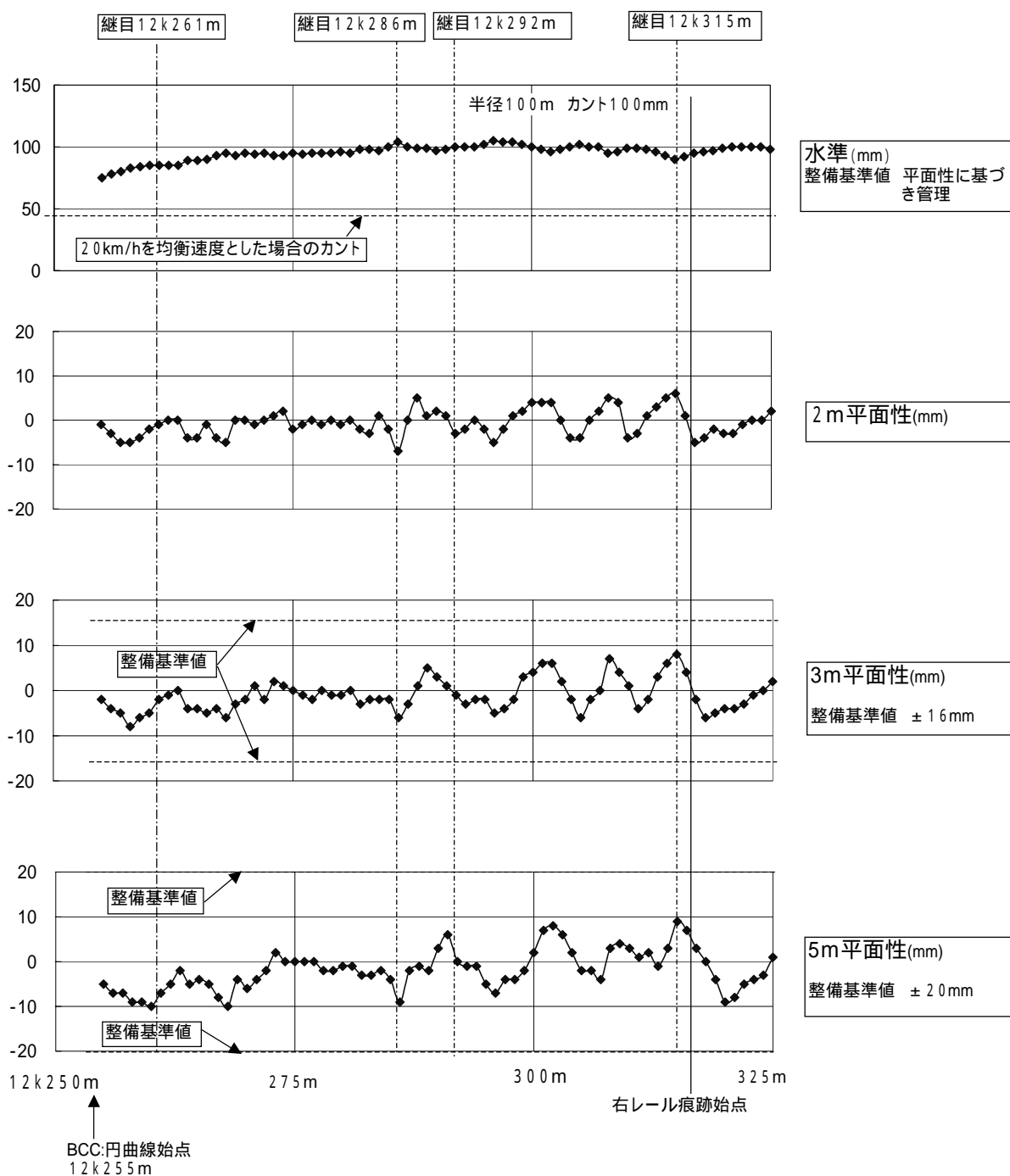
( 事故直後 1 m おきの手検測による )  
 - 軌間、高低、通り、平面性変位 -



