

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：西日本旅客鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：令和5年3月23日 19時22分ごろ

発生場所：広島県^{しょうばら}庄原市
芸備線^{げいび} 備後八幡駅^{びんごやわた}～内名駅間^{うちな}（単線）
備中神代駅^{びっちゅうこうじろ}起点27k802m付近

令和7年6月23日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	李家賢一
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>

西日本旅客鉄道株式会社の芸備線^{にいみ}新見駅^{びんごおちあい}発備後落合駅行き1両編成（ワンマン運転）の下り第445D列車の運転士は、令和5年3月23日（木）19時22分ごろ、備後八幡駅～内名駅間を速度約25km/hで走行中、前方の軌間内に支障物を認め、直ちに非常ブレーキを操作したが、列車はこれに衝突して停止した。停止後に運転士が列車を確認したところ、前台車の全2軸が右側（以下、車両は前から数え、前後左右は特に断りがない限り列車の進行方向を基準とする。）に脱線しており、列車中央付近の床下に岩塊を認めた。

列車には乗客はおらず、乗務員1名（運転士）が乗車していたが、負傷はなかった。

<原因>

本事故は、軌間内にあった落石に列車が衝突したため、前台車の第1軸及び第2軸

の右車輪が右レールに乗り上げたことにより脱線したものと推定される。

落石が発生したことについては、斜面中に存在していた２個の転石がやや不安定な状態にあり、経年により転石の周りの土砂が侵食されるなどにより不安定化が進行して落下した可能性が考えられるが、転石が落下に至った過程の詳細については明らかにすることができなかった。

落石が軌間内に到達したことについては、落石が既設のポケット式落石防止網と立木利用金網柵の間を通過し、斜面途中で停止することなく線路まで落下したことによると考えられる。

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	経過報告	1
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	1
2	事実情報	2
2.1	運行の経過	2
2.1.1	運転士の口述	2
2.1.2	運転状況の記録	3
2.1.3	列車の運行状況に関する情報	6
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	6
2.3	鉄道施設等に関する情報	7
2.3.1	事故現場に関する情報	7
2.3.2	鉄道施設に関する情報	11
2.4	車両に関する情報	12
2.4.1	本件列車に関する情報	12
2.4.2	車両の整備に関する情報	15
2.5	斜面の管理に関する情報	17
2.5.1	土工等設備の検査に関する情報	17
2.5.2	斜面防災カルテに関する情報	18
2.5.3	斜面の健全度判定に関する情報	21
2.6	鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する状況	21
2.6.1	軌道の損傷及び痕跡の状況	21
2.6.2	車両の損傷及び痕跡の状況	22
2.7	乗務員等に関する情報	22
2.7.1	勤務状況	22
2.7.2	適性検査の状況	22
2.8	運転取扱いに関する情報	22
2.8.1	降雨に対する運転規制	23
2.8.2	風に対する運転規制	23
2.8.3	地震に対する運転規制	23

2.9	気象等に関する情報	24
2.9.1	降雨の状況	24
2.9.2	風及び気象警報・注意報の状況	24
2.9.3	地震の発生状況	24
2.10	その他の情報	25
2.10.1	速度制限区間に関する情報	25
2.10.2	協議に関する情報	25
3	分 析	25
3.1	本事故の発生状況に関する分析	25
3.1.1	脱線時の状況に関する分析	25
3.1.2	脱線の時刻と走行速度に関する分析	26
3.1.3	脱線した位置に関する分析	27
3.2	軌間内及び斜路にあった岩塊に関する分析	27
3.2.1	岩塊の由来に関する分析	27
3.2.2	落石が発生した原因に関する分析	28
3.2.3	落石が軌間内に到達したことに関する分析	29
3.2.4	落石が軌間内で停止していた位置に関する分析	29
3.2.5	落石が発生した時刻に関する分析	30
3.2.6	斜面の管理に関する分析	30
3.3	軌道に関する分析	30
3.4	車両に関する分析	30
3.5	運転取扱いに関する分析	31
3.5.1	本件運転士が非常ブレーキをかけた位置に関する分析	31
3.5.2	本件列車が落石と衝突する前に停止できなかったことに関する分析	34
3.6	気象状況に関する分析	35
4	原 因	35
5	再発防止策	35
5.1	必要と考えられる再発防止策	35
5.2	事故後に同社が講じた措置	36

添付資料

付図1	芸備線の路線略図	37
付図2	事故発生場所位置図	37

付図 3	事故発生場所付近の地形図及び地質図.....	38
付図 4	脱線の状況.....	39
付図 5	岩塊 A～C の状況.....	39
付図 6	岩塊 B 及び岩塊 C の赤褐色を呈する面の状況.....	39
付図 7	斜面の状況.....	40
付図 8	落石発生前後の斜面の状況の比較.....	40
付図 9	軌道の主な損傷等の状況.....	41
付図 10	車両の主な損傷等の状況.....	42
付図 11	雨量計、風速計、地震計の位置図.....	43
付図 12	事故後に講じられた措置.....	43

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

西日本旅客鉄道株式会社の芸備線新見駅^{にいみ}発備後落合駅^{びんごちあい}行き1両編成(ワンマン運転)の下り第445D列車の運転士は、令和5年3月23日(木)19時22分ごろ、備後八幡駅～内名駅間を速度約25km/hで走行中、前方の軌間内に支障物を認め、直ちに非常ブレーキを操作したが、列車はこれに衝突して停止した。停止後に運転士が列車を確認したところ、前台車の全2軸が右側(以下、車両は前から数え、前後左右は特に断りがない限り列車の進行方向を基準とする。)に脱線しており、列車中央付近の床下に岩塊を認めた。

列車には乗客はおらず、乗務員1名(運転士)が乗車していたが、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

運輸安全委員会は、令和5年3月23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。また、令和6年1月15日に1名の鉄道事故調査官を追加指名した。

中国運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

令和5年3月24日 現場調査及び口述聴取

令和6年8月8日～9日 現場調査及び同社からの聴き取り

1.2.3 経過報告

令和6年2月29日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

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 事実情報

2.1 運行の経過

2.1.1 運転士の口述

本事故に至るまでの経過は、西日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の下り第445D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、12時02分に新見列車区へ出勤して点呼を受け、^{はくび}伯備線の新見駅と芸備線の備後落合駅間を1往復した。その後、17時45分に新見駅で本件列車に乗り継いで、新見駅を定刻（18時25分）に出発した。次の駅である^{ぬのはら}布原駅では、行き違いをする特急列車が遅れたため約3分遅れで出発し、芸備線の備後八幡駅（備中神代駅起点25k250m、以下「備中神代駅起点」は省略する。）は定刻（19時15分）より約2分遅れで出発した。

駅を出てすぐに35km/hの速度制限があり、それを越えてからは速度約50km/hを保ちながら運転し、途中25km/hの速度制限があるのでノッチを切った。この区間はずっと上りなので、勾配を利用して惰行のまま25km/hまで速度を落とし、速度制限区間はノッチ操作で25km/hを維持して運転した。速度制限が一旦解除されるので40km/h程度まで加速し、次の25km/hの速度制限に合わせてノッチを切って速度を落とした。

ノッチ操作で25km/hを維持して運転していたところ、右カーブで列車の前方20mほど先の軌間内の右レール寄りに何か大きなものがあるのが見えた。そのため、すぐに非常ブレーキをかけたがこれに衝突し、自分が持ち上げられるような衝撃があり、列車は停止した。

本件列車には車両異常挙動検知システム^{*1}が搭載されており、自分が受けた衝撃と同時に同システムが動作していたので、脱線したと思った。

列車停止後は、広島指令所芸福^{げいふく}指令（以下「指令」という。）に業務用の携帯電話で連絡し、「落石を発見したので非常ブレーキを扱ったが衝突した」と報告した。指令から脱線しているか聞かれたので、衝突したときの衝撃と同システムが動作していることを報告した。指令から列車の抑止ができていたので車両から降りて脱線しているかを確認するよう指示があり、車両から降りて確認したところ、前台車の全2軸が右側に大きく脱線しており、車両中央付近の床下に岩塊を発見したため、これらのことを指令に伝えた。

^{*1} 「車両異常挙動検知システム」とは、車両の加速度を基に列車の脱線や衝突などの異常な挙動を検知し、緊急列車防護装置（TE装置）を動作させるシステムをいう。また、TE装置とは、列車の非常ブレーキの動作、信号炎管の点火、パンタグラフの降下（内燃車の場合は機関停止）、気笛吹鳴、防護無線の発報を自動的に行う装置をいう。

なお、備後八幡駅のひとつ手前の東^{とうじょう}城駅で最後の乗客が降りており、事故発生時は乗客はいなかった。また、その日は昼からずっと雨が降ったりやんだりしており、事故時も小雨が降っていた。事故現場付近は山の中で街灯はないため、列車の前部標識灯により照らされた範囲以外は真っ暗であった。

2.1.2 運転状況の記録

本件列車には、列車の運転状況を記録するための装置（以下「運転状況記録装置」という。）が設置されていた。また、本件列車の前後の運転台には、列車前方（及び後方）の映像及び音声を動画として記録する装置（以下「映像音声記録装置」という。）が設置されていた。各装置の記録は以下のとおりである。

(1) 運転状況記録装置の記録

運転状況記録装置は、運転時の時刻、力行^{りきこう}、ブレーキの記録及び動力発生装置により発生した動力を伝達する推進軸の回転数（以下「パルスカウント」という。）などを0.2秒ごとに記録する。その記録によれば、本事故発生前後の運転状況の概略は表1のとおりである。なお、表1における速度とキロ程はパルスカウントから計算した値であり、車輪の空転や滑走等による誤差が内在している可能性がある。

表 1 運転状況記録装置の記録（主な記録のみ掲載）

時刻 (時:分:秒)	速度 (km/h)	キロ程	力行 ノッチ	ブレーキ ノッチ	パルス カウント (累積)	備 考
19:22:00.8	22	27k709m	2	緩め	130,887	
19:22:11.0	24	27k775m	切	緩め	134,435	
19:22:14.4	23	27k798m	切	保ち・重なり	135,651	
19:22:14.6	23	27k799m	切	常用	135,720	
19:22:14.8	23	27k800m	切	非常	135,788	
19:22:16.4	18	27k809m	切	非常	136,273	T E 指令*2
19:22:16.6	13	27k809m	切	非常	136,278	燃料制御 切
19:22:16.8	8	27k809m	切	常用	136,279	
19:22:17.0	7	27k810m	切	常用	136,279	パルス補正:39
19:22:17.2	6	27k811m	切	非常	136,279	パルス補正:31
19:22:17.8	4	27k811m	切	非常	136,279	パルス補正:24
19:22:18.0	3	27k811m	切	非常	136,279	パルス補正:17
19:22:18.6	0	27k811m	切	非常	136,279	

※1 運転状況記録装置の時計は日本標準時に対して6秒進みであったため、秒単位で補正した。このため、時刻には1秒未満の誤差が内在している可能性がある。

※2 キロ程は、備後八幡駅の出発地点のキロ程（25k264m）にパルスカウントから算出された累積走行距離を加算したものである。

※3 速度は、0.8秒間のパルスカウントの移動平均を基に算出されている。

※4 速度に3秒間で18km/h以上の変化（加速度・減速度で6km/h/s以上）があった場合、滑走又は空転と判定し、実績からパルス補正量を算出してパルスカウントに加算し、速度、距離を算出している（備考欄の「パルス補正」がこれに該当する）。

※5 力行ノッチ欄の「2」は、力行ノッチ数が2ノッチであることを示し、「切」は力行ノッチオフで惰行運転又はブレーキ使用中であることを示す。

※6 ブレーキノッチ欄の「緩め」は、ブレーキ弁が「緩め」の位置であることを、「保ち・重なり、常用、非常」は、ブレーキ弁がそれぞれ「保ち・重なり、常用ブレーキ、非常ブレーキ」の位置であることを示す。

(2) 映像音声記録装置の記録

映像音声記録装置には、本事故発生前後の本件列車の前方及び後方の状況が記録されていた。映像音声記録装置のフレームレートは1秒間に30コマ

*2 「T E 指令」とは、T E 装置が動作するための指令が出されたことをいう。

であるが、記録としては毎秒5コマ（0.2秒ごと）が保存されていた。本件列車の前方の映像音声記録装置の記録によれば、本事故発生当時の本件列車の走行状況の概略は表2のとおりであった。

また、映像音声記録装置の記録では、線路左に建植された距離標^{*3}（27k800m）の少し前方の軌間内に、右レールに沿って2個の支障物がみられた。支障物は手前側よりも奥側のものの方が大きく、その形状は、手前側のものが三角形、奥側のものが矩形^{くけい}～三角形であった（図1）。

なお、本事故現場付近には、左レールの外側（山側）に安全レールが敷設されている。この「安全レール」の設置基準は、同社が定める「線路構造実施基準規程」第2節第59条において、「落石及び降雪の多い箇所では、危険の大きな側のレールの軌間外方に設けること。」と規定されている。

