

# 鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

大井川鐵道株式会社大井川本線家山駅構内	列車脱線事故
わたらせ渓谷鐵道株式会社わたらせ渓谷線足尾駅～間藤駅間	列車脱線事故

平成15年 4 月25日

航空・鐵道事故調査委員会

本報告書の調査は、大井川鐵道株式会社大井川本線家山駅構内列車脱線事故他 1 件の鐵道事故に関し、航空・鐵道事故調査委員会設置法に基づき、航空・鐵道事故調査委員会により、鐵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・鐵道事故調査委員会

委員長 佐藤 淳 造

大井川鐵道株式会社大井川本線<sup>いえやま</sup>家山駅構内  
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	2
1.2.1	調査組織	2
1.2.2	調査の実施時期	2
1.2.3	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	鉄道施設及び車両に関する情報	3
2.3.1	鉄道施設（本件分岐器）の状況に関する情報	3
2.3.2	車両の概要	3
2.4	鉄道施設及び車両の損傷に関する情報	3
2.4.1	鉄道施設の損傷状況	3
2.4.2	車両の損傷状況	4
2.5	事故現場に関する情報	4
2.6	分岐器の保守等に関する情報	4
2.6.1	本件分岐器の保守状況	4
2.6.2	トンゴレールの交換基準	5
2.6.3	トンゴレールの設置時期	5
2.7	乗務員等に関する情報	5
2.8	気象に関する情報	5
2.9	事実を認定するための試験及び研究	5
2.9.1	疲労解析	5
2.9.2	材料分析	6
2.9.3	摩耗状況	7
3	事実を認定した理由	7
3.1	解析	7
3.1.1	本件列車の脱線要因	7
3.1.2	トンゴレールの折損時期	7
3.1.3	本件列車の脱線経過	8
3.1.4	トンゴレールの折損要因	8

3.1.5	本件分岐器に設置された発条転てつ器の特徴	8
3.1.6	トングレールの破断経過	9
4	原因	9
5	所見	9
付図1	大井川本線路線図	10
付図2	事故現場付近の地形図	10
付図3	事故現場略図	11
付図4	レール及びまくら木上の主な痕跡	12
付図5	分岐器通過時の状況	13
付図6	車両形式図	14
写真1	事故現場の状況（本件列車前方より）	15
写真2	事故現場の状況（本件列車後方より）	15
写真3	トングレールの折損状況	16
写真4	発条転てつ器の設置状況（トングレール交換後）	16
写真5	トングレールの破断面の状況	17
付属資料	トングレール疲労解析結果の概要	18

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：大井川鐵道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成14年2月27日 6時21分ごろ

発生場所：静岡県<sup>はいばら</sup>榛原郡川根町  
大井川本線<sup>いえやま</sup>家山駅構内

平成15年4月3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

大井川鐵道株式会社（以下「同社」という。）の大井川本線<sup>せんず</sup>千頭駅発金谷駅行き2両編成の上り普通第2列車（以下「本件列車」という。）は、平成14年2月27日（水）ワンマン運転<sup>ぬくり</sup>で抜里駅を定刻に出発した。本件列車の運転士（以下「運転士」という。）は、6時21分ごろ、家山駅上り場内信号機の進行信号の現示を確認し、速度約30km/hで分岐器（発条転てつ器付き。以下「本件分岐器」という。）を通過したところ、ドンという異音を感知すると同時に、所定の進路とは異なる下り本線側に進行したため、直ちに非常ブレーキを使用した。

本件列車は、先頭車両の全軸及び後部車両の前台車第1軸が脱線し、本件分岐器のトングレールの先端から6.3m進んだ位置で停止した。

本件分岐器の左側（前後左右は本件列車の進行方向を基準とする。以下同じ。）のトングレールは、先端から9.4cmのところでは折損していた。

本件列車に乗車していた乗客20名及び運転士に負傷はなかった。

## 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14年2月27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。

中部運輸局鉄道部及び静岡運輸支局は、本事故調査の支援のため、職員を現場に  
派遣した。

また、独立行政法人交通安全環境研究所に、トングレールの折損に関する解析を  
委託した。

### 1.2.2 調査の実施時期

平成14年2月27日～28日 現場調査及び口述聴取

平成14年6月30日～7月1日 トングレールの応力測定

### 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、運転士の口述によれば、概略次のとおりであった。

本件列車は、当日、本件分岐器を通過した最初の列車であった。抜里駅を定刻  
(6時19分)に出発し、家山駅の上り場内信号機が進行信号を現示していること  
を確認して、本件分岐器を通過した。本件分岐器の制限速度は35km/hであり、  
本件列車の通過速度は約30km/hであった。

本件列車が本件分岐器を通過した際、ドンという異音を感知し、所定の進路と  
は異なる下り本線側に進行したため、脱線したと思い、直ちに非常ブレーキを使  
用した。

本件列車が停止した後、車内放送により本件列車が脱線した旨のアナウンスを  
行い、新金谷駅にある運転指令に携帯電話(同社が支給したもの)を用いて事故  
発生連絡を行った。

本件列車には20名の乗客が乗車しており、負傷の有無を確認して回ったが申  
告はなかったので、全員降車してもらい、家山駅まで誘導した。

(付図1、2、3及び写真1、2、3、4参照)

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

乗客及び運転士に負傷はなかった。

## 2.3 鉄道施設及び車両に関する情報

### 2.3.1 鉄道施設（本件分岐器）の状況に関する情報

(1) 大井川本線は単線の路線であり、家山駅には行き違い設備が設けられている。事故現場付近の線路は30kgレールが用いられており、本件分岐器は、30kgレール用10番左片開き分岐器である。

本件分岐器には、発条転てつ器（横形）及び転換鎖錠器が設置されている。

（付図3、4及び写真4参照）

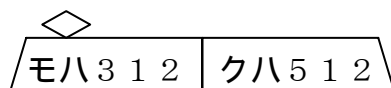
(2) 事故発生後、本件分岐器の発条転てつ器の動作状況を確認した結果、通常であれば列車が通過した後にトングレーールがゆっくり復位するところが、当該発条転てつ器においては、列車通過中においてもトングレーールがすぐに復位しようとし、左右動を繰り返す状況となっていた。

