

鐵道事故調查報告書

東日本旅客鐵道株式会社弥彦線吉田駅～矢作駅間	列車脱線事故
名古屋鐵道株式会社羽島線新羽島駅構内	列車脱線事故
南海電氣鐵道株式会社高野線紀伊神谷駅～紀伊細川駅間	列車脱線事故
近畿日本鐵道株式会社大阪線川合高岡駅～伊勢石橋駅間	踏切障害事故
東日本旅客鐵道株式会社仙石線鹿妻駅～矢本駅間	列車脱線事故

平成14年12月27日

航空・鐵道事故調查委員會

本報告書の調査は、東日本旅客鉄道株式会社弥彦線吉田駅～矢作駅間列車脱線事故他4件の鉄道事故に関し、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・鉄道事故調査委員会
委員長 佐藤 淳 造

名古屋鉄道株式会社羽島線新羽島駅構内
列車脱線事故

[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	鉄道施設及び車両の損傷等に関する情報	3
2.3.1	車両の損傷状況	3
2.3.2	鉄道施設の損傷状況	4
2.4	乗務員等に関する情報	4
2.5	鉄道施設に関する情報	4
2.6	車両に関する情報	5
2.6.1	概要	5
2.6.2	車両の運用状況	6
2.6.3	ブレーキシステムの動作状況	6
2.6.4	モニタシステムの状況	7
2.6.5	事故直後の車両の状況	7
2.7	事故現場に関する情報	7
2.8	気象に関する情報	8
2.8.1	天気概況等	8
2.8.2	その他の気象に関する情報	8
2.9	冬期に対応した車両整備及び降積雪時における運転取扱いに関する情報	8
2.9.1	冬期に対応した車両整備	8
2.9.2	降積雪時における運転取扱い	8
2.10	塗油器の動作に関する情報	9
2.10.1	車上塗油	9
2.10.2	地上塗油	9
3	事実を認定した理由	9
3.1	解析	9
3.1.1	運行の経過	9

3.1.2	ブレーキの動作	10
3.1.3	車輪・制輪子間の摩擦の状況及び耐雪ブレーキ等の取扱い.....	11
3.1.4	車輪・レール間の摩擦の状況.....	11
3.1.5	高架橋終端部における列車の過走防護に関する事項.....	12
4	原因.....	12
5	所見.....	13
6	参考事項.....	13
付図 1	羽島線路線図（竹鼻線、名古屋本線の一部を含む）.....	14
付図 2	事故現場付近の地形図.....	14
付図 3	新羽島駅終端部見取図.....	15
付図 4	岐阜地方気象台の気象記録.....	16
付図 5	運行の経過（速度と時刻の関係）.....	17
付図 6	運行の経過（速度と位置の関係）.....	18
写真 1	高欄壁を突破した車両（その 1）.....	19
写真 2	高欄壁を突破した車両（その 2）.....	19
写真 3	脱線した車両の着雪状況	20
写真 4	車両の損傷状況（その 1）.....	20
写真 5	車両の損傷状況（その 2）.....	21
付属資料		
A	レール各部の名称.....	23
B	ブレーキシステムの概要.....	24

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：名古屋鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成14年1月3日 10時01分ごろ

発生場所：岐阜県羽島市

羽島線 新羽島駅構内

平成14年12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

名古屋鉄道株式会社（以下「同社」という。）の笠松駅発新羽島駅行きの上り普通第994列車（2両編成、運転士1名、車掌1名、乗客6名、以下「本件列車」という。）の運転士は、平成14年1月3日（木）新羽島駅に進入する際、曲線の速度制限箇所を積雪のため、通常より低い速度で通過しようとして常用ブレーキ4ステップを使用した。十分な減速効果が得られず、7ステップに強めたが減速しなかった。さらに、非常ブレーキを使用した。列車は車止めを突破した後、高架終端の高欄壁に衝突し停止した。

このため、先頭車両の前台車の第1軸及び第2軸が軌道終端を走り過ぎて脱線した。乗客及び乗務員に死傷はなかった。

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1月3日、本件事故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。

中部運輸局は、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 調査の実施時期

平成14年1月3日～4日

現地調査

平成14年1月4日、18日

車両調査

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

事故に至るまでの経過は、本件列車の運転士の口述によれば、概略次のとおりであった。

前の晩は東岡崎駅の宿泊であったので、当日朝起床時に電話で点呼を受けた。その際、雪の重みでパンタグラフが下がることなく確実に架線に接触していることの確認、ブレーキの使用（雪が降っているのでブレーキは早めに使用すること）について注意があった。

新岐阜駅に到着したときは約30分の遅れがあり、行路表に記載された列車に乗務できなかった。新岐阜駅にある名古屋運転区岐阜出張所の助役から9時12分発の急行列車に便乗し、笠松駅から竹鼻線の列車に乗務するよう指示を受けた。名古屋運転区に転勤し単独乗務するようになった後、竹鼻線の乗務はこれが初めてであり、少し嫌な感じがした。笠松駅のホームで乗り継ぎ交代を行ったが、このとき前の運転士からの引継事項はなかった。

笠松駅から羽島市役所前駅行きの本件列車に乗務したが、少しブレーキの効きが甘く、特に停止間際にブレーキの効が悪いと感じたため、早めにブレーキを使用した。

羽島市役所前駅で折り返しの予定であったが、後続の新羽島駅行きの列車が遅れているため、本件列車を新羽島駅まで延長運転することになった。一つ手前の

えぎら
江吉良駅の停車の際もブレーキの効きが甘く感じられたので、早めにブレーキを使用した。江吉良駅を発車後、速度を60 km/hまで上げて惰行運転とした。新羽島駅進入時、曲線の55 km/h制限箇所があるので、そこを45 km/hで通過しようと4ステップのブレーキを55 km/h制限標識の手前で使用した。ブレーキ効果がなかったような気がしたので、100 mほど進んだH標（ブレーキを使用する位置を示す標識）のところで7ステップまで使用した。しかし、感覚的には速度が落ちてこないなと思った。ATSが動作しそうになり、このままでは停車位置を行き過ぎそうだと感じたために、非常ブレーキを使用した。車止めに衝突したときの速度は約30 km/hと思うが速度計は見えていない。

耐雪ブレーキは、レール頭頂面下部に雪があったら使用するということを覚えていたが、当時は雪は降っていなく、天気が良くなってレールが見えていたので耐雪ブレーキを使用しなかった。

（付図1、2、3及び写真1、2並びに付属資料A参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

乗客及び乗務員に負傷はなかった。

2.3 鉄道施設及び車両の損傷等に関する情報

2.3.1 車両の損傷状況

先頭の3121号車が、前部を中心に損傷した。主な損傷箇所は、次のとおりである。

前面右側ガラス	破損
自動連結器及び胴受	破損
電気連結器及びそれに連なる車両制御関係電線	破損
右側スカート	破損
ATS車上子	破損
列車無線アンテナ	落下

また、本件車両の台車は、台車枠、板ばね、ユニットブレーキ部分を中心に上部に雪が付着していた。

（写真2、3、4、5参照）

2.3.2 鉄道施設の損傷状況

車止め（第2種 ¹ ）	全壊
高欄壁（ブロック塀）	損傷
電車線引き止め鉄柱	1本倒壊
電車線	約300mの間 損傷
（付図3及び写真2参照）	

2.4 乗務員等に関する情報

運転士 男性 30歳

甲種電気車運転免許 平成6年11月7日

運転士は、平成13年11月16日に神宮前乗務区から名古屋運転区に転勤となり、1ヶ月間の線路見習い²を経て同年12月18日より単独乗務を行っている。新羽島駅に進入するのは線路見習い中に4回、単独乗務になってからは初めてであった。口述によれば、降雪時の走行の経験はあるが、回数はほとんどないとのことであった。

