

RA2008-7

# 鐵道事故調查報告書

長崎電気軌道株式会社 桜町支線諏訪神社前停留場～  
公会堂前停留場間 車両脱線事故

広島電鉄株式会社 宮島線広電西広島駅構内 列車脱線事故

平成20年7月25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

## Ⅱ 広島電鉄株式会社宮島線広電西広島駅構内 列車脱線事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：広島電鉄株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成19年9月6日 9時50分ごろ

発生場所：広島県広島市

宮島線広電西広島駅構内

平成20年 7月14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（部会長） |
| 委員  | 中川聡子      |
| 委員  | 松本陽       |
| 委員  | 宮本昌幸      |
| 委員  | 富井規雄      |

## 1 鉄道事故調査の経過

### 1.1 鉄道事故の概要

広島電鉄株式会社の宮島線広電西広島駅発商工センター入口駅行き2両編成の下り回送第30932列車は、平成19年9月6日（木）、広電西広島駅6番線を定刻（9時32分）より遅れて出発した。

列車の運転士は、速度約15km/hで運転中、西広島44EP分岐器を通過後に異常を感じたため、ブレーキを使用し、同分岐器から約50m行き過ぎて停止した。停止後に確認したところ、列車は後部車両の後台車全2軸（前後左右は列車の進行方向を基準とする。）が右へ脱線していた。

列車には運転士、車掌及び同社社員2名が乗車していたが、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19年9月6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。

中国運輸局は、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 調査の実施期間

平成19年9月6日 現場調査及び口述聴取

平成19年9月7日 現場調査、口述聴取及び車両調査

### 1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

## 2 認定した事実

### 2.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、広島電鉄株式会社（以下「同社」という。）の下り回送第30932列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「運転士」という。）及び車掌（以下「車掌」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

#### (1) 運転士

本件列車は定刻（9時32分）より遅れて、広電西広島駅6番線から回送で商工センター入口駅に向かって出発した。本件列車には車掌のほか同社社員2名が便乗していた。

1ノッチを入れて速度約10km/hまで加速し、西広島44EP分岐器（以下「本件分岐器」という。）に入るときにノッチを切った。先頭車輪が本件分岐器に当たった感じを確認してから再度ノッチを入れて、速度約15km/hまで加速し、1ノッチ又は2ノッチの入り切りを繰り返しながら、本件列車が本件分岐器を通過するまで、速度約15km/hを維持しようとした。本件分岐器を通過するときに、いつものような横揺れがあった。

1ノッチのまま徐行解除信号機的位置まで来ても、「ガガガガ」と前後に揺れて動揺が止まらなかったため、後部車両を見ると、前後上下に異常に揺れていた。後部車両の左右から土煙が上がったので、ブレーキをかけて停止した。

停止後、先頭車両の前方の左乗降口から降車し、床下をのぞいて見ると、後部車両の後台車が脱線していたので、すぐに車内に戻って運転指令に無線で連絡した。そのとき、便乗していた同社社員1人が、前方の列車防護に行ってくれた。

なお、本件列車の乗務開始から事故に至るまでの間、車両に異常は認められ

なかった。

## (2) 車掌

広電西広島駅6番線に到着するときに、後部車両の車掌台から先頭車両の車掌台に移動し、到着後、ドアを開けて乗客を降車させた。

ドアを閉めて、発車したのを確認し、後部車両の車掌台に移動しながら、降りていた日よけのブラインドを上げていたら、桜川踏切道の辺りで本件列車が停止した。停止したときには、まだ先頭車両の真ん中辺りにいて、後方を見たら、後部車両が進行方向右側に傾いていた。

後部車両に移動し、便乗していた同社社員2名と車内から周りを見回したところ、同車両が脱線して反対側の線路の方に傾いている状況を確認した。

便乗していた同社社員2名に列車防護の必要性を話すと、その1人が赤色旗を持って、前方の列車防護に行ってくれた。

本件列車はちょうど同踏切道に止まっていて、遮断機がずっと降りたままだったので、便乗していたもう1人の同社社員と協力して、踏切道を渡ろうとしていた歩行者、自動車等を迂回路へ誘導した。

なお、本事故の発生時刻は9時50分ごろであった。

(付図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

広電西広島駅起点0k168m付近（以下「広電西広島駅起点」は省略）のATS地上子等が損傷した。

### 2.3.2 車両の損傷状況

後部車両の排障器、ATS車上子、後台車のブレーキ水平ばり、後台車第2軸の歯車箱等が損傷した。また、後部車両の後台車左外吊りリンク<sup>1</sup>及び左下吊りリンクピン組み<sup>2</sup>が脱落し、それぞれの下面に擦過痕が見られた。

後部車両の後台車第1軸左車輪のフランジ及び外側面に打痕が見られた。

(付図3及び写真1、2、3、4、5参照)

---

<sup>1</sup> 「吊りリンク」とは、揺れまくら式台車において、台車枠から揺れまくらを吊り下げているリンクのことをいう。

<sup>2</sup> 「吊りリンクピン組み」とは、吊りリンクの上下にあって、揺れまくらを吊り下げるために必要な受座とピンが組み合わさった部品のことをいう。

## 2.4 乗務員に関する情報

|           |    |     |            |
|-----------|----|-----|------------|
| 運転士       | 男性 | 42歳 |            |
| 甲種電気車運転免許 |    |     | 昭和63年6月10日 |
| 乙種電気車運転免許 |    |     | 昭和63年2月3日  |
| 車掌        | 男性 | 23歳 |            |

## 2.5 鉄道施設及び軌道施設に関する情報

### 2.5.1 鉄道施設及び軌道施設の概要

- (1) 同社の宮島線は複線で、軌間は1,435mmである。なお、広電西広島駅構内には鉄道と軌道の境界である鉄軌道分界点(0k162.5m)があり、同社の軌道の本線が接続している。
- (2) 本件分岐器は37kgレール用の右片開き分岐器であり、0k158m付近に本件分岐器トングレール後端が、0k161m付近に本件分岐器トングレール先端が位置し、広電西広島駅6番線を出発した列車は、本件分岐器に分岐線から背向<sup>3</sup>で進入する。
- (3) 本件分岐器付近は平坦であり、本件分岐器トングレール付近の曲線半径の設計値は約46mである。なお、本件分岐器に緩和曲線はなく、カントはつけられていない。
- (4) 本件分岐器にはスラックが設定されており、スラックは0k161m付近(トングレール先端の位置)で18mm及び0k159m付近で12mmとなっている。
- (5) 本件分岐器の0k149m～158m付近の左レールに長さ約9mの護輪溝軌条<sup>4</sup>(以下「ガードA」という。)が敷設され、内軌側車輪である左車輪の背面を案内する構造となっている。トングレール前方の0k161m～164m付近の左レールに長さ3.5mの護輪軌条<sup>4</sup>(以下「ガードB」という。)が敷設されているが、トングレール部は内軌側車輪の背面をガードする設備はない。
- (6) 0k205mに桜川踏切道(第1種踏切道)がある。

### 2.5.2 本件分岐器の定期検査に関する情報

<sup>3</sup> 「背向」とは、分岐器の後端側から前端側への向きであり、本件分岐器では広電西広島駅方から商工センター入口駅方への向きである。

<sup>4</sup> 「護輪軌条」とは、橋りょう、踏切、分岐器、曲線等で、車輪の誘導、脱線防止、脱線車両の危険増大防止等を目的として敷設されたレールをいう。「護輪溝軌条」は「護輪軌条」と同様な目的で敷設され、レールと一体型の構造となっている。

