

# 鐵道事故調查報告書

真岡鐵道株式会社真岡線久下田駅構内 列車脱線事故  
京成電鉄株式会社高砂車庫構内 鐵道物損事故  
西日本旅客鐵道株式会社山陰線出雲市駅構内 列車火災事故

平成15年6月27日

航空・鐵道事故調查委員會

本報告書の調査は、真岡鐵道株式会社真岡線久下田駅構内列車脱線事故  
他2件の鐵道事故に関し、航空・鐵道事故調査委員会設置法に基づき、航  
空・鐵道事故調査委員会により、鐵道事故の原因を究明し、事故の防止に  
寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために  
行われたものではない。

航空・鐵道事故調査委員会

委員長 佐藤 淳 造

西日本旅客鉄道株式会社山陰線出雲市駅構内  
列車火災事故

## [目次]

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	2
1.2.1	調査組織	2
1.2.2	調査の実施時期	2
1.2.3	原因関係者からの意見聴取	2
2	認定した事実	2
2.1	運行の経過	2
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	3
2.3	車両に関する情報	3
2.3.1	車両の概要	3
2.3.2	ブレーキシステムの概要	4
2.3.3	ブレーキ抵抗器及びそのカバーの概要	5
2.3.4	車両の損傷状況	5
2.3.5	本事故以前に発生していた車両故障(ブレーキチョッパ装置)に関する事項	7
2.3.6	本事故直前の本件列車に対する車両修繕工事	8
2.4	鉄道施設(変電所)に関する情報	12
2.5	車体屋根部の修繕工事時に使用した工具に関する情報	12
2.6	乗務員等に関する情報	12
2.7	気象に関する情報	13
2.8	溶接作業に関する確認	13
3	事実を認定した理由	13
3.1	車両及び施設の状況に関する解析	13
3.1.1	本事故直前に行った本事故車両の修繕	13
3.1.2	変電所の電流に関する解析	15
3.2	火災の発生に関する解析	15
3.2.1	車体屋根上のアーク放電の発生	15
3.2.2	アーク放電発生の要因とその可能性	16
3.2.3	本火災事故の発生経過	17
4	原因	18

付図 1	本件列車に用いた車両の運行路線図	.....19
付図 2	事故現場付近の地形図	.....19
付図 3	事故直後の屋根上のブレーキ抵抗器	.....20
付図 4	車両形式図（モハネ 2 8 5 号車）	.....21
付図 5	車両の損傷状況	.....22
付図 6	ブレーキ抵抗器の断面図	.....23
付図 7	本火災事故におけるアーク放電の経路	.....24
写真 1	本事故時の状況	.....25
写真 2	屋根上のブレーキ抵抗器	.....25
写真 3	車体屋根の外板の損傷状況	.....26
写真 4	ブレーキ抵抗器カバーの蓋の損傷状況	.....26
写真 5	防熱板の損傷状況	.....26
写真 6	16抵抗体等の損傷状況	.....26
写真 7	屋根内部の損傷状況	.....26
写真 8	客室内天井板の焼損状況	.....26
写真 9	屋根上のブレーキ抵抗器カバー	.....27
写真10	本事故前日の溶接切れの状況	.....27
写真11	溶接中のスパッタ等の飛散状況	.....27
付属資料 1	電気ブレーキ動作概要	.....28
付属資料 2	本事故車両に用いられているブレーキチョッパ装置回路概略	.....29

# 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：列車火災事故

発生日時：平成14年5月16日 18時53分ごろ

発生場所：島根県出雲市

山陰線出雲市駅構内

平成15年6月5日

航空・鉄道事故調査委員会（鉄道部会）議決

委員長	佐藤淳造
委員	勝野良平
委員	佐藤泰生（部会長）
委員	中川聡子
委員	宮本昌幸
委員	山口浩一

## 1 鉄道事故調査の経過

### 1.1 鉄道事故の概要

西日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の西出雲駅発出雲市駅行き7両編成の回送第4032M列車（以下「本件列車」という。）は、平成14年5月16日（木）西出雲駅を定刻18時48分に出発し、出雲市駅に定刻18時53分に到着した。その際本件列車の3両目（車両は前から数え、前後左右は進行方向を基準とする。以下同じ。）の屋根から炎及び黒煙が出ていたため、き電<sup>1</sup>を停止した後、車両検修員数名が消火器を使用して消火作業を行った。

本件列車は回送列車であったため、運転士のみが乗車していたが、負傷はなかった。

本件列車は、3両目の屋根上にあるブレーキ抵抗器、車体屋根の外板、客室内部の天井板等に溶損及び焼損が見られた。

---

<sup>1</sup> き電とは、変電所から電車線を通じて電車へ電気を供給することをいう。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成14年5月17日、本事故の調査を担当する  
主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

中国運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

### 1.2.2 調査の実施時期

平成14年5月20日及び21日 現場調査及び口述聴取

平成15年3月11日及び12日 現場調査（溶接作業確認等調査）及び口述聴取

### 1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

## 2 認定した事実

### 2.1 運行の経過

事故に至るまでの経過は、運転士の口述によれば、概略次のとおりであった。

当日は、出勤点呼の後、出雲車両支部の電車留置線において、本件列車となる  
車両の出区点検を行ったが、車両には異常は認められなかった。

18時41分に留置線から西出雲駅に向けて発車した。

西出雲駅までは、まず速度25km/h以下で走行して、同駅進入前に一旦停止し  
た後、入換信号機の現示に従って発車し、同駅の所定停止位置で停車した。いず  
れの停車の際にも、ブレーキ時に使用したノッチは1ノッチであった。

西出雲駅から本件列車として、同駅を定刻（18時48分）に発車し、速度  
85km/hまで加速し、ノッチをオフとした。その場所は、第一下古志踏切道（京  
都駅起点389k530m、以下「京都駅起点」は省略。）を過ぎた辺りであった。その  
まま惰行で走行していたが、高架橋上にある出雲市駅の場内信号機が注意信号現  
示であったため、ブレーキハンドルを1ノッチに入れ、速度約70km/hから48  
km/hまで減速した。減速を開始した地点は、出雲警察署（387k300m付近）を過ぎ  
た辺りであった。

場内信号機（386k737m）を速度44km/hで通過した後、本件列車に乗務するた  
めにプラットフォーム上で待機していた車掌が片手を挙げながら本件列車の後部の  
屋根上の方向を覗き込むようにしているのが見えた。その動作を不審に思いなが

らも、所定の停止位置に停車するため、車掌のいた位置からブレーキハンドルを1ノッチに入れ、定刻(18時53分)に到着した。

同駅に到着すると、本件列車に乗務予定の車掌が乗り込んできて「ブーブブー(電話にかかれ)」という合図があった。電話に出ると「3両目のパンタグラフ付近から火が出ている」という連絡があった。また、それと同時に、ホーム上に待機していたもう一人の車掌が運転台まで来て、同様のことを言った。

車両の構造上運転台からは列車の後方が見えないため、ホームに降りて後方を見ると、炎が少しと黒煙が見えたため運転台に戻り、列車無線により、米子にある運輸指令に対して列車の状況を報告するとともに、パンタグラフ下げの許可を求め、パンタグラフを下げた。また、運転台には火災発生の表示及び警報ブザーの鳴動を認めた。

その後、消防車の到着を運輸指令に連絡したところ、まだ、き電を停止していないので、放水の許可をしないよう指示があった。このため、ホームへ降りて、その旨を消防隊員に伝えた。き電停止を確認した後、車両検修員数名が屋根上上がり消火器3本を使用して消火活動を行い、間もなく鎮火した。

また、本件列車の状況を出雲市駅付近の高架橋の脇から偶然に目撃していた非番の車両検修員の口述によれば、事故に至るまでの経過は、概略次のとおりであった。

山陰線の高架橋の方を見ながら携帯電話を掛けていたところ、本件列車が近づいてくるのが見えた。この時、屋根上の抵抗器の付近から発煙筒を焚いているような黄色っぽい火花と青白い閃光が出ているのが見えた。煙はたいして出ていなかったが、明るい花火のようであった。当該車両の抵抗器のほかには、本件列車に異常は見られないようであった。その後、出雲市駅へ行き、消火したのを見届けた後、車両交換のための作業の補助を行った。

(付図1、2、3及び写真1参照)

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

運転士に負傷はなかった。

## 2.3 車両に関する情報

### 2.3.1 車両の概要

本件列車に使用されていた車両(285系)は、サンライズ出雲、サンライズ瀬戸の名前で東京駅・出雲市駅間及び東京駅・高松駅間を結ぶ列車に使用される、個室が主体の二階建て寝台特急電車である。

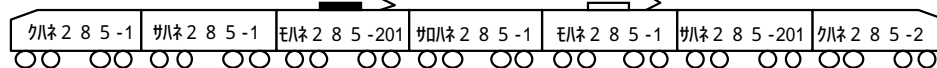
また、本件列車は、二階建てという車体の構造上、機器類の艤装を行う空間が限



られており、制御装置等は電動車である3両目及び5両目の床下、ブレーキ抵抗器は同車両の屋根上に搭載されている。

以下に概要を示す。

車種	直流電車（DC1500V）
編成定員	150名（シングルツイン1名使用時）
編成両数	7両
記号番号	



進行方向 ◯◯ : ブレーキ抵抗器  
                  — — : 損傷したブレーキ抵抗器

車両新製	平成10年3月19日
仕業検査	平成14年5月16日（改修工事を含む）
ブレーキ装置	発電・回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ
運行路線	東海道線、山陽線、伯備線、山陰線、予讃線等

（付図1、4参照）

### 2.3.2 ブレーキシステムの概要

本件列車のブレーキシステムは、空気ブレーキと電気ブレーキで構成されており、電気ブレーキは、発電・回生ブレーキとなっている。

本件列車に使用されている回生ブレーキは、VVVFインバーター<sup>2</sup>によって主電動機の電流を制御することにより、列車の運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、電車線にこの電気エネルギーを回生する（返す）ことで、ブレーキ力を得るものである。

しかし、列車の運行密度が低い路線においては、回生された電気エネルギーを消費する列車が周辺を走行していないことがあり、発生する電気エネルギーを電車線に回生する（返す）ことができない。このため、回生ブレーキを利用できない状態となり、空気ブレーキのみが作用することになる。

長い下り勾配区間を有する伯備線等を走行する場合、速度が増加することのないようブレーキの使用が必要となるが、空気ブレーキのみを使用することは好ましくない。そこで、本件列車では、ブレーキ作用時に電車線に電気エネルギーを回生できない場合には、車両の屋根上に搭載されたブレーキ抵抗器にこの電気エネルギーを送り、ここで熱として消費させることによりブレーキ（発電ブレーキ）が作用するシステムとなっている。

<sup>2</sup> VVVFインバーターとは、電圧及び周波数共に可変させることが可能なインバーター（直流を交流に変換する装置）をいう。

線区の状況によっては、回生ブレーキと発電ブレーキの双方が動作する。この場合、電車線とブレーキ抵抗器とに、どのような割合で電気エネルギーを送るかは、床下に設けられたブレーキチョッパ装置<sup>3</sup>で制御されている。

( 付属資料 1、2 参照 )