同社によれば、当該発条転てつ器は、事故発生以前よりこのような状態となっていたとのことであった。

(3) 同社によれば、事故発生の前日は通常どおりの列車運行が行われており、運転士等からも本件分岐器の異常について報告はなかったとのことであった。

### 2.3.2 車両の概要

車種	直流電車（DC1,500V）
編成両数	2両
編成定員	256名（座席定員104名）
記号番号	



進行方向

: 脱線軸

（付図6参照）

## 2.4 鉄道施設及び車両の損傷に関する情報

### 2.4.1 鉄道施設の損傷状況

#### (1) 分岐器の損傷状況

本件分岐器の左側のトングレーールが先端より94cmのところ折損していた。また、トングレーール折損部の先端側頭頂面には、下り方向に走行した



列車の車輪フランジが当たったことにより生じたと考えられる痕跡があった。

(写真3、5参照)

#### (2) レール及びまくら木の損傷状況

レールには、本件列車が脱線した際、車輪フランジが乗り越えたことにより生じたと考えられる痕跡があり、まくら木上にも、脱線した本件列車が走行したことにより生じた痕跡があった。

また、本件列車が脱線した後、下り本線と上り本線にまたがるように走行したため、下り本線の軌道が左に最大約70cm、上り本線の軌道が右に最大約40cm移動していた。

(付図3、4参照)

#### 2.4.2 車両の損傷状況

本件列車の車両は、脱線軸の車輪の踏面及びフランジに、バラスト上を走行したことにより生じた多数の傷が見られたが、車体、台車等には損傷はなかった。

#### 2.5 事故現場に関する情報

本件列車は、本件分岐器において、先頭車両前台車が所定の進路と異なる下り本線に進入しており、先頭車両後台車及び後部車両は上り本線に進入していた。これにより、先頭車両の全軸及び後部車両の前台車第1軸が脱線していた。

本件列車は、本件分岐器のトングレールの先端より63mの地点まで進行し停止していた。

(付図3及び写真1、2参照)

#### 2.6 分岐器の保守等に関する情報

##### 2.6.1 本件分岐器の保守状況

同社では、社内規定に基づき、線路巡回検査を月2回、分岐器の軌道狂い検査を年1回実施している。また、軌道狂い検査の際に、外観から分岐器の異常の有無を確認するとともに、転てつ器についても、列車通過時の動作状況を確認している。

同社によれば、本事故発生前に行われた本件分岐器の軌道狂い検査(平成13年12月14日に実施)の際には、トングレールの亀裂等には気付かなかったとのことであった。また、本件分岐器は、列車通過中にトングレールが左右動を繰り返す状況となっていたが、通常の列車走行には支障がないものと認識していたとのことであった。

なお、同社では、分岐器の分解検査については規定しておらず、その実績もなか

った。このため、トングレールの探傷検査についても実施していなかった。

#### 2.6.2 トングレールの交換基準

同社では、本線における30kgレール用分岐器のトングレールについては、先端から0.5m及び1.0mの位置において、摩耗高が7mmに達した場合に交換するよう規定している。

折損したトングレールの摩耗高は、折損部付近において最大約5mmであり、他の位置ではそれと同等か小さく、交換基準には達していなかった。

#### 2.6.3 トングレールの設置時期

折損したトングレールには「1979」の刻印があり、トングレールは同年以降に製造されたものと考えられる。

しかしながら、同社に記録が残っていないため、当該トングレールが設置された時期は不明であり、また、設置時に新品であったのか、あるいは他での使用実績がある中古品であったのかも不明である。

### 2.7 乗務員等に関する情報

運転士 男性 25歳

甲種電気車運転免許

平成10年7月9日

### 2.8 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気 晴れ

なお、同社によれば、事故発生の前日から当日にかけて、強い冷え込みはなかったとのことであった。

### 2.9 事実を認定するための試験及び研究

本件分岐器のトングレールの折損要因を究明するため、独立行政法人交通安全環境研究所に、トングレールの疲労解析、材料分析等を委託した。その結果は、以下のとおりであった。

#### 2.9.1 疲労解析

##### (1) 調査事項

本件分岐器において、交換後のトングレール（折損したトングレールと同等品）の底部側面に測定点を設け、下り営業列車通過時の応力を測定し、その結果に基づき疲労解析を行った。

なお、本件分岐器の発条転てつ器のばね力は、事故発生後も変更されてお

らず、また、油緩衝器の状態も事故発生時と概ね同等であったと考えられるが、事故後の復旧作業に際し、本件分岐器の整備・調整は実施されている。

## (2) 調査分析結果

### 測定結果

トングレールの折損位置における底部の基本レール側（以下「短端部」といい、その反対側を「長端部」という。）において測定された引張り応力の最大値は、331 MPaであり、他の列車においても300 MPa前後の値が観測された。

### 疲労解析結果

トングレールの応力の測定値に基づき疲労解析を行った結果、現在の年間通過軸数においては、疲労寿命は、乾燥疲労条件で約42年、腐食疲労条件で約30年との計算結果が得られた。

複数の測定点において得られた測定値を比較したところ、トングレールの破断箇所における応力の測定値が、最も大きかった。

また、当該発条転てつ器は、列車通過中にトングレールが左右動を繰り返す状況となっており、応力測定結果では、2軸目以降が通過した際にも、車軸が通過するたびに1軸目通過時と同等の大きな応力が観測され、亀裂の起点となった箇所の近辺には大きな応力が繰り返し作用する状態となっていた。

(付属資料参照)

## 2.9.2 材料分析

### (1) 調査事項

折損したトングレールについて、以下の調査を行った。

目視観察

破断面の走査電子顕微鏡による観察

破断面の組成分布の分析

材料の組成分析及び組織観察

材料の硬さ測定

### (2) 調査分析結果

トングレールの材料の組成及び組織には、破断の要因となるような問題は見られず、<sup>いおう</sup>硫黄等の元素の偏析、強度上有害な大きさの析出物や介在物も見られなかった。

また、材料面において、疲労亀裂から脆性亀裂への移行の要因となるような問題も見られなかった。

トングレールの底部の短端部における破断面は平滑で、暗褐色となっており、その側面中央部から放射状のパターンが観察された。底部の中央部分と腹部の表面はやや粗く梨子地状となっており、多少の発錆が見られた。また、底部の長端部先端及び頭部は更に表面が粗くほとんど錆がなかった。

