

鉄道重大インシデント調査報告書

東京急行電鉄株式会社大井町線大井町駅構内における鉄道重大インシデント
（「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等
に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に
係る鉄道重大インシデント）

平成20年 3 月 28日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、本件鉄道重大インシデントに関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法に基づき、航空・鉄道事故調査委員会により、鉄道事故の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 後藤 昇 弘

東京急行電鉄株式会社大井町線大井町駅構内における
鉄道重大インシデント

(「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、
運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、
損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデ
ント)

鉄道重大インシデント調査報告書

鉄道事業者名：東京急行電鉄株式会社

インシデント種類：車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態に係る鉄道重大インシデント）

発生日時：平成18年3月11日 10時54分ごろ

発生場所：東京都品川区

大井町線大井町駅構内

平成20年 2月28日

航空・鉄道事故調査委員会（鉄道部会）議決

委員長 後藤昇弘

委員 楠木行雄（部会長）

委員 中川聡子

委員 松本陽

委員 宮本昌幸

委員 富井規雄

1 鉄道重大インシデント調査の経過

1.1 鉄道重大インシデントの概要

東京急行電鉄株式会社の大井町線大井町駅発二子玉川駅行き5両編成の下り第109運行第101列車は、平成18年3月11日（土）、大井町駅を定刻（10時51分）より3分遅れて10時54分に出発したが、出発後約170m走行し速度約50km/hに達したときに、右側（前後左右は、列車が大井町駅から二子玉川駅へ向かう方向を基準とする。）複数の旅客用乗降口の扉が一時的に開いた。列車の運転士は、運転士知らせ灯が消灯したため、直ちに非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

列車には乗客約200名が乗車していたが、旅客用乗降口の扉が開いたことによる乗客の転落はなかった。

1.2 鉄道重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

本件は、鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」（車両障害）に該当し、列車の走行中に客室の旅客用乗降口の扉が開いた状態で、国土交通省令¹の定める、特に異例と認められるものとして調査対象となったことから、航空・鉄道事故調査委員会は、平成18年3月11日、本重大インシデント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、本重大インシデント調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成18年3月13日、17日、24日 車両調査及び口述聴取

平成18年4月～平成19年1月 車両及び部品調査

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 認定した事実

2.1 運行の経過

2.1.1 乗務員の口述等

本重大インシデント発生前後の経過は、東京急行電鉄株式会社（以下「同社」という。）大井町線大井町駅発二子玉川駅行き5両編成の下り第109運行第101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。）、本件列車の後続列車で本重大インシデント発生時に大井町駅2番線に停車中であった下り第110運行第101列車（以下「後続列車」という。）の運転士（以下「後続運転士」という。）、後続列車に添乗していた二子玉川乗務区助役（以下「乗務区助役」という。）の口述並びに大井町駅のプラットフォームビデオカメラ（同カメラでは、1番線に停車中の列車の旅客用乗

¹ 国土交通省令とは、「航空・鉄道事故調査委員会設置法第2条の2第4項の国土交通省令で定める重大な事故及び同条第5項の国土交通省令で定める事態を定める省令」第2条第6号を指す。

降口の扉（以下「ドア」という。）について、1両目の全て、2両目の一部、3両目の一部、4両目の全て、5両目の一部の状況が確認できる。）の映像記録によると、概略次のとおりであった。

(1) 大井町駅からの出発に際して（1回目の事象）

① 本件車掌の口述

大井町駅1番線において、本件列車の出発時刻（10時51分）になったので、5両目（車両は前から数える。）乗務員室において車掌スイッチ（以下「車掌SW」という。）を操作して、本件列車の右側（プラットフォーム側）のドアを閉じ、車側灯の消灯を確認して運転士に対して出発合図を送った後、閉じたドアがいったん開いて再び閉じた。

② 本件運転士の口述

本件車掌からの出発合図を受けて本件列車を出発させようとして、1両目乗務員室において、運転士知らせ灯²（以下「PL」という。）の点灯を確認してマスコンハンドル³を最大の4ノッチに入れたところ、本件列車が起動する前にPLが消灯したため、直ちに非常ブレーキ位置としたところ、PLが点灯した。

③ プラットホームビデオカメラの映像記録

本件列車は止まったままで、映像に映っている右側複数のドアは約30cm開いて直ぐに閉じていた。

(2) 大井町駅からの出発に際して（2回目の事象）

① 本件車掌の口述

改めて、プラットフォームに下りてドアが閉じていることを確認し、その後、運転士から再度出発合図の要求があったので、もう一度プラットフォームからドアが閉じていることを確認して、出発合図を送った。

② 本件運転士の口述

PLの点灯及び出発合図を確認して本件列車を再度出発させようとマスコンハンドルを4ノッチに入れると、再度PLが消灯したので非常ブレーキ位置にしたところ、PLが点灯した。

③ プラットホームビデオカメラの映像記録

本件列車は止まったままで、映像に映っている右側複数のドアは約20

²「運転士知らせ灯」とは、運転士にドアの開閉状況を知らせる表示灯をいい、全てのドアが閉じているときに点灯し、ドアが1ヶ所でも開いているときに消灯する。パイロットランプ(Pilot Lamp)とも呼ばれている。

³「マスコンハンドル」とは、運転士が列車の加減速を制御するために操作するハンドルをいい、本件列車では、1～4ノッチの力行位置、ニュートラル位置、B1～B7のブレーキ位置及び非常ブレーキ位置に分かれている。

cm開いてすぐに閉じていた。

(3) スイッチ類の点検

本件運転士と本件車掌は、連絡を取り合って車両点検を行うこととし、司令には本件車掌から列車無線で状況を報告した。そのとき、大井町駅2番線に到着した後続列車に添乗してきた乗務区助役が本件列車の5両目乗務員室に来て、本件車掌から状況を聞き、乗務区助役が5両目乗務員室のスイッチ類が所定の位置となっているかどうかの点検を行った。

本件運転士も1両目乗務員室のスイッチ類の点検を行った。この間、本件車掌は、ドアの点検のためドアを開閉するのでドア付近の乗客はドアから離れるよう車内放送を行った。車内放送の終了後、乗務区助役がドアの開閉操作を2回行って通常どおり開閉することを確認した。

(4) 大井町駅からの出発後（3回目の事象）

本件車掌は改めてドアが閉じていることを確認した後、10時54分ごろに本件運転士に対して出発合図を送った。

本件運転士は、PLの点灯及び出発合図を確認してマスコンハンドルを4ノッチに入れて本件列車を出発させたところ正常に起動した。その後、約170m走行し速度が約50km/hになったところでPLが消灯したので直ちに非常ブレーキ位置とした。

また、本件車掌は5両目の右側複数のドアが約60cm開いてすぐに閉じたことを認めた。

なお、本件列車の停止位置は出発位置（1番線の停止位置）から約270mの地点であった。

(5) 非常ブレーキにより停止した後（4回目の事象）

非常ブレーキにより停止した後、本件運転士が1両目乗務員室のスイッチ類を点検したところ、出発直前の点検で「入」位置であることを確認していた制御直流ブレーカーが「切」位置となり、PLが消灯している（同ブレーカーが「切」となるとPLは消灯する構造となっている。）ことを確認した。本件運転士は、同ブレーカーを「入」としたところPLが点灯したので、運転室から見える範囲でドアが閉じていることを確認し、マスコンハンドルを2ノッチに入れて起動試験を試みたところ、本件列車が起動する前にPLが消灯しドアが開く音がしたので非常ブレーキ位置に入れるとPLは点灯した。

(6) 大井町駅1番線への退行運転に際して（5回目の事象）

本件運転士は、走行中にドアが開いたことを司令に報告し、司令からは本件列車は大井町駅1番線まで退行し、以後回送扱いとする旨の指示があつ

た。

このとき、途中で停止している本件列車を不審に思い、大井町駅2番線に停車中の後続列車から駆けつけてきた後続運転士が本件列車の5両目乗務員室に乗り込んできた。

司令からの指示により退行するため、後続運転士は、本件運転士と打ち合わせて、5両目乗務員室で運転することとし、5両目乗務員室のスイッチ類の点検を行い、PLの点灯を確認して、マスコンハンドルを1ノッチに入れて2～3秒後に2ノッチに入れたところドアが開く音がしたため非常ブレーキ位置に入れるとドアは閉じた。本件運転士、本件車掌らによると、このとき1両目及び5両目の右側複数のドアが約10cm開き、本件列車はほとんど動いていなかった。

(7) 大井町駅1番線への退行運転に際して（6回目の事象）

その後、司令からの指示により1両目及び5両目の戸閉ブレーカー（付図4(1)(2)参照）を共に「切」として再度5両目乗務員室で先ほどと同様にマスコンハンドルを1ノッチの後に2ノッチに入れたところ、ドアが開く音がしたので非常ブレーキ位置に入れるとドアは閉じた。本件運転士、本件車掌らによると、このとき1両目及び5両目の右側複数のドアが約10cm開き、本件列車はほとんど動いていなかった。