### 2.3.3 ブレーキ抵抗器及びそのカバーの概要

屋根上に搭載されているブレーキ抵抗器は、付図 3 に示すように 16 台の抵抗体 ( 前寄りが 16 の抵抗体である ) で構成されている。1 台の抵抗体を碍管で上下から挟み込み、この碍管を抵抗体支持枠で固定している。さらに、この抵抗体支持枠 4 台を 1 組とし、4 個の支持碍子で車体屋根に固定している。これを 4 組屋根上に取り付け、1 両分のブレーキ抵抗器としている。

上記 1 両分の 16 台の金属製の抵抗体で構成されたブレーキ抵抗器の周りには、写真 2 に示すようにステンレス製のカバーがあり、この上方をスリットが付いた蓋で覆っている。

また、ブレーキ抵抗器の下面には、この抵抗器の発熱により車体屋根の外板が歪むのを防ぐため、防熱板 ( 2 mm 厚のステンレス製の防熱板枠と 10 mm 厚のセメント系断熱材により構成 ) が取り付けられている。

( 付図 3 及び写真 2、5、6 参照 )

### 2.3.4 車両の損傷状況

本事故により損傷を受けた車両は 3 両目 ( E1285-201 号車 ) のみであり、主な損傷状況は、以下のとおりであった。なお、それぞれの損傷部位は、付図 5 の A ~ H に対応している。

#### (1) ブレーキ抵抗器及びそのカバー

##### 抵抗体

抵抗体の損傷は以下のとおりであるが、その中でも 16 抵抗体の左側面前方部分の損傷が激しかった。

- |   |        |                |
|---|--------|----------------|
| a | 16 抵抗体 | 前方中央下部及び左側面に溶損 |
| b | 15 抵抗体 | 左側面に溶損         |
| c | 14 抵抗体 | 左側面及び後方中央下部に溶損 |
| d | 13 抵抗体 | 左側面及び前方中央下部に溶損 |

( 付図 5 中 A 及び写真 6 参照 )

<sup>3</sup> チョッパ装置とは、半導体スイッチング素子により電流のオン・オフ動作を高速、高頻度に行う装置をいう。

#### 碍管及び支持枠

碍管の損傷は、16～13の抵抗体に使用されている碍管において、左側の上部及び下部に破損及び煙で煤けた跡が見られた。

また、支持枠に見られた損傷は以下のとおりである。

- a 16抵抗体の支持枠 前方中央部及び左側下部に溶損
- b 14抵抗体の支持枠 後方中央下部に溶損
- c 13抵抗体の支持枠 前方中央下部に溶損

(付図5中B及び写真6参照)

#### 支持碍子

4個の支持碍子の内、左側2個の碍子に煙で煤けた跡が見られた。特に左側前方の支持碍子は、一部表面が溶け、損傷が激しかった。(付図5中C参照)

#### 防熱板

16～13の抵抗体の下面にある防熱板には、左側の部分及び中央部のボルト部分を中心に損傷が見られた。その中でも、左側前方部分の損傷が激しかった。(付図5中D及び写真5参照)

#### ブレーキ抵抗器カバーの蓋

蓋の損傷は、16～13の抵抗体の左端直上に最大約5cmの溶損した穴が多数見られた。(付図5中E及び写真4参照)

### (2) 車体屋根の外板等

車体屋根の外板(0.8mm厚のステンレス波板)には、抵抗体が溶損した付近及び上記(1)で述べた防熱板が損傷した部分の下方に、最大で長径約11cmの穴が複数見られた。また、これらの穴の周囲の屋根絶縁材に、長径約2mの焼損が見られた。(付図5中F及び写真3参照)

### (3) 屋根の内部と客室内の天井板

#### 断熱材

客室内の天井板と車体屋根の外板の間に充填されている断熱材(50mm厚のグラスウール)には、上記(2)で述べた溶損穴の直下に当たる箇所に高温で溶けた穴が見られた。(付図5中G及び写真7参照)

#### 天井板

客室内の天井板(1.3mm厚の木材樹脂と1.5mm厚のアルミニウム板を張り合わせたもの)には、上記(3)の断熱材に開いた穴の直下に当たる箇所に焼損が見られた。また、その周囲には、車体屋根の外板が溶融し落下したと思われる金属の塊が多数確認された。

なお、天井板の焼損は1ヶ所しか見られなかったが、上記(2)で述べた

車体屋根の外板に開いた穴のうち、後方に開いた穴の直下には屋根内部の梁があり、外板の溶融塊がこの部分に落下したため、客室内の天井板に損傷を与えるには至らなかった。(付図5中H及び写真8参照)

(4) パンタグラフ

損傷は見られなかった。

(5) 主回路関係

V V V F インバーター及びブレーキチョッパ装置等の回路並びにこれらの配線等には、損傷及び異状は見られなかった。また、保護装置の動作はなかった。

2.3.5 本事故以前に発生していた車両故障(ブレーキチョッパ装置)に関する事項

(1) 故障の内容

285系車両でブレーキチョッパ装置を搭載した車両は、合計10両ある。このうち、本事故車両と同じ回路を有する装置を搭載した車両は、本事故車両を含め合計6両( E1㊟285-201、E1㊟285-2、E1㊟285-202、E1㊟285-3、E1㊟285-3001、E1㊟285-3201号車)であり、回路の設計は同一の設計・製造会社(以下「製造会社」という。)が担当した。

平成12年9月から翌年の2月までの間に、上記6両中3両(E1㊟285-3001、E1㊟285-2、E1㊟285-3号車)で、また本事故2日前の平成14年5月14日に本事故車両であるE1㊟285-201号車で、ブレーキチョッパ装置内のCS1コンデンサ(以下「CS1」という。)が破損するという故障が発生した。(付属資料2参照)さらに、この内の2両は、ゲート・ターン・オフ・サイリスタ(以下「GTO」という。)等まで破損が及んでいた。

また、本事故後であるが、6月13日、上記6両中の1両(E1㊟285-202号車)で、CS1及びGTOの破損が発生している。

(2) 故障対応策

製造会社は、上記(1)に述べたように、6ヶ月間に3両の車両において、ブレーキチョッパ装置内のCS1が破損するという故障が発生したことから、これを熱ストレスによる疲労破壊と判断し、次のような措置をとった。

応急処置

平成13年2月15日までに、製造会社は自社の製造したブレーキチョッパ装置を搭載した6両すべてのCS1を交換した。

恒久対策の検討及びその結果

製造会社では、CS1の破壊原因を特定するための検証を行うとともに、その検証結果に基づき、どのような対策をとるべきかの検討を行うことと

した。検証内容は、チョッパ動作時にCS1にかかる電圧及びこれに流れる電流についての計算機シミュレーション及び工場における試験の実施並びに本線における試運転列車の走行によるこれらの電圧、電流値等の測定等であった。

a 本事故前の検証及びその結果

平成14年2月に行われた計算機シミュレーション及び工場試験の結果、ブレーキチョッパ装置の回路からCS1を取り外した場合は、取り付けている場合と比較して、CS1が接続されていた両端子間に発生する過電圧が大幅に緩和されることが判明した。

また、CS1を取り外せば、発電ブレーキの動作中、チョッパ回路のスイッチングに同期して繰り返し流れていたインパルス状の電流による熱ストレスを受けることもなくなるとして、製造会社としてはこれまでに使用実績のあったというCS1をむしろ取り外すべきとの設計変更を考えるとともに、試運転列車による更なる検証の準備を行っていた。

b 本事故後の検証及びその結果

本事故後、平成14年6月26日及び27日に本線において試運転列車を走行させて、CS1の有無によるブレーキチョッパ装置等への影響を確認した。

この結果、CS1が接続されている端子の電圧、すなわちブレーキ抵抗器に印加される電圧は、CS1を取り付けた場合は2,300V、取り外した場合は1,970Vであった。また、16抵抗体側のブレーキ抵抗器の対地電圧は、どちらの場合においてもほぼ2,000Vと変化がなかった。その結果、同社に対し回路からCS1を取り外すとの提案を正式に行った。

また、CS1の有無どちらの条件においても、走行試験時にはブレーキ抵抗器付近において、アークを誘発するような絶縁破壊<sup>4</sup>はなかった。

### 2.3.6 本事故直前の本件列車に対する車両修繕工事

#### (1) 車両修繕工事の概要

##### ブレーキチョッパ装置の改修工事

製造会社は2.3.5(2) aに述べたとおりCS1の取り外し工事について検討を進めていた。しかしながら、その矢先の平成14年5月14日(本事故発生の2日前)に、本事故車両のCS1が破損するという故障(前記

<sup>4</sup> 絶縁破壊とは、油及び空気等の絶縁物に高電圧が加わり絶縁性を失うことをいう。

2.3.5(1) )が発生した。このため製造会社は、その翌日の15日(本事故発生の前日)に故障したブレーキチョッパ装置の修繕を行う際、2.3.5(2)

aに述べた検討結果から得られた知見に基づき当面の暫定的処置として、回路からCS1を取り外す改修工事を急遽行った。

#### 車体屋根部の防熱板の交換作業

平成13年の末ごろ、屋根上にブレーキ抵抗器を搭載した285系車両において、減速(抑速)時のブレーキ抵抗器による発熱のため、抵抗器下部の屋根の外板が変形し、雨漏りが発生した。このため、同社は14年2月から、抵抗器と屋根の外板間の防熱板を、それまでの5mm厚のものから10mm厚のものに交換する工事に着手した。また、その際、防熱板枠に取り付けるボルトを5mm長くした。

本事故車両に対する交換作業は、5月15日に製造会社による上記の修繕及び改修工事終了後、同社の後藤総合車両所(以下「同車両所」という。)の社員により行われた。その際、防熱板の下部に当たる車体屋根の外板に絶縁材の再塗布も行っている。(写真5参照)

#### ブレーキ抵抗器カバーの溶接切れの修繕

ブレーキ抵抗器のカバーは、高さ約30cm、幅約140cm、長さ約770cmの蒲鉾型の形状をしている。

上記及びの作業の際、本事故車両のブレーキ抵抗器のカバーに溶接切れが発見された。その溶接切れの箇所は、高さ約30cm、幅約140cmの面の上方の一辺であり、溶接切れの範囲は、右側20cmくらいを残し、左側から約120cmほど連続して切れていた。

溶接切れの修繕は、上記及びの作業終了後、本事故発生当日の5月16日15時30分から15時40分の間に行われた。

なお、ブレーキ抵抗器カバーに対しての溶接切れの修繕は、それまでに行ったことはなかった。(写真9、10参照)

### (2) 防熱板の交換と溶接切れの修繕工事の経過

上記(1)及びに述べた本事故車両の防熱板の交換作業と溶接切れの修繕を担当した同車両所の計画・管理担当者の口述によれば、概略次のとおりであった。

本事故の前日、出雲車両支部に来て別の作業を行っていたところ、当支部の社員から、本事故車両のブレーキチョッパ装置の修繕が終わった後、防熱板の交換作業を行う旨を伝えられた。また、交換作業のために同車両所から追加要員が来ることになっているので、合流して作業をするようにとのことであった。

本事故前日の15時30分ごろ、ブレーキチョッパ装置の修繕が完了し、防熱板の交換作業に取り掛かり始めると「ブレーキ抵抗器カバーの溶接切れを発見した」と出雲車両支部の社員から言われた。本事故車両の屋根上にある抵抗器が納められたカバーを確認したところ、カバーの前側が、右側の20cmくらいを残し、左の方から約120cmほど連続して溶接が切れ、わずかに口を開けていた。このため、同車両所の溶接担当者に作業させようと連絡したが、その日の溶接作業は無理だったため、翌日の手配をとりつけ、防熱板の交換作業に戻った。