車掌 男性 25歳

2.5 鉄道施設に関する情報

羽島線は、東海道新幹線岐阜羽島駅と岐阜市内との利便性を改善するため、昭和57年に竹鼻線江吉良駅から分岐し、新設された路線である。江吉良駅起点（以下「江吉良駅起点」は省略。）0k287mから0k462mまで、35%の上り勾配であり、その先新羽島駅終端部まで、平坦な高架である。地面からレール上面までの高さは約7mである。

終端部は同社の内規に従って第2種車止めが設置されており、さらにその手前に周囲をまくら木で囲った砂利盛り（長さ2.8m、幅2.1m、高さ0.4m）が設置されている。（付図3参照）

また、終端部における列車の過走を防止する目的で、速度を照査するためのATS地上子が5ヶ所に設置されており、それぞれの位置においてあらかじめ設定されている速度以上で通過した場合には、車上のATSが動作し非常ブレーキが働く仕組みになっている。これら地上子の直近の検査記録には事故に結びつくような異常は認めら

¹ 第2種車止めとは、レールを組み上げた車止めをいう。列車の走行する運動エネルギーを吸収する緩衝機能は考慮されていない。

² 線路見習いとは、新たに乗務する路線の列車添乗や操縦訓練を行い、その路線の特性を把握し習熟するために行う教育及び訓練等をいう。

れなかった。(付図6参照)

2.6 車両に関する情報

2.6.1 概要

本件列車に使用されていた車両編成(3100系、以下「本件車両」という。)の主要諸元を以下に示す。

編成	2両	
記号番号	制御付随車Tc	制御電動車Mc
	3 1 2 1	3 2 2 1

進行方向

新羽島

新岐阜

: 脱線した軸を示す。

(以下、制御付随車を「Tc」、制御電動車を「Mc」という。)

空車重量	Tc: 270kN(27.5t) Mc: 353kN(36.0t)	
編成定員	258人(座席定員96人)	
電動機制御	VVVFインバータ(各軸個別)制御(応荷重制御付) 電空演算回生ブレーキ、空転滑走制御	
ブレーキ制御	常用ブレーキ(電力回生併用電気指令式空気ブレーキ(応荷重制御付))、非常ブレーキ、保安ブレーキ、耐雪ブレーキ(表1、2参照)	
ATS	速度照査形	
制輪子	増粘着合成制輪子(鉄ブロック入り)	
減速度	約3.5km/h/s(常用7ステップ) 約4.0km/h/s(非常ブレーキ)	
検査歴(本件車両)	新製	平成12年4月7日
	月検査	平成13年11月12日
	列車検査	平成13年12月31日
その他(本件車両)	モニタ装置装備	

表1 ブレーキ制御の種類（付属資料B参照）

種類	動作条件	主な動作
常用ブレーキ	ハンドルを1～7ステップ位置にとる	ハンドル操作量に応じたブレーキ ・15km/h以上で主に回生ブレーキ ・5km/h以下で空気ブレーキのみ
非常ブレーキ	ハンドルを非常位置にとる ・ATS動作（設定速度以上で走行した場合）	空気ブレーキのみ
保安ブレーキ	保安ブレーキスイッチを扱う	常用 非常ブレーキとは別経路の一定圧力の空気ブレーキ
耐雪ブレーキ	耐雪ブレーキスイッチを扱う	氷雪の介在防止のため、制輪子を低い圧力で押し付ける

表2 滑走制御の種類（付属資料B参照）

種類	動作条件	主な動作
空気ブレーキ	微小滑走を検知した場合	制輪子押し付け力を弱め、再粘着を促進
	固着を検知した場合	制輪子押し付け力を解除し、再粘着を促進
回生ブレーキ	微小滑走を検知した場合	モーター電流を制御することにより回生ブレーキ力を弱め、再粘着を促進
	微小滑走が収束せず滑走を検知した場合	回生ブレーキの動作を停止し、空気ブレーキのみに切換

2.6.2 車両の運用状況

岐阜県地方は1月2日21時ごろから降雪があったが、本件車両は降雪前の19時30分頃、茶所^{ちゃじょ}検車区に入庫し、屋外に留置されていた。事故当日は6時頃出庫し、茶所駅、新岐阜駅、笠松駅と走行し、笠松駅～新羽島駅間を2往復した後、本件運転士の乗務により笠松駅を発車した列車が本件列車であった。

2.6.3 ブレーキシステムの動作状況

ブレーキシステムの動作状況に関する調査結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 直近の月検査記録にブレーキ装置の不具合を示す記録は認められなかった。
- (2) 事故翌日に、衝突により破損した車両制御関係の配線間の短絡、地絡がないよう処置を施した上で空気ブレーキの動作について定置試験を行い、常用ブレーキ、非常ブレーキそれぞれ所定の動作を行うことを確認した。
- (3) 1月18日に、事故翌日と同じ状態で、主回路制御装置、ブレーキ作用装置、滑走制御装置関係の定置試験を行い、所定の動作を行うことを確認した。

- (4) その後、同社の報告から、ユニットブレーキ、電空変換弁（以下「E P 弁」という。）及び滑走防止弁を本件車両から取り外し、修繕前の状況での単体試験を行った結果、所定の性能を有することが確認された。また、主回路制御装置の機能確認（定置試験）を行い、所定の性能を有することが確認された。
- (5) 上記ユニットブレーキ、E P 弁、及び滑走防止弁を整備し、破損した車両制御関係の配線の交換を行った後に同社が実施した試運転の結果から、回生ブレーキ、非常ブレーキ、耐雪ブレーキは正常に動作することが確認された。
- （付属資料B参照）

2.6.4 モニタシステムの状況

(1) 概要

本件車両のモニタシステムは、各機器の故障発生時や、非常ブレーキの動作時に、故障などの名称を示す事象データや必要な時系列データなどを、列車の速度、走行距離や時刻などと同時に、モニタ制御装置において記録する機能を有する。また、主回路制御装置や滑走制御装置では、装置自体で必要なデータを記録する機能を有する。

(2) 記録

本件車両が事故当日の朝、出庫してから10時01分までの間、モニタ制御装置に故障などの記録はされていなかった。事故の発生した10時01分ごろには、滑走発生を示す事象データと、ATSや保安ブレーキが動作した際の時系列データが記録されていた。また、常用ブレーキ7ステップを使用中にブレーキ力不足を検知する機能があるが、ブレーキ力不足を検知したことを示す情報は記録されていなかった。

