

RA2013-2

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 西日本鉄道株式会社 天神大牟田線 下大利駅～都府楼前駅間
鉄道人身障害事故

II 箱根登山鉄道株式会社 鉄道線 出山信号場～大平台駅間 列車脱線事故

平成25年 3 月 29 日

本報告書の調査は、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 後藤 昇 弘

《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」

II 箱根登山鉄道株式会社 鉄道線
出山信号場～大平台駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：箱根登山鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成24年6月19日 20時36分ごろ

発生場所：神奈川県あしがらしもぐん足柄下郡箱根町

鉄道線 でやま 出山信号場～おおひらだい 大平台駅間（単線）

小田原駅起点8k912m付近

平成25年3月4日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 後藤昇弘

委員 松本陽（部会長）

委員 小豆澤照男

委員 石川敏行

委員 富井規雄

委員 岡村美好

要旨

<概要>

箱根登山鉄道株式会社の箱根湯本駅発、ごうら 強羅駅行き3両編成の第505列車は、平成24年6月19日、出山信号場を定刻に出発した。

列車が出山信号場を出発後、速度約20km/hで力行運転中、運転士は約7m前方の左右のレールの上に岩塊を認めたため、直ちに非常ブレーキを使用したが無効となり、これと衝突し、1両目前台車の第1軸が左へ脱線した。

列車には乗客11名及び乗務員2名が乗車していたが、負傷者はいなかった。また、車両は前側の水タンク、前台車第1軸の基礎ブレーキ装置等の床下機器が損傷した。

<原因>

本事故は、台風第4号に伴う降雨により見通し距離が短い中で、斜面から左右のレールの上に落下していた岩塊に気付いた本件運転士が非常ブレーキを使用したが無効となり、これと衝突し、1両目前台車の第1軸が左へ脱線した。

に合わず、本件列車がこれと衝突し、1両目前台車の前側に岩塊を巻き込み、これに乗り上がり脱線したことによって発生したと推定される。

斜面から岩塊が落下したことについては、斜面に露出していたと推定される岩塊の周辺土砂がある程度の期間を通して降雨等により徐々に流出し、これに台風第4号に伴う降雨が加わり、岩塊が安定性を失ったためである可能性が考えられる。

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

箱根登山鉄道株式会社の箱根湯本駅発、強羅^{ごうら}駅行き3両編成の第505列車は、平成24年6月19日（火）、出山信号場を定刻に出発した。

列車が出山信号場を出発後、速度約20km/hで力行運転中、運転士は約7m前方の左右のレールの上に岩塊を認めたため、直ちに非常ブレーキを使用したが無駄に合わず、これと衝突し、1両目前台車の第1軸（車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）が左へ脱線した。

列車には乗客11名及び乗務員2名が乗車していたが、負傷者はいなかった。また、車両は前側の水タンク、前台車第1軸の基礎ブレーキ装置等の床下機器が損傷した。

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、平成24年6月19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。

関東運輸局は、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24年6月20日	現場調査、口述聴取
平成24年11月27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

事故に至るまでの経過は、箱根登山鉄道株式会社（以下「同社」という。）の箱根湯本駅発、強羅駅行きの第505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。）及び車掌（以下「本件車掌」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

出勤点呼の時に当直助役から、台風接近により列車運休の可能性があるので、

十分に注意して運転する旨の指示を受けた。

本件列車には箱根湯本駅から乗務し、定刻の20時25分に箱根湯本駅を出発した。同じ日に、本件列車を運転する前に本件列車と同じ編成の列車に乗務したが、その時を含めて事故発生時までの間に本件列車に特に異常はなかった。

本件列車に乗務する1つ前の列車に乗務している時に雨の第一種警戒体制が発令され、21時前後に列車運休になることを列車無線で聞いていたので、前方注視を特に意識して運転していた。

本件列車を運転中は滝のように雨が降っており、前照灯の明かりが雨に反射し、目線の高さでの視界は10m弱ぐらいであった。軌道敷は、暗くてよく見えない状態だった。

出山信号場を定刻に出発し、速度20km/hぐらいで力行運転していた。
鐘山隧道を抜けて鐘ノ沢橋梁を通過中、約7m前方の左カーブ（R100m）の左側にある電柱（小田原駅起点8k914m付近、以下「小田原駅起点」は省略。）の辺りの左右のレールの間には何かあると思い、非常ブレーキを掛けたが間に合わずに衝突した。岩塊だと分かったのは非常ブレーキを掛けてからである。衝突した時にはゴンという音と衝撃があったが、浮き上がるような感覚はなかった。この時、客室から漏れる明かりで時計を確認したところ、時刻は20時37分ごろであった。

その後、まず車掌に異音を感知して止まったことを連絡し、その旨を指令へ連絡するように依頼した上で、床下の点検を行うために列車を降りた。この時までは、そんなに大きな岩塊だとは思わなかったが、床下点検で、散水タンクの後ろに約0.8mの岩塊があることと、1両目前台車の第1軸が脱線していることが分かった。

床下点検の結果を指令へ報告した後、列車の転動防止手配を行った。

(2) 本件車掌

出勤点呼の時に、これから台風が来るので十分注意するよう指示があった。

本件列車には箱根湯本駅から乗務したが、本事故発生までの間に、ブレーキの効き具合を含め車両の状態はふだんと変わらず、違和感はなかった。

本件列車が脱線したのは、車内巡回を終えて最後部の運転台にいたときだった。非常ブレーキが入ってドンという感じで本件列車が止まった。当時は雨がすごかった。

事故発生当時、乗客は11名で、全員が着席していた。

停止後、すぐに、「安全のため停車致しました」というアナウンスをした後、運転士から、「岩塊と衝突したので床下点検を行うことと岩塊と衝突したことを指令に報告してほしい」旨の連絡を受けた。指令に落石があつて運転士が点

検していると報告した後、点検中との案内を車内放送で行った。

その後、指令からの指示で、脱線したこと、並びに雨がひどいので安全を考えて車内でお待ちいただく旨の車内放送を行った。

21時10分～20分の間に応援の同社社員が現場へ到着し、乗客を本件列車から降車させ避難させた。

なお、本事故の発生時刻は、3.1.1 に後述するように、軌道回路の動作記録等から、20時36分ごろであったと推定される。

(付図1 箱根登山鉄道鉄道線の線路略図、付図2 本事故現場付近の地形・地質参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷
なし。

2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

(1) 線形

本事故現場は、出山信号場(8k313m)と大平台駅(9k944m)の間に位置する。事故現場付近の線路線形は、起点方から8k906mまでは直線で、そこから9k932mまでは半径100m、カント90mmの左カーブとなっており、勾配はともに80.0%の上り勾配である。

本事故現場の手前には出山信号場から順に、鐘山隧道(8k787m～8k877m、L=約90m)、鐘ノ沢橋梁(8k895m910、L=25.146m)がある。

(2) 脱線状況

本件列車は、その先頭が8k923m付近に停止しており、2両目の後部と3両目のほとんどは鐘ノ沢橋梁上で停止していた。なお、3両目後端はほぼ鐘山隧道出口に位置していた。

本件列車の1両目前台車の第1軸右車輪が、約250mm左(内軌側)へ脱線していた。また、同台車の第1軸左車輪はまくらぎから浮いた状態で停止しており、駆動装置が左レールに接触した状態であった。

本件列車が衝突した岩塊は1両目の前側水タンクと前台車前側の基礎ブレーキ装置の間にあった。

(3) 斜面及び落石の状況

本事故現場は、急峻な斜面の切取区間にある。左側には、線路に近接して

勾配が約 70° 、高さが約7mの土留壁があり、その上方には勾配がおおむね $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の自然斜面が続いている。

