

RA2023-7

# 鉄道事故調査報告書

I 四国旅客鉄道株式会社 予土線 半家駅～江川崎駅間  
列車脱線事故

令和5年8月31日

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 武田展雄

## 《参 考》

本報告書本文中に用いる分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 分 析」に用いる分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」  
・・・「可能性があると考えられる」

I 四国旅客鉄道株式会社 予土線  
半家駅～江川崎駅間  
列車脱線事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：四国旅客鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：令和4年8月25日 18時31分ごろ

発生場所：高知県しまんと四万十市

予土線 半家駅よど～江川崎駅はげ えかわさき間（単線）

北宇和島駅起点36k174m付近

令和5年7月24日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 早田久子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

## 要旨

### <概要>

四国旅客鉄道株式会社の窪川駅くぼかわ発宇和島駅うわじま行き1両編成（ワンマン運転）の下り第4827D列車は、令和4年8月25日（木）18時31分ごろ、半家駅はげ～江川崎駅えかわさき間の直線区間を速度約70km/hで走行中、列車の運転士が前方に約70cmの大きさの石を認め、非常ブレーキをかけたが、列車は石に衝突し、その後約65m走行して停止した。

停止後に運転士が列車を確認したところ、前台車全軸及び後台車後軸が脱線していた。

列車には、乗客5名及び運転士1名が乗車しており、乗客1名が軽傷を負った。

### <原因>

本事故は、斜面から軌道上に落下していた石に列車が衝突したため、前台車前軸右

車輪がレール右方向に乗り上がり、脱線したものと推定される。

斜面から石が落下したことについては、斜面上の転石群の石が経年的な風化により落下した可能性が考えられる。

# 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	事実情報	1
2.1	運行の経過	1
2.1.1	乗務員の口述等	1
2.1.2	列車からの見通し状況に関する情報	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	事故現場に関する情報	3
2.3.2	鉄道施設に関する情報	4
2.3.3	車両に関する情報	5
2.3.4	斜面の概要及び斜面の管理に関する情報	5
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情報	11
2.4.2	車両の損傷及び痕跡の情報	15
2.4.3	軌道上及び線路脇にあった石の情報	16
2.5	乗務員等に関する情報	16
2.6	運転取扱い等に関する情報	16
2.6.1	事故現場付近の制限速度等	16
2.6.2	落石の検知と特殊信号発光機の動作	17
2.6.3	列車の運転状況に関する情報	17
2.6.4	事故現場付近を走行する際の運転操作に関する情報	17
2.7	気象等に関する情報	17
2.7.1	事故当日の気象に関する情報	17
2.7.2	事故当日の地震に関する情報	18
2.7.3	事故当日の日没時刻に関する情報	19
2.8	避難及び救護に関する情報	19
3	分 析	19

3.1	脱線の発生に関する分析.....	19
3.1.1	本件列車が軌道上にあった本件落石と衝突した地点について.....	19
3.1.2	脱線の過程について.....	19
3.1.3	脱線した時刻について.....	20
3.2	本件落石に関する分析.....	20
3.2.1	本件落石の発生時刻.....	20
3.2.2	本件落石の発生源.....	21
3.2.3	本件落石の発生原因.....	21
3.2.4	本件落石の落下経路.....	21
3.2.5	本件落石の落石エネルギーと落石止柵の耐久性能.....	22
3.2.6	本件落石を立木利用柵で捕捉できなかつたこと.....	22
3.2.7	本件落石を落石止柵及び落石検知線で捕捉及び検知できなかつたこと.....	23
3.3	運転取扱いに関する分析.....	23
3.3.1	直線区間に入った直後に本件落石に気付かなかつたこと.....	23
3.3.2	ブレーキ操作が間に合わなかつたこと.....	24
3.4	落石検知線が断線していた場合の列車停止の可否に関する分析.....	24
3.5	避難及び救護に関する分析.....	24
3.6	再発防止に関する分析.....	24
4	原因.....	25
5	再発防止策.....	25
5.1	必要と考えられる再発防止策.....	25
5.2	事故後に同社が講じた措置.....	26
付図1	予土線の路線略図.....	27
付図2	事故現場付近の地形図.....	27
付図3	事故現場の状況と略図.....	28
付図4	事故現場付近の表層地質図.....	29
付図5	事故現場付近の略図.....	30
付図6	巨岩の状況.....	31
付図7	転石群の状況.....	32
付図8	立木利用柵の土砂の堆積の状況.....	33
付図9	落石止柵の土砂の堆積の状況.....	34
付図10	軌道の主な損傷状況.....	35
付図11	車両の主な損傷状況.....	37
付図12	事故現場付近の石の点在状況.....	40



# 1 鉄道事故調査の経過

## 1.1 鉄道事故の概要

四国旅客鉄道株式会社の窪川<sup>くぼかわ</sup>駅発宇和島<sup>うわじま</sup>駅行き1両編成（ワンマン運転）の下り第4827D列車は、令和4年8月25日（木）18時31分ごろ、半家<sup>はげ</sup>駅～江川崎<sup>えかわさき</sup>駅間の直線区間を速度約70km/hで走行中、列車の運転士が前方に約70cmの大きさの石を認め、非常ブレーキをかけたが、列車は石に衝突し、その後約65m走行して停止した。

停止後に運転士が列車を確認したところ、前台車全軸及び後台車後軸が脱線していた。

列車には、乗客5名及び運転士1名が乗車しており、乗客1名が軽傷を負った。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、令和4年8月25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。

四国運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

### 1.2.2 調査の実施時期

令和4年8月26日 現場調査及び口述聴取

令和4年8月28日 現場調査

### 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 事実情報

## 2.1 運行の経過

### 2.1.1 乗務員の口述等

事故に至るまでの経過は、四国旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の窪川駅発宇和島駅行き下り第4827D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、宇和島駅で出勤点呼を受け、窪川駅まで乗務した。その後、16時38分に窪川駅で中間点呼を受け、本件列車に乗務した。本件列車は半

家駅（北宇和島駅起点 37k420m、以下「北宇和島駅起点」は省略する。）を定刻（18時30分）に出発し、<sup>しもはげ</sup>下半家トンネル（36k508m～36k443m）を抜けて直線区間に入った。この時点での列車速度は約70km/hであり、直線区間に入って約40m走行する間、広範囲での確認と近い範囲での前方確認を実施したが異常は認められなかった。この前方の曲線の制限速度が60km/hであることから、70km/hから減速するために視線を下げ、運転台の速度計等を見てブレーキを扱った。ブレーキの動作を示す「B」の表示灯が点灯したことを確認して、視線を上げて正面を見たところ、軌道上に何か黒いものがあると気付いた。動物ならば反応があるはずだと思い気笛を吹鳴したが、その黒いものはその場で動かなかった。列車が近づいたところ、石（以下「本件落石」という。）であることが分かり、非常ブレーキを使用した。衝突後、車体が浮き上がるような感覚はなく右方向（以下、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）へ「ズルズル」と滑るように走行して停止した。

列車停止後、まず乗客にけが人がいないかを確認した。客席（ロングシート）を見ると、左側の最後部に座っていた人が一番前まで滑ってきており、その人は膝を擦りむいていたが、自分で立てる状態だったため、席に座ってもらった。また、他の乗客にけががないことを確認した。

けが人の確認後、業務用携帯電話を持って、客室の前方左側のドアから軌道上に降り、床下を点検しながら指令に電話をかけて脱線したことを伝えた。続けて、脱線した時刻、キロ程及び車両の損傷状況を伝えた。その後、約1km先で倒木を伐採していた係員、駅員及び消防士が事故現場に到着し、協力して乗客を降車させ、けが人を救急車へ、他の乗客をタクシーへ誘導した。

なお、本件列車には、運転状況を記録する装置は装備されていない。また、後日、同社が事故現場において本件運転士の立会いのもとで当時の状況を確認したところ、本件運転士が黒いものに気付いたのは本件落石があった位置の約130m手前、それが石であることが分かり非常ブレーキを使用したのは本件落石があった位置の約100m手前であったとのことである。

（付図1 予土線の路線略図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場の状況と略図 参照）

## 2.1.2 列車からの見通し状況に関する情報

図1に、トンネルを抜けて直線区間に入った地点である、本件落石があった位置の約255m手前からの前方の見通し状況を示す。同図は、同社が令和5年4月30日に撮影した列車前方動画から抜粋した画像であり、実際に軌道上に石はない

画像である。なお、本事故現場付近の直線区間では見通しを遮るものはなかった。



図1 本件落石があった位置の約255m手前からの前方の見通し状況

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

本件列車に乗車していた乗客5名及び運転士1名のうち、乗客1名が軽傷を負った。

## 2.3 鉄道施設及び車両に関する情報

### 2.3.1 事故現場に関する情報

#### (1) 地質等

事故現場付近の地質は、地質図によると、砂岩主体の堆積岩が分布するとされている。また、斜面には雑木が繁茂している。

(付図4 事故現場付近の表層地質図 参照)

#### (2) 線形

事故現場は、予土線の半家駅(37k420m)と江川崎駅(33k610m)の間に位置しており、36k508mから36k443mまで下半家トンネルがある。

事故現場付近の線形は、36k902mから36k852mまで緩和曲線、

3 6 k 8 5 2 mから3 6 k 4 7 9 mまで半径3 5 0 mの左曲線、3 6 k 4 7 9 mから3 6 k 4 2 9 mまで緩和曲線、3 6 k 4 2 9 mから3 5 k 9 7 8 mまで直線、3 5 k 9 7 8 mから3 5 k 9 3 3 mまで緩和曲線、3 5 k 9 3 3 mから3 5 k 4 9 7 mまで半径2 5 0 mの右曲線、3 5 k 4 9 7 mから3 5 k 4 5 2 mまで緩和曲線である。また、事故現場付近の勾配は、3 6 k 9 4 4 mから3 6 k 6 0 6 mまで8%の上り勾配、3 6 k 6 0 6 mから3 6 k 2 9 4 mまで1 0%の下り勾配、3 6 k 2 9 4 mから3 5 k 8 9 5 mまで4%の下り勾配である。