同社では、軌道法適用区間においては、「軌道運転規則」に基づき、地方運輸局長に届け出ている細則の一部である「軌道整備心得」により、分岐器付近における軌道変位の測定を年1回実施することとしており、軌間変位、水準変位、バックゲージ<sup>5</sup>等を測定している。

本件分岐器における直近の軌道変位の測定は、平成18年11月30日に実施されており、測定記録に異常は認められなかった。また、目視による巡回検査及び分岐器点検は毎日実施されており、本事故前日（平成19年9月5日）の検査記録に異常は認められなかった。

なお、同社の「軌道整備心得」による主な軌道変位の許容値<sup>6</sup>（以下「許容値」という。）は表1のとおりである。

表1 許容値

| 項目     | 許容値   |
|--------|---|
| 軌間変位   | -4～+7mm（軌間1,431～1,442mm）<br>分岐器クロッシング部では-3～+5mm |
| 水準変位   | 直線の場合 -8～+8mm<br>曲線の場合 -9～+9mm                  |
| バックゲージ | 1,390～1,402mm                                   |

### 2.5.3 本件分岐器付近の軌道変位等

本件分岐器付近（0k149m～163m付近）において、事故後に実施した0.2m間隔の軌道変位等の測定結果は、以下のとおりであった。

#### (1) 軌間変位

測定値と設定値（軌間1,435mmにスラックを加えた値）の差として算出される軌間変位は、-5～+8mm（軌間1,430～1,443mm）の範囲であり、0k151m付近では-5mm、0k158m付近では+8mmとなって、一部で許容値を超えていたが、それ以外は許容値内であった。

また、スラックを含めた軌間変位は0k157m付近から0k159m付近にかけて、0mmから+19mmに増加（軌間は1,435mmから1,454mmに増加）していた。

<sup>5</sup> ここでいう「バックゲージ」とは、右レール左側面と護輪溝軌条左側面または護輪軌条左側面との距離のことである。軌道（路面電車）の分岐器付近等の急曲線部では、内軌側車輪の背面が護輪溝軌条や護輪軌条等に接触し、案内されることが一般的であるため、バックゲージの管理は、車両の走行安全性を確保するために、特に重要である。

<sup>6</sup> ここでいう「許容値」とは、同社が定めたもので、この限度内の軌道変位は整正しなくてもよいとしている数値である。

(2) 水準変位

測定値（右レールが左レールに比べて高い場合に正の値を示す。）は－12～＋4mmの範囲であり、0k149m～151m付近では－12～－9mmとなって、許容値を超えていたが、それ以外は許容値内であった。

(3) 平面性変位

台車の軸距に相当する1.6mの間隔での水準変位から本件分岐器付近の平面性変位<sup>7</sup>を求めると、－6～＋6mmの範囲であり、0k158mから0k160m付近にかけて、＋6mmから0mmに減少していた。（同社では1.6m平面性変位を管理していないため許容値は設定されていない。）

(4) バックゲージ

測定値は1,390～1,396mmの範囲であり、許容値内であった。なお、0k157m付近で1,395mmから1,390mmに減少していた。

(5) 曲線半径

測定弦長5mの通り変位の測定結果から、本件分岐器付近を円曲線と仮定して曲線半径を算出すると、0k159m～160m（トングレー先端から後端側に0.8～1.2mの位置）付近で、曲線半径は最小となり、約39mであった。

#### 2.5.4 レールの摩耗状況

事故後に0k159m付近及び0k160m付近の本件分岐器右トングレールの摩耗量を測定したところ、ゲージコーナー部においていずれも7mmであった。同社の摩耗限度<sup>8</sup>（9mm）を超えていなかったものの、摩耗により断面形状は車輪フランジ形状に近くなっていた。

（付図3、4、5参照）

### 2.6 車両に関する情報

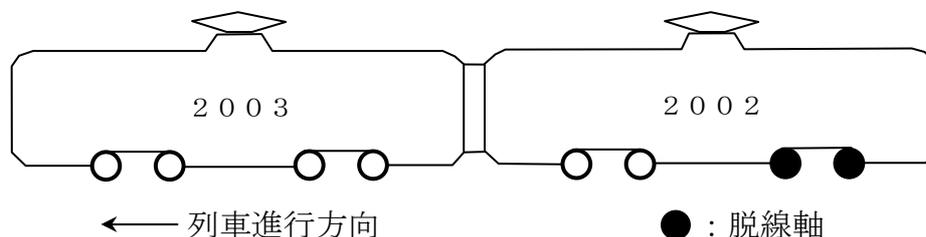
#### 2.6.1 車両の概要

|      |               |
|------|---------------|
| 車種   | 直流電車（600V）    |
| 製造年  | 昭和37年         |
| 編成両数 | 2両            |
| 編成定員 | 174名（座席定員72名） |

<sup>7</sup> 「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点間の距離が1.6mであれば1.6m平面性変位という。なお、本文中では、右前方が上がる向きにねじれている場合の平面性変位を正の値としている。

<sup>8</sup> ここでいう「摩耗限度」とは、同社が定めたもので、分岐器の摩耗限度に達したものは、更替または溶接補修することとしている。

編 成 長                    24.28m  
軸        距                    1.6m  
記 号 番 号



## 検 査 履 歴

| 検査の種類 | 検査周期 | 実施日        |
|-------|------|------------|
| 全般検査  | 6年   | 平成16年4月26日 |
| 重要部検査 | 3年   | 平成19年4月27日 |
| 月検査   | 3ヶ月  | 平成19年7月2日  |
| 交番検査  | 11日  | 平成19年8月30日 |

検査は、車両が軌道法適用車両に位置づけられる場合は、「軌道運転規則」に基づき、地方運輸局長に届け出ている細則の一部である同社の「電車整備心得 軌道」に基づき行われており、検査記録に異常は認められなかった。

## 2.6.2 車両の状況

### (1) 車輪内面距離

直近の月検査の測定記録によると、全車輪の車輪内面距離は、約1,362mmであり、同社の限度<sup>9</sup>（1,359～1,365mm）内であった。また、事故後に測定した各車輪の車輪内面距離は、直近の測定記録と同じであった。

### (2) 車輪踏面形状

事故後に測定した全車輪の踏面形状の描写記録によると、車輪踏面形状は同社の車輪図面の形状（フランジ角度は65°）とほぼ同じであった。また、フランジ厚さは全車輪で約29mmであった。