表2 映像音声記録装置の記録（主な記録のみ掲載）

時 刻	状 況
19:22:00.6	レバー（力行又はブレーキ）操作音
19:22:10.6	レバー（力行又はブレーキ）操作音
19:22:11.2	支障物が明るく映るようになる
19:22:13.6	レバー（ブレーキ又は力行）操作音
19:22:14.4	エア排出音
19:22:15.0	線路左に建植されている距離標が映像から外れる
19:22:15.4	支障物が映像から外れる
19:22:15.8	衝撃音
19:22:16.0	〃 （映像にぶれはない）
19:22:16.2	〃 、映像にぶれ
～	衝撃音継続、映像が大きくぶれる
19:22:18.0	衝撃音が収まり、防護無線発報音が聞こえるようになる
19:22:18.2	前方向への動きが止まる
19:22:19.0	左右方向の動きが止まる

- ※1 映像音声記録装置の時計は日本標準時に対して1.3秒進みであったため、秒単位で補正した。このため、時刻には1秒未満の誤差が内在している可能性がある。
- ※2 時刻は、映像上に情報として重ね合わされていた時刻の秒の値が切り替わるコマを基準に映像が更新されるごとに0.2秒ずつ増えるよう割り振った。

*3 「距離標」とは、路線の起点からの距離を示す線路諸標のことをいう。



※画像の右下に重ね合わせられている時刻は実際の時刻よりも約13秒進み

図1 映像音声記録装置の記録による支障物の状況（同社提供資料に加筆）

2.1.3 列車の運行状況に関する情報

本件列車の直前に本事故現場付近を通過した列車は、内名駅15時06分発の、上り第444D列車である。この列車の映像音声記録装置の記録によれば、上り第444D列車は令和5年3月23日の15時09分ごろに本事故現場付近を通過しているが、その際、軌間内や線路周辺に支障物はみられなかった。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷なし。

2.3 鉄道施設等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

(1) 事故現場の概要

事故現場付近において、芸備線の線路は山地の中を北から南に流下する成羽川^{なりわ}に沿って、斜面末端部付近に敷設されている。本事故現場の左側には切土のり面^{*4}があり、その上方は自然斜面^{*5}となっている。切土のり面の傾斜は約70°、自然斜面の傾斜は約50°であり、線路から尾根までの比高は約160mである。また、本事故現場付近の地質は、中生代白亜紀の花こう岩類が分布している。

成羽川を挟んで線路の対岸には道路（県道450号線）があるが、成羽川を横断する橋^{きょう}りょうは少なく、本事故現場付近において道路から成羽川を横断して線路に立ち入ることができる箇所は、本事故現場から備後八幡駅方に約1,320m離れた位置にある上菅踏切道^{かみすげ}（第1種踏切道、26k483m）又は内名駅方に約750m離れた位置にある線路に隣接する道路である。

（付図1 芸備線の路線略図、付図2 事故発生場所位置図、付図3 事故発生場所付近の地形図及び地質図 参照）

(2) 線形と運転速度

本事故現場付近の線形は、下り列車に対しては27k685mから27k741mまでは直線、27k741mから27k924mまでは半径200mの右曲線（曲線内前後端30mは緩和曲線）である。円曲線内のカント^{*6}は74mmに設定されている。また、本事故現場付近の下り列車に対する勾配は、27k420mから27k918mまで11‰の上り勾配である。

「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）（以下「技術基準省令」という。）に基づき同社が定めた「運転取扱実施基準規程」第66条に記述されている「列車運転速度表」によると、芸備線における列車の最高速度は85km/hであるが、本事故現場がある半径200mの円曲線区間の制限速度は50km/hである。ただし、本事故現場付近では、次の（3）に示す速度制限が行われている。

(3) 速度制限

下り列車に対しては、本事故現場を含む27k425mから28k175mまでの区間で25km/hの速度制限が行われている。2.5.3で後述するが、本事故現場付近の斜面（以下「本件斜面」という。）においては、落石の健全度

*4 「のり面」とは、切土や盛土により人工的に造られた斜面をいう。

*5 「自然斜面」とは、自然状態、又は形状や植生などを大きく変えるような土工が行われていない自然状態に近い斜面をいう。

*6 「カント」とは、曲線外側のレールを曲線内側のレールより高くする場合の両レールの高低差をいう。

がA 2と判定されており、通常全般検査（2.5.1に後述）時に斜面の状態についても検査することとされている。同社によると、この定期的な斜面の検査に加え、落石への備えとして、当該区間において速度制限（以下「落石に備えた徐行」という。）を実施しているとのことである。

(4) 脱線の状況

本件列車は、列車の前端部が27k810m付近で停止しており、前台車の全2軸が右側に脱線していた。

（付図4 脱線の状況 参照）

(5) 岩塊の状況

本事故現場においては、軌間内の2か所に岩塊があった。本件列車の前端部近くの27k809m付近の岩塊（以下「岩塊A」という。）は、大きさ約800mm×600mm×400mmの直方体よりやや四角錐に近い形状（推定重量は約160kg以上）で、本件列車の前台車第1軸の左車輪と右レールに挟まれた状態であった。本件列車の中央近くの27k802m付近の岩塊（以下「岩塊B」という。）は、大きさ約500mm×300mm×300mmの三角柱状の形状（推定重量は約60kg）で、右レール寄りにあり、本件列車の床下機器とは接触していない状態であった。また、線路左の切土のり面には、線路から切土のり面の上方に至る通路のような小段（以下「斜路」という。）があり、27k802m付近の斜路の上には、大きさ約500mm×300mm×300mmの岩塊（以下「岩塊C」という。）があった。これらの岩塊A～Cの岩質は、花こう岩類であった。なお、岩塊B及び岩塊Cは、それぞれ一つの面が赤褐色を呈していた。これらの面の大きさは、いずれも約500mm×約300mmであり、面の外周の形状が両者で類似しており、面の凹凸の状態も対応していた。

（付図5 岩塊A～Cの状況、付図6 岩塊B及び岩塊Cの赤褐色を呈する面の状況 参照）

(6) 斜面の状況

本件斜面について、概略の平面図を図2に、軌間内及び切土のり面中の斜路に岩塊があったキロ程（27k802m付近）の線路横断方向の断面図を図3に示す。本件斜面は、平面形状が線路に対して凸状の斜面であり、斜面の傾斜は約50°である。斜面には、花こう岩類の転石^{*7}や露岩^{*8}が散在しており、露岩の一部は割れ目が発達して浮き石^{*9}になっている。また、本件斜面

*7 「転石」とは、岩盤から落下した岩塊や斜面から浮き出した岩塊が斜面に二次的に堆積しているものをいう。

*8 「露岩」とは、土壌や植生に覆われることなく露出している岩盤をいう。

*9 「浮き石」とは、露岩において割れ目などの発達により露岩から剥離しかかっている岩塊をいう。

には、落石対策工として、27k764m付近～27k796m付近にかけて開口部の高さが約1mのポケット式落石防止網^{*10}（昭和56年2月設置）が、ポケット式落石防止網の内名駅方端部から約2m隔てた位置の斜面途中に立木利用金網柵^{*11}（延長約5m、高さ約1.8m、設置年月不明）が1段設置されている。

このポケット式落石防止網と立木利用金網柵の間に位置する樹木や樹木の枝は折損していた。また、その上方に位置する複数の樹木の幹には擦過痕がみられた。さらに、その上方の鉄道用地内にある、樹木の根元に複数の転石が分布する箇所において、斜面の表層にくぼみが2か所あった。このくぼみの大きさは、それぞれ幅500mm×高さ700mm×奥行き500mm程度、幅700mm×高さ500mm×奥行き250mm程度であり、その底面は斜面下方に向かって傾斜していた。

なお、斜面中には、図2、図3に示した以外にも転石や露岩があったが、その下方に分布する樹木や斜面の表層に、岩塊が落下した際に生じると考えられる痕跡（樹木の折損や擦過痕、斜面表層の削剥等）はなかった。また、ポケット式落石防止網の内部や立木利用金網柵の背後に岩塊は堆積していなかった。

（付図7 斜面の状況 参照）

*10 「ポケット式落石防止網」とは、上部に落石の入口となる開口部を設けて斜面下方を覆うように設置する落石対策工をいう。

*11 「立木利用金網柵」とは、斜面中の樹木を支柱又はアンカーとして利用し、支柱間に金網を設置して落石を捕捉する落石対策工をいう。

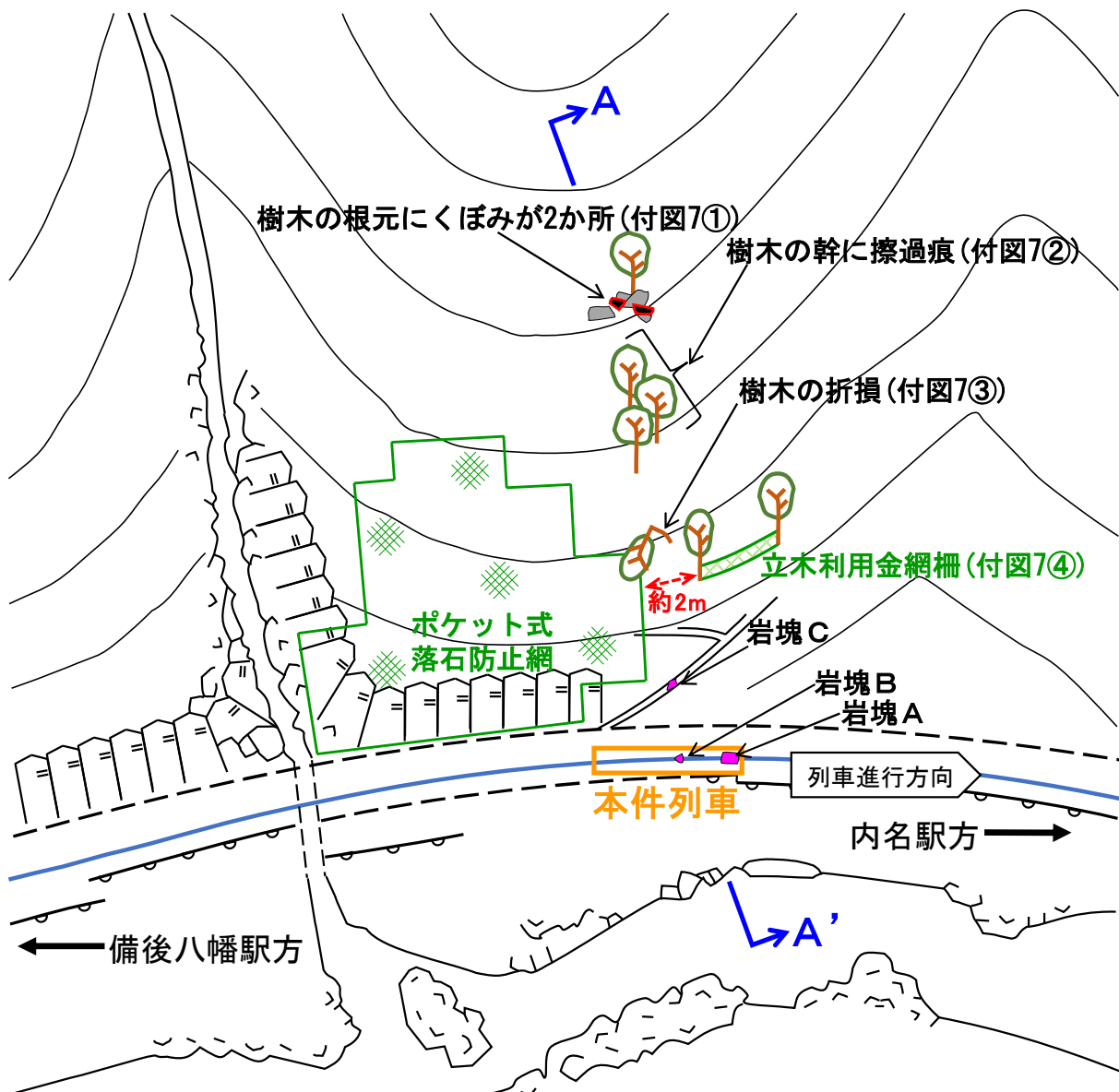


図2 本件斜面の概略の平面図
(図中のA-A'は図3の断面図の位置を示す)