(8) ドアの施錠による退行運転

本件列車は、1両目及び5両目の戸閉ブレーカーを「切」としたまま全てのドアを施錠して退行することとなった。後続運転士によると、大井町駅に向かつては下り勾配なので、マスコンハンドルを2ノッチに入れてすぐにニュートラルに戻し、惰行により速度約10km/hで大井町駅1番線まで退行したが、この間、戸閉電磁弁が動作した様子は感じなかった。

本件列車は、大井町駅1番線に到着し、11時15分ごろに全乗客の降車完了後、到着した検車係員により各車両の戸閉装置に係る全ての接地スイッチ（Ground Switch、以下「GS」という。）等を「切」とする作業が行われ、全てのドアを施錠のうえ検車係員が添乗して長津田検車区まで回送された。

(9) 乗務員等のドア操作

上記の1回目から6回目までの事象のときには、いずれも、本件運転士、本件車掌、後続運転士及び乗務区助役は、ドアの開閉に係る操作は行っていないと口述している。

(10) 乗客への案内

本件車掌は、3回目の事象の後、大井町駅に戻るまでの間、本件列車はド

ア故障であること、乗客はドアから離れること、ドアを施錠して大井町駅に戻る等々の案内を適宜行ったと口述している。

(付図1、2、3及び写真3、4参照)

2.1.2 長津田検車区における状況

本重大インシデント後、長津田検車区に当日の13時34分ごろに到着した本件編成（本件列車の5両編成をいう。以下同じ。）の状況を調査した同社検修課課長補佐の口述によると、概略次のとおりであった。

- (1) 回送のため「切」とされていたGS等を正規の状態に戻した後、1両目乗務員室において、本件列車と同一の運転方向でマスコンハンドルを操作して試みた。（7回目の事象）

マスコンハンドルを1ノッチに入れて起動したところ、正常に起動してドアは開かず、2ノッチ以上に入れると右側全てのドアが少し開いてPLが消灯したたので、直ちにマスコンハンドルをニュートラルに戻すとドアは閉じた。

- (2) 5両目乗務員室において、本件列車と反対の運転方向でマスコンハンドルを操作して試みた。（8回目の事象）

マスコンハンドルを1ノッチに入れて起動し、戸閉安全リレー（以下「戸安リレー」という。）の動作音により速度が約5km/h以上となったことを確認して2ノッチにすると、右側全てのドアが約60cm開いて制御直流ブレーカーが動作して「切」となり、ドアが閉じた。

- (3) これらのことから、2ノッチ以上のときに電圧が加圧される2線（電気配線は番号が付されて管理されている。）と右側戸閉指令線である111線の短絡が疑われたので、各車両の栓受を確認することとした。5両目後端の栓受は、蓋がしっかり閉じられており、この蓋を開けたところ、栓受内部に水滴と接触片間の絶縁板表面に汚損（以下「リーク痕」という。）が認められた。

水滴は、下部に溜まっているという状況ではなく、主に上部で結露しているような状況であった。

リーク痕は、2線接触片（2線が接続されている接触片をいう。以下同様に表記する。）と111線接触片間、2線接触片と112線（左側戸閉指令線）接触片間、4線（本件列車と同一の運転方向のときに電圧が加圧される。）接触片と121線（右側再開閉指令線）接触片間の3ヶ所にあり、そのうち2線接触片と111線接触片間のものは焼損にまで至っていると見られ、当日の15時30分ごろに測定したところ絶縁抵抗は0.16Ωと短絡

状態であった。

なお、本重大インシデントの発生時刻は10時54分ごろであった。

(写真1、2、3、4参照)

2.2 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 37歳

甲種電気車運転免許

平成12年2月10日

本件車掌 男性 34歳

後続運転士 男性 34歳

甲種電気車運転免許

平成17年8月1日

乗務区助役 男性 53歳

2.3 鉄道施設に関する情報

同社の大井町線二子玉川駅～大井町駅間10.4kmは複線で二子玉川駅で田園都市線と接続している。大井町駅には1番線と2番線があり、プラットホームは島式構造となっており、プラットホームの状況はビデオカメラにより録画されるようになっている。本重大インシデント後に本件列車が停止した位置から大井町駅に向かっては5‰、3.2‰及び1‰の下り勾配が続いている。

2.4 車両に関する情報

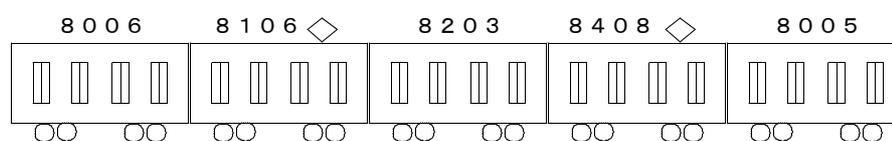
2.4.1 概要

車種 直流電車 (DC1,500V)

編成両数 5両

編成定員 704名 (座席定員294名)

記号番号



←列車進行方向

2.4.2 定期検査等に関する情報

新製 昭和45年3月31日

重要部検査 平成16年6月22日

月検査 平成18年1月5日

列車検査 平成18年3月9日

本件編成の各車両にかかる直近の定期検査の記録に、ドアの開閉に関する異常は

記録されていなかった。

2.4.3 本件編成の当日の運行状況

本件事象（2.1.1及び2.1.2で記述した8回の事象をいう。以下同じ。）発生日（3月11日）の本件編成の運行は、6時16分に前夜から留置されていた田園都市線鷺沼駅を二子玉川駅に向けて出発し、その後、大井町線二子玉川駅～大井町駅間の往復運転を繰り返していたが、本件事象発生に至るまで、ドアに関する異常はなかった。

（付図1参照）

2.5 ドアに関する情報

2.5.1 概要

本件編成の各車両には、引き戸式の2枚扉のドアが片側に4ヶ所ずつ設置されている。各ドアは、ドア毎に設置されている戸閉電磁弁を通じて送られる圧縮空気によって開閉される。戸閉電磁弁は最後部の車両に設置されている戸閉装置によって右側又は左側のドアが一括して電氣的に制御され、戸閉電磁弁に電圧（+100V）が加圧されるとドアが開く構造となっている。

2.5.2 戸閉装置等の電気回路の概要

本件編成の右側ドア用戸閉装置の電気回路の概要を付図4(1)及び(2)に示す。戸閉装置には図示したほかに、再開閉回路⁴及び非扱い回路⁵があるが、2.1.2(1)及び(2)で記述するように右側全てのドアの誤動作と見られることから、ドアを個別に操作するこれらの回路は本件事象とは関係ないものとみなして図からは除外した。

また、速度検出部及び速度発電機は1両目にも5両目と同様に設置されているが、これらの装置は後部車両のものが使用されるため、5両目のものだけ記載した。

なお、戸閉回路ではないが、2.1.2(3)及び2.6.2で記述する栓受内部での2線接触片と111線接触片間の短絡に関する調査が必要であることから、2線に接続するマスコン、制御直流ブレーカーの回路を図に記載した。

GSは車両床下に設置されており、通常は「入」の状態で使用され、検査時等に

⁴「再開閉回路」とは、ドアを閉じる際に旅客の荷物等がドアに挟まれたとき、そのドアだけをいったん開くように制御する回路をいう。

⁵ 大井町線には、プラットホームの長さの短い駅があるため、この駅において、車掌スイッチを操作してもプラットホームに架からないドアについて開くことを抑止するための回路を「非扱い回路」という。

「切」とされる。2.1.1(8)で記述した本件編成の回送時にはこのGSが全て「切」とされた。

2.5.2.1 停車中の回路

付図4(1)は停車中にドアが閉じられているときの状態の回路を示す。

ドアを開く場合は車掌SWを「開」側に操作すると、5両目の+100V端子から、戸閉ブレーカー、車掌SW、戸安リレーの端子1B、1C、戸閉安全装置切放スイッチ（以下「戸安切放SW」という。）の端子1A、1Cを経由して111線に電圧が加圧される。

1両目から5両目まで引通されている111線（右側戸閉指令線）に電圧が加圧されることにより、ドアごとに設置されている全ての戸閉電磁弁に電流が流れ、全ての右側ドアが開く。車掌SWを「閉」側に操作すると111線が無加圧となるので全ての右側ドアは閉じる。なお、車掌SWは「開」側「閉」側いずれの状態においてもその接点は機械的に保持される構造となっている。

戸安切放SWは、速度検出部の故障や戸安リレーの接点の固着等で、列車が停車中にもかかわらずドアの開閉ができないときに「切」側に操作して速度検出部への電源の供給を絶つとともに、車掌SWと111線を直接接続してドアの操作を可能とするためのものである。

（付図4(1)及び写真2、3、4、5、6参照）

2.5.2.2 走行中の回路

付図4(2)は、走行中（速度約5km/h以上の状態をいう。以下同じ。）でマスコンが2ノッチ以上（2～4ノッチ）の状態の回路を示す。

列車が出発して、速度発電機からの信号が約5km/h以上となったときは、速度検出部からの信号により5両目及び1両目の戸安リレーが動作して、双方の戸安リレーの接点が「走行中」側に転換されて5両目の戸安リレーの端子1B～1C間の接点は開放されるため、車掌SWを「開」側に操作しても111線に電圧が加圧されることはなくなる。また、5両目及び1両目の双方において、戸安切放SWの端子1C、1A、戸安リレーの端子1C、1Aを経由して111線と車体接地線（電源の負極）を短絡し、戸閉電磁弁に流れる電流をバイパスして動作しないようにする回路（5両目及び1両目のこの回路を、以下「バイパス回路」という。）が構成される。