防熱板の交換作業は、ブレーキ抵抗器のカバーの蓋、ブレーキ抵抗器（抵抗体16台）及び防熱板の取り外し、屋根絶縁材の修復及び新しい防熱板の取付け、並びに取り外した物の再取付け等である。屋根絶縁材が乾燥した後、10mm厚の防熱板に取り替え、ブレーキ抵抗器及びブレーキ抵抗器カバーの蓋の再取付けを行い、一連の作業が終了したのは翌日（本事故当日）の午前2時ごろであった。

本事故当日の午前中は他の列車の作業を行い、本事故車両の溶接切れの修繕作業は、同車両所から来た溶接担当者及び出雲車両支部の社員（出雲車両支部の立会者）とともに、15時30分ごろから15時40分ごろの間に行った。

溶接に関する事前の作業打合せはなく、溶接担当者及び出雲車両支部の社員と屋根上に上がり、打合せをしながら溶接作業を進めていった。溶接を始める前に、溶接担当者がサンライズ（本件列車）の構造上車体上部にある客室の窓ガラスにスパッタ、ヒューム及びスラグ<sup>5</sup>（以下「スパッタ等」という。）が飛ぶことを心配したため、慌てて段ボール2枚を持って上がり、屋根上で養生<sup>6</sup>した。

本来であれば、カバー枠を外し、下に降ろして溶接をしたかったが、時間的な余裕もなく、溶接作業の終了後16時ごろには車両を移動したいとのことであり、急がなければとの思いがあった。

溶接後、カバー内の確認作業は行わなかった。このことは、ブレーキ抵抗器カバーの蓋を取り外して、防熱板の交換作業等を行い、その後この蓋の取付けを行うという一連の作業を自分で行ったため、再び蓋の取り外しを行わなければならない作業に対して手戻りという気持ちがあっ

<sup>5</sup> スパッタとは、溶接時に溶けて飛散する火花状の金属粒をいう。ヒュームとは、溶接などで発生する気体（例えば金属蒸気）が、空気中で凝固、化学変化などを起こした結果生じる、0.1～1 μm程度の粒径をもつ金属酸化物などを中心とした固体微粒子をいう。また、スラグとは、被覆材から出る、溶接部に付着する非金属物質をいう。

<sup>6</sup> 養生とは、溶接の現場でスパッタ等から機器を保護するための前処理のことをいう。

たためかも知れない。

また、本事故当日に本事故車両の溶接作業を行った、同車両所の溶接担当者の口述によれば、概略次のとおりであった。

本事故前日の5月15日、上司から「出雲車両支部で285系の屋根上のステンレス製カバーが、口を開けているので修繕するように」と溶接作業の指示を受け、翌日、交流アーク溶接機（被覆アーク溶接<sup>7</sup>機）等の機材を車に積み込み出雲車両支部へ向かった。支部には11時前に到着したが本件列車は仕業検査中だったため、15時30分ごろから計画・管理担当者及び出雲車両支部社員の立会いのもと、屋根上でブレーキ抵抗器カバーの溶接を始めた。出発する前に抵抗器のカバーの作業と聞かされていたが、抵抗器についての電気的な知識はなかった。アーク溶接時は、スパッタ等が飛ぶため、一般的に電子機器が入っている箱等の作業は、スパッタ等の溶着金属を「落とさない」、「火を入れない」ということは認識していた。

また、溶接対象物付近の養生については、ガソリン等の可燃物があれば、当然遠ざける等の措置をする。今回の場合、屋根上で作業をするかはっきり分からなかったため、同車両所から養生する物を持ってきていなかった。しかし、出雲車両支部にあった段ボールを他の二人に支えてもらい、車両の窓ガラスにスパッタを飛ばさないようにした。

溶接の作業自体は、7、8分で終了し、その後、溶接棒等の忘れ物がないか確認し、足下に落ちたスラグ等は冷えてから拾った。ブレーキ抵抗器のカバー内の状況は、カバーの蓋が（ボルト締めで）閉まっていたため、蓋を外さずに内部を覗き、煙が発生していないか確認してから帰った。

また、本事故当日に本事故車両の溶接作業に立ち会った、出雲車両支部の立会者の口述によれば、概略次のとおりであった。

当日は、電車線の電気を切り、安全に作業に入れるよう確認作業をした。溶接作業の開始に当たっては、電気の入り切りのことについては行ったが、溶接作業自体の打合せは行ったか記憶にない。

アーク溶接の作業は職務としての経験はないが、スパッタが飛ぶことは知っていた。したがって、屋根上で溶接作業を行うとき、車両の構造

<sup>7</sup> 被覆アーク溶接とは、電極棒と金属母材との間にアークを発生させ、そのアーク熱で金属母材を加熱溶融して接合する溶接をいう。溶接棒には被覆材が塗布され、これが熱により分解してアークを安定化させる。



上ガラスにスパッタが飛ぶか飛ばないか分からないが、一応用心のために養生した。ブレーキ抵抗器のカバーの中は、発電ブレーキのブレーキチョッパ用抵抗器だということを知っていたが、その時は、カバーの中の抵抗器をスパッタから守るため、養生しようとは考え付かなかった。さらに、作業主体は所属の異なる同車両所なので、自分からは特段の指示はしていない。

溶接後、安全確認のため、カバーの蓋を開けて確認するには、10分程度あれば可能だったと思う。しかし、溶接中、火花が眩しいので目を背けていて、抵抗器の入っているカバーの中にどの程度スパッタが飛んでいるのか分からなかったため、カバーの蓋を開けて確認することは思い付かなかった。

(写真9、10、11参照)

## 2.4 鉄道施設(変電所)に関する情報

出雲市駅を含む区間に設備されている変電所は、直江変電所(378k300m)及び出雲変電所(391k600m)である。

この変電所間において、本件列車を含め他のどの列車も力行していなかったと思われる18時51分から、本件列車が出雲市駅に停車した18時53分までの間における、各変電所の本事故区間への出力電流値(1分ごとの最大値)は、次のとおりであった。

18時51分、直江変電所約400A、出雲変電所約650A

18時52分、直江変電所約280A、出雲変電所約480A

18時53分、直江変電所約230A、出雲変電所約630A

## 2.5 車体屋根部の修繕工事時に使用した工具に関する情報

2.3.6(1)の防熱板の交換作業等に使用した工具は、同車両所から持参した工具及び出雲車両支部所属の工具の31点である。

これらの工具は作業後にチェックを行い、置き忘れのなかったことを確認したとのことである。

## 2.6 乗務員等に関する情報

### 運転士

甲種内燃車運転免許

昭和62年5月21日

甲種電気車運転免許

平成9年5月28日

(甲種内燃車運転免許は、国鉄の民営化に伴い交付されたもので、国鉄時代から

通算した運転経験年数は17年4ヶ月である。)

計画・管理担当者

車両の修繕作業の計画及び管理の経験年数3年11ヶ月

溶接担当者

車両の修繕作業の経験年数23年0ヶ月(溶接経験も同様)

出雲車両支部の立会者

車両の検修作業の経験年数20年2ヶ月

## 2.7 気象に関する情報

当時の事故現場付近の天気は曇りであった。また、気象庁出雲地域気象観測所における事故当日の19時の気象状況の記録は、以下のとおりであった。

降水量	0 mm
気温	19.8
風速	1 m/s
風向	東北東

## 2.8 溶接作業に関する確認

平成15年3月12日、同車両所において、口述を基に事故当日と同様に、2.3.6(1)に記述したような溶接切れを作った後、当日と同様の溶接作業を再現、実施した。その結果、ブレーキ抵抗器のカバーの溶接箇所の間隙から、スパッタ等がこのカバー内左側下部に入り飛散したことを確認した。

なお、カバーの間隙を始め、本溶接確認等調査時の条件は必ずしも事故当日と同一ではないが、カバーが比較的密着していた右側部分においてもスパッタ等が飛散したことを確認した。

(写真11参照)

# 3 事実を認定した理由

## 3.1 車両及び施設の状況に関する解析

### 3.1.1 本事故直前に行った本事故車両の修繕

#### (1) ブレーキチョッパ装置の改修

本事故2日前の平成14年5月14日、2.3.5(1)で述べたブレーキチョッパ装置の故障が発生し、翌日の15日、出雲車両支部において、ブレーキチ

ヨッパ装置の製造会社が修繕を行った。この際、2.3.5(2)に示すよう、製造会社は以前からCS1の故障は熱ストレスによる疲労破壊と推定しており、その後の計算機シミュレーション等の結果からも、CS1を取り外す方が良いと判断し、2.3.6(1)において述べたとおりCS1を取り外し、本件列車を出区させた後、走行中に本事故が発生した。

ここで、本改修工事と本事故との関連について検討すると、以下のことからブレーキチョッパ装置の改修（CS1取り外し）が本事故の要因となった可能性は低いものと考えられる。

2.3.5(2) bの走行試験において確認されたとおり、

a CS1を取り外した方がCS1が有る場合に比べてブレーキ抵抗器にかかる過電圧が改善されたこと、またこれらの値は、絶縁破壊を起こすほどの値ではなかったこと

b ブレーキ抵抗器の対地電圧は、CS1の有無によって変化がないこと、またこれらの値は、絶縁破壊を起こすほどの過電圧ではなかったこと

2.3.4(5)に記述したとおり、ブレーキチョッパ装置の回路は、改修されてから、事故後再度改修前の状態に戻されるまでの間、故障や異状がなかったこと

## (2) 防熱板の改修工事

本事故の前日（5月15日）、同社は屋根の雨漏り対策として2.3.6(1)で述べた防熱板の交換作業を実施している。その際、防熱板を枠に取り付けるためのボルトも長い物に交換している。このため、交換したボルトと抵抗体との離隔距離が約5mm短くなっているが、この距離は4cm以上であった。（付図6参照）

## (3) ブレーキ抵抗器カバーの溶接

本事故車両に対するブレーキ抵抗器カバーの溶接は、ブレーキチョッパ装置の修繕及び防熱板の交換作業における一連のスケジュールに、当初から組み込まれていなかった。また、本事故車両は、営業列車として使用するための出区時間との関係から、溶接作業に費やす時間に制約があった。

2.3.6(2)より、計画・管理担当者、溶接担当者及び出雲車両支部の立会者らの口述によれば、ブレーキチョッパ装置修繕の翌日（本事故当日）、ブレーキ抵抗器の納められたカバーの外側からの溶接作業（写真9に示す状態での溶接作業）を行うに当たり、特段の作業打合せを行っていなかった。また、溶接時に周辺一帯にスパッタ等が飛ぶことは、それぞれの者が認識していたが、カバー内にむき出しで納められている抵抗器をスパッタ等から守るための防護を進んで提案する者はいなかった。

また、2.8に述べたように、事故後、当日同様の溶接作業を再現した結果、溶接切れのあったカバーの隙間から、同カバー内下部にスパッタ等が入り、飛散したことが確認された。これらのことから、溶接時、ブレーキ抵抗器のカバー内にスパッタ等が入り込み、直下にあるブレーキ抵抗器の抵抗体、金属製抵抗体支持枠、碍管、支持碍子などに落下したことが考えられる。また、この位置は、2.3.4で述べたように、車体屋根上左側の損傷が最も激しかった付近でもある。