このため、トングレールの折損は、短端部側面中央部を起点として疲労亀裂が緩やかに進展し、暗褐色部の境界まで亀裂が進展した時点（亀裂深さ約17mm）で、脆性的な速い亀裂進展に移行し、そこから最終的な破断までは、錆が形成される前に短時間で亀裂が進展したものと推定される。

なお、起点と考えられる箇所には微小な凹部が観察されたが、凹部形成の要因や亀裂発生への影響の程度については明らかにすることができなかった。

（写真5参照）

### 2.9.3 摩耗状況

折損したトングレールの断面と事故後に交換した新たなトングレールの断面の比較を行った。その結果、折損したトングレールは、車輪と接触する部分である頭頂面が摩耗し、肩部が丸くなっているが、腐食等により極端に断面積が減少している状況は見られなかった。

## 3 事実を認定した理由

### 3.1 解析

#### 3.1.1 本件列車の脱線要因

本件列車は、本件分岐器を通過した際、トングレールが折損していたことにより、先頭車両前車台の左車輪が所定の進路とは異なる下り本線側に進行したため脱線したものと推定される。

#### 3.1.2 トングレールの折損時期

本件分岐器のトングレールが折損した時期は、以下の理由から、事故発生の前日の下り最終列車が本件分岐器を通過したときであると考えられる。

トングレール折損部の先端側頭頂面には、2.4.1(1)に述べたとおり、下り列車通過時に生じたと考えられる車輪フランジの痕跡が認められたこと。

当日は、本件列車が通過する前に本件分岐器を通過した下り列車はないこと。また、前日は、下り最終列車まで通常どおりの運行が行われており、本件分岐

器の異常は報告されていないこと。

トングレールに大きな応力が加わるのは、下り列車が本件分岐器を背向から割り出して走行するときであること。

### 3.1.3 本件列車の脱線経過

本件列車は、レール、まくら木上の痕跡及び停止後の台車の位置関係から、本件分岐器を通過した際に、先頭車両前台車の左車輪が第1軸、第2軸とも折損部よりトングレール上に移り下り本線側に進行し、一方、右車輪は所定の上り本線側に進行したため、左右両輪ともレールを乗り越えて落輪したものと考えられる。

先頭車両前台車の左車輪が折損部よりトングレール上に移ったのは、トングレールの折損が下り列車の通過時に生じたことにより、折損したトングレールの先端側は発条転てつ器の働きにより定位の位置に復したものの、後端側は下り列車によって割り出されたまま、事故発生時まで基本レールと接した状態であったためと考えられる。

また、先頭車両の前台車の左車輪が折損したトングレール上に移り脱線した過程で、当該トングレールが動いて基本レールから離れたものと考えられ、先頭車両の後台車及び後部車両の車輪は、このトングレールに移ることなく、所定の上り本線側に進行したものと考えられる。

(付図3、4、5参照)

### 3.1.4 トングレールの折損要因

本件分岐器のトングレールは、下り列車通過時の応力により疲労破壊に至り、折損したものと考えられる。

本件分岐器は、2.3.1(2)及び2.9.1(2)に述べたとおり、下り列車が本件分岐器を割り出して通過する際、列車通過中にトングレールが左右動を繰り返す状況となっており、これは油緩衝器の緩衝機能が十分に働いていなかったことによるものと推定される。この左右動に伴い発生する大きな応力が亀裂の起点となった箇所付近に繰り返し作用したことが、トングレールの疲労破壊を早めることに関与した可能性が考えられる。

### 3.1.5 本件分岐器に設置された発条転てつ器の特徴

本件分岐器には横形の発条転てつ器が設置されていたが、横形の発条転てつ器は、一般的に以下の特徴を有している。これらの点が、トングレールの折損に関与した可能性が考えられる。

横置き構造のため、パッキングの劣化等により、油緩衝器の油漏れが生じや

すい。

列車が背向から割り出して通過する際、トングレーンを押す力が、割り出し初期に比べて終盤では大きくなる。初期の力は、トングレーンの密着を考慮してある程度確保しておく必要があるため、終盤では必要以上の大きな力が発生することとなる。

### 3.1.6 トングレーンの破断経過

トングレーンの破断面を観察した結果、底部の短端部側面に、比較的長期間亀裂が存在したことを示す暗褐色の部分が見られたことから、トングレーンは、底部の短端部側面を起点として、緩やかに疲労亀裂が進展し、亀裂深さが約17mmに達した時点から、脆性的な速い亀裂進展に移行して、頭部及び底部長端部先端の破壊により最終的な破断に至ったものと推定される。

(写真5参照)

## 4 原因

本事故は、本件列車が本件分岐器を通過した際に、トングレーンが折損していたことにより、車輪が所定の進路と異なる方向に進行したため、脱線したことによるものと推定される。

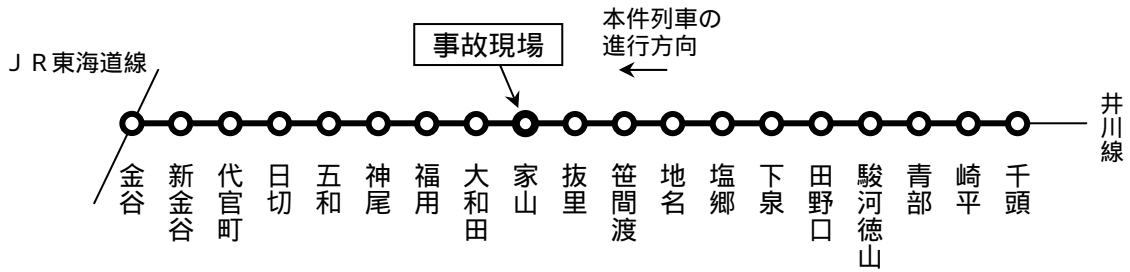
トングレーンが折損したのは、下り列車通過時の応力により疲労破壊に至ったためと考えられる。また、発条転てつ器の油緩衝器の緩衝機能が十分に働いておらず、列車通過中にトングレーンが左右動を繰り返す状況となっていたことが、トングレーンの疲労破壊を早めることに関与した可能性が考えられる。