### (3) 静止輪重比<sup>10</sup>

直近の重要部検査の測定記録によると、静止輪重及び静止輪重比は表2のとおりであり、静止輪重比については、いずれの車両も同社の管理値の標準<sup>11</sup>

<sup>9</sup> ここでいう「限度」とは、同社が定めたもので、取替え又は加修を要しない限界をいう。

<sup>10</sup> 「静止輪重比」とは、片側の車輪の輪重をその軸の平均輪重で除した値をいう。

<sup>11</sup> ここでいう「管理値の標準」とは、同社が定めたもので、静止輪重比を管理する際に調整の要否を決定する場合の標準となる数値をいう。

(0.90～1.10)内であった。

脱線した後部車両の後台車全2軸は、右車輪の静止輪重が左車輪に比べて小さかった。

表2 静止輪重と静止輪重比

|                |     |     |     | 静止輪重<br>kN | 静止輪重比 |
|----------------|-----|-----|-----|------------|-------|
| 先頭車両<br>(2003) | 前台車 | 第1軸 | 左車輪 | 29.3       | 1.01  |
|                |     |     | 右車輪 | 28.7       | 0.99  |
|                |     | 第2軸 | 左車輪 | 28.4       | 1.01  |
|                |     |     | 右車輪 | 28.1       | 0.99  |
|                | 後台車 | 第1軸 | 左車輪 | 26.1       | 0.96  |
|                |     |     | 右車輪 | 28.3       | 1.04  |
|                |     | 第2軸 | 左車輪 | 26.1       | 0.97  |
|                |     |     | 右車輪 | 27.6       | 1.03  |
| 後部車両<br>(2002) | 前台車 | 第1軸 | 左車輪 | 26.3       | 0.95  |
|                |     |     | 右車輪 | 29.0       | 1.05  |
|                |     | 第2軸 | 左車輪 | 27.0       | 0.95  |
|                |     |     | 右車輪 | 29.8       | 1.05  |
|                | 後台車 | 第1軸 | 左車輪 | 29.6       | 1.06  |
|                |     |     | 右車輪 | 26.4       | 0.94  |
|                |     | 第2軸 | 左車輪 | 29.8       | 1.08  |
|                |     |     | 右車輪 | 25.2       | 0.92  |

## 2.7 運転取扱いに関する情報

同社によれば、本件分岐器に広電西広島駅6番線から背向で進入する運行は、1日あたり数列車であり、制限速度は15km/hとされている。

## 2.8 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

## 2.9 事故現場に関する情報

### 2.9.1 脱線の状況

本件列車は、先頭が0k210m付近に停止して、後部車両の後台車全2軸がそ

れぞれ右へ約0.3m脱線していたが、対向車線は支障していなかった。

後部車両の後台車左外吊りリンクが0k177m付近の左レール左側に、左下吊りリンクピン組みが0k184m付近の軌間内にそれぞれ落下していた。

### 2.9.2 脱線の痕跡

- (1) 0k159m付近（トングレール先端から後端側に約1.2mの位置）の本件分岐器右トングレール側面上並びに0k160m～162m付近及び163m～165m付近の右レール頭頂面上に右車輪によると見られる痕跡があった。

これらの中で最も手前にある0k159m付近の本件分岐器右トングレール側面上の痕跡は長さが短く、同レール頭頂面に達していた。

- (2) 0k161m付近のガードB頭頂面後端部並びに0k161m付近及び161m～164m付近のガードB頭頂面上に左車輪によると見られる線状の痕跡があった。また、0k161m～163m付近及び164m付近のガードB頭頂面上に左車輪によると見られる面状の痕跡があった。
- (3) 0k163m付近のガードB間隔材締結用ボルトに左車輪によると見られる痕跡があった。
- (4) 0k163m付近から0k190m付近（後部車両の後台車第1軸停止位置）までの間のまくら木上に車輪によると見られる痕跡があった。

（付図3、6及び写真1、6参照）

## 3 事実を認定した理由

### 3.1 脱線地点に関する解析

#### 3.1.1 後部車両の後台車第1軸の脱線地点

2.3.2で記述したように、後部車両の後台車第1軸左車輪のフランジに打痕があることから、2.9.2(2)で記述した0k161m付近のガードB頭頂面後端部及びそれに続くガードB頭頂面上の線状の痕跡は、同フランジによるものと考えられる。

この痕跡の状況から、同左車輪はガードB頭頂面上をフランジで走行した後、右に移動したため、同左車輪の踏面により、0k161m～163m付近に見られる面状の痕跡を発生させたものと考えられる。

その後、同左車輪が0k163m付近で右へ落下して、2.9.2(3)で記述したガードB間隔材締結用ボルトと衝突し、同左車輪の外側面に2.3.2で記述した打痕をつけたものと考えられる。

上記の同左車輪によると見られる痕跡の位置の関係から、0 k 1 5 9 m付近の本件分岐器右トングレール側面上に見られる痕跡（写真6）及び0 k 1 6 0 m～1 6 2 m付近に見られる右レール頭頂面上の痕跡は、後部車両の後台車第1軸右車輪によるものと考えられ、同右車輪は0 k 1 5 9 m付近で乗り上がり、2.9.2(4)で記述したまくら木上の痕跡から、最初に0 k 1 6 3 m付近で右へ脱線したのと考えられる。

### 3.1.2 後部車両の後台車第2軸の脱線地点

2.9.1で記述したように、本件列車は、後部車両の後台車全2軸が脱線していた。このことから、2.9.2(2)で記述した0 k 1 6 1 m～1 6 4 m付近のガードB頭頂面上の線状の痕跡は、脱線したもう一つの車軸である後部車両の後台車第2軸左車輪によるものであり、ガードB頭頂面をフランジで走行した後、右に移動したため、同左車輪の踏面によって0 k 1 6 4 m付近に見られる面状の痕跡を発生させたものと考えられる。

上記の同左車輪によると見られる痕跡の位置の関係から、0 k 1 6 3 m～1 6 5 m付近の右レール頭頂面上の痕跡は後部車両の後台車第2軸右車輪によるものと考えられ、同右車輪は0 k 1 6 5 m付近で右へ脱線したのと考えられる。

## 3.2 車両に関する解析

後部車両の後台車左外吊りリンク及び左下吊りリンクピン組みの下面には、2.3.2に記述したような擦過痕が見られた。これらの擦過痕は、左外吊りリンク及び左下吊りリンクピン組みの取付け位置とレールとの位置関係から、車両が右へ脱線した後、レールとの接触で生じたものと考えられる。

以上のこと、及び

- (1) 3.1で記述したように、後部車両の後台車が脱線したのは0 k 1 6 3 m付近と考えられること
- (2) 2.9.1で記述したように、後部車両の後台車左外吊りリンクは0 k 1 7 7 m付近に、左下吊りリンクピン組みは0 k 1 8 4 m付近に、それぞれ落下していたこと
- (3) 2.1の運転士の口述並びに2.6の検査記録及び車両の状況の記述から、事故発生までの運行において、本件列車の車両に異常はなかったものと推定されること

から、本件列車は後部車両の後台車左外吊りリンク及び左下吊りリンクピン組みが外れたことにより脱線したものではなく、脱線後に、これらが台車から外れたものと考えられる。

### 3.3 脱線に関する解析

#### 3.3.1 本件分岐器における脱線係数の増加

##### (1) 輪重

- ① 2.1の運転士の口述から、本件列車が速度約15km/hで走行していたとすると、超過遠心力による影響については、右車輪の輪重が増加し、左車輪の輪重が減少する傾向があるが、超過遠心力による輪重の増減は大きくないと考えられること
- ② 平面性変位による影響については、右車輪の輪重が減少し、左車輪の輪重が増加する傾向があるが、その増減は大きくないと考えられることから、本件分岐器通過時における輪重の変動は静止輪重に対して小さかったものと考えられる。