2.6.5 事故直後の車両の状況

事故直後の先頭車両Tcの運転台のハンドル、スイッチ等の位置は、次のとおりであった。

ハンドル（力行・ブレーキ兼用ワンハンドル）	非常	位置
保安ブレーキスイッチ	入り	位置
耐雪ブレーキスイッチ	切り	位置

2.7 事故現場に関する情報

本件列車は、停止位置目標（1k365m）を通り過ぎ、上記車止めを突破し、高架終端の高欄壁（ブロック塀）に衝突し、壁面から約2.5m、停止位置目標から約

19 m行き過ぎて停止した。

(付図3参照)

2.8 気象に関する情報

2.8.1 天気概況等

岐阜県地方は前日の1月2日21時ごろから降雪があり、3日5時から21時20分までの間、大雪警報が発令されていた。

気象庁岐阜地方気象台の積雪量記録によれば、降雪は2日20時過ぎより始まり、3日8時までには積雪量は21 cmとなったが、その後10時まで変化はなかった。

(付図4参照)

事故現場より約1.5 km北にある羽島市消防本部の記録によれば、3日9時の積雪は22 cm、10時の気温は-1.4 であった。

2.8.2 その他の気象に関する情報

運転士の口述によれば、事故当時に雪は降っていなかったとのことであった。

2.9 冬期に対応した車両整備及び降積雪時における運転取扱いに関する情報

2.9.1 冬期に対応した車両整備

同社では、平成13年8月に、車両の検修担当者に対し冬期対策の指示を行っている。耐雪ブレーキについては、耐雪ブレーキコック「開」、鎖錠金具の取り外し、及び動作確認及びブレーキシリンダ圧力(以下「BC圧」という。)の測定を11月19日~30日の間に実施することになっていた。

同社の記録によれば、本件車両は上記の整備を11月19日^{ちやしよ}茶所検車区で実施し、耐雪ブレーキ動作時のBC圧はTc、Mcいずれも40 kPaであり、管理値(25~40 kPa)内であった。

2.9.2 降積雪時における運転取扱い

(1) 指導の状況

名古屋運転区では、平成13年12月4日~11日の間、全乗務員を対象に業務研究会を開催し、その中で降積雪時における運転の取扱いについて指導していた。本件運転士は12月10日に参加していた。配布された資料によれば、降積雪時における運転に関する事項として、積雪がレール面上に達した時、降雪区間を5分以上ノンストップで走行した列車が行き止まり駅に進入する時は、その手前の駅で運転停車してブレーキ力を確認すること(この場合「電制」又は「回生」スイッチを「切」としてブレーキ力を確認

すること)及び積雪状態(レール頭部下面まで積雪した状態)の区間を運転するとき、耐雪ブレーキスイッチ「入」とすること、などが指導されていた。

本件運転士は、の積雪状態に関し、レール頭頂面よりも上に積雪した状態と理解していた。

(付属資料A参照)

(2) 当日の耐雪ブレーキの使用状況

事故当日、新羽島駅に進入した列車14本(本件列車を含む。)のうち、耐雪ブレーキを装備した列車は8本あり、本件列車以外は耐雪ブレーキが使用されていた。

2.10 塗油器の動作に関する情報

2.10.1 車上塗油

当日は、車上塗油器の動作の停止の指示は運転指令から行っていなかったが、塗油器が取り付けられた車両を編成した列車は現場付近を走行しておらず、本件列車にも塗油器は取り付けられていなかった。

2.10.2 地上塗油

事故現場に最も近いレール塗油器の設置場所は、新羽島駅中心から約2.5km離れていた。

3 事実を認定した理由

3.1 解析

3.1.1 運行の経過

本件車両のモニタシステムは、機器の故障等の記録や乗務員の機器取扱いの支援を行う目的で設置されているものである。モニタシステムの整備及び較正については、鉄道に関する技術基準等の法令により義務付けられているものではなく、記録されたデータの精度は、同社が上記の目的に使用する程度に維持されているものである。このため、記録されたデータの時刻及び数値の正確性を認定したものではないが、これらのデータを分析することは、事故当時の本件列車の運行の経過を推定する上で参考になると考えられることから、本件列車に搭載されていたモニタ制御装置の記録等を参考として、本件列車の運行の経過を推定すると次のとおりであった。

- (1) 10時01分03秒以前には時系列データは記録されていなかった。
03秒から05秒までの間は速度53km/hで、ノッチ情報によれば惰行走行中であった。その後05秒から10秒までの間に参照可能なデータの記録はなかった。10秒の時点で速度49km/h、ブレーキ4ステップが記録されており、この間に速度が低下していることから、この間の早いうちに常用ブレーキが扱われ、回生ブレーキが動作していたと推定される。
- (2) 10時01分10秒から11秒にかけて速度が急激に低下したこと及び13秒の時点でMcの滑走を検知したこと（微小滑走を検知し、主回路制御装置において回生ブレーキの滑走制御を行ったが、所定の時間内に再粘着できずに滑走と検知したこと）から、回生ブレーキの動作を停止し、空気ブレーキの動作のみに切り換わったことが推定される。耐雪ブレーキが操作された記録はなかったことから、この時点で制輪子は車輪を押し付け始めたものと推定される。ほぼ同時に運転士はブレーキを7ステップに強め、その後、停止までの間ゆるめ位置をとっていないことから、以降、回生ブレーキの動作は停止したままであったと推定される。
- (3) 運転士は、事故に至るまでの間に保安ブレーキを使用したことについては口述していないが、モニタシステムには、10時01分20秒ごろに（1k200m地点付近で）、保安ブレーキが動作したことを示す記録があった。さらに30秒ごろに（1k300m地点付近で）20km/hの制限速度を照査するATSが動作し、非常ブレーキが自動的に動作した記録があった。この間の減速度は概ね1km/h/sであり、設計上の減速度（保安ブレーキ約5.0km/h/s、非常ブレーキ約4.0km/h/s）よりも小さく、ブレーキ力がほとんど確保できなかったものと推定される。
- (4) 10時01分39秒に急激に速度が低下していることから、本件列車はこの頃、速度20km/h前後で車止め及び高欄壁に衝突し、停止したものと推定される。
- (5) 事故後の耐雪ブレーキスイッチの状況、運転士の口述及びモニタ制御装置の記録から、耐雪ブレーキは使用されていなかったものと推定される。
(付図5、6参照)

3.1.2 ブレーキの動作

直近の検査記録、事故当時のモニタ制御装置などの記録及び事故後の調査・試験結果より、本件列車の常用ブレーキ（空気ブレーキ及び回生ブレーキ）、非常ブレーキ及び保安ブレーキの動作に異常は認められなかった。このことから、事故当時においてもブレーキ動作は正常であり、制輪子が車輪に押し付けられていたものと