溶接終了後に安全確認として、溶接担当者らはブレーキ抵抗器カバーの蓋を開けて内部の確認及びスパッタ等の清掃は行わなかった。これらの安全確認は、一連の防熱板交換作業の中で、カバーの蓋の取り外し、取付けが完了していたにもかかわらず、再び蓋の取り外しを行わなければならない手戻りを意味する。

以上のことから、作業前のスパッタ等に対する周辺機器の保護や作業後の確認を行わなかったのは、作業手順の最適化を図る計画性に欠けていた上に、出区させる時間的な制約があるため一連の作業を早く終わらせなければならないという強い意識があったことが、関与したものと考えられる。

### 3.1.2 変電所の電流に関する解析

2.4より、直江変電所及び出雲変電所の両変電所から当該区間に供給された電流値を合計すると、18時51分、約1,050A、同様に18時52分、約760A、18時53分、約860Aである。

この時間帯において、本件列車及びそれと同じき電区間内にある他の列車は、ダイヤどおりに運行されており、これらの列車はいずれも力行動作を行っていなかった。

また、2.1の運転士の口述によると、本件列車は、出雲市駅場内信号機の約3km手前18時50分ごろから出雲市駅到着までの間は力行運転を行っておらず、また、周辺の列車もこの間は力行運転を行っていなかったことから、本件列車が正常に運行していれば、変電所からの出力電流は列車のコンプレッサー等の補機で使用する電流（数10A程度）以外の電流は発生しないものと考えられる。したがって、本事故発生時には両変電所の上記出力電流のほとんどが、本件列車へ供給されていたものと推定される。

## 3.2 火災の発生に関する解析

### 3.2.1 車体屋根上のアーク放電の発生

本件列車は、運転士の口述によれば、出雲市駅に向かって走行する途中、速度約

70 km/hから48 km/hへの減速を行った。この減速時には、力行している他の列車もなかったことから、発電ブレーキが動作し、電気エネルギーがブレーキ抵抗器へ供給されたものと推定される。この時点で、高架橋の脇から本件列車が走行するのを見ていた非番の車両検修員による「抵抗器のところから黄色っぽい火花と青白い閃光が見え、明るい花火のようだった」という口述があるが、これは2.3.4に述べたように金属棒、ボルト、碍管及び支持碍子類の溶損等が多数見られること、さらに、3.1.2に述べた本件列車へ供給された電流も考慮すると、本事故車両の屋根上カバー内でアーク放電が発生していたものと推定される。

( 付属資料1 参照 )

### 3.2.2 アーク放電発生の変因とその可能性

アーク放電の発生については、耐圧を上回る過電圧が発生した場合、若しくは、耐圧自体が何らかの理由により下がる場合の、大きく分けて2通りの可能性が考えられる。

#### (1) 過電圧発生によるアーク放電の可能性

本事故車両の屋根上の損傷状況は、車体屋根の外板、防熱板、防熱板棒、ブレーキ抵抗器の抵抗体及び抵抗体の支持棒ともに、前方左側が激しく溶損していた。

車体屋根の外板、防熱板棒及び同棒に取り付けてあるボルトは車体に接地されており、ブレーキ抵抗器の抵抗体（電圧の印加される部分）及び支持棒は支持碍子で車体から絶縁して取り付けられている。

3.1.1(2)に述べたとおり、車体接地側とブレーキ抵抗器側（高電圧側）の離隔距離は短い箇所でも4 cm以上ある。放電しやすい条件を想定しても通常絶縁破壊電圧は1 cm当たり約5,000 Vといわれていることから、20,000 V以上の過電圧が発生しなければ放電しないことになる。

今回、激しく溶損した16の抵抗体側の過電圧の発生については、2.3.5(2)のCS1の検証、加えて走行試験時の実測結果から、どちらも対地電圧2,000 V程度であることから、絶縁破壊を起こし放電するような極めて高い電圧はブレーキ抵抗器回路上に、発生していた可能性は低いものと考えられる。

#### (2) 屋根上機器の絶縁耐圧低下の可能性

3.1.1(3)に述べたように、本事故直前の溶接作業により、ブレーキ抵抗器カバー内にある抵抗体、抵抗体の支持棒及び防熱板棒等には、スパッタ等が飛散し、それらがカバー内部に残留していたものと推定される。

ブレーキ抵抗器と車体側接地間は、上記(1)で述べたように絶縁離隔距離

が十分に確保されていたものの、カバー内部に飛散したと推定されるスパッタ等の影響により、以下のような絶縁破壊に至るメカニズムの可能性のあるものと考えられる。

スパッタが溶接作業時に溶融及び飛散した場合には、抵抗体などに付着することによりアーク放電を発生させやすい突起を生成させたり、車体屋根の外板に付着することにより屋根絶縁材を溶融し、絶縁耐圧を低下させること

溶接発生時にスパッタとともに発生するヒュームがカバー内部を浮遊した場合には、電界<sup>8</sup>分布を乱すことによってコロナ放電<sup>9</sup>を誘発させること  
ヒュームが支持碍子等の表面に付着した場合には、表面の汚損により、アーク放電発生の原因となること

このためカバー内部では、2,000 V程度の電圧が印加された抵抗体でも、抵抗体と車体側接地部分において放電が開始したものと推定される。また、通常いったん放電が開始すると、絶縁性の悪い部分を目掛けて次々と放電が継続することも知られている。したがって、2.3.4に述べた損傷の激しかった前方左側以外の溶損箇所は、こうした放電が関与した可能性があるものと考えられる。

### (3) アーク放電発生要因に影響を与えるその他の可能性

事故後の調査により、2.5に述べたようにカバー内部には短絡発生を誘発する修繕作業時の工具等の置き忘れがなかったこと

2.4で述べた変電所の記録により、変電所側から本件列車へ保護動作を伴うような過電流の発生がなかったこと

2.3.4(5)に述べたように車両の主回路系の保護動作が働いていなかったことから、VVVFインバーター制御装置等の何らかの制御装置の誤動作により、主回路の電圧、電流特性に異常が発生していたとは考えにくいこと  
以上のことから、これらの要因による事故の可能性は低いものと考えられる。

### 3.2.3 本火災事故の発生経過

本事故は、以下の経過により発生したものと推定される。

本事故車両のアーク放電は、屋根上カバー内のブレーキ抵抗器の「抵抗体」から「防熱板のボルト」の先端へ向かって進行した。この際、「抵抗体支持枠」や「抵抗器カバー」を経由するアークの経路が形成された。(付図7中ルート )

<sup>8</sup> 電界とは、両極間に電圧が印加され、その電氣的な影響が及ぶ領域のことをいう。

<sup>9</sup> コロナ放電とは、気体(絶縁物である空気)の電離(中性の原子が電子を引き離されてイオン化すること)によって電極付近の空間に局部的に発生する発光現象をいう。

上記アークは、これらボルトの下方突起部から、アークの熱によって焼損した屋根絶縁材を突き抜け、更に車体屋根の外板を突き抜けて車体屋根の内部に吹き出した。(付図7中ルート )

車体屋根の内部に吹き出したアーク流は、溶融した金属と共に直下に詰めてある断熱材(グラスウール製)を溶かし、更にその下のアルミニウム製の「客室内天井板」を焼損させた。(付図7中ルート )

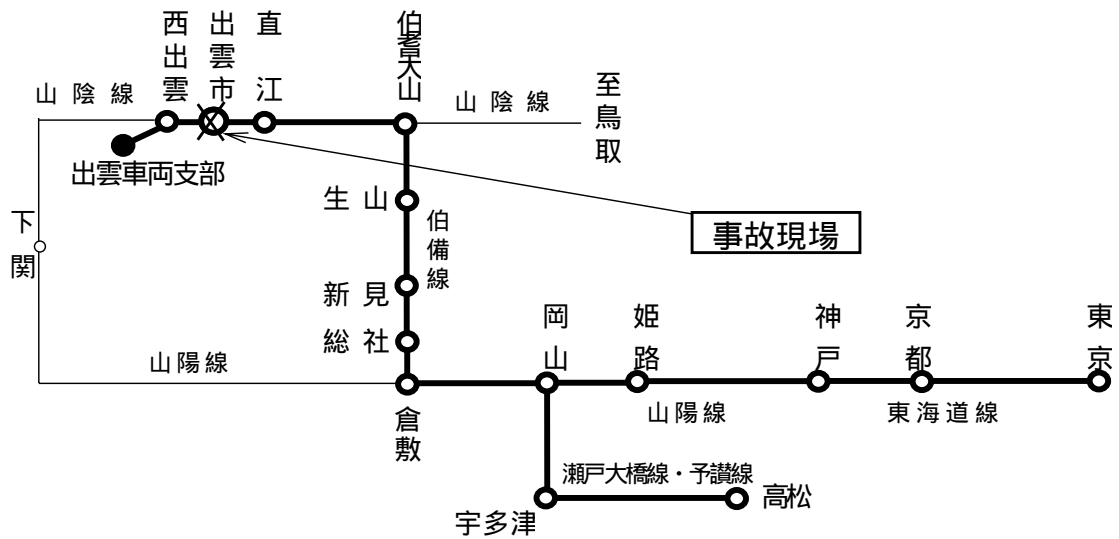
他方、「抵抗器カバー」はルート のアークの経路となったこと及び「抵抗器カバーの蓋」はこの抵抗器カバーと電氣的に結合していることから、この抵抗器カバーの蓋に対しても抵抗体からアーク放電し、2.1の車両検修員の口述にあるように、この抵抗器カバーの蓋を突き抜けて外部に噴出した。(付図7中ルート )  
(付図7参照)