## 5 所見

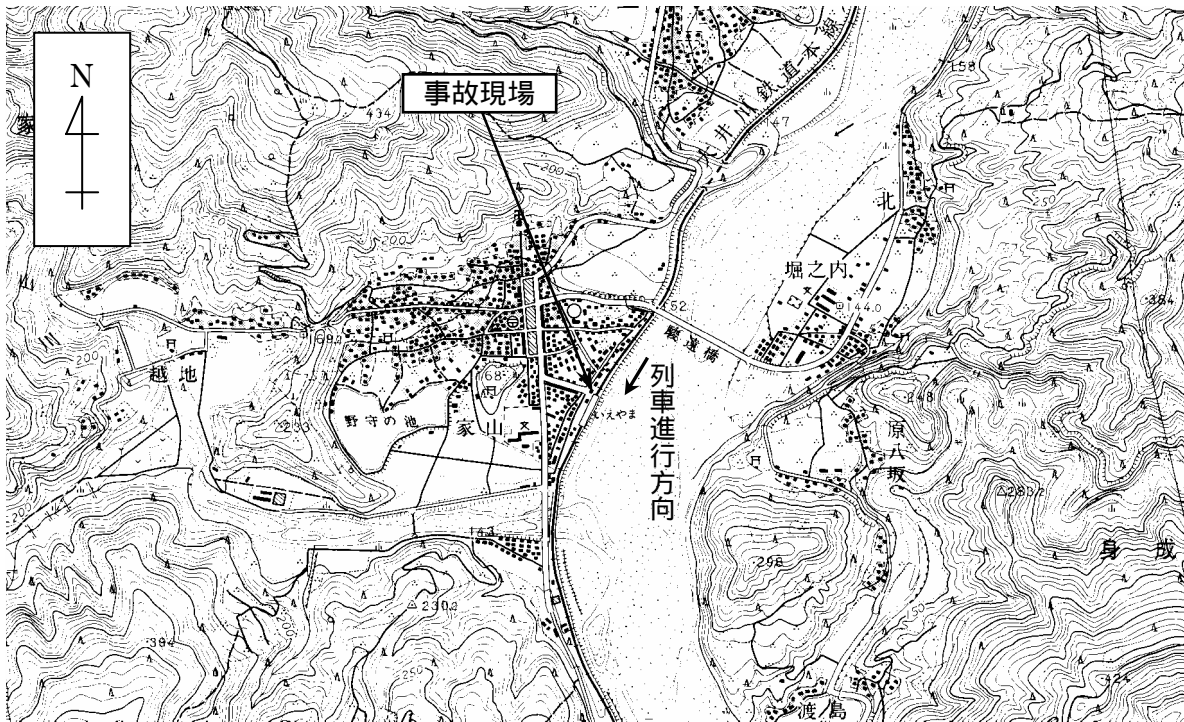
横形の発条転てつ器は、3.1.5で述べた特徴を有していることから、保守を行うに当たっては、特に油緩衝器の緩衝機能が適正に維持されるよう留意することが必要である。

# 付図1 大井川本線路線図

大井川本線 金谷駅～千頭駅間 39.5km (単線)