推定される。

3.1.3 車輪・制輪子間の摩擦の状況及び耐雪ブレーキ等の取扱い

- (1) 空気ブレーキの動作が正常であり、制輪子が車輪に押し付けられていたにもかかわらず、有効なブレーキ力が得られなかったのは、車輪・制輪子間に水膜が凍結した氷結層などが介在し、車輪・制輪子間の摩擦係数が大きく低下した可能性が考えられる。
- (2) 本件車両のブレーキシステムでは、回生ブレーキが動作している間は、空気ブレーキはブレーキ力を負担しないので、あらかじめ耐雪ブレーキを使用していないと車輪と制輪子の間はずきまが空いた状態になる。また、事故当時、台車には着雪があり湿潤環境下にあったことと、降雪中ではなかったが気温は氷点下であったことから、車輪・制輪子間に水膜などが介在し、それが凍結する可能性があったものと考えられる。さらに、一般に合成制輪子の場合、車輪との接触面が平滑化しやすいために、介在した水膜や氷結層を破断しにくい傾向にあり、制輪子付近の温度がほとんど上昇しない場合がある。これらのことから、耐雪ブレーキをあらかじめ使用し制輪子を押し付けていないと、氷結層が介在した状態が続き、摩擦係数が低下したままとなる可能性があったものと考えられる。運転士が、「停止間際にブレーキの効きが悪い」と口述していることも、回生ブレーキから空気ブレーキに切り換わった後に車輪・制輪子間に有効な摩擦力が生じずブレーキ力が不足していたことを裏付けている。
- (3) 同社では、耐雪ブレーキの取扱いについては、レール頭部下面まで積雪した場合に「入」とするよう業務研究会で指導していたが、その際レール頭部下面の位置を図で示していなかった。運転士は、これをレール頭頂面より上に積雪がある場合に使用すると理解していた。そのため、運転士は、本件列車に乗務する際、レール頭頂面より上に積雪がなかったことや天候が回復し降雪がなかったことから、耐雪ブレーキを使用しないと判断したと思われる。
しかし、当日、新羽島駅に進入した他の耐雪ブレーキ付車両の乗務員は耐雪ブレーキを使用していたことや、(2)で述べた介在物の凍結の可能性を考慮すると、耐雪ブレーキを使用する状況にあったものと推定される。

(付属資料 A 参照)

3.1.4 車輪・レール間の摩擦の状況

- (1) 事故当日は、塗油器付の車両は入線していなかった。また、地上塗油器は動作していたものの、本件列車のモニタ制御装置や滑走制御装置に地上塗油

器の設置された付近での滑走は記録されていなかった。このことから、地上塗油された油が、車輪に付着後事故現場付近に持ち込まれ、車輪・レール間の摩擦係数の局所的な低下に影響を与えた可能性は少ないものと推定される。

- (2) モニタ制御装置及び滑走制御装置に記録されたデータからは、3.1.2で述べたように、10時01分13秒(1k110m付近)に記録されていた滑走が、その後のブレーキ力が確保できなかつたきっかけになったものと推定される。その後、軌道終端部付近までの間は、滑走及び固着は記録されていなかった。このことから、ブレーキ力がほとんど確保できなかつたことについて、継続的な滑走が関与していた可能性は少ないものと推定される。

3.1.5 高架橋終端部における列車の過走防護に関する事項

本件は、ブレーキ力を確保できなかつた列車が軌道の終端部に設けられた砂利盛り及び車止めにより停止することができず、高架橋終端部の高欄壁(ブロック塀)を突破し、車両の先端が高架橋終端部から飛び出す状態で停止したものであり、より高い速度で進入した場合には、高架橋から車両が転落し、被害が拡大する可能性があった。

長さ2.8mの砂利盛りとこれに続く第2種車止めからなる本件車止装置は、列車のブレーキが正常に効かなかつた場合を想定して設置されたものではなく、平常の運転状況において停止位置を行き過ぎるような場合、被害の拡大を防ぐために設置されたものである。そのため、本件は、列車を停止させる能力を上回る速度で車止装置に進入したことが考えられ、このことが列車が高架橋の終端部を突破したことに関与したものと推定される。

4 原因

本事故は、大雪直後の積雪した状況において、車輪が滑走したことにより回生ブレーキの動作が停止し空気ブレーキのみに切り換わつた以降に、必要な空気ブレーキ力を確保することができなかつたために発生したことによるものと推定される。

必要な空気ブレーキ力が確保できなかつたのは、制輪子が車輪に押し付けられた際に、車輪・制輪子間に水膜が凍結した氷結層などが介在していたために、車輪・制輪子間の摩擦係数が低下したことによる可能性が考えられる。なお、この際、あらかじめ耐雪ブレーキが使用されていれば必要な空気ブレーキ力が確保できた可能性が考えられる。

5 所見

降積雪の条件下においてブレーキ力を確保するためには、氷結層の介在によるブレーキ力低下の可能性を踏まえ、速度の抑制など十分な余裕をもった運転を行うとともに、線区の状態等を考慮して、次に示す取扱いを行うこと等、細心の注意を払ったブレーキ操作を行うことが望まれる。

- (1) 耐雪ブレーキの使用などにより、制輪子の圧着運転を行うことができる車両については、その取扱いを確実にすること。
- (2) 回生ブレーキから空気ブレーキへの切替など、ブレーキシステムの動作について十分に理解し、ブレーキの効きについて十分な注意を払い、早めの確認を行うこと。
- (3) 空気ブレーキの効きが悪いと感じた際には、走行時に車輪・制輪子間の圧着操作を繰り返し行うことにより、介在物の除去に努めること。

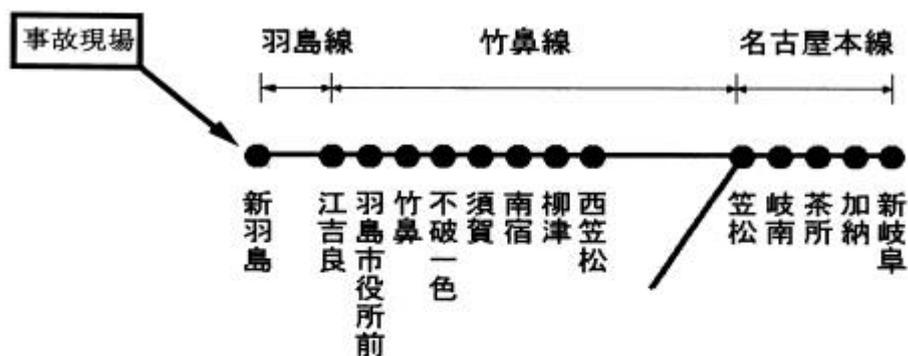
また、本件のように必要なブレーキ力が確保できなかった場合の被害の拡大を防ぐためには、車止装置の構造の検討が重要であるが、車止装置のみで対応することは困難と考えられることから、列車の停止位置、ATSの速度照査位置についても、終端部進入時の過走防護能力をより高めるよう考慮することが望まれる。