(3) 脱線の状況

本件列車は、先頭が3 6 k 1 0 9 m付近に停止しており、脱線していた前台車前軸の位置は3 6 k 1 1 1 m付近、前台車後軸の位置は3 6 k 1 1 3 m付近、後台車後軸の位置は3 6 k 1 2 3 m付近であった。

本件列車の脱線状態については、前台車前軸及び同後軸はそれぞれ右側に、後台車後軸は左側に脱線していた。また、後台車前軸の両車輪はレールの直上にあり、右車輪はレール上に乗っている状態であったが、左車輪はレール頭頂面から約6 5 mm浮いている状態であった。

(付図3 事故現場の状況と略図 参照)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

(1) 予土線の概要

予土線は、営業キロが7 6 . 3 kmの単線・非電化線区であり、軌間は1, 0 6 7 mmである。

(2) 軌道構造

事故現場付近の軌道はバラスト軌道で、4 0 kgNレール（高さ1 4 0 mm）が敷設されている。使用されているまくらぎの種類はPCまくらぎで、まくらぎの配置数量は2 5 m当たり3 7本、道床の厚さは2 0 0 mmであり、レール締結装置には板ばねを使用している。

表1に、主な軌道の定期検査の種類と検査実施日を示す。直近の軌道の検査履歴によると、軌道に異常を示す記録はなかった。

表1 軌道の検査履歴

検査の種類	検査実施日
軌道変位検査	令和4年4月 4日
レール検査	令和4年4月18日

まくらぎ検査	令和4年6月 2日
道床検査	令和3年8月25日

### 2.3.3 車両に関する情報

本件列車の概要を図2に示す。本件列車の主要諸元は表2のとおりである。なお、同社によると、本件列車の非常ブレーキの性能は、空走時間2.0秒、平均減速度3.75km/h/sとのことである。

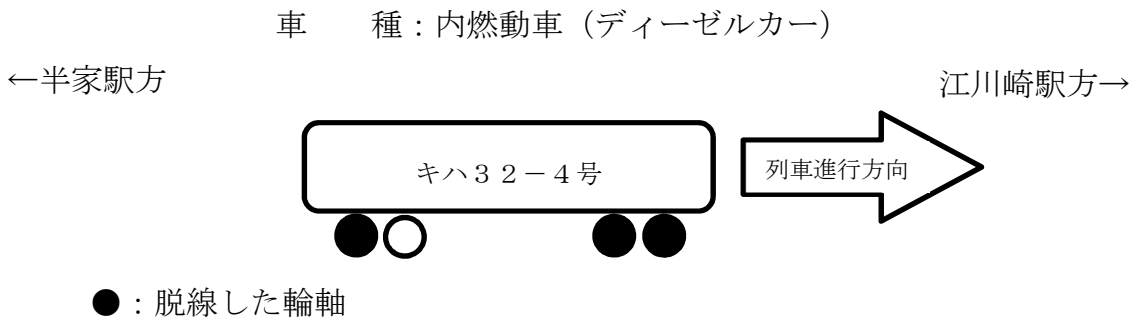


図2 本件列車の概要

表2 本件列車の主要諸元

記号・番号	キハ32-4号
空車重量	27.1t <sup>*1</sup>
編成定員	100人
座席定員	39人
最大寸法 (車体長×車体幅×高さ)	15,800mm×2,700mm×3,620mm
床面高さ	1,240mm

本件列車について、令和元年10月23日に実施した全般検査、令和4年8月5日に実施した交番検査及び令和4年8月24日に実施した仕業検査の各記録簿によると、車両及び台車の組立寸法は整備基準値以内であり、各検査の記録に異常を示すものは認められなかった。

### 2.3.4 斜面の概要及び斜面の管理に関する情報

#### (1) 事故現場付近の斜面の概要

事故現場付近の線路右側には、平均斜度45°程度の急峻な斜面がある。

\*1 [単位換算] 1t=1,000kg (重量)、1kg (重量) : 1kgf、1kgf=9.8N

この斜面は、線路中心から水平距離180mまでが、同社の所有する用地（以下「本件斜面」という。）であり、その先は個人の所有地である。

線路中心から水平距離3.0mの<sup>のりじり</sup>法尻\*2より垂直距離6.0mの土留壁（勾配1：0.35）が施されている。土留壁の上部には、高さ2.0mの落石止柵と落石検知線が設置されている。そこから水平距離5.5mの地点に立木利用柵（以下「立木柵①」という。）が36k189m～36k175mの範囲で、立木柵①から水平距離4.5mの地点に別の立木利用柵（以下「立木柵②」という。）が36k178m～36k168mの範囲で設置されている。立木利用柵には、斜面の中腹で落石を捕捉して落石止柵まで到達する落石を減少させる効果や、落石のエネルギーを低減させる効果がある。同社によると、多重の立木利用柵が設置された詳細な経緯は不明だが、過去に予土線で発生した災害を踏まえて設置されたとのことである。図3に落石止柵及び落石検知線の構造図を、図4に立木利用柵の構造図を示す。

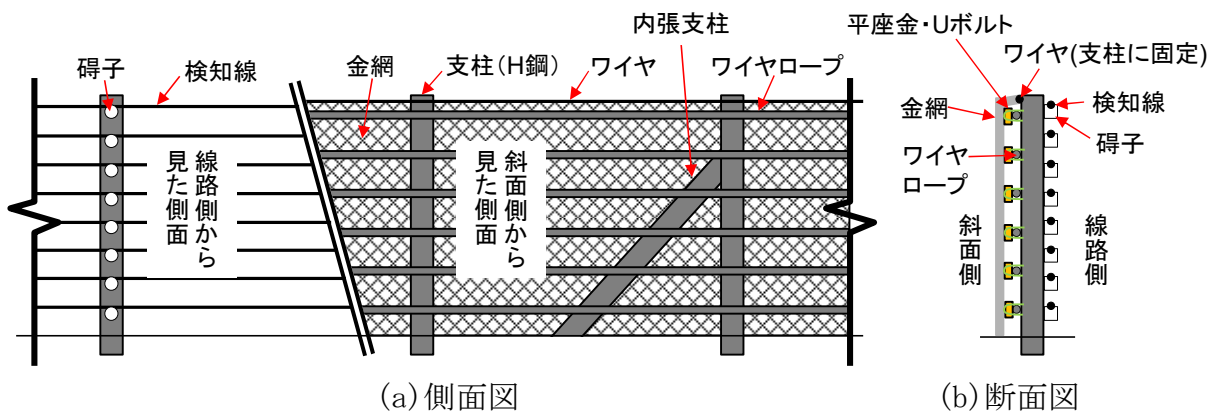


図3 落石止柵及び落石検知線の構造図

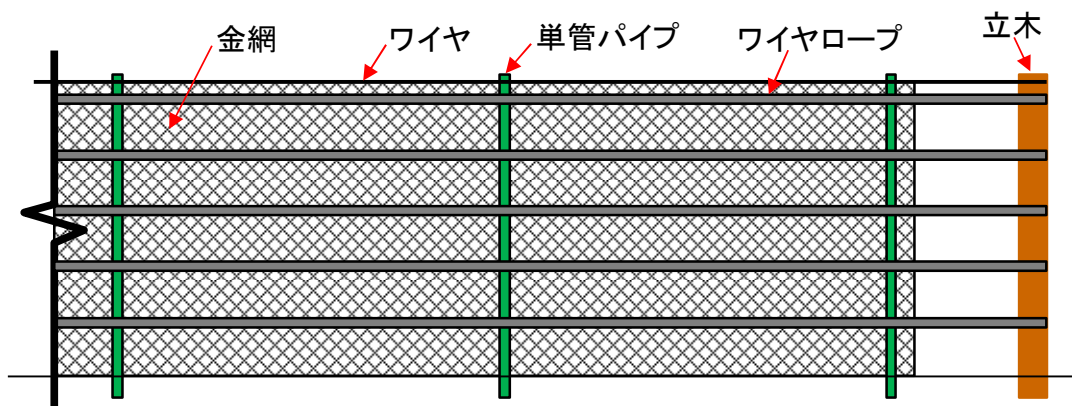


図4 立木利用柵の構造図

\*2 「法尻」とは、<sup>のりめん</sup>法面（人工的に作られた斜面）が地盤に移行する部分のことをいう。

## (2) 落石止柵の概要

「落石対策技術マニュアル<sup>\*3</sup>」によると、落石の跳躍高さに関して、『跳躍高さについては過去の実験結果から斜面直交方向で約2mに収束することがわかっている。』とされている。同社は、本マニュアルに基づいて、落石の跳躍高さを考慮して落石止柵の高さを決定しているとのことである。

ここで、事故現場付近の斜面は平均斜度45°で、落石止柵の根元から斜面があるため、斜面直交方向に2mの高さを確保するためには、柵高は約2.8m必要である。一方、前項に記述したように、事故現場付近の落石止柵の高さは2.0mである。同社によると、落石止柵は昭和48年3月に当時の基準に従って設置されたものであり、当時の基準の詳細は不明とのことである。

また、落石止柵の設計上の吸収エネルギー（柵を突き破る限界のエネルギー）は57.1kJである。

## (3) 斜面の管理方法

同社の斜面管理としては、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき同社が四国運輸局長へ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」、及び「鉄道構造物等維持管理標準<sup>\*4</sup>・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土）（平成19年1月）<sup>\*5</sup>」（以下「解説書」という。）に基づいて定められた同社の社内規程である「土工全般検査マニュアル」に則り、通常全般検査が2年周期で実施されているほか、必要と考えられる場合に随時検査及び個別検査が実施されている。

通常全般検査の方法については、「土工全般検査マニュアル」に以下のよう定められている。

## 2. 検査の方法

### (1) 検査の実施

1) 土工等設備の全般検査（通常全般）は、主として徒歩巡回による目視検査であるが、判定が困難な場合は、構造物の健全度を把握できるところまで、できる限り接近する必要がある。