本件列車の1両目が床下に巻き込んだ岩塊の形状はほぼ直方体で、大きさはおおむね $700\text{mm} \times 700\text{mm} \times 400\text{mm}$ であり、表面の一部に苔が繁茂していた。この他に、道床砕石とは形状、岩種が異なる拳大以下の大きさの岩片数個が線路上にあった。これらの岩塊、岩片の岩種は、いずれも安山岩類であった。

(付図3 本事故現場略図、写真1 本事故現場の状況、写真2 脱線の状況、写真3 衝突した岩塊の状況、写真4 本件斜面の状況 参照)

2.3.2 鉄道施設等に関する情報

(1) 鉄道線の概要

同社の鉄道線は、小田原駅から箱根湯本駅を経て強羅駅に至る15.0kmの単線、電化の線区である。軌間は、小田原駅から箱根湯本駅(6.1km)までは $1,067\text{mm}$ と一部 $1,435\text{mm}$ の三線軌条であり、箱根湯本駅から強羅駅までは $1,435\text{mm}$ である。

(2) 軌道構造

本事故現場付近はバラスト軌道で、 37kg レールが使用されている。また、まくらぎは10m当たり17本で、木まくらぎが使用されている。また、本事故現場の曲線区間には、内軌側に脱線防止ガードが設置されている。

本事故発生前直近の軌道検測は平成23年8月24日に行われており、その結果によれば、軌道に異常は認められなかった。また、事故直後に行われた本事故現場付近の手検測による軌道検測の結果でも、異常は認められなかった。

(3) 斜面の地形・地質

本事故現場は箱根山地中にあり、早川右岸の浅間山(標高約 802m)から北東方向に延びる尾根の中腹に位置する。周辺は急峻な山地地形を呈しており、本事故現場の標高は約 265m である。また、本事故現場は、斜面が線路に近接しており、線路から順に高さ約7m、勾配 70° 程度(1:0.3)の土留壁があり、その上方には平均的な傾斜が $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 程度の自然斜面が、途中で幾つかの比較的傾斜の緩い箇所を経て稜線まで続いている。この自然斜面には樹木が繁茂し、また斜面中には露岩や転石が多く分布している。

斜面に露出している岩盤及び転石の岩質は、おおむね堅固であるが割れ目が多く入っており、それらの表面は多くの場合、風化により褐色に変色して

いる。

(4) 斜面災害に対する設備

本事故現場の自然斜面（以下「本件斜面」という。）には、土留壁の肩から、比高でおおよそ10～20m上方の範囲に岩盤が露出しており、そこには非ポケット式落石防止網^{*1}が設置されている。この岩盤の上方では、斜面の傾斜は緩くなっている。

また、この非ポケット式落石防止網の起点方（出山信号場方）には、落石止柵が設置されている。

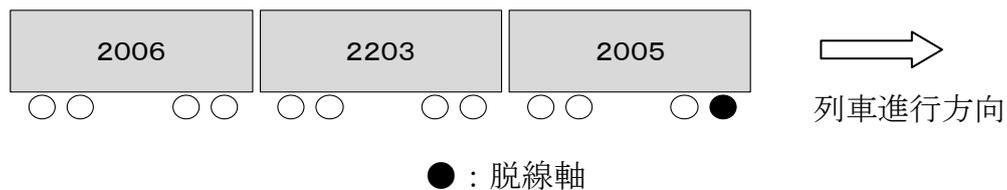
これらの非ポケット式落石防止網及び落石止柵は、2.3.6(2)で後述するように、同社の斜面の管理の中では把握されていなかった。

なお、上記の非ポケット式落石防止網には目立った破損やワイヤーの緩みは認められなかった。

(付図2 本事故現場付近の地形・地質、付図3 本事故現場略図、写真4 本件斜面の状況 参照)

2.3.3 車両に関する情報

車種	直流電車（750V）
編成両数	3両
編成定員	231名（座席定員126名）
記号番号	



本件列車を編成する車両の直近の重要部検査は平成24年3月13日に、月検査（交番検査）は平成24年3月31日に、また列車検査（仕業検査）は平成24年6月17日に行われており、それらの検査の記録からは、車両に異常は認められなかった。

なお、本件列車には運転状況を記録する装置等は装備されていない。

本件列車には、急曲線通過時に車輪フランジとレールの摩耗を防止する目的で散

^{*1} 「非ポケット式落石防止網」とは、斜面に露出した岩盤等から岩塊が落下するのを防ぐために、その岩盤全体をワイヤー等からなるネットで覆うもので、落石防護工の方式の一つである。

水装置が装備されており、この散水用の水タンクが車両の前後にある。この水タンクの底面は、レール頭頂面から約290mmの高さである。

また、本件列車には踏面ブレーキの他に、保安ブレーキとしてレールに直接作用させるレール圧着ブレーキが装備されている。

2.3.4 列車の運行に関する情報

(1) 列車の運行状況

本件列車は箱根湯本駅発、強羅駅行きの普通列車で、本事故現場手前の出山信号場を定刻の20時34分に出発した。本件列車には運転状況を記録する装置は搭載されていない。そのため、本件列車の事故発生時の運転状況についての詳細は不明であるが、本事故現場付近の軌道回路の動作記録から、本件列車が本事故現場付近に差し掛かった時刻は20時36分ごろであったと推定される。

また、本事故発生前には、上り列車が大平台駅を定刻の20時25分に出発し、本事故現場を20時28分ごろに異常なく通過していた。

同社では19時以降に箱根湯本駅～強羅駅間において、列車添乗巡回を実施しており、その結果では、列車の運行に関わる異常は認められていなかった。

(2) 降雨等に対する運転取扱い

同社は、大雨、強風時等の列車運転取扱いについては、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき国土交通省に届け出ている同社の「運転取扱心得（運転取扱実施基準）」に基づく「異常気象時取扱細則」によるものとしている。

① 豪雨時の警戒体制とその基準

同社の「異常気象時取扱細則」第4条（警戒体制の種別）によれば、豪雨時の警戒体制の種別は、次の通りである。

第三種警戒体制

豪雨または積雪により、列車の運転に影響をおよぼす恐れのある場合、または局部の警戒を必要とする場合に行う。

第二種警戒体制

豪雨または積雪が続き、災害の発生が予想される場合に行う。

第一種警戒体制

豪雨または積雪が続き、災害の発生が予想されその最悪の事態に備える場合に行う。

事前警戒体制

台風の進路予想により沿線地域が暴風域に入るおそれがある場合や大雪が予想される場合など、警戒が必要になると思われる場合に行う。

また、上記の各警戒体制の降雨量の基準は同第17条（警戒体制の基準）によれば、以下の通りである。

第三種警戒体制

連続降雨量が100ミリに達し、さらに相当量の降雨が予測される場合、または時雨量^{*2}が25ミリを超えさらに大雨が予測される場合。

第二種警戒体制

連続降雨量が150ミリに達し、さらに相当量の降雨が予測される場合、または時雨量が40ミリを超えさらに大雨が予測される場合。

第一種警戒体制

連続降雨量が200ミリに達し、さらに相当量の降雨が予測される場合、または時雨量が50ミリを超えさらに大雨が予測される場合。

② 豪雨時の運転休止

運転の休止等については、同第23条（運転休止の予告指令）で、

総合運転所長は連続降雨量が180ミリをこえ、さらに相当量の降雨が予想されるときは、関係各所に運転休止の予告指令を発令する。

と定めており、さらに同第24条（列車の運転休止）で、

連続雨量が250ミリに達しさらに大雨が続いているとき、総合運転所長は列車の運転を休止する。

2. 前項にかかわらず次の各号の1に該当する場合は、従事員は速やかに列車を停止させるか、または運転を一時休止させる等、臨機の処置を講じなければならない。

(1) 土砂崩壊等災害を発見したとき、または線路浸水等により列車運転が危険と認められたとき。

(2) 異常豪雨により、列車運転が危険と認められるとき。

(3) 沿線住民等から鉄道・鋼索線沿線で災害が発生した旨の通報を受けたとき、または災害発生のおそれがある旨の通報を受けたとき。

と定めている。

③ 強風時の運転取扱い

強風時の取扱いについては、同第44条（警戒体制の発令）で、次のように定めている。

総合運転所長は、最大瞬間風速20m/s以上を風速計が記録（警報ブ

^{*2} 同社の「時雨量」とは、毎正時の時間雨量を指す。

ザー連続音鳴動・警報ランプ黄色点灯) または目測されたとき、駅長からの通報により強風が続き正常な列車運行ができない恐れがあると認めるときは、警戒体制を発令し、注意運転を指示する。