6 参考事項

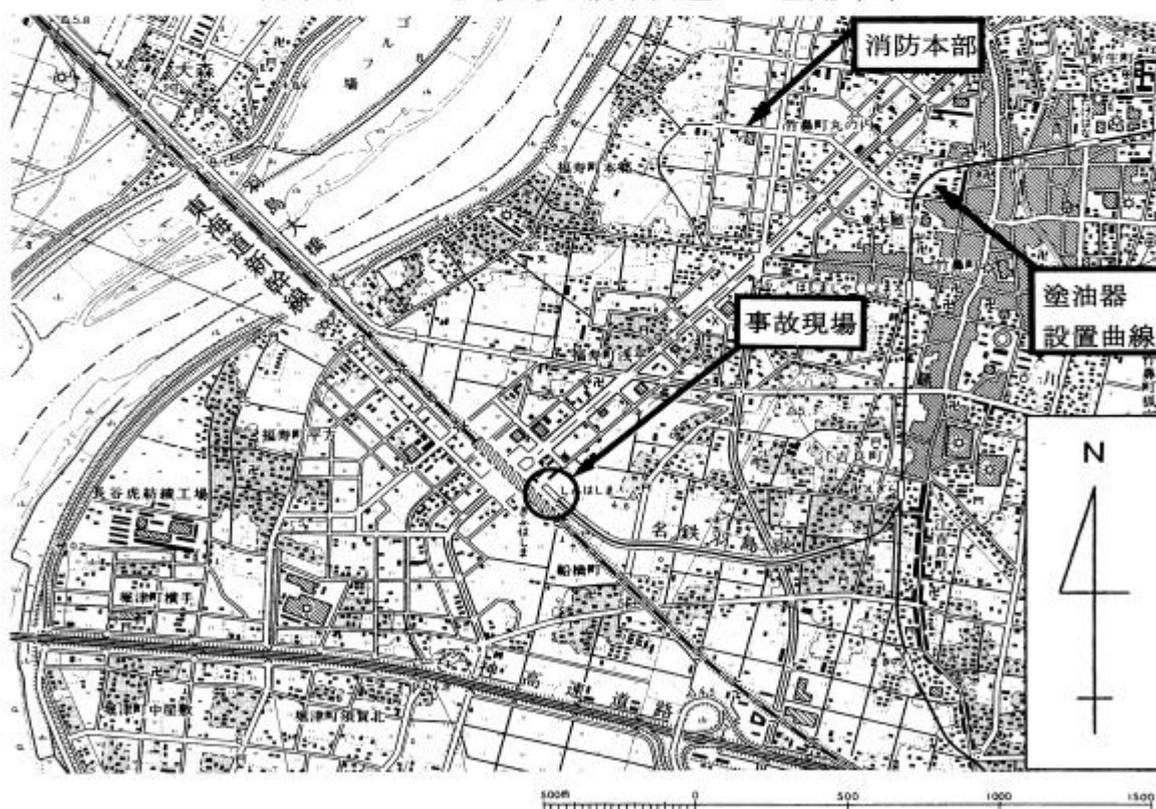
同社では、本事故を契機に同種の事故の再発防止のため、主に次の対策を実施した。

- (1) 列車停止位置を約35m江吉良駅寄りに移設した。また、砂利盛りを第2種車止めの約30m手前に移設するとともに、長さを6mに延伸した。
- (2) 積雪時、場内信号機の手前で一旦停止を行うなど、終端駅進入時の運転取扱いを変更した。
- (3) 積雪状況を拠点駅から収集するなど、気象情報収集を強化した。
- (4) 耐雪ブレーキ使用時機の判断を下記のように変更した。
 - (3)の情報に基づき運転指令が扱いを指示した場合
以外の場合でも、運転士が積雪でまくら木、碎石が見えにくくなった状態と判断した場合
- (5) 本形式車両の電動車の制輪子を増粘着合成制輪子から焼結制輪子に変更した。

付図1 羽島線路線図
 (竹鼻線、名古屋本線の一部を含む)