##### (2) 横圧

- ① アタック角については、
  - a 2.5.1(3)及び2.5.3(5)で記述したように、0k159m～160m付近で曲線半径は最小(約39m)となっており、本件分岐器の曲線半径の設計値(約46m)より小さくなっていたため、アタック角<sup>12</sup>が増加していたものと考えられること
  - b 2.5.3(1)で記述したように、スラックを含めた軌間変位が0k157m付近から0k159m付近にかけて増加していたため、アタック角が増加していた可能性が考えられること
  - c 2.9.2(1)で記述したように、0k159m付近の痕跡は長さが短かったため、アタック角が大きかった可能性が考えられることから、アタック角が増加していたものと考えられ、左車輪に生じる右方向への力が摩擦力近くまで大きくなり、その反力として右車輪には大きな横圧が発生していたものと考えられること
- ② 2.1の運転士の口述から、本件列車が速度約15km/hで走行していたとすると、ガードA及びガードBがない0k158m～161m付近において、曲線半径と列車速度から求められる均衡カントに対して、2.5.1(3)に記述したように、本件分岐器にカントはつけられていないので、カント不足状態となり、超過遠心力による横圧が発生していたものと考えられること
- ③ 2.5.1で記述したように、0k149m～158m付近の左レールに長さ

---

<sup>12</sup> 「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。

約9mのガードAが敷設されており、2.5.3で記述したように、バックゲージは0k157m付近で1,395mmから1,390mmに変化する一方、2.6.2(1)及び(2)で記述したように、車輪内面距離は約1,362mmであり、フランジ厚さ約29mmを考慮すると、0k157m付近より後方では、車輪内面距離とフランジ厚さの和(約1,391mm)はバックゲージ1,395mmよりも小さいことから、ここまではガードAに左車輪の背面が当たりながら走行していたのに対し、0k157m付近で車軸は急に右に最大約4mm移動し、さらにそれより前方の0k158m～161m付近には内軌側車輪の背面をガードする設備がないことから、衝撃的な横圧が発生したものと考えられること

から、0k157m～161m付近における右車輪の横圧が増加していたものと考えられる。

(1)及び(2)で記述したように、静止輪重に対する輪重の変動は小さいものの、右車輪の横圧が増加していたものと考えられることから、0k157m～161m付近における右車輪の脱線係数が増加して、乗り上がりが発生しやすい状態になっていたものと考えられる。

### 3.3.2 本件分岐器における限界脱線係数の低下

限界脱線係数については、3.3.1(2)①に記述したように、アタック角が増加していたものと考えられることから、右車輪の車輪フランジ・レール間の等価摩擦係数<sup>13</sup>は増加していたことが考えられ、0k157m～160m付近における右車輪の限界脱線係数が低下して、乗り上がりが発生しやすい状態になっていたものと考えられる。

### 3.3.3 乗り上がり脱線に関する解析

3.3.1及び3.3.2で記述したように、0k157m～161m付近における右車輪の脱線係数は増加し、0k157m～160m付近における右車輪の限界脱線係数は低下していたものと考えられるため、内軌側車輪の背面をガードする設備のない区間において乗り上がり脱線した可能性が考えられる。

その際、2.5.4で記述したように、本件分岐器右トングレールは、摩耗により断面形状が車輪フランジ形状に近くなっていたため、走行時の車輪とレールとの間の接触角、接触点等の接触状態によっては、乗り上がりが発生しやすい状態にあったと考えられる。

---

<sup>13</sup> 「等価摩擦係数」とは、車輪フランジ・レール間において作用する左右方向の力とその法線力の比であり、車輪フランジ・レール間摩擦係数とアタック角の増加に伴って増加し、最大値は摩擦係数となる。

なお、0 k 1 5 9 m付近を通過した本件列車の各台車第1軸右車輪は、乗り上がりが発生しやすい状態にあったと考えられるが、後部車両の後台車第1軸が乗り上がったのは、2.6.2(3)で記述したように、後部車両の後台車第1軸右車輪の静止輪重が左車輪に比べて小さかったことが関与した可能性が考えられる。

また、3.1.1及び3.1.2で記述したように、後部車両の後台車第1軸左車輪がガードBから落ちた位置(0 k 1 6 3 m付近)と後部車両の後台車第2軸左車輪がガードBに乗り上がり始めた位置(0 k 1 6 1 m付近)の距離はほぼ軸距(1.6 m)に相当しており、第1軸左車輪がガードBから落下することに追従して第2軸左車輪がガードBに乗り上がり始めたものと考えられる。

### 3.3.4 乗り上がりが発生した要因

本事故は、曲線半径の小さい分岐器において、内軌側車輪の背面をガードする設備のない区間で、車輪の乗り上がりが発生したものであり、その要因としては、3.3.1～3.3.3で記述したように、

- (1) 曲線での轉向横圧や超過遠心力により大きな横圧が発生しやすい箇所に内軌側車輪の背面をガードする設備がなかったこと
- (2) 曲線での轉向横圧や超過遠心力による横圧に加えて、バックゲージの急な減少によって衝撃的な横圧が発生していたこと、及び曲線半径が設計値より小さくなっていたことなどによりアタック角が増加して等価摩擦係数が増加していたこと
- (3) トングレールの摩耗により、断面形状が車輪フランジ形状に近くなっていたため、車輪フランジがレールに乗り上がりやすい状態となっていたことが考えられる。

## 4 原因

本事故は、曲線半径の小さい本件分岐器において、内軌側車輪の背面をガードする設備のない右トングレール部で、轉向横圧や超過遠心力による横圧に衝撃的な横圧が加わって脱線係数が増加するとともに、アタック角の増加により等価摩擦係数が増加して限界脱線係数が低下したため、後部車両の後台車第1軸右車輪が、摩耗により断面形状が車輪フランジ形状に近くなっていた本件分岐器右トングレール上に乗り上がり、右へ脱線したことによるものと考えられる。

## 5 所 見

本事故は、軌道の管理に係る個々の許容値等を大きく超えていない状態で発生したが、本件分岐器のように曲線半径が小さい分岐器で、車輪の背面をガードする設備のないものにおいては、軌道の管理を特に慎重に行うことはもちろんのこと、脱線を防止するための設備を設置するなど、可能な限り対策を講ずることが望ましい。

## 6 参考事項

同社が本事故後に講じた主な対策は以下のとおりである。

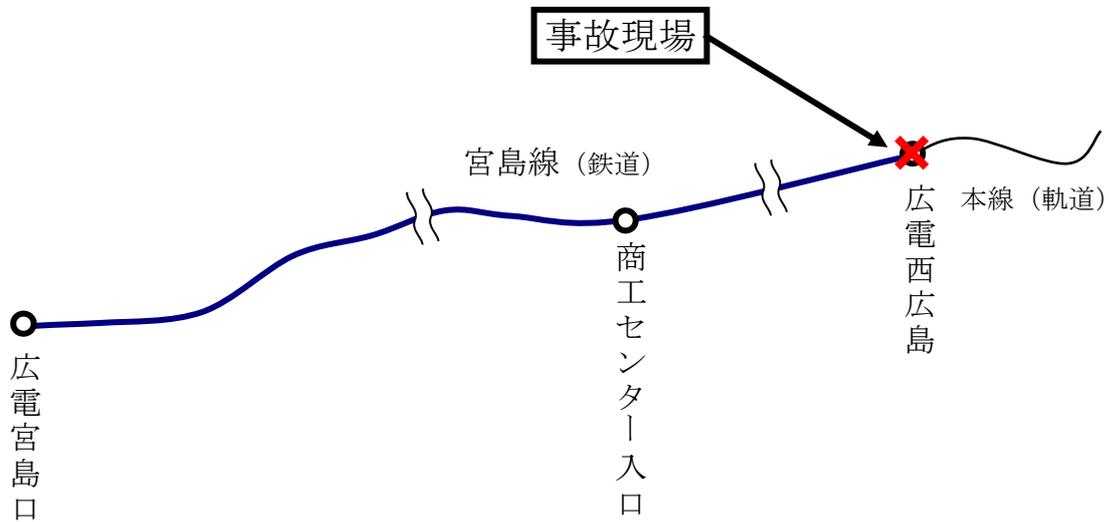
- (1) 本件分岐器付近の軌道整備を行い、軌間変位、水準変位、バックゲージ等の整正を行った。
- (2) 脱線を防止するための設備として、本件分岐器左トングレール部にポイントガード<sup>14</sup>を設置した。
- (3) 平成20年3月15日、本件分岐器を更换した。