バイパス回路の抵抗は戸閉電磁弁の抵抗に比べて十分に小さいことから、何らかの異常により、走行中に111線に電圧が加圧された場合にもバイパス回路にほとんどの電流が分流され、戸閉電磁弁には動作するほどの電流が流れず、ドアが開か

ない回路となっている。

図中のマスコンは、運転室においてマスコンハンドルを2ノッチ以上（2～4ノッチ）としたときに接点が閉じられて、2線には制御直流ブレーカーを経由して+100Vの電圧が加圧される。

（付図4(2)及び写真2、3、4、5、6参照）

2.5.3 戸閉装置の各スイッチ等の構造等に関する情報

2.5.3.1 戸閉電磁弁

戸閉電磁弁のコイルは、1ドアあたり抵抗値が約530Ωで+100Vを加圧した場合の電流は約0.19Aとなる。したがって5両編成における片側のドア数である20個並列接続時は、抵抗値が約26.5Ωで電流は約3.8Aとなる。

2.5.3.2 戸安リレー

戸安リレーのコイルは定格電圧DC100V、抵抗値2kΩである。接点は定格電圧DC250V、定格通電電流DC10Aである。付図4(1)及び(2)に記載の同リレー端子1C～1B間、1C～1A間の接点は、図では1接点で示しているが、実際は2接点が並列で使用されている。また接点の構造は接点が2分割されているツイン接点（写真5参照）となっており、合計4接点が並列で使用されていることから、これら4接点のうち1接点でも正常に導通が確保されればバイパス回路の機能が確保され、走行中にドアが開かない構造となっている。

また、動作時に接点同士がしゅう動する構造となっており、材質は銀合金である。接点同士がしゅう動すると、接点が動作する度に接触面の酸化皮膜や硫化皮膜（両方の皮膜を合わせて、以下「皮膜」という。）を微量に擦り取り、接触抵抗の増加を抑えることが期待できる。なお、これらの皮膜はある程度の電流が流れると分解する性質がある。

本件編成の1両目及び5両目の戸安リレーは、いずれも平成13年から使用されているものであった。

（写真5参照）

2.5.3.3 戸安切放SW

戸安切放SWは、ツマミを回転させて「入」又は「切」とするカムスイッチである。定格電圧はAC600V、定格通電電流はAC40Aである。接点は、ばねで押し付けられて「入」となり、カムに押されて「切」となり、1回路には2接点が直列接続される構造となっている（写真6参照）。接点は曲面形状であり、「入」「切」の動作時に、接点同士がしゅう動する構造とはなっていない。なお、接点の

材質は母材が銅で表面は銀である。

戸安切放SWは運転室上部の戸閉安全装置（以下「戸安装置」という。）の金属製ケース内に設置されているが、スイッチ自体は気密構造とはなっていない。

また、戸安切放SWは、「切」側に操作すると走行中でも、車掌SWを「開」側に操作するとドアが開くこととなるため、通常は同SWのツマミは「入」側で封印されており、2.5.2.1で記述したように、速度検出部の故障時等以外には操作されることはなく、定期検査では3ヶ月に1度の月検査において「入」「切」の操作確認が行われることとなっている。

なお、本件編成の1両目及び5両目の戸安切放SWは、いずれも平成3年から使用されているものであった。

（写真6参照）

2.5.3.4 制御直流ブレーカー

制御直流ブレーカーは、定格電流が10Aであり、定格以上の電流が流れた場合には、電流に応じて一定時間後に動作する構造となっている。

本件編成の1両目に設置されていた制御直流ブレーカーの動作時間をメーカーAにおいて測定した結果は、次のとおりであった。

| 最小動作電流 | 12.2 A |
|--------|--------|
| 通電電流 | 動作時間 |
| 20 A | 3.4 秒 |
| 30 A | 1.2 秒 |
| 40 A | 6 秒 |
| 50 A | 2 秒 |
| 60 A | 1 秒 |

なお、動作特性曲線による動作時間は、20Aでは約20～約60秒、60Aでは約0.08～約2秒、100Aでは約0.02～約0.1秒となっている。

（写真4参照）

2.6 栓受に関する情報

連結された各車両の電気配線の一部は、各車両の栓受を通して1両目から5両目まで引き通されている。

本件編成5両目後端の栓受（以下「本件栓受」という。）は、ゴム製のガスケットを介して蓋により覆われる防水構造となっている。本件栓受の開口面は鉛直方向であり、蓋は開口面上端のヒンジを中心に回転し、閉じる場合は開閉レバーにより開口面に密着させ、その状態が機械的に保持される構造となっている。本件栓受は、通常は

使用しないため、蓋により閉じられている。

本件栓受内の接触片は、銅の母材に銀メッキを施したものが使用されており、直径は通電電流に応じて10mm又は7mmとなっている。接触片相互の離隔距離は最小が8.15mmとなっており、絶縁板にはフェノール樹脂が使用されている。

(写真1、2参照)

2.6.1 本件栓受の検査

同社によると、栓受は3ヶ月に1度の月検査で蓋を開けての栓受内部の目視検査を行うこととしており、本件栓受については平成18年1月5日に直近の検査が実施され、記録に異常は記載されていなかった。

2.6.2 本件事象後の栓受内部の状況

本件栓受内部には、水滴及び2線接触片と111線接触片間、2線接触片と112線接触片間及び4線接触片と121線接触片間の3ヶ所において、絶縁板表面にリーク痕が認められた。特に、2線接触片と111線接触片間の絶縁板は一部が焼損炭化しており、当該接触片上方の栓受内面には煤が付着していた。

本件編成の全ての栓受内部の状況を確認したが、本件栓受以外には、水滴やリーク痕などの異常は認められなかった。

本件栓受内部のリーク痕があった3ヶ所において接触片間の絶縁抵抗を測定したところ、結果は次のとおりであった。

2線接触片～111線接触片間 1.4Ω (2.1.2(3)で記述したように、本重大インシデント発生当日の3月11日に測定した結果は0.16Ωであった。)

2線接触片～112線接触片間 5KΩ

4線接触片～121線接触片間 無限大

(以上は、3月13日の状況である。)

(写真2参照)

2.7 気象に関する情報

当時の現場付近の天気 晴れ

2.8 運転取扱いに関する情報

同社では、停車中に車掌SWが「閉」位置でドアが誤動作により開いた場合の処置に関するマニュアルを定めていなかった。

2.9 再現試験

2.6.2で記述した栓受の絶縁抵抗測定の後3月13日に、本件編成の1両目乗務員室及び5両目乗務員室において、それぞれマスコンハンドルを操作して再現試験を試みた。

- (1) 主電動機の電源のみを切り、本件編成を停止したままの状態（戸安リレーを動作させずに）、マスコンハンドルを1ノッチに入れて、その後2ノッチにすると、それと同時に右側全てのドアが開き、1ノッチに戻すとこれら全てのドアが閉じた。1両目での試験及び5両目での試験のいずれにおいても同様であった。
- (2) マスコンハンドルを1ノッチに入れて起動したときは、1両目での試験及び5両目での試験のいずれにおいてもドアは開かなかった。
- (3) マスコンハンドルを1ノッチに入れて起動して実際に走行させ、戸安リレーの動作により速度が約5km/h以上となったことを確認してから2ノッチに入ると、それと同時に制御直流ブレーカーが動作して「切」となり、ドアは開かなかった。1両目での試験及び5両目での試験のいずれにおいても同様であった。なお、その後の調査期間中に同様の試験を何度か行ったが、走行中にドアが開く事象は発生しなかった。

2.10 本件栓受の調査

2.10.1 気密試験

本件栓受に対し、蓋を正常に閉じた状態で、日本鉄道車輛工業会規格（JRIS E 4202「鉄道車両—ジャンパ連結器」）の規定に準拠して、0.01MPaの内圧を加えて空気漏れの有無を確認する方法で気密試験を行ったが、空気漏れは認められなかった。

2.10.2 分解調査

本件栓受の配線、接触片、絶縁板等を全て外して栓受内部の状況を調査した。水の形跡については栓受開口面側に対して栓受深部の方が少ない状況であった。また、絶縁板表面以外にリーク痕は認められなかった。

2.10.3 絶縁板表面のリーク痕の調査

2.6.2で記述したリーク痕のあった3ヶ所について、絶縁板表面の成分分析を行ったところ、いずれの箇所からも炭素のほか、接触片の材質である銀及び銅が検出された。なお、銀及び銅は絶縁板材質のフェノール樹脂には存在しないものである。

(写真 2 参照)

2.10.4 本件栓受に関するアンケート調査

同社は、検車係員に対し、平成 17 年 10 月以降に本件栓受が開いていたこと
の目撃情報等のアンケート調査を実施したが、目撃情報は得られなかった。

(写真 1 参照)