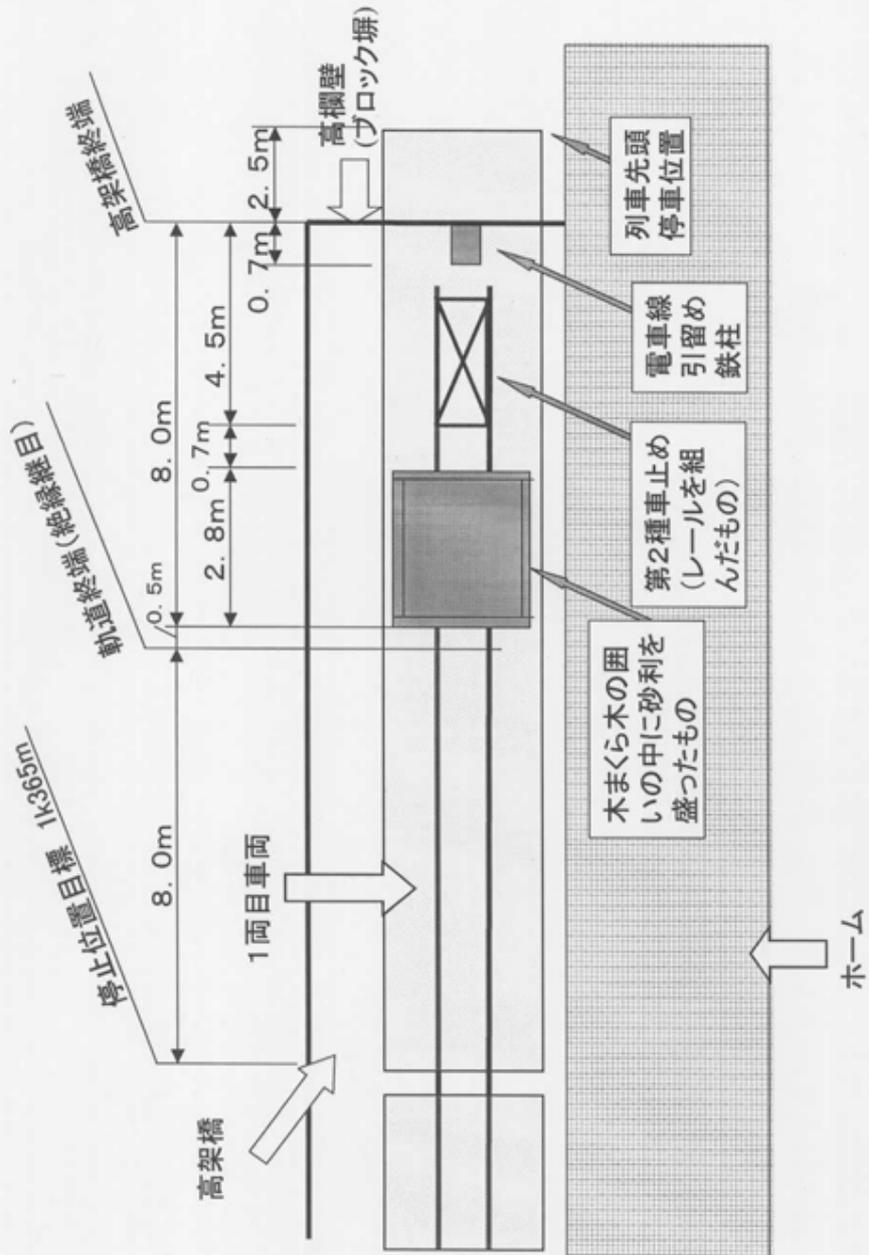
付図2 事故現場付近の地形図



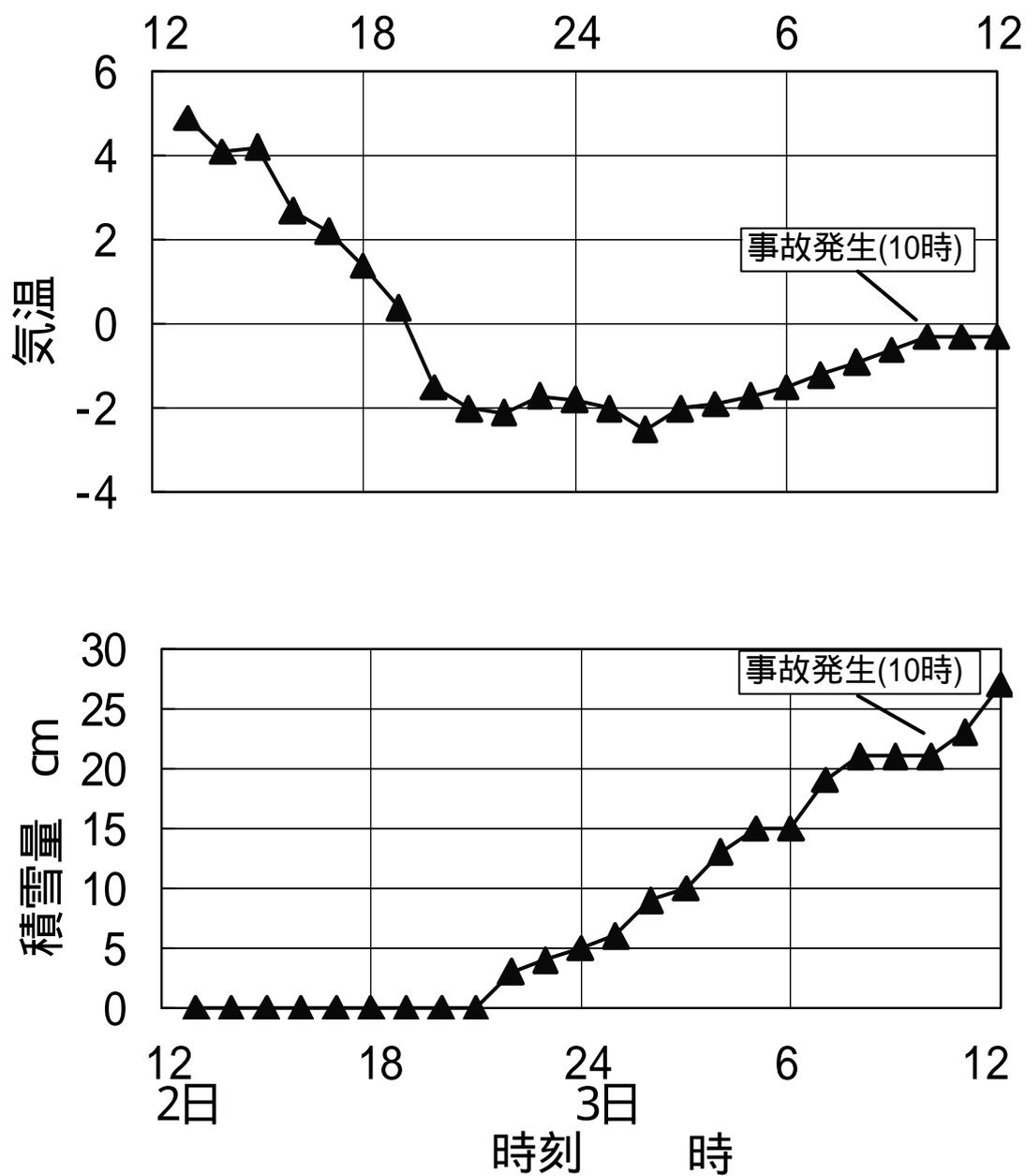
国土地理院 2万5千分の1 地形図使用 (竹鼻)