---

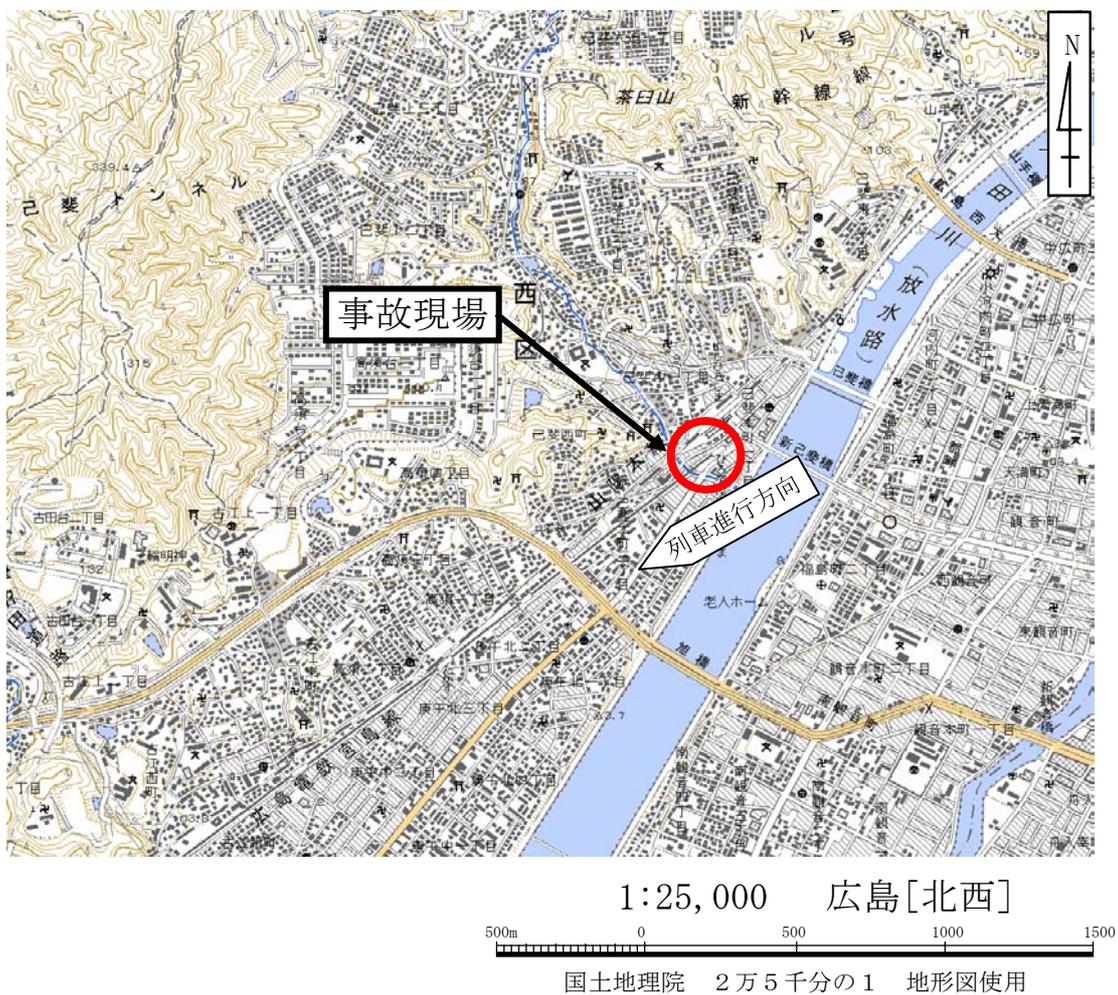
<sup>14</sup> 「ポイントガード」とは、トングレールと基本レールの側摩耗防止等を目的として、ポイント部に用いられるガードのことをいう。本件分岐器の場合、内軌側に敷設して左車輪の背面の横移動を制限することにより、外軌側の右車輪が右トングレールへ乗り上がるのを防止する効果を持つ。

# 付図1 宮島線路線図

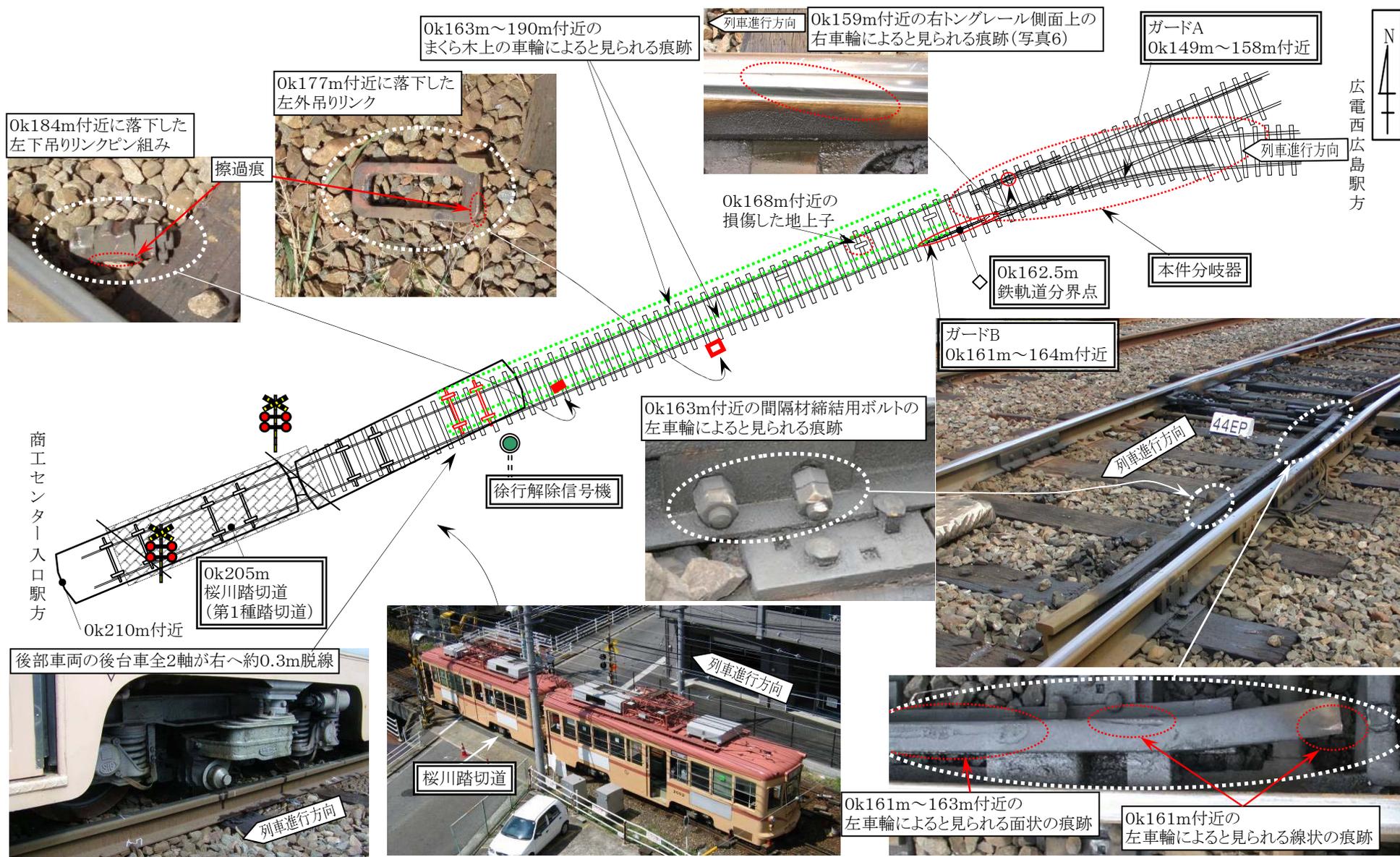
宮島線 広電西広島駅～広電宮島口駅間 16.1 km (複線)