また、運転休止について、同第48条(列車の運転休止および区間)で、以下のように定めている。

列車の運転休止または見合わせは、次の各号による。

- (1) 倒木等災害を発見し、列車運転が危険と認めるとき。
- (2) 総合運転所長は最大瞬間風速25m/s以上を風速計が記録(警報ブザー連続音鳴動・警報ランプ赤色点灯) または目測されたとき、駅長からの通報により列車運転が危険と認めるときは、一時列車の運転を見合わせ、または休止する旨、指令を発令する。
- (3) 駅長または警戒員等が最大瞬間風速25m/s以上と認めるとき、または突風のために列車運転が危険であると認めるときは、その状況に応じて一時列車の出発または通過を見合わせる。尚、留置車両には転動防止を行う。

(4) 略

④ 台風時の運転取扱い

台風時の取扱いについては、同第51条(取扱方)で、降雨に関しては豪雨時の取扱いを、強風に関しては強風時の取扱いを準用する旨が定められている。また、台風時の警戒体制について、同第52条(事前警戒体制)で、

気象庁発表の台風進路予報により、暴風域が神奈川県西湘地区を通過する可能性が高い場合や、連続降雨量が250mmを超えることが確実な場合、(中略)、総合運転所長は降雨の量およびその強さ、気象情報などを総合的に判断し、台風事前警戒体制を発令する。

と定めている。列車の運転休止に関しては、同第54条(列車の運転休止および区間)において、次のように定めている。

気象庁発表の台風進路予報により暴風域が神奈川県西湘地区を通過することが必至の場合で、当社線に被害が発生する恐れがあると認めるときは、暴風域に入る予想時刻までに運転を休止または見合わせをする。

2. 総合運転所長は、原則として一時間以上前に運転休止の予告指令を発令する。

さらに、「異常気象時取扱細則」とは別に、台風警戒対策本部設置基準(平成24年2月1日、同社鉄道部)が設けられており、同本部の設置基準として、

- a 気象庁ホームページの情報により、暴風域が神奈川県西湘地区を通過することが必至の場合
 - b 降雨量が第一種警戒体制の基準を超えることが予測される場合
 - c 最大瞬間風速が25m/sを超えることが予測される場合
- のいずれかに該当する場合、同本部を設置することが定められている。また、同本部の設置の発令時刻は、台風の暴風域が12時間以内に到達すると予想される場合に警戒対策本部設置予告を行い、6時間以内に到達すると予想される場合に警戒対策本部設置を発令することとなっている。

列車無線の交信記録等から、同社が本事故前に採った台風第4号に対する対応をまとめると、表1のとおりである。

表1 本事故前の台風第4号に対する同社の対応
(箱根湯本駅～強羅駅間)

時刻	対応内容	適応基準等
平成24年6月19日		
15時38分	台風警戒対策本部設置の予告	
18時00分	台風警戒本部設置	
18時35分	第三種警戒体制(雨)発令	箱根湯本駅雨量計 (時間雨量25mm)
18時50分	第二種警戒体制(雨)発令	箱根湯本駅雨量計 (時間雨量40mm)
19時35分	最終列車(運転休止時刻)の決定	
19時50分	第一種警戒体制(雨)発令	箱根湯本駅雨量計 (時間雨量50mm)
平成24年6月20日		
15時30分	第一種警戒体制(雨)解除 台風警戒本部解散	

2.3.5 本事故現場における見通し距離及び本件列車の制動距離に関する情報

(1) 見通し距離

本事故は、一般的に見通し距離が短いトンネル出口付近の急曲線区間で発生していることから、本事故発生時刻と同じ時刻に、同型車両を用いて、本事故発生後に左右のレールの間には岩塊があった付近の見通し距離を確認した。確認時の天候は晴れである。その結果、岩塊があった付近の見通し距離はおおよそ55mであった。

(2) 制動距離

同社は、年に2回の頻度で非常ブレーキの性能確認試験を実施している。本事故前直近の試験は、下り80%勾配、直線区間、速度20km/hの条件で、平成23年12月21日に実施している。その時の結果は、本件列車の制動距離は空走時間分（1.2秒）を含めて14mであった。なお、同社によれば、過去に同社が実施した上述の非常ブレーキの性能確認試験においては、乾燥状態、湿潤状態とも制動距離はほぼ同じとのことであった。

2.3.6 斜面の管理に関する情報

(1) 斜面の管理方法

同社では、斜面の管理について、そこに設置されている防護施設を含め、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき国土交通省に届け出ている同社の「鉄道土木施設整備心得（鉄道土木施設整備実施基準）」で、その検査周期等を定めている。

それによれば、斜面の定期検査については、2年に1回以上の周期で、方法等の詳細については「鉄道構造物維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土）」（(財)鉄道総合技術研究所（2007年））に則としている。

同社が実施した本事故発生前の直近6年間の検査実施時期と内容は、表2に示すとおりである。

同社では、平成15年以降、2年に1回の頻度で、斜面の見通しが比較的良い11月に、主に軌道上からの目視による検査（以下「通常全般検査」という。）を全線の斜面について実施している。通常全般検査の結果、斜面の健全度が低いと判断された斜面については、検査記録簿に文章、写真等でその状態を記録し、併せて必要な対策を示している。なお、同社の斜面における評価は、落石災害については、後述する「落石対策技術マニュアル」（(財)鉄道総合技術研究所（1999年））による判定区分で行われており、落石災害がその斜面の主な災害形態である場合には、その評価を「鉄道構造物維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土）」による「斜面の健全度」として取扱い、落石以外の災害形態がある場合には、それらに対する評価を「落石災害の危険度」に加味して「斜面の健全度」を判定している。

この通常全般検査は、同社の社員が行っていたため、不安定岩塊が存在する箇所の把握や斜面の健全度に関わる判断等、検査の精度を向上させることを目的とし、同社では平成20年12月に社外の専門家を交えた調査を特別

全般検査^{*3}として実施した。この時の調査は、「落石対策技術マニュアル」(財)鉄道総合技術研究所(1999年)に則って行われ、斜面を管理するための台帳の作成及び調査時点での斜面の健全度の判定を行い、それらを取りまとめて管理図(以下「斜面管理図」という。)として整備した。

この平成20年の特別全般検査では、それ以前の調査から落石や斜面崩壊が発生する危険性が極めて低いと同社が判断した一部の斜面を除き、主に同社の用地内からの目視による概査を実施し、次いで、落石災害の危険度が、「A(落石災害の発生する可能性がある状態)」と判定された斜面については、同社の用地外を含めて詳細な踏査を実施し、落石災害の危険度を判定している。なお、落石対策技術マニュアルでは、図面の作成範囲を「線路横断方向(まくらぎ方向)は、線路より分水界まで」としている。

斜面管理図の更新に関して、同社では、対策工事の実施や落石が発生した際に斜面の健全度とともに変更が加えられていたが、通常全般検査時に観察された結果は反映されていなかった。また、同社によれば、通常全般検査の際に、斜面管理図を活用する仕組みは明文化されておらず、通常全般検査に携行し、現況と比較する作業が行われていない場合もあったとのことであった。

表2 本事故前直近(6年前まで)の斜面の検査実施時期と内容

実施時期	実施内容	備考
平成23年11月	通常全般検査	
平成21年11月	通常全般検査	
平成20年12月	特別全般検査	社外の専門技術者による踏査
平成20年11月	通常全般検査	
平成18年12月	特別全般検査	