## 付図 6 - 2 事故現場付近の軌道検測結果 ( 2 )

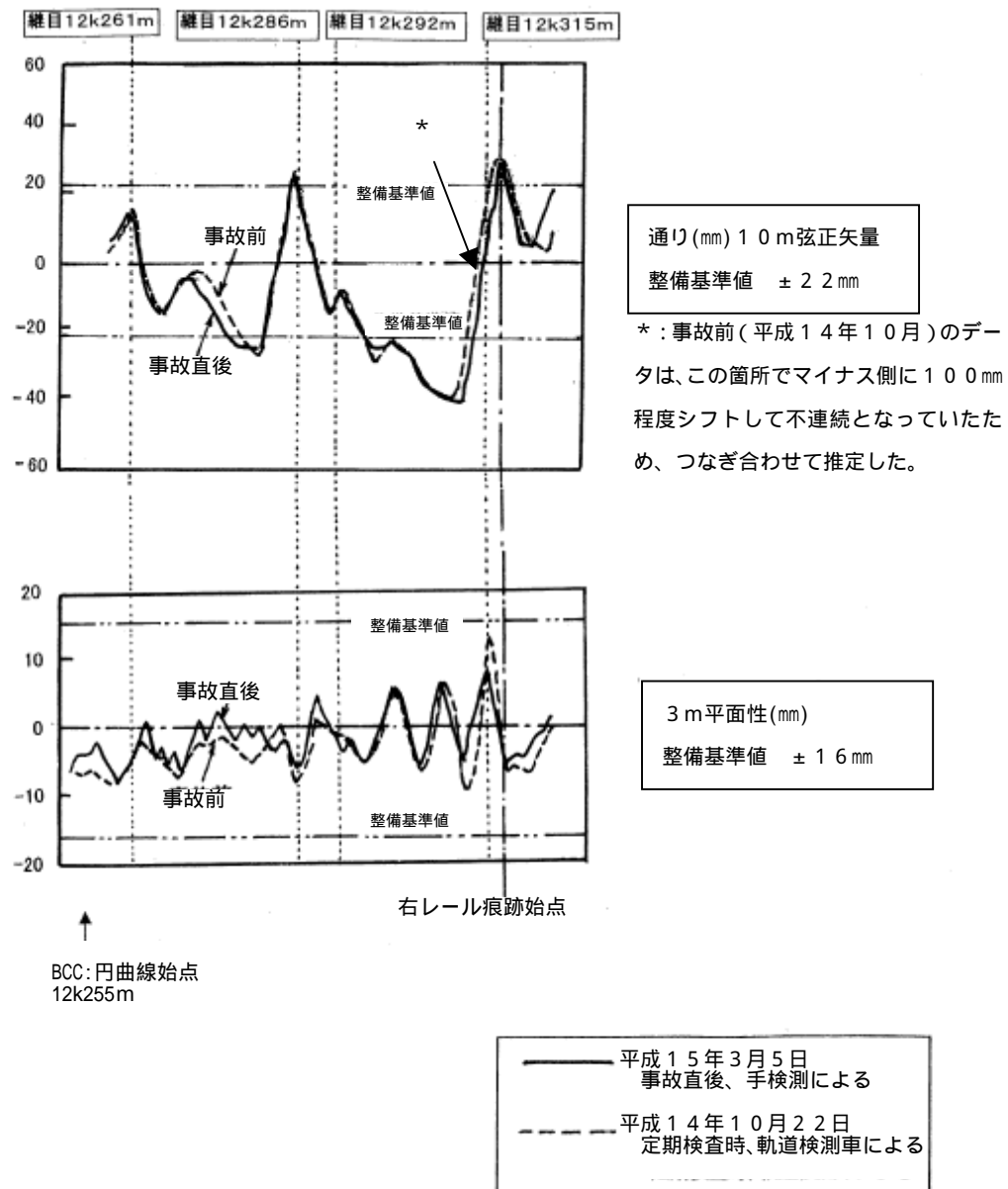
( 事故直後 1 m おきの手検測による )