# 付図2 事故現場付近の地形図

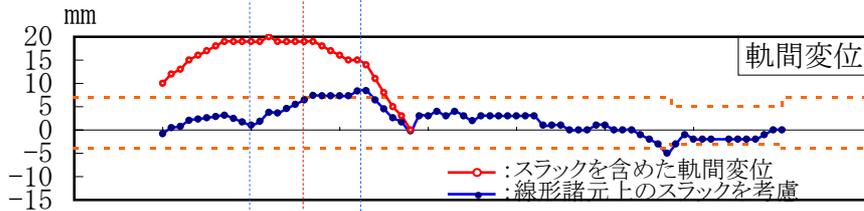
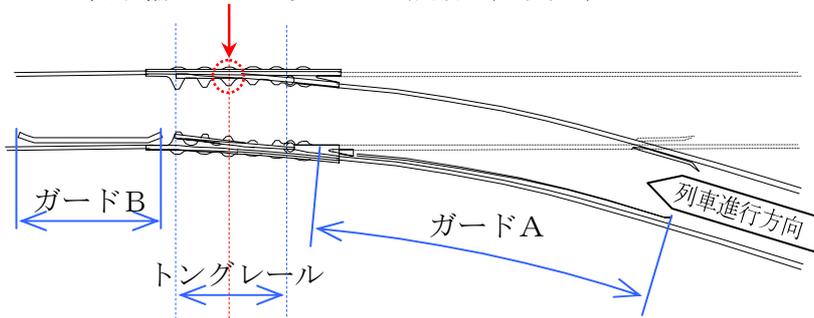


### 付図3 事故現場略図

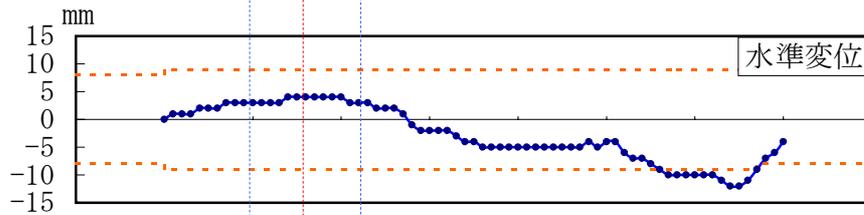


# 付図4 軌道変位の状況

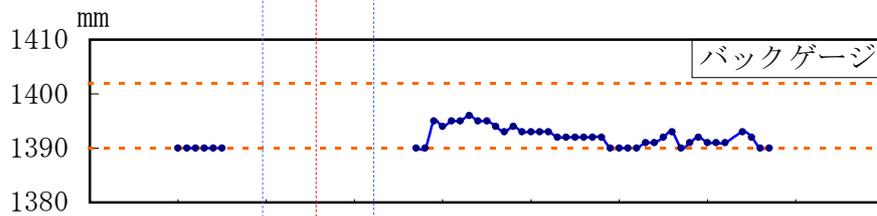
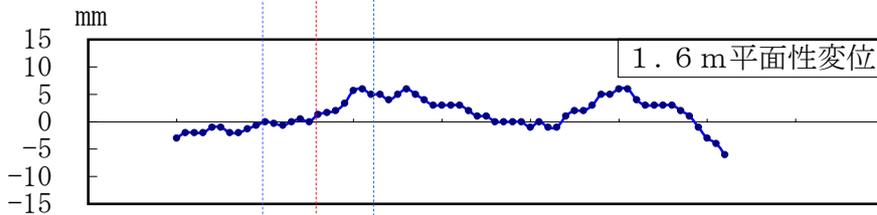
0 k 1 5 9 m付近の本件分岐器右トングレール側面上の  
右車輪によると見られる痕跡 (写真6)



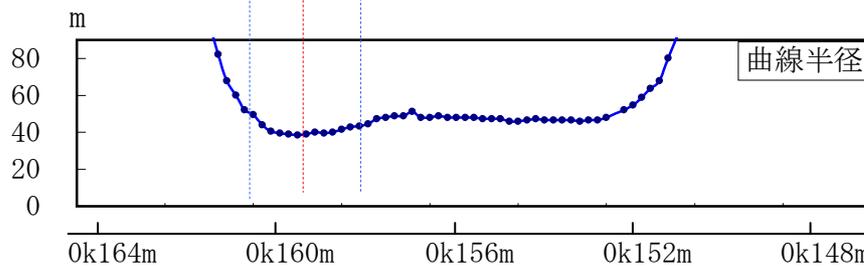
許容値  
 -4 ~ +7 mm  
 (クロッシング部  
 -3 ~ +5 mm)