(2) 本件斜面の管理

平成20年12月の特別全般検査では、本件斜面において想定される災害の形態として、落石と崩壊が挙げられている。また、落石災害の危険度は、落石防止網や落石止柵が設置されていない区間では監視が必要であることから、「B(岩盤、転石は現状で一応安定性を保持するが、経年劣化や異常外力により落石災害発生の可能性がある状態)」と判定されていた。

^{*3} 「特別全般検査」とは、構造物の健全度の判定の精度を高める目的で実施する全般検査のことをいう。(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)、(財)鉄道総合技術研究所(2007))

また、斜面管理図には、2.4.3 で後述する露岩や、それを覆う非ポケット式落石防止網、その露岩の下方にある落石止柵は記載されておらず、更に同社が実施してきた一連の通常全般検査の中でも、本件事故が発生するまでの間、それらの防護工や露岩の分布は把握されていなかった。これらは、同社の用地境界から5 m程度離れた用地外の位置にあり、用地境界付近からは容易に目視できるが、軌道面から目視するのは困難な位置であった。

なお、本事故後の同社の調査によれば、それらの防護工のうち、落石止柵は昭和48年に、非ポケット式落石防止網については昭和53年に、共に同社により設置されていた。また、斜面管理図中には、本事故現場近傍の軌道には斜面から落下した岩塊が複数個あったことが記載されている。

また、本件斜面におけるこれまでの通常全般検査は、軌道上からの目視による検査であった。それらの結果、特に問題はないとの判断がなされ、2.3.6(1)で記述した通常全般検査の記録には異常なしと記録されていた。

(付図3 本事故現場略図 参照)

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報

2.4.1 鉄道施設の損傷の状況

鉄道施設の主な損傷の状況は次のとおりである。

- (1) まくらぎNo.18（まくらぎの番号は停止した本件列車の先頭部のまくらぎをNo.1として、列車の後方ほど大きい番号を付した。）付近の左右のレールの頭頂面に、それぞれ右側から左側にかけて車輪によると思われる線状の傷が認められた。
- (2) まくらぎNo.5から同No.16の左右のレールの間の、右レールから約250mm離れた位置のまくらぎ上に、線状の傷が連続して認められた。
- (3) まくらぎNo.4から同No.19の左右のレールの中央よりやや左に寄ったまくらぎ上に、幅十数～数cmの打撃痕や擦過痕が連続して認められた。
- (4) 一部のレール締結装置が損傷していた。
- (5) まくらぎNo.4から同No.16にかけて、左（内軌側）レールの頭頂面及び脱線防止ガードの上面の所々に擦過痕が認められた。

(付図4 軌道の主な損傷状況、写真5 軌道の主な損傷状況 参照)

2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

主な損傷箇所、損傷の状況は次のとおりである。

- (1) 1両目前側の水タンクの前面左側が変形していた。また、水タンク後部の塞ぎ板が著しく破損していた。

- (2) 1両目のATS車上子が破損していた。
- (3) 1両目前台車の前側基礎ブレーキ装置等が曲損していた。
- (4) 1両目前台車の駆動装置底面に擦過痕が認められた。
- (5) 1両目前台車左側のレール圧着ブレーキシューの一部（内側）が欠損していた。

(写真6 車両の主な損傷状況 参照)

2.4.3 落石の痕跡に関する情報

8k925m付近の土留壁の肩から、比高で約10m上方の2.3.2(4)で記述した非ポケット式落石防止網の最下端付近に、長さ約700mm、幅約600mm、深さ約200mmの窪みがあり、そこには落ち葉等の堆積が認められなかった。この窪みから、8k916m付近の土留壁の肩に掛けて、草等の植生が折れている箇所が線状に断続して認められた。なお、この窪み周辺には、表面水による明瞭な浸食は認められなかった。

この窪み及びその直上に敷設されていた非ポケット式落石防止網は、同社の用地境界から約5m離れた同社の用地外に位置している。

(付図5 本事故現場付近の斜面縦断図 参照)

2.5 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 42歳

甲種電気車運転免許

平成8年8月1日

本件車掌 男性 32歳

甲種電気車運転免許

平成19年12月20日

2.6 気象等に関する情報

2.6.1 事故発生時の天候

本事故発生時の天候は雨で、台風第4号が東海地方～関東甲信地方を通過していた。

本事故発生前後に横浜地方気象台から発表された箱根町の気象警報・注意報、及び神奈川県と横浜地方気象台から発表された神奈川県土砂災害警戒情報は、表3のとおりである。

表3 台風第4号の通過時に気象庁横浜地方气象台他により発表された箱根町における警報等

日にち	時間	発令された警報等
6月19日	09時19分	強風注意報発表
	11時10分	大雨・洪水・雷注意報発表
	16時12分	大雨（土砂災害、浸水害）・洪水警報発表
	20時20分	神奈川県土砂災害警戒情報において警戒対象地域となる
6月20日	00時10分	神奈川県土砂災害警戒情報において警戒解除地域となる
	00時39分	大雨（土砂災害、浸水害）警報から大雨（土砂災害）警報へ切替え、洪水警報解除、雷注意報解除
	03時56分	大雨（土砂災害）警報から大雨注意報へ切替え
	06時13分	大雨注意報解除
	21時54分	強風注意報解除

2.6.2 事故発生前の気象状況等

(1) 降雨

同社の箱根湯本駅及び強羅駅に設置されている雨量計によれば、6月19日15時ごろから降雨量が観測され始め、その後、徐々に増え、箱根湯本駅では同日20時に最大の52.5mm/時に達し、強羅駅では同日21時に58.5mm/時が観測されている。降雨量はその後漸減し、翌20日2時に箱根湯本駅で、3時に強羅駅で0mm/時となっている。

本事故現場から南西へ約3km離れた位置にある気象庁のアメダス観測所（箱根）での観測結果によれば、本事故発生前1週間の降雨量は、6月16日に21.5mm/日、17日に58.0mm/日の降雨量が観測されている。また、本事故発生前後では、19日15時から降雨量が観測され始め、同日20時に最大の59.5mm/時の降雨量が観測された後、漸減し翌20日3時には0mm/時となっている。

（付図6 本事故発生前後の降雨量 参照）

(2) 風

同社の箱根湯本駅、強羅駅に設置されている風速計の記録によれば、6月19日17時～21時の風速は、箱根湯本駅で2～6m/s、強羅駅で2～4m/sであった。また、本事故発生前直近の6月10日から本事故発生までの間に強風による運転休止等を行われていなかった。

なお、気象庁によれば、箱根町が台風第4号の風速25m/s以上の暴風域に入っていたのは、6月19日21時ごろ～20日1時ごろであった。

(3) 地震

本事故現場を含む箱根町では、本事故発生前直近の6月10日から本事故発生までの期間に、震度2以上の地震は観測されていない。

3 分析

3.1 脱線に関する分析

3.1.1 本件列車が岩塊と衝突した位置及び時間

2.1(1)で記述したように、本件運転士が8k914m付近にある電柱付近の左右のレールの間に岩塊を視認したと口述していること、また、2.4.1(3)で記述したように、まくらぎNo.19(8k912m付近)から本件列車停止時に岩塊があった箇所に掛けて打撃痕及び擦過痕が連続していることから、本件列車は8k912m付近で岩塊と衝突したと推定される。

本事故発生時刻は、2.1(1)で記述したように、本件運転士が本事故発生時に客室から漏れる明かりで時計を見たら20時37分ごろだったと口述していること、また2.3.4で記述したように、軌道回路の動作記録から本件列車が本事故現場を通過したのは20時36分ごろであることから、20時36分ごろであったと推定される。