- 水準変位及び平面性変位 -

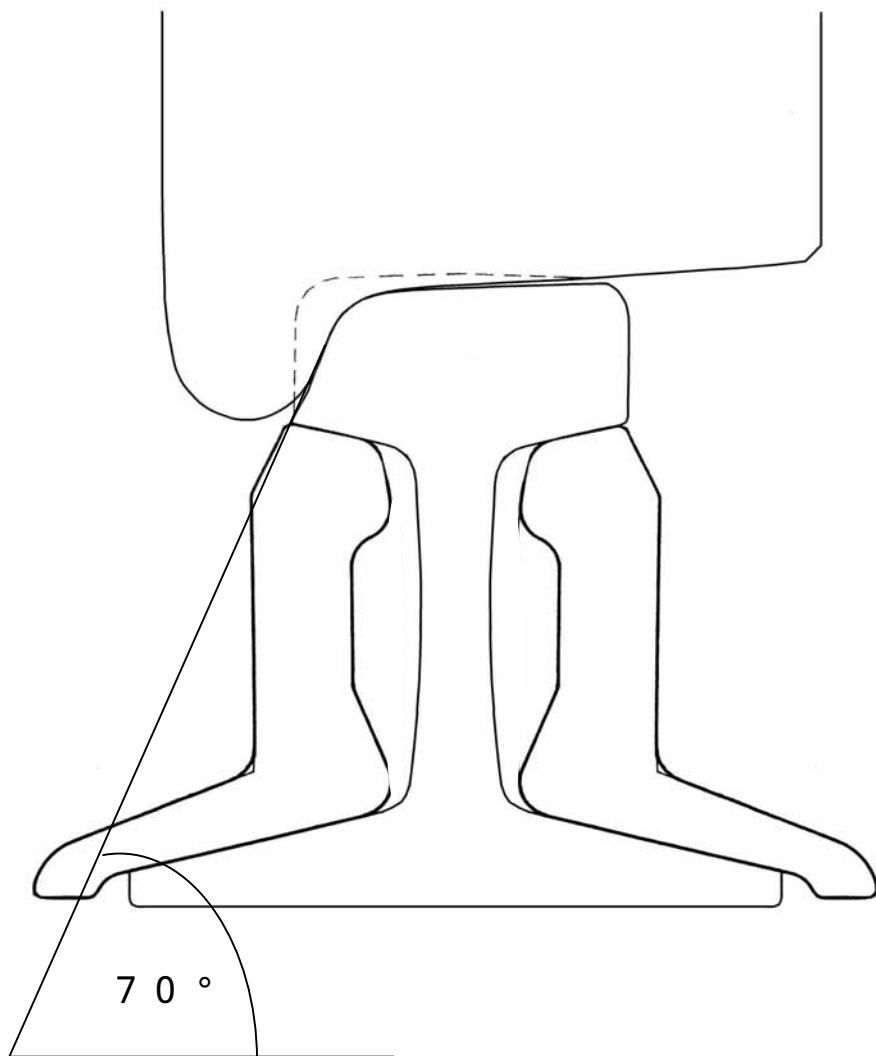


# 付図 6 - 3 事故現場付近の軌道検測結果 ( 3 )

## - 事故前と事故直後の比較 -

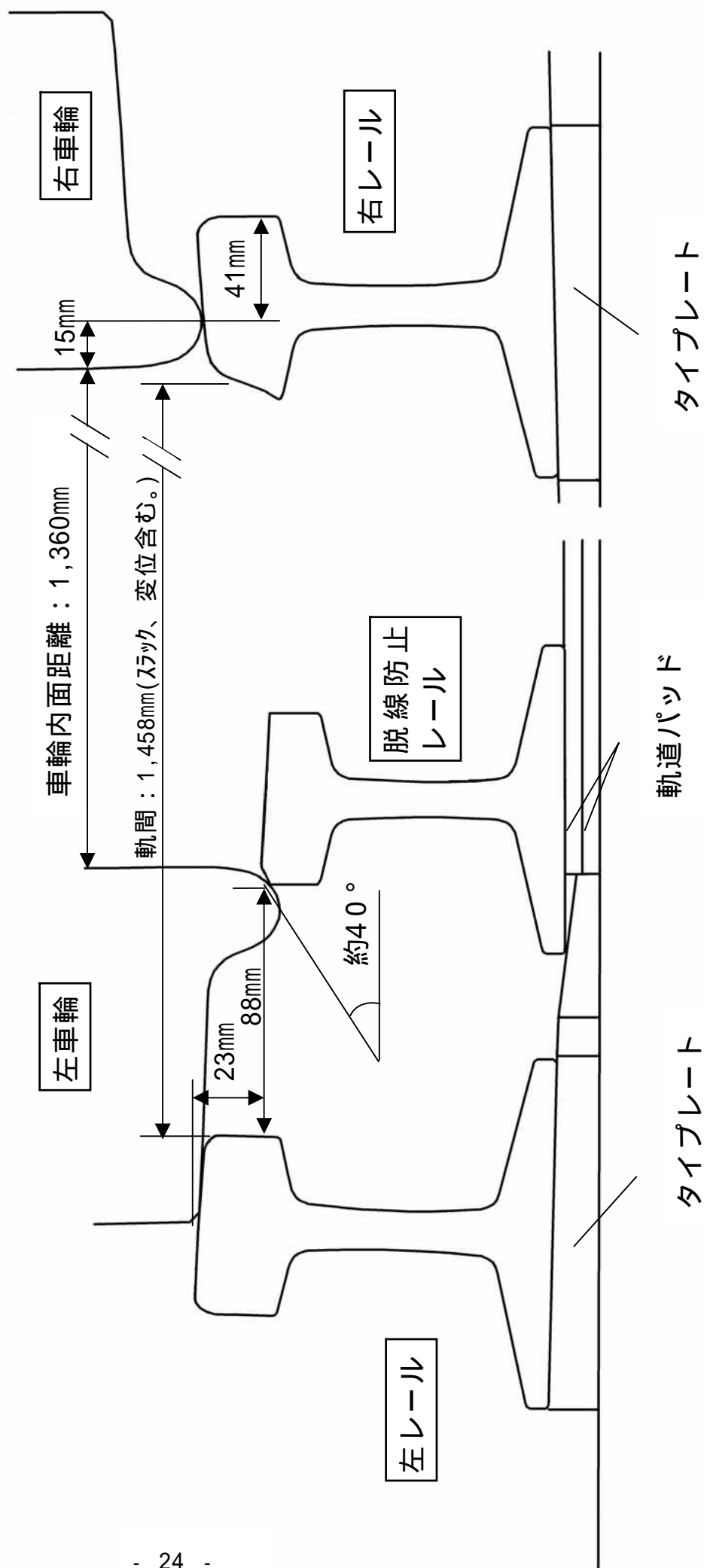