付図3 新羽島駅終端部見取図

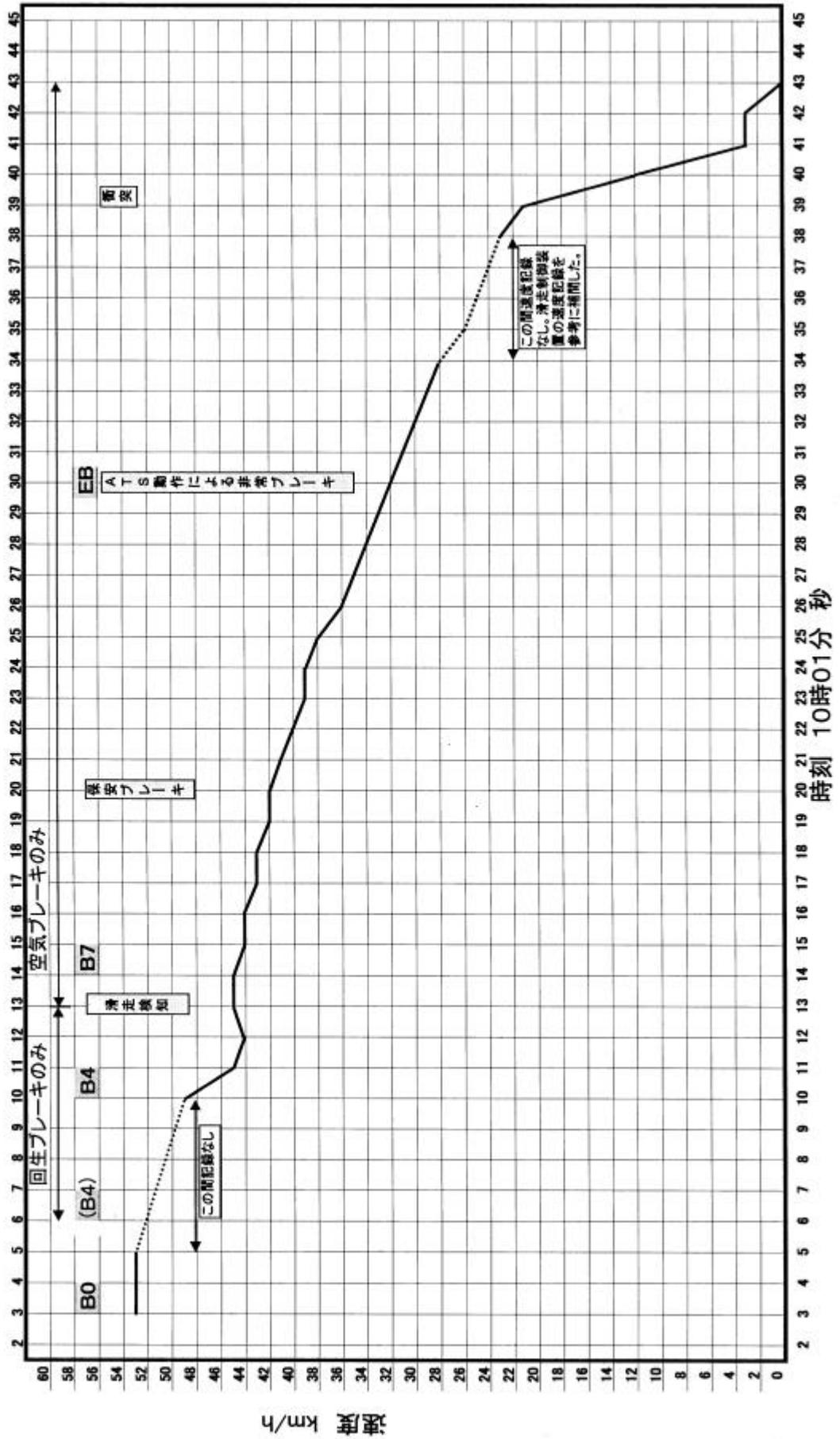
進行方向→



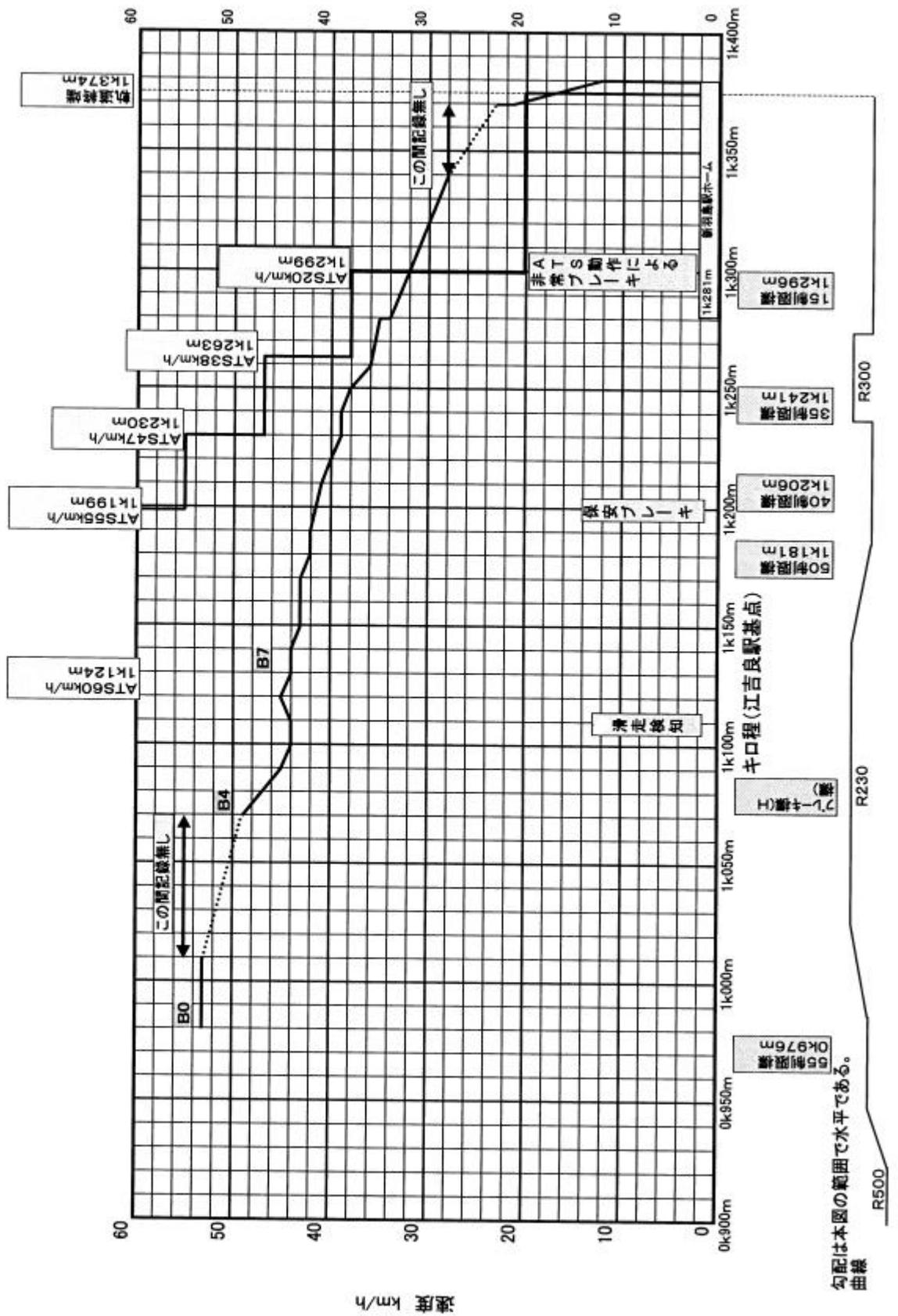
付図4 岐阜地方気象台の気象記録



付図5 運行の経過（速度と時刻の関係）
 （モニタ制御装置の記録などより推定）



付図6 運行の経過（速度と位置の関係）
 （モニタ制御装置の記録などより推定）



勾配は本図の範囲で水平である。
 曲線

写真1 高欄壁を突破した車両(その1)



写真2 高欄壁を突破した車両(その2)



写真3 脱線した車両の着雪状況

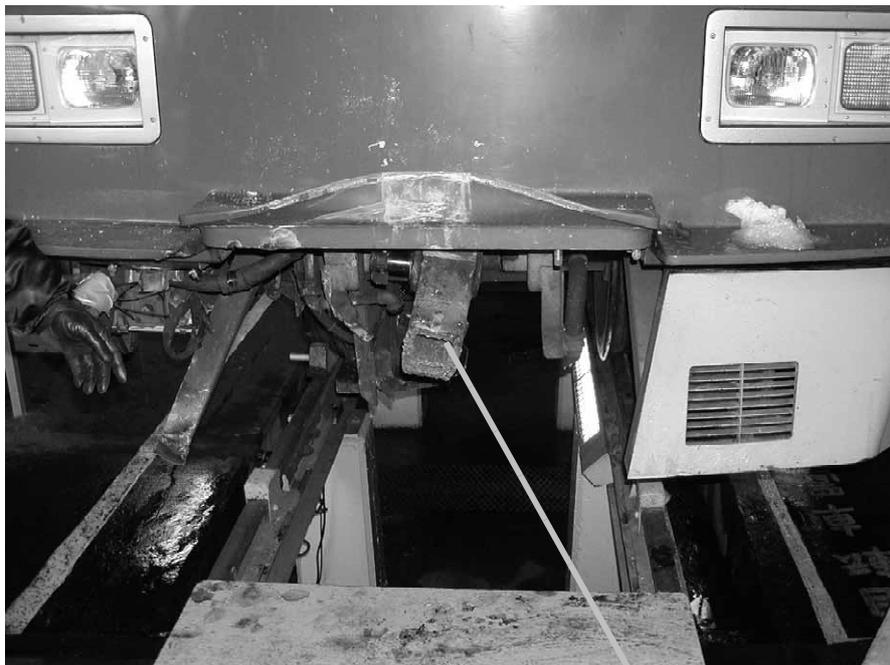


(前台車第 1 軸左側車輪 事故発生約 3 時間後に同社撮影)

写真4 車両の損傷状況 (その 1)