# 付図2 事故現場付近の地形図

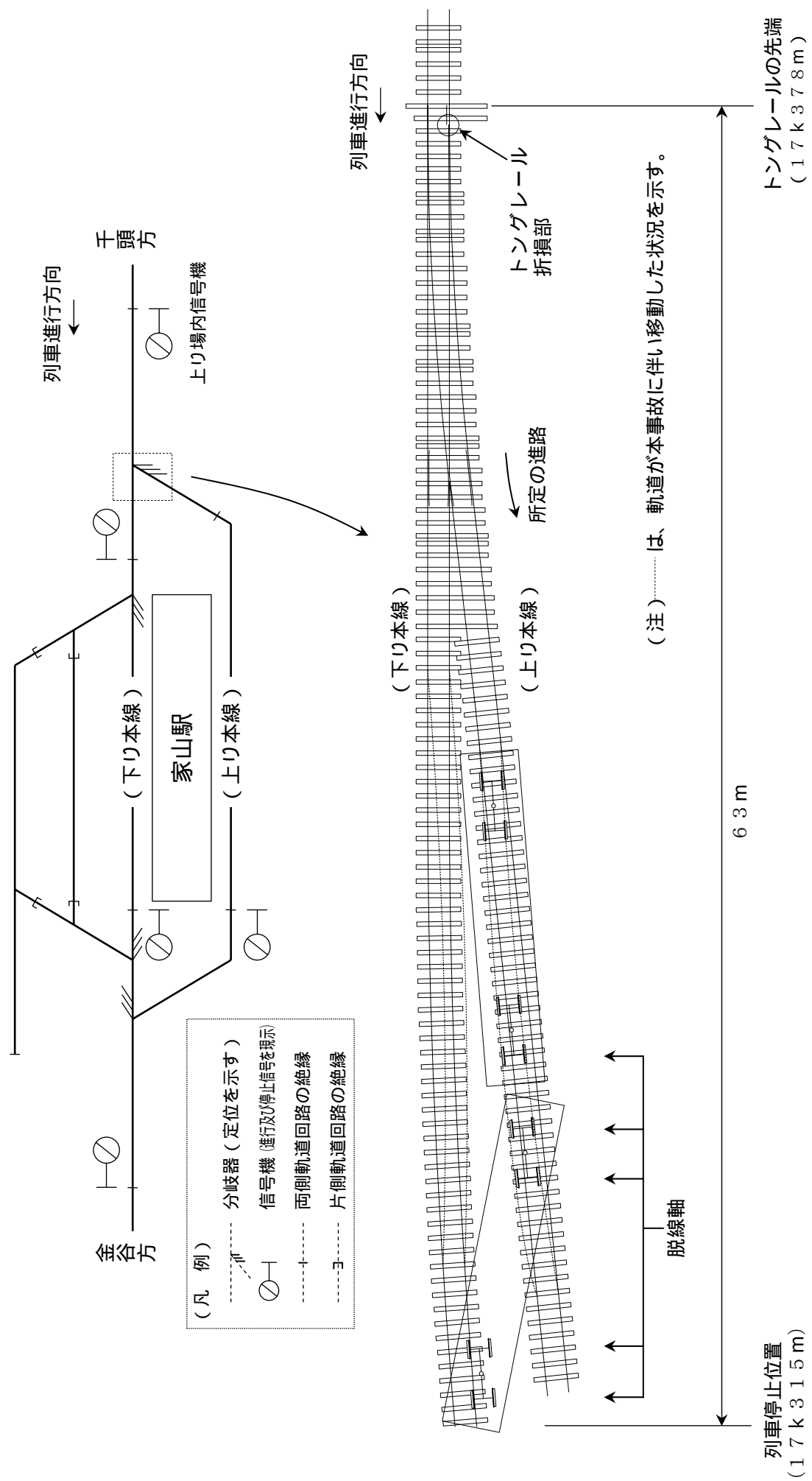


1:25,000 家山

500m 0 500 1000 1500

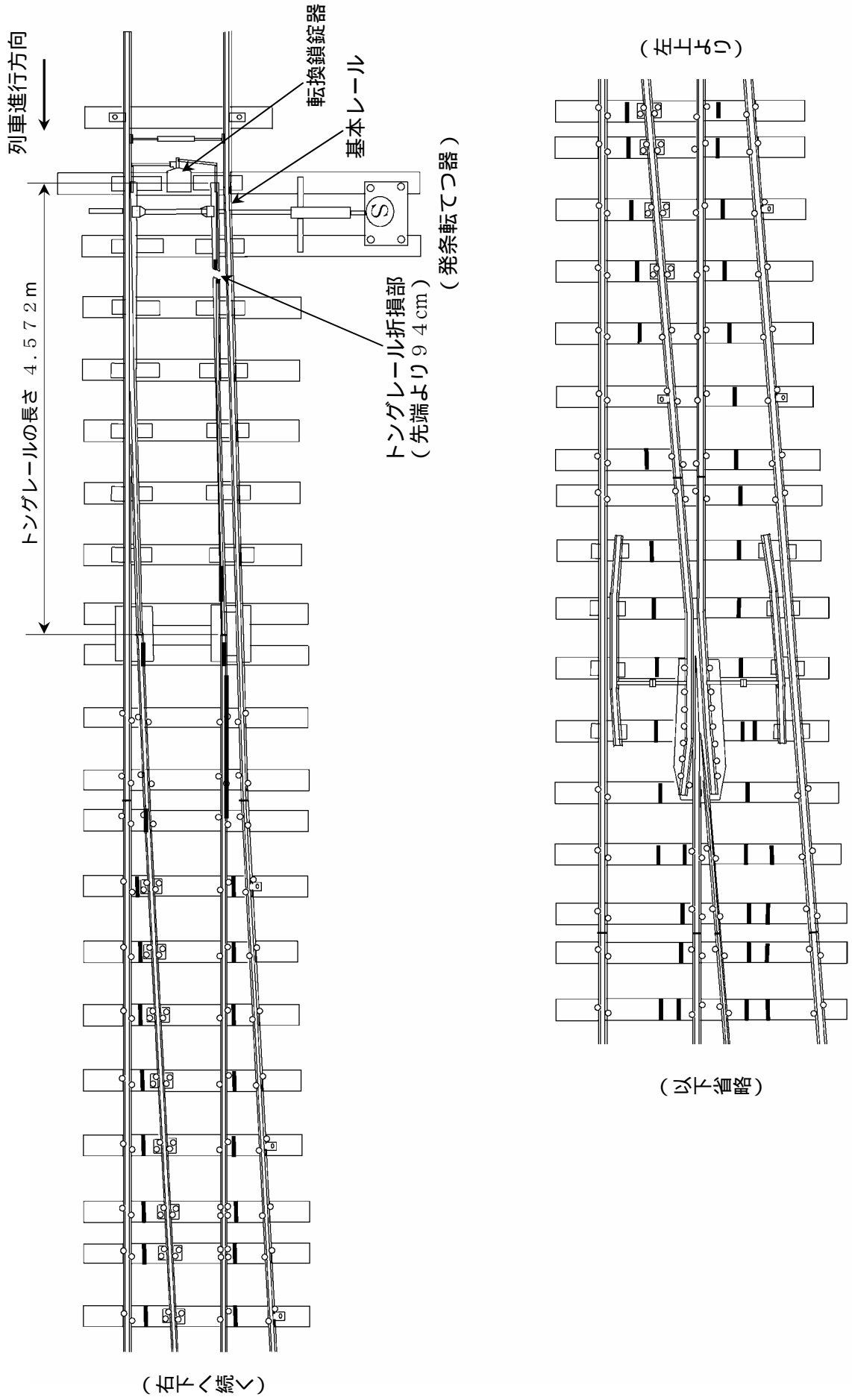
国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図3 事故現場略図