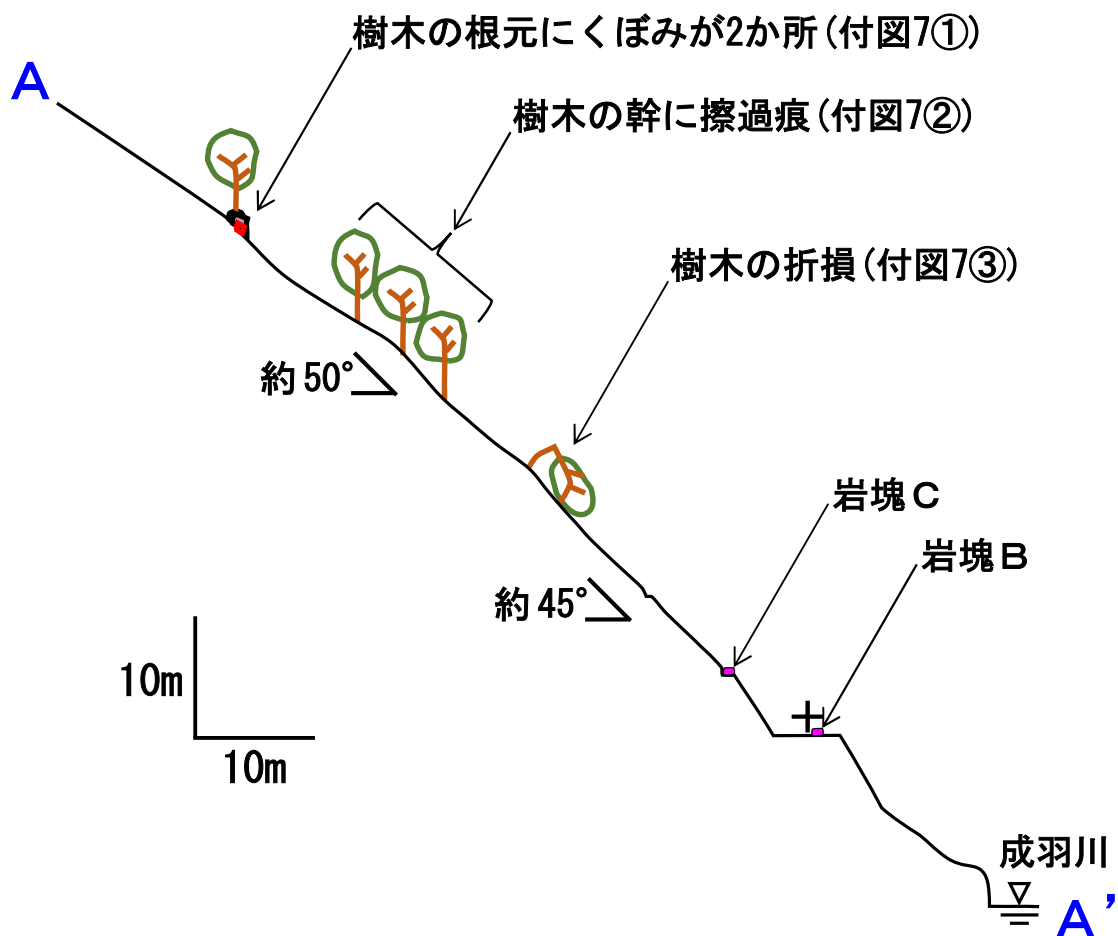


図3 本件斜面の概略の断面図
(図2のA-A'断面)

2.3.2 鉄道施設に関する情報

(1) 線路の概要

芸備線は、備中神代駅から広島駅に至る延長159.1kmの全線単線、非電化の路線であり、軌間は1,067mmである。

本事故現場を含む東城駅～備後落合駅間の列車の運行本数は、一日当たり上下列車とも各3本である。

(2) 軌道構造に関する情報

本事故現場付近はバラスト軌道で、50kgNレール（レールの標準高さは153mm）が使用されている。まくらぎ種別は木まくらぎであり、敷設間隔は約36本／25m、レール締結装置には主にF型タイプレート（標準厚さ14～17mm）と軌道パッド（標準厚さ約6mm）が使用されている。

(3) 軌道の定期検査に関する情報

軌道の定期検査については、技術基準省令に基づき同社が定めた「線路構

造実施基準規程」に規定されており、表３に示す検査を１年ごとに実施することと定められている。

本事故現場付近における直近の定期検査の実施状況は表３に示すとおりであり、これらの検査記録に異常はなかった。

表３ 軌道の検査実施状況

検査項目		実施日
軌道保守検査	軌道変位検査	令和５年１月１７日
	遊間検査	令和５年３月２０日
軌道材料検査	レール一般検査（損傷）	令和４年９月２１日
	レール一般検査（腐食電食）	令和４年９月２１日
	レール一般検査（摩耗）	令和４年９月２１日
	まくらぎ材料検査	令和４年９月２１日
	道床検査	令和４年９月２１日
	その他の軌道材料検査	令和４年９月２１日

（４） 本事故発生前の線路巡回等に関する情報

本事故現場付近において、本事故発生前の巡回検査は、令和５年２月２８日に徒歩巡回が、同年３月１７日に列車巡回が実施されており、いずれの記録にも異常はなかった。

２．４ 車両に関する情報

２．４．１ 本件列車に関する情報

本件列車の概要を図４に示す。本件列車は１両編成であり、車両（以下「本件車両」という。）の主な諸元は表４に示すとおりである。

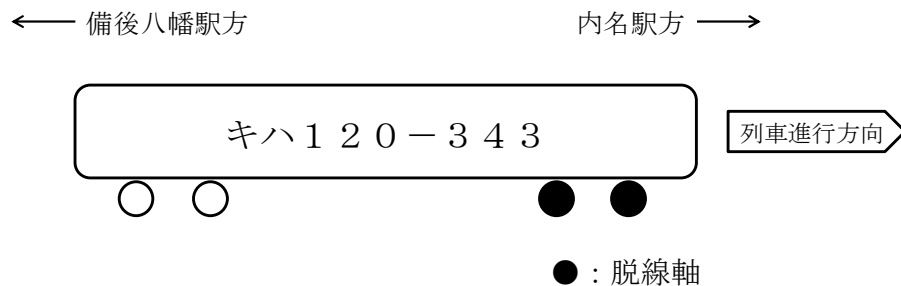


図４ 本件列車の概要

表4 本件車両の主要諸元

車種	内燃動車（ディーゼルカー）
編成両数	1 両
記号番号	キハ120-343
車両定員（人）	100
座席定員（人）	42
空車重量（t）	28.5
最大寸法（mm）	長さ16,300×幅3,188×高さ4,045
台車形式	WDT54、WTR238
台車中心間距離（mm）	10,800
最高運転速度（km/h）	95
軸距（mm）	1,900
車輪径（mm）	860

車体の両端下部には車体の排障器^{*12}及び雪かき器^{*13}が取り付けられており、雪かき器の前端位置は車体前面から50mm（連結面から300mm）後方、下面高さはレール面から175～180mmである。50kgNレールの標準高さは153mmであることから、まくらぎ上面から雪かき器下端までの高さは約330mmである。正常な状態の排障器と雪かき器を図5に、雪かき器の断面図を図6に示す。

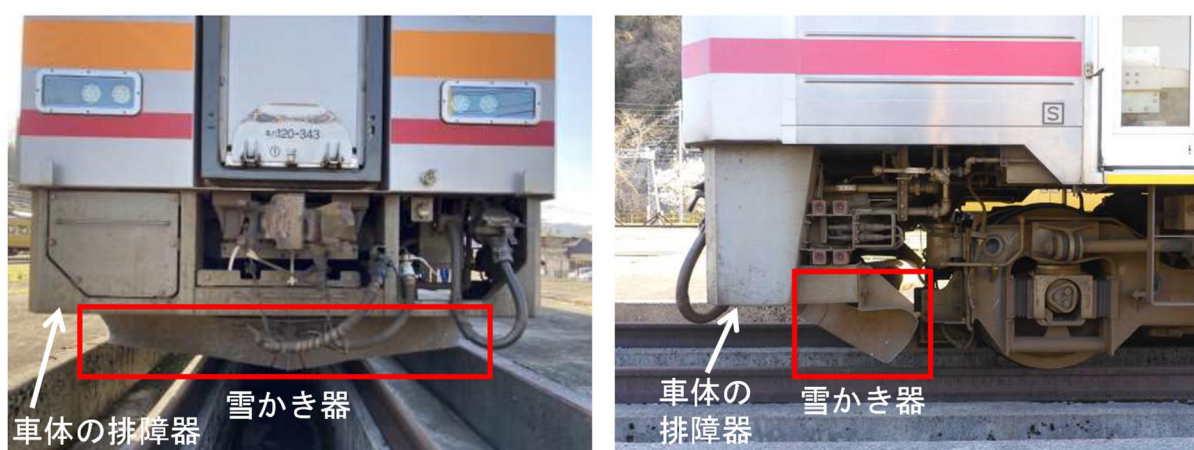


図5 正常な状態の車体の排障器と雪かき器（同社提供資料に加筆）

*12 「車体の排障器」とは、走行安全上支障となる線路上の障害物を排除するため、車体の前頭下部に取り付けられている機器をいう。

*13 「雪かき器」とは、車両限界内の軌道上の積雪を排除するため、先頭車両に取り付けられている機器をいう。

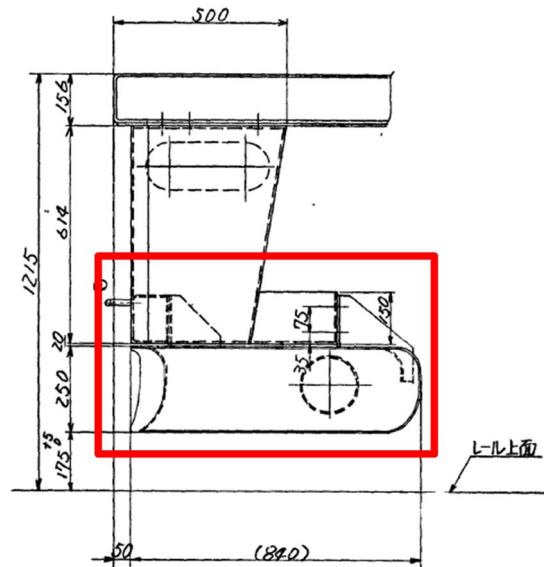


図6 雪かき器（赤枠内）の断面図（同社提供資料に加筆）

台車の構造を図7に示す。台車は、インダイレクトマウント方式^{*14}のボルスタ^{*15}付き台車で、台車中心間距離は10,800mm、前台車が付随台車^{*16}、後台車が2軸駆動の動力台車^{*17}であり、推進軸^{*18}は後台車のみに取り付けてある。車体とボルスタ（本形式の図面呼称に合わせ、以下「揺れまくら」という。）は中心ピン下端に取り付けたナットを、揺れまくらと台車枠は、台車枠の側はり上に取り付けた空気ばね異常上昇止め^{*19}（本形式の図面呼称に合わせ、以下「台車つり上げ金具」という。）を上下方向のストッパとしており、それぞれの間隔は、10～16mm、40mmである。軸箱支持装置^{*20}は緩衝ゴム式で、軸ばね上下ストッパ間隔は25mmである。よって、各ストッパにより制限される車体の上下動の最大値は約81mmである。

また、同社によると、本件車両の非常ブレーキの性能は、空走時間^{*21}が1.5秒、上り11‰の勾配での減速度が6.57km/h/sで、本件車両の初速を25km/hとした場合のブレーキ距離^{*22}は23.6mである。

*14 「インダイレクトマウント方式」とは、まくらばりや心皿、側受などを車体の直下に置き、その下にまくらばねを配置する方式をいう。

*15 「ボルスタ」とは、揺れまくら装置のことで、車体と台車枠の間にあり、心皿、まくらばね、揺れまくら、まくらばりなどで構成され、車体からの荷重を支えて台車に伝える装置をいう。

*16 「付随台車」とは、動力台車以外の台車をいう。

*17 「動力台車」とは、電動機やディーゼルエンジンなどの原動機からの動力を車輪に伝える機構を有する台車をいう。

*18 「推進軸」とは、ディーゼルエンジンの出力を動軸に伝達する過程で、十字軸継手とスプライン軸などにより回転力を支障なく伝える軸をいう。

*19 「空気ばね異常上昇止め」とは、空気ばねの圧縮空気給気装置が故障した場合、ばね高さが過大になることを防止するために設けられた機構をいう。

*20 「軸箱支持装置」とは、台車枠に対して輪軸を適切な位置に、適切な剛性をもって保持する装置をいう。

*21 「空走時間」とは、ブレーキ指令を受けてからブレーキが有効に働き始めるまでの時間をいう。

*22 「ブレーキ距離」とは、ブレーキ指令を受けてから列車が停止するまでに走行した距離をいう。空走距離と、ブレーキが有効に働き始めてから列車が停止するまでの実ブレーキ距離との和で表される。