## 4 原因

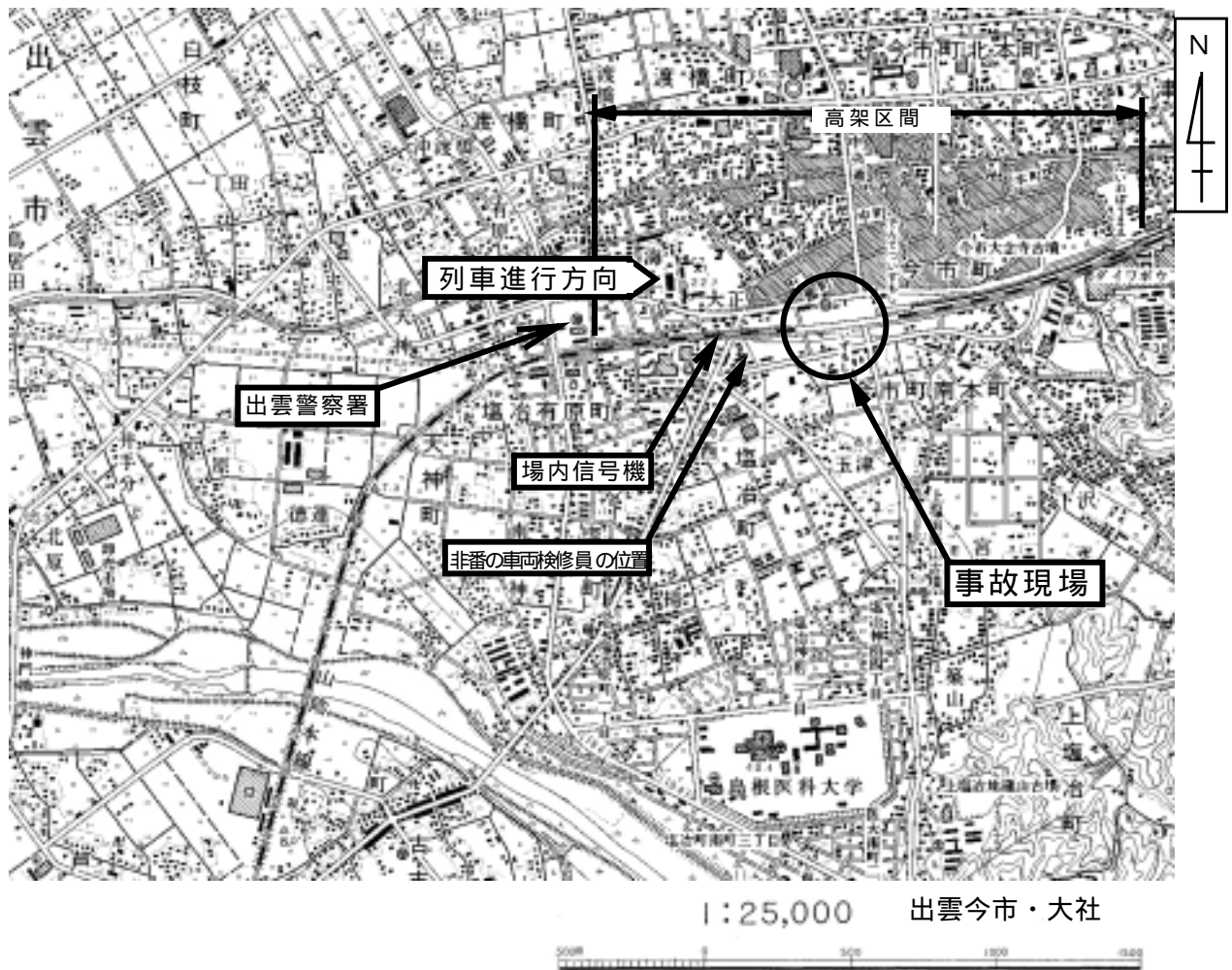
本事故は、車体屋根上に搭載されたブレーキ抵抗器カバーの溶接工事を行った際、作業前に行うべき周辺機器の保護及び作業後の確認を確実に行わなかったことから、スパッタ等の飛散物がカバー内に落下したままとなっていたため、これが高電圧が印加されるブレーキ抵抗器周辺で絶縁破壊を誘発し、アーク放電が起こってブレーキ抵抗器の抵抗体及び車体屋根の外板を溶損させ、更に客室内部の天井板を焼損させたことによるものと推定される。

作業前後の周辺機器等の保護や確認を確実に行わなかったのは、他の故障の修繕や改修工事等に併せて、急遽、溶接工事を行うこととなったために、作業計画を立てる者や溶接作業を行う者等が、工事全体の作業手順や作業内容の検討を十分行っていなかったこと、また、速やかに作業を終了して列車の発車時刻を遅らせてはいけないとの強い意識が関与したことが考えられる。