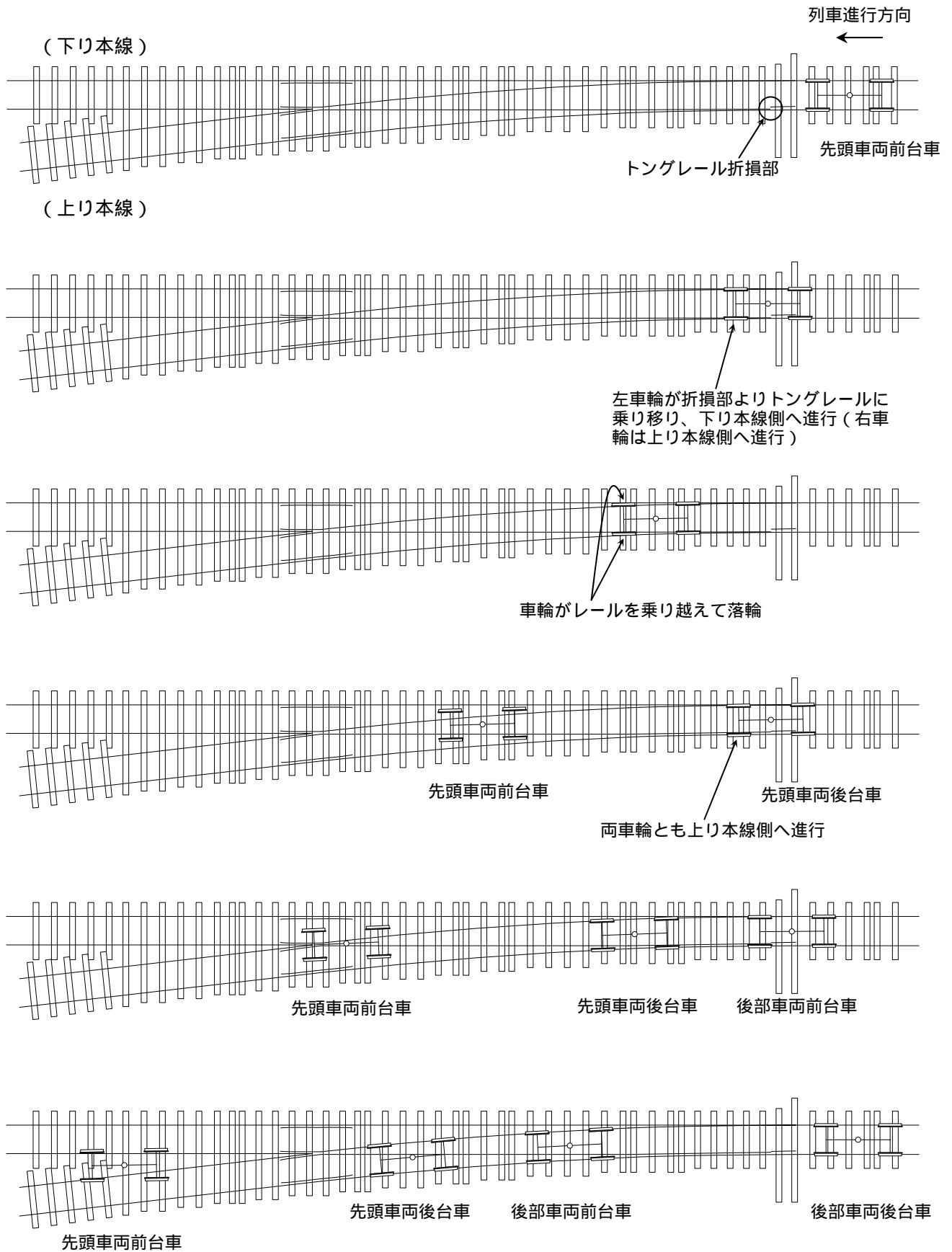




付図4 レール及びまくら木上の主な痕跡



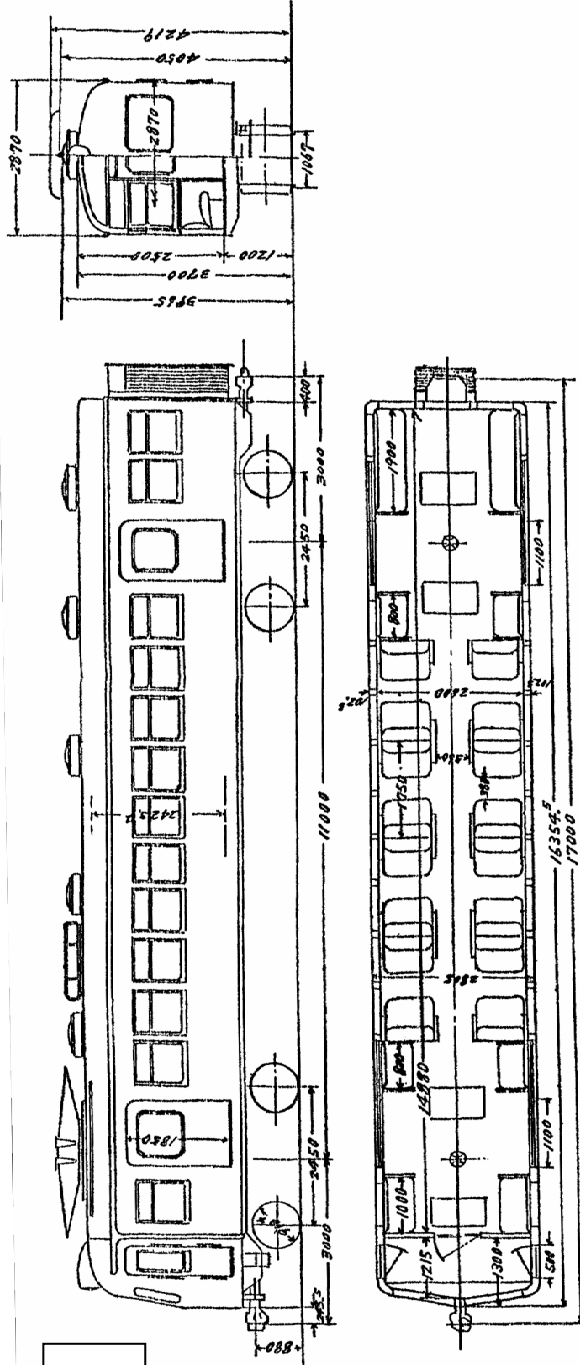
# 付図5 分岐器通過時の状況



本件列車は更に進行し、付図3の状態で停止した。

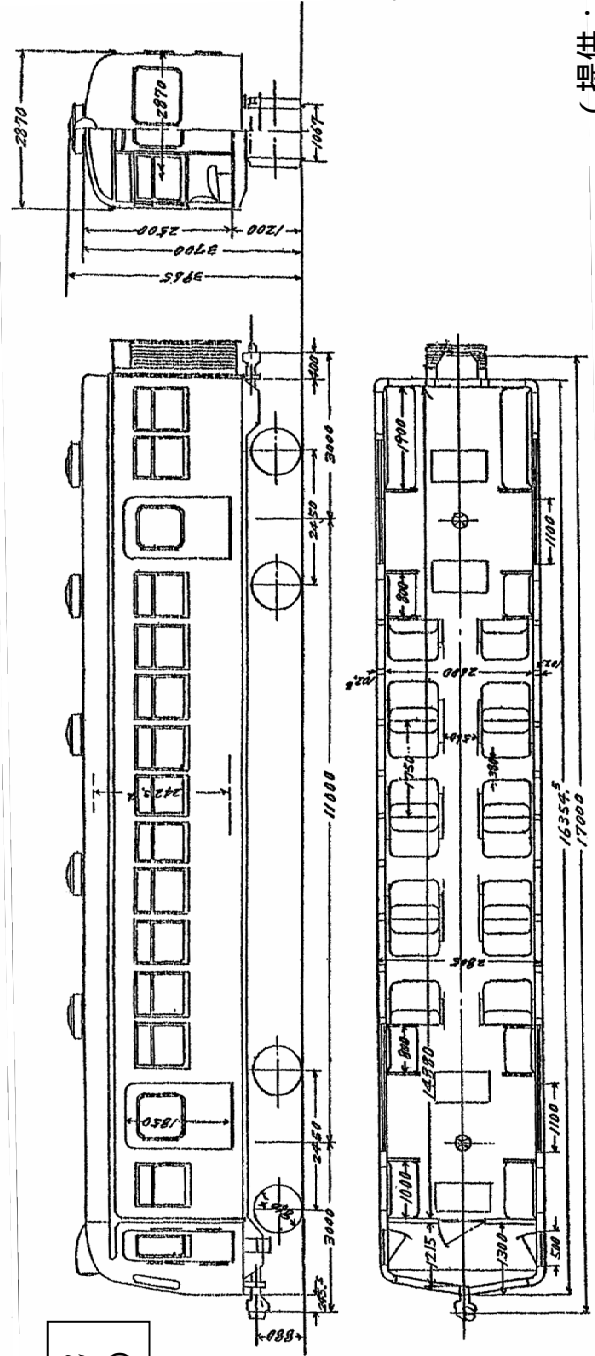
付図6 車両形式図

モハ312  
(先頭車両)



(定員)	128人 (座席定員52人)
(最大寸法)	17,000 × 2,870 × 4,219mm
(自重)	39.0 t
(電動機)	直流直巻式100kW × 4
(製造年)	昭和31年

クハ512  