\*3 「落石対策技術マニュアル」（公益財団法人鉄道総合技術研究所、平成31年、p.8）

\*4 「鉄道構造物等維持管理標準」とは、鉄道構造物の維持管理の基本的な考え方を示したもので、各鉄道事業者に国土交通省鉄道局長から通達されている指針をいう。

\*5 「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土）（平成19年1月）」とは、公益財団法人鉄道総合技術研究所が、それまでの調査研究で得られたデータの蓄積を活用して検査実務の一助となるように鉄道構造物等維持管理標準に解説を加えて刊行したものである。

2) 検査時には、記録簿の他に必要によりカメラ、ポール、スケール、点検ハンマー、クラックゲージ等を携帯する。

(2) 検査内容

- 1) 構造物に変状はないか。・・・・・・・・・・ (変状の発見)
- 2) 変状の程度はどうか。・・・・・・・・・・ (変状程度の把握)
  - ・進行性はあるか。
  - ・機能への影響はあるか。
- 3) 周辺に環境変化はないか。・・・・・・・・・・ (環境変化の把握)
- 4) 運転保安を脅かす恐れはないか。・・・・・・・・ (運転保安への影響度)
- 5) 対策工事等の必要性はあるか。・・・・・・・・ (措置の必要性)

また、斜面の健全度の判定については、「土工全般検査マニュアル」に以下のように定められている。

6. 健全度の判定

(1) 全般検査における健全度の判定は、変状の種類、程度および進行性等に関する調査の結果に基づき、総合的に行うものとする。

(2) 健全度の判定区分

健全度の判定区分は表2を標準とし、各構造物の特性等を考慮し定めることを原則とする。

表2 標準的な健全度と構造物の状態の関係

健全度	構造物の状態	
A	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状等があるもの。	
	AA	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり、緊急に措置（使用制限、補修・補強あるいは必要に応じて改築・取替等）を必要とするもの。
	A1	進行している変状等があり、構造物の性能が低下しつつあるもの、または、大雨、出水、地震等により、構造物の性能を失うおそれのあるもの。
	A2	変状等があり、将来それが構造物の性能を低下させるおそれのあるもの。
B	将来、健全度Aになるおそれのある変状等があるもの。	



C	軽微な変状等があるもの。
S	健全なもの

なお、個別検査における調査方法については、解説書において、変状の実状に即して入念な目視を実施することとされている。

#### (4) 本件斜面の管理

同社によると、本件斜面については、平成9年以降、健全度をA2として管理しているとのことである。図5に、本件斜面における直近の検査記録を示す。本件斜面では、通常全般検査に加えて、変状等の実態を踏まえて個別検査を実施し、同図に示されている巨岩や転石群を主に監視しているとのことである。事故発生前直近では、令和2年12月11日に通常全般検査が、また令和4年3月10日に個別検査が実施され、変状の進行は確認されていなかった。このとき、落石止柵に損傷等も確認されていなかった。なお、個別検査記録に残されていた巨岩や転石群の写真のうち、最新の写真は平成18年12月8日に撮影されたものであった。同社によると、写真を撮影するのは前回検査時から変状の進行が確認された場合であり、平成18年の写真撮影以降、巨岩や転石群に変状の進行は確認されなかったとのことである。また、本事故発生後においても巨岩や転石群に岩の分離跡等の異常は認められなかったとのことである。

また、図5に示されているように、本事故発生時、立木柵①と立木柵②には、共に土砂が堆積していた。土砂の堆積状況は、立木柵①では5割（高さ1m）程度であったが、立木柵②では7～10割で柵が機能する高さも約10～50cmと低くなっており、立木柵②は立木利用柵としての機能をほとんど果たせない状態であった。同社によると、立木柵②の土砂の堆積を認識していたものの、立木柵①と立木柵②が3m程度重複していることや、立木柵①は機能していること、立木柵①と重複していない範囲では立木柵②の土砂の堆積は5割程度であったことから、落石を捕捉可能と考えて立木柵②の土砂の撤去は必要ないと判断していたとのことであった。

さらに、図5の落石止柵には土砂が高さ1m程度堆積していた。同社によると、落石止柵の機能は低下しているため堆積の進行度を監視し、進行を認めたとときに対策を講じる計画としているとのことであった。

(付図5 事故現場付近の略図、付図6 巨岩の状況、付図7 転石群の状況、付図8 立木利用柵の土砂の堆積の状況、付図9 落石止柵の土砂の堆積の状況 参照)

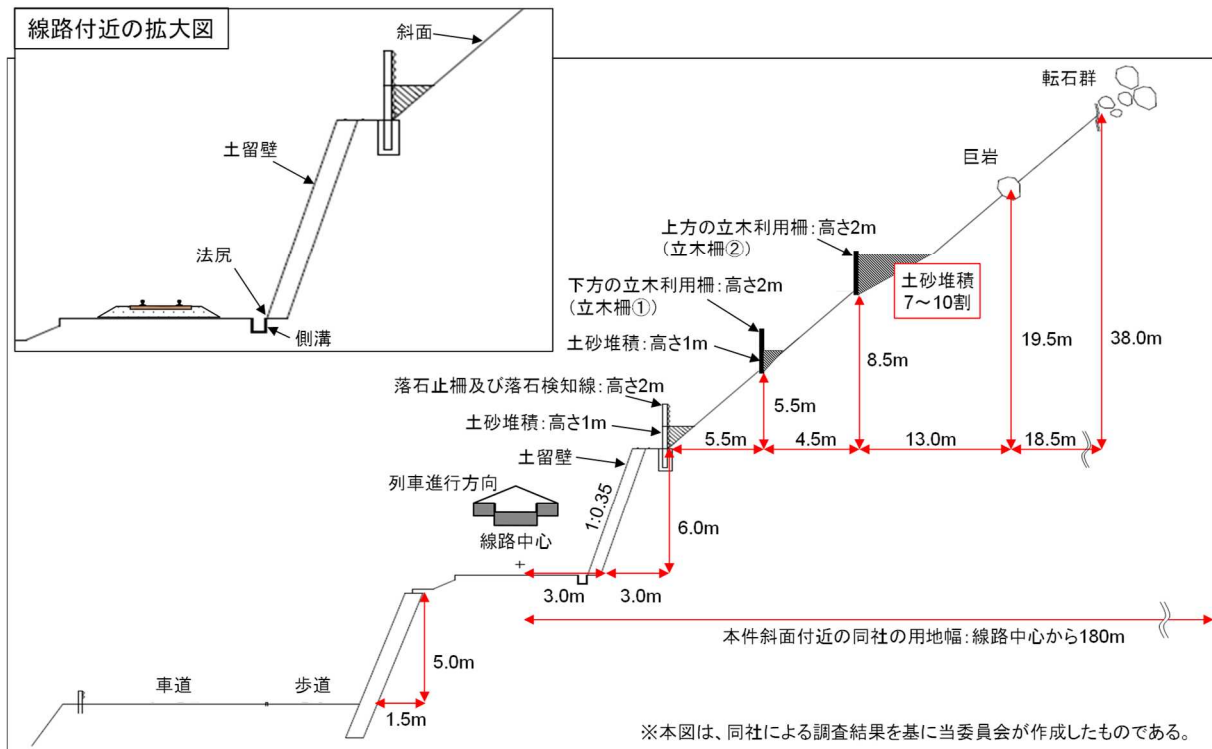


図5 事故現場付近の斜面検査図

(5) 落石検知線の管理

事故現場付近の落石検知線は、2.6.2に後述するように、断線すると特殊信号発光機\*6が動作して乗務員に知らせる「破断式」のもので、昭和61年8月に設置された。検知線としては直径2.6mmの電線が使用されており、約22～23cmの間隔で8本の検知線が張られている。

落石検知線の検査としては、敷設状態の検査と検知機能の検査がある。敷設状態の検査周期は、届出実施基準の一部である「運転保安設備実施基準」において1年と定められているが、同社によると3か月に1度検査しているとのことである。検査内容としては、落石検知線の損傷の有無や緩みの程度を確認している。直近では令和4年7月19日に検査を実施し、36k185m付近において、検知線を固定させる碍子<sup>がいし</sup>の脱落を認めたが、令和4年8月22日に碍子の取替えを完了し、落石検知線の損傷や緩みがないことを確認していた。また、検知機能の検査周期は、「運転保安設備実施基準」においては必要の都度と定められているが、同社によると6か月に1度検査しているとのことである。検査内容としては、疑似的に落石検知線の回路が切断された状態を作ることによって、正常に動作することを確認している。直近では令和4年7月19日に検査を実施し、検知機能に異常がないことを確認し

\*6 「特殊信号発光機」とは、踏切支障報知装置（押しボタン）、踏切障害物検知装置、限界支障報知装置、落石警報装置などと連動し、これらが動作した場合に発光信号を現示するものである。

ていた。

#### (6) 過去の事象に関する情報

本件斜面においては以前にも軌間内への落石事象があった。同社によると、この落石事象は平成9年以前のものであり、正確な記録が残っていないが、列車運行を支障するような落石ではなかったとのことである。このときの落石事象を受けて、同社では、本件斜面付近の監視の措置を継続しつつ、落石止柵及び落石検知線のかさ上げを検討し始めたが、他の優先度の高い箇所から予算を投入したとのことで、本事故発生時点では未実施であった。

また、平成30年7月9日に、36k250m付近で土砂崩れが発生した。このときの土砂崩れでは、事故現場付近の線路へは、落石等は生じなかったとのことである。

### 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情報

##### (1) 軌道上の痕跡

図6に、軌道上に見られた痕跡の状況を示す。まくらぎNo.は、本件落石があった地点をNo.1として、そこから前方へ行くほど大きい番号を付した。同図に示すように、まくらぎNo.4～7（36k173m～36k171m）及びNo.23～24（36k160m～36k159m）の右レール頭頂面にフランジ先端による走行痕が認められた。また、まくらぎNo.6～22（36k171m～36k160m）の右レールのゲージコーナー<sup>\*7</sup>に、右車輪のフランジが強く接触しながら走行したと考えられる痕跡が認められた。