2.1.1 本件編成の右側ドア用戸閉装置各機器等の調査

2.11.1 配線の調査

(1) 引通し線の絶縁状況の調査

2.6.2で記述したように、本件栓受内部では 2 線接触片と 1 1 1 線接触片
の間で短絡が生じていたことから、本件栓受に通じている配線を直近の接
続箱において全て取り外し、残りの 1 両目から 5 両目まで引き通されてい
る各引通し線同士及び各引通し線と車体間の絶縁抵抗を測定したが、全て
同社の整備基準値である 0.05 MΩ 以上であり、異常は認められなかつ
た。

(2) 車体内の配線抵抗の調査

車体内各配線について戸閉回路及び 2 線、1 1 1 線の引通し線等の戸閉回
路に係る配線の配線抵抗（配線途中の端子盤等における配線同士の接続
点の抵抗を含む。以下同じ。）を測定したが、抵抗値は十分小さく、異常は
認められなかった。

2.11.2 戸閉電磁弁

各車両の戸閉電磁弁について、外観検査、最小動作電圧を測定したが、異常は認
められなかった。最小動作電圧については、いずれも約 35 V であった。

なお、ドアが（片側約 30 cm ずつ）約 60 cm 開くのに要する時間を測定したが、
電圧が約 50 V 以上ではほぼ一定で約 1 秒であり、約 40 V では約 2 秒であつた。
なお、約 60 cm 開いたドアが閉じるのに要する時間は約 1 秒であつた。

2.11.3 車掌 SW

1 両目及び 5 両目の車掌 SW について操作状況及び接点の状況を調査したが、異
常は認められなかった。

2.11.4 速度検出部

1 両目及び 5 両目の速度検出部の最小動作電圧を測定したところ約 40 V であつ

た。動作状況については、列車の速度が約5 km/h以上となった場合に動作することを確認し、本重大インシデント後の調査期間中に誤動作は認められなかった。

2.11.5 戸安リレー

1両目及び5両目の戸安リレーの状況を調査した。

(1) 動作電圧及びコイルの抵抗値

最小動作電圧は43.4 V及び44.1 V、復帰電圧は17.0 V及び16.5 VでありメーカーBの規格値（最小動作電圧は60 V以下、復帰電圧は10 V以上）の範囲内であった。

コイルの抵抗値は2,079 Ω及び2,130 Ωであり、メーカーBの規格値（2,060 Ω±5%以内）の範囲内であった。

(2) 接点の状況

接点には大きな傷などの異常は認められなかった。

(3) 接点の接触抵抗

接点の接触抵抗は13.3～26.5 mΩであり、メーカーBの規格値（30 mΩ以下）の範囲内であった。

(写真5参照)

2.11.6 戸安切放SW

1両目及び5両目の戸安切放SWの状況を調査した。

(1) ばねの状況等

接点を押し付けるばねの押し付け力は、メーカーCの定める規格値の範囲内であり、異常は認められなかった。また、戸安切放SWの操作状況に異常は認められなかった。

(2) 接点の状況

接点表面には接点同士の接触痕は認められたが、大きな損傷は認められなかった。なお、接点表面の成分分析を行ったところ、酸素及び硫黄が検出された。

(3) 接点の接触抵抗

1両目及び5両目の戸安切放SW各接点の接触抵抗は1.1～30 mΩでありメーカーCの規格値（40 mΩ以下）の範囲内であった。

(写真6参照)

2.11.7 走行試験

本件編成を使用して、大井町線二子玉川駅～大井町駅間を営業運転と同じ速度及

び運転パターンで3往復し、速度検出部や戸安リレー等主要機器の動作状況、主要部位の電圧、振動加速度等を測定した。結果は、主要機器の動作状況に問題はなく、速度検出部等を誤動作させるような異常な電圧や波形も測定されなかった。

2.11.8 戸装置に対するエージング試験及び振動耐久試験

速度検出部、戸安リレー、戸安切放SWが一体として組み込まれている1両目及び5両目の戸装置に対してエージング試験、及び振動耐久試験を実施したが異常は認められなかった。

(写真4参照)

3 事実を認定した理由

3.1 本件栓受に関する解析

3.1.1 本件栓受内部への水の侵入に関する解析

2.1.2(3)で記述したように、当日(3月11日)、長津田検車区に回送されてきた本件編成の本件栓受は、蓋が正常に閉じられ内部に水滴が認められたと口述されていることから、本件事象発生時には本件栓受内部に水が封じ込められていたものと考えられる。

2.6.2で記述したように、本件編成において本件栓受以外の栓受内部に水の侵入が認められなかったことから、本件栓受内部に水が封じ込められていたことは、結露によるものではないものと考えられる。

2.10.1で記述したように、本件栓受の気密性については問題が認められなかったことから、蓋が正常に閉じられた状態では本件栓受内部に水は侵入しなかったものと推定される。

これらのことから、本件栓受内部に水が封じ込められていたことについては、過去において蓋の閉じ方が不完全であった時期があり、その時期に水が侵入し、その後の点検等の際に蓋が正常に閉じられたことによる可能性が考えられる。

なお、2.6.1で記述したように、本件栓受に係る過去の検査記録に異常は認められなく、2.10.4で記述した同社が行った検車係員へのアンケート調査においても、本件栓受が開いていたことを見たことがある等の目撃情報もなかったことから、本件栓受内部に水が侵入した具体的な経緯については明らかにすることができなかった。

いずれにせよ、栓受内部には電気絶縁特性の低下を招く水等の侵入がないように

管理を徹底することが重要である。

3.1.2 本件栓受内部の接触片間が絶縁不良に至ったことに関する解析

2.10.3で記述したように、接触片間の絶縁板表面からは接触片の材質と同じ銀及び銅が検出され、これらは絶縁板の材質であるフェノール樹脂には含まれていないことから、本件栓受内部に水が封じ込められた環境において、接触片間の電位差による電界により複数の接触片間でイオンマイグレーションが発生したものと推定される。

このうち、2線接触片と111線接触片間ではイオンマイグレーションの進展に伴い微少なアークが繰り返されることによる発熱で絶縁板が徐々に炭化して絶縁が劣化し、最終的に接触片間の短絡に至ったものと推定される。

なお、イオンマイグレーションとは、大気中の水分と電極間の直流電界により銀などの電極金属が絶縁部に溶け出して拡散する現象をいう。イオンマイグレーションが発生すると、電極（陽極）から溶け出した金属陽イオンは他の電極（陰極）に向かって成長し、最後には両電極間は短絡する。この過程は複雑であり、また、大きな発熱を伴うことから、有機系の絶縁材等は炭化（グラファイト化）することがあり、これによっても電極間の電気特性は大きく変動する。また、これらの現象は湿度や使用環境によっても影響を受けるため、電極間の電気特性はさらに不安定で変動しやすいものとなる。イオンマイグレーションは炭化とともに、電気機器の短絡事故や電気火災の原因として知られている。

（写真2参照）

3.2 本件編成の起動前にドアが開いた事象に関する解析

本件事象のうち、2.1.1(1)、(2)、(5)、(6)及び(7)に記述した事象では、いずれも列車の走行速度が約5km/h以下であり、戸安リレーが停車中の状態（付図4(1)の状態）であったものと推定されることから、マスコンハンドルを2ノッチ以上に入れて2線に電圧が加圧された際に、3.1.2で記述した接触片間の短絡によって、111線に電流が流入して戸閉電磁弁側の回路のみに電流が流れ、戸閉電磁弁が動作して本件編成右側全てのドアが開き、PLの消灯により運転士がマスコンハンドルを非常ブレーキ位置としたため、2線及び111線への電流が絶たれてドアが閉じたものと推定される。

3.3 本件編成が大井町駅を出発後速度約50km/hに達するまでドアが開かなかったことに関する解析

2.1.1(4)で記述した、本件編成が大井町駅を4ノッチで出発後、速度約50km/hま

で正常に加速した際にドアが開かなかった事象については、次のとおりである。

仮に、4ノッチで起動直後に速度約5 km/hに達して戸安リレーが動作するまでの間に3.2で記述したものと同様に、111線に電流が流入したとすればドアが開くものと考えられるが、そのような事象は発生していないことから、速度約50 km/hに達してドアが開く直前までの間、本件栓受内の2線接触片～111線接触片間の絶縁は、戸閉電磁弁が動作しない程度に一時的に回復していたものと考えられる。絶縁が一時的に回復したことについては、3.1.2で記述した接触片（電極）間の電気特性の変動や不安定性に起因する可能性が考えられる。

3.4 本件編成の走行中にドアが開いた事象に関する解析

本件事象のうち、2.1.1(4)で記述した大井町駅を出発後、速度約50 km/hにおいてドアが開いた事象及び2.1.2(2)で記述した長津田検車区における走行中にドアが開いた事象（この2事象を合わせて、以下「走行中事象」という。）については次のとおりである。