3.1.2 脱線に至る経過

2.4.1(1)で記述したように、まくらぎNo.18(8k913m付近)付近の左右のレール頭頂面上に、それぞれ頭頂面の右側から左側にかけて車輪によるものと思われる線状の傷が認められること、また2.4.1(2)で記述したように、同No.16から脱線した本件車両前台車第1軸の右車輪の停止位置にかけて、まくらぎ上に線状の傷が連続して認められることから、本件列車は、まくらぎNo.18付近で脱線したものと考えられる。また、脱線時の本件列車先頭はまくらぎNo.15付近(8k914m付近)であったと考えられる。本件列車は、3.1.1で分析した本件列車が岩塊と衝突した位置から2m程度走行した後に脱線したと考えられる。

2.3.1(3)で記述したように、本件列車が衝突した岩塊はほぼ直方体に近似できる形状であり、その短片は約400mmである。この値は、2.3.2(2)で述べたまくらぎ上面からレール頭頂面までの高さ、2.3.3で述べたレール頭頂面から水タンク底面までの高さを合わせた値とおおむね同じ値である。また、前側水タンクが最も

激しく変形した箇所は、2.4.2(1)で記述したように、水タンク後部であった。さらに、2.1(1)で記述したように、本件運転士は、岩塊と衝突した際に浮き上がったような感じはなかった旨の口述をしている。これらのことから、脱線に至る過程としては、まず、本件列車は岩塊を前側水タンクの下部に接触させながら巻き込み、その直後、何らかの理由により岩塊の向きが変化し、水タンク後部が岩塊に乗り上がるように接触し、その際、本件列車の前側が浮き上がり脱線した可能性が考えられる。その後、本件列車は前台車前側の基礎ブレーキ装置等に岩塊を押し当てながら進行し、脱線後、約9m進んで停止したと考えられる。

3.1.3 見通し距離

本事故現場付近における見通し距離は、2.3.5(1)で記述したように、夜間の晴天時でおおよそ55mであるが、2.1(1)で記述したように、本事故発生当時の見通し距離は、目線の高さで約10m、軌道敷はよく見えない状態であったと本件運転士が口述している。このことは、本事故発生時の見通し距離は、通常よりも著しく短かったことを示しており、この理由としては、本事故発生時に事故現場付近を通過していた台風第4号による降雨の影響があったものと推定される。

3.1.4 停止までの距離

2.1(1)で記述したように、本件運転士は速度約20km/hで力行運転中に、約7m前方の左右のレールの間に岩塊があることに気が付き、直ちに非常ブレーキを動作させている旨を口述している。また、3.1.2で分析したように、本件列車は岩塊と衝突してから約11m、脱線してから約9m進んで停止したと考えられる。さらに、2.3.5(2)で記述したように、本件列車の非常ブレーキによる制動距離は、空走時間分を含めて直線下り80%勾配において14mであることから、本事故現場のように上り勾配で、かつ急曲線の区間では、その試験値よりも短い距離で停止可能と考えられる。しかし、本事故発生時の列車速度及び衝突・脱線してから本件列車が停止するまでの距離を考えると、非常ブレーキが動作したのは、本件列車が岩塊と衝突する前後であった可能性が考えられ、さらに、3.1.3で分析した本事故発生当時の見通し距離を考慮すると、非常ブレーキを動作させても岩塊との衝突は避けられなかったと考えられる。

3.2 落石に関する分析

3.2.1 落石の発生時刻

落石の発生時刻は、2.3.4(1)で記述したように大平台駅を20時25分に出発した上り列車が、事故現場付近を異常なく走行した20時28分ごろから、3.1.1で

分析した本件列車が事故現場に差し掛かった20時36分ごろまでの間であったと推測される。

3.2.2 落石の発生源

3.1.1の分析で記述したように、本件列車が岩塊と衝突したのは8k912m付近と推定される。また、2.4.3に記述したように、8k916m付近の土留壁上方の自然斜面中には、草等が折れた範囲が連続して認められ、その延長線上には落ち葉等の堆積が認められない窪みがあった。この窪みの長さとは幅は、2.3.1(3)で記述した本件列車が衝突した岩塊の2辺とおおむね同じ大きさである。これらのことから、本件列車が衝突した岩塊はこの窪みから落下した可能性があると考えられる。なお、2.3.1(3)で記述したように、本件列車が衝突した岩塊には苔が付着していたこと、窪みの深さに対して岩塊の大きさが大きいことから、岩塊は地表面に露出していたと推定される。なお、この窪みがある場所は、同社が通常全般検査では検査の対象としていなかった非ポケット式落石防止網の最下端部に位置していることから、岩塊が安定性を失って落下することは防げなかったと推定される。

3.2.3 落石の発生原因

本事故発生時には、台風第4号が東海地方～関東甲信地方を通過しており、2.6.2(1)で記述したように、同社の箱根湯本駅に設置されている雨量計では、本事故発生前後の時刻で、52.5mm/時の雨量が観測されている。さらに、本事故現場を含む箱根町は、同時刻ごろに台風第4号の風速25m/s以上の暴風域に入った可能性があると考えられる。また、2.6.2(1)で記述したように、アメダス観測所（箱根）での観測結果によれば、本事故発生前の直近1週間の間には、合わせて94mmの降雨量があった。このような気象条件下で、同社の鉄道線では、本事故以外に列車の運行に支障する落石は発生しておらず、また、本件列車が衝突した岩塊の発生源と考えられる箇所付近には、2.4.3で記述したように、表面水による明瞭な浸食は認められなかった。さらに、今回の落石の発生源に関しては、2.3.6(2)で記述したように、斜面検査における記録がない範囲であるため、本件列車が衝突した岩塊の元の状態は不明である。そのため、斜面から落下した原因を特定することはできないが、3.2.2で記述したように本件列車と衝突した岩塊は斜面に露出していたと推定されることから、岩塊の周辺土砂が、ある程度の期間を通して降雨により徐々に流出し、これに台風第4号に伴う降雨が加わった結果、安定性を失って斜面下方へ落下した可能性があると考えられる。

3.3 豪雨時の運転取扱いに関する分析

2.3.4(2)で記述したように、本事故発生前に、同社では雨及び台風に対する警戒を実施していた。2.6.2に記述した本事故発生前の気象観測の結果と比べると、同社が実施した警戒体制等の措置は、同社の基準類に則ったものであったと考えられる。

3.4 斜面の管理に関する分析

3.4.1 斜面管理図の作成

2.3.6(2)で記述したように、本件列車が衝突した岩塊の発生源のすぐ上方の露岩及びそれを覆う非ポケット式落石防止網は、用地境界付近から視認可能であったが、平成20年の特別全般検査の際に作成された斜面管理図には記載されていなかったことから、斜面管理図を作成する際の調査範囲が狭かった可能性が考えられる。また、調査範囲が狭かったことに関しては、2.3.6(2)で記述したように、本来管理すべき箇所が特別全般検査の際に情報として社外の専門家に伝えられていなかったことも原因の一つとして考えられる。

3.4.2 斜面管理図の活用

2.3.6(1)で記述したように、斜面管理図が通常全般検査の際に携行されていなかった場合があり、またその記載内容変更は、新たに防護工が設置された場合や落石等が発生した場合に限られていた。このことについては、斜面に付けられた「落石災害の危険度」の判定区分の意味、例えば「B」は状態観察が必要なこと等が、検査者に十分に理解されていなかったことによる可能性が考えられる。

3.5 落石災害の防止に関する分析

3.5.1 本件斜面における発生源対策

本件斜面の土留壁上方の自然斜面には転石が多く散在している。また、この土留壁と線路との離隔は少なく、落石が発生した場合、線路へ落下する可能性が高いと考えられること、また本件列車が衝突した岩塊は非ポケット式落石防止網の最下端に位置していたことから、これらの不安定岩塊を線路へ落下させないための対策、若しくは万が一落下した場合でも線路への到達を防ぐための対策が必要である。