付図7 右車輪と右レール（外軌）との接触状況  
(12k315m付近)



付図 8 脱線防止レールに乗り上がる際の車輪・レールの接触状況

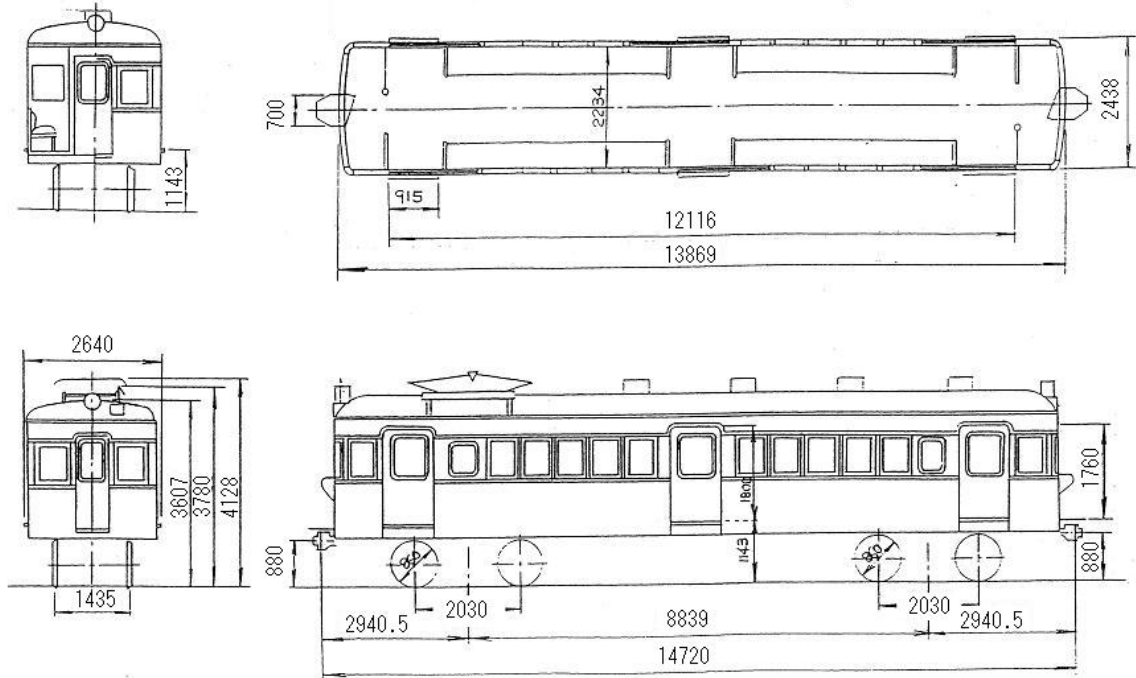
(12k318m 地点)