許容値  
 直線の場合  
 -8 ~ +8 mm  
 曲線の場合  
 -9 ~ +9 mm

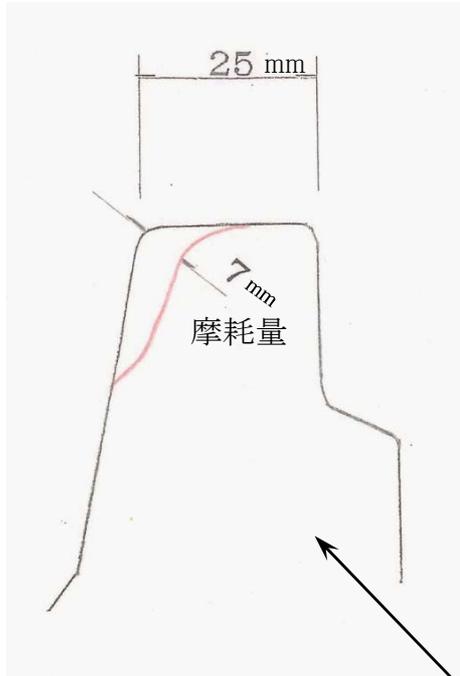


許容値  
 1,390  
 ~ 1,402 mm

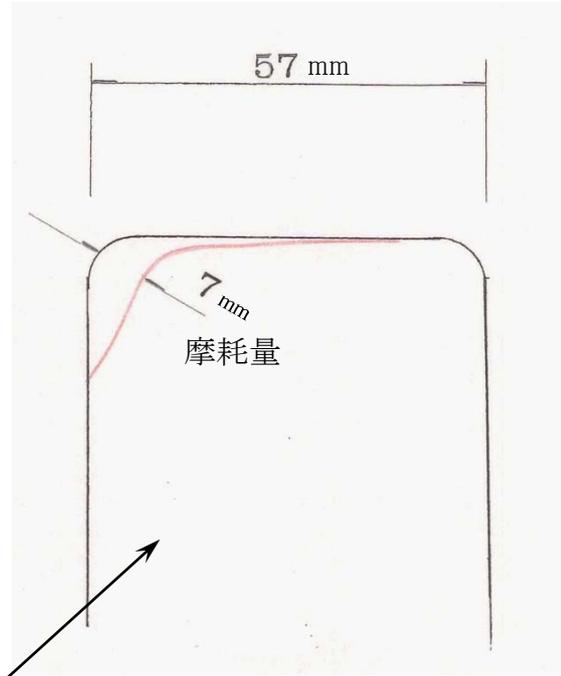


## 付図5 右トンダレールの摩耗状況

(1) 0 k 1 6 0 m付近の  
摩耗状況



(2) 0 k 1 5 9 m付近の  
摩耗状況

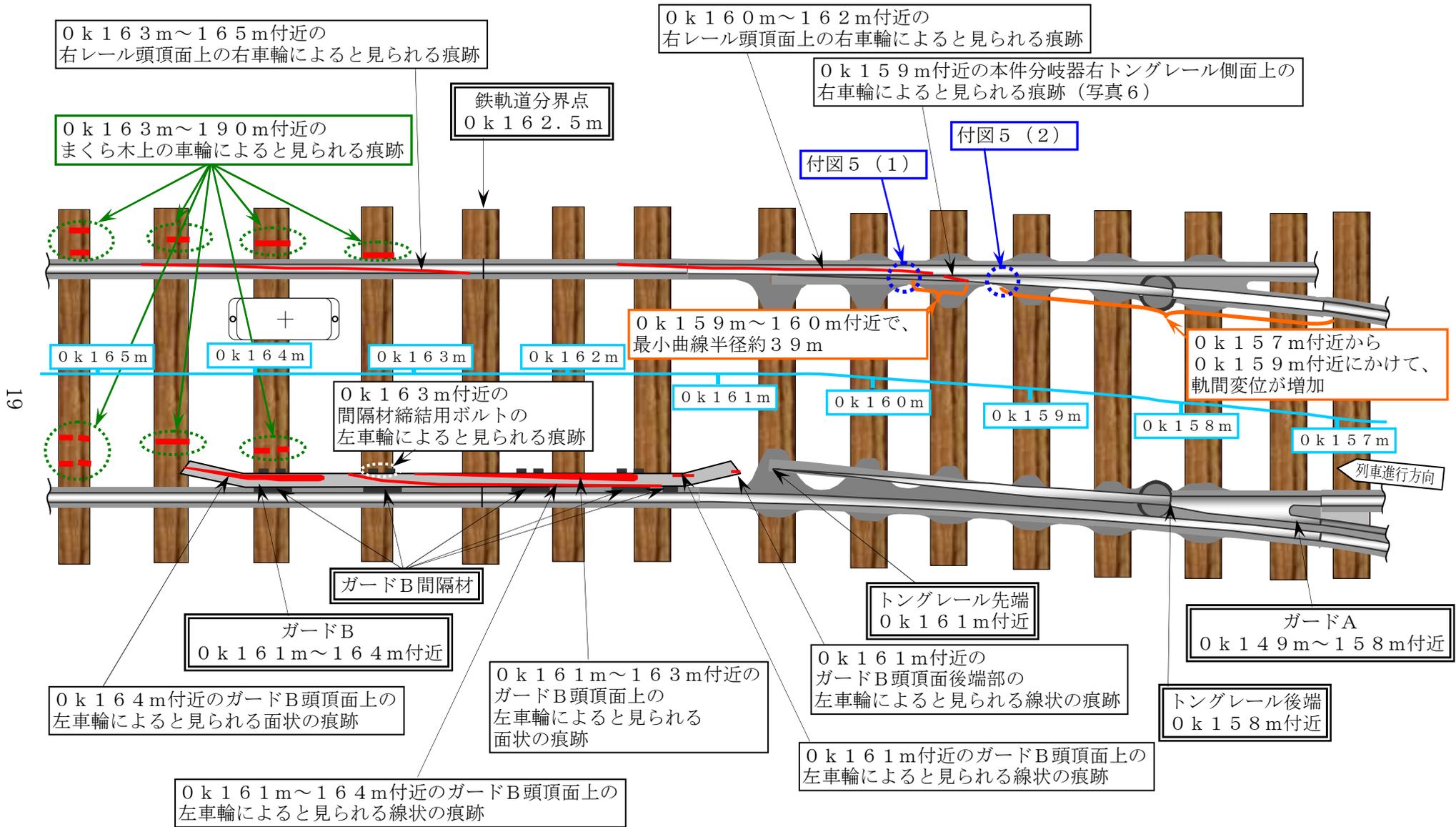


右トンダレール

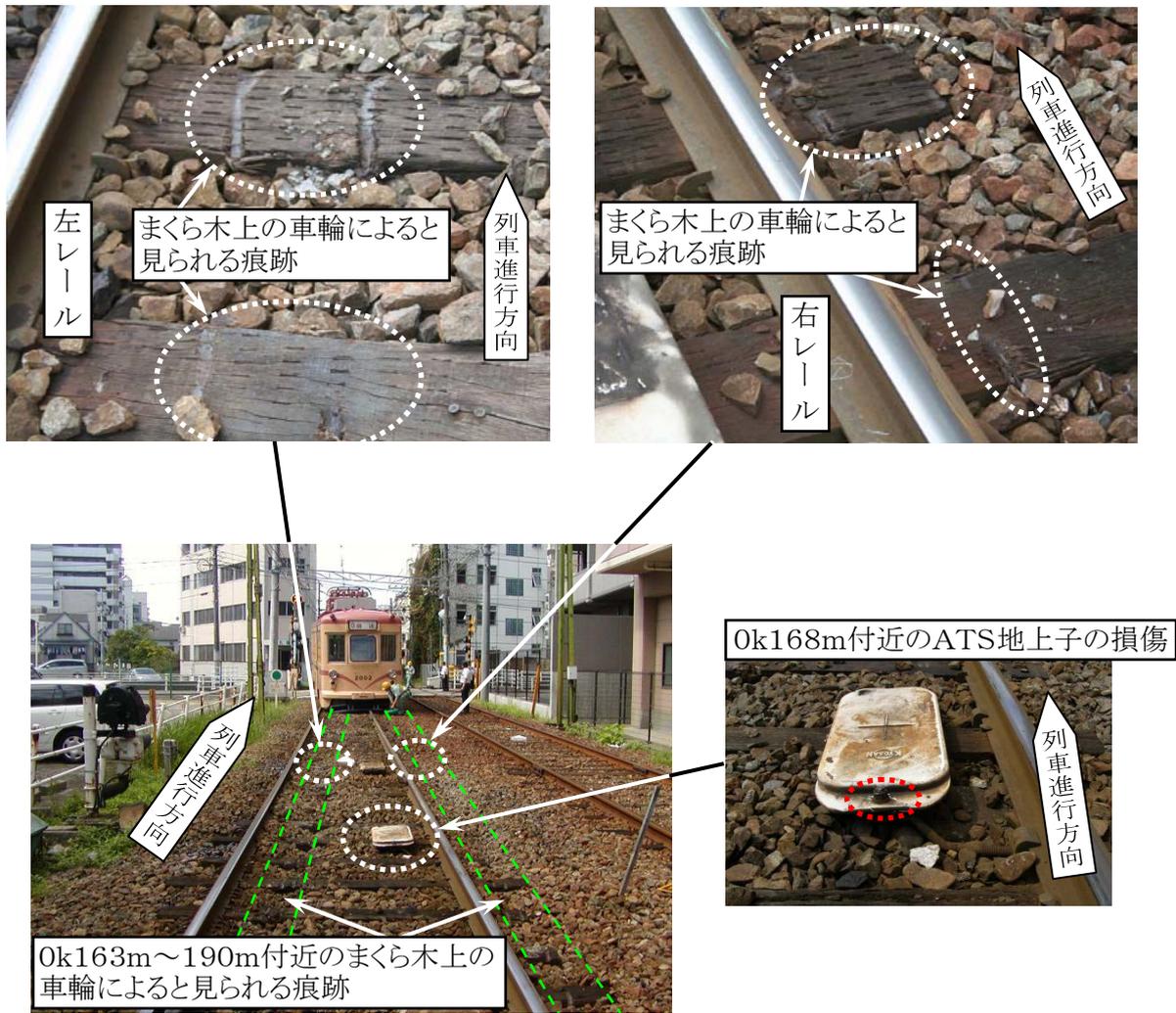
— : 新製時の形状

— : 摩耗した断面形状