3.5.2 斜面の管理

通常全般検査は軌道上からの目視によるため、本件斜面では土留壁より上方の斜面の状態は、地形及び植生等に阻害されて確認することが困難であったと考えられる。そのため、本件斜面のような地形、植生条件の斜面では、同社における斜面管理図が検査すべき範囲や検査時に見るべき箇所を明らかにするための基礎資料とし

て重要となると考えられる。

そのため、本件斜面における落石災害再発防止及び類似災害を防止するためには、既設防護工の有無の確認、調査範囲の見直し等を行った上で、現在の斜面管理図の精度を向上させることが必要と考えられる。

3.5.3 運転取扱い

3.1.3 及び 3.1.4 で分析したように、本件運転士は岩塊を左右のレールの上に発見した直後に、非常ブレーキを取り扱ったと考えられるが、本事故発生当時の見通し距離では、左右のレールの上にあった岩塊との衝突は避けられなかった可能性が考えられる。そのため、斜面に不安定岩塊が存在し、かつ防護工がない区間等では、降雨時の見通し距離を勘案した列車速度とする等のソフト対策を行うことも、類似災害の再発を防止する上で有効な対策の一つと考えられる。

4 原因

本事故は、台風第4号に伴う降雨により見通し距離が短い中で、斜面から左右のレールの上に落下していた岩塊に気付いた本件運転士が非常ブレーキを使用した間、間に合わず、本件列車がこれと衝突し、1両目前台車の前側に岩塊を巻き込み、これに乗り上がり脱線したことによって発生したと推定される。

斜面から岩塊が落下したことについては、斜面に露出していたと推定される岩塊の周辺土砂がある程度の期間を通して降雨等により徐々に流出し、これに台風第4号に伴う降雨が加わり、岩塊が安定性を失ったためである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

本件斜面の土留壁上方の自然斜面には転石等が多く散在していることから、これらの不安定岩塊を線路へ落下させないための対策、若しくは万が一落下した場合でも線路への到達を防ぐための対策が必要である。

本件斜面における落石災害の再発防止及び類似災害を防止するための斜面の管理としては、既設防護工の有無の確認、調査範囲の見直し等を行った上で、現在の斜面管理図の精度を向上させることが必要と考えられる。調査範囲の見直しをする上では、万一、落石が発生した場合に、線路に到達する可能性がある範囲の斜面を調査対象と

する必要があることから、斜面管理図を作成する際の調査範囲は、地形を考慮して決定する必要があると考えられる。さらに、検査の際には、斜面管理図を適切に活用することが必要と考えられる。

また、類似災害を防止する上では、斜面に不安定岩塊が存在し、かつ防護工がない区間等における降雨時の運転取扱い等のソフト対策を必要に応じて検討することも有効な対策の一つと考えられる。

5.2 事故後に同社が講じた再発防止策

5.2.1 本件斜面における再発防止

同社は本事故発生後、本件斜面において以下の再発防止策を実施した。

- (1) 同社の社員及び社外の専門家により、周辺斜面の調査を実施した。
- (2) 恒久対策工の実施完了までの間、本事故発生箇所付近の速度を15 km/h以下に制限した。
- (3) 上記(1)の調査結果を踏まえ、恒久対策工として、自然斜面にポケット式落石防止網^{*4}を設置した。

5.2.2 類似災害の再発防止

- (1) 今後、外部の専門家の助言を踏まえ、特別全般検査の実施及び斜面管理手法の見直しを行う。
- (2) 前部標識灯の光源を視認性に優れたLED式に交換することを、その効果を確認したうえで検討することとした。
- (3) 降雨時の対応等についての基準を変更して試行を行い、その効果を確認したうえで異常気象時取扱細則の改訂を行う。

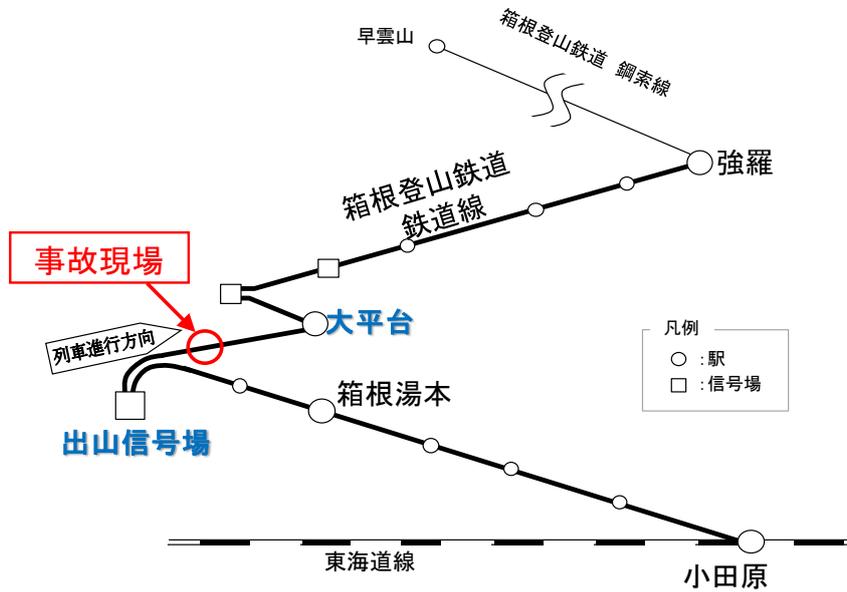
^{*4} 「ポケット式落石防止網」とは、浮き石や転石等が斜面から落下した場合に、線路等に到達させずに、その裏側に入るように斜面に敷設したネットのことで、落石防護工の方式の一つである。

付図1 箱根登山鉄道鉄道線の線路略図

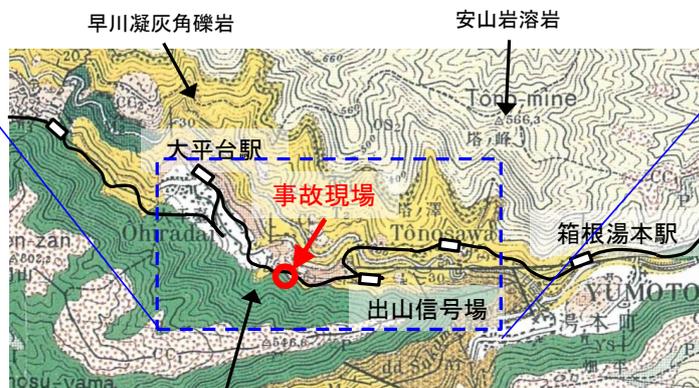
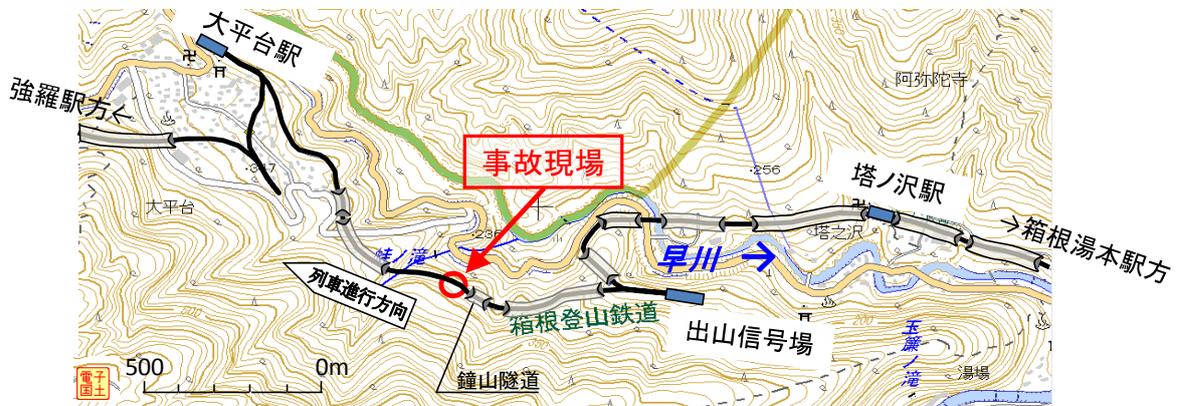
小田原駅～強羅駅間 15.0km(単線・電化)