(後部車両)



(定員)	128人 (座席定員52人)
(最大寸法)	17,000 × 2,870 × 3,965mm
(自重)	35.0 t
(製造年)	昭和31年

(提供：大井川鐵道株式会社)

写真1 事故現場の状況（本件列車前方より）



写真2 事故現場の状況（本件列車後方より）



写真3 トングレールの折損状況

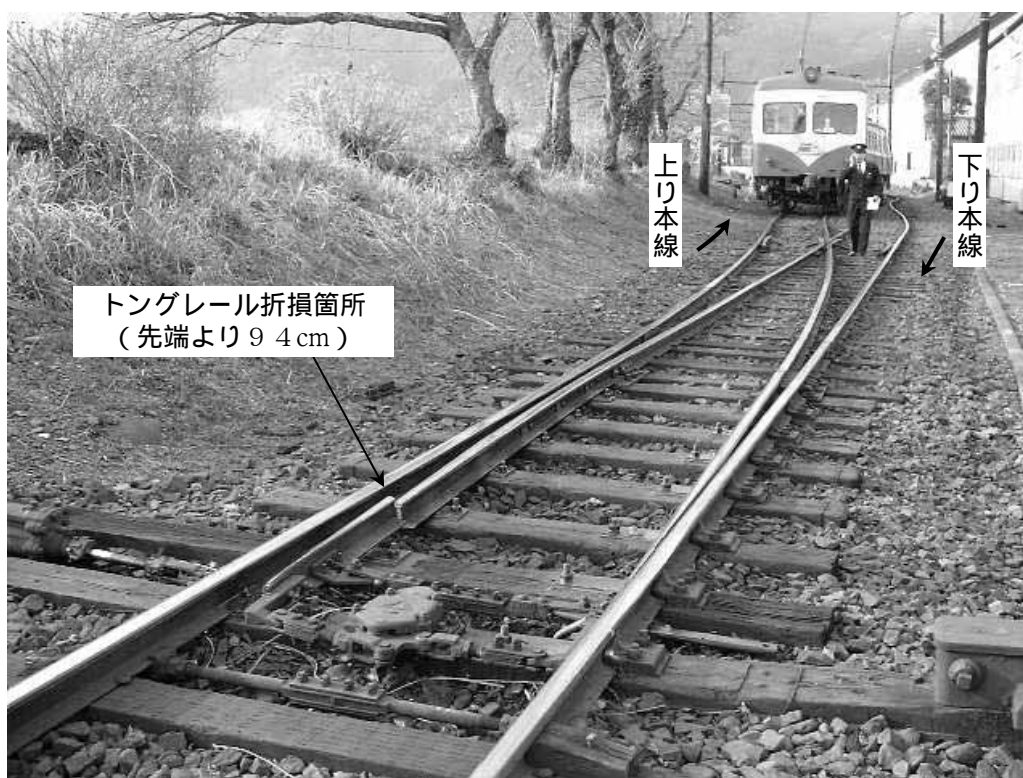


写真4 発条転てつ器の設置状況 (トングレール交換後)

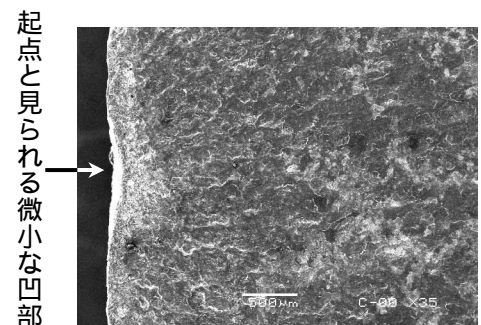
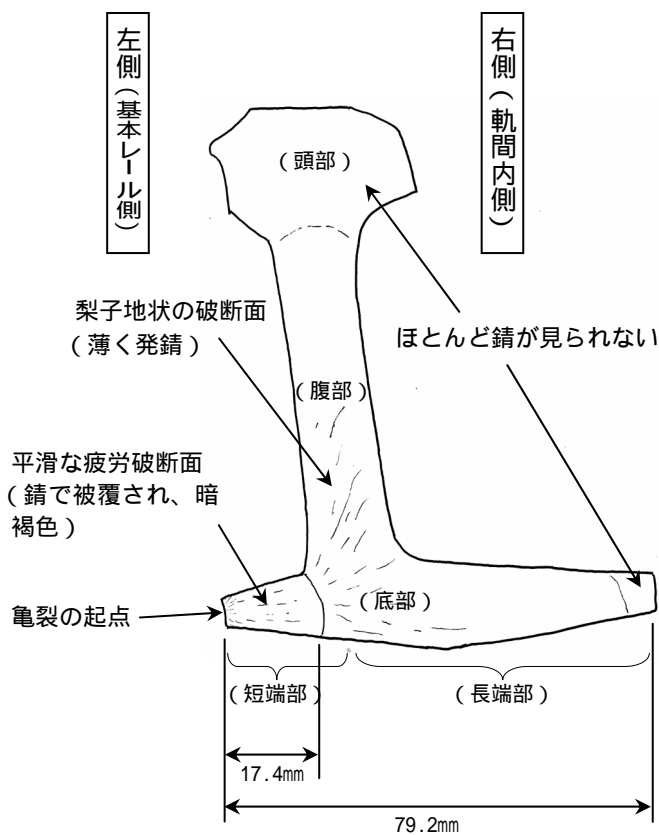