# 付図 9 車両形式図 ( 3 3 5 号車 )

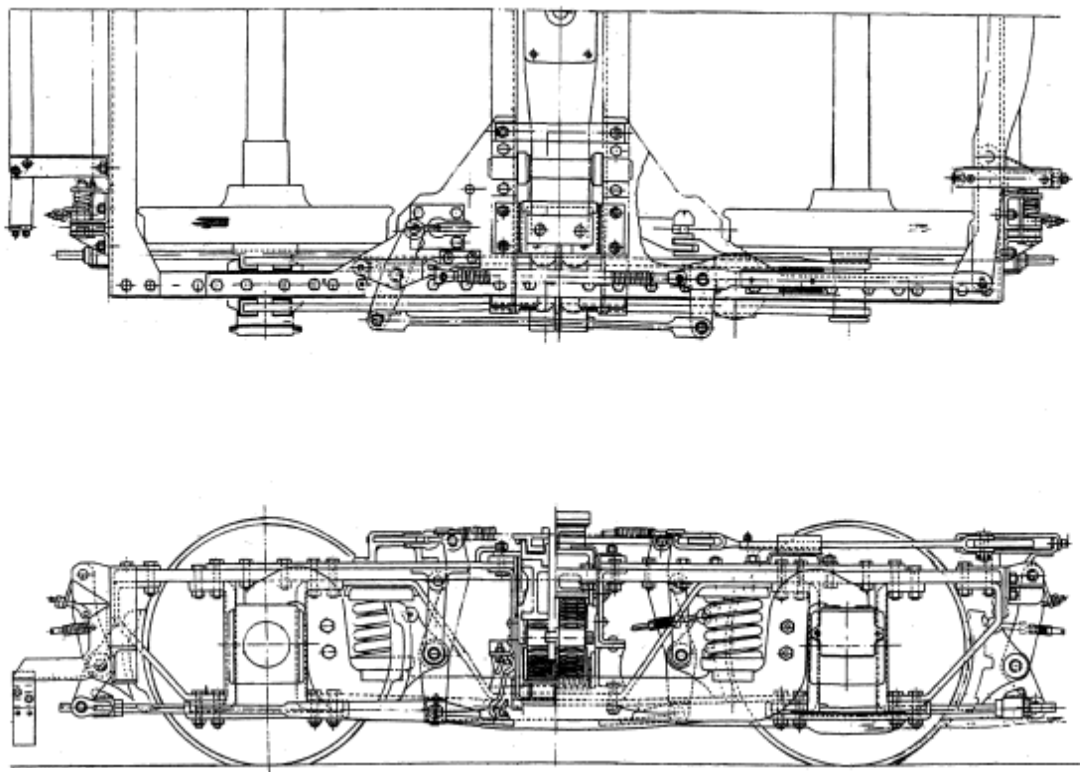
車種 普通鉄道旅客車 ( 制御電動車 DC 1,500V )

進行方向 ↘



( 提供 : 高松琴平電気鉄道株式会社 )