また、まくらぎNo.9～95（36k170m～36k111m）のまくらぎ及びレール締結装置に、連続してフランジ先端による走行痕が認められた。

さらに、図7に示すように、まくらぎNo.1（36k174m）付近のレール頭頂面及びNo.2のまくらぎに、石の粉碎痕が認められた。

なお、まくらぎNo.1で確認された粉碎痕より後方には軌道の損傷及び脱線の痕跡は認められなかった。

（付図10 軌道の主な損傷状況 参照）

---

\*7 「ゲージコーナー」とは、敷設されたレールの頭部の軌間内側で、車輪のフランジと接触する部分をいう。

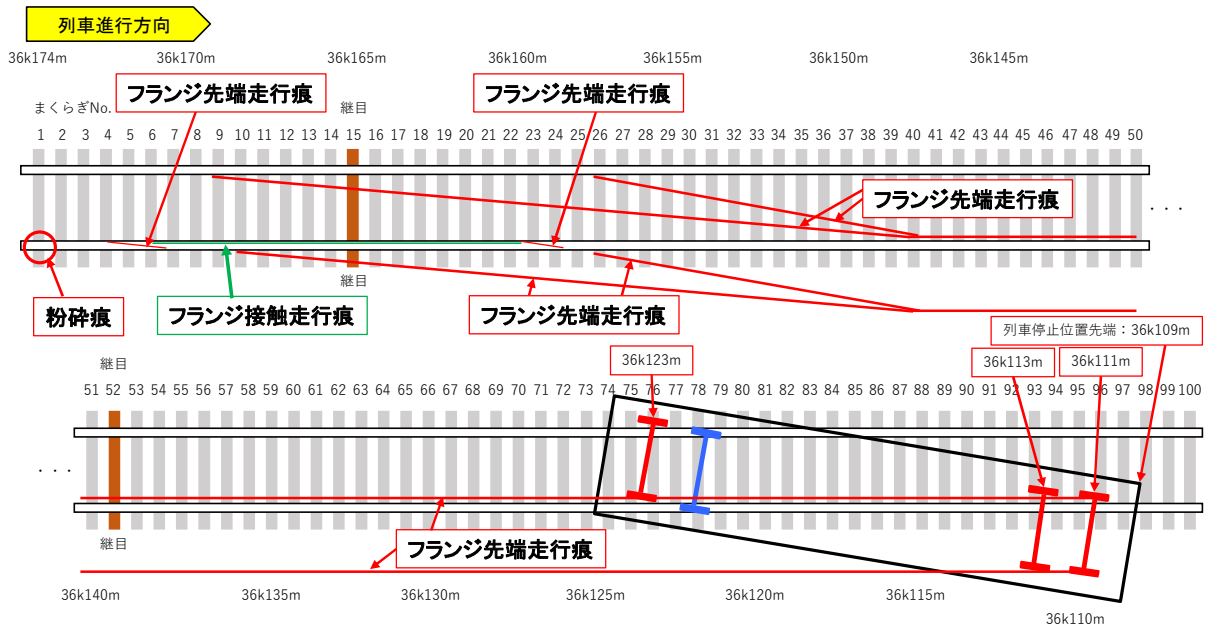


図6 軌道上の痕跡の状況



図7 石の粉砕痕

(2) 落石止柵及び落石検知線の痕跡

36k174m付近の落石止柵の金網の上部及び落石検知線の上から2本目において、本件落石が衝突したと見られる痕跡が認められた(図8参照)。同図のように、落石止柵は金網の上部が曲損し、落石検知線は上から2本目の線が緩んだ状態であった。





図8 落石止柵及び落石検知線の損傷状況

(3) 立木利用柵の痕跡

図9に、立木柵①付近の写真を示す。立木柵①には本件落石が衝突した痕跡は認められなかったが、立木柵①の線路側に位置する立木に擦過痕が認められた。

また、図10に、斜面の上方にある立木柵②から線路を見下ろすように撮影した写真を示す。同図に示すように、立木柵②の上部に、本件落石が衝突したと見られる擦過痕が認められた。



図9 立木柵①付近の立木に認められた擦過痕



図 1 0 立木利用柵に認められた擦過痕

(4) 転石群付近の立木の痕跡

本事故後に同社が実施した調査によると、本件斜面の落石止柵から図 5 に示す転石群までの間に位置する複数の立木に擦過痕が認められた。これらの擦過痕のうちで最上部に位置するのは転石群のすぐ下方にある 2 本の立木であり、転石群よりも上方の斜面では擦過痕は認められなかったとのことである（図 1 1 参照）。

以上、(2)～(4)で記述した斜面上の主な痕跡の位置関係を図 1 2 に示す。なお、同図には、3.2.4で後述する想定される落石の落下経路を併記している。





(a) 2本のうちの下方の立木 (b) 2本のうちの上方の立木

図1-1 転石群付近の2本の立木に認められた痕跡

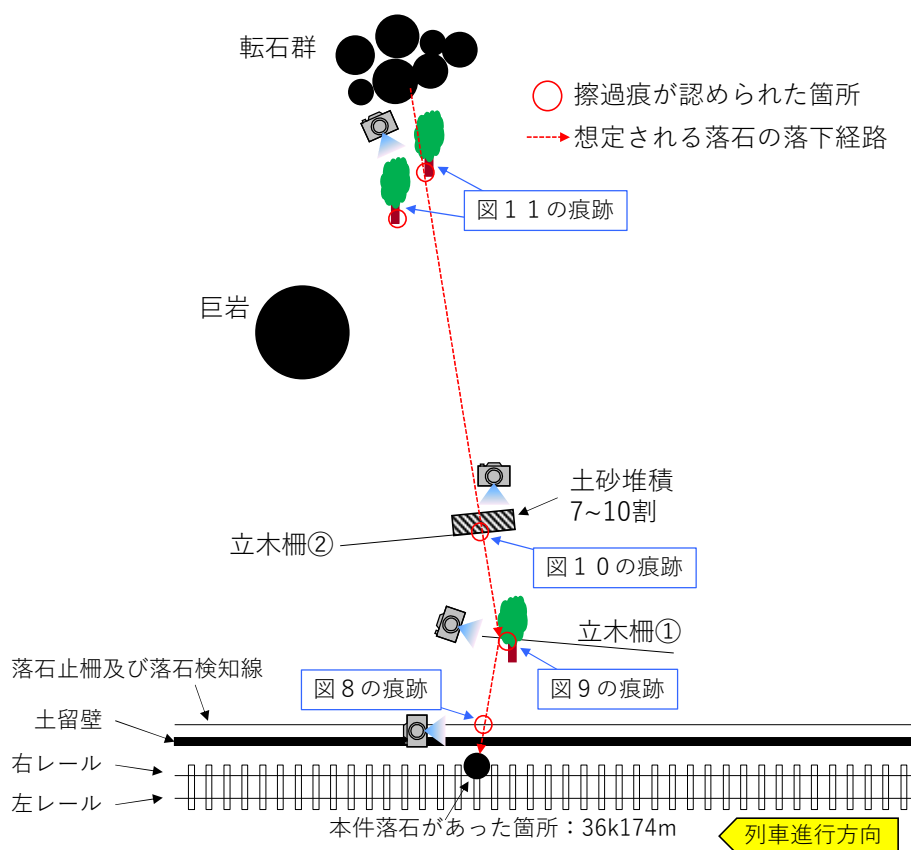


図1-2 事故現場付近の斜面上の痕跡

#### 2.4.2 車両の損傷及び痕跡の情報

本件列車の床下、特に前台車において多数の損傷が認められた。主な損傷状況は以下のとおりであった。

- ・アニマルガード\*8の曲損
- ・右側の排障器受の曲損
- ・前台車前軸右側の軸箱もりの損傷
- ・前台車右側の下揺れまくらの擦過痕
- ・前台車前軸、後軸及び後台車後軸の左右の車輪の損傷

なお、損傷した車両各部の軌道面からの高さは表3のとおりである。

(付図11 車両の主な損傷状況 参照)

表3 損傷した車両各部の軌道面からの高さ

名称	軌道面からの高さ[mm]
アニマルガード	590
排障器受	280
軸箱もり	160
下揺れまくら	160

#### 2.4.3 軌道上及び線路脇にあった石の情報

事故後、線路脇には、36k171m付近に最大径約400mmの石が1個、36k152m付近に最大径約500mmの石が1個確認された。また、軌道上には、36k174m～36k170mの間に最大径約100～150mmの石が点在していた。これらの石はいずれも砂岩であり、道床碎石とは異なる材質であった。

同社によると、割れた石を組み合わせて寸法を測定したところ、700mm×500mm×400mm程度の大きさであり、重量は約160kgであった。

(付図12 事故現場付近の石の点在状況 参照)

#### 2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 35歳

甲種内燃車運転免許

平成24年6月20日

#### 2.6 運転取扱い等に関する情報

##### 2.6.1 事故現場付近の制限速度等

運転取扱いについては、届出実施基準の一部である「運転取扱実施基準」で定め

\*8 「アニマルガード」とは、走行安全上支障となる線路上の障害物、特に動物の巻き込み回避に主眼を置いた、列車先頭部に取り付けられる機器である。



られており、事故現場付近の制限速度は85km/hと定められている。

また、同社が本件列車に適用している運転曲線図<sup>\*9</sup>によると、事故現場付近の通過速度は70km/hであった。なお、運転曲線図上、半家駅から事故現場付近までの所要時間は約90秒である。

## 2.6.2 落石の検知と特殊信号発光機の動作

事故現場付近には、36k251m～35k954mの範囲に落石検知線が設置されている。同社によると、落石検知線は落石止柵を突き破るような大きな衝撃があった際に断線し落石を検知するとのことである。この落石検知線が断線すると、36k695mに設置されている特殊信号発光機が動作し、発光信号の現示を確認した乗務員が列車を停止させる仕組みとなっている。

なお、同社によると、本事故発生時、特殊信号発光機は動作していなかったとのことである。

## 2.6.3 列車の運転状況に関する情報

本件列車の直前に事故現場付近を通過したのは、下り第8819D列車（14時25分ごろ）であった。下り第8819D列車の運転士によると、事故現場付近に異常はなかったとのことである。