(トングレール応力測定時に撮影)

## 写真5 トングレールの破断面の状況



### 《 破断面の状況に関する解説 》



破断面は、先端側及び後端側で同様の状況であり、上記解説は後端側の図で示した。

## 付属資料 トングレール疲労解析結果の概要

### 1. トングレールの応力測定

#### (1) 測定実施日

平成14年6月30日(日)～7月1日(月)

#### (2) 測定箇所

本件分岐器のトングレールに測定点を設け、応力測定を行った。測定点は、本事故においてトングレールが折損した箇所(先端から94cm)を含む計6ヶ所の底部側面に設定した。

#### (3) 測定列車

測定対象の列車は、当該トングレールを割り出し、その上を車輪が通過する列車、すなわち下り列車とし、計15列車(蒸気機関車による2列車を含む。)について測定を行った。

なお、参考として、上り列車通過時には応力は観測されないことを確認した。

#### (4) 測定結果

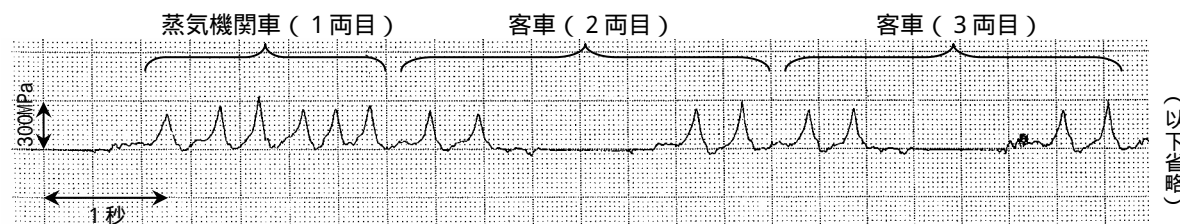
トングレールの折損箇所の短端部(亀裂の発生起点)に設けた測定点における引張り応力の最大値は、蒸気機関車が通過した際に発生した331MPaであり、また、他の列車においても300MPa前後の値が観測された。

応力の測定波形は、各車軸の通過ごとに山があり、2軸目以降が通過した際にも、1軸目通過時と同等の大きな応力が観測された。(付属資料図1参照)

#### 電車の波形例



#### 蒸気機関車の波形例



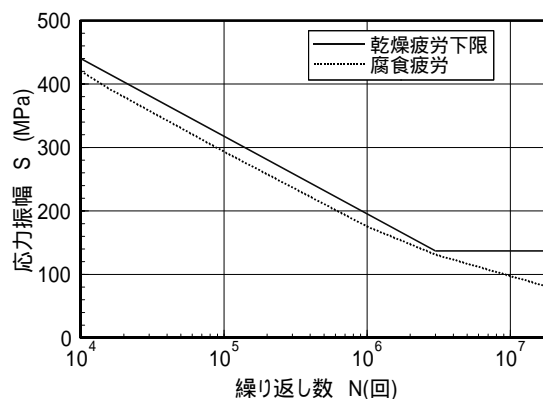
付属資料図1 測定波形例

## 2. トングレールの疲労解析

### (1) 解析の前提条件

トングレールの疲労解析は、トングレールに作用する応力について、測定結果をもとに、レール鋼のS-N曲線を用いてマイナー則<sup>1</sup>による疲労寿命の試算を行った。(付属資料図2参照)

また、本件分岐器では、列車の各車軸が通過するたびに大きな応力が観測されたことから、疲労に係る応力の繰り返し数は、当該トングレール上を通過した車軸数に等しいものと仮定し、現行ダイヤに基づく下り列車の年間通過車軸数  $7.4 \times 10^4$  本を計算に用いた。



付属資料図2 レール鋼のS-N曲線

### (2) 疲労寿命に関する試算

トングレールが疲労破壊に至るまでの通過軸数は、乾燥疲労下限に関するS-N曲線を適用した場合は  $3.15 \times 10^6$  本、腐食疲労に関するS-N曲線を適用した場合は  $2.24 \times 10^6$  本と算出され、疲労寿命は、上述の前提条件の下で、それぞれ約42年及び約30年との計算結果が得られた。

この試算は、本件分岐器におけるトングレールの応力測定結果に基づいて行ったものであり、油緩衝器の緩衝機能が適切に働いていれば、大きな応力の繰り返し数が大幅に減少するため、疲労寿命の計算結果もそれに応じて長くなることとなる。

なお、折損したトングレールには「1979」の刻印があることから、製造後の経過年数は、30年に満たない。この点については、トングレールに生じていた傷が疲労破壊を早めた可能性が考えられるが、材料分析では明確な結果は得られなかった。一方、事故後に分岐器の整備・調整が行われていること、年代に応じて車両の形式が異なること等により、応力測定結果が過去の実態に比べ若干小さい値となっていた可能性はあるものと考えられる。

<sup>1</sup> マイナー則とは、ある応力振幅がN回作用すると疲労破壊に至る場合、その応力振幅を1回受けると1/Nだけ寿命が失われるとする法則をいう。疲労は、多くの因子が関係するため、厳密に推定することは難しいが、マイナー則による推定は、一応の目安を示す簡易な方法と考えられている。