2.5.2.2で記述した走行中の回路（付図4(2)の状態）において、2線から111線に流入した短絡電流は、本来は1両目及び5両目において、抵抗値の十分に小さいバイパス回路にほとんど全てが分流されて、戸閉電磁弁には動作するほどの電流が流れず、また、制御直流ブレーカーには定格電流を大幅に上回る電流が流れるので、短時間（2.5.3.4で記述した電流に応じた時間）のうちに同ブレーカーが動作して電流が絶たれてドアが開かない回路となっている。

そこで、この回路において走行中にドアが開く可能性について、次の3.4.1及び3.4.2に記述するケースについて検討した。

3.4.1 戸安リレーの動作不良

付図4(2)において、2線から111線に電流が流入したときに、1両目及び5両目の戸安リレーが動作せず、同リレーの端子1C～1A間の接点が開いた状態（付図4(1)の停車中の状態）となる異常があればバイパス回路が構成されないため、流入した電流は全て戸閉電磁弁に流れるため、ドアが開くこととなる。

しかしながら、2.1.2(2)で記述した長津田検車区での事象では5 km/hで戸安リレーの動作が確認されていること、2.11.7で記述した走行試験及び2.11.8で記述した戸安装置に対するエイジング試験等において戸安リレーや速度検出部、速度発電機に異常は認められなかったことから、走行中事象において、戸安リレーの動作不良はなかったものと考えられる。

（付図4(2)及び写真5参照）

3.4.2 バイパス回路抵抗値の不良

付図4(2)において、バイパス回路の抵抗値が若干増加すると、2線から111線に流入した短絡電流が1両目及び5両目において十分にバイパス回路に分流されず、戸閉電磁弁に電流が流れてドアが開く可能性がある。

バイパス回路の抵抗値が増加する要因としては、(1)配線抵抗の増加、(2)戸安リレーの端子1C～1A間接点の接触抵抗の増加、(3)戸安切放SWの端子1C～1A間接点の接触抵抗の増加、が考えられ、それらの可能性については次のとおりである。

(1) 配線抵抗の増加

配線抵抗については、2.11.1(2)で記述した配線抵抗の調査において十分小さい抵抗値で異常は認められず、走行中事象時に限って配線抵抗値に異常があった可能性も考えにくいことから、配線抵抗が増加していた可能性はなかったものと考えられる。

(2) 戸安リレーの端子1C～1A間接点の接触抵抗の増加

2.5.3.2で記述したように、戸安リレーはツイン接点が並列で使用されており、これら4接点のうち1接点でも正常に導通が確保されていれば機能が確保されること、及び動作時には接点同士がしゅう動する構造となっており、走行、停車の度に頻繁に動作をする使用状況で、接点の接触抵抗の増加を抑えることができる状況であったことから、戸安リレーの端子1C～1A間接点の接触抵抗が走行中事象時に増加していた可能性はなかったものと考えられる。

(3) 戸安切放SWの端子1C～1A間接点の接触抵抗の増加

2.5.3.3で記述したように、戸安切放SWは、スイッチ自体は気密構造とはなっておらず、本件編成の1両目及び5両目に設置されているものは平成3年から15年間使用されており、この間速度検出部の故障等がない限り操作されることはなく、3ヶ月に1度の月検査で操作されるのみで、操作頻度が極端に少なく、接点同士がしゅう動する構造とはなっていないことから、接点表面に生成される皮膜が除去されにくい状況にあり、皮膜によって接点の接触抵抗が増加していた可能性が考えられる。

なお、2.11.6で記述したように本件事象後の調査では戸安切放SW接点の接触抵抗に異常はなく、2.9(3)で記述したように本件事象後の再現試験では、バイパス回路が正常に機能し、制御直流ブレーカーが動作したため、走行中にドアが開く事象は発生しなかった。このことから、戸安切放SW接点の皮膜生成によって増加していた接触抵抗は、2.5.3.2で記述したように、2回の走行中事象においてバイパス回路に流れた短絡電流によって皮膜が分

解される等により、正常な範囲に回復した可能性が考えられる。
(付図4(2)及び写真4、5、6参照)

3.4.3 ドアが開いた後に閉じたことに関する解析

2.1.1(4)及び2.1.2(2)で記述したように、走行中事象においては、ドアが開いた後に制御直流ブレーカーが動作しており、これによって2線及び111線への電流の供給が絶たれてドアが閉じたものと推定される。同ブレーカーが動作したことについては、定格電流を大幅に上回る短絡電流が流れたことによるものと推定される。

(付図4(2)参照)

3.5 異常時の運転取扱いに関する解析

2.1.1で記述したように、本件列車では大井町駅からの出発に際して、1回目又は2回目の事象(ドア誤動作)の時点で、今回の回送措置と同様な措置が講じられていれば、走行中にドアが開く事象は回避できたものと推定される。2.8で記述したように、同社では停車中に車掌SWがドア閉位置の状態でもドアが開いた場合の運転取扱いに関するマニュアルが定められていなかったが、本重大インシデントと同種事象の発生を防止するためには、異常時の運転取扱いに関する幅広い規定の整備が望まれる。

4 原因

本重大インシデントは、本件栓受内部に水が封じ込められた環境で発生した接触片間のイオンマイグレーションが進展して、2線接触片と111線接触片間が短絡し、そこから電流が流入したため、本件列車において走行中に戸閉電磁弁が動作して右側全てのドアが開いたことによるものと推定される。

本件栓受内部に水が封じ込められたことについては、結露によるものではないものと考えられ、本件栓受の気密性に異常は認められなかったことから、過去の本件栓受の蓋が完全に閉じられていない時期に水が侵入し、後に蓋が閉じられたことによる可能性が考えられるが、その具体的な経緯については明らかにすることができなかった。