# 付図6 脱線の痕跡



# 写真1 鉄道施設の損傷状況



# 写真2 車両の損傷状況（1）

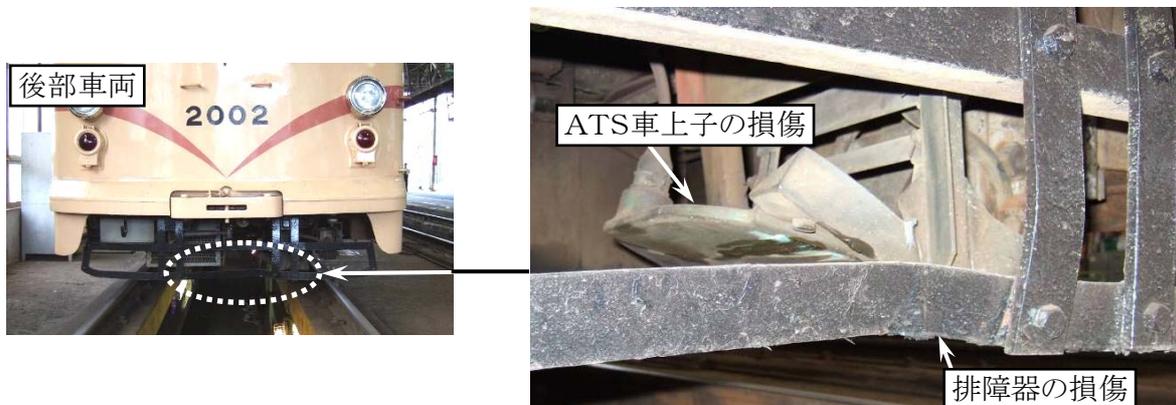


写真3 車両の損傷状況 (2)

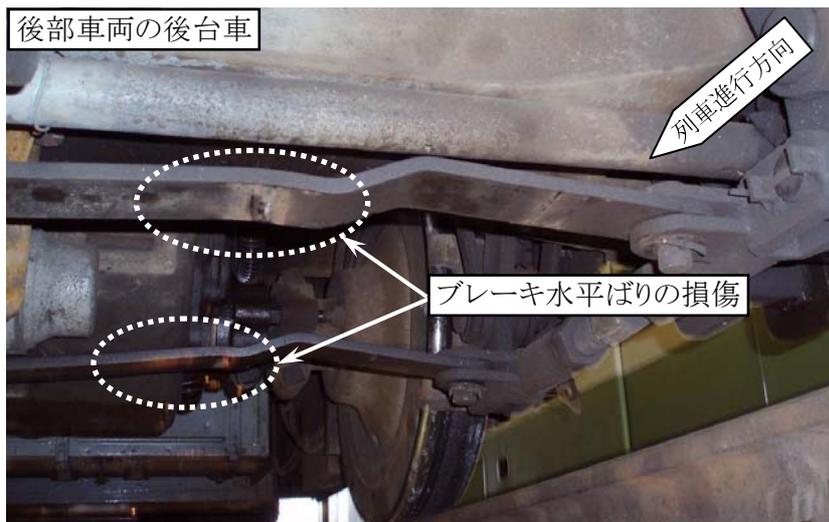


写真4 車両の損傷状況 (3) 写真5 車両の損傷状況 (4)

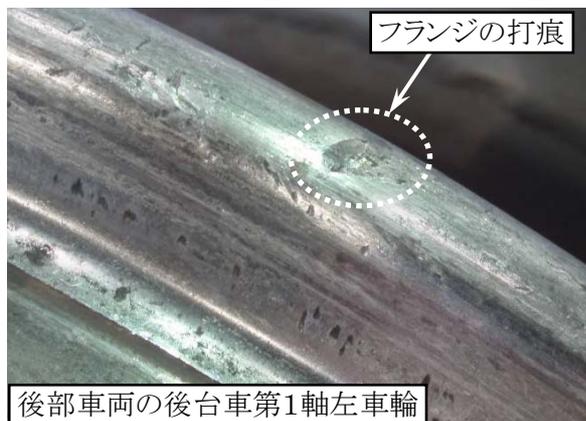
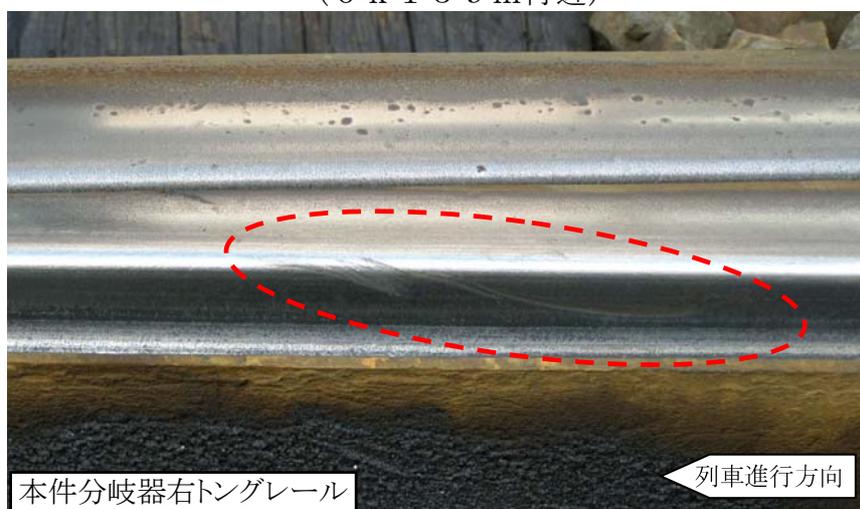


写真6 本件分岐器右トングレール側面上の痕跡  
(0 k 1 5 9 m付近)



## 《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。

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」