*小田原駅～箱根湯本駅 6.1km、軌間1,067mm、1,435mm(一部、三線軌条)

*箱根湯本駅～強羅駅 8.9km、軌間1,435mm



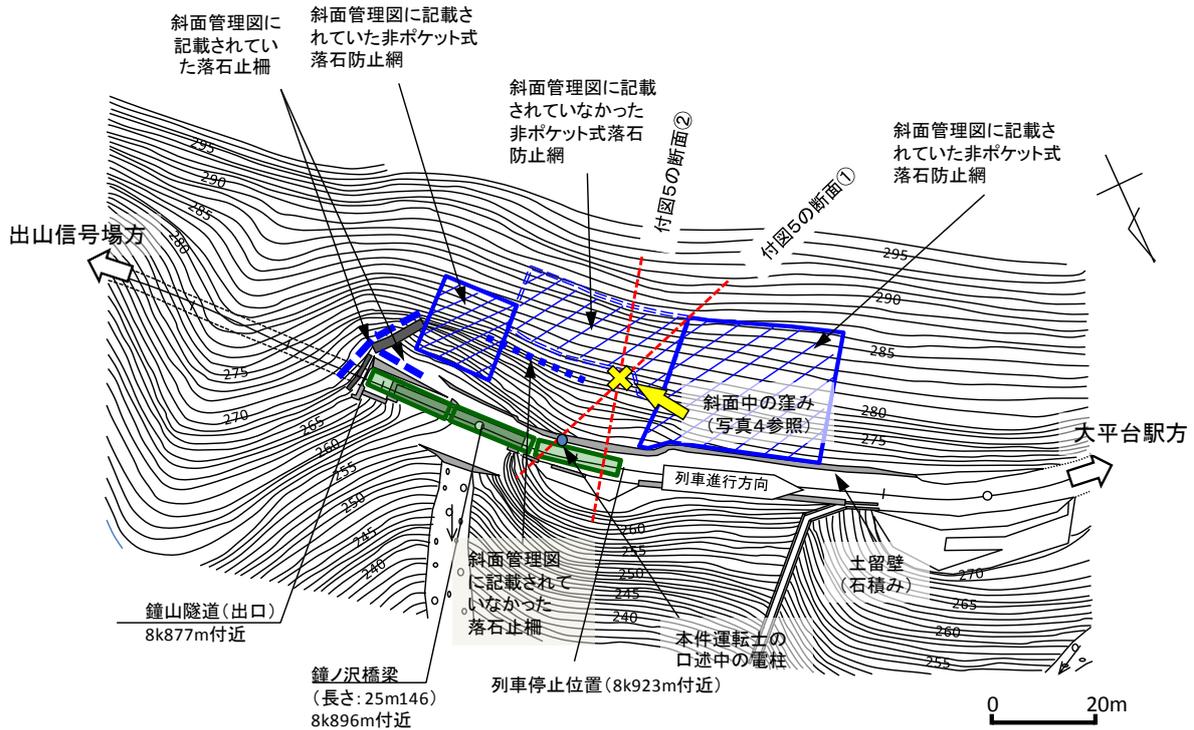
付図2 本事故現場付近の地形・地質



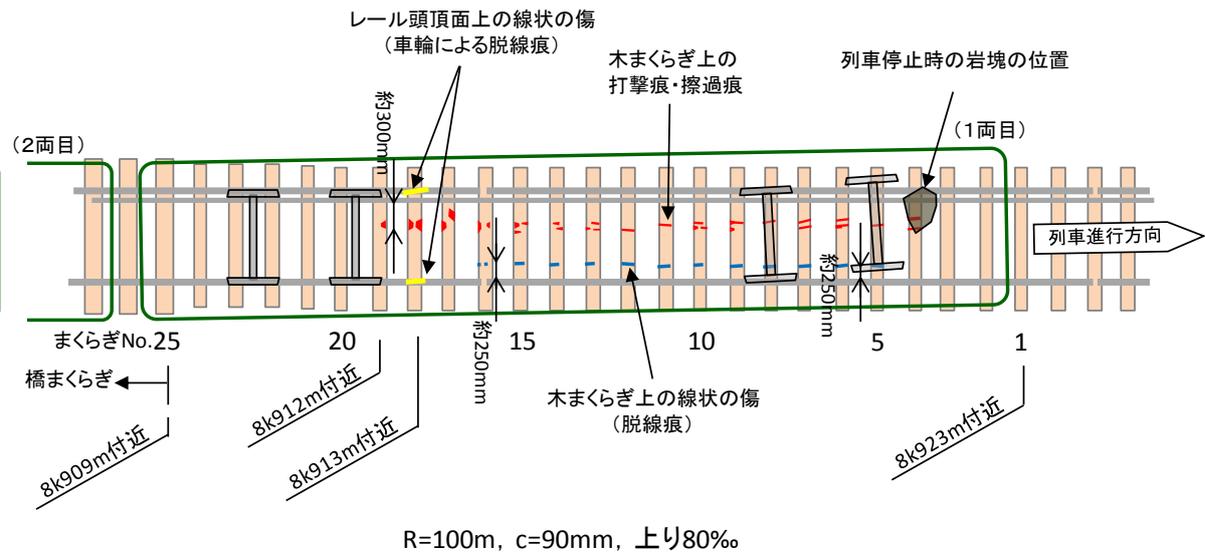
新期外輪山溶岩(安山岩およびデイサイト)