# 付図 10 335号車の台車



## 写真1 事故現場

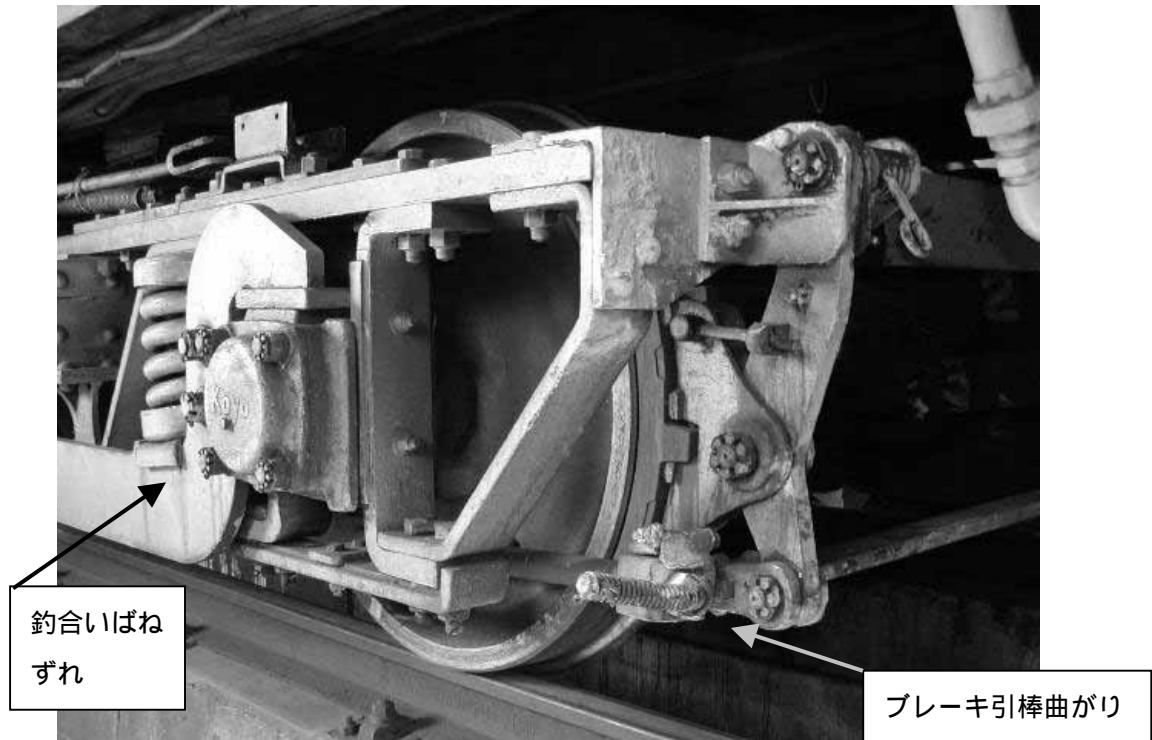


（40kgNレール及び脱線防止ガードに変更後の状況を示し、継目位置は事故当時と異なる）

## 写真2 脱線した車両の状況

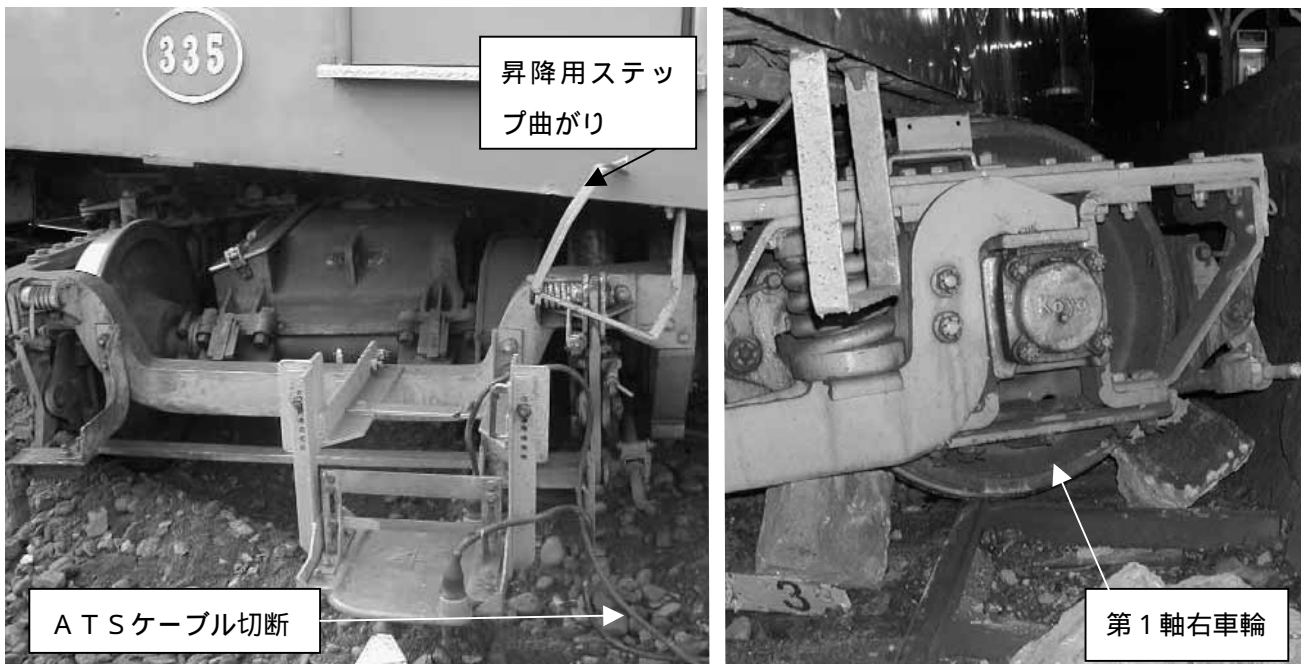


### 写真3 車両の損傷状況（その1）



（復線後の後台車右前部）

### 写真4 車両の損傷状況（その2）

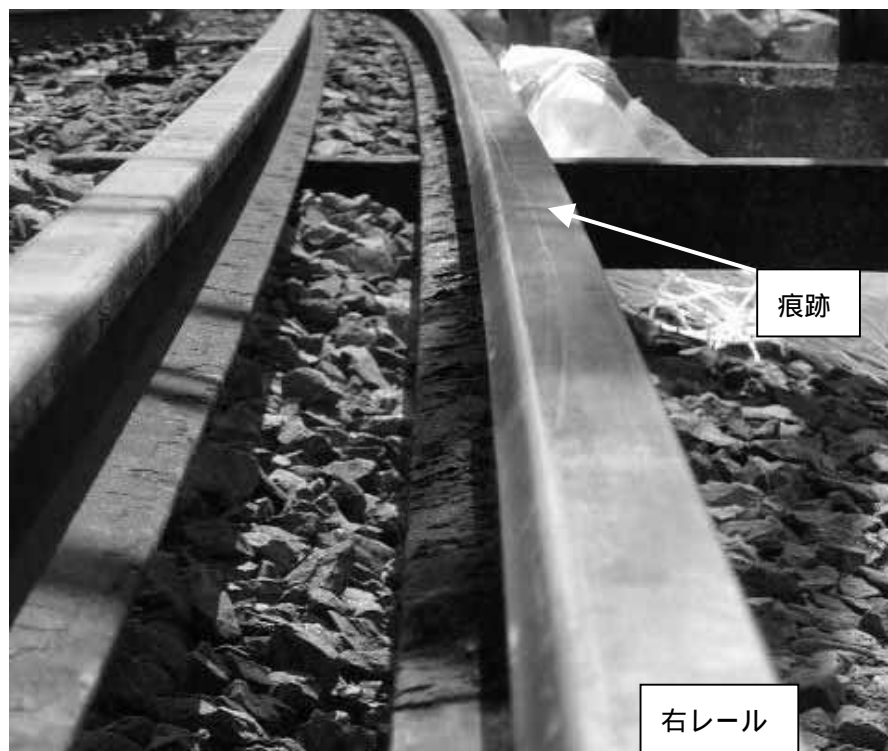


（車両の左側を見る・後台車後部）

（車両の右側を見る・後台車右前部）



写真5 右レール（外軌）上の痕跡



(レール取り外し後に撮影)