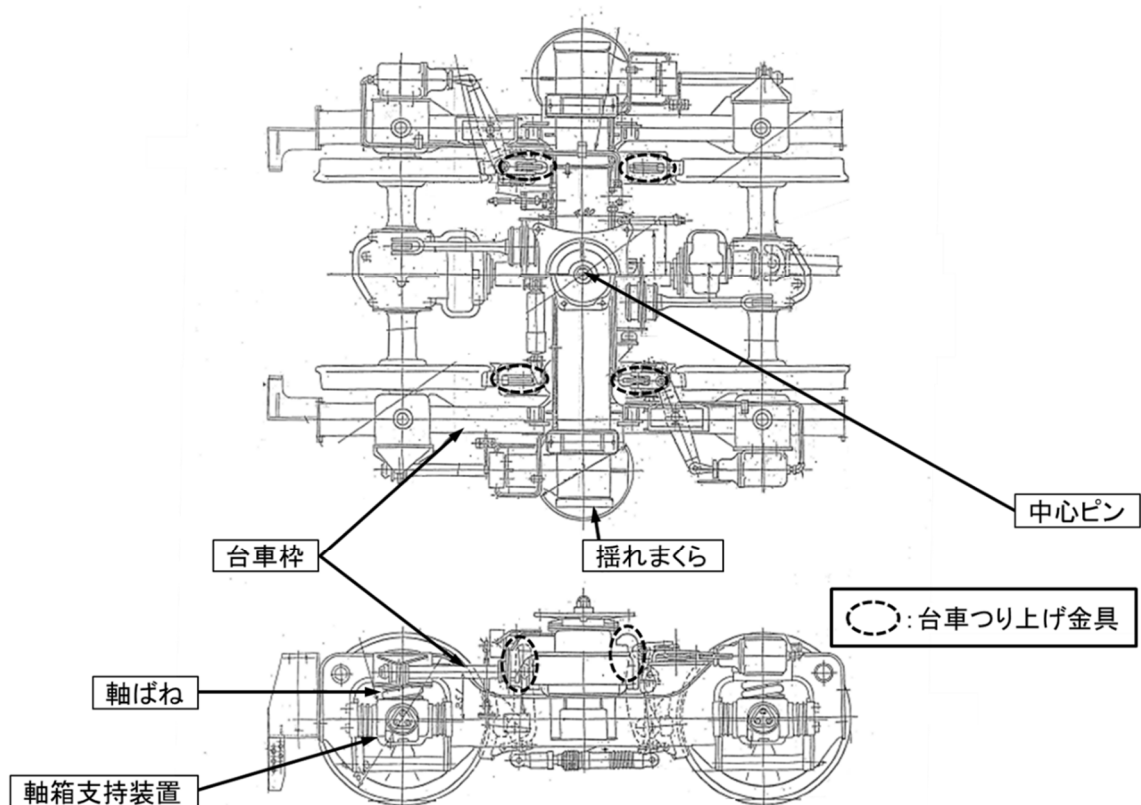


図7 本件列車の台車の構造（同社提供資料に加筆）

2.4.2 車両の整備に関する情報

本件車両の定期検査は、技術基準省令に基づき同社が定めた「内燃動車整備実施基準規程」及び「気動車整備準則」に基づき実施されている。本事故発生前直近の検査の実施状況は表5のとおりであり、これらの検査記録に異常はなかった。なお、交番検査において実施した輪軸各部の測定結果は表6のとおりであり、いずれも管理基準値内であった。

また、本事故発生後に実施された本件車両の静止輪重比^{*23}の検査結果を表7に示す。同社においては、静止輪重比15%以内を管理値としており、検査結果は管理値以内であった。

*23 「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。管理に用いる値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

表5 車両の検査実施状況

検査種別	実施日	実施箇所
全般検査 ^{*24}	平成29年11月1日	後藤総合車両所
要部検査 ^{*25}	令和3年2月25日	〃
交番検査 ^{*26}	令和4年12月29日	岡山気動車支所
仕業検査 ^{*27}	令和5年3月21日	〃

表6 輪軸寸法測定結果（令和4年12月29日実施）

項目 [管理基準]	前台車				後台車			
	第1軸		第2軸		第3軸		第4軸	
	左	右	左	右	左	右	左	右
車輪径 (mm) [860～774]	842.0	842.0	842.0	842.0	842.0	842.0	842.0	841.0
フランジ厚さ ^{*28} (mm) [516～527]	524.4	524.4	524.4	524.4	524.3	524.2	524.6	524.2
フランジ高さ (mm) [25～35]	27.0	26.9	26.9	27.1	26.8	27.0	27.0	26.9
車輪内面距離 (mm) [989～994]	989.6		989.7		990.5		990.5	

*24 「全般検査」とは、同社における車両の定期検査のことで、96か月を超えない期間ごとに、内燃動車全般について検査を行うものをいう。

*25 「要部検査」とは、同社における車両の定期検査のことで、48か月又は50万kmを超えない期間ごとに、動力発生装置、動力伝達装置、走行装置、ブレーキ装置その他の重要な装置の主要部分について、検査を行うものをいう。

*26 「交番検査」とは、同社における車両の定期検査のことで、90日を超えない期間ごとに、走行装置、動力発生装置、動力伝達装置、電気装置、ブレーキ装置、車体等の状態、作用及び機能について、在姿状態で検査を行うものをいう。

*27 「仕業検査」とは、同社における列車の検査のことで、運行を開始した翌日から10日を超えない期間ごとに、消耗品の補充取替並びに走行装置、動力発生装置、動力伝達装置、電気装置、ブレーキ装置、車体等の状態及び作用について、外部から検査を行うものをいう。

*28 ここで言う「フランジ厚さ」とは、「フランジ外側面距離」のことで、車輪一对の中心線から、車輪踏面基準点の10mm下方位置までの水平距離をいう。

表7 静止輪重比の検査結果（令和5年4月5日実施）

測定項目	前台車				後台車			
	第 1 軸		第 2 軸		第 3 軸		第 4 軸	
	左	右	左	右	左	右	左	右
静止輪重 (kN)	33.6	35.6	36.2	32.3	43.7	38.7	41.2	39.6
輪重差 (kN)	2.0		3.8		4.9		1.6	
静止輪重比 (%)	2.9		5.6		6.0		2.0	
軸重 (kN)	69.2		68.5		82.4		80.9	
台車重量 (kN)	137.7				163.3			
車両重量 (kN)	301.0							

2.5 斜面の管理に関する情報

2.5.1 土工等設備の検査に関する情報

同社によると、鉄道土木構造物のうち土工等設備^{*29}については、「土工等設備の維持管理標準」（平成23年8月）（以下「同標準」という。）を定め、これに基づき検査等が行われている。同標準において、検査対象となる土工等設備は、

- ・土工設備（切土、盛土、土留壁、土留擁壁、のり面工等）
- ・排水設備（排水こう、伏び、下水きょ等）
- ・防護設備（落石止さく、落石止擁壁、落石おおい、線路防護柵等）

上記以外の施設等で、列車運転に影響を及ぼす恐れのあるもの

- ・鉄道事業者が管理する自然斜面
- ・線路周辺の環境変化

と規定されている。なお、本件斜面のうち鉄道用地内については、同標準に基づき検査対象となっている。

同標準によると、土工等設備の検査は、初回検査、全般検査（通常全般検査）、個別検査、随時検査に区分される。このうち、通常全般検査は、保線区管理室が実施する「巡回検査」と、土木技術センターが実施する「巡回以外検査」に区分されており、検査周期はいずれも2年とされている。

同標準では、巡回検査と巡回以外検査について、「巡回検査とは、徒歩巡回で目視確認できる土工等設備に対して実施する検査をいい、巡回以外検査は巡回検査で目視できない土工等設備に対して実施する検査をいう。」と規定されている。

同標準では、通常全般検査を実施した土工等設備に対して健全度判定を行い、判定ランク（A（AA含む）、B、C、S）を決定すると規定されている。構造物の状

^{*29} 「土工等設備」とは、地盤材料を主原料とする構造物のことで、盛土、切土、補強土、排水工、のり面工、及びこれらに類するものをいう。

態と健全度の判定ランクを表8に、判定ランクと変状の程度等との関係を表9に示す。なお、同標準では、判定ランクはA（AAを含む）、B、C、Sの4段階に区分することを基本とし、個別検査により健全度AをA1、A2に区分することとしている。

表8 構造物の状態と標準的な健全度の判定

判定区分	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、またはその恐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恐れのあるもの
	A2	変状等があり、将来それが構造物の性能を低下させる恐れのあるもの
B		将来、健全度Aになる恐れが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

表9 標準的な健全度と変状程度等との関係

判定区分		運転保安、旅客および公衆 などの安全に対する影響	変状の程度	措置等
A	AA	脅かす	重大	緊急に措置
	A 1	早晚脅かす	進行中の変状等があり、性能低下も進行している	早急に措置
	A 2	異常外力を受けた時、危険	性能低下の恐れがある変状等がある	必要な時期に措置
B		進行すれば健全度Aになる	進行すれば健全度Aになる	必要に応じて措置
C		現状では影響なし	軽微	次回検査時に必要に応じて重点的に調査
S		影響なし	なし	なし

2.5.2 斜面防災カルテに関する情報

同社では、同標準のほかに、「斜面防災カルテ作成の手引き」（平成26年9月）（以下「同手引き」という。）を作成しており、これに基づき斜面防災カルテ（以下「カルテ」という。）の整備を進めている。同標準では、カルテを整備した箇所については、カルテを活用して通常全般検査を実施することと規定されている。

同手引きにおいて、調査の対象は、盛土、切土、自然斜面、溪流、トンネル坑口、その他（素地等）と規定されている。また、同手引きでは、これらの調査対象につ

いて、対策がなされていない状況を仮定して健全度を判定した上で、対策の効果を加味した列車運行への影響について評価し、総合的に判断して健全度を評価することと規定されている。

同手引きにおいて、落石に対する健全度判定は、「不安定性調査による評価区分（*a a*、*a*、*b*、*c*、*s*）」と、「対策効果を加味した列車運行への影響の評価（1、2、3）」により、マトリックス表で評価される（表10～12）。また、落石に対する健全度「A」を個別検査により「A1」又は「A2」に細分化する場合は、表13のマトリックス表によることとされている。ここで、表13の評価区分の「*a*」を「*a 1*」又は「*a 2*」に細分する際は、「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）」の付属資料10「岩石斜面の安定性評価手法」^{*30}を参考に、落石の発生源の形態別により行うことと定められている。

表10 落石に対する健全度判定基準

		不安定性調査による評価区分				
		<i>a a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>s</i>
列車運行への影響	1	<i>A A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>S</i>
	2	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>S</i>
	3	<i>B</i> [※]	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>S</i>

※ 必要に応じて、A判定とする

*30 「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）」（国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編、丸善株式会社、平成19年1月、(p.118-p.127)）

表 1 1 落石の発生源の不安定性調査による評価区分の例

評価 区分	具体例
a a	非常に不安定なもの。例として以下の事象が見られるもの ・ 節理が発達 + 大きく開口 + ・ 割れ目から湧水が見られる ・ 割れ目に樹木が繁茂している ・ オーバーハングしている ・ 割れ目が新鮮 ・ 非常に不安定な状態で停止している転石
a	不安定な状態のもの。例として以下の事象が見られるもの ・ 節理が発達 + ・ オーバーハングしている ・ 大きく開口している ・ 割れ目から湧水が見られる ・ 不安定な状態で停止している転石
b	・ 節理があるが、密着しており、現状では安定しているもの ・ 転石があり、現状では安定しているもの
c	・ 節理がほとんどなく、安定している ・ 転石があるが、落石の考えられないもの
s	・ 上記がみられないもの

表 1 2 不安定性に対する対策効果を加味した列車運行への影響（落石）

評価 区分	列車運行への影響
1	・ 対策がなされておらず、列車運行に及ぼす影響が大きいもの ・ 対策がなされていても、対策の効果が十分でなく、<u>想定される規模の落石</u>でも列車運行への影響大であるもの
2	・ 対策はなされていないが、<u>落石</u>が発生しても、線路より離れていて、列車運行への影響が小であるもの ・ 対策がなされており、<u>想定される規模の落石に対して</u>、対策の効果はあるが、<u>想定される規模以上の落石が発生した場合</u>には、列車運行への影響が大であるもの
3	・ 対策はなされていないが、線路よりかなり離れており、列車運行に及ぼす影響がないと判定されるもの ・ 対策がなされており、対策の効果が十分であって、列車運行への影響が小であるもの

※ 列車運行への影響評価には、第3者・重要構造物への被害についても考慮する

※ 下線は、落石斜面の緊急点検の判定用に修正した箇所

※ 「想定される規模の落石」の想定される規模は、発達した節理の間隔（ブロックの大きさ）や、転石の大きさから判断する

表 1 3 健全度判定「A」を「A 1」又は「A 2」に細分化する場合の判定基準

		発生源の不安定性調査による評価区分					
		a a	a		b	c	s
			a 1	a 2			
列車運行への影響	1	A A	A 1	A 2	B	C	S
	2	A 2	B		B	C	S
	3	B※	B		C	C	S

※ 必要に応じて、A判定とする

2.5.3 斜面の健全度判定に関する情報

本件斜面については、平成30年10月に実施されたカルテ作成のための調査において、落石の健全度が「A」と判定された。これを受けて、同年11月に個別検査が実施され、転落型の落石について、健全度を「A 2」と判定している。以後、本件斜面は、令和2年10月及び令和4年10月に実施された通常全般検査において継続して「A 2」と判定されており、斜面の状況に変化がないこと、線路際に新たな落石がないことが確認されていた。

なお、カルテ作成の調査において撮影された写真には、27k802m付近の斜面中にあった2か所のくぼみにそれぞれ1個ずつ転石があったことが記録されている。これらの転石は、その一部が斜面から突き出て、オーバーハングした状態となっていた。

(付図8 落石発生前後の斜面の状況の比較 参照)