## 2.6.4 事故現場付近を走行する際の運転操作に関する情報

事故現場付近の通過速度が70km/hである一方、35k978mからの曲線区間は制限速度が60km/hである。同社によると、運転士は、下半家トンネルを抜けて直線区間に入って約40m走行した後に、運転台の速度計等を見てブレーキ操作を開始するとのことである。この約40m走行する間、運転士は見通せる範囲で広範囲の確認と、近い範囲で視線を変えながら前方を確認するとのことである。

本件運転士は、事故発生時においても上記のようなふだんと同様の運転操作を実施していたとのことである。

## 2.7 気象等に関する情報

### 2.7.1 事故当日の気象に関する情報

予土線の沿線にある気象庁の江川崎地域気象観測所の記録によると、事故当日の降水量は1.0mm、最大風速は2.8m/sで、8月の事故当日までの降水量の合計は50.5mmを観測していた。また、本事故発生当日の18時の気温は28.6℃、風

<sup>\*9</sup> 「運転曲線図」とは、制限速度や列車の性能を基に効率的な運転を計画するため、列車の速度変化や走行時間などを、縦軸に速度及び時間、横軸に距離をとってグラフ化したものである。

向・風速は北北西 1.3m/sであった。図 1 3 に、事故発生前直近 1 週間の、1 時間ごとの降水量及び風速を示す。

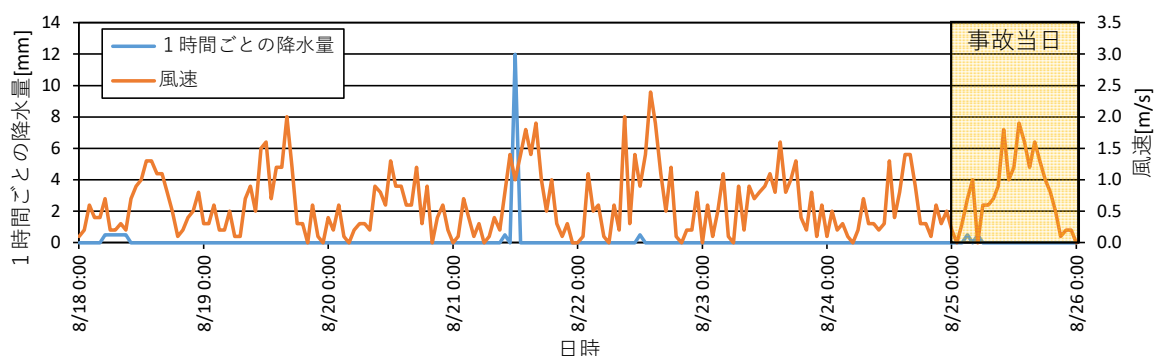


図 1 3 事故発生前直近 1 週間の降水量と風速

### 2.7.2 事故当日の地震に関する情報

気象庁の震度データベース<sup>\*10</sup>で、事故発生前直近 1 週間（令和 4 年 8 月 1 8 日～2 5 日）に震度 1 以上が観測された地震を検索した結果を図 1 4 に示す。四国周辺では、令和 4 年 8 月 2 4 日 9 時 3 8 分ごろに、本事故現場付近から西へ約 5 5 km 離れた豊後水道を震源とする震度 1 の地震が観測されているのみであった。



図 1 4 事故発生前直近 1 週間に観測された地震

\*10 気象庁震度データベース : <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html>

### 2.7.3 事故当日の日没時刻に関する情報

国立天文台のホームページ<sup>\*11</sup>によると、事故当日の高知県の日没時刻は18時41分であった。また、図1の動画撮影日である令和5年4月30日の日没時刻は18時48分であった。

### 2.8 避難及び救護に関する情報

本事故発生後に同社が行った乗客の避難及び救護については、同社によると、18時51分ごろに救急車を手配、19時2分ごろにタクシーを手配し、19時5分ごろに救急車が到着、19時45分ごろに乗客を本件列車から降車させ、けが人を救急車へ、他の乗客をタクシーへ誘導したとのことである。

## 3 分析

### 3.1 脱線の発生に関する分析

#### 3.1.1 本件列車が軌道上にあった本件落石と衝突した地点について

2.4.1(1)に記述したように、36k174m付近のレール及びまくらぎに、石の粉砕痕が認められた。また、2.4.3に記述したように、36k174m付近から江川崎駅方の軌道上及び線路脇には道床碎石とは異なる材質である砂岩が点在していた。

これらのことから、本件列車は36k174m付近で軌道上にあった本件落石と衝突したと考えられる。

#### 3.1.2 脱線の過程について

(1) 2.4.2に記述したように、アニマルガードの曲損が認められたこと、軌道面からアニマルガードまでの高さは590mmであること、2.4.3に記述したように、本件落石の元の大きさは700mm×500mm×400mm程度あったと考えられることから、寸法上、本件落石は軌道面からの高さ方向が最も長い径となる状態であった可能性があり、その状態の本件落石にアニマルガードが衝突したものと考えられる。

(2) 2.4.2に記述したように、アニマルガードの他に、右側の排障器受、前台車前軸右側の軸箱もり及び前台車右側の下揺れまくらにも損傷が認められた。表3に示した損傷した車両各部の軌道面からの高さより、本件落石は、転

\*11 国立天文台ホームページ、高知（高知県）のこよみ：<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/dni40.html>

がって軌道面からの高さ方向に最も短い径が向いたとしても車両各部と衝突するだけの大きさがあることが分かる。また、2.4.3に記述したように、本件落石は複数の石に分割して軌道上及び線路脇に点在していた。これらのことから、本件落石はアニマルガードと衝突した後に、排障器受、軸箱もり及び下揺れまくらとも衝突し、その過程で本件落石が砕けて軌道上及び線路脇へ分散した可能性が考えられる。

- (3) 2.4.1(1)に記述した軌道上の痕跡によると、36k173m付近から右レールの頭頂面にフランジ先端による走行痕が認められたことから、本件列車は36k174m付近で本件落石と衝突して前台車前軸右車輪がレール右方向に乗り上がり、脱線したものと推定される。

また、36k171m～36k160m付近の右レールのゲージコーナーに右車輪のフランジが強く接触しながら走行したと見られる痕跡が認められたこと、36k160m付近から右レールの頭頂面にフランジ先端による走行痕が認められたことから、本件列車の前台車後軸は右側への力が作用しながら走行し、36k160m付近で前台車後軸の右車輪がレール右方向へ乗り上がり、脱線したものと推定される。

さらに、36k170m～36k111m付近のまくらぎ及びレール締結装置にフランジ先端による走行痕が連続して見られたことから、脱線した前台車前軸及び後軸がまくらぎ及びレール締結装置上を走行し、前台車前軸が36k111m付近に到達したところで停止したものと推定される。

### 3.1.3 脱線した時刻について

2.1.1に記述した本件運転士の口述から、本件列車は半家駅を定刻の18時30分に出発していたと考えられる。また、2.6.1に記述したように、運転曲線図上、半家駅から事故現場付近までの所要時間は約90秒であり、実際に走行した時間は約90秒であると考えられる。これらのことから、本件列車が脱線した時刻は18時31分ごろであったと考えられる。

## 3.2 本件落石に関する分析

### 3.2.1 本件落石の発生時刻

本件落石の発生時刻は、2.6.3に記述した下り第8819D列車が事故現場付近を異常なく通過した14時25分ごろから、3.1.3で記述した本件列車が事故現場に差し掛かった18時31分ごろまでの間であったと考えられる。

### 3.2.2 本件落石の発生源

3.1.1に記述したように、本件列車が軌道上にあった本件落石と衝突した地点は36k174m付近であると考えられる。また、2.4.1(2)及び(3)に記述したように、36k174m付近の斜面の立木利用柵や落石止柵及び落石検知線に本件落石が衝突したと見られる擦過痕が認められたこと、2.4.1(4)に記述したように、転石群付近の立木に擦過痕が認められ、転石群より上方の斜面に擦過痕は認められなかったことから、本件落石は本件斜面上の転石群から発生した可能性が考えられる。

### 3.2.3 本件落石の発生原因

2.3.4(4)に記述したように、本件斜面の健全度はA2とされているが、斜面管理は社内規程に従って実施されており、斜面の変状の進行は確認されていなかった。また、2.7.1及び2.7.2に記述したように、事故発生前直近1週間では顕著な大雨、強風及び地震は生じていない。これらのこと及び3.2.2に記述した内容から、本件落石は、転石群の石が風化により落下した可能性が考えられ、事前に予測することは困難であったと考えられる。

### 3.2.4 本件落石の落下経路

2.4.1(3)に記述したように、立木柵②の上部に本件落石が衝突したと考えられる擦過痕が認められたこと、立木柵①の線路側の立木に擦過痕が認められたことから、本件落石は立木柵②の上部に衝突して跳躍し、立木柵①の上方を通過して立木に衝突したと考えられる。また、2.4.1(2)に記述したように、落石止柵及び落石検知線の上部に本件落石が衝突したと考えられる痕跡が認められたことから、跳躍した本件落石は落石止柵の金網の上部に衝突して金網を折り曲げ、落石検知線の上から2本目に衝突して緩ませ、検知線をすり抜けて軌道上に落下した可能性が考えられる。図15に、本件落石の想定される落下経路を示す。