2線から111線への流入電流により、走行中に戸閉電磁弁が動作してドアが開いたことについては、走行中にドアが開くことを防止するためのバイパス回路におい

て、戸安切放SW接点の接触抵抗が増加していたことによる可能性が考えられる。

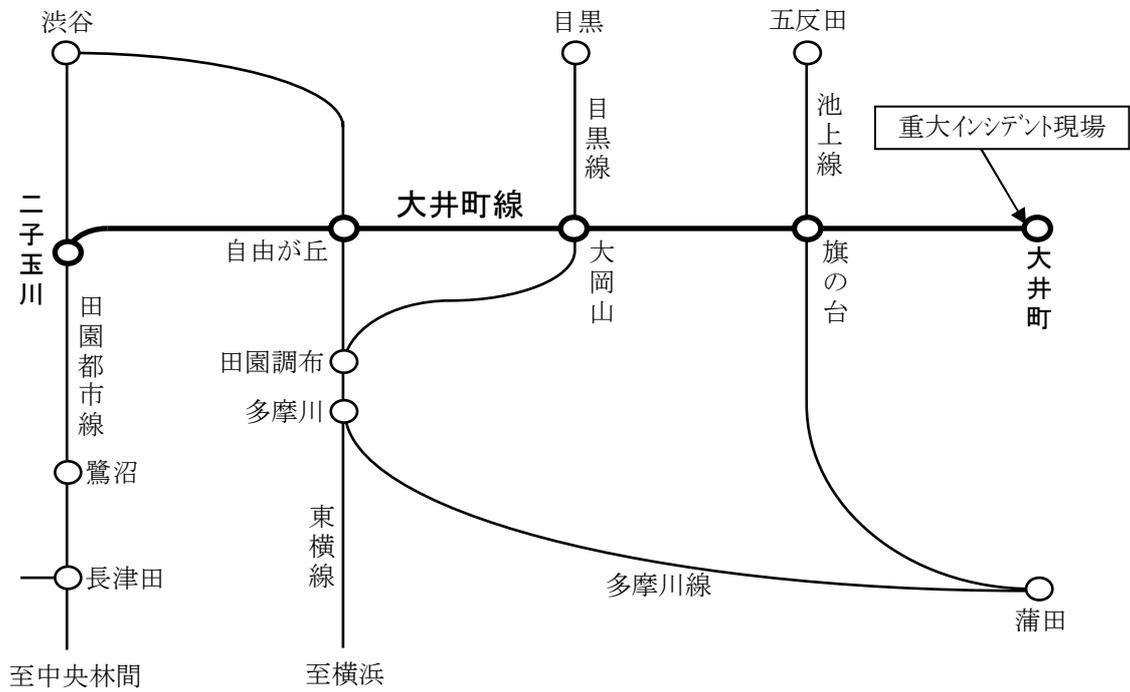
5 参考事項

同社では、本重大インシデント発生後、以下の対策を講じた。

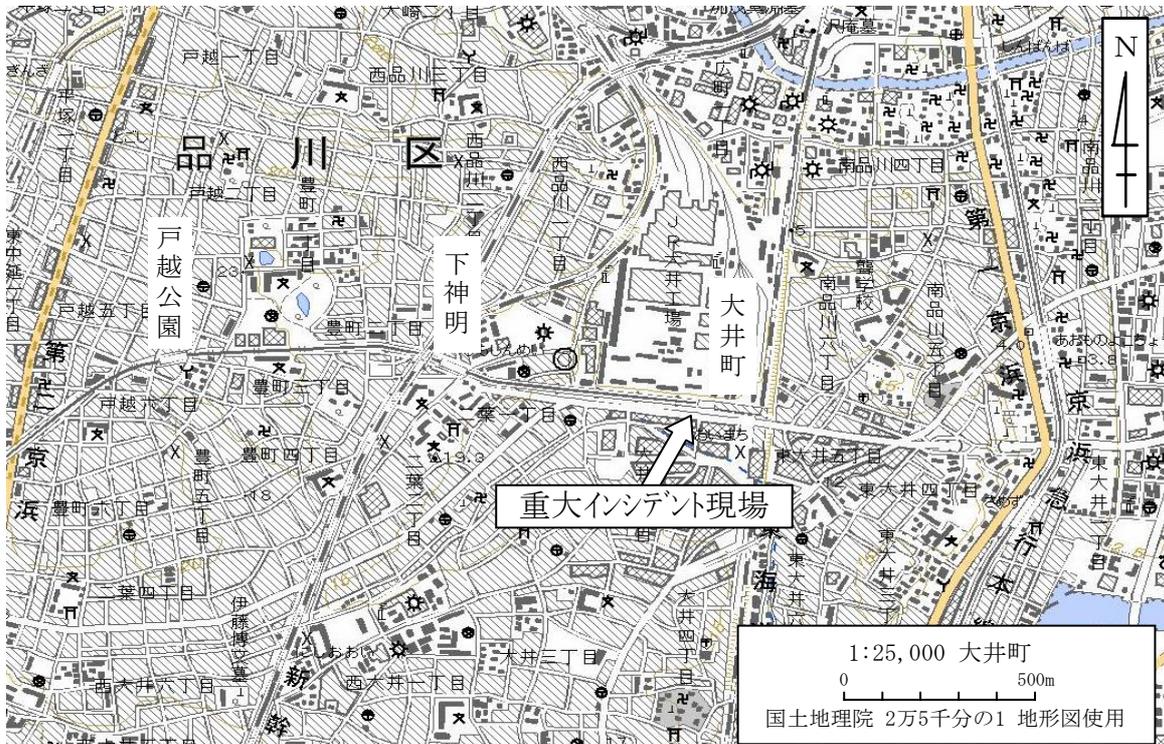
- (1) 3ヶ月に1度としていた栓受内部の検査周期を、当分の間1ヶ月半に1度とした。
- (2) バイパス回路に加え、走行中には、戸閉電磁弁の負極を車体接地線から切り離して電流を流れなくする回路を追加することとした。
- (3) 車掌SWが「閉」位置でドアが開いた場合の運転取扱に関するマニュアルを定め、停車中に発生した場合であっても運休とすることとした。

付図1 大井町線路線図

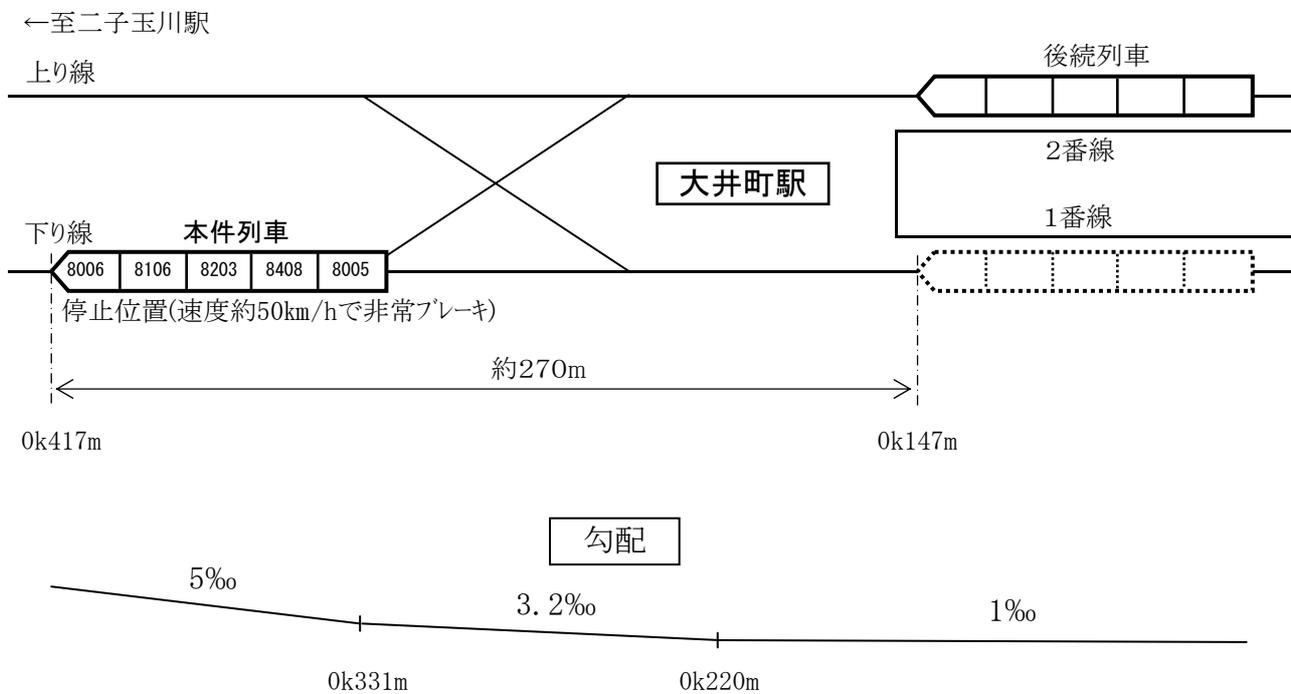
大井町線 大井町駅～二子玉川駅間 10.4km (複線)



付図2 重大インシデント現場付近地形図

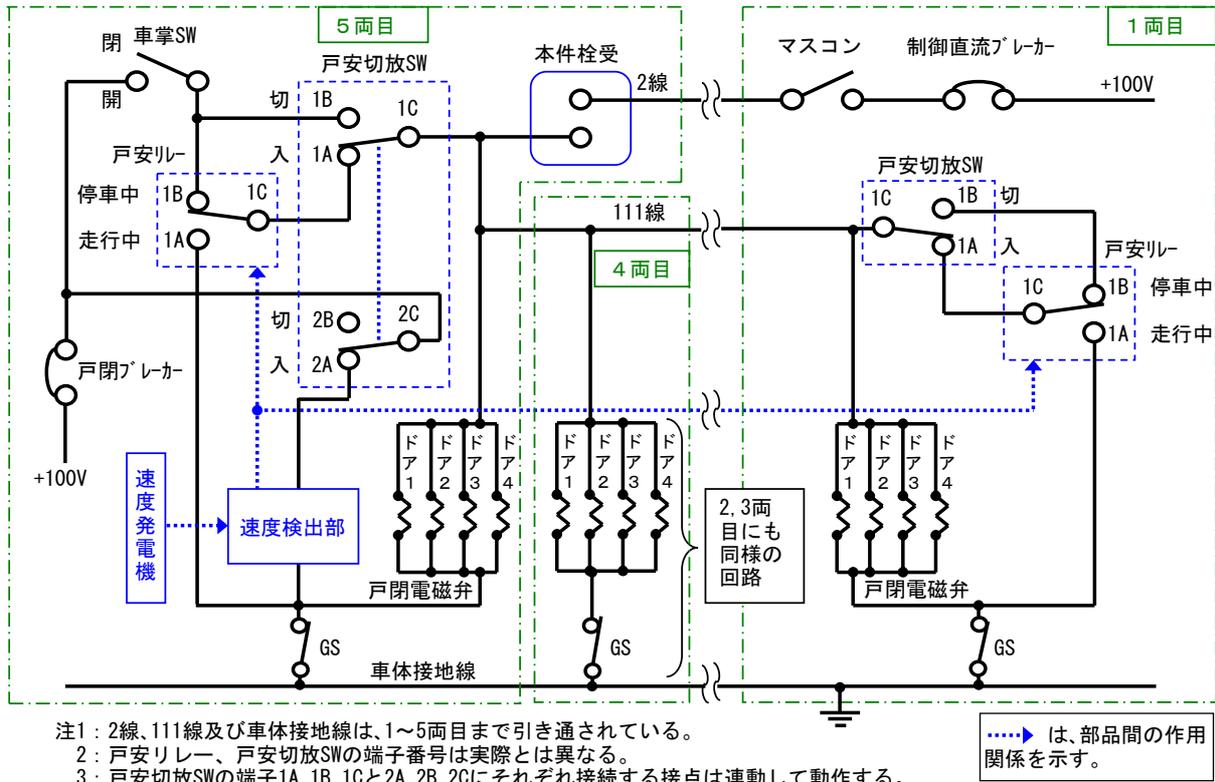


付図3 重大インシデント現場付近略図



付図4 戸閉回路図(1)