2.6 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する状況

2.6.1 軌道の損傷及び痕跡の状況

軌道には、主に以下のような損傷及び痕跡がみられた。まくらぎの番号は、停止した本件列車の後端部の位置をNo. 1として、本件列車の前端部までのまくらぎに順に番号を振った。

- ① まくらぎNo. 1～No. 6の左右レール頭頂面に擦過痕
- ② まくらぎNo. 12～No. 13の右レール頭部の軌間内側側面から頭頂面にかけて複数の衝撃痕
- ③ まくらぎNo. 13～No. 14の右レール頭部に軌間内側から軌間外側へ続く線状痕

- ④ N o . 1 4 ～ N o . 2 1 のまくらぎ（軌間内の左側）に線状痕
- ⑤ N o . 1 4 ～ N o . 1 6 のまくらぎ（右側の軌間外）に線状痕
- ⑥ N o . 1 4 と N o . 1 9 のまくらぎ及びまくらぎ N o . 2 2 付近のコンクリート製トラフの破損

（付図 9 軌道の主な損傷等の状況 参照）

2.6.2 車両の損傷及び痕跡の状況

車両には、主に以下のような損傷等がみられた。

- ① 車体前面の雪かき器の損傷
- ② 前台車の排障器の曲損
- ③ 前台車第 1 車軸の擦過痕
- ④ 前台車の台車つり上げ金具の変形（4 か所）

なお、同社によると、本事故発生後に行った車両調査において、本事故によって損傷したとみられる箇所以外に異常はなかったとのことである。

（付図 1 0 車両の主な損傷等の状況 参照）

2.7 乗務員等に関する情報

本件運転士 4 0 歳

甲種電気車運転免許 平成 1 6 年 9 月 1 3 日

甲種内燃車運転免許 平成 2 5 年 1 2 月 2 0 日

2.7.1 勤務状況

本件運転士の直近 1 週間の勤務状況は、以下のとおりであった。

3/17	3/18	3/19	3/20	3/21	3/22	3/23
休	泊まり	非番	休	泊まり	非番	泊まり

2.7.2 適性検査の状況

技術基準省令に基づいて実施された「運転適性検査」及び「医学適性検査」の直近の記録によると、本件運転士について、各検査の結果に異常はなかった。

2.8 運転取扱いに関する情報

2.3.1(2)及び2.3.1(3)に記述したように、芸備線の最高運転速度は 8 5 km/h で、本事故現場付近は半径 2 0 0 m の曲線区間のため制限速度は 5 0 km/h であるが、本事故現場付近は落石に備えた徐行（2 5 km/h）が行われている。

また、同社によると、本事故現場付近では、次の2.8.1～2.8.3に後述するように、降雨、強風、地震に対する運転規制が定められている。

(付図 1 1 雨量計、風速計、地震計の位置図 参照)

2.8.1 降雨に対する運転規制

同社によると、本事故現場の南南西約 2 kmに位置する備後八幡駅に設置された雨量計の雨量値（時雨量^{*31}、連続雨量^{*32}、5 日間積算雨量^{*33}）が表 1 4 に示す値に達した場合、運転規制（徐行又は停止）が行われる。ここで、徐行の場合の列車の制限速度は 2 5 km/hである。

表 1 4 備後八幡駅の雨量計の運転規制基準値

運転規制区分	時雨量 (mm)	連続雨量 (mm)	連続雨量 +時雨量 (mm)	5 日間積算雨量 +連続雨量+時雨量 (mm)
徐行	3 0	9 5	6 0 + 1 5	1 9 0 + 5 0 + 1 0
停止	3 5	1 0 5	7 0 + 2 0	

2.8.2 風に対する運転規制

同社によると、本事故現場の北西約 1 0 kmに位置する第 1 小鳥原橋りょう（道後山駅～備後落合駅間、4 0 k 9 2 8 m）に設置された風速計が風速 2 5 m/s以上を計測した場合、本事故現場付近では列車の運転が一時停止される。

2.8.3 地震に対する運転規制

同社によると、本事故現場の西南西約 2 2 kmに位置する備後庄原駅に設置された地震計が、計測震度で 4 . 0 以上 4 . 5 未満を記録した場合、本事故現場付近では速度規制（2 5 km/h）が行われ、計測震度で 4 . 5 以上を記録した場合、列車の運転が停止される。

*31 「時雨量」とは、任意の 1 時間の間に降った雨の量をいう。

*32 同社において、「連続雨量」とは、2 4 時間の累積雨量のことをいう。

*33 「5 日間積算雨量」とは、任意の 5 日間（1 2 0 時間）の間に降った雨の量をいう。

2.9 気象等に関する情報

2.9.1 降雨の状況

備後八幡駅に設置された雨量計の、本事故発生前1週間の時雨量と連続雨量を図8に示す。当該期間における時雨量の最大値は4mm(3月18日03時及び04時、3月23日10時及び17時に記録)、連続雨量の最大値は21mm(3月23日21時～23時に記録)である。備後八幡駅雨量計の運転規制値は表14のとおりであり、本事故発生前の1週間では、運転規制が発令されるような降雨はなかった。

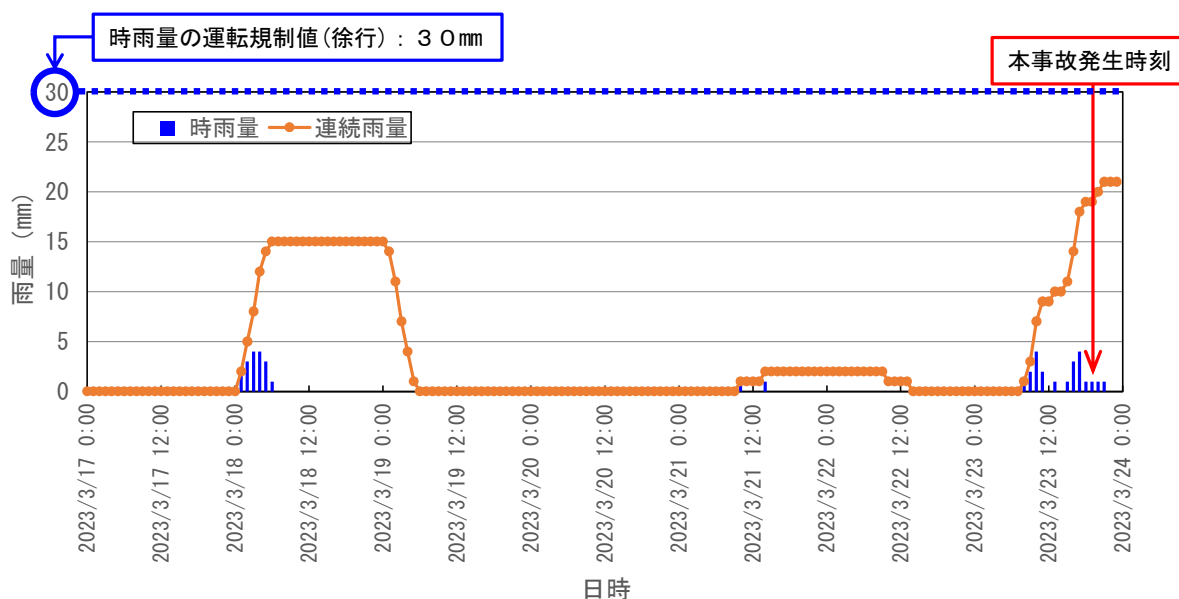


図8 本事故発生前1週間の降雨の状況（備後八幡駅雨量計）

2.9.2 風及び気象警報・注意報の状況

第1小鳥原橋りょうに設置された風速計の記録によると、15時ごろから本事故発生時刻までの瞬間風速の最大値は、17時54分の3.6m/sであった。

また、本事故当日の庄原市の気象警報・注意報は、本事故発生後の21時35分に発表された濃霧注意報以外は発表されていなかった。

2.9.3 地震の発生状況

同社によると、本事故現場最寄りの地震計は備後庄原駅に設置されており、本事故発生前の1か月間に地震を検知した記録はなかったとのことである。

また、気象庁の震度データベース検索^{*34}によると、本事故発生前の1か月間に広島県内で震度1以上を観測した地震はなかった。

*34 気象庁「震度データベース検索」<https://www.data.jma.go.jp/eqdb/data/shindo/>

2.10 その他の情報

2.10.1 速度制限区間に関する情報

同社によると、芸備線の備中神代駅～備後庄原駅間で25km/hの速度制限(徐行)を行っている区間は26か所あり、このうち落石に備えた徐行を行っているのは17か所である。本事故現場を含む東城駅～備後落合駅間に限ると、25km/hの徐行区間は14か所で、このうち落石に備えた徐行を行っているのは9か所である。

2.10.2 協議に関する情報

芸備線の備中神代駅～備後庄原駅間については、「地域公共交通の活性化及び再生に関する法律」(平成19年法律第59号)に基づいて、同社から再構築協議会の設置について要請があり、中国運輸局は、沿線自治体への意見聴取の実施等を経て、令和6年1月12日に芸備線再構築協議会の設置を決定した。

第1回の芸備線再構築協議会は令和6年3月26日に開催され、以降、令和7年4月までの間に、2回の協議会と4回の幹事会が開催されている。協議会には、中国運輸局、同社、特定区間を区域に含む地方公共団体、関係する公共交通事業者・道路管理者・警察等が参加し、芸備線における地域公共交通の再構築について協議が行われている^{*35}。

3 分 析

3.1 本事故の発生状況に関する分析

3.1.1 脱線時の状況に関する分析

本件列車が脱線したことについては、

- (1) 2.1.1に記述したように、本件運転士は、右カーブで列車の前方20mほど先の軌間内、右レール寄りに何か大きなものがあるのが見え、すぐに非常ブレーキをかけたが、これに衝突し、自分が持ち上げられるような衝撃があり、列車は停止した、と口述していること、
- (2) 2.1.2(2)に記述したように、映像音声記録装置の記録では、線路左に建植された距離標(27k800m)の少し前方の軌間内に、右レールに沿って2個の支障物がみられ、支障物は手前側よりも奥側のものの方が大きく、その形状は、手前側のものが三角形、奥側のものが矩形～三角形であったこと、

^{*35} 国土交通省中国運輸局「芸備線再構築協議会について」
(https://www.tb.mlit.go.jp/chugoku/tetsudou/sankosen_00001.html)

- (3) 2.1.2 (2) に記述したように、映像音声記録装置の記録では、軌間内の右レール寄りにあった2個の支障物が映像から外れた直後に衝撃音と映像のぶれが記録されていること、
- (4) 2.3.1 (5) に記述したように、本事故現場では、本件列車の前端部近くの27k809m付近に岩塊A（大きさ約800mm×600mm×400mmの立方体よりやや四角錐に近い形状）が、車両中央近くの27k802m付近に岩塊B（大きさ約500mm×300mm×300mmの三角柱状の形状）があったこと、
- (5) 2.6.1に記述したように、まくらぎNo.12～No.13（27k802m付近）の右レール頭部の軌間内側側面から頭頂面にかけて複数の衝撃痕があり、まくらぎNo.13～No.14の右レール頭部に軌間内側から軌間外側へ続く線状痕がみられたこと、
- (6) 2.6.1に記述したように、まくらぎNo.14以降のまくらぎの、軌間内の左側と右側の軌間外に線状痕がみられたこと、
- (7) 2.6.2に記述したように、本件車両には、車体前面の雪かき器の損傷、前台車の排障器の曲損、前台車第1車軸の擦過痕、前台車の台車つり上げ金具の変形がみられたこと

から、本件列車は27k802m付近の軌間内右レール寄りにあった2個の岩塊（岩塊A及び岩塊B）のうち、岩塊Aに本件列車の雪かき器が衝突して乗り上げ、車体と台車が持ち上がり、前台車が2軸とも右側に脱線したと推定される。

岩塊Bについては、上述の事実情報のうち(2)、(4)及び(7)から、本件列車の床下機器とは接触せず、軌間内で停止していた位置から動いていないと推定される。

また、27k802m付近より備後八幡駅方において、

- (8) 2.6.1に記述したように、まくらぎNo.1～No.6の左右レール頭頂面に擦過痕が認められること、
- (9) 2.6.2に記述したように、本件車両には、車体前面の雪かき器の損傷、前台車の排障器の曲損、前台車第1車軸の擦過痕、前台車つり上げ金具の変形以外に損傷が認められなかったこと

から、まくらぎNo.1～No.6の左右レール頭頂面の擦過痕は本件列車の車輪との接触により生じた痕跡であり、本件列車は非常ブレーキで停止する際に滑走したと推定される。

3.1.2 脱線の時刻と走行速度に関する分析

脱線の時刻については、

- (1) 2.1.2 (1) に記述したように、運転状況記録装置の記録では、本件列車は

19時22分16.4秒にTE指令が、その0.2秒後に燃料制御が切られたことが記録されていること、

- (2) 2.1.2 (2) に記述したように、映像音声記録装置の記録では、本件列車は19時22分15.8秒に衝撃音が、19時22分16.2秒に映像のぶれが記録されていること