*「通商産業省 工業技術院 地質調査所: 日本地質図大系 関東地方, 朝倉書店, 118p, 1989」に加筆

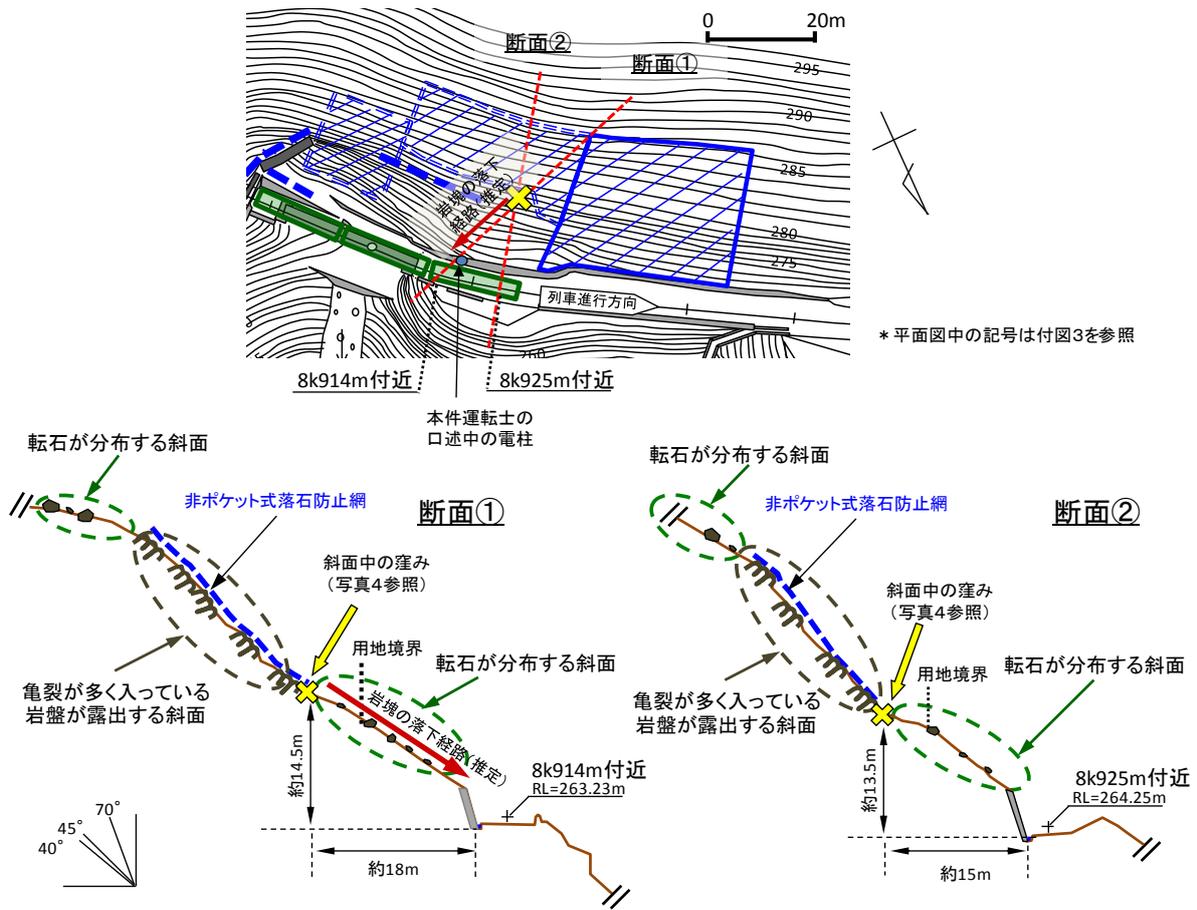
付図3 本事故現場略図



付図4 軌道の主な損傷状況

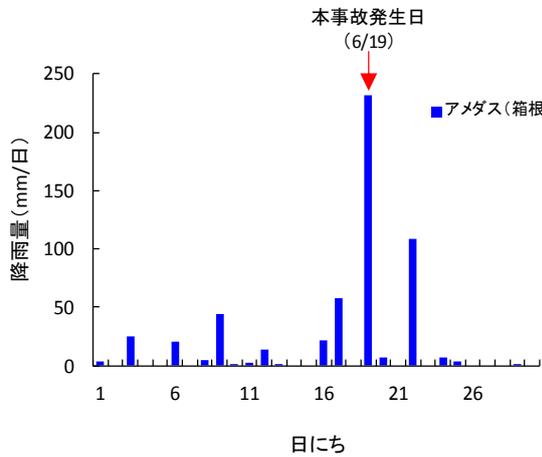


付図5 本事故現場付近の斜面縦断図



付図6 本事故発生前後の降雨量

a) 平成24年6月の降雨量 (アメダス(箱根))



b) 本事故発生前後の降雨量

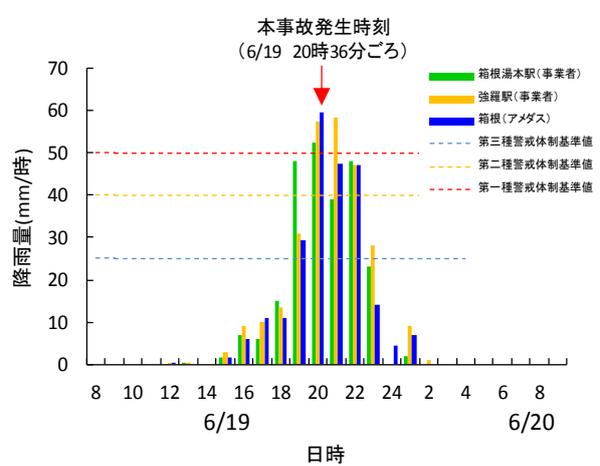


写真1 本事故現場の状況



写真2 脱線の状況

1両目第1軸 右車輪
約250mm左へ脱線



1両目第1軸 左車輪
駆動装置がレール上に乗り、車輪が浮き上がった状態で停止

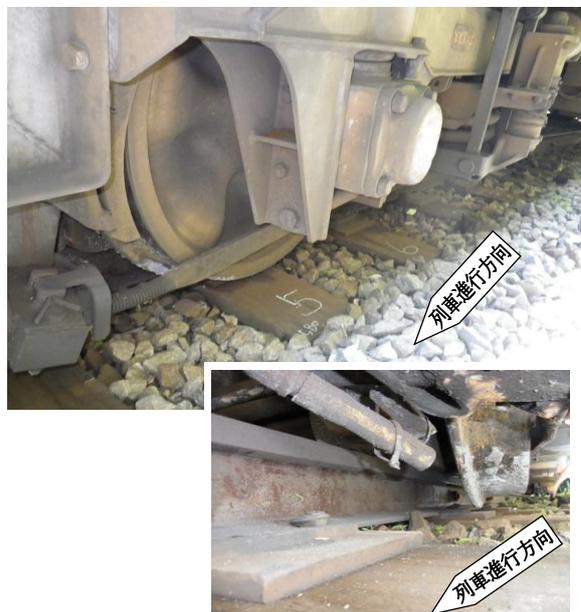


写真3 衝突した岩塊の状況



* 1両目前側水タンクを除去した状態

写真4 本件斜面の状況



写真5 軌道の主な損傷状況

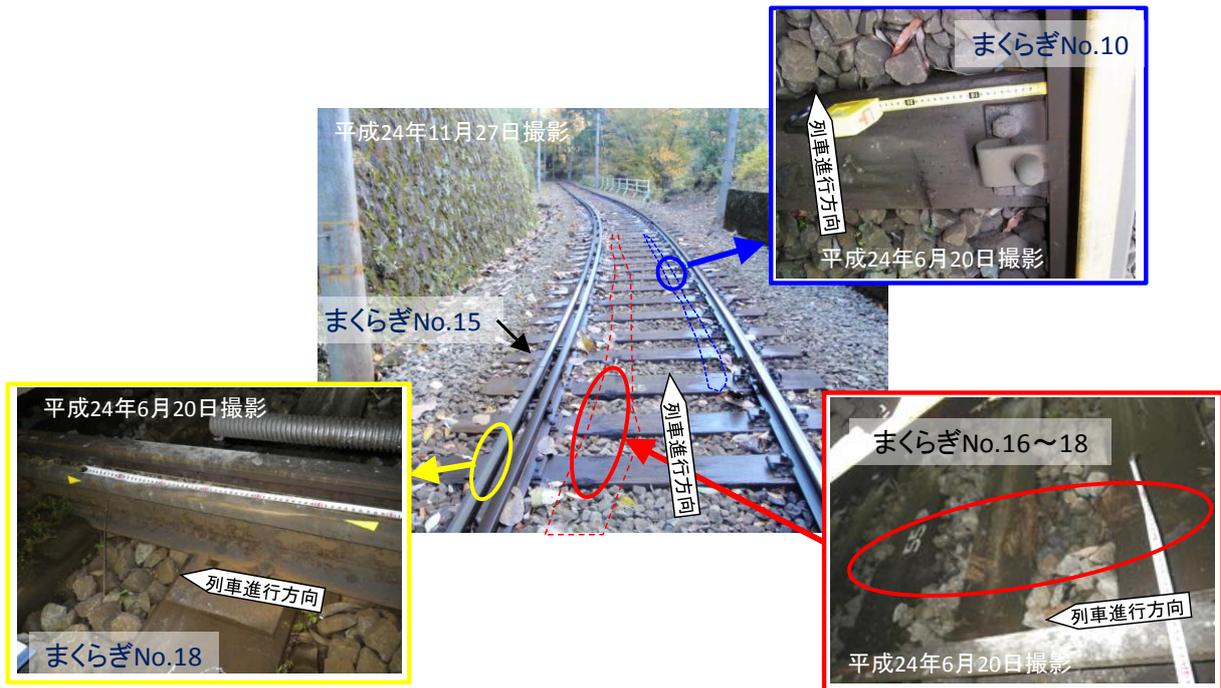


写真6 車両の主な損傷状況