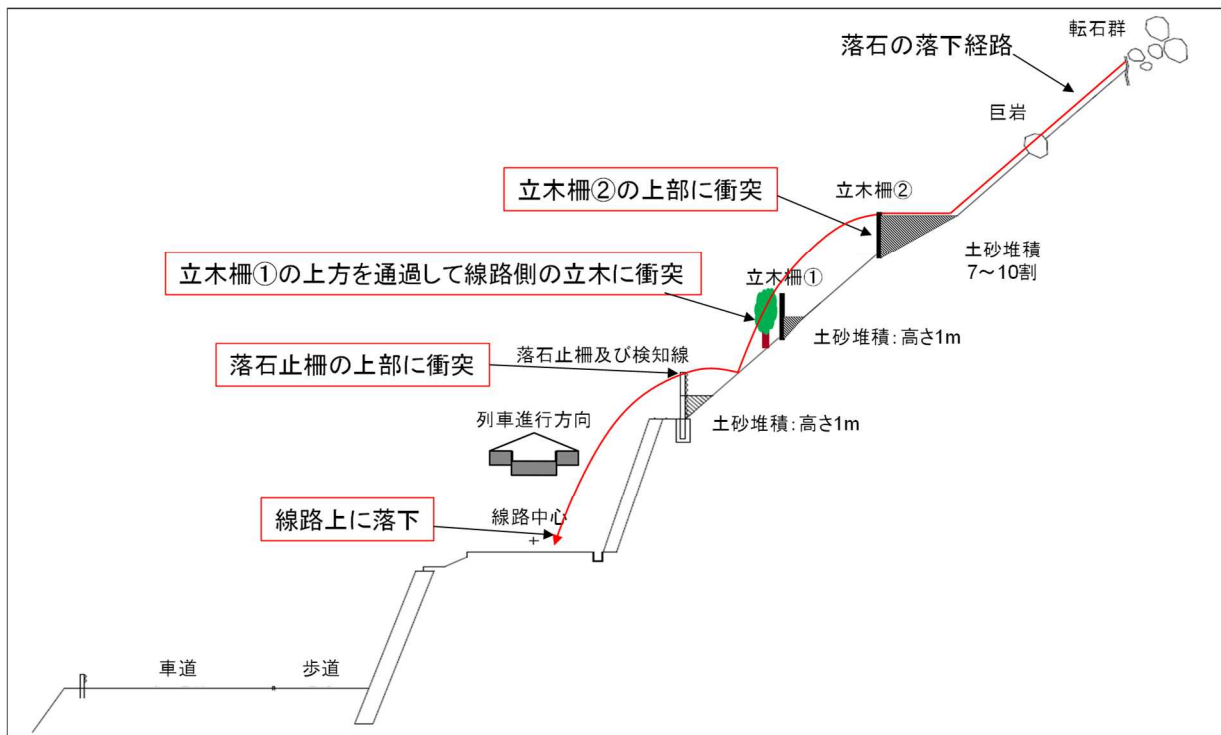


図 1 5 本件落石の想定される落下経路

### 3.2.5 本件落石の落石エネルギーと落石止柵の耐久性能

3.2.2に記述したように、本件落石の発生源を本件斜面上の転石群とし、「落石対策技術マニュアル」に基づいて計算すると、本件落石の落石止柵到達地点での落石エネルギーは、45.2kJ以下となるものと考えられる。2.3.4(2)より、落石止柵の設計上の吸収エネルギーは57.1kJであることから、本件落石が、落石止柵が落石を捕捉可能な高さの範囲内で衝突していれば、落石止柵は本件落石を捕捉できていたと考えられる。

なお、「落石対策技術マニュアル」において、『既往の実験結果によれば、斜面が長大で落下高さが40mを超えると、落石速度は一定値（終端速度）に達する傾向があることがわかっている。』とされていることから、落石エネルギーについても、落下高さが40mを超えると一定値に達すると考えられる。ここで、落下高さを40mとすると、本件落石の落石エネルギーは47.6kJ以下となる。このことから、本件落石の発生源が転石群より上方であったとしても、落石エネルギーは落石止柵の設計上の吸収エネルギーより小さいため、本件落石が、落石止柵が落石を捕捉可能な高さの範囲内で衝突していれば、落石止柵は本件落石を捕捉できていたと考えられる。

### 3.2.6 本件落石を立木利用柵で捕捉できなかったこと

2.3.4(1)に記述したように、本件斜面においては斜面の状況を踏まえながら多重

の立木利用柵が設置されていた。しかしながら、2.3.4(4)に記述したように、立木柵②には土砂が堆積して柵の高さも低くなっており、立木柵②は立木利用柵としての機能をほとんど果たせない状態であったが、同社は土砂の撤去は必要ないと判断していた。このように、同社は落石対策として立木利用柵を設置し、定期的に設置状態を検査していたものの、土砂堆積への対処の必要性の判断を誤り、立木利用柵を有効に機能させることができず、立木利用柵で落石を捕捉できなかったものと考えられる。

### 3.2.7 本件落石を落石止柵及び落石検知線で捕捉及び検知できなかったこと

2.3.4(4)及び(5)に記述したように、落石止柵及び落石検知線に関しては定期的に敷設状態及び検知機能を検査していることから、正常な状態であったと考えられる。また、3.2.5で分析したように、落石止柵の設計上の吸収エネルギーは本件落石の落石エネルギーに対して十分な余裕があったと考えられ、本件落石が、落石止柵が落石を捕捉可能な高さの範囲で衝突していれば、本件落石は落石止柵で捕捉できていたと考えられる。しかしながら、2.4.1(2)に記述したように、落石止柵及び落石検知線の上部に本件落石が衝突したと考えられる痕跡が認められたことから、本件落石は落石止柵の金網の上部（落石の捕捉可能な範囲外）に衝突したため、落石を捕捉できなかったものと考えられる。

また、2.6.2に記述したように、落石検知線は落石止柵を突き破るような大きな衝撃があった場合に断線する仕様であるが、本件落石の落石エネルギーは落石止柵を突き破るほど大きくなかったため、本件落石は落石検知線を断線せず緩めるに留まり、間隔が広がった線間をすり抜けて、軌道上へ落下したと考えられる。

なお、本件落石が落石止柵の上部に衝突したことは、2.3.4(2)に記述したように、本件斜面の平均斜度が $45^{\circ}$ であり落石止柵の柵高は約2.8m必要であったのに対し、当該の落石止柵の高さが2.0mであったためと考えられる。

## 3.3 運転取扱いに関する分析

### 3.3.1 直線区間に入った直後に本件落石に気付かなかったこと

2.1.1及び2.6.4に記述したように、本件運転士の口述によると、本件運転士はふだんの運転操作のとおり、直線区間に入って約40m走行する間、広範囲での確認と近い範囲での前方確認を実施していたが、この時点では本件落石に気付かなかったとのことである。また、2.7.3に記述したように、日没時刻が18時41分ごろであることから、事故が発生した18時31分ごろは、周囲が薄暗くなっていたものと考えられる。

以上のことから、周囲が薄暗くなっていた環境下で、直線区間に入った直後に前

方を確認しても、図1のように本件落石までは距離があるため本件落石に気付くことは困難であった可能性が考えられる。

### 3.3.2 ブレーキ操作が間に合わなかったこと

2.1に記述したように、本件運転士が軌道上の黒いものに気付いたのは約130m手前であった。また、2.3.3に記述した本件列車のブレーキ性能によると、下り勾配4‰の区間において70km/hで走行中の本件列車が非常ブレーキを扱ってから停止するまでの距離は約226mとなると考えられる。

これらのことから、本件運転士が軌道上の黒いものを発見した直後に非常ブレーキを動作させても本件落石との衝突は避けられなかったものと考えられる。

### 3.4 落石検知線が断線していた場合の列車停止の可否に関する分析

2.6.2に記述したように、落石検知線が断線した場合、36k695mに設置されている特殊信号発光機が動作する仕様である。2.3.3に記述した本件列車のブレーキ性能によると、下り勾配10‰の区間において70km/hで走行中の本件列車が非常ブレーキを扱ってから停止するまでの距離は約237mとなると考えられる。すなわち、仮に36k695m地点からブレーキを扱ったとすると、36k458m付近に停止できると考えられる。

また、3.2.1に記述したように、本件落石は本件列車が通過する前である14時25分ごろから18時31分ごろまでの間で発生したと考えられる。さらに、2.3.4(5)に記述したように、落石検知線の検知機能については検査で正常に動作することを確認していたことから、検知機能には問題がなかったものと考えられる。

以上のことから、落石検知線が断線していれば、特殊信号発光機が動作し、運転士は列車を本件落石と衝突することなく停止させることができたと考えられる。

### 3.5 避難及び救護に関する分析

本事故発生後の乗客の避難及び救護に関しては、2.1.1に記述した本件運転士の口述及び2.8に記述した避難及び救護に関する情報から、特に問題はなかったものと考えられる。

### 3.6 再発防止に関する分析

本件斜面においては、斜面の状況を踏まえながら落石対策が実施されていた。具体的には、2.3.4(1)に記述したように、線路際の土留壁の上部には落石止柵及び落石検知線が、更に斜面上には2組の立木利用柵が設置されていた。

しかしながら、3.2.6及び3.2.7に記述したように、立木柵②には土砂が堆積して



いたため、落石が立木柵②の上部に衝突して跳躍したと考えられることから、立木柵②が機能していれば落石を捕捉できていた可能性が考えられる。また、落石止柵の上部に衝突して軌道上へ落下したと考えられることから、落石止柵の高さが不足していたものと考えられる。

これらのことから、

- (1) 立木柵②の土砂堆積の解消及び修復、又は立木利用柵の新設
- (2) 落石止柵及び落石検知線のかさ上げ

が、同種事故の再発を防止するために必要と考えられる。

また、本事故を踏まえて、同社は本事故発生箇所と同様な線路際の斜面に立木利用柵、落石止柵又は落石検知線が設置されている箇所を抽出し、これらの設備が有効に機能するかを点検するとともに、必要により土砂堆積の解消や設備の修復を行う等の措置を講じ、事故の未然防止を図ることが望ましい。

## 4 原因

本事故は、斜面から軌道上に落下していた石に列車が衝突したため、前台車前軸右車輪がレール右方向に乗り上がり、脱線したものと推定される。

斜面から石が落下したことについては、斜面上の転石群の石が経年的な風化により落下した可能性が考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