から、本件列車は19時22分ごろに脱線したと推定される。

また、その時刻の運転状況記録装置の記録から、本件列車の脱線時の速度は約18km/hであったと推定される。

3.1.3 脱線した位置に関する分析

本件列車が脱線した位置については、

- (1) 2.1.2 (2) に記述したように、映像音声記録装置には、距離標（27k800m）が映像から外れた直後に衝撃音と映像のぶれが記録されていたこと、
- (2) 2.6.1に記述したように、27k802m付近のまくらぎ（まくらぎNo.13～14）の右レール頭部に軌間内側から軌間外側へ続く線状痕があること、
- (3) 2.6.1に記述したように、No.14以降のまくらぎにおいて、軌間内の左側と右側の軌間外に線状痕があること

から、本件列車は、27k802m付近において、まくらぎNo.13～14の間で右レールに乗り上げて右側に脱線したと認められる。

なお、運転状況記録装置の記録において、TE指令が記録されている時刻（19時22分16.4秒）における本件列車のキロ程は27k809mであるが、これは本事故現場における列車前端部の停止位置の1m手前である。ここで、2.1.2の表1における速度と距離は、本件列車が備後八幡駅を出発した後のパルスカウントから算出したものであるため、車輪の空転や滑走等による誤差により、運転状況記録装置の記録に誤差が生じた可能性が考えられる。この誤差の補正については、3.5で後述する。

3.2 軌間内及び斜路にあった岩塊に関する分析

3.2.1 岩塊の由来に関する分析

軌間内及び斜路にあった岩塊A～Cの由来については、

- (1) 2.3.1 (1) に記述したように、本事故現場に立ち入るためには、備後八幡駅方に約1,320m離れた位置にある上菅踏切道又は内名駅方に約750m離れた位置にある線路に隣接する道路から線路内に入る必要があること、

- (2) 2.3.1 (5) に記述したように、岩塊Aの推定重量は約160kg以上、岩塊Bの推定重量は約60kgであること
- から、人為的に持ち込まれた可能性は低いと考えられる。
- また、
- (3) 2.3.1 (1) に記述したように、既存の資料によると本事故現場付近の地質は花こう岩類が分布していること、
- (4) 2.3.1 (5) に記述したように、岩塊A～Cの岩質は、いずれも花こう岩類であること、
- (5) 2.3.1 (6) に記述したように、本件斜面に散在する転石や露岩も花こう岩類であること、
- (6) 2.3.1 (6) に記述したように、27k802m付近の斜面中において、樹木の根元に複数の転石が分布する箇所に斜面の表層にくぼみが2か所あり、その下方に位置する樹木や樹木の枝に擦過痕や折損がみられたこと、
- (7) 2.3.1 (6) に記述したように、斜面中にはポケット式落石防止網と立木利用金網柵が設置されていたが、これらの間には約2mの隙間があり、27k802m付近はこの隙間の位置に相当すること、
- (8) 2.5.3に記述したように、平成30年10月に実施されたカルテ作成の調査において撮影された写真には、27k802m付近の斜面中にあった2か所のくぼみにそれぞれ1個ずつ転石があったことが記録されていること
- から、27k802m付近の斜面中にあった転石が線路方向に落下した転落型落石によるものであると推定される。

3.2.2 落石が発生した原因に関する分析

落石が発生した原因については、

- (1) 2.3.1 (6) に記述したように、27k802m付近の斜面中において、樹木の根元に複数の転石が分布する箇所に斜面の表層にくぼみが2か所あり、その大きさはそれぞれ幅500mm×高さ700mm×奥行き500mm程度、幅700mm×高さ500mm×奥行き250mm程度であり、その底面は斜面下方に向かって傾斜していたこと、
- (2) 2.5.3に記述したように、2か所のくぼみに存在していた転石は、その一部が斜面から突き出てオーバーハングした状態となっていたこと
- から、これらの転石はやや不安定な状態にあり、経年により転石の周りの土砂が侵食されるなどにより不安定化が進行し、落下に至った可能性が考えられるが、その詳細については明らかにすることはできなかった。

3.2.3 落石が軌間内に到達したに関する分析

落石が軌間内に到達したことについては、

- (1) 2.3.1 (5) に記述したように、27k809m付近には岩塊Aが、27k802m付近には岩塊Bが、27k802m付近の切土のり面中の斜路には岩塊Cがあり、これらの岩質はいずれも花こう岩類であったこと、
- (2) 2.3.1 (5) に記述したように、岩塊B及び岩塊Cは、それぞれ一つの面が赤褐色を呈していて、これらの面の大きさはいずれも約500mm×約300mmであり、面の外周の形状が両者で類似しており、面の凹凸も対応していたこと、
- (3) 2.3.1 (6) に記述したように、本件斜面には落石対策工としてポケット式落石防止網と立木利用金網柵が設置されていたが、両者の間には約2mの隙間があり、27k802m付近はこの隙間の位置に該当すること、
- (4) 3.2.1で分析したように、27k802m付近の斜面中にあった2個の転石が線路方向に落下したと推定されること

から、27k802m付近の斜面から落下した2個の転石が、ポケット式落石防止網と立木利用金網柵の間を通過して落下したことによると考えられる。2個の転石のうち1個は転石中に発達した割れ目に沿って風化が進行しており、落下する途中にこの割れ目で分離して岩塊Bと岩塊Cに分かれ、岩塊Cは切土のり面途中の斜路に、岩塊Bは岩塊Aとともに軌間内に到達したと考えられる。

また、2.3.1 (6) に記述したように、本件斜面にはほかにも露岩や転石が分布していることから、本事故と同種の事故の再発を防止するためには、転石及び浮き石のうち、不安定で、かつ既存の落石対策工で捕捉できないと考えられるものについては除去又は斜面に固定することや、既存の落石対策工の延長等により、対策工の隙間を解消することが必要である。

3.2.4 落石が軌間内で停止していた位置に関する分析

本件列車が衝突する前に岩塊A及び岩塊Bが27k802m付近の軌間内で停止していた位置については、

- (1) 2.1.2 (2) に記述したように、映像音声記録装置には、27k800mの距離標の前方の軌間内に、右レールに沿って2個の支障物がみられたこと、
- (2) 2.6.1及び付図9に記述したように、岩塊Bが発見された27k802m付近のまくらぎNo.12～No.13の右レール頭部の軌間内側側面から頭頂面にかけて複数の衝撃痕がみられること、
- (3) 2.6.1に記述したように、27k802m付近の右レールに欠損や折損はなく、レールやタイプレートがずれた形跡がないこと

から、岩塊Aは線路内に落下して運動エネルギーがある程度減少した後、右レール頭部側面に接触あるいは右レール上に乗り上げて停止し、岩塊Bは右レール頭部側面に接触して停止した可能性が考えられる。

3.2.5 落石が発生した時刻に関する分析

落石が発生した時刻については、

- (1) 2.1.3に記述したように、本件列車の直前に本事故現場付近を通過した列車は、内名駅15時06分発の上り第444D列車で、この列車の本事故現場通過時刻は15時09分ごろであること、
- (2) 3.1.2で分析したように、本件列車が岩塊と衝突して脱線した時刻は19時22分ごろであると推定されること

から、落石の発生時刻は15時09分から19時22分の間であると認められる。

3.2.6 斜面の管理に関する分析

本件斜面の管理については、2.5.3に示したように、本件斜面は健全度がA2と判定され、2年ごとの通常全般検査において斜面の状況が確認されていたことから、本件斜面は同社の基準に基づき適切に管理されていたと認められる。また、通常全般検査において、本件斜面の状況に変化がなく、線路際に新たな落石は認められていなかったことから、落石の発生を予測して事故の発生を未然に防止することは困難であったと推定される。

3.3 軌道に関する分析

本事故現場付近の軌道については、

- (1) 2.3.2(3)に記述したように、本事故発生前の1年間に実施された定期検査において、検査記録に異常はなかったこと、
- (2) 2.3.2(4)に記述したように、本事故発生前の巡回検査において、検査記録に異常はなかったこと

から、本事故発生前に軌道に脱線に関与する異常はなかったと推定される。

3.4 車両に関する分析

本件車両については、

- (1) 2.4.2に記述したように、本件車両の直近の定期検査の記録に異常はなかったこと、
- (2) 2.4.2に記述したように、本事故発生後に測定された本件車両の静止輪重比は管理値以内であったこと

から、本事故発生前の本件車両に脱線に関与する異常はなかったと推定される。

3.5 運転取扱いに関する分析

3.5.1 本件運転士が非常ブレーキをかけた位置に関する分析

本件運転士が非常停止手配を執った状況については、

- (1) 2.1.1に記述したように、本件運転士は速度25km/hを維持して運転していたところ、右カーブで列車の前方20mほど先の軌間内、右レール寄りに何か大きなものがあるのが見え、すぐに非常ブレーキをかけたと言述していること、
- (2) 2.1.2(1)に記述したように、運転状況記録装置の記録では、ブレーキ弁が非常位置になる直前の列車の速度は23km/hであること、
- (3) 2.1.2(1)に記述したように、運転状況記録装置の記録では、ブレーキ弁が非常位置になったのは19時22分14.8秒(27k800m)であったこと、
- (4) 2.1.2(2)に記述したように、映像音声記録装置の記録では、軌間内にある支障物が明るく映るようになる時刻が19時22分11.2秒で、その後レバーの操作音が記録された時刻が19時22分13.6秒であったこと、
- (5) 2.3.1(3)に記述したように、本事故発生現場付近は25km/hの速度制限が行われていること

から、本件運転士は本事故発生現場付近を制限速度25km/h以下で走行中、軌間内に支障物を発見し、非常停止手配を執ったと推定される。しかし、その位置については、本件運転士の口述(約20m手前(27k782m付近)で支障物を発見して非常ブレーキを操作)と運転状況記録装置の記録(27k800m付近でブレーキ弁が非常位置)とで異なる。また、3.1.3で分析したように、運転状況記録装置の記録におけるキロ程には誤差が含まれている可能性が考えられる。

ここで、3.1.3で分析したように、本件列車が脱線した位置は27k802m付近であると認められることから、これを基に運転状況記録装置と映像音声記録装置のデータを補正した(表15)。

補正に当たっては、備後八幡駅(25k264m)から本件列車の脱線位置(27k802m)までのパルス積算値から1パルス当たりの距離を算出し、これを基に本件列車の速度と前後加速度の時刻歴を求めた。

また、表15から、

- (6) 19時22分14.4秒～19時22分14.8秒にかけて連続的にブレーキ指令が出て非常位置に達していること、
- (7) 19時22分14.4秒にブレーキ指令が出る直前にレバーの操作音が記

録されているのは19時22分13.8秒～19時22分14.0秒であること

から、運転状況記録装置と映像音声記録装置の補正後のデータにおいて、本件運転士が非常ブレーキの操作を開始したのは19時22分13.8秒であり、その時の本件列車の位置は27k787.4m（支障物の約15m手前）であった可能性が考えられる。また、本件運転士が支障物を発見したと口述している約20m手前（27k782m）の通過時刻は19時22分13.0秒となり、本件運転士が非常ブレーキの操作を開始する0.8秒前であることから、本件運転士の口述と運転状況記録装置及び映像音声記録装置の記録によるブレーキ操作開始時刻はおおむね一致する。

表 1 5 運転状況記録装置と映像音声記録装置の記録（補正後）

時刻 (時:分:秒)	パルス	速度 (km/h)	前後 加速度 (km/h/s)	キロ程	運転状況 記録	映像 記録	音声 記録	備考
19:22:00.8	130,887	22.13	0.00	27k702.5m	力行5 →力行2		レバー 操作音	
19:22:10.8	134,361	24.82	1.68	27k767.2m	力行2 →力行5		レバー 操作音	
19:22:11.0	134,435	24.82	0.00	27k768.6m	力行5 →力行0			
19:22:11.2	134,508	24.48	-1.68	27k770.0m		支障物が明 るく映るよ うになる		
19:22:13.0	135,161	23.81	-1.68	27k782.1m				衝突の約 20m手前 (本件運 転士が支 障物を認 めたと口 述してい る位置)
19:22:13.8	135,443	23.47	0.00	27k787.4m			レバー 操作音	
19:22:14.0	135,513	23.47	0.00	27k788.7m			レバー 操作音	
19:22:14.4	135,651	23.14	0.00	27k791.3m	ブレーキ0 →ブレーキ1			
19:22:14.6	135,720	23.14	0.00	27k792.5m	ブレーキ1 →ブレーキ2		エア 排出音	
19:22:14.8	135,788	22.80	-1.68	27k793.8m	ブレーキ2 →非常位置			
19:22:15.0	135,857	23.14	1.68	27k795.1m		距離標 (27k800m) が映像から 外れる		
19:22:15.4	135,990	22.13	-1.68	27k797.6m		支障物が映 像から外れ る		
19:22:15.8	136,116	20.79	-3.35	27k799.9m				距離標 位置
19:22:16.0	136,174	19.45	-6.71	27k801.0m			衝突音	
19:22:16.2	136,228	18.11	-6.71	27k802.0m		映像のぶれ		岩塊B 発見位置
19:22:16.4	136,273	15.09	-15.09	27k802.8m	TE指令			
19:22:16.6	136,278	1.68	-67.07	27k802.9m	燃料制御: 切			(滑走)
19:22:18.2	136,279	—	—	—		前方向への 動きが止ま る	防護無 線発報 音が聞 こえる ように なる	(滑走)
19:22:19.0	136,279	—	—	—		左右方向の 動きが止ま る		(滑走)