付図1 本件列車に用いた車両の運行路線図



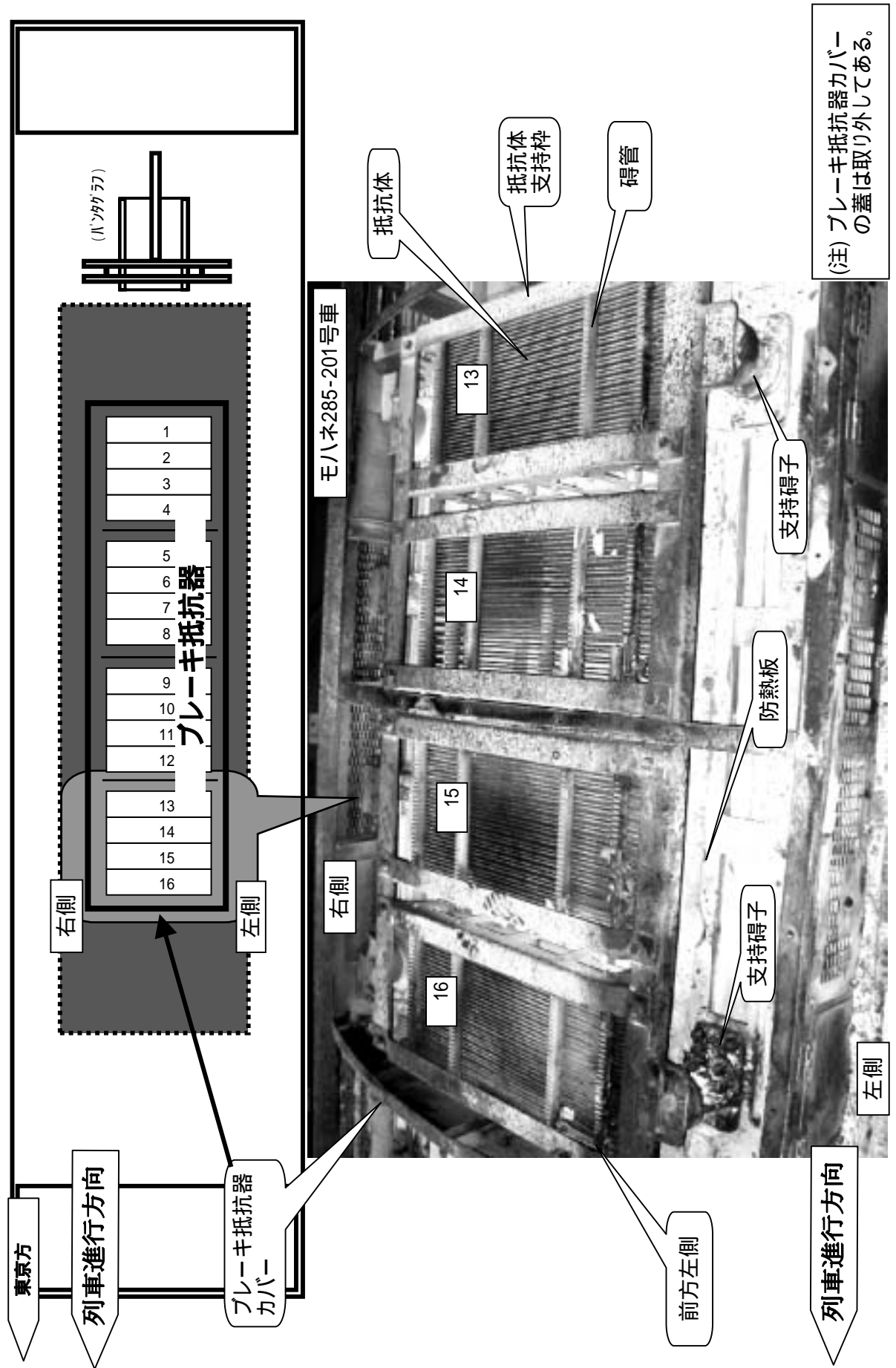
付図2 事故現場付近の地形図



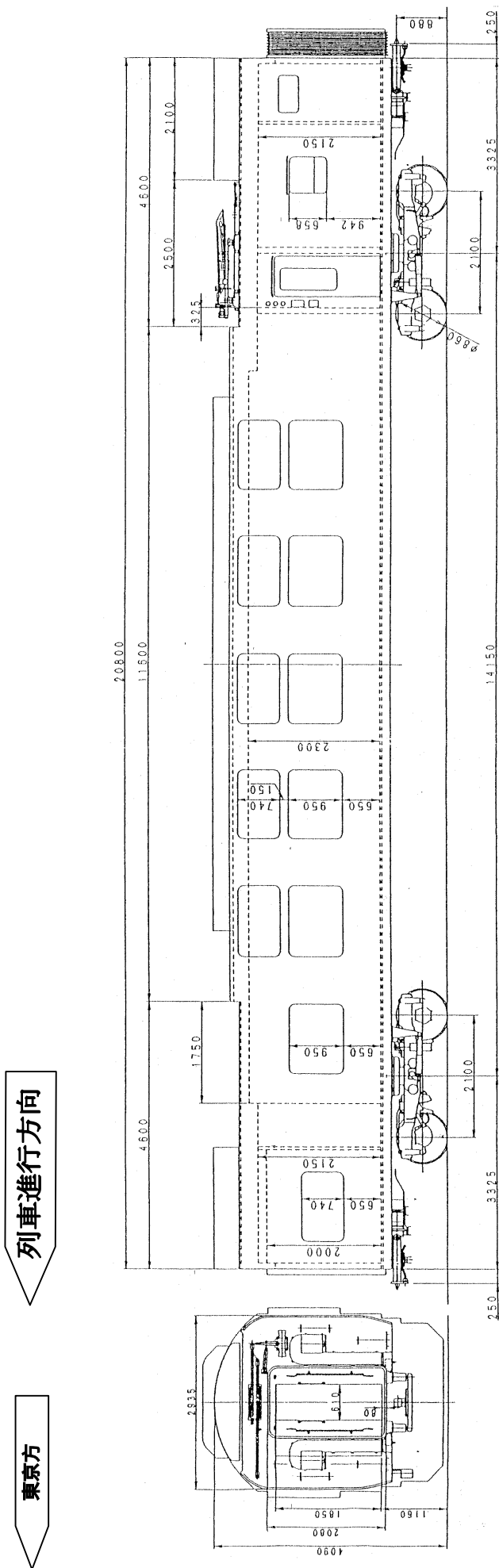
国土地理院 2万5千分の1 地形図使用



付図3 事故直後の屋根上のブレーキ抵抗器



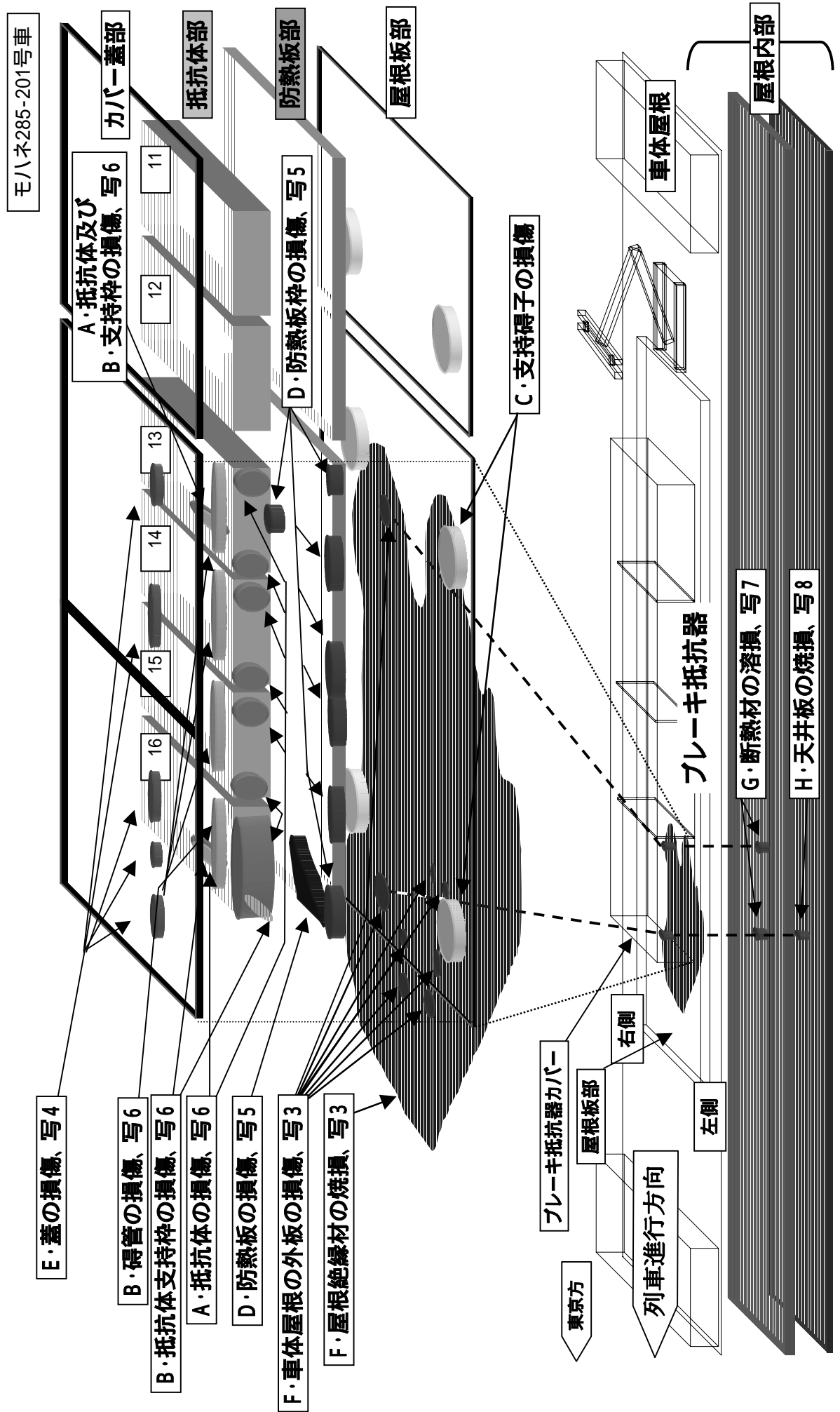
付図4 車両形式図(モハネ285号車)



定員	30人
自重	45.7t
台車形式	WDI58
運転最高速度	130 km/h
電気方式	直流 1500V
制御装置	WPC9
制御方式	VVVFインバーター誘導電動機制御、回生・発電ブレーキ付
ブレーキ方式	発電・回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ
主電動機	WMT102A、4個

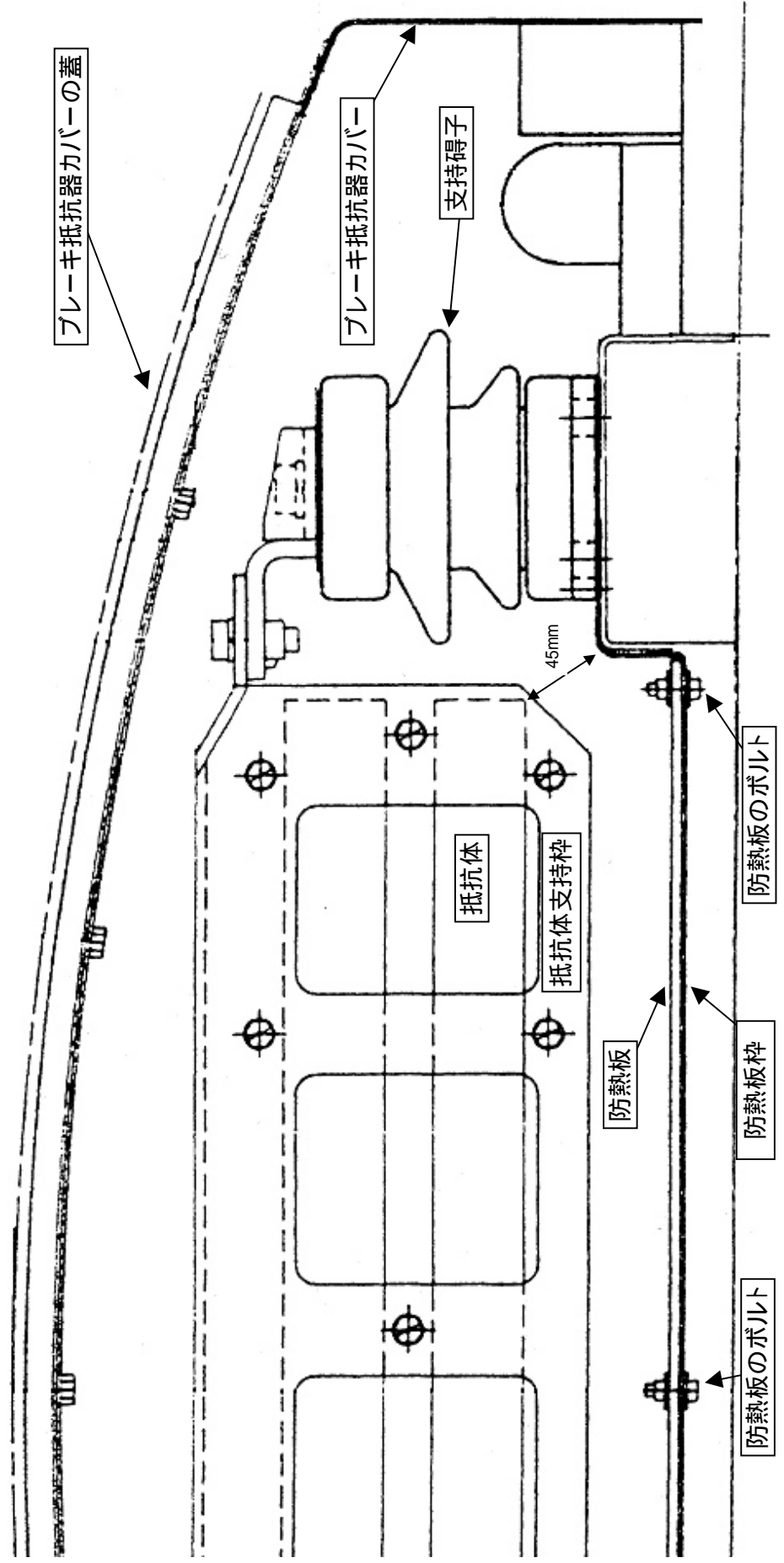
(提供: 西日本旅客鉄道株式会社)

付図5 車両の損傷状況

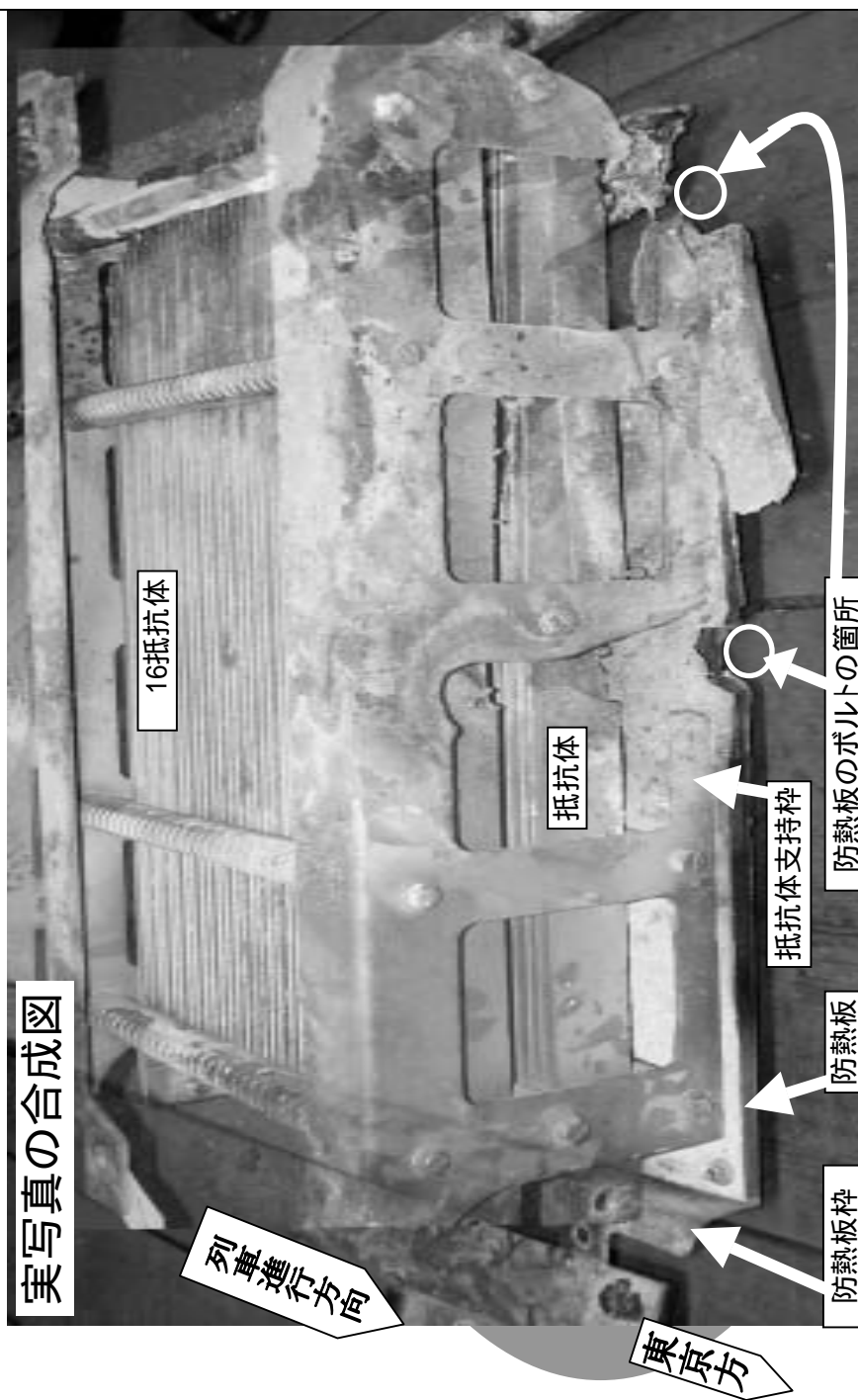


(注) 図中の「A」～「H」は本文2.3.4に記述中の参照番号に対応する。また、図中の「写」は、写真の参照番号を示す。例：「写8」は、写真8参照

付図6 ブレーキ抵抗器の断面図



付図7 本火災事故におけるアーク放電の経路



(注) プレーキ抵抗器の抵抗体、抵抗体支持枠、防熱板及び防熱板枠は本事故後の写真であり、本火災事故におけるアーク放電の経路説明のため、これらの写真を合成している。