写真6 右レール内側の摩耗状況

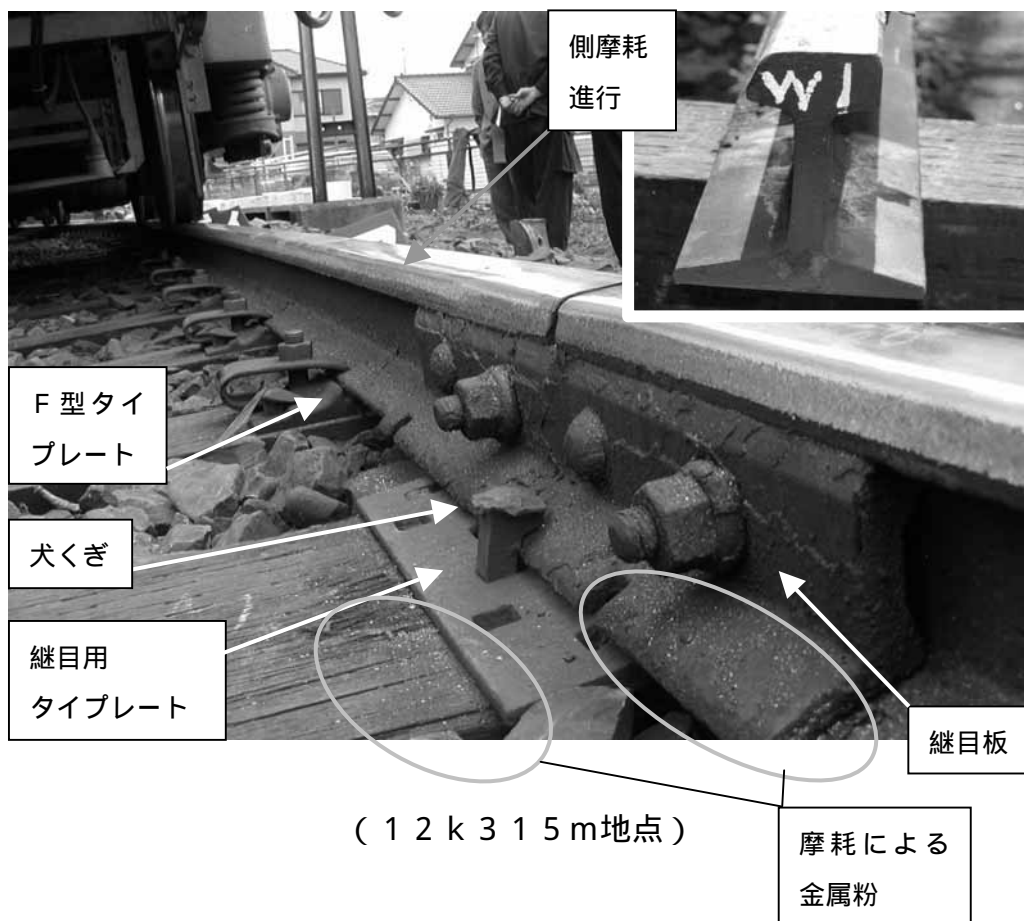


写真7 脱線防止レール上の痕跡

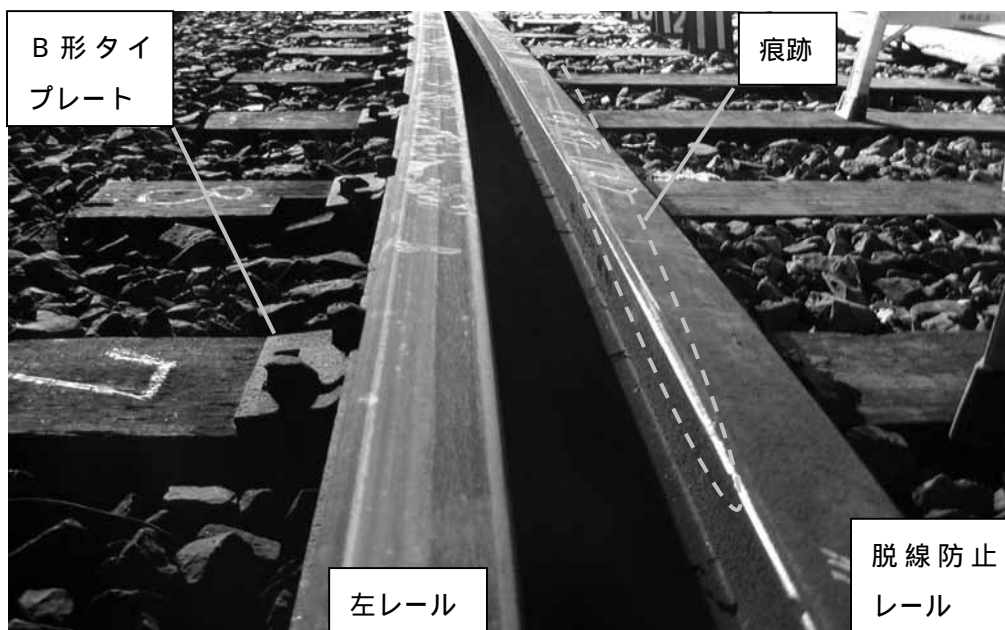


写真8 脱線防止レールの締結状況 (その1)