- ※1 運転状況記録欄の「力行2」及び「力行5」は、力行ノッチ数が2ノッチ及び5ノッチであることを示し、「力行0」は、力行ノッチオフで惰行運転又はブレーキ使用中であることを示す。
- ※2 運転状況記録欄の「ブレーキ0」は、ブレーキ弁が「緩め」の位置であることを、「ブレーキ1」は、ブレーキ弁が「保ち・重なり」の位置であることを、「ブレーキ2」は、ブレーキ弁が「常用ブレーキ」の位置であることを、「非常位置」は、ブレーキ弁が「非常ブレーキ」の位置であることを示す。

3.5.2 本件列車が落石と衝突する前に停止できなかったことに関する分析

本件列車が非常停止手配を執ったにもかかわらず落石と衝突したことについては、

- (1) 2.1.1に記述したように、本件運転士は、本事故発生時は小雨が降っており、本事故現場付近は山の中で街灯はなく、列車の前照灯により照らされた範囲以外は真っ暗であったと口述していること、
- (2) 2.3.1(2)に記述したように、本事故現場付近の線形は、27k741mから27k924mまでは半径200mの右曲線であること、
- (3) 2.4.1に記述したように、本件列車が速度25km/hで走行中の非常ブレーキ距離が23.6mであること、
- (4) 3.5.1で分析したように、本件運転士が支障物を発見したのは、映像音声記録装置において支障物が明るく映るようになった約1.8秒後で、その0.8秒後にブレーキ操作を開始したと推定されること、
- (5) 3.5.1で分析したように、本件運転士がブレーキの操作を開始した位置は、支障物の約15m手前であること

から、本件運転士は支障物を発見して直ちに非常停止手配を執ったものの、支障物までの距離が本件列車の非常ブレーキ距離よりも短かったことにより、落石に衝突する前に本件列車は停止することができなかったと推定される。

なお、本件列車は、本事故現場付近において25km/h以下で走行しており、3.1.2で分析したように岩塊に衝突した際の速度は約18km/hであったと推定される。仮に、本件列車が半径200mの曲線区間の制限速度である50km/hで走行していた場合、本件列車の設計上の空走時間は1.5秒であることから、

$$\text{空走距離} = (\text{初速 } 50 \text{ km/h} \times 1.5 \text{ 秒}) \div 3.6 = 20.8 \text{ m}$$

となり、本事故と同様に衝突の約15m手前で非常ブレーキを操作したとしても、非常ブレーキが実際に作動する前に、速度約50km/hのまま落石に衝突していたと推定される。よって、本事故区間で落石に備えた徐行が実施されていたことは、本事故の被害軽減に寄与した可能性が考えられる。

3.6 気象状況に関する分析

本事故発生当時の気象状況については、

- (1) 2.9.1に記述したように、本事故発生前1週間の降雨量は、時雨量の最大値が4mm、連続雨量の最大値が21mmで、運転規制値を超過する降雨量ではなかったこと、
- (2) 2.9.2に記述したように、第1小鳥原橋りょうに設置された風速計の記録における、15時ごろから本事故発生時刻までの瞬間風速の最大値は3.6m/sであったこと、
- (3) 2.9.3に記述したように、本事故発生前の1か月間に本事故現場付近で震度1以上を観測した地震はなかったこと

から、降雨、風、地震が落石の発生に影響を及ぼした可能性は低いと推定される。

4 原因

本事故は、軌間内にあった落石に列車が衝突したため、前台車の第1軸及び第2軸の右車輪が右レールに乗り上げたことにより脱線したものと推定される。

落石が発生したことについては、斜面中に存在していた2個の転石がやや不安定な状態にあり、経年により転石の周りの土砂が侵食されるなどにより不安定化が進行して落下した可能性が考えられるが、転石が落下に至った過程の詳細については明らかにすることができなかった。

落石が軌間内に到達したことについては、落石が既設のポケット式落石防止網と立木利用金網柵の間を通過し、斜面途中で停止することなく線路まで落下したことによると考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

「3 分析」において示したように、本事故は、斜面中にあった転石が経年による不安定化の進行に伴い落下し、斜面に設置されていたポケット式落石防止網と立木利用金網柵の間にある約2mの隙間を通過して線路に到達し、これに本件列車が衝突して発生したと推定される。また、斜面中には転石や浮き石があり、今後、これらの岩塊の不安定化が進行し、落下する可能性が考えられる。このため、次の再発防止策が必要である。

(1) 転石や浮き石の除去又は固定

斜面中の転石及び浮き石について、不安定かつ既存の落石対策工（ポケット式落石防止網及び立木利用金網柵）で捕捉できないと考えられるものについては、除去又は落石防止網等により斜面に固定する。

(2) 対策工の隙間の解消

既存のポケット式落石防止網又は立木利用金網柵を延長し、対策工の隙間を解消する。

5.2 事故後に同社が講じた措置

本事故後に同社が講じた措置は次のとおりである。

(1) 不安定な転石や浮き石の固定

本件斜面中の4か所の転石及び浮き石について、落石防止網等により斜面に固定した。

(2) 落石対策工の隙間の解消

27k787m～27k815m間の斜面に、ポケット開口部の高さが2mのポケット式落石防止網を設置した。

(付図12 事故後に講じられた措置 参照)

付図1 芸備線の路線略図



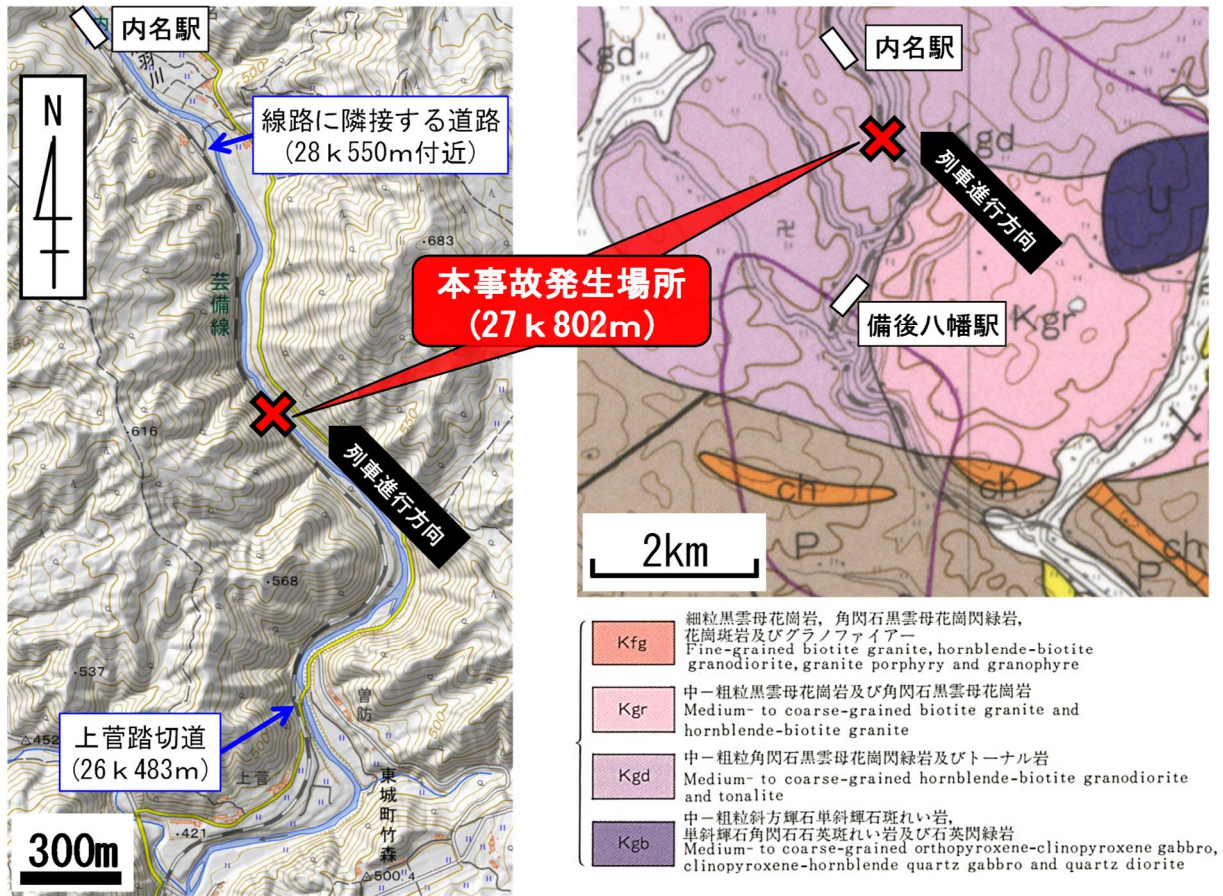
この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

付図2 事故発生場所位置図



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 事故発生場所付近の地形図及び地質図



この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）の地形図を使用して作成

この図は、産業技術総合研究所の地質図Naviの地質図（20万分の1地質図幅「高梁」）を使用して作成

（左図：地形図、右図：地質図）

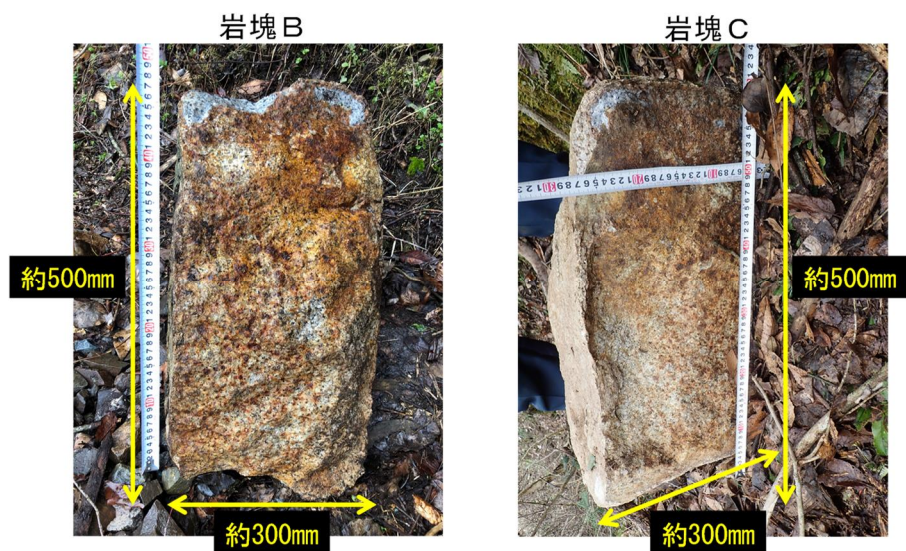
付図4 脱線の状況



付図5 岩塊A～Cの状況

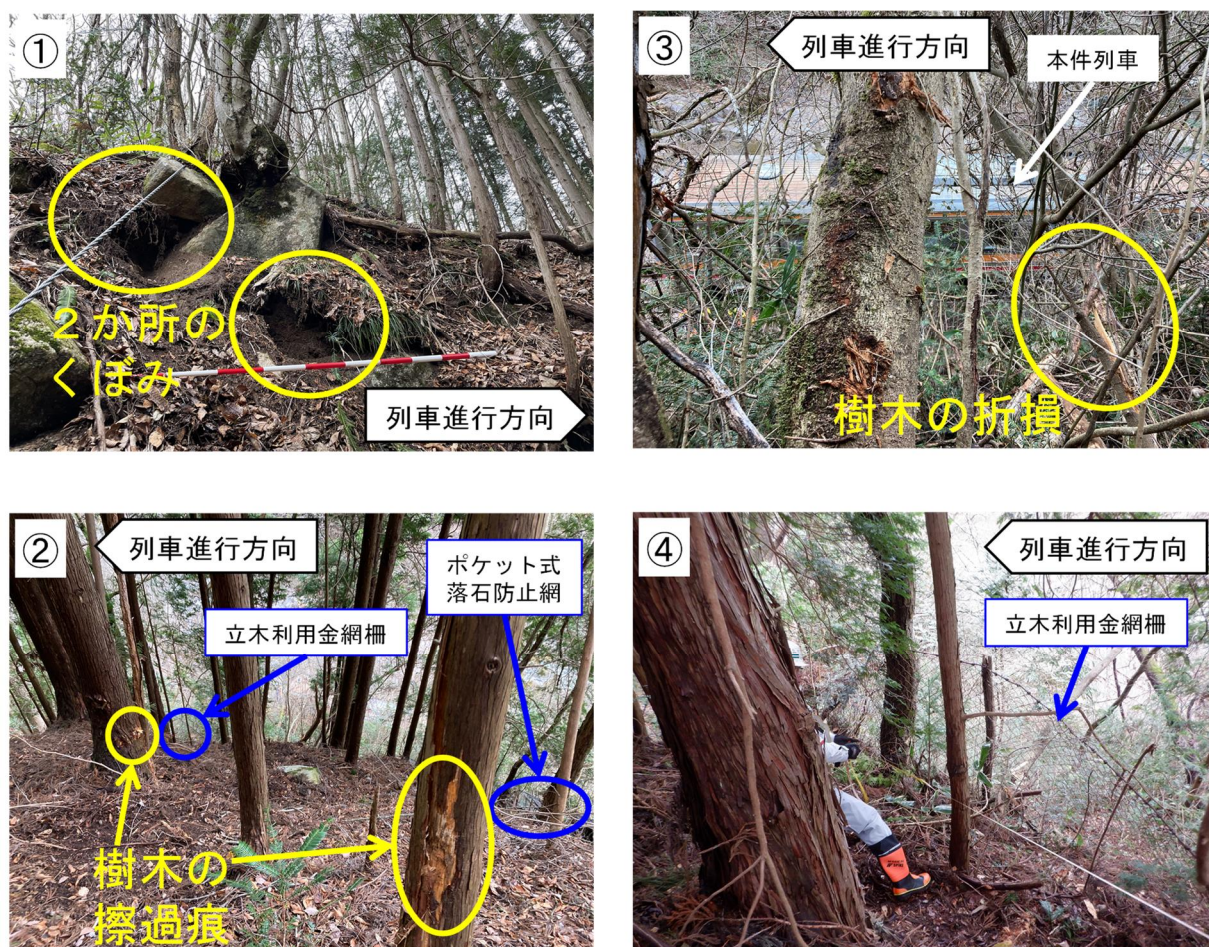


付図6 岩塊B及び岩塊Cの赤褐色を呈する面の状況



(図の一部は同社提供資料に加筆)