- (1) 立木利用柵の土砂堆積の解消及び修復

土砂堆積を解消して立木利用柵を修復し、有効な高さを確保することにより、立木利用柵が機能する状態に復旧する必要がある。

- (2) 立木利用柵の新設

(1)の立木利用柵の土砂堆積の解消が困難な場合には、新たに立木利用柵を設置する必要がある。

- (3) 落石止柵及び落石検知線のかさ上げ

事故現場付近においては落石止柵の高さが不足していたため、落石止柵のかさ上げを行い、併せて落石検知線の設置位置もかさ上げする必要がある。

(4) 本事故発生箇所と同様な斜面の点検及び措置

本事故を踏まえて、同社は本事故発生箇所と同様な線路際の斜面に立木利用柵、落石止柵又は落石検知線が設置されている箇所を抽出し、これらの設備が有効に機能するかを点検するとともに、必要により土砂堆積の解消や設備の修復をする等の措置を講じ、事故の未然防止を図ることが望ましい。

5.2 事故後に同社が講じた措置

(1) 立木利用柵の敷設範囲の拡張

下方の立木利用柵の敷設範囲を15m拡張し、36k189m～36k160mとした。

(2) 落石止柵のかさ上げ

元の高さが2mであった落石止柵を3mにかさ上げした。

(3) 落石事象が想定される箇所の点検及び対策

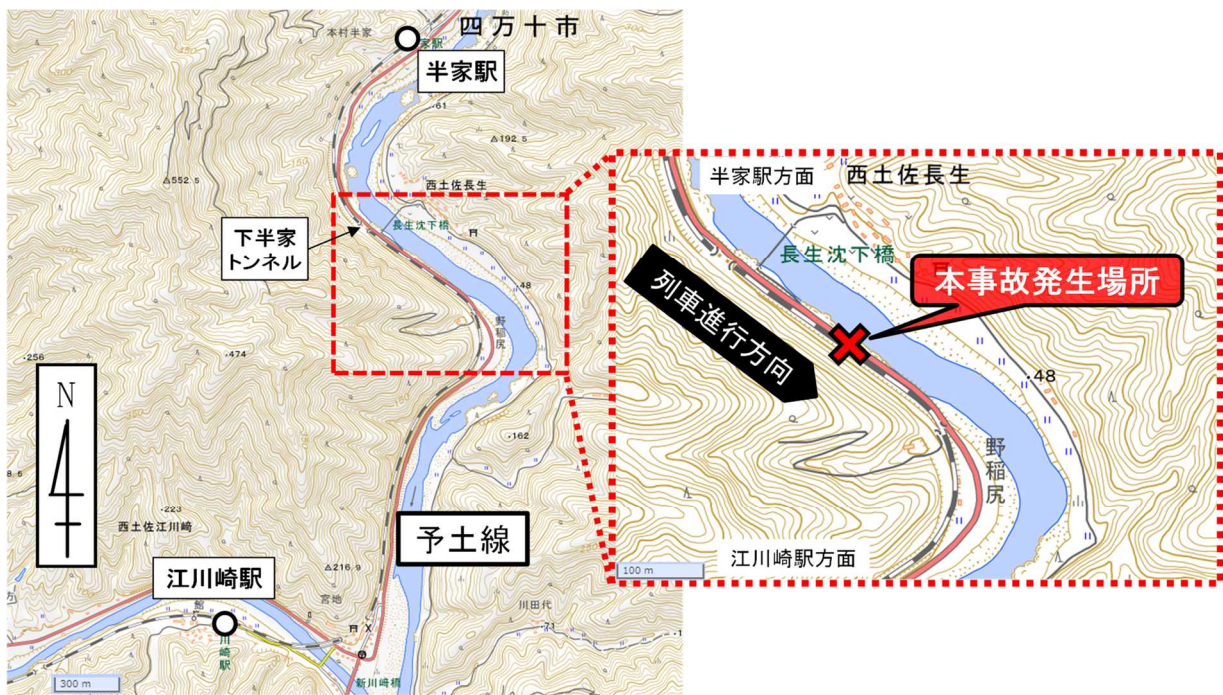
予土線全線において、落石事象が想定される箇所を点検した。点検の結果、対策が必要と考えられる箇所は14か所あり、現在までに5か所で落石止柵のかさ上げ等の対策を実施した。令和5年度は、更に2か所で対策を実施する計画とのことである。

なお、現時点で対策未実施である9か所では、列車の落石への衝突や脱線のリスクを低減することを目的として、列車の運転速度を30km/hに制限するソフト対策を行っている。

付図1 予土線の路線略図



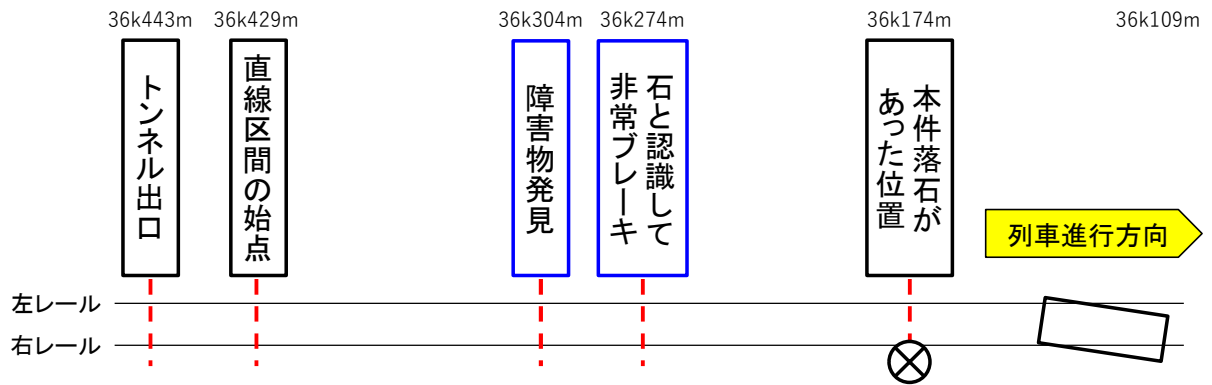
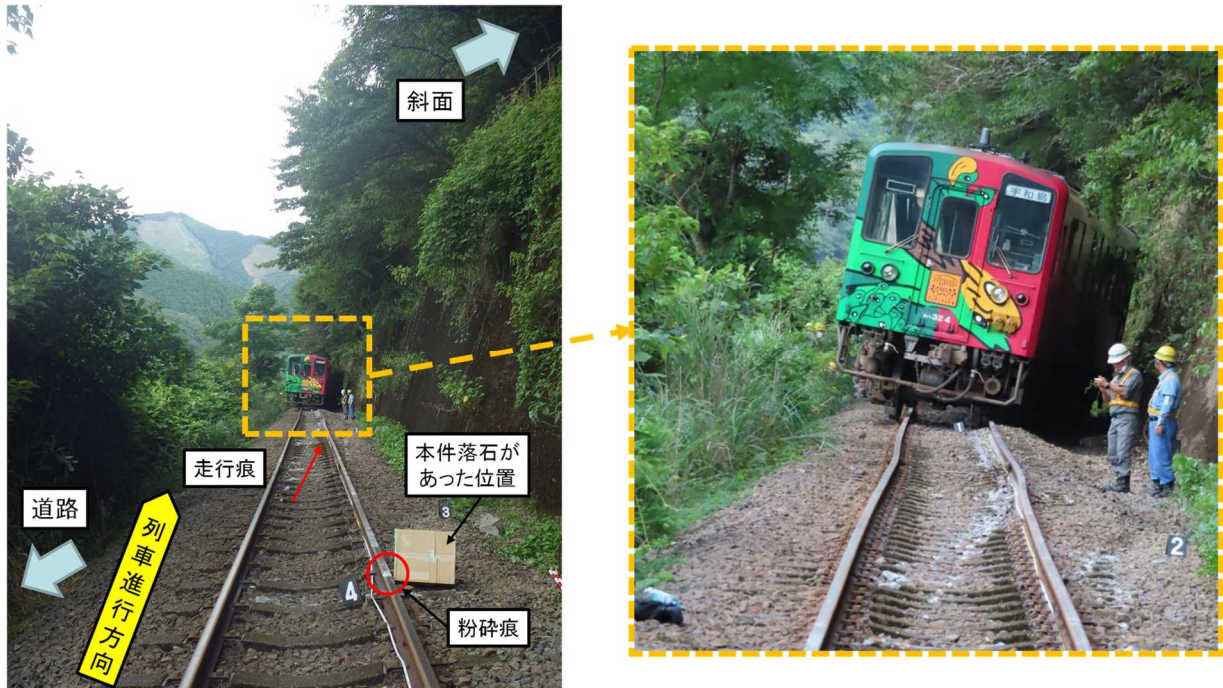
付図2 事故現場付近の地形図