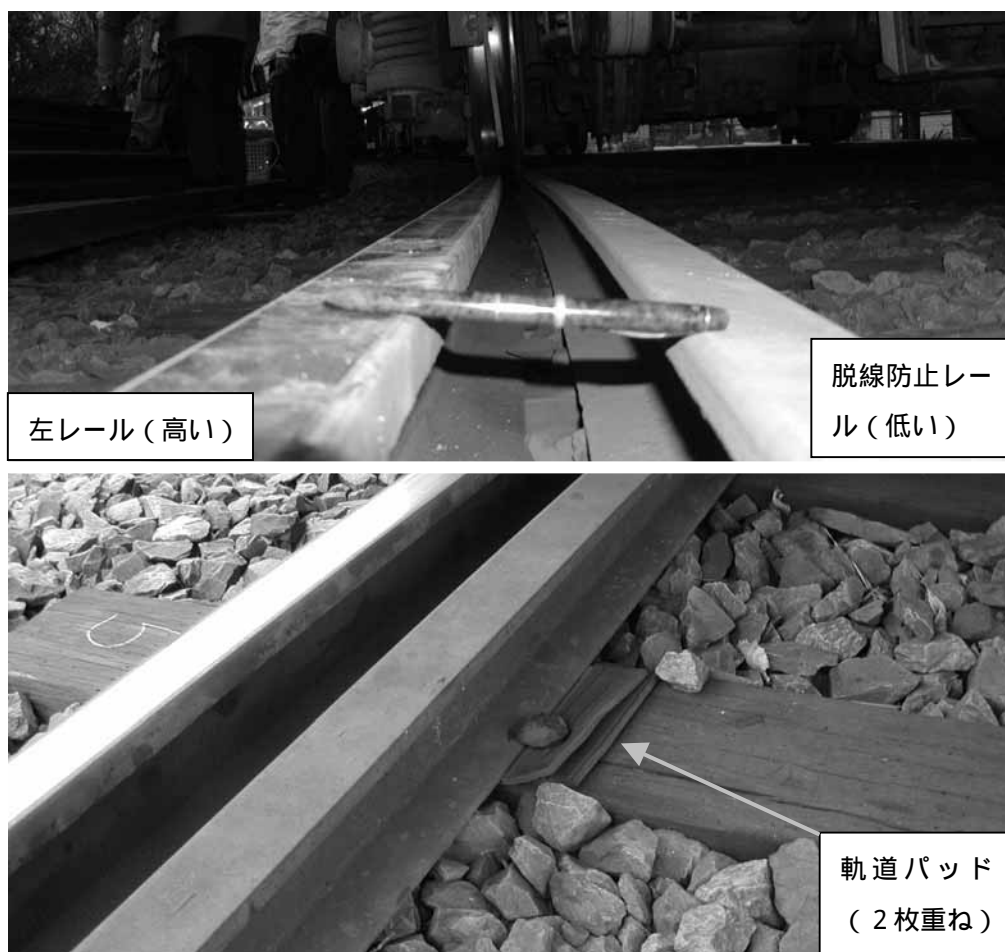


写真9 脱線防止レールの締結状況（その2）

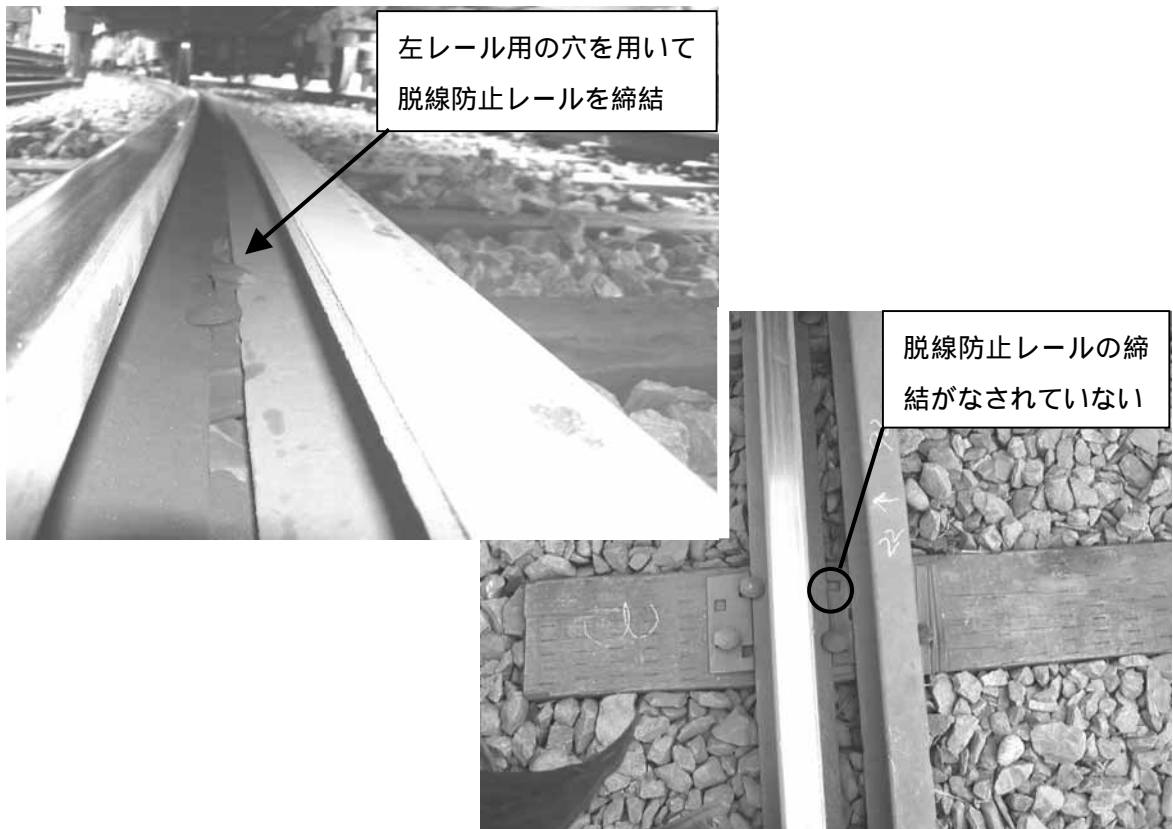
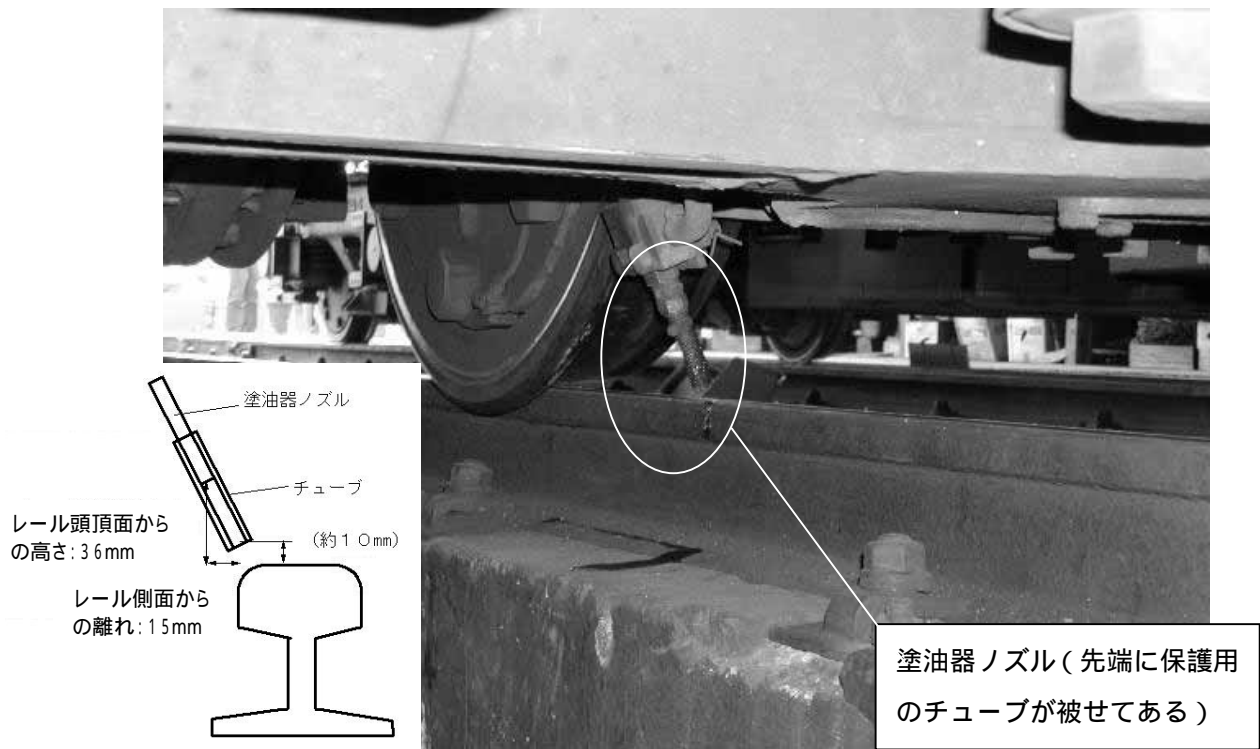


写真10 車上塗油器



(今橋車庫で撮影)

## 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」