付図7 斜面の状況



(同社提供資料に加筆)

付図8 落石発生前後の斜面の状況の比較

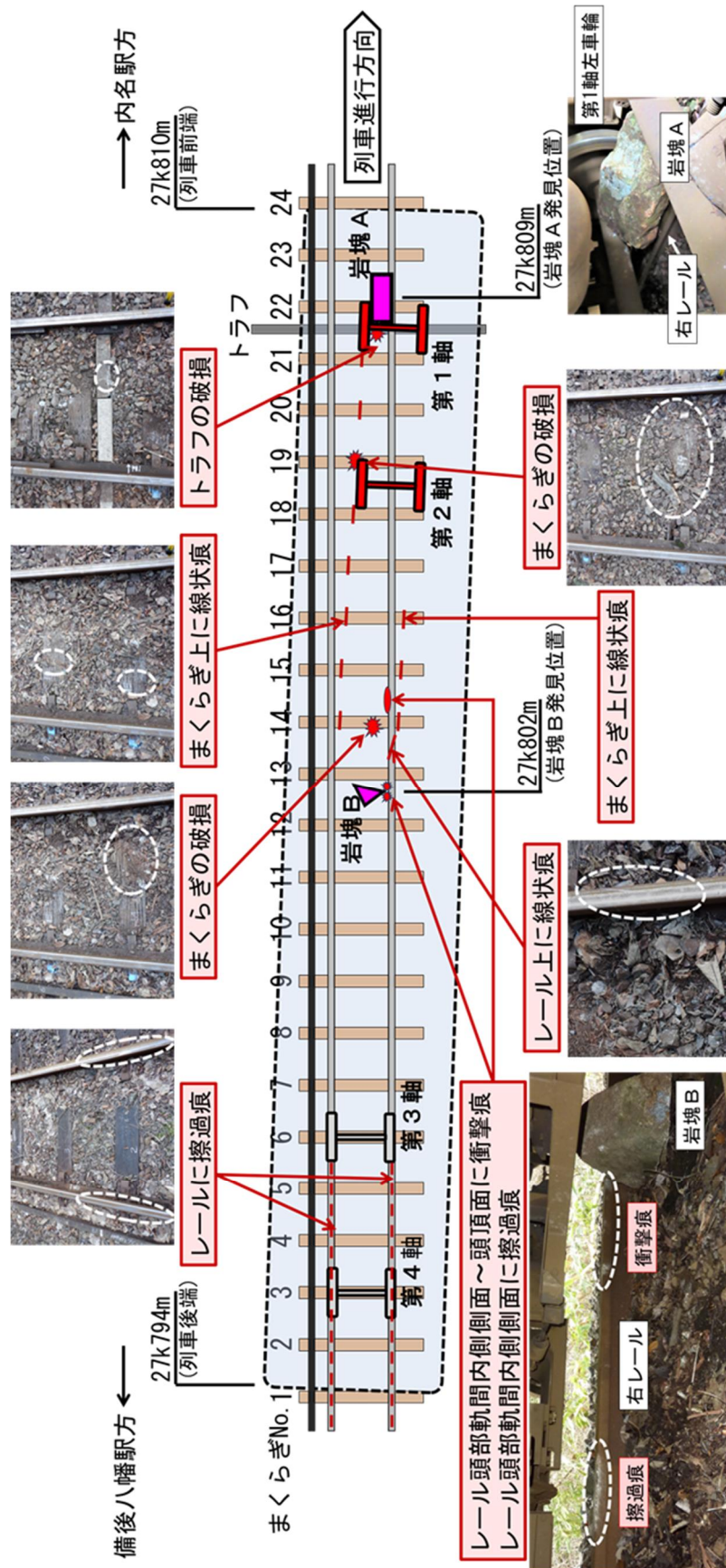


(平成30年10月撮影)

(本事故発生後に撮影)

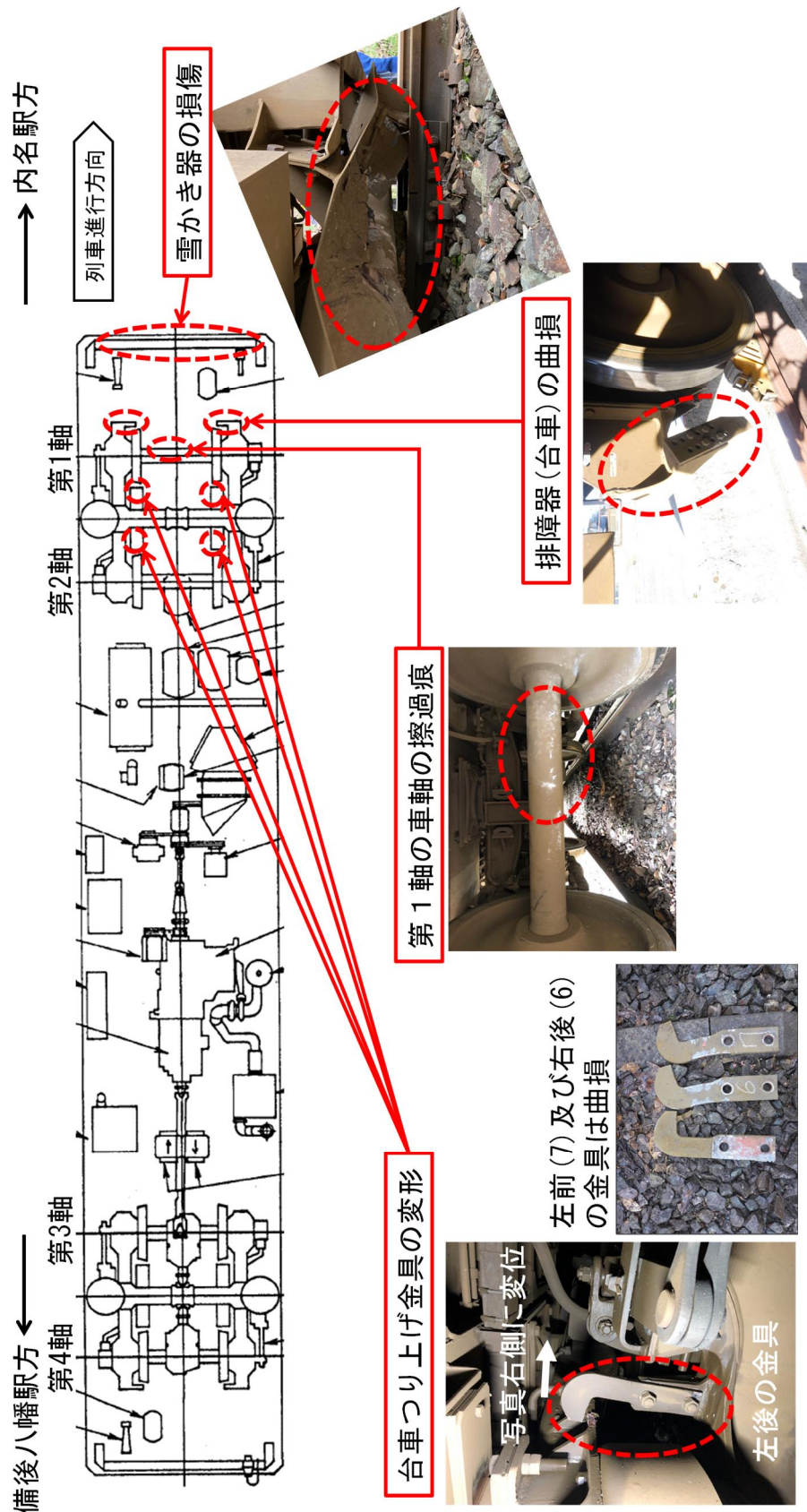
(同社提供資料に加筆)

付図 9 軌道の主な損傷等の状況



(図の一部は同社提供資料に加筆)

付図10 車両の主な損傷等の状況



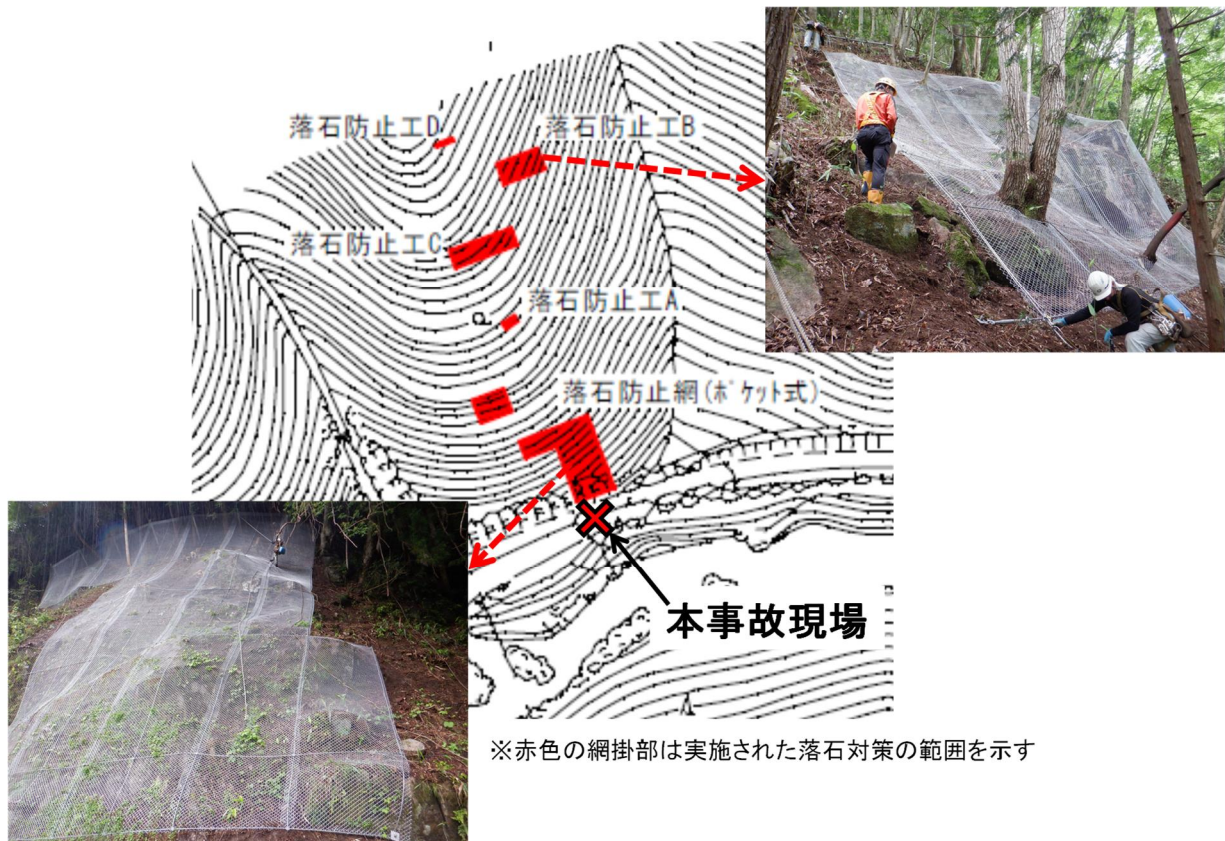
(同社提供資料に加筆)

付図 1 1 雨量計、風速計、地震計の位置図



※この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成した

付図 1 2 事故後に講じられた措置



(同社提供資料に加筆)