停車中ドア閉の状態

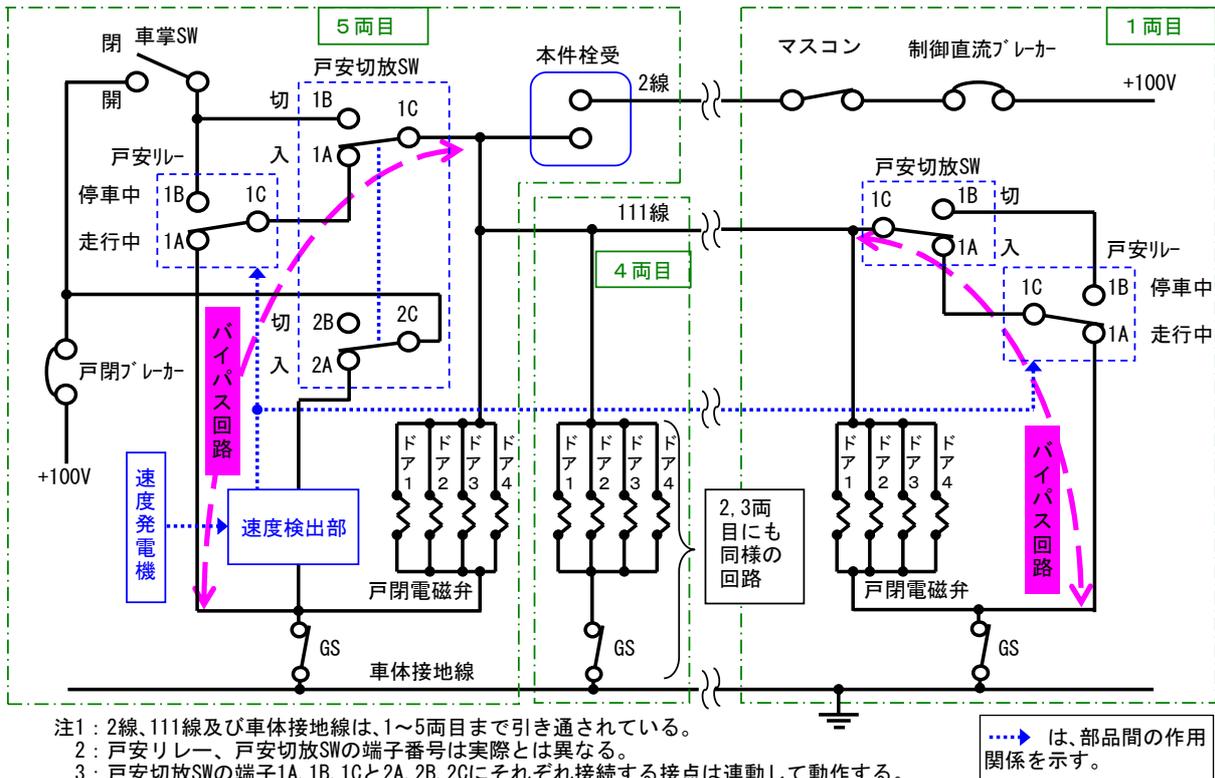


- 注1: 2線、111線及び車体接地線は、1〜5両目まで引き通されている。
- 注2: 戸安リレー、戸安切放SWの端子番号は実際とは異なる。
- 注3: 戸安切放SWの端子1A、1B、1Cと2A、2B、2Cにそれぞれ接続する接点は連動して動作する。

..... は、部品間の作用関係を示す。

付図4 戸閉回路図(2)

走行中(速度約5km/h以上)でマスコンハンドルが2ノッチ以上の状態



- 注1: 2線、111線及び車体接地線は、1〜5両目まで引き通されている。
- 注2: 戸安リレー、戸安切放SWの端子番号は実際とは異なる。
- 注3: 戸安切放SWの端子1A、1B、1Cと2A、2B、2Cにそれぞれ接続する接点は連動して動作する。

..... は、部品間の作用関係を示す。

写真1 本件栓受の取付位置

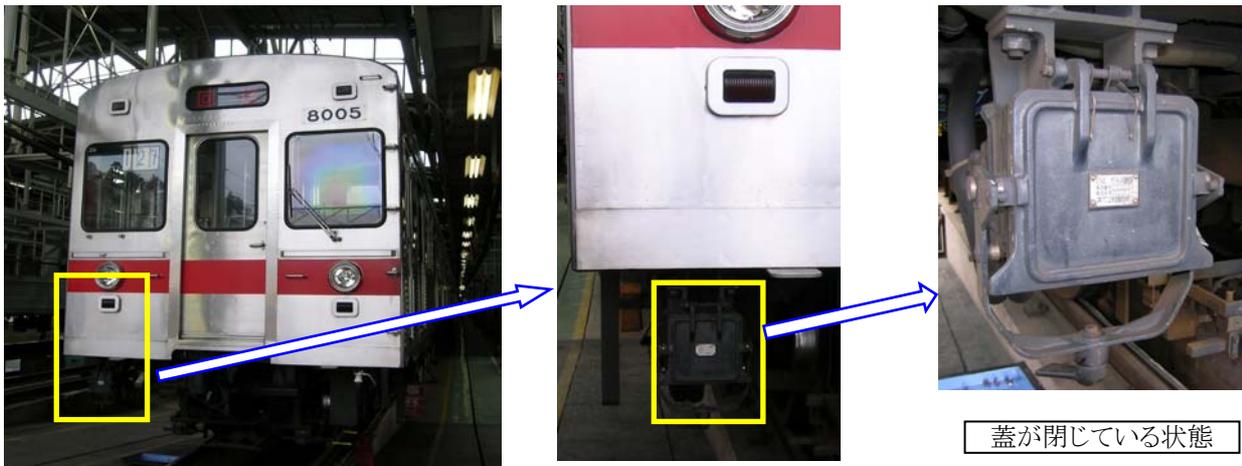
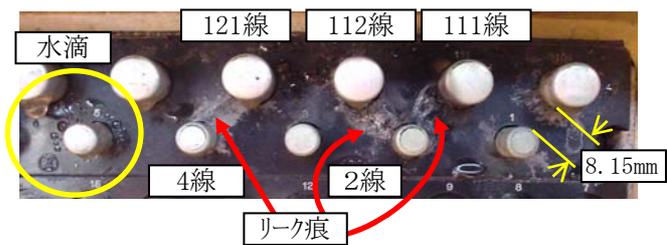
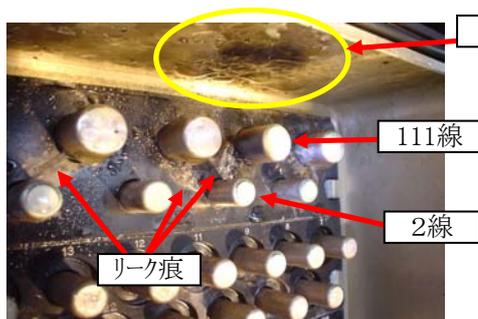
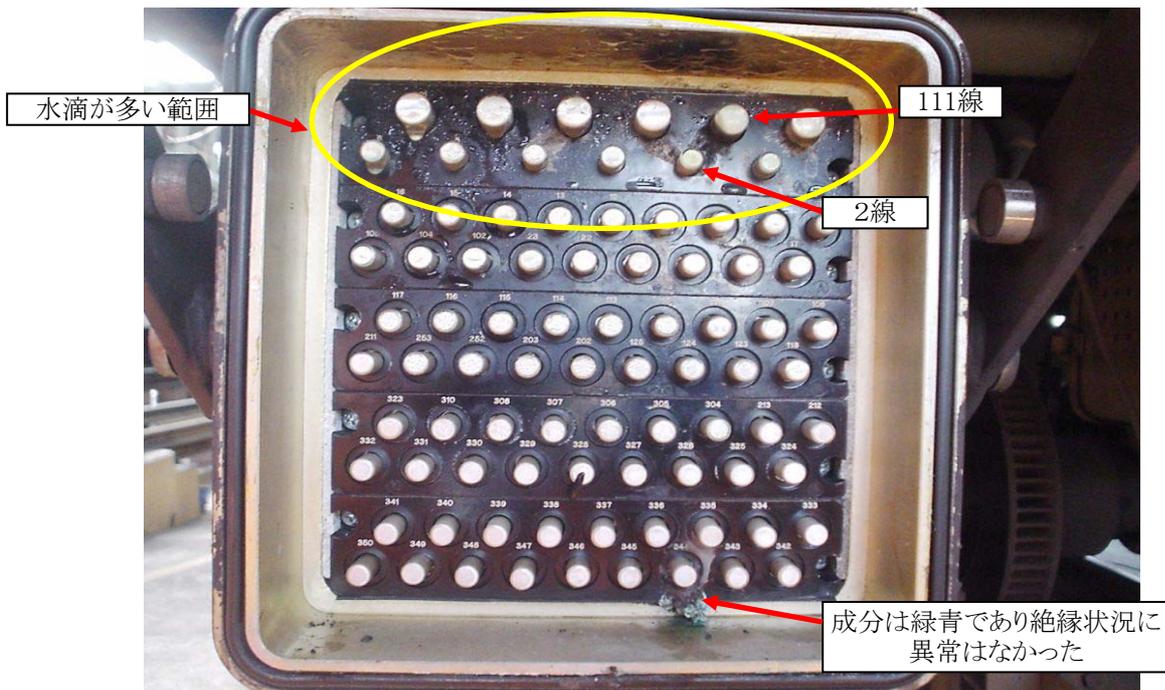