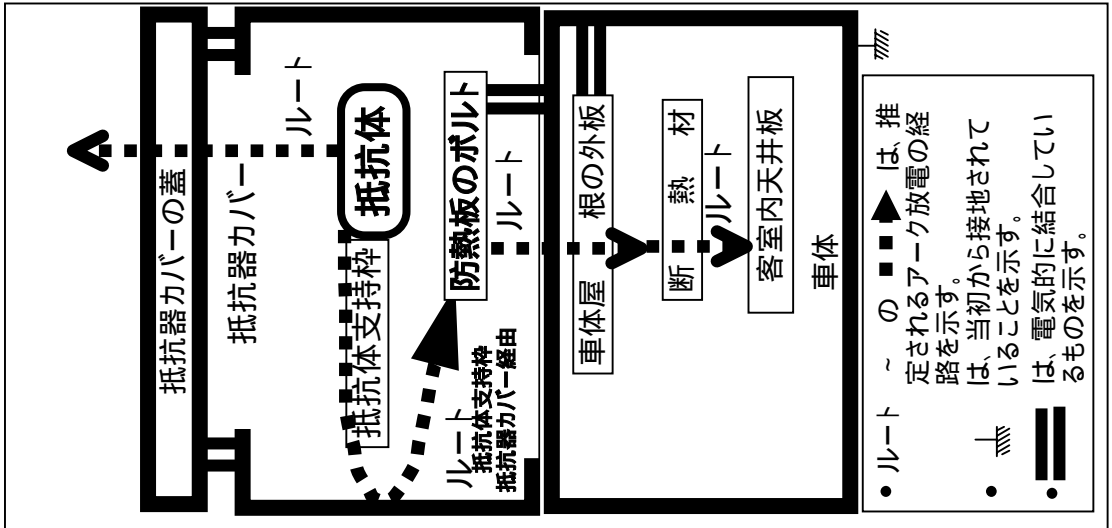
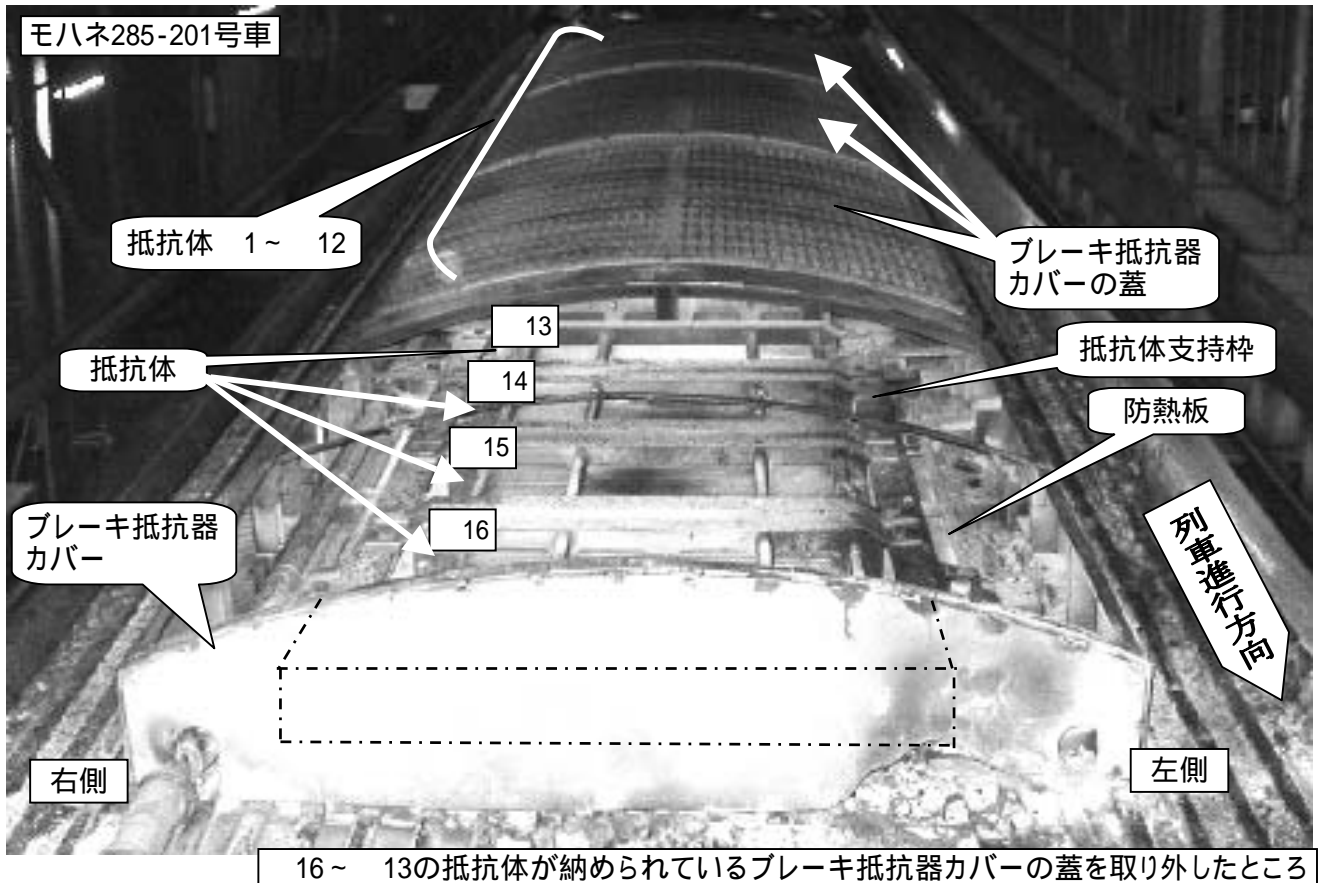