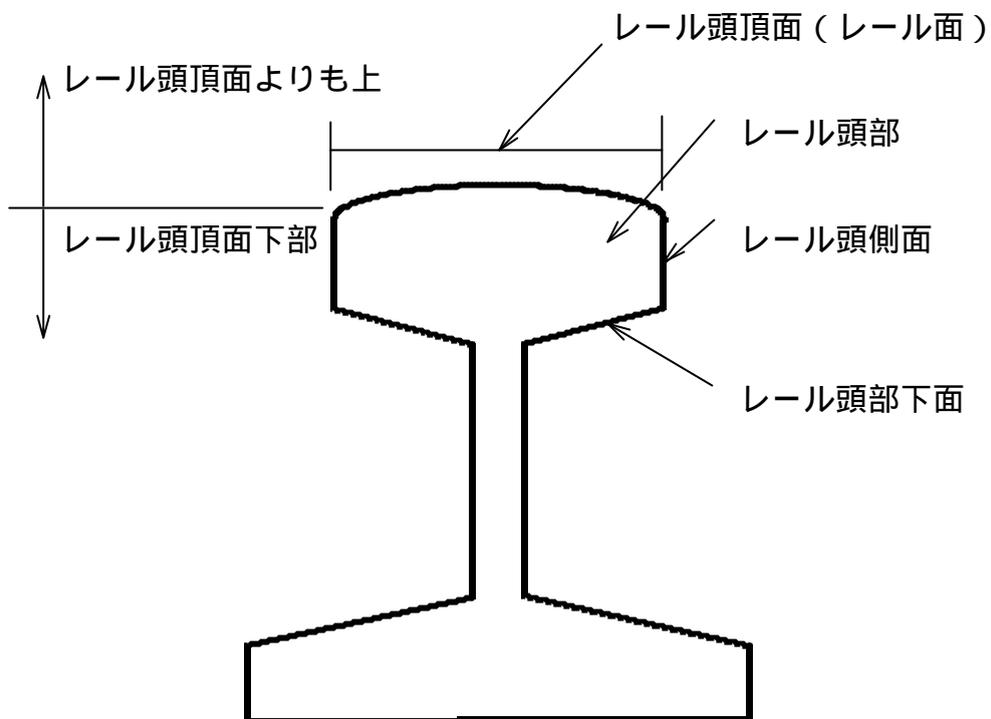
写真5 車両の損傷状況（その2）
（舞木検車場に回送後）



（連結器は回送処置のため溶断）

[余白]

A レール各部の名称



B ブレーキシステムの概要

本件車両が有するブレーキ制御の内容を、本件事故に関連する事項について次に示す。

B.1 ブレーキの種類

(1) 常用ブレーキ（電気指令式1～7ステップ、応荷重制御付）

ハンドルの操作量に応じたブレーキ力を作用させる。

常用ブレーキ力は、主にM cの電力回生ブレーキが負担するが、回生ブレーキ力が必要なブレーキ力に不足する場合は、不足分をT cの空気ブレーキで分担する。T cの空気ブレーキでなお不足する場合はM cの空気ブレーキでさらに補足する。（図B.1参照）

回生ブレーキは速度15 km/h以上で常用ブレーキを扱った場合に動作し、15 km/h以下で回生ブレーキ力を絞り込み、速度約5 km/h以下になると空気ブレーキのみに切り換わる。また、M cが滑走を検知した場合には回生ブレーキは動作を停止し、空気ブレーキのみに切り換わる。

常用ブレーキ7ステップの減速度は約3.5 km/h/sである。

(2) 非常ブレーキ（応荷重制御付）

ハンドルを非常位置にすると、ブレーキ作用装置内にある非常電磁弁が動作し非常ブレーキ（空気ブレーキ）が働く。この時、回生ブレーキは動作しない。

非常ブレーキの減速度は、約4.0 km/h/sである。

(3) 保安ブレーキ

ハンドル操作による常用及び非常ブレーキが動作せずブレーキ力が得られない場合、運転室内の保安ブレーキスイッチを扱うと、常用ブレーキとは別経路でブレーキシリンダに圧縮空気が送られ、ブレーキ動作を行う。非常ブレーキと同時に作用した場合には、圧力の高い方がブレーキシリンダに送気される。空車の場合、非常ブレーキよりも強いブレーキ力が作用する。

(4) 耐雪ブレーキ

運転室内の耐雪ブレーキスイッチを扱うと、制輪子が車輪に低い圧力で押し付けられる。これにより、車輪・制輪子間に水や雪などが介在することを防ぎ、摩擦係数低下によるブレーキ力の減少を防ぐ。

B.2 常用ブレーキの滑走制御

(1) 空気ブレーキ（滑走制御装置によるBC圧制御）

滑走時

空気ブレーキ、回生ブレーキのいずれが動作しているかにかかわらず滑走を検知した場合、滑走を検知した軸について滑走防止弁の制御によりBC圧を調整し、車輪の再粘着を促進し、ブレーキ力を有効に活用する制御を行う。

固着時

滑走した軸の速度が5 km/h以下になると、固着したと判断し、BC圧を強制的に排气し、再粘着を促進する。

(2) 回生ブレーキ（主回路制御装置によるモーター制御）

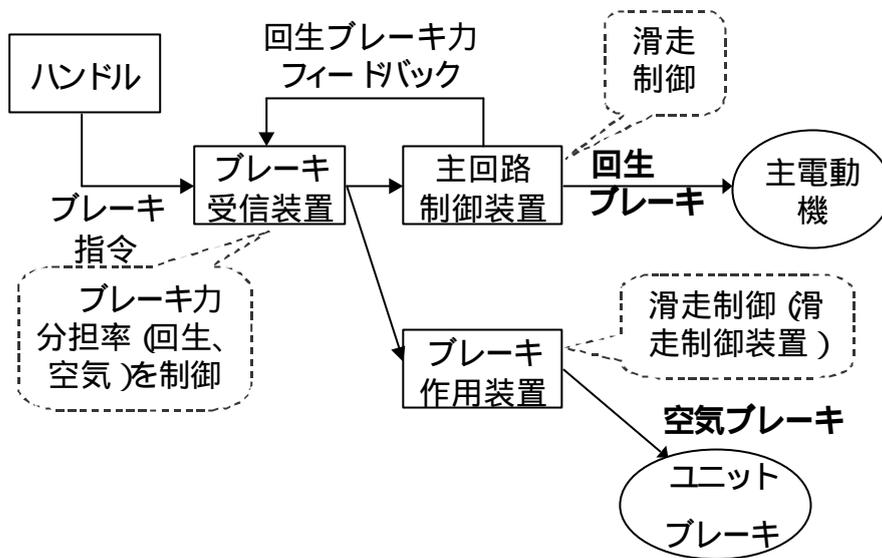
微小滑走時

微小滑走を検知した場合、モーター電流を制御することにより滑走制御を行う。ただし、2秒以内に微小滑走が収束しない場合には、滑走と判断しの動作を行う。

滑走時

4軸のうち1軸でも滑走を検知した場合、4軸すべて回生ブレーキ動作を停止し、空気ブレーキのみに切り換わる。ハンドルをゆるめ位置に戻すと滑走検知は解除され、再びハンドルを常用ブレーキ位置にとると回生ブレーキを動作させることが可能になる。

図 B.1 常用ブレーキ力の制御



図B.2 デジタル指令式ブレーキシステム (電気演算形)