写真2 本件栓受内部の状況



(いずれも3月11日15時ごろ撮影)

写真3 乗務員室の状況

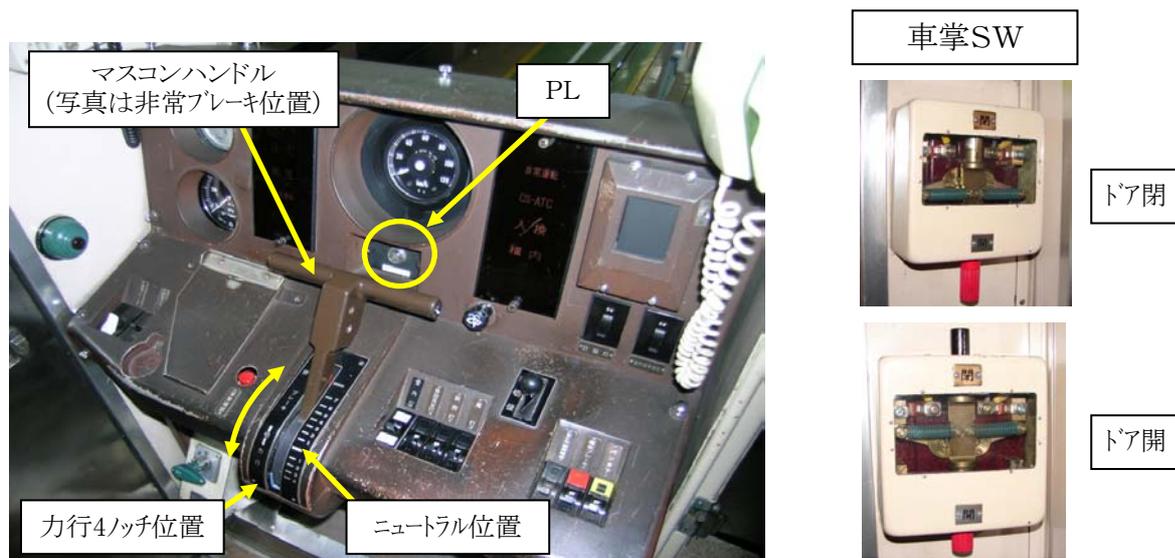


写真4 戸装置及び制御直流ブレーカー

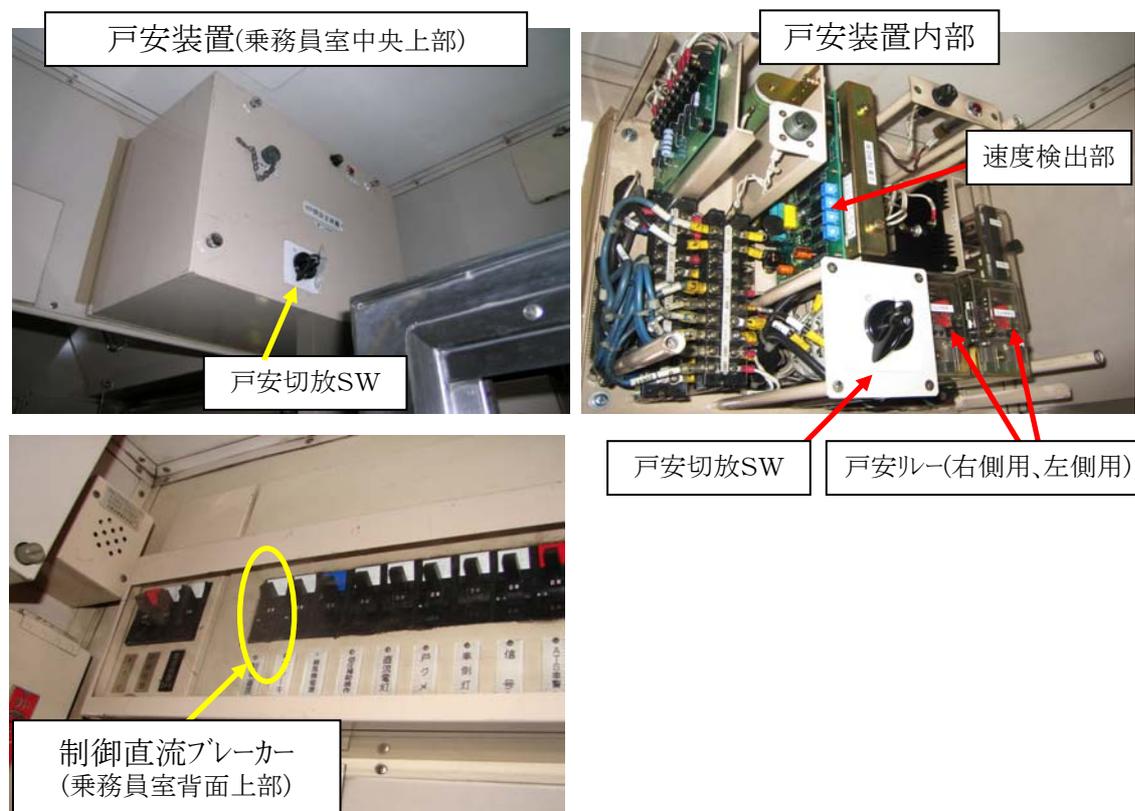
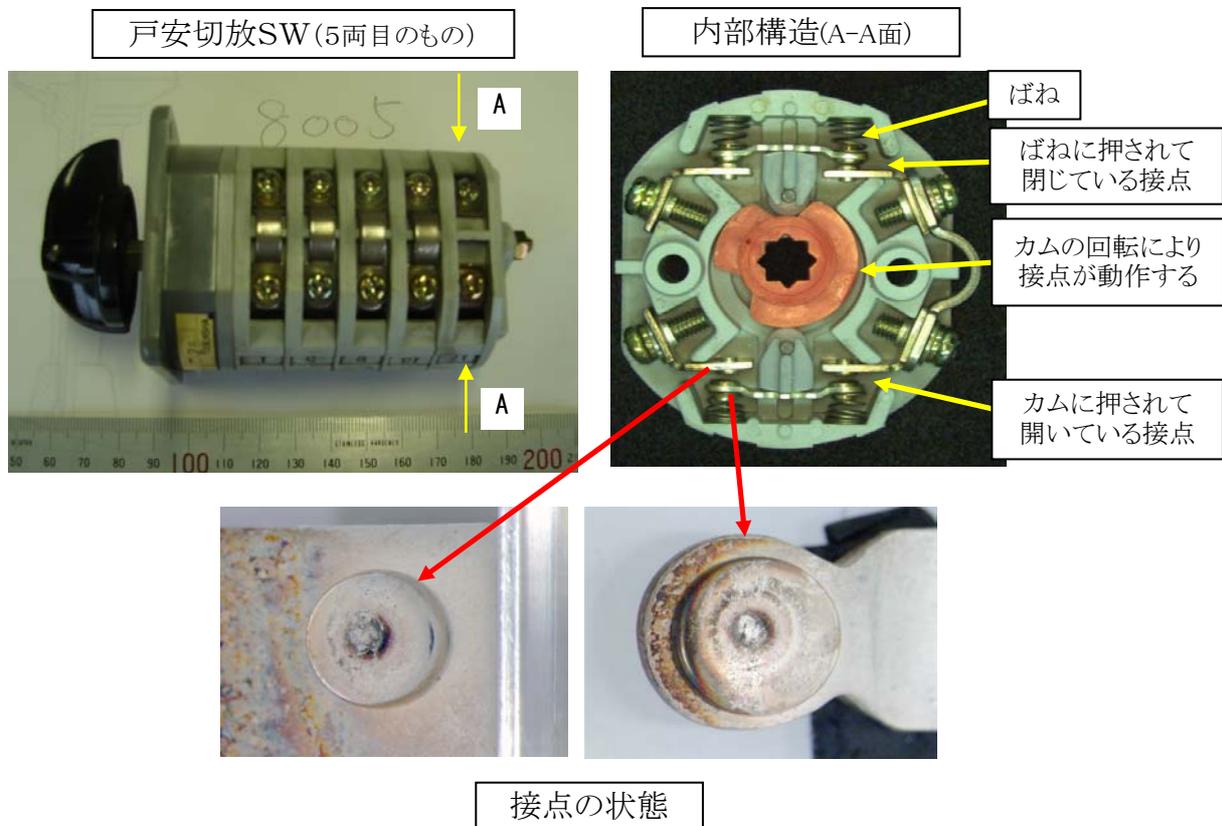


写真5 戸安リレーの状態



写真6 戸安切放SWの状態



《参 考》

本報告書本文中に用いる解析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 事実を認定した理由」に用いる解析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

①断定できる場合

・・・「認められる」

②断定できないが、ほぼ間違いない場合

・・・「推定される」

③可能性が高い場合

・・・「考えられる」

④可能性がある場合

・・・「可能性が考えられる」