写真1 本事故時の状況



写真2 屋根上のブレーキ抵抗器



16～13の抵抗体が納められているブレーキ抵抗器カバーの蓋を取り外したところ

写真3 車体屋根の外板の  
損傷状況

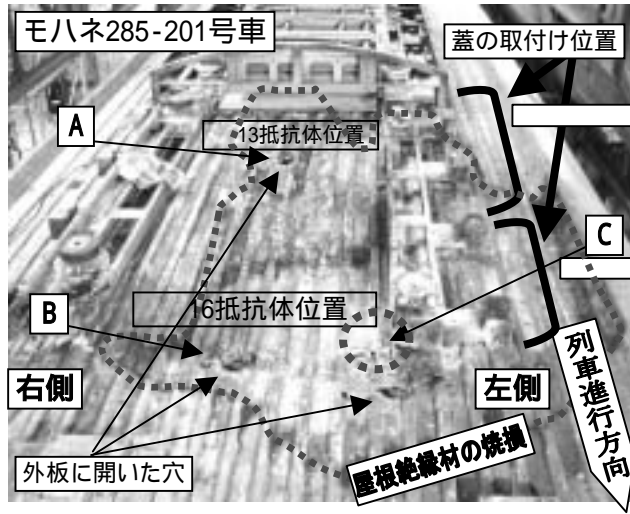


写真4 ブレーキ抵抗器カバーの  
蓋の損傷状況

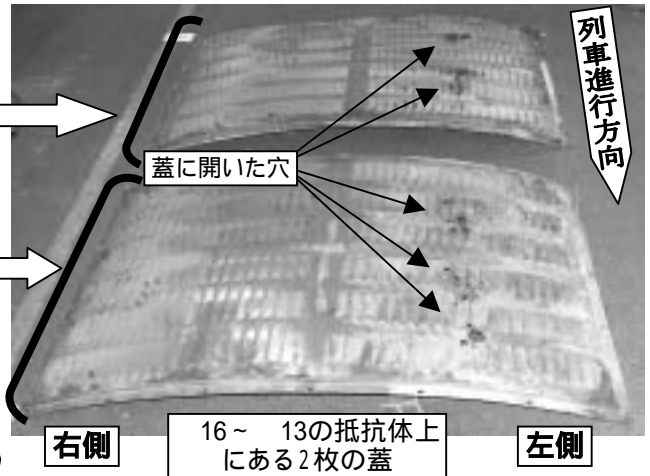


写真5 防熱板の損傷状況

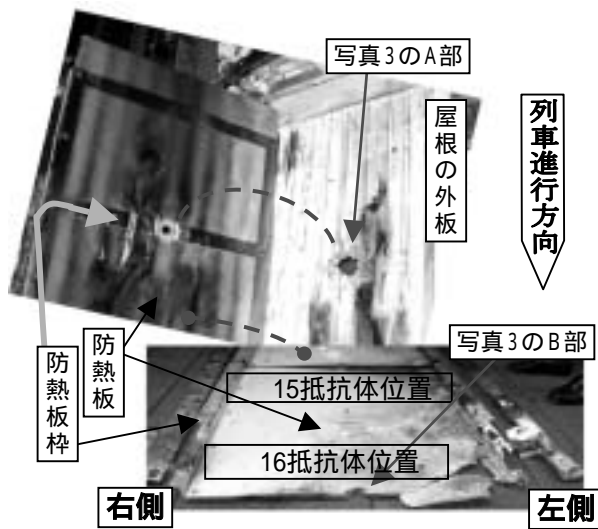


写真6 16抵抗体等の損傷状況

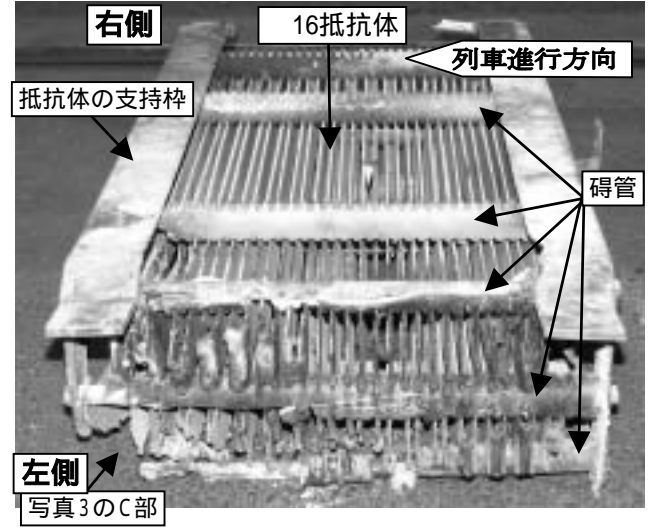


写真7 屋根内部の損傷状況

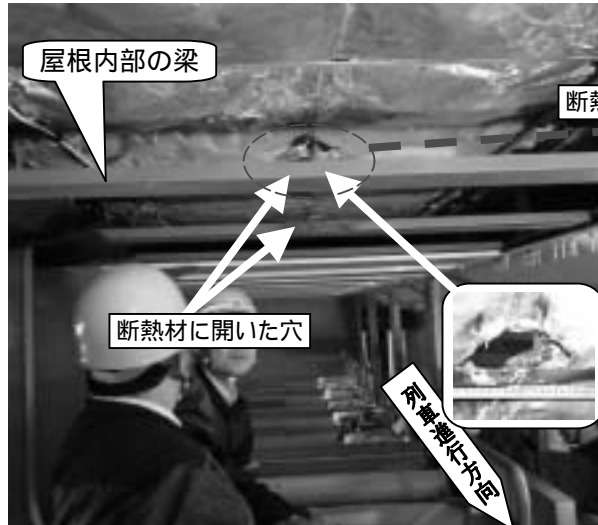


写真8 客室内天井板の焼損状況

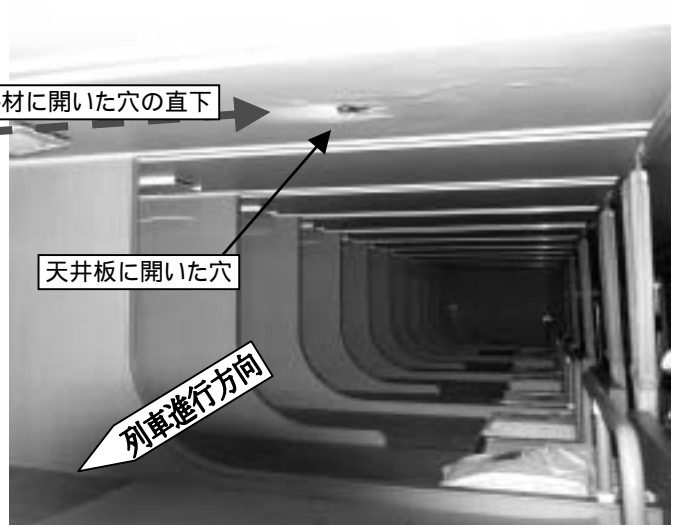


写真9 屋根上のブレーキ抵抗器カバー

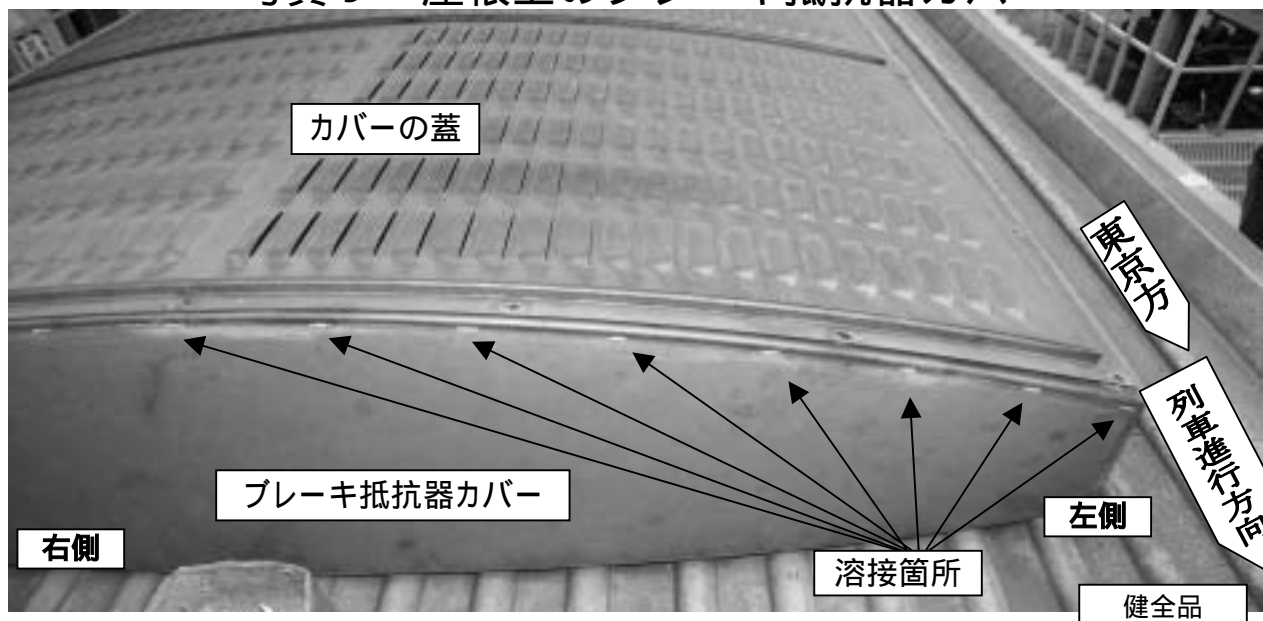


写真10 本事故前日の溶接切れの状況

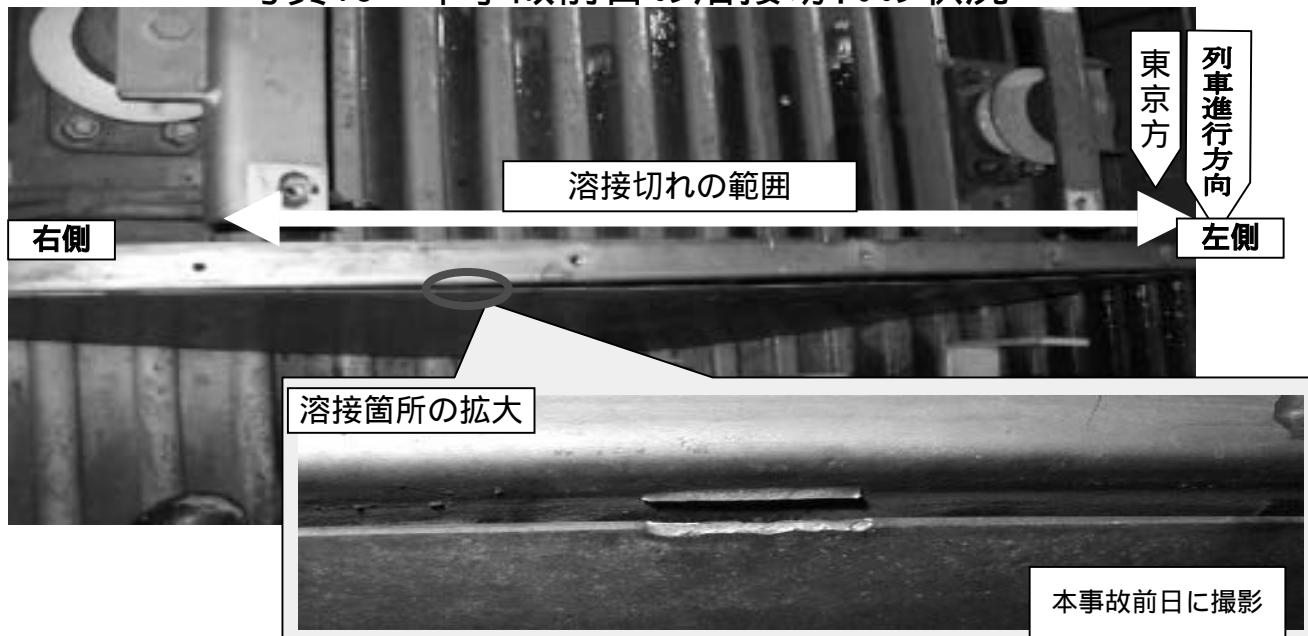


写真11 溶接中のスパッタ等の飛散状況



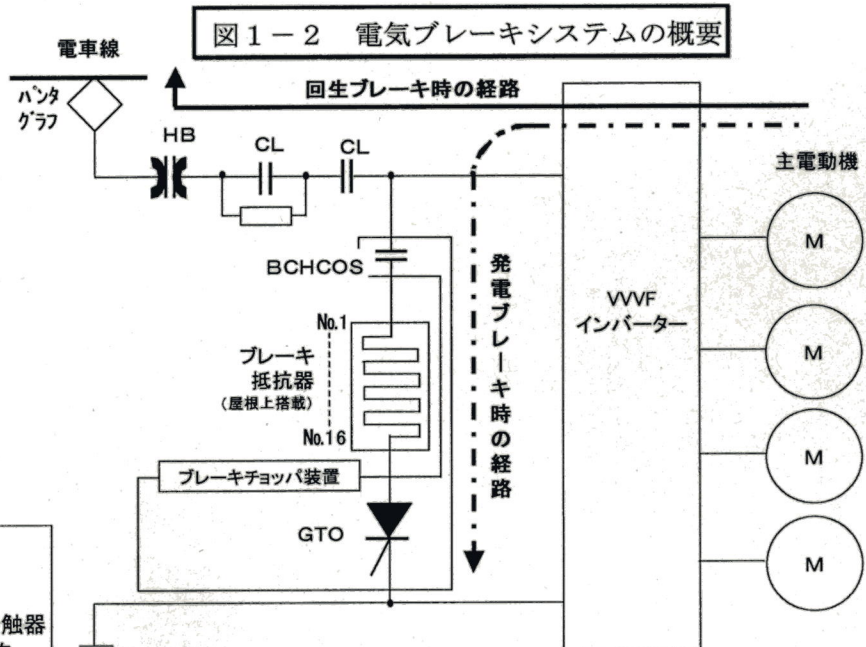
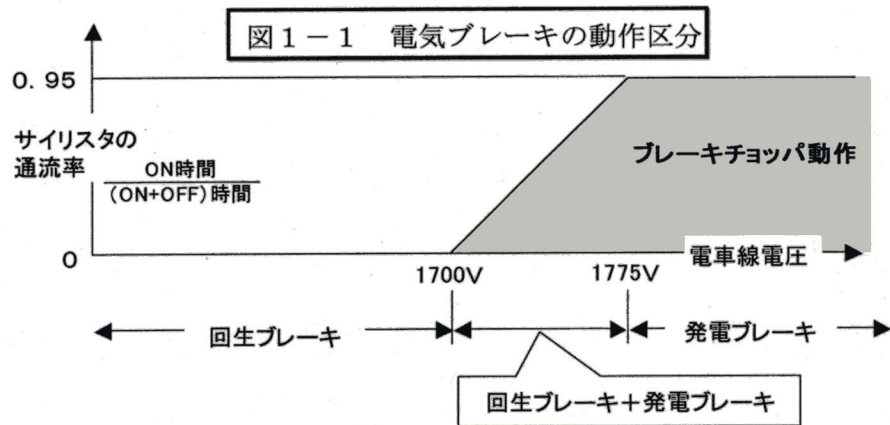


### 電気ブレーキ動作概要

本件列車における電気ブレーキは、図1-1に示すように電車線の電圧に応じ、回生ブレーキと発電ブレーキを自動的に使い分けている。

電車線電圧が1,700V以下の場合、回生ブレーキのみを使用し、1,775V以上になると発電ブレーキがフル稼働される。本件列車に使用されている発電ブレーキは、図1-2に示すようなブレーキチョップ装置を使用しており、1,700Vから1,775Vの範囲は、ブレーキチョップ装置内のGTOがブレーキ抵抗器へ流れる電流をON-OFFのタイミングで制御しながら、回生ブレーキと発電ブレーキを併用させている。すなわち、図1-2に示すように減速時に発生した電気エネルギーは、電車線を介して他所に有効利用（回生ブレーキ）されたり、屋根上に搭載したブレーキ抵抗器に通電し、熱エネルギーとして消費（発電ブレーキ）されることとなる。

その際、ブレーキ抵抗器には、上記のスイッチングに同期したインパルス状の電流が流れる。また、発電ブレーキを長時間使用すると時として高温となる場合がある。



- 凡例
- HB: 高速度遮断器
  - CL: 断路器
  - BCHCOS: ブレーキチョップ開放接触器
  - GTO: ゲート・ターン・オフ・サイリスタ
  - M: モーター

(注) HB、CL、BCHCOSは走行時、「入り」状態となっている。

本事故車両に用いられているブレーキチョッパ装置回路概略

発電ブレーキに使用されているブレーキチョッパ装置の回路構成は、図2-1に示すとおりである。

屋根上のブレーキ抵抗器に直列に入っているブレーキチョッパ用GTOは、電車線の電圧値により、1サイクル中のオン・オフの幅を調整しながら、ブレーキ抵抗器に流れる電流を制御する。

GTOを保護する回路としては、ブレーキチョッパ用GTOと並列に点線①で囲ったスナバ回路（一般に、有極形スナバ回路といわれるDS、RS2、CS3素子から構成された回路）がある。また、ブレーキ抵抗器と並列に接続されたブレーキ抵抗器用フリーホイールダイオード（BF）と、このフリーホイールダイオードと並列に点線②で囲った製造会社設計のフリーホイールダイオード用保護回路（一般に、無極性形スナバ回路といわれるCS2、RS素子から構成された回路に、当該製造会社がCS1を並列に付加したもの）がある。

図2-1 回路概略