この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成



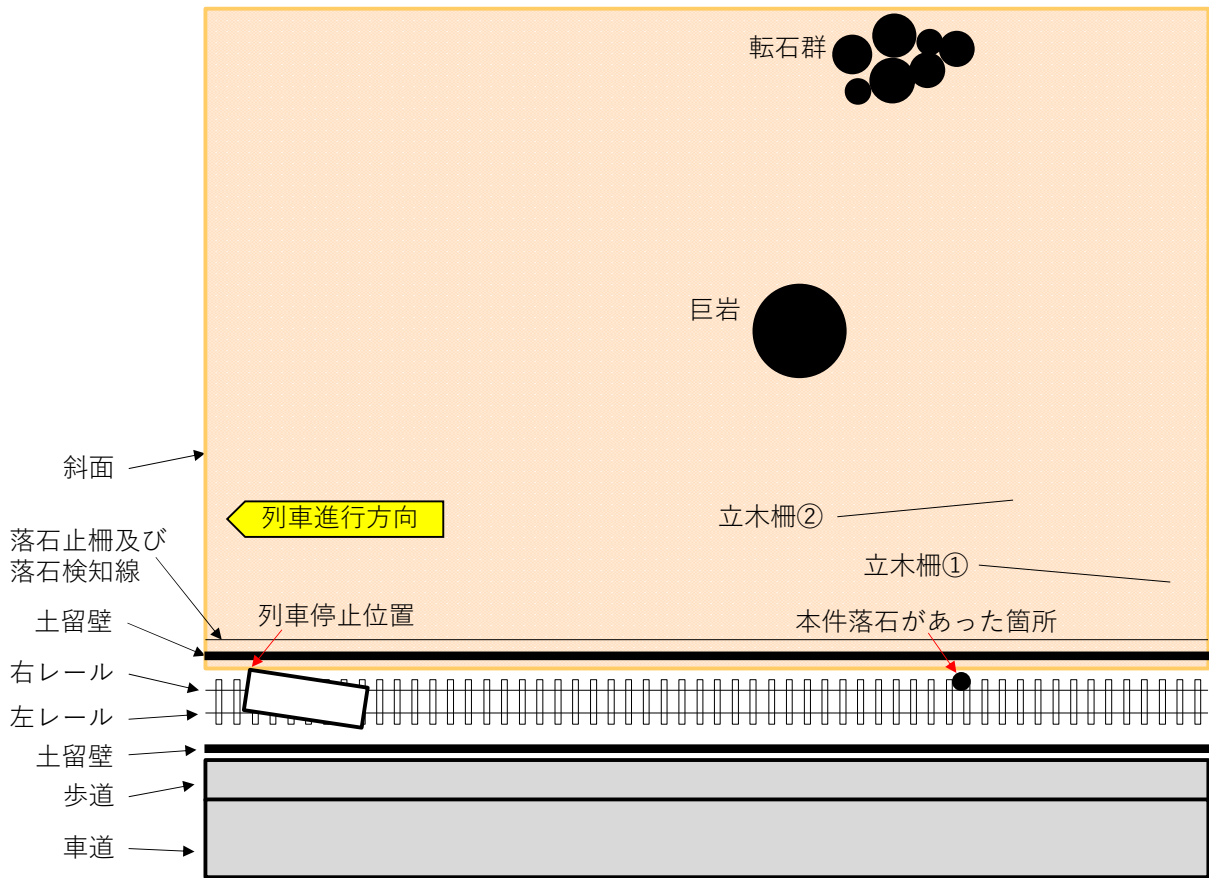
### 付図3 事故現場の状況と略図



付図4 事故現場付近の表層地質図



付図5 事故現場付近の略図





## 付図6 巨岩の状況



平成18年12月8日に撮影された巨岩



令和4年10月19日に撮影された巨岩



## 付図7 転石群の状況



平成18年12月8日に撮影された転石群



令和5年4月24日に撮影された転石群



付図8 立木利用柵の土砂の堆積の状況



図4の立木柵②を上から見た状況



図4の立木柵②を横から見た状況

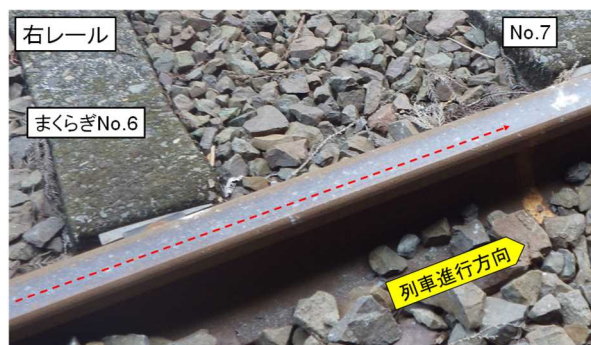


付図9 落石止柵の土砂の堆積の状況

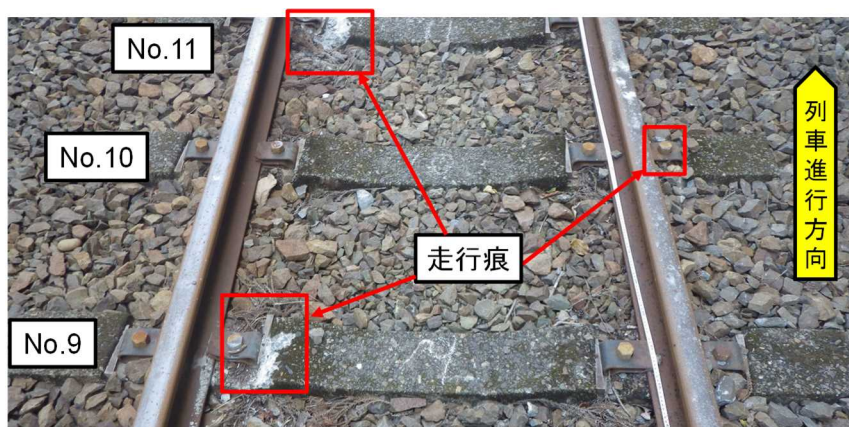


36k174m付近の落石止柵の状況

## 付図10 軌道の主な損傷状況(1)

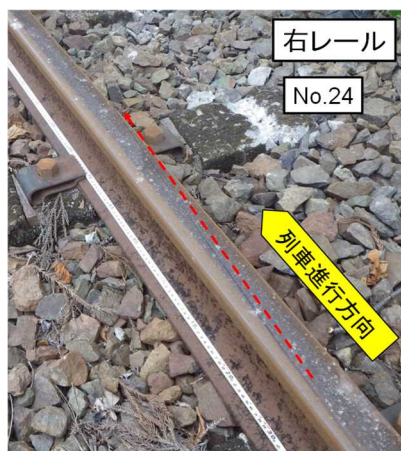


36k173m付近のフランジ先端走行痕

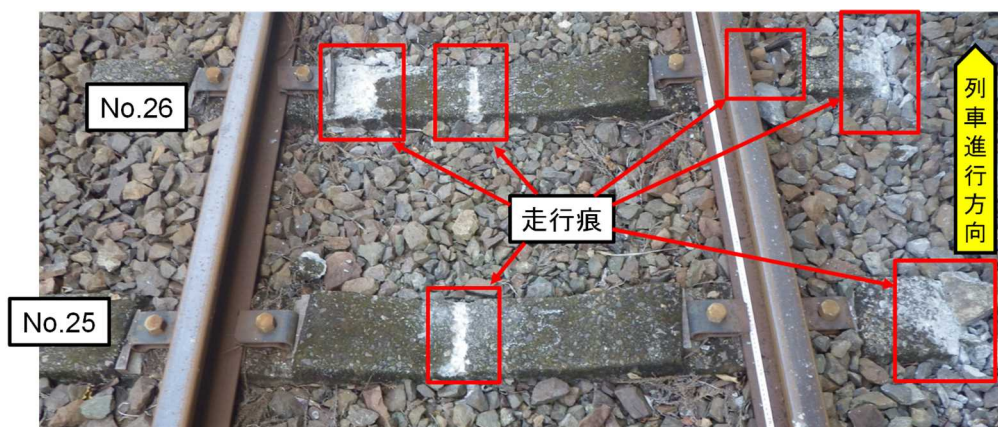


36k173m付近のフランジ先端走行痕のすぐ前方のまくらぎ上の痕跡

## 付図10 軌道の主な損傷状況(2)



36k160m付近のフランジ先端走行痕



36k160m付近のフランジ先端走行痕のすぐ前方のまくらぎ上の痕跡



付図 1 1 車両の主な損傷状況 (1) (載線後に撮影)



前台車前軸右車輪の内面



前台車前軸右車輪の外表面



前台車前軸左車輪の内面



前台車前軸左車輪の外表面

付図 1 1 車両の主な損傷状況（2）（載線後に撮影）



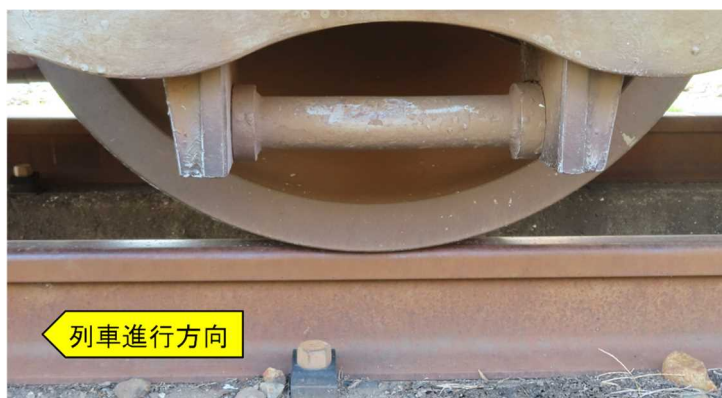
前台車後軸右車輪の内面



前台車後軸右車輪の外表面



前台車後軸左車輪の内面



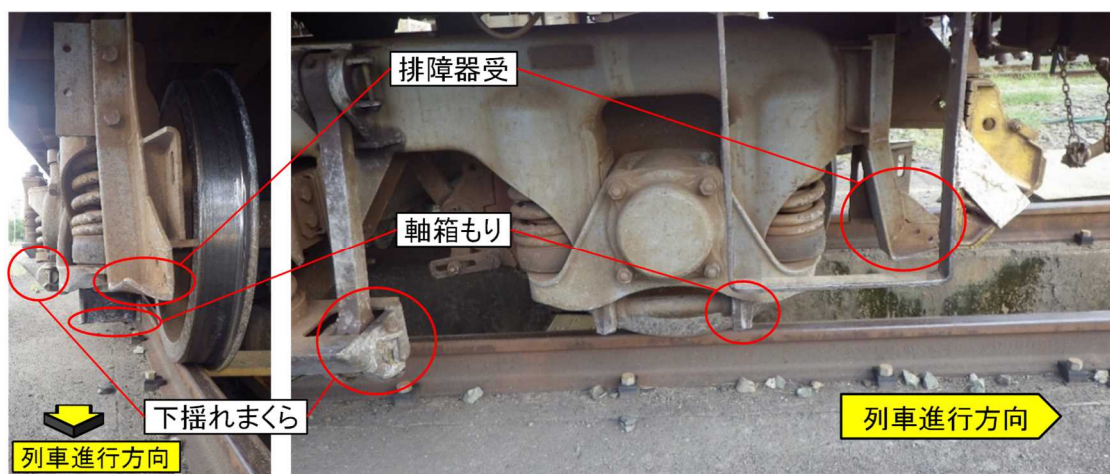
前台車後軸左車輪の外表面



付図 1 1 車両の主な損傷状況 (3)



アニマルガードの損傷



前台車前軸右車輪付近の損傷 (載線後に撮影)



後台車右側の状況 (載線後に撮影)

## 付図 1 2 事故現場付近の石の点在状況

